

Caractérisation des sols de la station de recherches agricoles de Katchari par télédétection et données terrain

L. ZERBO, L. THIOMBIANO

*INERA, Centre de Recherches Agricoles et de Formation de Kamboinsé,
01 BP 476 Ouagadougou 01, Burkina Faso.*

Résumé

La station de recherches agricoles de Katchari, située dans le sahel du Burkina Faso, a été caractérisée sur le plan morphopédologique par l'utilisation des données de la télédétection couplées à celles des observations de terrain.

Le traitement numérique des images SPOT K056/J322 du 19/02/1992, a été effectué par le logiciel MULTISCOPE en deux étapes :

- l'identification et la délimitation des unités géomorphologiques ;
- la réalisation de la classification supervisée de ces unités pour l'élaboration d'une carte des sols.

Au total cinq classes de sols ont été identifiées au sein de cinq unités géomorphologiques que sont les buttes et affleurements cuirassés à recouvrement gravillonnaire, les bas-fonds, les dunes sableuses, les glacis moyens à ergs anciens, les glacis moyens moyennement érodés, les glacis moyens à ravines et les glacis moyens décapés.

La carte numérique obtenue à l'issue des travaux donne une précision de 85 %

L'analyse statistique de la classification fait ressortir une variabilité plus ou moins importante au niveau des unités délimitées ce qui constitue une contrainte pour leur identification.

Cet étude de caractérisation des sols par télédétection, a permis de mettre en évidence que certaines unités comme les bas-fonds, les dunes sableuses et les glacis moyens à ergs anciens sont facilement identifiables au moyen de l'outil satellitaire, avec une précision moyenne de 92 %.

En revanche, d'autres unités telles que les glacis moyens à ravines, les glacis moyens moyennement érodés et les glacis moyens décapés sont plus difficiles à délimiter (précision de 89 %) et nécessitent une contribution des données terrain.

Abstract

Characterization of Katchari Agricultural Research Center Soils by Remote Sensing and Fields Informations

Katchari agricultural research center, located in the sahel of Burkina Faso, has been characterized for morpho-pedologic level by using remote sensing and fields explorations.

Digital SPOT image K056 J322 of 19/02/1992, has been processed by MULTISCOPE software in two steps:

- Identification and delimitation of geomorphologic units;
- Classification of geomorphologic units and realization of soils map.

Six classes of soils have been identified into five geomorphologic units as hill ironcrust and gravelly, valley bottom, sandhill, glacis with ergs, eroded mean glacis, glacis with gully and glacis stripped.

Numerical map has a 85% preciseness.

Statistic analysis of numerical map show that more important variability about geomorphologic units. This variability is a constraint for their identification.

Characterization of the Katchari agricultural research center by remote sensing proves that many geomorphologic units as valley bottom, sandhill and glacis with ergs are easily identified (with a 92% preciseness).

However glacis with gully, eroded mean glacis and glacis stripped identification is more difficult (89% for preciseness) and need fields explorations.

1. Introduction

La station de recherches agricoles de Katchari est située dans la partie nord du Burkina Faso. C'est une zone qui présente des contraintes physiques diverses caractérisées par une pluviométrie faible (moyenne pluviométrique annuelle inférieure à 500 mm), une mauvaise répartition spatio-temporelle des pluies, des températures très variables (8°C à plus de 40°C), une dégradation marquée des sols, une érosion hydrique et éolienne sévère à moyenne, une mortalité importante des ligneux. Il faut noter également une variabilité importante des états de surfaces comprenant des croûtes d'érosion; des surfaces d'épandage de graviers ferrugineux ou de quartz; des surfaces présentant des micro-rides dunaires avec une croûte de dépôt éolienne; des surfaces des ergs anciens; des surfaces des milieux dunaires.

Dans ce contexte, la connaissance des sols, de leur répartition, de leur comportement et fonctionnement revêt une grande importance pour une gestion rationnelle des ressources naturelles de ce milieu. Cette connaissance ne peut être acquise qu'à travers une approche

permettant la mise en évidence de l'organisation sous forme de couches continues ou discontinues des sols et de leur relation avec le milieu.

Dans le cadre de la caractérisation des sols de la station de recherches agricoles de Katchari, une approche utilisant les images satellitaires par le traitement numérique et les travaux de terrain a été élaborée. Deux étapes sont à distinguer :

- identification et délimitation des unités géomorphologiques ;
- classification numérique supervisée de ces unités géomorphologiques pour l'établissement d'une carte des sols.

Au terme de cette étude, les résultats quoique satisfaisants, laissent apparaître certaines difficultés liées notamment à l'établissement de relations entre les données images et les données terrain pour l'élaboration d'une carte des sols.

2. Matériels et méthodes

2.1. Cadre de l'étude

La station de Recherches Agricoles de Katchari est située dans le sahel burkinabé. C'est une des zones les moins peuplées avec une densité de 10 à 17 hab/km². Sa superficie est de l'ordre de 36 896 km² soit 13 % de la superficie totale du territoire. C'est une zone à forte potentialité pastorale, elle comporte par rapport au cheptel du pays; 12,5% des bovins, 11,5 % des ovins, 21 % des caprins (THIOMBIANO L., 1994). Sur le plan géologique cette zone repose sur des roches variées (granites, roches vertes, roches sédimentaires). Le relief est marqué par la présence de buttes cuirassées démantelées, de glacis généralement très étendus, des mares et des vallées qui occupent les parties basses de la zone. Les ensablements dunaires (ergs anciens, et dunes sableuses) présents aux alentours de Dori datent de l'époque du quaternaire. Ces importantes formations sableuses éoliennes marquent le paysage et se présentent sous la forme de vastes cordons dunaires orientés est-ouest. L'altitude moyenne est de 270 à 290 m pour les ergs anciens et de 300 à 380 m pour les dunes sableuses. Les sols selon BOULET R. (1968) sont de nature variée : lithosols sur cuirasse ferrugineuse, sols ferrugineux tropicaux, solonetz, sols bruns rouges subarides, vertisols lithomorphes. Le milieu dunaire porte une steppe avec un tapis herbacé continu dont les principales espèces sont *Aristida mutabilis*, *Schoenefeldia gracilis*, *Cenchrus biflorus*... on y rencontre peu d'espèces ligneuses : *Balanites aegyptiaca*, *Acacia senegal*, *Acacia raddiana*... La production moyenne de biomasse est de 1,5 t à 2,5 t_{MS}/ha avec une capacité de charge de l'ordre de 3 à 6 ha/UBT/an (SANON et al., 1994).

2.2. Matériel

Les images satellitaires suivantes ont été acquises :

- image satellitaire XS de Katchari du 12/10/1991,
- image satellitaire panchromatique de Katchari du 19/02/92.

2.3. Méthodes

La méthodologie utilisée a comporté les étapes suivantes :

- la réalisation d'une ébauche de carte géomorphologique pour la sortie terrain. A cet effet les images satellitaires multispectrale et panchromatique ont été superposées afin d'obtenir plus d'informations au sol ;

- une sortie de terrain qui a permis de vérifier sur le terrain les unités géomorphologiques établies précédemment.

- une prospection pédologique qui a tenu compte de l'échelle de la carte mais aussi des possibilités de corrélation entre les différentes unités géomorphologiques. Aussi le quadrillage systématique et la prospection libre ont été jumelés donnant lieu à une étude sélective à l'échelle 1/20 000. Au total 73 observations (sondages à la tarière, observations de surface, profils pédologiques) ont été réalisées; 30 fosses pédologiques ont été ouvertes, décrites selon les directives FAO (1975), leur texture déterminée à partir du triangle de texture USDA. Les unités pédologiques ont été classées selon la classification française des sols CPCS (1967) et la légende FAO (1988). Des échantillons de sols ont été prélevés et analysés au laboratoire afin d'obtenir des données complémentaires pour la caractérisation des sols étudiés. Les analyses classiques suivantes ont été réalisées : granulométrie 5 fractions ; PF4,2 ; PF3,00 ; PF2,5 ; Carbone ; Matière organique ; Azote total ; pH_{Ca} ; pH_{KCl} ; Phosphore total ; Conductivité électrique ; Potassium total ; C.E.C ; Bases échangeables ;

- la réalisation d'une classification supervisée sur un extrait 512x512 pixels par la méthode du maximum de vraisemblance. Des zones tests ou zones échantillons ont été choisies au niveau de chaque unité géomorphologique de manière à avoir une bonne représentativité sur le terrain. A chaque zone test une couleur a été attribuée. Après confrontation avec des cartes géomorphologiques déjà existantes et la vérification des données statistiques (moyenne, matrice de confusion, etc.) une extrapolation a été effectuée.

Cette classification supervisée a été ensuite couplée aux données pédologiques pour l'élaboration de la carte morphopédologique.

3. Analyses des résultats

3.2. La carte géomorphologique

La caractérisation des sols de la station de Katchari par télédétection a permis d'obtenir les données suivantes.

3.2.1. Données indirectes

A partir de l'image satellitaire obtenue après superposition des deux types d'images (multispectrale et panchromatique), les changements obtenus ont été considérés comme

informations sur les propriétés des sols. L'ensemble de ces changements correspondent à une différence de réponse spectrale.

L'existence de relations possibles entre les formes physiographiques du terrain et les types de sols (méthode déductive de Dokoucaev et méthode physiographique de BURINGH et GOOSEN) a été utilisée pour la cartographie de la station de Katchari et ses environs (Tableau 1).

3.2.2. Données directes

La prospection pédologique classique a permis d'individualiser sept unités de sols réparties entre cinq classes de sols.

La classe des sols minéraux bruts

Cette classe se rencontre au niveau des buttes et affleurements cuirassées à recouvrement gravillonnaire. Elle est faiblement représentée soit 6,4 % de la surface totale de la station. Une seule unité constitue cette classe: Les lithosols sur cuirasse ferrugineuse ou leptosols lithiques selon la légende FAO.

La classe des sols peu évolués

Cette classe se rencontre au niveau des glacis moyens à ravines et des glacis moyens décapés. Elle est moyennement représentée sur la station soit 15,7 % de la surface cartographiée. Une seule unité la représente, il s'agit des sols peu évolués d'apport colluvial, modaux ou régosols eutriques selon la légende FAO.

La classe des sols à sesquioxydes de fer et de manganèse avec la sous-classe des sols ferrugineux tropicaux

Cette classe est constituée de deux unités de sols :

- les sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à ergs anciens ou Arénosols hapliques selon la légende FAO: cette unité pédologique est localisée sur toute la partie nord de la station et occupe les glacis moyens à ergs anciens. La superficie couverte est moyenne soit 22,5 % de la surface de la station ;

- les sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions ou leptosols et lxisols selon la légende FAO: cette unité pédologique se rencontre dans la partie sud de la station et occupe les glacis moyens décapés. Elle est bien représentée soit 29,2 % de la surface cartographiée.

La classe des sols hydromorphes

Elle se rencontre essentiellement au niveau du cours d'eau qui arrose la station dans son extrémité nord. La superficie couverte est très faible, soit 2,9 %. Une seule unité de sols constitue cette classe: les sols hydromorphes peu humifères à pseudogley de profondeur ou gleysols eutriques selon la légende FAO.

La classe des sols brunifiés

Elle est représentée par une seule unité pédologique; les sols bruns eutrophes tropicaux peu évolués ou cambisols eutriques selon la légende FAO. Elle se localise dans la partie sud de la station sur le glacis moyennement érodé. Elle est assez bien représentée soit 21 % de la surface de la station.

La combinaison de ces deux types de données a abouti à l'établissement du tableau ci-dessous.

Tableau 1. Relation entre données directes et indirectes.

Données sur image	Éléments terrain	Dénomination physiographique	Unités pédologiques
Rouge	Erg ancien	Glacis moyen à erg ancien	* Sols ferrugineux tropicaux peu lessivés à recouvrement sableux. * sols bruns eutrophes tropicaux peu évolués à recouvrement sableux.
3	Sable	Dune sableuse	-
3	Sols nu	Glacis moyen décapé	* Sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions.
Vert-bleuâtre	Gravillons et cuirasse	Buttes et affleurements cuirassés à recouvrement gravillonnaire	* Lithosols sur cuirasse ferrugineuse. * sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés superficiels.
Rouge noirâtre	Eau et végétation	Bas-fond	* Sols hydromorphes à pseudogley d'ensemble. * sols peu évolués d'apport colluvial à hydromorphie d'ensemble.
Bleu	Sols moyennement érodés	Glacis moyen, moyennement érodé	* Sols bruns eutrophes tropicaux peu lessivés. * solonetz à structure peu dégradée.
Bleu rougeâtre	Ravines et végétation	Glacis moyen à ravines	* Sols peu évolués d'apport colluvial modaux. * sols ferrugineux tropicaux lessivés à taches et concrétions.

3.3 Classification supervisée

Après l'établissement de relation entre la couleur sur l'image superposée (P + XS), la physiographie et les sols; une classification supervisée a été réalisée.

Au total vingt-quatre parcelles de classification ont été choisies. Des couleurs ont été attribuées à chaque classe (Tableau 2).

Sur l'image classée apparaissent des points de couleur blanche, ceux-ci sont les points non classés. L'analyse de la classification donne un taux de classification de 85 % de l'ensemble de l'image. Le taux de rejet est donc de 15 %. Le tableau 3 montre les statistiques de l'image classée.

Tableau 2. Attribution de couleur aux unités géomorphologiques.

N° classe	Abréviations	Dénomination géomorphologique	Couleur attribuée
1	C1	Bas-fond	Bleu
2	C2	Butte et affleurement cuirassés à recouvrement gravillonnaire	Marron
3	C3	Dune sableuse	Jaune
4	C4	Glacis moyen à erg ancien	Rouge
5	C5	Glacis moyen à ravines	Orange
6	C6	Glacis moyens décapé	Vert
7	C7	Glacis moyen moyennement érodé	Rose

Tableau 3. Statistiques de l'image classée.

Unités géomorphologiques	Abréviations	Pourcentage
Bas-fond	C1	11,28
Buttes et affleurements cuirassés à recouvrement gravillonnaire	C2	4,40
Dune sableuse	C3	2,93
Glacis moyens à ergs anciens	C4	27,30
Glacis moyens à ravines	C5	12,08
Glacis moyens décapés	C6	1,28
Glacis moyens moyennement érodés	C7	25,71
Points rejetés	Rt	15,02

L'observation de la matrice de confusion fait ressortir les aspects suivants :

- Une confusion entre les buttes et affleurements cuirassés à recouvrement gravillonnaires (C2) et les glacis moyens à ravines (C5) d'une part, les glacis moyennement érodés (C7) et les glacis moyens à ravines (C5) d'autre part. Cette confusion est due essentiellement à un voisinage radiométrique lié à la présence dans chacune de ces unités des éléments physiographiques de même nature ou de nature voisine.

- Un pourcentage non négligeable de point rejetés au niveau des glacis à ergs anciens (C4) et des glacis moyens décapés (C6). Ce rejet assez important est lié essentiellement à la présence en nombre non moins négligeable au sein de ces unités géomorphologiques, des sous-unités présentant des radiométries particulières. Cette particularité dépend grandement des types d'états de surface.

Tableau 4. Matrice de confusion.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	RT	VT
C1	91.65	0.00	0.00	2.62	0.00	0.00	1.31	4.43	100.00
C2	0.07	89.01	0.00	0.00	6.88	0.07	1.20	2.77	100.00
C3	0.00	0.00	93.32	0.00	0.00	0.00	2.46	4.23	100.00
C4	0.89	0.00	0.00	91.56	0.00	0.00	1.57	5.98	100.00
C5	0.00	1.87	0.00	0.00	92.74	0.00	3.28	2.11	100.00
C6	0.00	0.00	0.00	0.00	1.24	93.17	0.00	5.59	100.00
C7	0.75	0.00	1.26	1.64	4.40	0.00	89.43	2.52	100.00

Néanmoins, il faut noter par l'analyse de cette matrice de confusion, un bon niveau de la classification supervisée consécutive à une bonne délimitation des unités géomorphologiques. Cette précision atteinte dans l'interprétation doit être attribuée principalement d'une part à la date de prise de vue, soit octobre et février, qui coïncide à une période où la couverture herbacée est faible. Ainsi apparaissent clairement les sols nus, les états de surface, et les formes de terrain directement accessibles par les satellites, et d'autre part à la particularité du milieu sahélien : milieu ouvert à faible couverture végétale, états de surface ou éléments physiographiques inféodés aux formes de terrain etc., autant de paramètres qui rendent ce milieu aisément accessible par les satellites.

Conclusion

La caractérisation des sols de la station de recherches agricoles de Katchari par télédétection et données terrain a permis de montrer une hétérogénéité pédologique du milieu. Au total sept unités de sols réparties entre cinq classes de sols ont été individualisées au sein de sept unités géomorphologiques que sont les buttes et affleurements cuirassés à recouvrement gravillonnaires, les bas-fonds, les dunes sableuses, les glacis moyens à ergs anciens, les glacis moyens moyennement érodés, les glacis moyens à ravines et les glacis moyens décapés. L'évaluation de la classification supervisée par la matrice de confusion a fait ressortir un bon niveau de classification. Ce bon niveau de classification atteint est lié surtout à l'accès facile par les satellites à la surface du sol en milieu sahélien due à la faiblesse de la couverture végétale. Néanmoins la confusion entre certaines unités géomorphologiques ainsi que le pourcentage des points rejetés ont été minimisés grâce aux travaux de terrain qui ont permis de procéder soit à un regroupement d'unités voisines soit à la scission de grandes unités en sous-unités.

Bibliographie

- BOKULET R. (1968). *Etude pédologique de la Haute-Volta: région centre nord*, 356 p. multigr., cart.: 1/500 000 depl.h.t. en coul., ill., tabl., SEN.(éd.).
- BUNASOLS (1989). « Méthode de prospection pédologique », Document technique n°5, 121p., bibl., ill., tabl., BKF (éd.).
- CASENAVE A., VALENTIN C. (1989). *Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration*. Edit. Orstom, 229p.
- CHAKIB M. (1989). *Diagnostic du paysage à partir des données satellitaires. Application au sahel Oudalan (Burkina Faso)*. Thèse doctorat, 205p.

- CPCS (1967). Commission Pédologique de Classification des Sols, édition laboratoire géologique-pédologique ENSA Grignon.
- DE WISPELAERE G. (1993). Rapport de mission d'appui à la cellule de télédétection de l'INERA. 14p. + annexes.
- FAO (1967). Cadre pour l'évaluation des terres, bulletin pédologique n°32, FAO, Rome.
- SANON H., KONE N., LIEHOUN E., POISSONNET J. (1994). « Etude agrostologique du terroir de Ménégo ». Rapport INERA/PSB.
- THIOMBIANO L. (1994). « Hétérogénéité couvertures pédologiques et utilisations culturales en milieux désertifiés : cas de la région de Dori. (Burkina Faso) », Comm. 15 p.
- INRA. (1983). « Application de la télédétection à l'agriculture, séminaire », Paris, 257p., FRA (éd.).
- ZERBO L. (1993). « Caractérisation des station de recherches agronomiques INERA », éch. 1/20 000, cartes+annexes.



Plate 9a. Distribution of bare ground at the riverine plain (p. 319).



Plate 9b. Gully system of valley side (see Fig.6 on p. 321).