

**SUIVI A LONG TERME D'UNE REGION ARIDE  
PAR IMAGES LANDSAT-MSS ET SPOT-HRV :  
LE CAS DE LA REGION DE MENZEL HABIB (TUNISIE)**

**Eric DELAÎTRE  
Richard ESCADAFAL**

*ORSTOM : ORSTOM-Tunis, B.P.434, 1004 Tunis-El-Menzah, Tunisie  
ORSTOM : EGEO / SAI T.P. 442, Joint Research Center, I-21020 Ispra, Italie*

**RESUME** - Les changements intervenants entre les populations et leur environnement peuvent produire des bouleversements écologiques qui à plus ou moins brève échéance peuvent nuire au développement de l'Homme. Le travail présenté ici montre les résultats de recherches en cours sur la mise au point d'une méthode de suivi du milieu à partir de données satellitaires acquises dans le visible et le proche infrarouge, dans le cas précis d'une région aride tunisienne. Cette méthode repose sur la connaissance du terrain obtenue par des études écologiques et spectroradiométriques, qui permettent par la suite le traitement et l'interprétation des images.

**ABSTRACT** - The changes in relations between populations and their environment could produce ecological disasters which may harm to Man. This study shows the results of researches in progress concerning land monitoring by remote sensing data in the visible and near infrared fields. They focus on a tunisian arid area. The methodology is based on ecological and spectral field knowledge, which enables images processing and interpretation.

### **1 - INTRODUCTION**

La région de Menzel Habib (Fig. 1), située en Tunisie aride, a été le lieu d'une très forte augmentation de la pression anthropique (surpâturage et défrichage des steppes) entre la fin des années 60 et la fin des années 80 avec la sédentarisation des populations semi-nomades qui se sont fixées aussi bien sur les versants des montagnes que dans les plaines. La dégradation des systèmes écologiques résultante (disparition du couvert végétal, érosion éolienne des sols et mise en mouvement de sable) a amené l'état tunisien à réagir à la fin des années 80 : protection dans un premier temps du principal axe routier de la région contre l'ensablement en plantant des bandes forestières, et dans un second temps de certaines zones contre la mise à l'affleurement des croûtes gypseuses par érosion éolienne des horizons sablo-limoneux supérieurs avec des mises en défens. Cette région, par ailleurs étudiée depuis les années 70 quant à ses systèmes écologiques, était donc un endroit privilégié pour mettre au point un système de surveillance d'un environnement aride par télédétection satellitale dans les domaines du visible et du proche infrarouge.

La première partie de la méthode mise au point repose sur des études de terrains : mesures écologiques et spectroradiométriques. On recherche les indices qui sont les plus pertinents par rapport à l'état de dégradation du milieu. La seconde partie de la méthode concerne le traitement de deux séries d'images Landsat-MSS et Spot-HRV : après l'intercalibration des images par pseudo-invariants, on exploite les indices retenus pour suivre les évolutions du milieu.

### **2 - MESURES ECOLOGIQUES ET SPECTRORADIOMETRIQUES**

Sur l'ensemble de la région (environ 100.000 ha), des informations ont été collectées sur le milieu en tenant compte de son degré de dégradation (végétation et sol). Des mesures spectroradiométriques (du visible au proche-infrarouge) ont été effectuées sur les principaux

Fonds Documentaire ORSTOM



010018706

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : BX-18706 Ex: 1

éléments de la surface (végétation et sol) pris individuellement ainsi que sur des transects (valeur moyenne de différents éléments pris dans une direction sur une distance donnée).

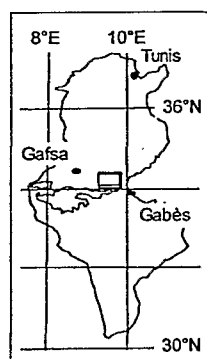


Fig. 1 : Localisation du site d'étude.

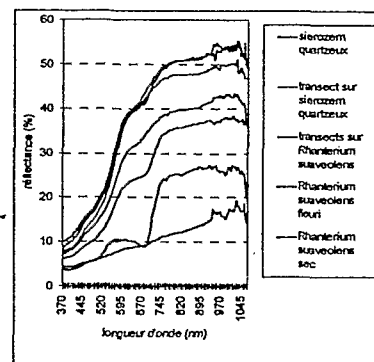


Fig. 2 : Exemples de spectres pour la séquence à *Rhanterium suaveolens* sur sierozem.

### Résultat 1 'les spectres' (Fig. 2) :

Les sols sont généralement très réfléchissants, car ils sont principalement composés de sables siliceux et de fragments calcaires ou gypseux, et ils sont de plus très souvent secs en surface. Seuls les sols plus argileux et plus souvent humides de dépressions temporairement en eau sont nettement moins réfléchissants. La végétation de ces milieux arides a une activité photosynthétique chlorophyllienne réduite dans le temps : certaines années sèches, il n'y a pratiquement pas d'herbacées annuelles (taux de couverture proche de zéro), et les pérennes ligneuses sont pendant de longs mois dans un état desséché. Les spectres de la végétation sont donc rarement caractéristiques : ils se présentent plutôt sous la forme d'une courbe de pente positive assez régulière et faible, l'inflexion entre le rouge et le proche infrarouge se marquant à peine. Les transects ont des spectres intermédiaires allant du sol nu et tendant sans atteindre la végétation seule.

### Résultat 2 'les indices' :

Les réflectances de la végétation, des sols et des transects ont été calculées à partir des spectres dans les bandes MSS de Landsat et XS de Spot. Une étude concernant la recherche d'indices sensibles quant à l'état de dégradation [Esca 96] a montré la pertinence d'un indice de rougeur pour une séquence de dégradation donnée : cet indice est fortement corrélé à la nature minéralogique des horizons d'un profil pédologique qui contient successivement de haut en bas des sables siliceux ferrugineux, des nodules calcaires, des encroûtements gypseux. On doit donc pouvoir suivre le niveau de troncature du profil sur les images Landsat-MSS et Spot-HRV.

De plus, la combinaison de l'indice de rougeur avec un indice de brillance sur un diagramme bi-dimensionnel met en évidence l'influence de la végétation : les valeurs de la végétation 'pure' se distinguent nettement de celles des sols nus, les valeurs des transects sur *Rhanterium suaveolens* (sol+végétation) occupent une position intermédiaire entre les pôles végétation et sols nus (Fig. 3). On pourrait donc suivre théoriquement la dynamique du couvert végétal en même temps que celle du profil pédologique.

### 3 - TRAITEMENTS D'IMAGES

Deux séries d'images ont été acquises : une Landsat-MSS de 1972 à 1993 (une image tous les deux ans environ) et une Spot-HRV de 1986 à 1993 (une image tous les ans environ). Une intercalibration par pseudo-invariants a été réalisée sur les deux séries en utilisant les réflectances de la banque de données spectrales.

### Résultat 3 'suivi des indices dans le temps par zone' :

Les indices de rougeur et de brillance ont été calculés à partir des images pour 5 principales zones thématiques : une steppe sur sierozem cultivée régulièrement, une steppe sur sierozem peu cultivée, une steppe non cultivée sur croûtes gypseuses, une dépression à sol hydromorphe régulièrement cultivée et une steppe très dégradée et ensablée. En tenant compte de la saison, ces zones présentent des dynamiques différentes révélées par le suivi des indices dans le temps. Ainsi pour la série Landsat-MSS d'été, entre 1972 et 1987 (87 : pic de la dégradation), les 2 steppes montrent une importante évolution correspondant à une forte diminution du couvert végétal et un léger ensablement ; l'évolution de la zone à croûtes gypseuses est différente : le couvert végétal augmente légèrement, alors que l'ensablement est plus important, les 2 autres zones sont relativement stable. Pour la série d'hiver entre 1973 et 1993 (93 : retour vers une certaine restauration après mise en place de moyens de protection), les évolutions sont similaires sur les 5 zones : légère augmentation du couvert végétal et de l'ensablement.

### Résultat 4 'cartes thématiques d'indices' :

Il est très facile de réaliser des compositions colorées à partir des deux indices calculés, et de suivre ainsi les variations interannuelles de ces indices à l'échelle du paysage (images Landsat-MSS). En codant l'indice de rougeur en rouge et l'indice de brillance en bleu, on peut schématiquement interpréter les images à partir d'une figure (Fig. 4) construite d'après les résultats obtenus avec les mesures spectrales : verticalement on passe des sables aux croûtes gypseuses en passant par les sierozems (de haut en bas), horizontalement on passe des sols nus à un couvert végétal de plus en plus dense (de droite à gauche). La réalisation de telles compositions colorées met en évidence la dynamique spatiale de la dégradation des différentes unités d'une année sur l'autre. Ainsi entre 1987 et 1993 (Fig. 5), pour la partie centrale de la région, on observe les tendances suivantes : d'une part les zones magenta se développent sur les zones bleues, ce qui correspondrait à un ensablement des croûtes gypseuses et d'autre part des zones rouges apparaissent sur des zones magenta ou bleues, ce qui correspondrait au développement d'une végétation sur des sables à la place de sols nus (sables ou croûtes gypseuses). L'utilisation des images Spot-HRV en suivant la même méthode permet de lever certaines confusions (les labours ressortent comme le sable avec végétation) grâce à leur meilleure résolution spatiale. Elles permettent en plus de suivre l'impact des protections mises en place sur le terrain (mise en défens, plantations, brise-vent).

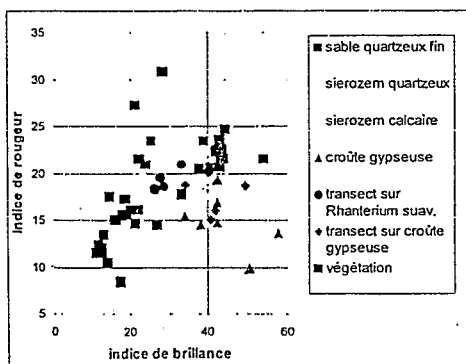


Fig. 3 : Diagramme d'indice de rougeur en fonction d'indice de brillance avec comme exemples des sols nus, de la végétation et des transects.

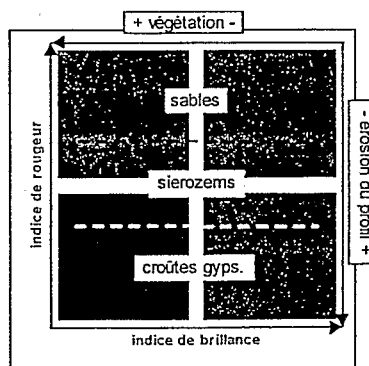


Fig. 4 : Interprétation des compositions colorées réalisées à partir des indices de rougeur et de brillance (respectivement en rouge et en bleu).

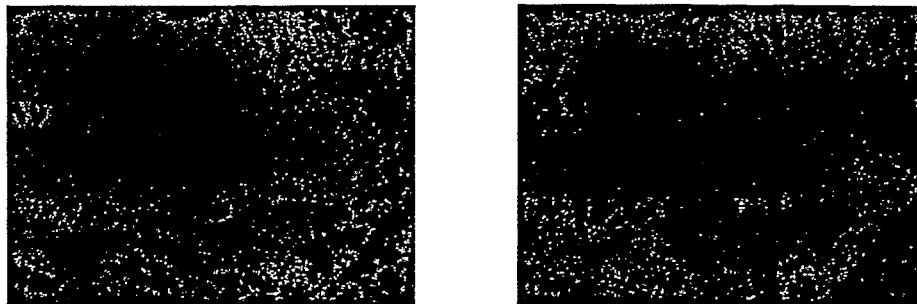


Fig. 5 : Dynamique du paysage entre 1987 et 1993, à partir des indices de rougeur et de brillance  
 - calculés sur les images Landsat-MSS.

## 5 - CONCLUSION

L'apport des études de terrain, i.e. mesures écologiques et spectroradiométriques, est essentiel dans le cadre du suivi à long terme d'une région aride par indices radiométriques. En effet, elles ont permis de mettre en évidence des relations entre d'une part un indice de rougeur et le degré d'érosion d'un profil pédologique, et d'autre part un indice de brillance et le taux de couverture de la végétation. La combinaison de ces deux indices au niveau du traitement des images facilite l'interprétation de la dynamique du milieu. Afin de préciser l'importance des variations saisonnières et d'affiner les corrélations indice-milieu, un suivi annuel écologique et spectroradiométrique est en cours.

Ce travail a bénéficié de financements de la part de la Communauté Européenne (projets INCO-DC), et a été réalisé en collaboration avec le Centre National de Télédétection de Tunis.

## BIBLIOGRAPHIE :

- [Esca 96] R. Escadafal, S. Bacha : «Strategy for the Dynamic Study of Desertification », *Proceedings of the ISSS International Symposium*, Ouagadougou, Burkina Faso, 6-10<sup>th</sup> February 1995, pp. 19-34.

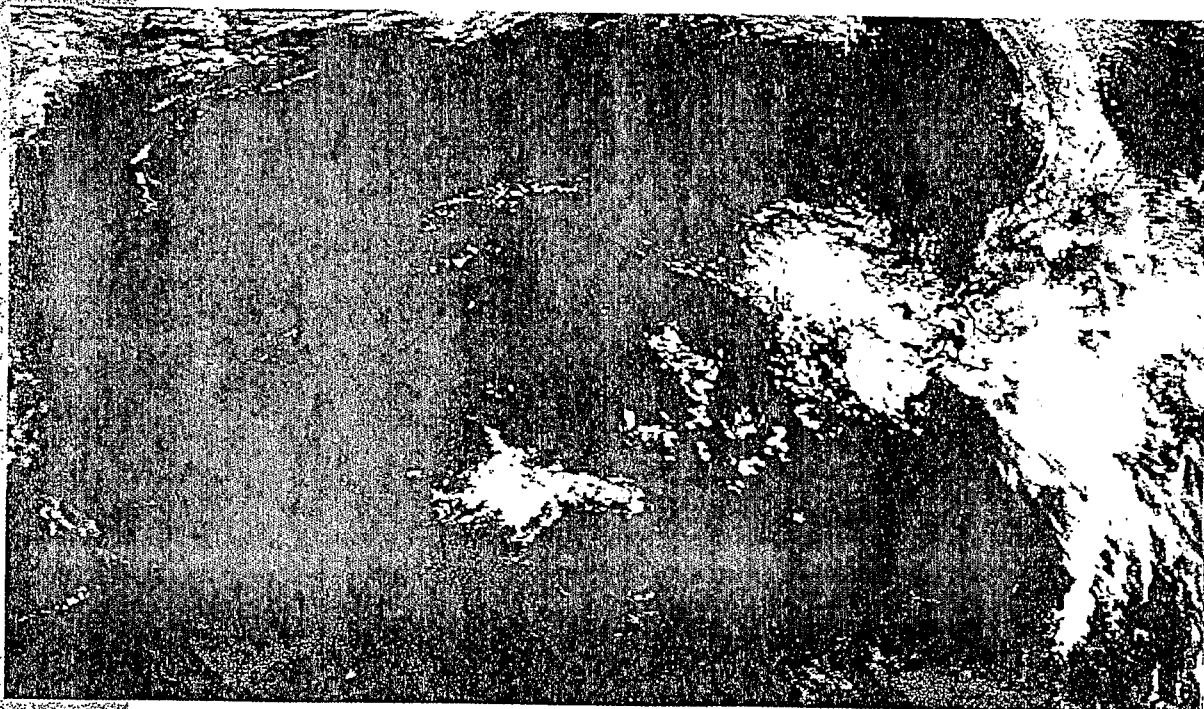
# RECUEIL DES ACTES / PROCEEDINGS

COLLOQUE INTERNATIONAL

## L'OBSERVATION SPATIALE : UN OUTIL POUR L'ETUDE DU BASSIN MEDITERRANEEN

INTERNATIONAL SYMPOSIUM

## SATELLITE-BASED OBSERVATION: A TOOL FOR THE STUDY OF THE MEDITERRANEAN BASIN



Tunis, 23 - 27 novembre 1998 - *Tunis, 23 - 27 November 1998*



CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B\* 18702 Ex. 1

