

LE PROJET BOUCHES DU RHONE

PAR

J. P. GILG EHESS - PARIS

M. BIED-CHARETON ORSTOM

PH. FOURNIER MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Sommaire :

CHAPITRE 1 - LES OBJECTIFS -

- . Cadre général de la recherche
 1. Thèmes d'application de la télésanalyse
 2. Orientations méthodologiques
 3. Trois fonctions de la télésanalyse
 4. Les langages de la télésanalyse
 5. Buts de l'expérience Bouches du Rhône
- . Le projet Bouches du Rhône
 1. Les objectifs thématiques
 2. Objectifs méthodologiques
 3. Objectifs "satellite d'observation de la terre"

CHAPITRE 2 - L'OBSERVATION-SOL -

1. Buts de l'acquisition sur site
2. Contenu de l'acquisition sur site
3. Méthodologie de l'acquisition
4. Traitements

CHAPITRE 3 - ESSAIS DE METHODES DE TRAITEMENT -

1. Les méthodes utilisées
2. Les essais
3. Critique

CONCLUSION - PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE -

1. Amélioration de la qualité des données
2. Etudes de vérité-terrain et des valeurs radiométriques
3. Stratification et zones d'égal raisonnement
4. Traitement et analyse des textures
5. Les aspects géométriques

Fonds Documentaire ORSTOM



010018941

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B*1894-1 Ex: 1

● CADRE GENERAL DE LA RECHERCHE.

1. Thèmes d'application de la téléanalyse

Ils sont au nombre de deux :

- étude des transformations qualitatives et quantitatives de l'occupation de l'espace (agriculture, urbanisation, environnement) dans leurs composantes physiques et socio-économiques);
- étude des ressources en eau (eaux libres continentales, eaux littorales, humidité des sols et irrigation) quant à leur qualité et leur quantité.

Dans ces deux domaines, il s'agit d'inventorier régulièrement les stocks, de mesurer les flux, de comprendre les mécanismes et d'analyser l'évolution au regard de la conservation du patrimoine, de la gestion des biens renouvelables, du cadre de vie et des espaces sociaux.

2. Orientations méthodologiques

Les phénomènes étudiés évoluant rapidement, l'effort, dans le domaine des méthodes, porte sur :

- l'élaboration de techniques d'observation continue et d'évaluation périodique;
- la mise en oeuvre de processus rapides de traitement, d'interprétation et de communication des données;
- les méthodes de mesure et d'interprétation des changements.

3. Trois fonctions de la télédétection

- instrument d'élaboration des statistiques et cartes thématiques de toutes les formes matérielles d'occupation des terres;
- moyen de constitution des bases spatiales de sondage en vue du dénombrement et de l'étude de phénomènes non visibles connus et visibles mais non connus;
- système d'anticipation et de prévision.

.../...

4. Les langages de la télédéttection

Par-delà le langage de saisie, la télédéttection est une suite de deux sémiologies :

- transformation des images (signaux) en informations utiles;
- transformation de ces informations en données écologiques, économiques, sociales.

Suivent- ce qui est commun à toutes les sciences- les langages de traitement et de communication de ces données. Cependant, la télédéttection n'étant pas susceptible de fournir toutes les données, ni de tout expliquer, il importe de lui associer d'autres méthodes de collecte des données et de rendre compatibles l'ensemble de ces informations.

5. Buts de l'expérience Bouches-du-Rhône

Ils sont au nombre de trois :

- élaborer des méthodes d'observation périodique s'appuyant sur les possibilités offertes par la télédéttection et mettre au point des techniques de traitement et d'interprétation des images multispectrales;
- obtenir des résultats thématiques probants validant la télédéttection;
- étudier les possibilités offertes par les satellites d'observation de la terre des années 1980 et contribuer à leur mise au point.

● LE PROJET BOUCHES DU RHONE

1. Les objectifs thématiques

1.1. Il s'agit de :

- réaliser un zonage reposant sur des critères écologiques, géographiques et socio-économiques, et d'analyser l'évolution de ce zonage;
- établir le bilan et interpréter la consommation d'espace et de nature (au sens physique et social) à différents niveaux d'analyse.

1.2. Informations à créer :

En vue de cette étude, la télédéttection doit fournir (deux années consécutives de prises de vue pour toute la région, quatre fois par an pour des zones limitées) les informations (surfaces, volumes...) relatives aux objets suivants (1) quant à leur nature (qualités, fonctions) :

- eaux littorales, eaux libres continentales, usage des rives,

(1) Se reporter à la nomenclature complète

.../...

pollutions, etc...

- forêts: ripisilve, bosquet, massif; reboisement, incendies; densité en fonction de la topographie; feuillus, résineux, mixtes; principales essences; vulnérabilité.
- landes, maquis, friches;
- rochers, terrains dénudés, érodés;
- agriculture: trois niveaux d'analyse, aménagements (parcellaire, réseaux d'irrigation et de communication, habitat rural dans ses formes, densités...); grandes classes d'utilisation du sol (terres labourables et maraîchage, cultures ligneuses permanentes, prés et prairies, jachères,...); productions végétales (céréales, vigne...)
- faits urbains : types de structures et de continuités; formes et densités des unités bâties; types de constructions et fonctions.
- données d'environnement : espaces verts, et de loisirs; sols nus d'accumulation, sols nus d'extraction, etc...

Les données relatives aux populations et aux structures de production seront tirées du R.G.P. et de l'enquête permanente du Ministère de l'Agriculture (EPEXA), données qui serviront aussi à l'étude des indicateurs de type structurel.

1.3. Analyse et interprétation

Elles se feront, dans l'optique consommation d'espace, et sans doute après des enquêtes complémentaires sur le terrain, en fonction d'un ensemble de critères (ex. valeurs sitologiques et espaces sociaux; intensification de l'agriculture et préservation du patrimoine, etc...), dans leurs dimensions statiques et dynamiques (approche synergique, vecteurs, impact à distance)

2. Objectifs méthodologiques

Les buts essentiels sont :

- les techniques de transformations des images en données utiles
- les techniques de comptage et de cartographie
- les techniques de mesure des différences et des changements

N.B. Le traitement des données, plus familier, n'est pas repris ici.

2.1. Transformation des images en informations

Deux voies existent. L'une consiste en des traitements destinés à améliorer les images, à produire une composition photographique des données multispectrales et à interpréter visuellement cette photographie. L'autre repose sur des modèles (1) de codification automatique des signatures spectrales et spatiales et sur un système interactif. La première reste nécessaire dans

(1) Les résultats partiels obtenus sur les enregistrements de 1974 ont permis de préciser les paramètres principaux du modèle.

l'état d'avancement actuel de la recherche. Mais la seconde - c'est l'option que nous avons prise - est la seule viable dans un système opérationnel : il faudra alors analyser et interpréter des enregistrements abondants et fréquents, dans des délais relativement courts. Cette démarche s'appuiera, toutefois sur l'interprétation des photos IRC et de reproductions analogiques sur film des enregistrements multispectraux.

Dans la pratique, on suivra deux démarches : examen visuel destiné à contrôler les résultats obtenus par traitement numérique et à éprouver la logique mise en oeuvre; l'analyse numérique en testant les moyens actuellement disponibles et d'autres qui seront créés.

Dans les deux démarches, on procèdera par méthode supervisée et par méthode non supervisée, en s'appuyant sur les trois descripteurs habituels de l'imagerie : ton ou luminance ou réflectance, texture, structure, en combinant l'analyse "espace des points" à celle de "l'espace des positions". Des logiques adaptées seront développées. Le traitement numérique utilisera les méthodes paramétriques et non-paramétriques, ainsi que l'analyse des textures.

La généralisation passera par la définition d'un modèle à trois composantes: physique (réflectance bi-directionnelle), spatiale (rapport résolution-dimension des objets ou contenants et variabilité spatiale des signatures spectrales); temporelle.

Cette phase ne fournira cependant qu'une information sur la nature et les propriétés physiques et chimiques des objets. Sauf pour certains, la fonction est à déduire d'une analyse des positions spatiales.

2.2. Comptage et cartographie

Par-delà la définition des unités statistiques et niveaux de mesure et d'agrégation, les problèmes suivants sont à résoudre:

- intégration de limites administratives ou géographiques
- correction des surfaces en fonction de la $\text{tg } \theta$
- sortie des résultats en caractères graphiques
- traitement des informations et cartographie statistiques.

2.3. Mesure des différences

Deux aspects seront abordés :

- au plan technique, mise en oeuvre de moyens permettant d'extraire la différence entre deux images d'une même date (deux canaux, par ex.) ou la différence entre deux images de dates différentes (ce qui implique des corrections d'atmosphère).
- au plan thématique, mesurer les changements de répartition, les transferts, les substitutions, les modifications de la structure du paysage.

N.B. La possibilité de dépouiller les séries diachroniques par sondage, dont l'étude est prévue, ne sera pas présentée ici.

.../...

2.4. Indicateurs de type structurel

Ils n'appartiennent pas au champ strict de la télédétection, mais il est important de les étudier pour les raisons suivantes:

- ils aideront à définir les unités et niveaux de compatibilité entre les informations relatives à la terre et à l'environnement fournies par la télédétection et celles relatives aux populations et aux activités obtenues par d'autres méthodes,
- dans la perspective de systèmes spatiaux d'observation de la terre, ils serviraient à constituer les bases de sondage autorisant une actualisation des données pendant les périodes intercensitaires,
- les espaces sociaux pourront être analysés sur de plus grandes étendues, dans le cadre d'unités réelles, et leur évolution mieux saisie,
- ces indicateurs autorisent aussi une meilleure analyse des écosystèmes dont toutes les composantes ne peuvent être systématiquement observées à des niveaux très fins.

Concrètement, il s'agit de:

- trouver les indicateurs paysagiques (simples ou complexes) fortement corrélés à des faits écologiques ou sociaux.
- d'analyser leur variabilité spatiale et temporelle
- de proposer des méthodes simples et rapides pour les extraire des données télédétectées.

2.5. Evolution et prévision

Deux domaines sont concernés, qui se situent à des échelles différentes :

- échelle saisonnière et niveau de mesure fin: prévision des récoltes, prévision des risques d'incendies de forêt, par ex.;
- échelle annuelle ou pluriannuelle et grandes catégories d'utilisation du sol; évolution spatiale probable de l'urbanisation ou transfert probable d'une utilisation agricole du sol à une autre.

Ces deux cas renvoient :

- le premier à l'étude de la variation temporelle de la signature spectrale et à l'intégration de paramètres tels que l'humidité du sol, le premier objectif à atteindre est une meilleure connaissance des surfaces (et le plus tôt possible dans l'année) et des accidents les affectant,

.../...

- le second à l'étude des indicateurs pertinents de transfert: type, validité spatiale et temporelle, méthodes de mesure.

L'étude de ces paramètres implique l'analyse de séries diachroniques d'enregistrement ou de photos aériennes, l'établissement de projections et la confrontation de celles-ci avec l'évolution réelle.

3. Objectif "satellite d'observation de la terre".

C'est une participation au programme de recherche du CNES sur les spécifications instrumentales des futurs systèmes spatiaux d'observation de la terre. Certaines données "BdR" sont donc utilisées pour procéder à une simulation comportant dégradation de la résolution spatiale et de la résolution spectrale. Les résultats ainsi obtenus sont confrontés aux objectifs à atteindre, au moyen de critères bien définis. (voir texte ETM).

CHAPITRE II.

L'OBSERVATION-SOL.

I. BUTS DE L'ACQUISITION SUR SITE.

1.1. Nature des données radiométriques

Le signal obtenu sur chaque pixel par les détecteurs à balayage est la résultante des propriétés physiques de l'objet ou des associations d'objets situés sur le sol ou plus exactement de la surface de ces objets qui réfléchit le rayonnement dans différentes longueurs d'onde à l'instant de la prise de vue. Ce rayonnement réfléchi sera fonction du rayonnement incident, de la partie rayonnée et de la transmission atmosphérique. Pour étudier la partie rayonnée, on cherchera donc à caractériser les paramètres d'une campagne :

- conditions d'éclairement, conditions climatiques, géométrie sol-capteur-soleil,
- nature et état des objets et de leurs associations et arrangements à la surface du sol; rugosité de surface de ces objets.

Notre propos concernera essentiellement ce second point.

1.2. Nature des traitements effectués et intérêt de l'acquisition sur site dans une phase expérimentale

Les connaissances sur les objets au sol sont nécessaires car elles interviennent à tous moments dans les chaînes de traitement des données radiométriques et pour une meilleure connaissance de l'outil télédétection. On peut regrouper les différentes étapes de ces traitements selon les postes suivants :

1) traitements photographiques et optiques :

Ceux-ci sont effectués sur plusieurs types de documents :

- clichés infra rouge couleur qui accompagnent les enregistrements Daedalus,

- visualisations analogiques canal par canal,

.../...

- visualisations après prétraitements et numérisation, canal par canal,
- équidensités diverses, mixages de canaux par voie photographique,
- amélioration de contraste, réduction aux contours par voie photographique ou optique.

Pour tous ces documents, la "vérité-terrain" est nécessaire pour l'identification des objets et pour donner un contenu aux zones définies après les stratifications effectuées sur ces visualisations. Une stratification, ou zonage "a priori", sur l'ensemble du département a été faite sur les clichés IRC de 1974 et de 1975 en prenant en compte les critères ton, texture et structure. Elle permet de définir des zones d'égal raisonnement utilisées ensuite pour les classifications des données radiométriques.

2) Recherche sur l'instrument et les signatures spectrales

Une vérité-terrain approfondie est nécessaire pour caractériser la radiométrie des objets et de leurs associations à l'instant de l'enregistrement. Ceci permet de préciser la spécificité des bandes spectrales (nombre, emplacement, largeur) et les résolutions spatiales adéquates aux thèmes étudiés.

3) Initialisation de traitements non supervisés

Dans les traitements non supervisés bâtis sur le principe de regroupement de spectres de forme semblable à partir d'algorithmes d'agrégation autour de centres mobiles, type Isodata (ou tout autre algorithme) la vérité terrain peut intervenir pour réduire l'arbitraire des critères de construction des sous-ensembles homogènes qui conduisent aux classes. Une interaction expérimentateurs-ordinateur est nécessaire pour adapter les méthodes basées sur l'analyse des correspondances aux divers thèmes étudiés pour mieux définir, dans l'espace, les zones à traiter, ainsi que le nombre de classes recherchées, les canaux à retenir pour le traitement, etc...

4) Initialisation des traitements supervisés

Ces traitements nécessitent par définition une connaissance minimale des données "sol". A partir de là, on fabrique des "nuages de points étiquetés" sur la base d'un fichier appelé "fichier des imagettes" qui comprend les données radiométriques et les données "sol" d'un certain nombre de parcelles repérées et connus.

5) Tests de validité des algorithmes de classification ou de classement relativement aux thèmes étudiés

Les divers thématiciens ne peuvent donner un contenu aux classes issues des traitements de données radiométriques qu'à partir de la vérité-terrain par établissement de matrices de confusion.

.../...

6) Etude de la variabilité dans l'espace et dans le temps des signatures spectrales et de la stabilité des classes

Les spectres de réflectance varient dans le temps en fonction de la variation du rayonnement incident et de la variation de l'état des objets et de leurs associations. Cette variabilité dans le temps doit être étudiée et introduite dans les procédures de classification; elle permet en outre une meilleure discrimination des plantes cultivées, par exemple en tablant sur les différences dans les stades phénologiques. Il est nécessaire également d'introduire un facteur de variabilité dans l'espace des spectres de réflectance pour une même période d'enregistrement.

II. CONTENU DE L'ACQUISITION SUR SITE.

On détermine la nature des observations à effectuer, leur qualité, leur dimension, leur précision et leur date d'acquisition en fonction :

- du ou des thèmes abordés par la télédétection
- de la résolution spatiale du capteur utilisé
- de sa résolution spectrale

Dans le cas des Bouches du Rhône le thème abordé est l'occupation de l'espace en général; la résolution spatiale du capteur Daedalus visible (2,5 milliradians) est de 17 mètres théoriques à 7.000 mètres d'altitude; la résolution pratique correspond à cinq fois la projection de l'IFOV ; la résolution spectrale est de 10 canaux ainsi placés :

canal 1	0,38 - 0,42	canal 6	0,60 - 0,65
canal 2	0,42 - 0,45	canal 7	0,65 - 0,70
canal 3	0,45 - 0,50	canal 8	0,70 - 0,80
canal 4	0,50 - 0,55	canal 9	0,80 - 0,90
canal 5	0,55 - 0,60	canal 10	0,90 - 1,10

L'unité élémentaire d'observation est la parcelle pour le milieu agricole, la placette pour le milieu naturel, le bloc élémentaire pour le milieu urbain et industriel. Cette unité est identifiée par une étiquette qui comprend un numéro de campagne (caractéristique du lieu et de la période d'acquisition) et des numéros de repérage géographique (région, zone test, n° de parcelle). Les observations effectuées se classent en plusieurs rubriques :

- renseignements sur la ou les cultures en présence : association de culture, type, nature de la culture, type d'abri s'il y a lieu, stade végétatif, âge, hauteur, taux de recouvrement du sol, écartement entre les lignes, espacements sur une ligne de culture, manques, état sanitaire, adventices; écartement, épaisseur des couronnes, mode de taille, hauteur pour les cultures ligneuses; nature de la couverture végétale, composition des strates herbacées, arbustives, arborées, recouvrement du sol

.../...

par ces strates pour les prairies et le milieu naturel

- renseignements sur les objets situés sur la parcelle ou sur ses limites (autres que l'occupation principale)

- renseignements sur les éléments plus permanents dans le temps: texture et structure du sol, pierrosité de surface, présence ou absence de dépressions, de phénomènes d'érosion, de ravinement, d'accumulation; pente, exposition

- renseignements sur l'humidité de surface, l'eau, l'irrigation s'il y a lieu

- renseignements sur les dernières façons culturales et les derniers traitements chimiques effectués avant ou le jour du vol

- renseignements sur les matériaux et les associations rencontrées en milieu urbain.

Les observations sont qualitatives ou quantitatives et informatisables. La précision de l'observation est fonction de la résolution donc du niveau de détail estimé captable.

La dimension de l'unité d'observation comprend au minimum 30 pixels. La date d'observation est fonction des thèmes étudiés et de la nature des objets. Certains paramètres sont à observer le jour même du vol, voire à l'heure même, notamment tout ce qui concerne les renseignements sur l'état des cultures (stade phénologique, travaux en cours,...) l'humidité des sols, l'irrigation et les renseignements sur l'eau : température, salinité, turbidité. D'autres paramètres peuvent être observés en léger différé (état de la couverture végétale en milieu naturel, pierrosité de surface) ou en différé plus large (nature des matériaux bâtis).

III. METHODOLOGIE DE L'ACQUISITION.

3.1. Définition des sites observés et localisation des unités d'observation.

Etant donné le caractère expérimental des opérations Bouches du Rhône on a tout d'abord procédé à un premier zonage du département de façon à choisir des zones test qui aient un minimum d'homogénéité en ce qui concerne les thèmes étudiés et les divers modes d'occupation de l'espace dans ce département de façon à couvrir au mieux les phénomènes et leur variabilité spatiale. Dans les zones test définies un certain nombre de parcelles sont choisies. Ce nombre est en général défini de telle façon qu'une zone puisse être relevée en une seule journée (soit 50 à 80 parcelles relevées par une équipe de 2 enquêteurs) et en tenant compte de son hétérogénéité spatiale :

.../...

tous les types d'occupation du sol doivent être observés, et en nombre suffisant. Dans le cadre de la campagne 1974 il a été procédé à un sondage spatial, c'est-à-dire à un tirage au sort d'une centaine de grappes de 72 points réparties sur l'ensemble du département (enquête "utilisation du territoire" du service de la statistique agricole).

3.2. Etablissement des fiches de relevé.

Différentes fiches ont été établies pour recueillir les observations définies au § 2 : fiche "terres labourables" et maraîchage", fiche "cultures permanentes ligneuses", fiche "prés-prairies", fiche "milieu naturel", fiche bâti", sous-fiches "irrigation" et "serres" s'il y a lieu. L'unité d'observation ne peut être répertoriée que sur un seul type de fiche. Sur celle-ci sont notés les éléments d'identification et de repérage géographique et les réponses aux questions : absence ou présence, données quantifiées souvent ordonnées en classes selon celles habituellement retenues par les divers thématiciens pour faciliter le travail des enquêteurs. Cette prise de données discontinues induira par la suite un type déterminé de traitement.

Les données enregistrées sur fiches sont ensuite codées puis on procède à leur perforation.

En 1974 environ 1 millier d'unités élémentaires ont été observées repérées (coordonnées ligne-colonnes de la bande numérique), codées et perforées; en 1975 environ 3.500 unités ont été observées, en 1976 environ 1.600 sur la moitié ouest du département; leur repérage et codification sont en cours.

3.3. Données complémentaires.

Pour compléter les fiches d'observation on a recueilli par divers moyens d'autres données :

- des photographies couleur au sol
- des photographies couleur à basse altitude par hélicoptère sur certaines zones tests
- des données d'ordre socio-économique, soit par enquête directe soit par dépouillement de la documentation, des statistiques ou de missions photographiques aériennes antérieures, pour approcher les problèmes de structures des exploitations agricoles, de la propriété foncière, d'évolution de l'occupation des sols selon diverses fonctions.

Ces données sont utilisées de façon complémentaire à celles acquises par télédétection et pour rechercher des indicateurs qui permettront de corréliser ces données de la télédétection avec les paramètres d'ordre socio-économique.

IV. TRAITEMENTS

Le nombre élevé d'observations par unité élémentaire et le nombre élevé de celles-ci nécessite une informatisation. Celle-ci est par ailleurs indispensable pour intégrer la vérité-terrain ainsi relevée dans les traitements des données radio-métriques et l'évaluation de leur efficacité.

.../...

On effectue également des traitements sur les seules données vérité-terrain afin de caractériser les zones tests et les zones homogènes définies à partir des clichés IRC et de préciser certains paramètres d'occupation de l'espace ou d'utilisation du sol, d'en faire une typologie, une statistique, et d'en étudier les variations dans l'espace et dans le temps.

On crée un fichier "données" à partir :

- des fichiers "vérité-terrain"
- d'un fichier "coordonnées" ligne-colonne des unités d'observation
- d'un programme d'extraction
- des données radiométriques sur bande standart.

Ce fichier "données" 1974 existe, les fichiers 75 et 76 sont en cours de réalisation. Un certain nombre de résultats sur les données 74 ont été obtenus en collaboration avec le CNES malgré leur qualité médiocre : signatures spectrales, courbes de densités de probabilité, caractérisation des bandes spectrales, recherches sur les structures spatiales, tests de classification sur des petites zones.

3.1. Les méthodes utilisées.

Il existe, indépendamment de l'analyse des textures, 3 groupes de méthodes pour traiter des données multispectrales :

- le classement ou analyse supervisée. Dans ce cas, on dispose d'observations faites au sol (on a défini des classes "thématiques" en fonction d'une nomenclature) et pour chaque classe sont connues les taches élémentaires correspondantes. A l'aide de cette information on cherche à affecter chacune des taches élémentaires restantes à l'une de ces classes. Pour résoudre le problème, il faut se donner : a) soit la forme des domaines dans R^k correspondant à chacune des classes - on a testé un programme linéaire: les limites des domaines dans R^k sont hyperplans - b) soit une information sur l'aspect statistique des sous-nuages de points étiquetés de chaque classe - nous avons expérimenté l'hypothèse gaussienne-

- la classification ou analyse supervisée. Dans ce cas, on cherche avec la seule connaissance des réflectances à découper l'ensemble des points de l'image. Pour obtenir un découpage du nuage de points correspondant à une image, il faut alors se donner une information sur la forme des sous-nuages recherchés - la méthode des "nuées dynamiques" a été testée -

.../...

- la recherche de signature : on cherche une fonction Φ telle que $\Phi: R^k \rightarrow R^{k'}$ avec les 2 propriétés suivantes : a) $k' \ll k$;
 b) la perte d'information, en travaillant sur $R^{k'}$ au lieu de R^k est négligeable pour une information donnée. Ces programmes sont souvent d'une grande complexité. D'autre part la métrique mentionnée dans un programme de classement ou de classification est toujours celle sur l'espace des signatures. Les programmes précèdent généralement l'utilisation de l'une des autres méthodes. Il en est ainsi du programme CLAMS (classification automatique multispectrale) qui a été expérimenté, où l'application des "nuées dynamiques" fait suite à une analyse des correspondances.

3.2. Les essais.

a) Un double objectif était poursuivi : a) connaître les possibilités réelles d'identifier des objets (cultures, bâti, etc...) et leurs propriétés à l'aide des méthodes disponibles qui avaient donné relativement satisfaction en géologie, géomorphologie littorale, mais n'ayant pas été évaluées en matière d'occupation de l'espace ; b) analyser les facteurs ou propriétés mis en évidence.

A cette fin, on a sélectionné 5 petites zones : un transect Crau-Camargue ; une grappe de parcelles au SE de Tarascon ; la région d'Entressen ; la campagne de Puyloubier ; des blocs de Marseille.

Sachant que la nomenclature physique de l'utilisation du sol ne pouvait être utilisée telle quelle en matière de télédétection, on a été conduit, préalablement, à procéder à une comparaison avec la situation réelle, au sol, lors de l'acquisition. Ainsi a-t-on pu dresser pour les postes les plus importants une série de classes "thématiques-télédétection" plus précises. A titre d'exemple, nous citerons les terres labourables et les prairies :

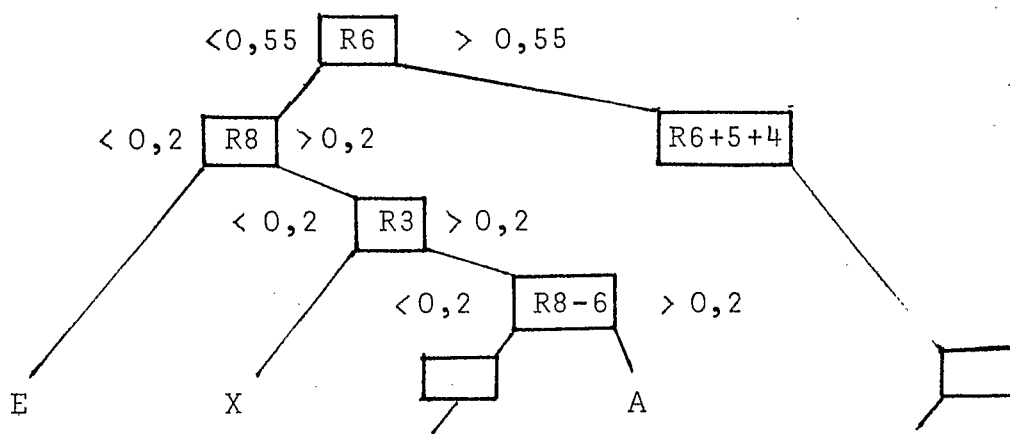
- terres labourables	en télédétection/vérité-sol
ex. blé	-blé moissonné (chaumes)
	blé moissonné (pousses de luzerne)
	blé à maturité
	blé à maturation
maïs	-maïs 3 feuilles 15 cm
	maïs 80 cm de haut
cultures légumières	-semis-état de sol nu
	-tomates repiquées
	-melonnières très couvrantes
- prairies	-prairies en floraison
	-prairie rase
	-prairie en cours de pâture

b) classement selon "hyperplans"

Le test a été conduit en 2 étapes. La première a consisté à étudier un échantillon de parcelles le long du transect Crau-Camargue, puis de classer tous les pixels de cette zone. La seconde fut un test de généralisation à un espace différent où existaient cependant des types identiques d'utilisation du sol.

.../...

On trouvera ci-joint les spectres d'une douzaine de classes d'utilisation du sol, établis après analyse des distributions dans les différents canaux de longueurs d'onde. On estime que l'information la plus riche vient de la comparaison des canaux, un canal étroit contenant plus d'information que le canal large engendré par l'ensemble des canaux. Ainsi l'examen des spectres conduit-il à hiérarchiser l'algorithme, selon le schéma suivant:



Dans le cas présent, il est possible (sur l'échantillon) de distinguer immédiatement :

- l'eau : $R8 < 0,2$
- la terre nue : $R6 > 0,5$
- les marais salants : $R6 > 0,5$
- les résineux : $R3 < 0,22$

Une fois les classes éliminées, on peut identifier le riz par $R10 < 0,3$. Les autres spectres-types ne sont pas nettement séparés. Il est alors possible d'utiliser leurs formes. Ainsi distingue-t-on les feuillus par $R8-R6 > 0,2$ et les constructions par $R8-R6 < \epsilon$ ($\epsilon > 0$)

Appliquée à une petite zone, cette discrimination hiérarchique ne donne cependant pas entière satisfaction.

Sont identifiées avec un degré de précision supérieur à 80% :

les eaux du Rhône, les eaux salées peu profondes (marais salants et eaux libres) les prairies denses en floraison, les résineux.

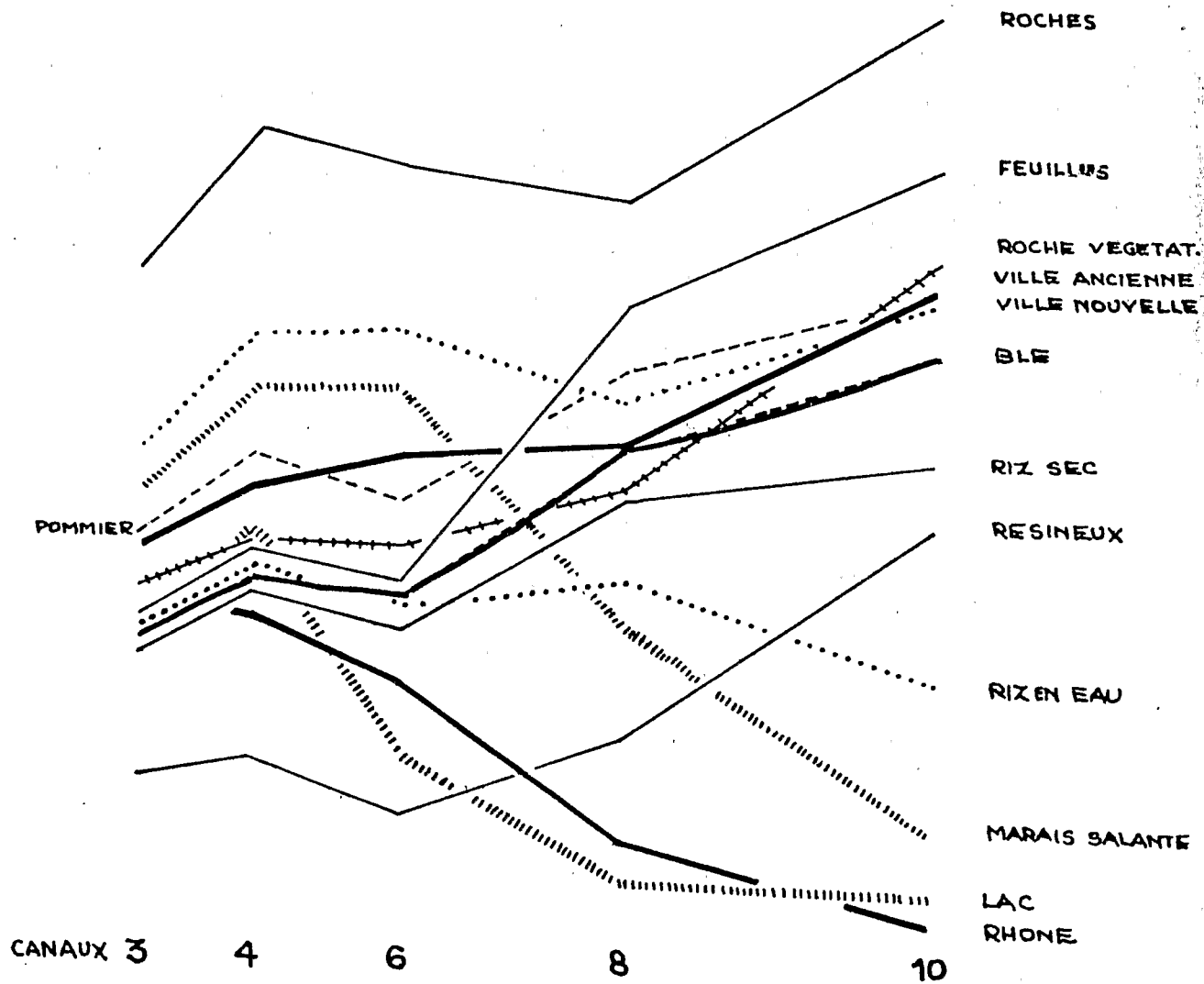
-Sont identifiables avec un degré de précision de 80% environ, à condition de prendre en considération la forme: les rizières en eau, et les marais à phragmites; les feuillus.

-Sont reconnues avec une exactitude de 30 à 60% : les prairies rases, les champs de blé, les vergers, etc...

Appliquée à une petite zone différente, la Crau d'Arles qui est entièrement cultivée, cette méthode ne permet de distinguer avec une certaine fiabilité que les prairies, les emblavures et les sols nus. Dans le bassin de Trets (est du département) la hiérarchie des critères établis pour la Crau et la Camargue n'est plus valable. En effet, les classes n'ont plus du tout la même signification: des résineux apparaissent dans la même classe que le riz en eau; le blé correspond à une catégorie de prairie, etc... Ces erreurs s'expliquent par des effets de pente et d'ombre,

.../...

CAMARGUE



des stades végétatifs légèrement différents, les conditions d'éclaircissement (heure différente d'enregistrement). On peut en tirer comme conclusion qu'une méthode supervisée ne saurait être systématiquement généralisée.

c) Classement selon "hypothèse gaussienne" (cf. tableau)

Le test a été conduit sur un échantillon de 25 parcelles agricoles de la zone d'Entressen. Sur un premier jeu de 14 parcelles on a élaboré les règles de classification. Ces règles ont été appliquées ensuite à la totalité (y compris aux parcelles d'apprentissage). Si le résultat est concluant quant à l'identification des cultures sur les parcelles d'essai (plus de 79% des pixels sont classés correctement) il l'est beaucoup moins pour les 11 parcelles nouvelles. Ainsi les 2 champs de blé sont classés à plus de 40% comme prairie ou comme rejet. Les prairies artificielles (luzerne) également sont rejetées à plus de 50% ou deviennent prés. Inversement les prés deviennent luzernières;

Malgré les ambiguïtés, ces résultats permettent de penser qu'il est possible d'identifier correctement les prairies. Les erreurs en effet correspondent à des états phénologiques identiques : pré et prairie artificielle ont les mêmes réponses spectrales et se confondent donc aisément. Il reste toutefois à distinguer ces cultures de toutes les autres, et en particulier des céréales. Pour résoudre ce problème des données chronoséquentielles semblent devoir donner satisfaction.

d) classification par "nuées dynamiques"

La méthode a été expérimentée sur le transect Crau-Camargue. Les résultats -comme les spectres-types- sont comparables à ceux obtenus par analyse discriminante hiérarchique.

- Sont reconnues avec une précision supérieure à 80% : l'eau profonde, le sol nu (ou à très faible couvert végétal); les marais les prairies denses non irriguées.

- Se confondent: les rizières en eau avec les bords du Rhône; le blé à maturité et les "prés secs" de parcours, le blé et les prairies récemment fauchées; les vignes et vergers; des rizières et des vignes; des feuillus et des marais à forte végétation.

Mais cet exemple, où le traitement a été appliqué de façon homogène à deux régions différentes (Camargue et Crau) met en lumière la signification différente des classes selon que l'on se place dans l'une ou l'autre région. En voici quelques ex. :

classe	Camargue	Crau
1	marais à salicorne	marécages à eaux douces
2	blé à maturité	jeunes vergers en herbe
3	prairie naturelle	prairie dense irriguée
6	riz ; marais	bords du Rhône
8	blé	coussouls

.../...

REJET AVEC UNE PROBABILITE THEORIQUE DE .05
 LES POINTS REJETES SONT EN PREMIERE COLONNE

		Rejet	Pluies naturelles	Bois	Dlc	Pluies artificielles
46	<u>5074254-01</u>	4.3	<u>95.7</u>	0.0	0.0	0.0
30	<u>5074254-10</u>	3.3	<u>96.7</u>	0.0	0.0	0.0
23	<u>5074254-16</u>	0.0	<u>95.7</u>	4.3	0.0	0.0
81	<u>5074254-09</u>	3.7	<u>95.1</u>	1.2	0.0	0.0
125	<u>5074254-14</u>	8.0	<u>86.4</u>	1.6	3.2	.8
269	<u>5074236-55</u>	5.6	<u>94.1</u>	0.0	0.0	.4
52	<u>5074236-56</u>	9.6	<u>90.4</u>	0.0	0.0	0.0
137	<u>5074236-57</u>	6.6	<u>93.4</u>	0.0	0.0	0.0
36	<u>5074254-06</u>	11.1	22.2	0.0	66.7	0.0
125	<u>5074236-25</u>	1.6	98.4	0.0	0.0	0.0
66	<u>5074236-44</u>	0.0	34.8	0.0	0.0	65.2
59	<u>5074236-50</u>	1.7	98.3	0.0	0.0	0.0
324	<u>5074236-60</u>	12.7	87.3	0.0	0.0	0.0
297	<u>5074236-67</u>	32.0	0.0	0.0	0.0	68.0
34	<u>5074254-07</u>	29.4	2.9	67.6	0.0	0.0
111	<u>5074254-18</u>	6.3	2.7	<u>91.0</u>	0.0	0.0
62	<u>5074254-21</u>	6.5	9.7	0.0	<u>79.0</u>	+.6
40	<u>5074254-21</u>	0.0	0.0	0.0	<u>92.5</u>	7.5
180	<u>5074254-23</u>	16.7	47.2	0.0	36.1	0.0
36	<u>5074254-52</u>	58.3	13.9	0.0	25.0	2.8
216	<u>5074254-31</u>	3.7	2.3	0.0	4.0	<u>89.4</u>
34	<u>5074236-33</u>	8.8	2.9	0.0	0.0	<u>88.2</u>
48	<u>5074236-45</u>	54.2	33.3	0.0	0.0	12.5
45	<u>5074236-46</u>	64.4	22.2	0.0	0.0	13.3
35	<u>5074236-52</u>	2.9	0.0	0.0	0.0	97.1

e) méthode "CLAMS"

Le programme a été expérimenté sur une zone limitée de la Camargue, Marseille et la Crau d'Entressen. On se contente de présenter ici deux résultats.

- Camargue. Les spectres-types figurés sur le graphique ci-joint confrontés à la vérité-terrain, correspondent aux types suivants d'utilisation du sol :

- 0 : terre nue, constructions
- 1 : riz, peupliers, enganes
- 2 : eau, feuillus, prairie irriguée
- 3 : eau, terre nue humide
- 4 : sol nu sec
- 6 : verger, eau libre (douce)
- 5 : verger, blé, pré sec
- 7 : blé, riz sec, pâture
- 8 : riz en eau, Rhône, marais
- 9 : riz sec, riz en eau, résineux
- 10 : Rhône, étangs

Un tel résultat n'est guère utilisable, même à l'échelle d'une approche globale. Les classes regroupent, en effet, des objets très différents tant sur le plan des propriétés de la végétation (structure, phénologie) que sur le plan de leurs conditions d'environnement.

- Crau d'Entressen. Les tableaux ci-joints (p18) donnent pour un groupe de parcelles : a) le nombre de taches élémentaires ayant une "vérité-terrain" (ligne) qui sont dans une classe (colonne); b) la normalisation en colonne (les chiffres peuvent s'interpréter comme la probabilité d'avoir une certaine vérité-terrain lorsque le programme a donné une classe); c) la normalisation en ligne (interprétation comme mode de la densité de probabilité correspondant à chaque classe.

D'après ces tableaux, seules les prairies permanentes denses sont identifiables avec une bonne fiabilité (+90%), ainsi qu'un type de terrain de parcours.

Ces tableaux attirent l'attention sur les multimodalités de la plupart des cultures; Elles ne doivent pas étonner. La couverture végétale est quelquefois faible (cas des tomates, des fruitiers); ce que l'on observe alors est autant le sol que la végétation elle-même. Les objets sont parfois hétérogènes (cous-soul). Les paramètres de surface du sol (humidité, pierrosité) influent également sur les réponses spectrales.

f) le cas de Marseille

Le milieu urbain et péri-urbain - 2 essais ont été réalisés - pose, en raison de la résolution spatiale, des problèmes particuliers. Chaque pixel est généralement un composite. Il correspondra soit à du bâti et des abords minéralisés, soit à une association de bâti et de végétal.

.../...

ϕ numérique
en (nm/nm)

Spectres - types
d'après "CLAMS"

groupes
↓
0

4

3

6

5

7

8

9

1

2

↑
groupe B

↑
canal 3

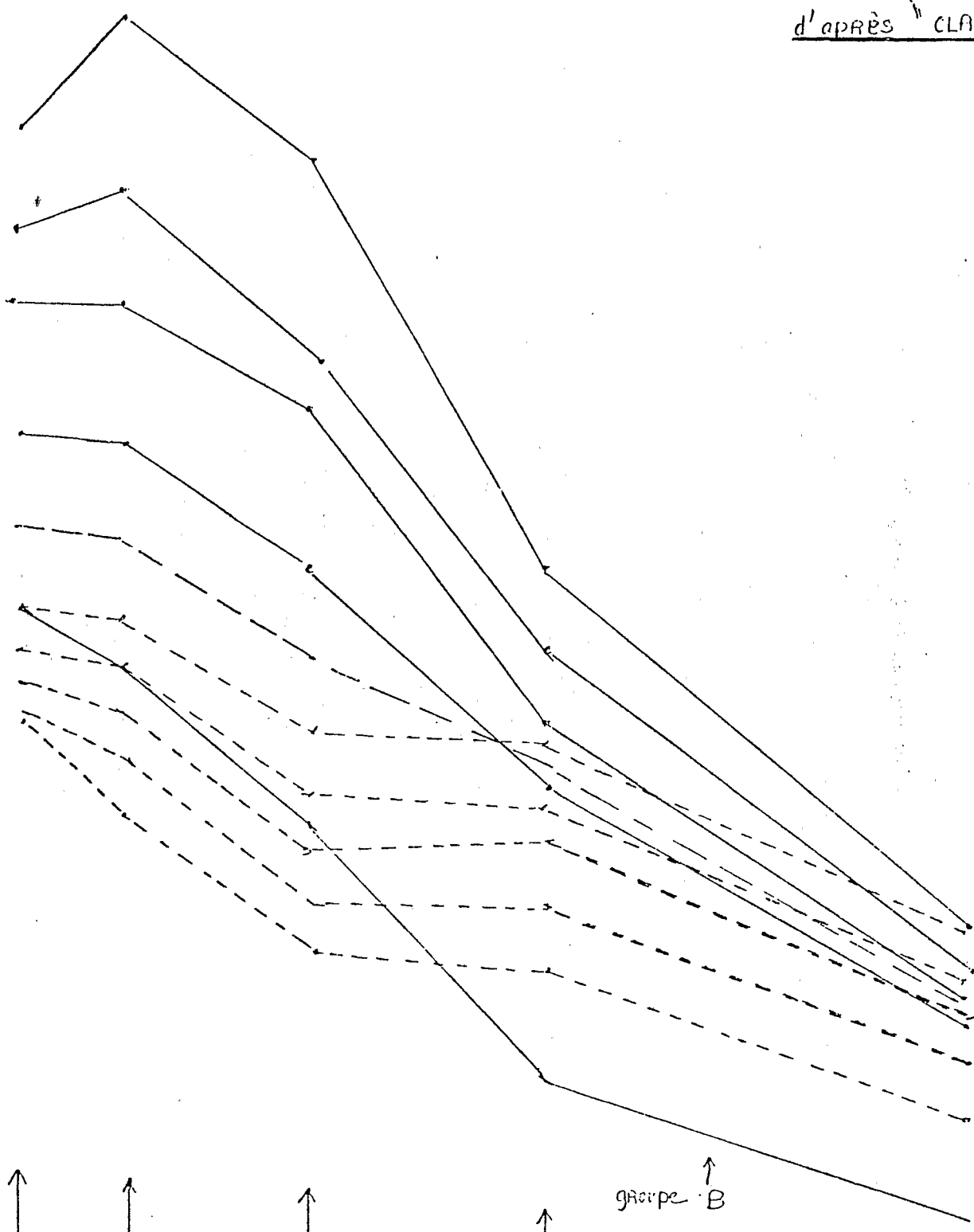
↑
4

↑
6

↑
8

↑
10

→ λ



CLAMS-CRAU

Tableau 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	TOTAL
Tomates	0	0	30	21	0	0	0	0	3	0	54
Fruitiers	0	5	36	1	0	0	0	3	95	8	148
Koussoul	24	53	0	0	40	86	6	0	0	0	209
Prairies	1	0	0	0	41	7	0	0	22	625	696
Prairies Temp.	4	12	36	2	0	0	0	13	56	9	132
Tournesol	13	7	0	0	2	0	2	0	0	0	24
Jachères	0	16	9	0	0	0	0	0	1	0	26

Tableau 2

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tomates	0	0	.56	.39	0	0	0	0	.05	0
Fruitiers	0	.03	.24	.01	0	0	0	.02	.65	.05
Koussoul	.11	.26	0	0	.19	.41	.03	0	0	0
Prairies	0	0	0	0	.06	.01	0	0	.03	.90
Prairies Temp.	.03	.09	.27	.02	0	0	0	.10	.42	.07
Tournesol	.54	.30	0	0	.08	0	.08	0	0	0
Jachères	0	.62	.35	0	0	0	0	0	.03	0

Tableau 3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tomates	0	0	.28	.88	0	0	0	0	.02	0
Fruitiers	0	.05	.32	.04	0	0	0	.19	.54	.01
Koussoul	.57	.57	0	0	.48	.92	.75	0	0	0
Prairies	.02	0	0	0	.49	.08	0	0	.12	.97
Prairies Temp.	.10	.13	.32	.08	0	0	0	.81	.32	.02
Tournesol	.31	.08	0	0	.03	0	.25	0	0	0
Jachères	0	.17	.08	0	0	0	0	0	0	0

Les classes mettent donc en évidence un groupe de facteurs ; densité du bâti et âge relatif; dominante de la végétation. Le passage des classes à une nomenclature physique suppose que l'on analyse les associations de classes (ex. le "pavillonnaire" correspondra à une association des classes "végétal" et "bâti" ces derniers étant des isolats.

Par rapport aux faits urbains, les méthodes de classification introduisent également des confusions (par exemple entre carrières, chantiers, immeubles récents). Mais ce qui est plus grave, c'est qu'elles augmentent le poids des faits les plus importants. Ainsi, suppriment-elles toute possibilité d'individualiser les ensembles de pavillons, du fait que le "végétal" l'emporte. Pour aboutir à des résultats satisfaisants, il convient de rechercher d'abord les canaux discriminants des milieux urbains, avant de procéder à une classification.

3.3. Critique

a) Types d'erreurs

On peut, schématiquement, regrouper les erreurs dans 4 catégories:

- les "pixels" isolés. Deux cas se présentent : a) les mesures radiométriques rendant compte de faibles variations internes à un champ, il arrive que des pixels voisins correspondant au même objet, apparaissent dans des classes différentes, l'une d'elles renvoyant à un objet différent. Ainsi se trouvent confondues des portions plus humides d'une prairie avec des marais à phragmites. Dans ce cas, l'analyse de texture (c'est-à dire l'examen de chaque pixel par rapport à ses voisins) et le lissage semblent indispensables avant toute mesure de surface ou cartographie; b) une situation inverse de la précédente : des objets différents, du fait de faibles amplitudes radiométriques, se trouvent assimilés au phénomène dominant sur la parcelle. Le problème se pose notamment en matière d'habitat rural dispersé, lorsque la construction est installée sur des terrains nus ou des sols à faible couverture végétale, ou à forte pierrosité de surface. Dans ce type de situation, une exagération des contrastes s'impose.

- les composites. Là encore 2 situations différentes existent, mais les 2 sont liées au rapport résolution spatiale-dimension des objets: Les unes correspondent à des effets de bordure. Ainsi, lorsque les limites des parcelles sont matérialisées par des haies, ces dernières contrastant fortement avec le contenu, prennent davantage de poids et conduisent à des erreurs d'estimation des superficies brutes et nettes. Il y a même une exagération importante lorsque les haies sont perpendiculaires à la ligne de balayage du radiomètre : à la limite, les petites parcelles disparaissent. Le second type correspond à des situations où la dimension des objets est inférieure à la résolution spatiale :: le contenu des pixels est alors une association d'objets urbains ou de cultures;

.../...

- les confusions entre types différents d'utilisation du sol à l'intérieur d'une zone. Elles sont nombreuses et diverses, et résultent généralement du fait que des objets différents ont des propriétés spectrales identiques, (au sens de canaux larges). On peut citer 2 cas fréquents: a) quel que soit le logiciel, une même classe agrège les terrains sous eau et les sols uniquement humides en surface; b) dans des conditions de sol identiques, les cultures ayant un même taux de recouvrement, à un stade végétatif donné, se confondent. Ces 2 exemples laissent à penser que le sol "fait parfois plus de bruit" que le végétal et que la partition du nuage de points est réalisé sans prendre en considération l'aspect continu ou discontinu de l'objet.

- l'erreur géographique. Dans la mesure où, d'une part, les végétaux ne sont pas exactement au même stade phénologique dans les régions constituant le département, et d'autre part des facteurs d'environnement influent sur les réponses spectrales, on ne saurait appliquer les mêmes règles de traitement partout. C'est pourquoi préalablement à toute exploitation informatique doivent être délimitées des zones d'égal raisonnement.

b) Causes d'erreurs

On ne saurait les énumérer et les analyser toutes. Citons les principales.

- qualité des données radiométriques. Les déformations inhérentes au système d'acquisition ne permettent pas, même à l'échelle d'une zone, d'avoir les mêmes conditions d'éclairage, donc les mêmes règles de traitement. Une correction d'égalisation s'impose. Le sous-échantillonnage lié à la numérisation conduit à l'omission de certains éléments ponctuels du paysage, à une exagération des effets de bordure et à une multiplication des pixels composites.

- les méthodes statistiques. Opérer sur des groupes d'isopopulations, comme le fait le programme CLAMS, conduit à supprimer une partie de l'information discriminante. Les hypothèses de distribution statistique utilisée se trouvent rarement vérifiées (seule exception: les prairies denses)

- l'absence de prise en considération des facteurs de formes et des textures.

c) Possibilités d'amélioration

- dans les cas où les spectres-types autorisent une discrimination à un certain niveau de nomenclature, ajouter à l'analyse des opérations de soustraction ou de quotient. La séparation, par ex., des rizières en eau et des parcelles sous irrigation, semble

.../...

pouvoir être obtenue par le log. du canal 10/9. La distinction entre des prés en début de repousse et des blés avec jeune luzerne par soustraction des canaux 5 et 6, ou 4 et 5.

- intégrer les distributions spécifiques d'un objet ou d'une culture, dans certains canaux. Citons à titre d'exemple les prairies (4 groupes réels) avec une distribution très étroite dans le canal 5 et le blé (3 groupes) avec des pics étroits dans le canal 7.

- lier l'identification de la végétation à une analyse de sa structure, celle-ci devant être rapprochée de "signatures" corrélées à des taux de recouvrement. Cela implique l'application aux observations-sol des méthodes de régression et de l'analyse factorielle ainsi qu'un découpage de nuages en rapport avec la continuité ou la discontinuité des phénomènes.

- introduire l'analyse des fréquences spatiales, des dominantes et associations de classes, avant tout traitement visant l'identification. Ainsi pourraient être définies des zones "d'égal raisonnement".

- prolonger le classement ou la classification par une analyse des formes et des textures en vue d'élaborer des procédures de décision en matière d'affectation des classes à un objet ou phénomènes

CONCLUSION.

PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT DE LA RECHERCHE.

Les études conduites à ce jour tendent à montrer que l'établissement d'une statistique de l'occupation de l'espace dépend : d'une amélioration de la qualité des données radiométriques; d'une meilleure connaissance des corrélations entre les mesures physiques et les phénomènes au sol et des distributions statistiques; de la mise en oeuvre des programmes de traitement mieux adaptés; de l'application des programmes à des zones "homogènes" préalablement délimitées; de l'utilisation des méthodes d'analyse des textures; d'un calage géométrique. Cette liste de conditions renvoie à la réalisation de 5 séries d'actions: amélioration des données radiométriques; analyse comparée des "vérité-terrain" et des réflectances des pixels correspondants; stratification; traitements; analyse des textures.

1. Amélioration de la qualité des données.

Deux problèmes se posent, l'un immédiat et lié à l'exploitation des données "Bouches du Rhône", l'autre à plus longue échéance. Les programmes les moins sensibles à la déformation radiométrique le long de la ligne de balayage sont aussi les moins performants. Pour appliquer les autres logiciels, il faut procéder à une correction d'égalisation. Toutefois, avant généralisation, un test doit être conduit pour connaître des pertes éventuelles d'information. En effet, certains objets diffèrent par des amplitudes

.../...

relativement faibles (3 à 15%) et il se pourrait que la correction supprime certaines séparabilités. S'il en était ainsi, la correctionnelle-même devrait être minimisée.

A plus longue échéance, il importe de définir les paramètres complémentaires à enregistrer, d'étudier la possibilité de corriger automatiquement au cours de l'acquisition, d'examiner les matériels nouveaux, de préciser les modalités des vols et de les faire respecter.

2. Etude des "vérités-terrain" et des valeurs radiométriques.

L'amélioration des méthodes de traitement suppose notamment que l'on connaisse mieux les corrélations entre mesures physiques et objets, les distributions et la variabilité spatiale des réponses spectrales.

Pour progresser dans ces domaines, il est indispensable de procéder à l'analyse des "vérité-terrain" et des données radiométriques des pixels correspondant. La quantité des données rend nécessaire le recours aux moyens informatiques. A cet effet, préalablement à toute analyse, 4 tâches doivent être accomplies :

- codification et perforation des observations-sol
- repérage et perforation des coordonnées-image des parcelles observées
- extraction des "imagettes" (valeurs radiométriques des parcelles)
- constitution du fichier unique rassemblant les vérité-terrain et les données télédétection correspondantes

Dès lors que ce fichier sera constitué, il pourra donner lieu à plusieurs types de traitement, les mesures (ou observations) faites au sol étant de 2 sortes : les mesures discontinues, les mesures continues. Dans la première catégorie entrent toutes les observations qui ne peuvent prendre qu'un nombre fini de valeurs. Il s'agit de réponses à des questionnaires du type: nature de la culture, présence ou absence de... Dans la deuxième catégorie vont entrer toutes les observations qui ont une infinité de valeurs possibles: hauteur, pourcentage de couverture végétale... Les techniques statistiques sont entièrement distinctes pour chacune de ces 2 catégories: pour la première, il s'agit de méthodes dites de "classification" ou "classement"; et pour la seconde de méthodes dites de "régression". Par exemple, une culture (un champ) est spatialement un phénomène discontinu: on passe sans transition du blé au maïs. Mais, à l'intérieur d'un ensemble de champs de maïs, par ex;, certains paramètres peuvent varier de façon continue: hauteur, recouvrement du sol, humidité, etc... D'autre part, cette notion de continuité/discontinuité peut changer avec la résolution spatiale. Plus la tache élémentaire est petite, plus on obtient des phénomènes "purs", et plus la tache élémentaire est grande, plus on obtient de phénomènes "composites". Un phénomène "pur" a souvent plus d'aspect discontinu, et un phénomène "composite" a plus de chance d'apparaître comme continu. Jusqu'à présent, les utilisateurs se sont intéressés, à peu près exclusivement aux mesures discontinues (cela pour plusieurs raisons, notamment l'habitude des enquêtes au sol et de la photo-interpré-

.../...

tation qui donnent des renseignements plus qualitatifs que quantitatifs). Avec la télédétection, il faut s'intéresser, non seulement aux méthodes de classification, mais aussi aux autres méthodes. Car il existe des cas où une variable essentielle varie de façon continue (par ex. le pourcentage de couverture végétale); et dans ces cas les méthodes de classification tombent en défaut.

3. Stratification et zones d'égal raisonnement.

Les recherches tendent à montrer que :

- une classe ne prend de signification que dans un "contexte". Ce "contexte" peut se définir par rapport à trois échelles: le pixel et ses voisins (problème du lissage); le groupe de tache élémentaire (un groupe d'une classe A peut être identifié par rapport à un groupe B voisin); la structure spatiale définissant des types de milieux ou de systèmes.
- les réponses spectrales de certains objets varient en fonction de facteurs d'environnement (par exemple, humidité ou pierrosité du sol, effet de versant)
- sur le plan statistique, la qualité du résultat dépend de la dimension des "parcelles", des effets de bord, etc...

Ces considérations conduisent à réaliser, avant traitement, une partition du territoire étudié en strates (au sens statistique) et zones d'égal raisonnement (en vue de l'identification des objets et de leurs propriétés). Le photo-interprète réalise généralement ce type de découpage en intégrant fréquences spatiales, formes et tons dominants, en même temps que des hypothèses d'interprétation résultant des connaissances acquises (mais, le plus souvent, il ne quantifie pas les phénomènes).

En télédétection numérique, il convient d'aboutir à un résultat identique. Aussi une action de recherche est-elle proposée où se succéderaient :

- la réalisation du découpage par des interprètes humains, l'examen des critères "images" pris en compte et la modélisation du comportement des interprètes humains.
- des essais de stratification automatique, à partir des données multispectrales avion (l'accent serait alors mis sur les fréquences spatiales et les classes dominantes ou les associations de classes);
- sur les zones précédentes, application de méthodes de classification (sous masques) pour vérifier la validité des strates;
- l'exécution d'un zonage stratification sur une image Landsat, à l'aide de méthodes d'analyse des textures;
- la comparaison semble importante. En effet, il est vraisemblable que les "strates" restent relativement stables dans le temps. Dès lors, si les images Landsat en autorisent une définition précise, il est permis d'en envisager l'utilisation pour constituer, à l'échelle du territoire, un système de référence stable du point de vue de l'identification.

.../...

4. Traitements et analyse des textures.

Alors que l'étude comparative des "vérités-terrain" et des données radiométriques d'une part, la mise en oeuvre de la stratification d'autre part, peuvent être menées parallèlement, traitements et analyse structurale doivent se succéder.

En matière de traitements (classification, classement, etc...) , 2 étapes seront à distinguer. Pendant la première, il conviendra d'évaluer d'autres logiciels disponibles que ceux qui l'ont été; rechercher des techniques complémentaires permettant d'obtenir une meilleure discrimination; étudier les résultats obtenus dans le cadre de l'action (3.2.); enfin, procéder au choix des méthodes et aux tests précédant l'exploitation. La seconde étape consistera à traiter les données disponibles sur les principales régions.

Comme on a pu le voir au cours des essais, les traitements reposant sur les valeurs spectrales ne suffisent pas à identifier avec certitude tous les objets. Aussi, après examen des résultats de classement ou de classification, faudra-t-il recenser les ambiguïtés. En fonction des types et dimensions de l'erreur, on pratiquera alors l'analyse des textures et la reconnaissance des formes géométriques. Ces 2 méthodes peuvent être mises en oeuvre manuellement. L'automatisation doit cependant être développée. Elle suppose le recours à des calculateurs puissants et performants, mais aussi que les programmes soient écrits, l'analyse des formes étant à entreprendre sur un quantimètre, à l'aide de visualisations.

Cette étape achevée, il sera possible d'envisager le calage géométrique et la mise en oeuvre de procédures de comptage pour estimer les surfaces.

5. Les aspects géométriques.

Deux recherches techniques sont à effectuer:

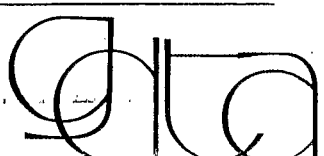
a) pour calculer les surfaces, il est nécessaire de corriger les déformations dues à l'acquisition (variation de la taille des pixels à cause de la tangente θ et à cause du relief). C'est pourquoi, il faudra procéder à un planimétrage précis sur des zones test. En outre, ce planimétrage devra être fait également sur des différents types de paysages, afin de connaître avec exactitude les surfaces nettes et les surfaces brutes et ainsi minimiser les effets de bord (surestimation, par ex., de superficies de haies).

b) dès lors que l'information statistique doit être produite par zones homogènes ou unités administratives, les limites de ces unités devront être digitalisées et les données multispectrales corrigées géométriquement. C'est sous ces conditions que les évaluations pourront être réalisées de manière satisfaisante.

**26.28 Octobre à TOULOUSE
1976**

**JOURNÉES DE
TELEDETECTION**

hon.



I.G.N. C.N.E.S. I.F.P. B.R.G.M.
GROUPEMENT pour le DEVELOPPEMENT de la TELEDETECTION AEROSPATIALE

TOME 2.