



**HAL**  
open science

## Analyse par télédétection de l'hydrographie de la région de Tunis (Tunisie)

M.R. Boussema, B. Roui, Jean-Louis Ballais

► **To cite this version:**

M.R. Boussema, B. Roui, Jean-Louis Ballais. Analyse par télédétection de l'hydrographie de la région de Tunis (Tunisie). Photo-Interprétation. European Journal of Applied Remote Sensing (PIEJARS), 1988, 1988-6 (2), pp.11-18. hal-01562367

**HAL Id: hal-01562367**

**<https://amu.hal.science/hal-01562367>**

Submitted on 14 Jul 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mission NASA—LANDSAT-2 MSS 4, 5, 7

Scène 206-34 du 26/1/1977 et du 19/7/1981

Echelle 1:200 000  $\lambda$  0,5-0,7  $\mu\text{m}$   $\lambda$  0,8-1,1  $\mu\text{m}$ 

Carte 1:200 000 IGN-TN Feuilles BIZERTE — CAP BON — TUNIS — LA GOULETTE

M.R. BOUSSEMA et B. ROUI  
Ecole Nationale d'Ingénieurs, Tunis, TunisieJ.-L. BALLAIS  
Faculté des Sciences Humaines et Sociales, Tunis, Tunisie**ANALYSE PAR TÉLÉDÉTECTION DE L'HYDROGRAPHIE  
DE LA RÉGION DE TUNIS (TUNISIE)**

La zone étudiée couvre une partie du NE de la Tunisie. Elle comprend la capitale, Tunis, et s'étend, au nord, jusqu'au delta de la Medjerda et, au sud, jusqu'au-delà du jebel Bou Kornine (576 m), au fond du golfe de Tunis ouvert largement, au nord, sur la Méditerranée (fig. 1, p. 12).

L'hydrographie est complexe : les deux principaux fleuves pérennes de Tunisie, le Miliane et, surtout, la Medjerda, viennent s'y jeter dans la Méditerranée. Si le Miliane, au sud, semble peu affecter la dynamique du golfe de Tunis, en revanche la Medjerda fournit d'importantes quantités de sédiments (estimés entre 9,5 et 16.10<sup>6</sup> t/an) redistribués dans le golfe. Malgré des pluies assez abondantes, deux sebkhas subsistent, les plus septentrionales des grandes sebkhas tunisiennes : la sebkhet es Sedjoui, à moins de 10 m d'altitude, extrémité aval de la plaine endoréique de la Manouba, et la sebkhet littorale d'er Riana, vers 4-7 m d'altitude, séparée du golfe de Tunis par un mince cordon dunaire. Enfin, le « lac » de Tunis est une lagune peu profonde (moins de 2 m en moyenne), qui communique artificiellement avec la Méditerranée à travers le cordon littoral de La Goulette.

**MÉTHODOLOGIE** — Deux images LANDSAT ont été utilisées, l'une d'hiver (26-01-77), l'autre d'été (19-07-81), et traitées suivant deux approches différentes : classification automatique d'une part, filtrage numérique [1] d'autre part.

**A. CLASSIFICATION AUTOMATIQUE** — Deux modes ont été utilisés : la classification supervisée et la classification par « nuées dynamiques ». Elles apportent une cartographie thématique de la zone étudiée.

— **Classification supervisée** — Elle part de la connaissance a priori d'échantillons de la zone étudiée. Selon les thèmes traités et à partir de la visualisation de l'image, associée ou non à la connaissance du terrain, plusieurs types d'objets sont délimités, ils constituent les échantillons. Cette délimitation se fonde sur l'homogénéité, parfois toute relative, des échantillons, et sur la connaissance a priori que l'on a et de la nature des objets et de leur situation géographique au sol. Elle a été effectuée sur l'image d'hiver (pl. 2).

— **Classification par « nuées dynamiques »** — Effectuée sur l'image d'été (pl. 4, p. 17), elle se déroule selon le schéma suivant :

- 1) On fixe a priori le nombre de classes souhaitées. Soit N ce nombre.
- 2) On choisit dans l'image N classes appelées centres d'agrégation. Ceux-ci peuvent être tirés au hasard ou calculés à partir des valeurs extrémales dans chaque bande spectrale.
- 3) On calcule les centres de gravité de ces N « classes ».
- 4) On choisit une métrique, par exemple la distance L1 (somme des valeurs absolues).
- 5) On affecte chaque pixel au centre qui lui est le plus proche au sens de la métrique choisie. Ceci donne N classes deux à deux disjointes.
- 6) On réitère en partant des N nouveaux centres constitués jusqu'à stabilisation de ces centres.

**B. LES FILTRAGES NUMÉRIQUES** — Le filtrage numérique bidimensionnel est l'une des opérations de base dans les traitements d'image. Réalisé sur l'image d'été (pl. 3), il consiste à effectuer une transformée rapide de Fourier et à réaliser un filtrage numérique passe-bas dans le domaine fréquentiel pour les canaux MSS 4, 5 et 7, ensuite, à faire la composition colorée des images filtrées des canaux 4, 5 et de l'image-résultat d'une opération logique sur les mêmes canaux. Les caractéristiques du résultat sont :

- l'obtention d'une information quasi identique à celle obtenue à partir d'une classification, avec une meilleure précision et, en plus, sans seuil de discrimination ;
- une image améliorée du point de vue du contraste et des contours ;
- l'eau sort directement en bleu, et la végétation en rouge comme dans une image fausses-couleurs.

**ANALYSE ET RÉSULTATS** — On se propose de répondre aux questions suivantes :

- 1) Quelles sont les caractéristiques de chaque document ?
- 2) Quelles sont les caractéristiques physiques des phénomènes étudiés ?
- 3) Quel est l'apport de chaque méthode ?

Sur l'image d'hiver (pl. 1), le « lac » de Tunis et les deux sebkhas sont pleins d'eau. Cependant, la sebkhet er Riana s'individualise nettement : elle est à cette saison remplie d'une eau turbide dans laquelle la classification supervisée (pl. 2) fait apparaître trois ensembles concentriques organisés comme s'il y avait apport d'eau du sud : la nappe d'eau ne remplit pas entièrement le fond de la dépression laissant, sur trois côtés, de larges affleurements de sol nu. En revanche, dans la sebkhet es Sedjoui, la profondeur de l'eau, généralement non turbide, augmente vers le SE. En mer, la charge en suspension de la Medjerda forme un vaste panache complexe où il est possible de distinguer quatre nuances de densité.

La sebkhet er Riana contribue à sa formation grâce à un chenal artificiel. Globalement, ce panache est décalé vers le NW par rapport aux embouchures, ce qui indique une dérive littorale de SE, peu fréquente en hiver [3]. Cependant, au ras du rivage, le panache est entraîné vers le SE. Le panache du Miliane est beaucoup plus modeste, mais il montre la même coexistence de deux dérives : une dérive principale d'est qui vient bloquer l'essentiel du panache contre le cordon de Radès (et le faire pénétrer, en partie, dans le « lac » ?) et une dérive secondaire d'ouest qui déplace à l'est de l'embouchure une eau de turbidité comparable à celle de la sebkhet er Riana.

Sur l'image d'été (pl. 3), la dynamique se simplifie en mer, mais les sebkhas apparaissent plus complexes. Sur le littoral, le panache de la Medjerda, poussé par la dérive du NW, dépasse le Cap Gammarth. Il est moins volumineux qu'en hiver. Sa partie externe, très diffuse, vient s'accumuler au fond du golfe. La dérive littorale est chargée en sable (en témoigne l'importance du cordon littoral séparant la sebkhet er Riana de la mer) et en argile et limon [3]. La sebkhet er Riana, en période sèche, se subdivise en quatre anneaux de largeur variable correspondant à des sols humides ou plus ou moins salés (pl. 4). Une auréole dissymétrique entoure ces anneaux et correspond à un sol nu salé. Une étude précédente [2] distinguait également quatre auréoles concentriques ; de la périphérie vers l'intérieur : des plantes halophiles de largeur inférieure ou égale à 1 m (non discernables sur LANDSAT MSS), une argile ocre jaune, dure, à fentes de dessiccation pendant l'été (qui correspondrait à l'auréole de sol nu salé), une vase noirâtre, très molle, recouverte d'une mince pellicule saline pendant l'été (correspondant aux anneaux 1, 2, 3) et une croûte de sel épaisse de quelques centimètres, en dalles polygonales sous une pellicule d'eau d'environ 10 cm, cette croûte reposant sur la même vase noirâtre (elle correspondrait à l'anneau 4). Dans la partie est, la zonation est moins précise à cause d'un apport de sable important lors des grandes tempêtes.

Quant à la sebkhet es Sedjoui, on observe, de l'extérieur vers l'intérieur (pl. 4), une auréole irrégulière de sols salés, parsemée vers l'extérieur de sols humides, un croissant de végétation, représenté en vert (algues ?), entourant une étendue assez importante, de contour net, d'eau turbide, en rouge.

Le « lac » de Tunis est continuellement alimenté à partir de la mer grâce au canal intérieur de navigation : son contour reste identique à lui-même été comme hiver. Le pourtour intérieur de largeur faible et variable correspondrait à de l'eau turbide (ensablement, pollution et salines, etc.). Cette eau se remarque particulièrement dans le port de Tunis, le nouveau port de Radès et le canal qui les joint. L'eau intérieure apparaît comme l'eau de mer (pl. 4).

**CONCLUSION** — Cette étude diachronique permet d'évaluer l'apport du LANDSAT MSS dans l'analyse des milieux littoraux et de leurs aspects dynamiques. Pour la sebkhet er Riana, la précision est accrue par comparaison aux méthodes classiques d'investigation. Pour la sebkhet es Sedjoui, les panaches de la Medjerda et du Miliane, la pollution du « lac » de Tunis, des données nouvelles sont apportées. Cette étude servira de base de référence pour de nouvelles recherches, à époque plus récente, et avec des capteurs différents, permettant ainsi de suivre l'évolution sur une dizaine d'années.

#### RÉFÉRENCES

- [1] Boussema (M.R.) et Roui (B.). — 1987. Analyse spectrale et filtrage numérique d'images LANDSAT. *JTEA '87*, Tunis.  
 [2] Mansouri-Menaouer (R.). — 1979. *Contribution à l'étude de la sédimentation littorale historique et actuelle au voisinage du delta de la Medjerda (Etude du lac de Ghar-el-Melh et de la sebkha de l'Ariana)*. Th. 3<sup>e</sup> cycle, Bordeaux I, 172 + XXI p., dact.  
 [3] Nouri (Y.) et Paskoff (R.). — 1980. Remarques sur le comportement actuel des plages dans le fond du golfe de Tunis. *Rev. tun. Géogr.*, n° 6, pp. 145-151.

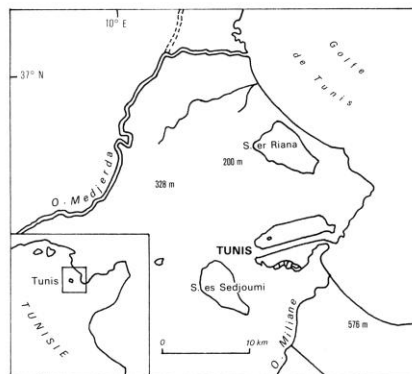


Fig. 1

#### Légende de la Planche 2

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1. Non interprété         | <i>Not interpreted</i>                 |
| 2. Sols nus ou bâtis      | <i>Bare ground or constructed area</i> |
| 3. Eau de mer ou profonde | <i>Sea water or deep water</i>         |
| 4. Eau peu profonde       | <i>Shallow water</i>                   |
| 5. Eau pelliculaire       | <i>Pellicular water</i>                |
| 6. Eau turbide            | <i>Turbid water</i>                    |
| 7. Panache très dense     | <i>Very dense plume</i>                |
| 8. Panache dense          | <i>Dense plume</i>                     |
| 9. Panache diffus         | <i>Diffuse plume</i>                   |
| 10. Panache très diffus   | <i>Very diffuse plume</i>              |

#### Caption of Plate 2

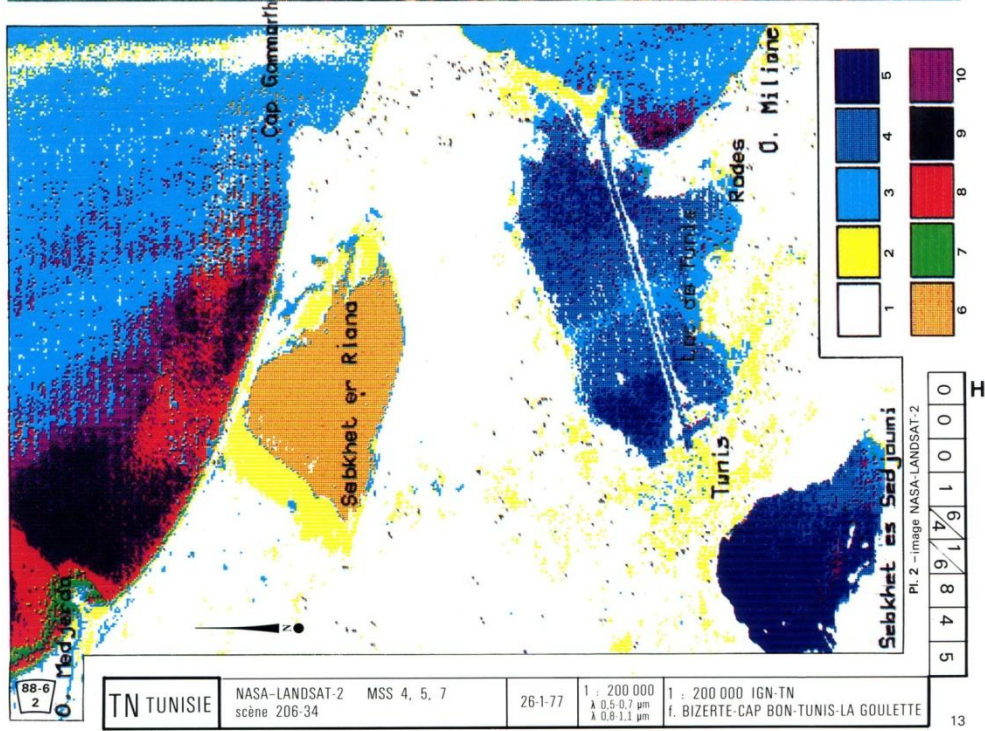
#### Légende de la Planche 4

- |                              |                                 |
|------------------------------|---------------------------------|
| 1. Non interprété            | <i>Not interpreted</i>          |
| 2. Sols nus                  | <i>Bare ground</i>              |
| 3. Végétation                | <i>Vegetation</i>               |
| 4. Eau                       | <i>Water</i>                    |
| 5. Eaux turbides ou polluées | <i>Turbid or polluted water</i> |
| 6. Anneaux 1 et 3            | <i>Rings 1 and 3</i>            |
| 7. Anneau 2                  | <i>Ring 2</i>                   |
| 8. Anneau 4                  | <i>Ring 4</i>                   |

#### Caption of Plate 4

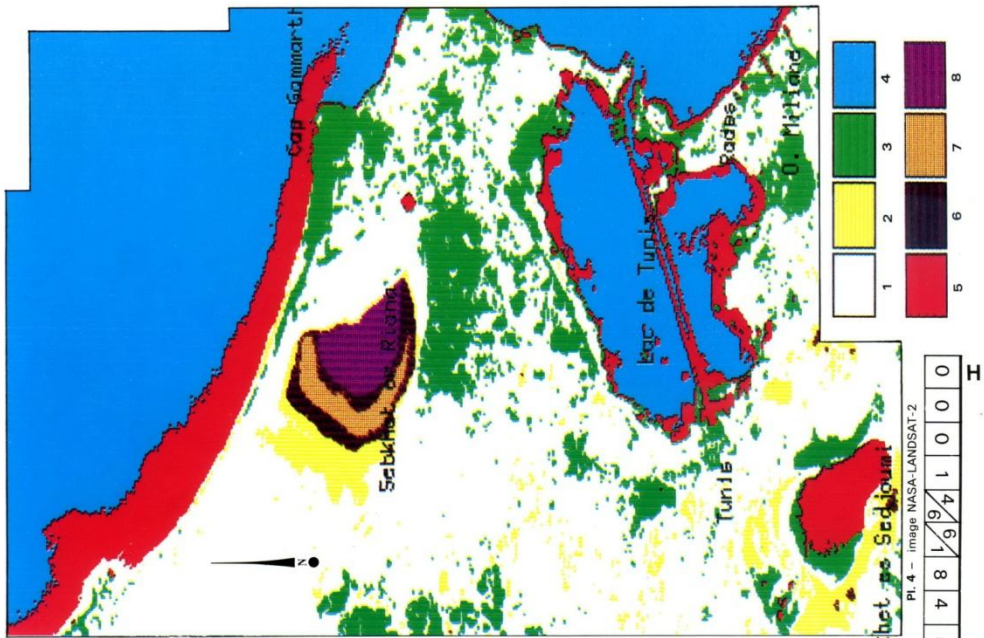


Pl. 1 - image NASA-LANDSAT-2





Pl. 3 - image NASA-LANDSAT-2



Pl. 4 - image NASA-LANDSAT-2

## REMOTE SENSING ANALYSIS OF THE DRAINAGE PATTERN OF TUNIS REGION (TUNISIA)

The area surveyed covers part of NE Tunisia. It includes the capital, Tunis, and extends northward to the Medjerda delta and southward beyond Jebel Bou Kornine (576 m) at the inner end of the Gulf of Tunis which opens widely northward in the Mediterranean Sea (Fig. 1, p. 12).

The drainage pattern is complex. The two main permanent rivers in Tunisia, the Miliane and the Medjerda, flow into the Mediterranean Sea. Whereas the Miliane in the south seems to have little influence on the dynamics of the Gulf of Tunis, the Medjerda deposits large amounts of sediments (between 8.5 and 16 million t/year) in the Gulf. Despite fairly abundant rainfall, two sabkhas subsist and form the northernmost Tunisian sabkhas. They are the Sabkhet es Sedjoui with an altitude of less than 10 m at the downstream end of the endorheic plain of the Manouba, and the coastal Sabkhet er Riiana with an altitude of 4 to 7 m and separated from the Gulf of Tunis by a slender line of dunes. "Lake" of Tunis is a shallow lagoon (averaging less than 2 m deep) which is hydraulically connected with the Mediterranean Sea via La Goulette offshore bar.

**METHODOLOGY** - Two LANDSAT images were used, one taken in the winter (26-01-77) and the other in the summer (18-07-81). They were processed by two different approaches, including both automatic classification and digital filtering [1].

**A. Automatic Classification** - In the first approach, two methods were used, i.e. supervised classification and classification by "dynamic clusters." They provide a thematic mapping of the area surveyed.

- **Supervised classification** starts from a priori knowledge of samples from the area surveyed. Depending on the topics dealt with and on the basis of the viewing of the image, associated or not with ground knowledge, several types of objects are delimited and make up samples. The delimitation is based on the sometimes entirely relative homogeneity of the samples and on a priori knowledge obtained as well as on the nature of the objects and their geographic location on the ground. This classification was done on the winter image (Pl. 2).

- **Classification by "dynamic clusters"** is done with the following steps, using the summer image (Pl. 4, p. 17):  
(1) The number of classes wanted is set a priori, with this number being N; (2) N classes are chosen in the image, called aggregation centers, which may be selected at random or calculated from extreme values in each spectral bands; (3) The centers of gravity of the N classes are calculated; (4) A metric is chosen, e.g. the distance L1 (sum of absolute values); (5) Each pixel is assigned to the center nearest to it in the metric direction chosen, which gives two-by-two N disjoint classes; (6) Retention is performed starting from the N new centers created, until these centers are stabilized.

**B. Digital Filtering** - Two-dimensional digital filtering is one of the basic operations in image processing. It was done on the summer image (Pl. 3) and consists of performing a fast Fourier transform and applying a low-pass digital filter in the frequency range for MSS channels 4, 5 and 7. The color composition is then made from the filtered images of channels 4, 5 and of the image resulting from a logical operation in the same channels. The features of the result are: (1) Obtaining an information that is nearly identical to that obtained from a classification, but which has greater accuracy and without any discrimination threshold; (2) An enhanced image with respect to contrast and edges; (3) Water stands out directly in blue, and vegetation in red as in a false-color image.

**ANALYSIS AND RESULTS** - We propose to answer the following questions: (1) What are the characteristics of each document? (2) What are the physical characteristics of the phenomena examined? (3) What is the contribution of each method?

In the winter image (Pl. 1) "Lake" of Tunis and the two sabkhas are full of water. However, Sabkhet er Riiana stands out clearly. During the season it is filled with turbid water. The supervised classification (Pl. 2) brings out three organized concentric rings as if dunes were being added from the south. The water level does not entirely fill the bottom of the depression, leaving wide outcrops of bare ground on three sides. However, in Sabkhet es Sedjoui the water depth (generally not turbid) increases toward the SE. Offshore the sediment in suspension from

## ANÁLISIS POR TELEDETECCIÓN DE LA HIDROGRAFÍA DE LA REGIÓN DE TÚNEZ (TÚNEZ)

La zona estudiada cubre una parte del NE de Túnez. Esta zona engloba la capital, Túnez, y se extiende al N hasta el delta del Medjerda y al S más allá del Jebel Bou Kornine (576 m), en el fondo del golfo de Túnez que, al N, presenta una amplia salida al Mediterráneo (Fig. 1, p. 12).

La hidrografía es compleja: los dos principales ríos perennes de Túnez, el Miliane y el Medjerda, desembocan en el Mediterráneo en esta región. Si el Miliane, situado al S, no parece afectar en demasía la dinámica del golfo de Túnez, el Medjerda por su parte aporta grandes cantidades de sedimentos (estimados entre 8,5 y 16.10<sup>6</sup> t/año) que se redistribuyen en el golfo. Pese a las abundantes lluvias, subsisten las dos lagunas más septentrionales de las grandes lagunas de Túnez: la laguna Es Sedjoui, a menos de 10 m de altura, en el extremo de aguas abajo de la llanura endorreica de la Manouba, y la laguna litoral de Er Riiana, entre 4 y 7 m de altura, separada del golfo de Túnez por un gelgado cordón de dunas. Por último, el "lago" de Túnez es una laguna poco profunda (menos de 2 m por término medio), que comunica artificialmente con el Mediterráneo a través del cordón litoral de La Coulette.

**METODOLOGÍA** - Se utilizaron dos imágenes de LANDSAT, una de invierno (26-01-77) y otra de verano (18-07-81), y se sometieron a tratamiento según dos métodos diferentes: clasificación automática y filtrado numérico [1].

**A. Clasificación automática** - Se utilizaron dos tipos de clasificación: la clasificación supervisada y la clasificación por "nubes dinámicas", que aportan una cartografía temática de la zona estudiada.

- **Clasificación supervisada** - Esta clasificación parte del conocimiento a priori de muestras de la zona estudiada. Según los temas tratados y a partir de la visualización de la imagen, combinada o no con el conocimiento del terreno, se delimitan varios tipos de objetos que constituyen las muestras. Esta delimitación se funda en la homogeneidad, algunas veces relativamente, de las muestras, y en el conocimiento previo de que se dispone acerca de la naturaleza de los objetos y de su situación geográfica en el suelo. Esta clasificación se realizó con la imagen de invierno (Lám. 2).

- **Clasificación por "nubes dinámicas"** - Se realizó con la imagen de verano (Lám. 4, p. 17) y se desarrolló según el siguiente esquema:

- 1) Se determina a priori el número de clases deseadas, y se designa este número con N.
- 2) Se eligen en la imagen N clases denominadas centros de agregación. La elección puede efectuarse al azar, o bien se calculan los centros a partir de los valores extremos en cada banda espectral.
- 3) Se calculan los centros de gravedad de las N "clases".
- 4) Se elige una medida, por ejemplo la distancia L1 (suma de los valores absolutos).
- 5) Se asigna cada uno de los pixels al centro más cercano fundándose en la medida que se haya elegido. De esta forma se obtendrán N clases dos con dos disjuntas.
- 6) Se recomienza la operación a partir de los N nuevos centros constituidos, hasta obtener la estabilización de estos centros.

**B. Filtrado numérico** - El filtrado numérico bidimensional es una de las operaciones básicas en los procesamientos de imágenes. Este tipo de filtrado, realizado con la imagen de verano (Lám. 3), consiste en efectuar una transformación rápida de Fourier y en realizar un filtrado numérico de paso bajo en el campo de las frecuencias para los canales MSS 4, 5 y 7. Acto seguido, se realiza la composición coloreada de las imágenes filtradas de los canales 4, 5 y de la imagen resultante de una operación lógica efectuada con estos mismos canales. Las características del resultado son las siguientes:

- Obtención de una información casi idéntica a la que se obtuvo a partir de una clasificación, con una mayor precisión y sin límite de discriminación.
- Una imagen mejorada con relación al contraste y a los contornos.
- El agua aparece directamente de color azul y la vegetación de color rojo como en una imagen en falsos colores.

**ANÁLISIS Y RESULTADOS** - Nuestro propósito consiste en encontrar una respuesta a las siguientes preguntas:

- 1) ¿Cuáles son las características de cada documento?
- 2) ¿Cuáles son las características físicas de los fenómenos estudiados?
- 3) ¿Qué aporta cada método?

the Medjerda forms a large complex plume in which four density levels can be distinguished. Sebkhiet er Riana contributes to its formation via an artificial channel. In general, this plume is offset toward the NW from the river mouths, which indicates a SE coastal drift, which is infrequent in winter [3]. However, near the shore, the plume is oriented toward the SE. The plume from the Miliane is much more modest, but it shows the same presence of two drift directions. The main eastward drift is the one that pushes most of the plume against the Rades bar (and makes it penetrate part way into the "Lake") and a secondary westward drift displaces turbid water similar to that in Sebkhiet er Riana toward the E of the mouth.

In the summer image (Pl. 3), the offshore dynamic is simplified, but the seabeds seem to be more complex. On the coast, the plume from the Medjerda, pushed by the NW drift, goes beyond Cape Gammarth. It is less voluminous than in winter. Its highly diffuse outside part becomes accumulated at the inside part end of the Gulf. The coastal drift is loaded with sand (as shown by the large offshore bar separating Sebkhiet er Riana from the sea) and with clay and silt [3]. During dry periods, Sebkhiet er Riana is subdivided into four rings of varying width, corresponding to damp or more or less salty soil (Pl. 4). A diametric halo surrounds these rings and corresponds to salty bare ground. A previous survey [2] also distinguished four concentric halos. From the outside edge inward, there were halophilic plants, narrower than or equal to 1 m in width (undiscernible on LANDSAT MSS), hard yellow ochre clay with desiccation cracks during the summer (probably corresponding to the salty bare ground halo), very soft black mud covered by a thin saline film during summer (corresponding to rings 1, 2 and 3) and a salt crust several centimeters thick made of polygonal slabs underneath a thin layer of about 10 cm of water. This crust lies on top of the same black mud (probably corresponding to ring 4). In the eastern part, zoning is less obvious because of considerable sand influges during major storms.

Concerning Sebkhiet es Sedjoui (Pl. 4), from the outside edge inward, there are an irregular halo of salty bare ground, that is scattered toward the exterior with damp ground, a crescent of vegetation, green on the image, (algae?) surrounding a fairly large area of turbid water (red on the image) with a clearcut outline.

"Lake" of Tunis is continually supplied from the sea via an interior navigation canal. Its outline remains the same in summer and winter. The thin and varying inside circumference probably corresponds to turbid water (silting up, pollution, salt works, etc.) This water is particularly noticeable in the port of Tunis, the new port of Rades and the canal joining them. Their waters have the same appearance as seawaters (Pl. 4).

#### CONCLUSION

This diachronic survey can be used to assess the contribution of LANDSAT MSS imagery in the analysis of coastal environments and their dynamic aspects. For Sebkhiet er Riana, accuracy has been increased, in comparison with standard investigation methods. New data are provided for Sebkhiet es Sedjoui, the Medjerda and Miliane plumes, the pollution of the "Lake" of Tunis. This survey will be used as a reference for further and more recent research and, with different sensors, so as to see how the area evolves over some ten years.

REFERENCES: see the French text.

En la imagen de invierno (Lám. 1), el "lago" de Túnez y las dos lagunas se encuentran llenos de agua. No obstante, la laguna Er Riana se individualiza claramente: en esta estación está llena de un agua turbia en la que la clasificación supervisada (Lám. 2) pone de manifiesto tres conjuntos concéntricos organizados como si hubiese una aportación de agua procedente del S: la capa de agua no llena por completo el fondo de la depresión y deja, en tres lados, vastos afloramientos de suelo desnudo. En cambio, en la laguna Es Sedjoui, la profundidad del agua, que por lo general no es turbia, aumenta en dirección del SE; en el mar, la carga en suspensión del Medjerda forma un vasto penacho complejo en el cual se pueden distinguir cuatro densidades diferentes. La laguna Er Riana contribuye a su formación por medio de un canal artificial. Globalmente, este penacho es trasladado hacia el NW con respecto a las desembocaduras, lo cual indica una deriva litoral de SE poco frecuente durante el invierno [3]. No obstante, a la altura de la orilla, el penacho es empujado hacia el SE. El penacho de Miliane es mucho más modesto, pero también muestra la misma coexistencia de dos derivas: una deriva principal de orientación E, que bloquea la mayor parte del penacho contra el cordón de Rades (y, acto seguido, le hace penetrar parcialmente en el "lago"?) y una deriva secundaria de orientación W que desplaza, al E de la desembocadura, aguas, con un grado de turbidez comparable al de la laguna Er Riana.

En la imagen de verano (Lám. 3), la dinámica se simplifica en el mar, pero las lagunas aparecen más complejas. En el litoral, el penacho del Medjerda, empujado por la deriva del NW, supera el Cabo Gammarth. El penacho es menos voluminoso que en invierno. Su parte externa, sumamente difusa, se acumula en el fondo del golfo. La deriva litoral presenta una carga elevada de arena (como lo demuestra la importancia del cordón litoral que separa la laguna Er Riana del mar), de arcilla y limo [3]. La laguna Er Riana, en período de sequía, se subdivide en 4 anillos de anchura variable que corresponden a suelos húmedos o más o menos salados (Lám. 4). Estos anillos están rodeados por una aureola asimétrica que corresponde a un suelo desnudo salado. En un estudio anterior [2] se distinguían también 4 aureolas concéntricas; de la periferia hacia el interior: plantas halófilas de anchura inferior o igual a 1 m (que no se distinguen con LANDSAT MSS), una arcilla de color ochre amarillo, dura y con grietas de sequía durante el verano (que debe corresponder a la aureola de suelo desnudo salado), un cieno de color negrozco, sumamente blando, recubierto por una fina película de sal durante el verano (que corresponde a los anillos 1, 2 y 3) y una capa gruesa de sal de varios cm de espesor, con forma de losas poligonales bajo una capa de agua de unos 10 cm, que reposa sobre el mismo cieno de color negrozco (que debe corresponder al anillo 4). En la parte E, la división por zonas es menos precisa debido a una importante aportación de arena durante las grandes tempestades.

En la laguna Es Sedjoui se observa, del exterior al interior (Lám. 4), una aureola irregular de suelos desnudos salados, rodeada hacia el exterior de suelos húmedos, una vegetación de color verde en la imagen en forma de media luna (algas?), que rodea una superficie de agua turbia de color rojo en la imagen, de gran extensión y contornos precisos.

El "lago" de Túnez es alimentado continuamente a partir del mar por medio del canal interior de navegación; su contorno no varía ni en verano ni en invierno. El contorno interno, de anchura reducida y variable, debe corresponder a aguas turbias (encharcamiento, contaminación, salinas, etc.) Estas aguas se observan principalmente en el puerto de Túnez, el nuevo puerto de Rades y el canal que los une. El agua interior aparece con los mismos tonos que el agua de mar (Lám. 4).

#### CONCLUSIÓN

Este estudio diacrónico permite evaluar la aportación de LANDSAT MSS para el análisis de los medios litorales y de sus aspectos dinámicos. Por lo que respecta a la laguna Er Riana, la precisión es mayor en relación con los métodos convencionales de investigación. En cuanto a la laguna Es Sedjoui, los penachos del Medjerda y del Miliane, la contaminación del "lago" de Túnez, LANDSAT MSS permite aportar nuevos datos. Este estudio servirá de referencia para efectuar nuevas investigaciones, que permitan seguir la evolución en un período de diez años.

REFERENCIAS: véase el texto francés.