

## CARTOGRAPHIE DE LA VÉGÉTATION ACTUELLE AU LE SUD-EST DE LA PÉNINSULE IBERIQUE BASÉE SUR DES TECHNIQUES DE TÉLÉDÉTECTION

BEGOÑA SÁNZ & FRANCISCO VALLE

### Abstract

Nowadays the interpretation of remote sensing images to make cartography of current vegetation poses a problem to the experts since due to they have to use, not only botanic concepts and terminology, but also the heterogeneous constitution of the Southeastern vegetation in the Iberian Peninsula. Analyzing and adding dates related to botanic aspects (phytosociological, biogeographical, bioclimatological and vegetal dynamics), the physical environment and the vegetation it is possible to build up the Current Vegetation Map (GÓMEZ MERCADO & VALLE TENDERO, 1987) and also the Visual Interpretation about images SPOT-XS in an area in the southeastern peninsular, in Baza-Guadix Depression located in the Mediterranean Región, Betica Province and Guadiciano-Bacense Sector. This study explained the results and conclusions obtained in this particular area and it is included into the Spanish-French Integrated Action HF: 94-142 B on "The Study of the Relation between the Vegetal cover-Current polinic rain-Biomass of the arid zones in the South of Spain.

### Introduction et approche

Les données provenant des télésenseurs qui se caractérisent par l'apport d'une information globale sur une large zone et par la périodicité de son obtention, constituent un outil adéquat pour la réalisation des travaux de cartographie sur la végétation actuelle. L'interprétation des données qui proviennent des différentes plateformes existantes constitue l'une des tâches des équipes de recherche qui travaillent dans le domaine de la télédétection. Les images peuvent être analysées au moyen de deux méthodes différentes: l'analyse visuelle et le traitement digital.

Dans le cas des études sur la végétation naturelle, il y a une série de problèmes qu'il faut considérer (PONS & al., 1991):

- 1, la difficulté de corriger de façon adéquate les données obtenues par le senseur et apportées par les (CCT) en prenant en considération les effets atmosphériques, topographiques, de texture, etc. (BARIOU & al., 1985a), qui ne correspondent pas à la nature des objets que nous prétendons détecter; ce qui entraîne la mise en place de paramètres proches à la réalité spectrale qui touchent non seulement les processus de classification mais aussi la compréhension et la dynamique des processus physiologiques de la végétation.

- 2, la difficulté de correction et de modélisation de la radiométrie de n'importe quel usage du sol.

- 3, pour des raisons historiques d'utilisation et d'exploitation des sols, la végétation naturelle est restée majoritairement reléguée à des zones plus ou moins abruptes. Ce

fait implique que les effets d'ulimination différentielle causés par relief (pente, exposition) se produisent notamment dans des zones à végétation naturelle. Étant donné que la radiation est incidente sur un point proportionnel au cosinus de l'angle d'incidence, il ne faut pas écarter qu'une même couverture végétale puisse recevoir et par conséquent, réfléchir, des quantités différentes de radiation selon sa localisation sur le terrain.

4, dans de nombreuses couvertures végétales, la réponse spectrale est changeante tout au long de l'année à cause des variations phénologiques. Ces variations peuvent aider à discriminer dans certains cas, tandis que dans d'autres cas, ces variations nous mènent à la confusion étant donné leur caractère qualitatif et le manque d'information sur leur caractère quantitatif ainsi que sur le moment exact où elles se produisent.

5, il faut ajouter à ces variations phénologiques saisonnières, celles qui sont produites par les changements climatiques ponctuels et proches aux dates de l'obtention des images.

6, les formations végétales naturelles présentent généralement un degré élevé de mixtification et/ou d'espèces et/ou d'âges, ce qui nous permette une généralisation facile.

7, le degré de couverture de la végétation, si elle n'est pas importante, peut aussi occasionner des variations dans le réfléchissement, à cause du contenu de l'humidité du sol (GUYOT, 1989) et de la viabilité de ce dernier en fonction de la turgescence de la végétation (BARIOU & al., 1985b)

L'objet de la présente étude est celui de constater si la réalisation de la carte de la végétation actuelle pour une zone précise avec les études préalables que cela entraîne (l'étude du milieu physique et les études botaniques), et au moyen de la photo-interprétation des photos aériennes (GÓMEZ MERCADO & VALLE, 1988) peut atténuer les problèmes qui se posent lorsqu'on utilise la télédétection en tant que méthodologie d'analyse. Nous allons aussi essayer de distinguer les apports de chacune de ces méthodologies par rapport à la zone étudiée et ce qui implique l'utilisation de chacune de ces méthodologies.

## La méthodologie

L'approche méthodologique de cette étude a été réalisée à partir de deux points de départ:

1, *L'étude du milieu physique.*- Pour la géographie, nous avons utilisé la base géographique: Les Cartes du Service Cartographique de l'Armée. É.1:50.000. Feuilles: 950 (Huéscar). 972 (Cúllar-Baza) et 994 (Baza). L'étude géologique a été basé sur la cartographie de l'I.G.M.E. (1982) et l'étude pédologique sur PÉREZ PUJALTE & al. (1980), SIMÓN TORRES (1974). Les données climatiques ont été obtenues de CAPEL (1981). Le cadre bioclimatique et biogéographique a été réalisé suivant RIVAS MARTÍNEZ (1994) et RIVAS MARTÍNEZ & al. (1995).

2, *L'étude de la végétation.*- Nous avons suivi les pas suivants:

1, La connaissance floristique du territoire: Méthodologie Phytosociologie (BRAUM-BLANQUET, 1979).

2, L'étude des séries de végétation climatophiles et des géomégaséries ripuaires (ESTEVE CHUECA & VARO ALCALÁ, 1975; GÓMEZ MERCADO & VALLE, 1988).

3, La Carte de la Végétation actuelle: La méthodologie a été élaboré sur la base de la photoimpression et de la Dynamique de la végétation (GÓMEZ MERCADO & VALLE, 1988) utilisant des photos aériennes à l'échelle 1:25.000 pour les feuilles de Cúllar Baza et de Baza, et à l'échelle 1:30.000 pour la feuille de Huéscar.

4, L'interprétation visuelle des images SPOT-XS: Méthodologie sur la base de la télédétection (BARIOU, 1985a, 1985b; GUYOT, 1989; CHUVIECO, 1990; PONS & ROURE, 1991; GÓMEZ & al., 1991; FELICÍSIMO & al., 1991).

## Résultats

La zone d'étude se trouve au Nord-Est de la province de Grenade (Andalousie, Espagne) dans la Cuvette de Baza (Fig. 1) incluse dans la Région Méditerranéenne, Province Bétique, secteur Guadicien-Bazien et sous-secteur Guadicien-Bastetien (37°, 45' et 37°, 32' de latitude Nord; 2°, 45' et 2° 27' de longitude Ouest). Les hauts plateaux de Baza et de Huéscar forment une dépression remblayée de sédiments tertiaires et quaternaires, entourée par une ceinture de Sierras Cazorla, Castril, Jabalcón, La Sagra, Baza, Orce, etc...) avec un réseau hydrographique qui a produit de grandes coupures du terrain et un paysage typique qui est dénommé "mauvaises terres" ou ravines. Le paysage de la Cuvette est assez monotone dans son ensemble, si nous considérons que les formations montagneuses qui l'entourent présentent une topographie assez abrupte avec de nombreux ravins et escarpements. La différence de cotes dans la zone est très étroite car, Baza se trouve à 847 m. en tant que cote plus basse, tandis que Las Almontarás se trouve à 1.000 m. en tant que cote plus haute dans la zone d'étude. Quant au système hydrographique, il faut distinguer les rivières Baza, Cúllar et Guardial qui reçoivent les eaux provenant des Sierras de Baza, Orce et Seca respectivement, et débouchent sur la Guadiana Menor. Il faut souligner aussi la présence de ravins qui présentent un cours inconstant.

Géologiquement parlant, il apparaît des matériaux du Néogène-Quaternaire de remplissage, qui ont été nettement déposés après l'orogénie principale, par l'érosion des reliefs modelés dans les matériaux d'un âge précédent qui avaient été pliés par celle-ci. Les dépôts quaternaires avaient été formés par des glaciaires, des brèches, des endroits rocaillieux, des travertins, des pieds de montagne et des terrains afouillés de versant, des dépôts aluviaux, des terrasses fluviales et des matériaux quaternaires non différenciés qui se trouvent proches aux reliefs montagneux (blocs, galets, graviers, sables et argiles). En ce qui concerne les sols, il apparaît les unités pédologiques suivantes: des fluvisols calcaires, Xérosol calcique-Xérosol, gypsique-Cambisol calcique, Solochaks ortiques, Regosol calcaire-Xérosol calcique, Cambisols calciques et Regosol clacaire-Lithosol-Cambisol calcique.

Ce territoire est encadré dans les dépressions intérieures, unité climatique qui est assez définie et qui peut être qualifiée de méditerranéenne à nuance continentale. Nous trouvons généralement des étés chauds, ensoleillés et secs car il s'agit de la saison de l'année qui compte moins de précipitations, ce qui entraîne la période de xéricité

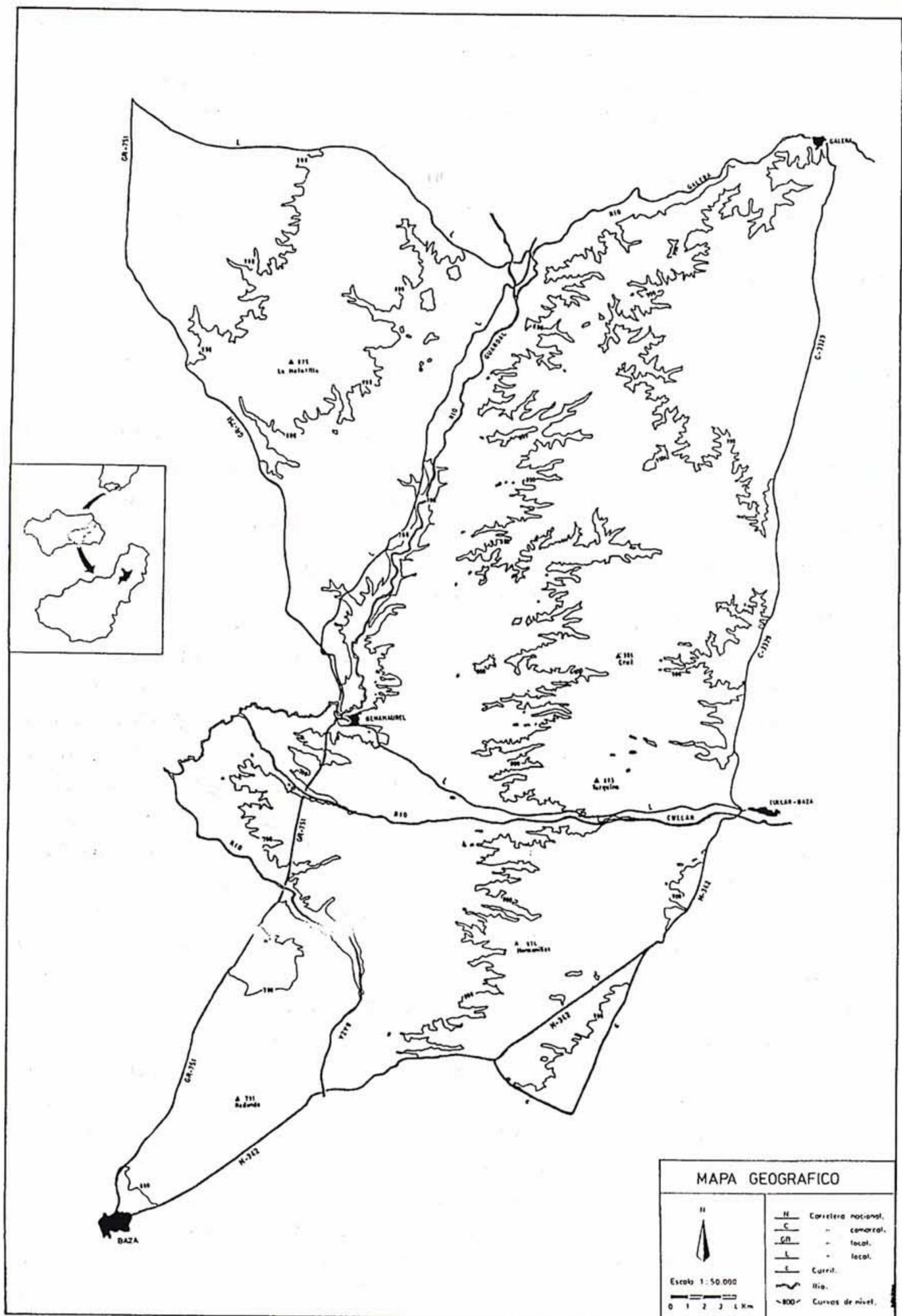


Fig. 1. Zone d'etude.

estivale caractéristique des climats méditerranéens. L'hiver est froid et prolongé; l'automne et le printemps sont des saisons à température plus douces et humides. Ainsi donc, nous pouvons dire que la zone présente une continentalité bien définie: des hivers froids, des étés chauds et des saisons intermédiaires courtes et mal définies. Bioclimatiquement, le thermoclimat défini dans la zone d'étude est mésoméditerranéen à ombroclimat sémi-aride et sec (200 et 500 mm.).

Les caractéristiques fondamentales de la végétation dans la zone sont les suivantes: 1, Les communautés présentes dans la zone sont inexistantes à cause de la forte action anthropique. 2, Les garrigues sous-sérielles (*Genisto-Retametum sphaerocarpace*, *Thymo orospedani-Cistetum clusii*) sont aussi peu développés. 3, La garrigue sériale (des thymes gypsicoles: *Jurineo-Gypsophiletum struthii*; des thymes nyctrophiles frutescents: *Andryalo ragussinae-Artemisietum barrelieri*, *Artemisio-Santolinetum canescentis*; des pâturages vivaces secs: *Thymo gracile-Stipetum tenacissimae*, *Dactylo-Lygeetum sparti*, *Phlomido-Brachypodietum retusi*), ainsi que de la végétation halophile (*Cystancho-Arthrocnemetum fruticosi*, *Suaedetum brevifoliae*, *Caro-Juncetum maritimi*, *Agrostio-Tamaricetum canariensis*, etc), la première correspond à l'unité la plus répandue et la deuxième, à une unité à grande valeur écologique. 4, Les unités obtenues par des causes anthropiques directes, telles que les pineraies de repeuplement, les cultures aussi bien irriguées que sèches et la végétation des milieux altérés en général (des chardons, des pâturages nitrifiés, des pâturages piétinés).

La carte de la végétation actuelle a été réalisée sur la base de la différenciation des unités de végétation diverses (en employant des critères de ton, texture, taille, localisation...) grâce à la photo-interprétation. Ces unités à caractère paysagistique sont superposées sur la carte des Séries de Végétation et nous pouvons ainsi détailler et identifier les différentes étapes de dégradation induites par le dynamisme naturel de la végétation ainsi que par l'action anthropique. Nous pouvons obtenir de cette cartographie (Fig. 2) un total de 18 unités différentes de végétation qui nous permettent de tirer les conclusions suivantes:

1, Les unités les plus importantes sont les garriguesérielles sur plâtres qui occupent les zones de ravines, sur des substrats marneux et avec des plâtres. Les formations qui prédominent sont celles de *Stipa tenacissima*, qui est une graminacée grande allure qui forme des pâturages vivaces profondément enracinés sur des sols puissants et perméables. D'autres espèces présentes sont: *Rosmarinus officinalis*, *Thymus zygis* subsp. *gracilis*, *Thymus mastichina*, *Astragalus clusii*, *Phlomis lychnitis*, *Helianthemum lavandulifolium*, *Helianthemum leptophyllum*, *Ononis tridentata*, *Fumana ericoides*, *Agropyron glauca*, *Dactylis glomerata*, *Lithodora fruticosa*, ainsi que *Anthyllis cytisoides*, *Brachypodium retusum* et *Retama sphaerocarpa* de façon plus éventuelle.

2, Dans des sols moins puissants, qui ont donc une plus grande évapotranspiration, ce qui entraîne une augmentation des sels gypsicoles, nous trouvons la présence des thymes gypsicoles avec des espèces telles que: *Gypsophila struthium*, *Jurinea pinnata*, *Lepidium subulatum*, *Launaea resedifolia*, *Helianthemum squamatum* et *Coris hispanica*. Les thymes nitrophiles sont fréquents aussi, avec des espèces telles que: *Artemisa barrelieri*, *Artemisa herba-albae*, *Santolina canescens*, *Carlina corimbosa*, etc.

3, D'autres unités d'intérêt sont les formations repeuplées de *Pinus halepensis* qui se présentent dans la zone avec des états de développement différents; les formations



de marais salants avec dans des zones très réduites et avec des espèces telles que: *Sarcocornia fruticosa*, *Arthrocnemum glaucum*, *Arthrocnemum fruticosum*, *Microcnemum coralloidis*, *Suaeda vera*, *Salsola vermicullata*, *Salsola pruinosa*, *Lygeum spartium*, *Limonium delicatum*, *Limonium ovalifolium*, *Linum maritimum*, *Juncus maritimus*, *Atriplex glauca*, *Atriplex rosea*...

4, Les unités de cultures et/avec des thym nitrophiles sont très significatives dans le paysage.

5, Il faut souligner en dernier lieu d'autres unités appartenant à la géosérie ripuaire: les Cultures irriguées et les Ravins. Cette dernière est complexe du point de vue de la cartographie à cause de sa grande hétérogénéité causée par les conditions écologiques initiales. Quant à sa composition floristique, nous pouvons trouver: *Atriplex glauca*, *Atriplex halimus*, *Hammada articulata*, *Frankenia thymifolia*, *Suaeda vera*, *Suaeda pruinosa*, *Tamarix africana*, *Tamarix canariensis*, *Phragmites australis*...

À partir des images Spot-XS (avec des coordonnées N 037/40; W 037/40 à l'échelle 1:200.000 datées de septembre 1993, présentant une détermination temporaire de 26 jours, une détermination spatiale de 20 m. et une détermination spectrale de 3 bandes) nous avons élaboré une carte basée sur l'interprétation visuelle. Cette méthode a mis en évidence que la corrélation entre les 18 unités cartographiées et les images obtenues au moyen de l'image multispectrale est une tâche impossible car les caractéristiques de réfléchissement ne reflètent pas la classification phytosociologique. Ainsi donc, en employant les critères physiologiques et de similitude on obtient un total de 7 catégories, lesquelles sont décrites ci-dessous:

### La pineraie

Nous prenons les formations homogènes dont la réponse spectrale correspond à une couleur bleue foncée. Il s'agit de formations de repeuplement qui présentent une couverture et un âge élevés. Sur la carte de végétation actuelle, il apparaît des taches de pineraies dont la réponse spectrale ne correspond pas à cette unité, mais à celle de la garrigue épaisse. Cela est dû au fait que malgré la couverture élevée qu'elles présentent, ces formations sont encore très jeunes et donc, l'importance de la garrigue sériale, de sa réponse spectrale, est encore primordiale.

### La garrigue épaisse et sémi-aride

Elle comprend une large zone, se concentrant dans la zone de ravines avec des garrigues sériales. Les deux caractéristiques (topographie et composition végétale)

---

6s(4), Cultures sèches avec thym nitrophiles. 5, Pineraies de repeuplement. 6s, Cultures sèches. 6s(3g), Cultures sèches avec garrigues sériales sur plâtes. 6s+3g, Cultures sèches et garrigues sériales sur plâtes. S, Marais salant. S+3g, Marais salant et garrigues sériales sur plâtes.

\* Série mésoméditerranéenne, bétique, marianense, araceno-pacense sec basophile de *Quercus rotundifolia* (= *Paeonio coriaceae-Querceto rotundifoliae* S.): M5(Q), Pineraies de repeuplement avec chênes. M6s(Q), Cultures sèches avec chênes. M6s, Cultures sèches.

\* Géosérie ripuaire: 6s, Cultures irriguées. R, Ravins.

permettent l'obtention d'une tonalité bleue, plus ou moins bleue, selon la couverture de la garrigue. Nous pouvons parfois apprécier des nuances rougeâtres à cause des ravins localisés parmi les ravines, soit consacrées aux cultures, soit avec des restes de formations naturelles, soit avec des thym nitrophiles primocolonisateurs, celles-ci sont toutes des espèces végétales avec une certaine vigueur et bien qu'elles soient prises d'une manière claire et spécifique sur la carte de végétation actuelle, elles répondent à des caractéristiques de composition floristiques et phytosociologiques.

#### **Les cultures non irriguées et/ou les garrigues**

Cette catégorie correspond à des zones de cultures non irriguées (pouvant présenter des restes de garrigue sériale) qui sont localisés sur une unité qui est bien définie du point de vue pédologique, sur des Xérosols gypsiques-Xérosols calciques-Cambisols calciques. La réponse obtenue nous rapporte à des zones de tonalité jaunâtres qui sont identifiables du point de vue du paysage à des zones planes qui entourent les formations de ravines, sur des sols d'une certaine puissance et donc avec une utilisation optimale pour l'activité agricole.

#### **La garrigue épaisse sèche**

Nous avons inclus ici les formations de garrigue épaisse mais sur des substrats avec un plus grand contenu d'humidité, cela implique que la végétation présente une réponse en tons bleus-rosés.

#### **Les cultures irriguées et les Communautés Ripuaires**

Les zones de cultures irrigables et celles qui ont des formations naturelles ripuaires, associées, comme l'on peut apprécier sur le réseau hydrographique, sont incluses dans cette catégorie. Leur réponse est comprise dans les rouges-carmin foncé et dénote donc, la présence d'une végétation vigoureuse.

#### **Les marais salants**

Cette catégorie reflète les formations pédohygrophiles qui composent les marais salants, des communautés à grande valeur écologique et paysagistique dans la zone. La réponse correspond à une couleur entre bleu foncé et noir à cause de sa situation sur des sols périodiquement inondés.

#### **Le sol salin ou le dépôt salin**

Cette catégorie est en rapport avec les zones à efflorescence saline évidente à cause de l'évapo-transpiration élevée existante qui provoque un lavage ascendant des sels

du sol et avec des zones où la végétation est rare. Les deux facteurs nous donnent comme réponse un réfléchissement maximum qui entraîne des tons blancs.

## Conclusions

L'étude de la végétation actuelle sur la zone d'étude, à l'aide des deux méthodologies, nous permet d'arriver aux conclusions suivantes:

1, La zone d'étude se caractérise par le fait qu'il s'agit d'une zone d'une grande hétérogénéité du point de vue de la végétation. Ces zones offrent non seulement une grande complexité lorsqu'on procède à leur classification de manière digitale, mais elles sont très complexes aussi lorsqu'on réalise une classification basée sur l'analyse visuelle.

2, L'obtention des unités cartographiques en utilisant les images multispectrales de satellite et au moyen de l'analyse visuelle est une tâche très difficile car les caractéristiques de réfléchissement (obtention de 7 unités) ne reflètent pas la classification phytosociologique (18 unités).

3, L'information multispectrale et multitemporale apportée par l'image du satellite est d'une grande utilité car elle permet des corrections sur une cartographie base, c'est-à-dire, elle permet de modifier et d'utiliser l'information cartographique suivant la fin à laquelle elle est destinée: estimation des dommages causés par les incendies forestiers, des études sur les processus de déforestation, évolution des superficies irriguables, détection des anomalies produites par l'activité anthropique...

Nous pouvons conclure que la photo-interprétation est plus pratique et appropriée pour étudier les zones peu étendues et d'une grande hétérogénéité, et que, sa corrélation avec les images du satellite est très utile lorsqu'il s'agit d'extrapoler des données à des zones plus larges.

## Bibliographie

- BARIOU, R; D. LECAMUS & F. LE HENAFF (1985a). *Corrections atmosphériques*. Presses Universitaires de Rennes 2. Rennes.
- BARIOU, R; D. LECAMUS & F. LE HENAFF (1985b). *Réponse spectrale des végétaux*. Presses Universitaires de Rennes 2. Rennes.
- BRAUM BLANQUET, J. (1979). *Fitosociología*. Ed. Blume. Madrid.
- CAPEL MOLINA (1981). *Los Climas de España*. Edit. Oikos. Barcelona.
- CHUVIECO, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones Rialp. Madrid.
- ESTEVE CHUECA, F. & VARO ALCALÁ, J. (1975). Estudio de las Comunidades Halófilas interiores de la Provincia de Granada. *Anales Inst. Bot. Cavanilles*. 32(2): 1351-1374.
- FELICÍSIMO, A. M<sup>o</sup>; P. GARCÍA-MANTECA & J. MARQUINEZ (1991). Efectos de la corrección del efecto topográfico en las imágenes Landsat sobre la clasificación de los usos del suelo. IV. Reunión Científica de la Asoc. Española de Teledetección. p: 251-257.
- GÓMEZ, F.; S. MONTESINOS; & TRASPAS, P. (1991). Estudio de los procesos erosivos utilizando imágenes de satélite. *IV Reunión Cient. Asoc. Esp. Teledetección*: 140-147.

- GÓMEZ MERCADO, F. y F. Valle (1988). *Mapa de Vegetación de la Sierra de Baza*. Servicio de Publicaciones. Campus Universitario de Cartuja. Universidad de Granada.
- GUYOT, G. (1989) *Signatures spectrales des surfaces*. Paradigme. Caen.
- I.G.M.E. MAPA GEOLÓGICO DE ESPAÑA. (1982). *E. 1:200.000. Síntesis de la Cartografía existente*. Hoja nº 78: Baza. I.G.M.E.
- PÉREZ PUJALTE, A.; P. PRIETO; E. ESPINOSA. & E. ESTEBAN (1980). *Mapa de suelos y vegetación de la provincia de Granada*. Est. Exp. del Zaidín. Granada.
- PONS, X. & J. M. ROURE (1991). Caracterización espectral de siete formaciones vegetales mediterráneas a lo largo del año. IV Reunión Cient. Asoc. Esp. de Teledetección: 60-69.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (1987). *Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.C.O.N.A. Madrid.
- (1994). Clasificación Bioclimática de la Tierra. *Folia Bot. Matritensis* **11**: 1-1.9.
- , A. ASENSI, J. MOLERO MESA & F. VALLE (1995). *Biogeografía de Andalucía*.
- SIMÓN TORRES, M. (1974). *Estudio de los suelos halomorfos de la provincia de Granada*. Tesina de Licenciatura. Dpto. Edafología. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada.

**Adresse des auteurs:**

Dr. B. Sáenz & Prof. F. Valle, Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, C. Severo Ochoa s/n, 18.071 Granada, Spain.