

Mission NASA-LANDSAT 4 TM 1, 2, 3, 7
Scène 190-37 du 5/8/1984 (9 h 30)
Echelle 1:77 600 λ 0,45-0,60 μm λ 0,63-0,69 μm λ 2,08-2,35 μm
Carte 1:100 000 TN Feuille FOUUM TATAHOUINE 108

R. ESCADAFAL et M. POUGET
Unité de Télédétection, Centre ORSTOM, Bondy, France

CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS SUPERFICIELLES EN ZONE ARIDE (TUNISIE MÉRIDIONALE) AVEC LANDSAT TM

En Tunisie, la Direction des Sols du Ministère de l'Agriculture a entrepris en 1979 la constitution d'un atlas des ressources en sols à l'échelle du 1:200 000. Dans la partie méridionale du pays, les données pédologiques disponibles étaient rares, les zones difficiles d'accès. Un programme de cartographie de reconnaissance des sols assistée par télédétection spatiale a alors été mis sur pied en 1981 [1].

En utilisant des images MSS de LANDSAT, il a été possible d'établir une carte des états de surface des sols, en les discriminant d'après leur rugosité (qui diminue la luminance) et leur couleur (dont la saturation varie avec le rapport MSS 5 / MSS 4, [2]). Suffisant pour une étude de reconnaissance, cela ne l'est plus pour une cartographie détaillée, et il faut recourir aux images du Thematic Mapper.

Pour tester l'intérêt du TM, nous avons choisi, à l'est de la ville de Tataouine, une zone présentant une forte hétérogénéité, composée de reliefs et glacis façonnés dans des formations triasiques où dominent les gypses avec des intercalations de calcaires dolomitiques. De petites dépressions (dolines) sont le plus souvent cultivées au printemps, et le paysage est envahi par des sables éoliens. Il en résulte une juxtaposition de matériaux de couleur, de faciès, et de nature très variés (gypse, calcaire et quartz).

MÉTHODOLOGIE

OBSERVATIONS DE TERRAIN — 48 sites-tests de 1 à 2 ha, constituant un échantillon représentatif des différents ensembles sol-surface-végétation de la zone, ont été repérés très précisément sur le terrain. Chacun est défini par sa position (unité morphologique), son sol et l'organisation de sa surface, au sens large. Celle-ci est décrite en mesurant le pourcentage en recouvrement occupé par les différents composants : sol nu, sables, graviers, cailloux et pierres, débris, végétation. Chaque composant est décrit séparément : nature, couleur, état. Des photographies des fosses pédologiques et des échantillons de surface complètent ces relevés.

TRAITEMENT DES DONNÉES LANDSAT TM — L'image est du 5 août 1984, date à laquelle la végétation est à l'état sec et peu abondante après avoir été pâturée au printemps. Sur une **visualisation globale** par compositions colorées de différentes combinaisons de canaux au Péricolor 1000, les limites des sites-tests ont été intégrées aux images. **L'analyse statistique générale** des six canaux étudiés (1 à 5, et 7) a cerné la qualité de l'information contenue dans chacun d'eux : dynamique et corrélations entre canaux. **L'analyse statistique détaillée** des sites-tests a été conduite en les comparant entre eux par les méthodes multivariées, puis en effectuant les relations entre ces valeurs et la composition de chaque type de site.

Suite à ces analyses, une **classification** est basée sur le découpage de l'histogramme bidimensionnel des deux premières composantes principales (ACP). En utilisant cette classification, nous avons enfin tracé une **carte des principaux types de surfaces** de la partie de l'image couvrant la zone-test (512 x 512 pixels, soit 15 x 15 km).

RÉSULTATS

Grâce à leur fort contraste avec le contexte, on reconnaît sur l'image TM les pistes principales et secondaires, le cours précis des oueds, les petites buttes-témoins, etc. On identifie les formes caractéristiques du modelé comme on peut le faire sur une photographie aérienne à 1:50 000.

Les valeurs des canaux rouge (TM 3) et proche infrarouge (TM 4) sont très corrélées ; ceci est dû à l'absence de végétation verte. Le canal TM 5, présentant une troncature par saturation, n'a pas pu être utilisé. Le canal TM 7 apporte une information très différente de celles des autres canaux.

Dans le visible apparaissent la brillance, la rugosité et surtout la **couleur** des surfaces, en partie grâce à TM 1. Le canal 7 apporte des informations sur la **nature minéralogique** des surfaces :

- luminance moyenne à forte dans le visible et faible dans le canal 7 : surfaces à dominante gypseuse ;
- luminance faible à moyenne dans le visible et moyenne dans le canal 7 : surfaces à dominante calcaire ;
- luminance moyenne à forte dans le visible et forte dans le canal 7 : surfaces à dominante quartzreuse.

Le choix de la fenêtre spectrale de ce canal 7 (2 080 à 2 350 nm) n'est pas étranger à cet intéressant résultat, puisqu'elle correspond à la bande d'absorption des groupements hydroxyyles. La présence de ces groupements diminue considérablement, des sulfates hydratés (gypse), aux carbonates (calcaires et dolomies), puis à la silice (quartz), ce qui explique les variations observées.

Les canaux 1, 2, 3 et 7 ayant été sélectionnés, une ACP sur ces quatre canaux fait apparaître une première composante expliquant 53 % de la variation (brillance). La deuxième composante, expliquant 44 % de la variation, fait surtout intervenir le canal 7, c'est l'axe exprimant la minéralogie. La troisième (2,5 % de la variation) traduit des nuances de couleur.

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : B24960

Cote : 2/1 9

Les principaux types de surfaces ont été repérés dans le plan des deux premiers axes pour définir une classification de l'image (fig., p. 15). Deux ensembles, l'un gypseux (I), l'autre calcaire (II), se distinguent nettement. Dans les deux cas, toute la gamme des luminances est exprimée, des surfaces sombres (ombres et végétation sèche dense) aux plus brillantes. Les matériaux siliceux, grès et sables quartzeux (III), forment un troisième ensemble plus limité, caractérisé par de très fortes valeurs dans la deuxième composante. Les treize classes de surfaces sont visualisées sur la carte schématique de la région de Tataouine-est (p. 15).

INTERPRÉTATION ET CONCLUSION

L'intérêt de la carte des types de surface apparaît nettement pour le pédologue lorsqu'on la croise avec une esquisse des formes de relief (ici sur calque). Les unités morphopédologiques s'individualisent clairement, le travail d'interpolation et d'extension des observations faites sur une région-test s'en trouve sérieusement facilité. Leur dominante minéralogique, en particulier, peut être détectée par l'opposition entre les trois premiers canaux et le canal 7.

Mais cette carte peut aussi être traduite par les hydrologues en termes d'aptitude des sols au ruissellement. L'écologue y trouvera également des informations sur la répartition et la dynamique des différents biotopes. Ce type de carte offre donc une nouvelle approche des milieux arides en exprimant des potentialités (ressources en sols et propriétés hydrodynamiques, ressources végétales), mais aussi des contraintes (traces de phénomènes de dégradation en cours, sensibilité à la désertification).

RÉFÉRENCES

- [1] Pouget (M.), Lortic (B.), Souissi (A.), Escadafal (R.) et Mtimet (A.) — 1984. Contribution of LANDSAT data to mapping of land resources in arid regions. *18th. Int. Symp. Rem. Sens. Env.*, Paris, October 1984.
- [2] Escadafal (R.) et Pouget (M.) — 1986. Luminance spectrale et caractères de la surface des sols en région aride méditerranéenne. *ITC Journal*, (1), pp. 19-23.

MAPPING SUPERFICIAL DEPOSITS IN AN ARID ZONE (SOUTHERN TUNISIA) WITH LANDSAT TM

CARTOGRAFÍA DE LAS FORMACIONES SUPERFICIALES EN ZONA ÁRIDA (TÚNEZ MERIDIONAL) CON LANDSAT TM

In 1979 the Soils Directorate of the Tunisian Ministry for Agriculture started compiling an atlas of soil resources on a 1:200,000th scale. In the southern part of the country, available pedological data were rare and the area was of difficult access. A ground reconnaissance mapping program assisted by spatial remote sensing was then begun in 1981[1].

By using LANDSAT MSS images, a map could be compiled of soil surface states by discriminating them according to their roughness (which diminishes the radiance) and their color (whose saturation varies with the MSS 5/MSS 4 ratio [2]). This is sufficient for a reconnaissance survey but not for detailed mapping, and so Thematic Mapper images had to be used.

To test the advantage of TM, we chose a zone E of Tataouine having high heterogeneity, made of reliefs and glacis shaped in Triassic formations where gypsums dominate with dolomitic limestone interbedding. Small hollows (dolines) are usually cultivated in the spring, and the landscape is invaded by eolian sand. The result is a juxtaposition of materials having a wide variety of colors, facies and natures (gypsum, limestone and quartz).

METHODOLOGY

Field observations - 48 test sites measuring 1 to 2 ha, making up a representative sample of the different soil-surface-vegetation sets in the zone, were determined very precisely on the ground. Each one is defined by its location (morphological unit), soil and the organization of its surface. This organization is described by measuring the percentage occupied by the different components, i.e. bare ground, sand, gravel, pebbles and stones, debris, and vegetation. Each component is described separately, i.e. nature, color and state. Photos of pedological ditches and surface samples complete these surveys.

LANDSAT TM data processing - The image dates from 5 August 1984, when vegetation was in a dry and sparse state after having been grazed on in the spring. From an overall visualization by color compositions of different combinations of channels with Pericolor 1000, the boundaries of the test sites were integrated into the images. A general statistical analysis of the six channels studied (1 to 5 and 7) determined the quality of the information contained in each channel, i.e. dynamics and correlations among channels. A detailed statistical analysis of the test sites was made by comparing them with one another by multivariable methods, and then relating these values and the composition of each type of site.

After these analyses, a classification was made on the basis of the breakdown of the two-dimensional histogram of the first two main components (PCA). With this classification, we then compiled a map of the principal surface types in the part of the image covering the test zone (512x512 pixels, i.e. 15x15 km).

RESULTS

Because of their great contrast with the context, the main and secondary unpaved roads were spotted on the TM image, along with the exact wadi beds, small outliers, etc. The characteristic shapes in the pattern were identified as can be done on an airphoto on a 1:50,000th scale.

The values of the red (TM 3) and near infrared (TM 4) channels were strongly correlated. This was due to the lack of green vegetation. Channel 5 had a truncation by saturation and was not used. Channel 7 provided very different information from that of the other channels.

Brilliance appeared in the visible, along with roughness and especially the color of the surfaces, partly thanks to TM 1. Channel 7 provided information on the mineralogical nature of surfaces:

- medium-to-strong radiance in the visible and weak radiance in channel 7 indicated surfaces with dominant gypsum,
- weak-to-medium radiance in the visible and medium radiance in channel 7 indicated surfaces with dominant limestone,
- medium-to-strong radiance in the visible and strong radiance in channel 7 indicated surfaces with dominant quartz.

The choice of the spectral window for channel 7 (2080 to 2350 nm) was related to these interesting results since it corresponds to the absorption band of hydroxyl groups. The presence of these groups considerably differs in hydrated

En 1979, en Túnez, la Dirección de los Suelos del Ministerio de Agricultura emprendió la elaboración de un atlas de los recursos en suelos a escala de 1:200 000. Puesto que los datos edafológicos disponibles eran escasos y el acceso a las zonas bastante complejo en la región meridional del país, se inició, en 1981, un programa de cartografía de reconocimiento de los suelos asistido por teledetección espacial [1].

Utilizando las imágenes MSS de LANDSAT se logró levantar un mapa de los estados de superficie de los suelos, clasificándolos según su rugosidad (que reduce la luminancia) y color (cuya saturación varía con la relación MSS 5/MSS 4, [2]). Pese a ser suficiente para efectuar estudios de reconocimiento, es preciso recurrir a las imágenes del Thematic Mapper si se desea obtener una cartografía detallada.

Para poner a prueba el interés que presenta el TM, elegimos una zona sumamente heterogénea situada al este de la ciudad de Tataouina, compuesta de relieves y glacis tallados en formaciones triásicas en las que predominan los yesos con rocas calizas dolomíticas intercaladas. Durante la primavera suelen cultivarse pequeñas depresiones (dolinas) y las arenas libres invaden el paisaje. El resultado es una yuxtaposición de materiales de color, facies y naturaleza variada (yeso, rocas calizas y cuarzo).

METODOLOGÍA

Observaciones de terreno - En el terreno se localizaron con precisión 48 emplazamientos de prueba de 1 a 2 ha, que constituyen una muestra representativa de los diferentes conjuntos suelo-superficie-vegetación de la zona. Cada emplazamiento se caracteriza por su posición (unidad morfológica), su suelo y la organización de su superficie, en su sentido más amplio. Dicha organización se describe calculando en porcentaje la superficie recubierta por cada componente, es decir, el suelo yermo, las arenas, gravas, piedras y guijarros, residuos y vegetación. Cada uno de estos componentes se describe por separado según su naturaleza, color y estado. Diversas fotografías de fosas pedológicas y muestras de superficie completan estos datos.

Procesamiento de los datos LANDSAT TM - La imagen es del 5 de agosto de 1984, fecha en la cual la vegetación está seca y es poco abundante después de que los rebaños pastaron durante la primavera. En una visualización global por composiciones coloreadas de las diversas combinaciones de canales al Pericolor 1000, se integraron a las imágenes los límites de los emplazamientos de prueba. Mediante un análisis estadístico general de los seis canales estudiados (1 a 5, y 7) se logró obtener el tipo de informaciones que contiene cada emplazamiento: dinámica y correlación entre canales. El análisis estadístico detallado de los emplazamientos de prueba se llevó a cabo comparándolos entre sí mediante los métodos multivariados y, acto seguido, poniendo en relación los datos obtenidos con la composición de cada tipo de emplazamiento.

Tras dichos análisis se llevó a cabo una clasificación fundada en la división del histograma bidimensional de los dos componentes principales (ACP). Fundándonos en esta clasificación levantamos, por último, un mapa de los principales tipos de superficie de la parte de la imagen que cubre la zona de prueba (512x512 pixels, o sea 15x15 km).

RESULTADOS

Debido al pronunciado contraste con el contexto se pueden distinguir en la imagen TM las pistas principales y secundarias, el curso exacto de los "uadi", los pequeños relieves testigo etc. Las formas características del modelado se pueden observar como en una fotografía aérea de escala 1:50 000.

Los valores de los canales rojo (TM 3) y próximo infrarrojo (TM 4) están estrechamente relacionados debido a la ausencia de vegetación verde. El canal 5 presenta una truncadura por saturación y no se pudo utilizar. Los datos suministrados por el canal 7 son fundamentalmente distintos a los de los otros canales.

En el visible aparecen la luminancia, la rugosidad y, principalmente, el color de las superficies, en parte debido a TM 1. El canal 7 proporciona datos sobre la naturaleza mineralógica de las superficies:

- luminancia de media a fuerte en el visible y reducida en el canal 7: predominio de yeso,

sulfates (gypsum), carbonates (limestone and dolomite) or silica (quartz), this explains the variations observed.

After selecting channels 1, 2, 3 and 7, an PCA on these four channels brings out an initial component explaining 53% of the variation (brilliance). The second component, explaining 44% of the variation, especially involves channel 7, which is the axis expressing the mineralogy. The third component (2.5% of the variation) indicates the nuances of color.

The principal surface types were stopped in the plane of the first two axes to define a classification of the image (Fig., p. 15). Two groups, one gypsum (I) and the other limestone (II), stand out clearly. In both cases, the entire range of radiances is expressed, from dark surfaces (shadows and dense dry vegetation) to the most brilliant. Siliceous materials, sandstone and quartzose sand (III) form a third and more limited group, characterized by very high values in the second component. The thirteen classes of surfaces were displayed on the schematic map of the eastern Tataouine region (see p. 15).

INTERPRETATION AND CONCLUSION

The interest of a map of surface types is obvious for a pedologist when it is compared with a sketch of relief shapes (here on the overlay). The morpho-pedological units stand out clearly, and the interpolation and extension work of the observations made on a test zone is greatly facilitated. Their mineralogical dominant, in particular, can be detected by the opposition between the first three channels and channel 7.

But this map can also be interpreted by hydrologists in terms of the run-off capacity of soils. An ecologist will also find information on the distribution and dynamics of different biotopes. This type of map is thus a new approach to arid environments by expressing potentialities (soil resources and hydrodynamic properties, vegetal resources) as well as constraints (traces of on-going degradation phenomena, sensitivity to desertification).

REFERENCES: see the French text.

- luminancia de reducida a media en el visible y media en el canal 7 : superficies básicamente calizas,

- luminancia de media a fuerte en el visible y fuerte en el canal 7 : predominio de cuarzo.

Este interesante resultado no es ajeno a la elección de la ventana espectral del canal 7 (2 080 a 2 350 nm) ya que ésta corresponde al espectro de absorción de los agrupaciones hidroxilas. La presencia de tales agrupaciones va disminuyendo considerablemente en los sulfatos hidratados (yeso), luego en los carbonatados (rocas calizas y dolomías) y, por último, en la sílice (cuarzo), lo que explica las variaciones observadas.

Después de seleccionar los canales 1, 2, 3 y 7, una ACP realizada en estos cuatro canales pone de manifiesto el primer componente que provoca el 53 % de la variación (luminancia). El segundo componente, que provoca un 44 % de la variación y hace intervenir el canal 7 principalmente, corresponde al eje que refleja la mineralogía. El tercero (2,5 % de la variación) refleja matices de color.

Los principales tipos de superficie se localizaron en el plano de los dos primeros ejes para precisar una clasificación de la imagen (Fig., p. 15). Dos conjuntos, uno de yeso (I) y otro de roca caliza (II), se distinguen claramente. En ambos casos aparece la gama completa de luminancia, desde las superficies más oscuras (sombras y vegetación seca densa) a las más brillantes. Los materiales silíceos, areniscas y arenas cuarzosas (III) forman un tercer conjunto más limitado que se caracteriza por el elevado valor en el segundo componente. Las trece clases de superficie se pueden observar en el mapa esquemático de la región de Tataouine este (véase p. 15).

INTERPRETACIÓN Y CONCLUSIÓN

El interés que presenta el mapa de los tipos de superficie se pone de manifiesto, principalmente para el edafólogo, cuando se cruza con un croquis de la forma de los relieves (aquí sobre el calco). De este modo, se pueden distinguir con claridad las unidades morfoedafológicas facilitando sobremanera la interpolación y la extensión de las observaciones efectuadas en una región de prueba. Al oponer los tres primeros canales y el canal 7 se puede detectar, principalmente, el predominio mineralógico de estas unidades.

Ahora bien, este mapa también puede ser de utilidad para los hidrólogos para medir la capacidad de escorrentía de los suelos. Igualmente servirá al ecólogo para obtener datos acerca del reparto y la dinámica de los diferentes biotopos.

Este tipo de mapa brinda, por consiguiente, un nuevo enfoque de los medios áridos ya que refleja diversas potencialidades (recursos en suelos y propiedades hidrodinámicas, recursos vegetales) y al mismo tiempo diversas características negativas (señales de degradación ya iniciada y tendencia a la desertificación).

REFERENCIAS : véase el texto francés.



(d'après le 1 : 100 000 topographique Foug Tatahouine n° 108)

- J** Djebels
Jebels
- C** Collines
Hills
- G** Glacis
Glacis
- A** Axes de drainage
Drainage axes
- D** Dépressions
Hollows

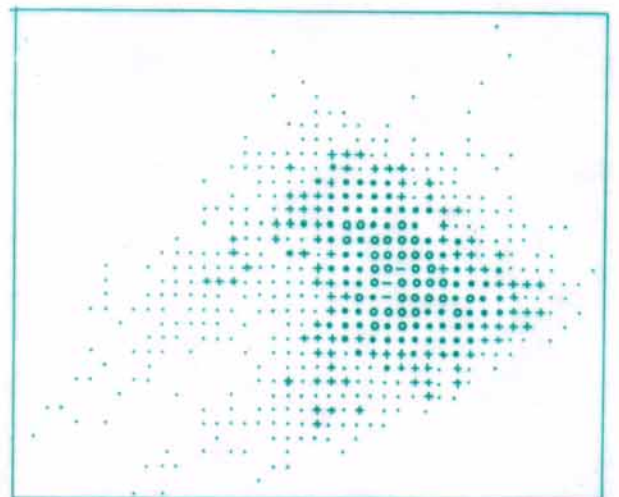
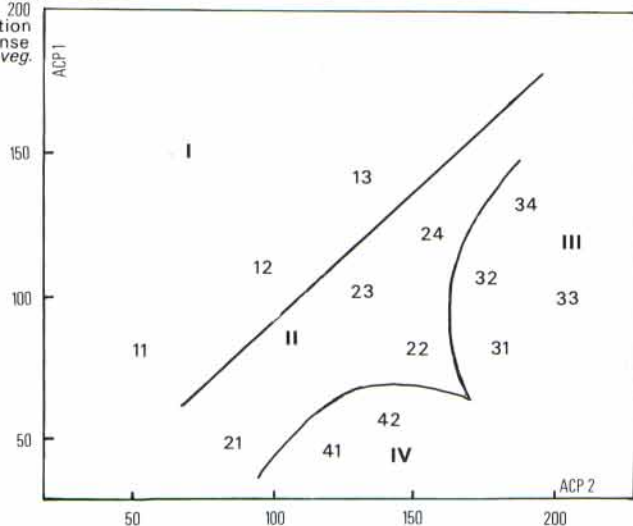




image NASA-LANDSAT 4

- | | | | | |
|---|--|--|---|---|
| I Surf. à dominante gypseuse
<i>Surf. with dominant gypsum</i> | 11 ombres
<i>shadows</i> | 12 pierres
<i>stones</i> | 13 cailloux et
croûtes
<i>pebbles and
crust</i> | |
| II Surf. à dominante calcaire
<i>Surf. with dominant limestone</i> | 21 ombres
<i>shadows</i> | 22 pierres
<i>stones</i> | 23 cailloux et
croûtes
<i>pebbles and
crust</i> | 24 limons et graviers
<i>silt and gravel</i> |
| III Surf. à dominante quartzeuse
<i>Surf. with dominant quartz</i> | 31 sables ± fixés
<i>± fixed sand</i> | 32 voile sableux
sur calcaire
<i>sandy veil
on limestone</i> | 33 sable mobile
<i>mobile sand</i> | 34 voile sableux sur gypse
<i>sandy veil on gypsum</i> |
| IV Surf. à dominante de végétation sèche
<i>Surf. with dominant dry vegetation</i> | 41 végét. dense
<i>dense veget.</i> | 42 végétation
peu dense
<i>sparse veg.</i> | | |



2
0
0
0
0
0
5
6
0
6
4

TIRÉ À PART

Photo Interprétation

**images aériennes
et spatiales**

ÉDITIONS TECHNIP

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : B24960

Cote : ~~ser 1~~

M 79