

OCCUPATION DES SOLS LAND USE

ÉTUDE D'UN SECTEUR DE GRANDE CULTURE
DANS LE BASSIN PARISIEN (FRANCE)

STUDY OF A LARGE-SCALE
CROP CULTIVATION AREA :
BASSIN PARISIEN (FRANCE)

Par A. COMBEAU et J. NOEL; ORSTOM
(OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER)

By A. COMBEAU and J. NOEL, ORSTOM
(OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER)

**INTRODUCTION**

Le Bassin Parisien est la principale région française de grande culture industrielle avec un fort taux de mécanisation et des méthodes culturales avancées.

L'occupation du sol est suivie depuis plusieurs années dans un secteur agricole témoin à 40 km au N.-E. de Paris, situé au voisinage du village d'Ermenonville. Divers paramètres ont permis de retenir ce site pour l'expérimentation des simulation SPOT :

- Existence d'une zone cultivée, comportant des parcelles d'assez grandes dimensions pour l'Europe (entre 10 et 50 ha).
- Connaissance de l'occupation des terres de cette zone depuis 1975.
- Connaissance des conditions d'environnement : sols, climat...
- Existence de photos aériennes de bonne qualité, réalisées à des dates différentes, à l'échelle de 1:30 000.
- Existence de points de repère facilement identifiables, élément très utile pour l'imagerie Landsat. De plus, localisation sur 2 traces Landsat distinctes.
- Disponibilité de documents Landsat à des dates diverses (mais surtout de mars à juillet, accessoirement en septembre et novembre) et connaissance de quelques signatures spectrales des principales unités de paysage représentées.

L'OPÉRATION DE SIMULATION

L'acquisition des données de simulation SPOT a été réalisée au mois de septembre; les différents types d'occupation du sol étaient les suivants :

- a) La récolte des betteraves débutait. Elle avait eu lieu dans les trois jours précédents sur les parcelles 12 et 1 bis, et elle était en cours sur les parcelles 4, 23 bis et 80 (cf. Fig. 1 et 2).
- b) Tous les maïs étaient en place, à des stades de végétation légèrement différents, selon les parcelles, un mois environ avant la récolte. Le jaunissement des feuilles et des tiges était par exemple nettement plus marqué sur la parcelle 34 que sur la parcelle 4 bis. En outre, la parcelle 26 bis comportait un secteur cultivé en maïs-semences.

INTRODUCTION

The Paris Basin is the most important region for extensive industrial cropping in France. A high level of mechanization and advanced farming methods are also characteristic of this region.

An agricultural test zone typical of this basin is located 40 km NE of Paris near the village of Ermenonville. Within this zone, land use and cropping patterns have been systematically monitored over the last few years. This site was thus most suitable for a SPOT imagery simulation exercise and also for the investigation of the usefulness of SPOT imagery for the compilation of agricultural statistics. Some of the reasons for this choice include :

- Cultivated zone including fields that are fairly large by European standards (10-50 ha).
- Availability of accurate cropping patterns and land use data back to 1975.
- Availability of detailed data concerning the local environment : soil types, climate, etc.
- Availability of high-quality aerial photos at a scale of 1:30,000 recorded at various dates.
- Existence of readily identifiable landmarks (useful for studying Landsat images). Also, the test zone has already been accurately located relative to two separate Landsat ground tracks.
- Availability of Landsat images recorded at different dates (mainly during March-July, additional ones during September and November) and also of spectral signatures for several of the main landscape units represented in these images.

SIMULATION ACQUISITION

The data used to generate this SPOT simulation were acquired at the very end of summer (September). The land use situation recorded at the time can be describe as follows :

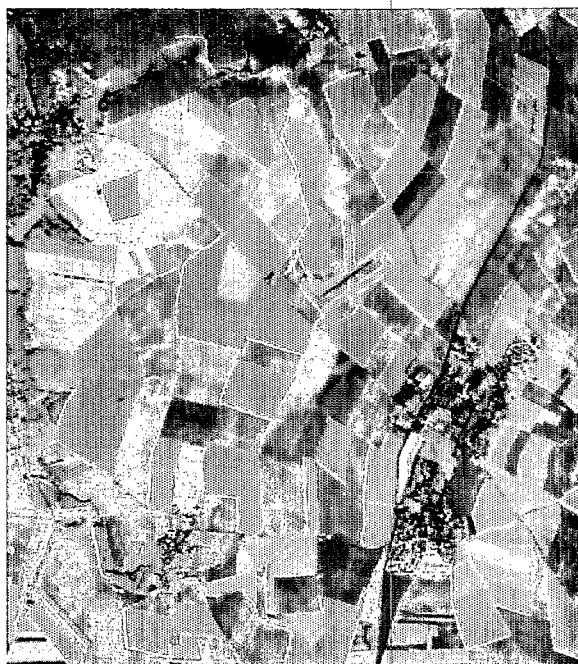
- a) Harvesting of the sugar beet crop had just begun. For instance, the crops had been harvested during the preceding three days in fields 12 and 1bis. Harvesting was actually in progress in fields 4, 23bis and 80 (see Fig. 1 and 2).
- b) All the corn (maize) crops were still in the fields but at slightly different stages of development. Most were about one month from being ready for harvest. Yellowing of leaves and stalks was, for instance, much more pronounced in field 34 than in field 4bis. Part of field 26bis contained a seed corn crop.

O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 20758 ex 1

Cote : B

10 JUN 1987



Echelle 1 : 60,000 Résolution 20m, rééchantillonné à 5 m.
Scale 1 : 60,000 Resolution 20m, resampled 5 m.

Fig. 1. — Composition colorée type IRC.
Fig. 1. — CIR type color composite.

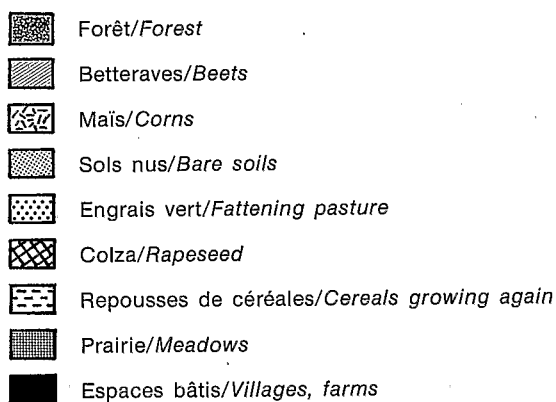
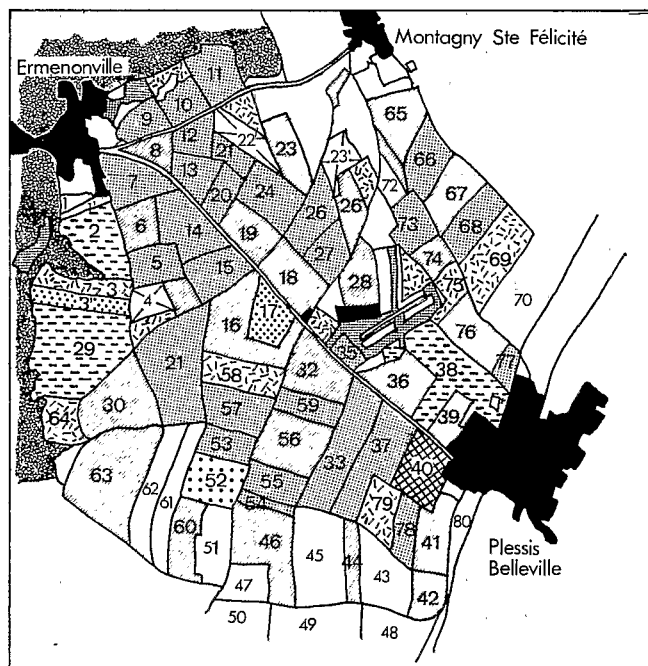


Fig. 2. — Carte d'occupation des sols
(d'après le contrôle de terrain).
Fig. 2. — Land use map
(from ground truth).

c) Tous les sols occupés précédemment par des céréales avaient été déchaumés plus ou moins récemment, parfois labourés. Certaines parcelles étaient occupées par un engrais vert, généralement de la moutarde, dont le développement n'assurait pas encore une couverture complète du sol (parcelle 17 et 3 bis). En outre, dans un certain nombre de parcelles, on pouvait observer des repousses spontanées de céréales, couvrant très imparfaitement le sol (parcelles 38 et 2 par exemple).

d) Une parcelle (40) avait été récemment semée en colza : très faible taux de recouvrement du sol.

e) Certaines parcelles présentaient des caractéristiques particulières au moment du vol. Citons par exemple : la parcelle 52, traitée en culture biologique, sans engrais ni pesticides, avec légumineuses succédant à une céréale ; la parcelle 60, comportait un épandage de fumier sur une partie seulement de sa surface.

c) All fields that had been occupied by cereals (other than corn) had had the stubble disk-plowed under during the preceding few weeks and some had even been furrow plowed. Some fields had been sown to green manure crops, generally mustard, which had not yet developed sufficiently to provide complete ground cover (fields 17 and 3bis). In addition, there were some fields where one could detect the spontaneous regrowth of cereals with consequently very patchy ground cover (see fields 38 and 2 for instance).

d) One field (40) had been recently sown to rape and thus only produced very patchy ground cover.

e) Certain fields were characterized by special circumstances or conditions at the time of simulation acquisition. Field 52, for example, was cultivated using "organic" farming methods (i.e. no chemical fertilizers or pesticides) and contained a legume crop sown under a cereal crop (already harvested). Animal manure was being spread in field 60; part had already received manure, part had not.

TRAITEMENT NUMÉRIQUE

Les diverses opérations réalisées à partir des bandes magnétiques ont été les suivantes :

- Visualisation de chaque scène sur l'écran, repérage des thèmes à étudier par comparaison avec la carte des cultures, et recherche des limites radiométriques de chaque thème sur chacun des canaux XS1, XS2, XS3 et P.
- Contrôle de ces limites par visualisation des lignes d'isovaleurs de la réflectance.
- Représentation par tracé de la réponse spectrale de chaque thème sur l'ensemble des 4 canaux.
- Contrôle de la validité de la signature obtenue.

DIGITAL PROCESSING

The data successively underwent the following operations :

- Display of each scene on a screen, identification of themes to be studied by comparison with the cropping map, and determination of the radiometric limits of each theme in each SPOT channel (XS1, XS2, XS3 and P).
- Checking of radiometric limits through display of iso-reflectance lines.
- Plotting of spectral response of each theme in all four channels.
- Checking of the validity of the spectral signatures thus obtained.

- Recherche des canaux dont la prise en compte n'est pas indispensable à la définition du thème.
- Application de la procédure «Loterie» à la définition des lots radiométriques correspondant aux divers thèmes.
- Application éventuelle d'une combinaison linéaire aux canaux en vue d'optimiser le classement obtenu.
- Représentation cartographique.

RÉSULTATS

Les signatures spectrales des différents thèmes

a) Les betteraves

Sur l'image de la figure 1 les parcelles en betterave apparaissent en rouge vif. Elles sont identifiables sans ambiguïté dans le secteur cultivé, mais se confondent avec les prairies humides de bas-fonds. Les parcelles en cours de récolte ont une allure très caractéristique: elles apparaissent en blanc, par exemple (parcelles 4 et 80). Lorsque la récolte a eu lieu dans les trois jours précédents, la teinte est alors bleu clair (parcelles 12 et 1 bis).

L'étude des valeurs radiométriques du thème définies à partir de la dégradation de chacun des 4 canaux a conduit à retenir comme suit les bornes du spectre des betteraves:

XS1	XS2	XS3	P
078	069	223	089
035	031	171	051

On remarquera au passage les valeurs radiométriques élevées obtenues sur le canal XS3.

Le spectre radiométrique ainsi sélectionné définit le thème sans ambiguïté, exception faite des prairies de bas-fond. Il permet une représentation cartographique satisfaisante de ce thème.

b) Le maïs

Sur la figure 1 les parcelles en maïs apparaissent en brun. Elles sont identifiables sans ambiguïté, à l'exception d'une confusion possible avec la parcelle 52 en culture biologique.

Diverses nuances de brun dans les parcelles considérées indiquent qu'à la date de prise de vue, les stades de flétrissement étaient différents (la parcelle 54, et les parcelles 4 bis et 3).

L'étude statistique des valeurs radiométriques définit le thème de la façon suivante:

XS1	XS2	XS3	P
060	067	132	063
035	041	103	047

Ce spectre diffère de celui de la betterave sur le canal XS3. Il est possible de distinguer un spectre maïs vert et un spectre «enveloppe» qui inclut le maïs sec selon le schéma suivant:

XS1	XS2	XS3	P
060	067	132	063
060	067	132	063
038	041	116	053
035	041	103	047

La visualisation de ces deux spectres permet de localiser les zones de maturité différente de la culture.

Enfin, le maïs semences de la parcelle 26 bis a un comportement particulier sur le canal XS3: les valeurs radiométriques sont alors comprises entre 140 et 160.

- Identification of channels not necessarily required to define a theme.
- Application of the "lottery" procedure to the definition of radiometric "drawing lots" corresponding to the different themes.
- Application, where necessary, of a linear combination of channels to optimize the classification obtained.
- Mapping of results.

RESULTS

Spectral Signatures

a) Sugar beets

In Figure 1, sugar beet fields appear bright red. In the cultivated zone they can be unambiguously identified. However, in the mixed pasture and cultivation zone, there is some ambiguity between beets and wet pastures on low-lying ground. The fields actually being harvested have a very special appearance: they are white (fields 4 and 80 are examples). Fields harvested during the preceding three days appear light blue (e.g. 12 and 1bis).

Examination of the radiometric values defined for this theme on the basis of the degradation in all four channels leads to the adoption of the following limit values for the sugar beet spectrum:

XS1	XS2	XS3	P
078	069	223	089
035	031	171	051

Note the high values in channel XS3.

The radiometric spectrum specified by these limit values unambiguously defines the sugar beet theme except for the confusion with wet pastures on low-lying ground. This spectrum thus permits satisfactory mapping of this theme.

b) Corn

In Figure 1, corn fields are brown. All fields can be unambiguously identified save for one case of possible confusion with the "organic" field (52).

The different shades of brown in the different fields correspond to the different stages of withering at the time of simulation acquisition. Compare, for instance, field 54 with fields 4bis and 3.

Statistical analysis of the radiometric values leads to the definition of the following limit values for the theme (corn) spectrum:

XS1	XS2	XS3	P
060	067	132	063
035	041	103	047

The most difference between these values and those for sugar beet occurs in channel XS3. It is possible to distinguish between a green corn spectrum and a drying corn "envelope" as follows:

XS1	XS2	XS3	P
060	067	132	063
060	067	132	063
038	041	116	053
035	041	103	047

By displaying these two spectra it is then possible to isolate zones where the crops has reached different stages of maturity.

Note finally that the seed corn crop in field 26bis has a characteristic response in channel XS3 where the radiometric values are higher than for ordinary corn (between 140 and 160).

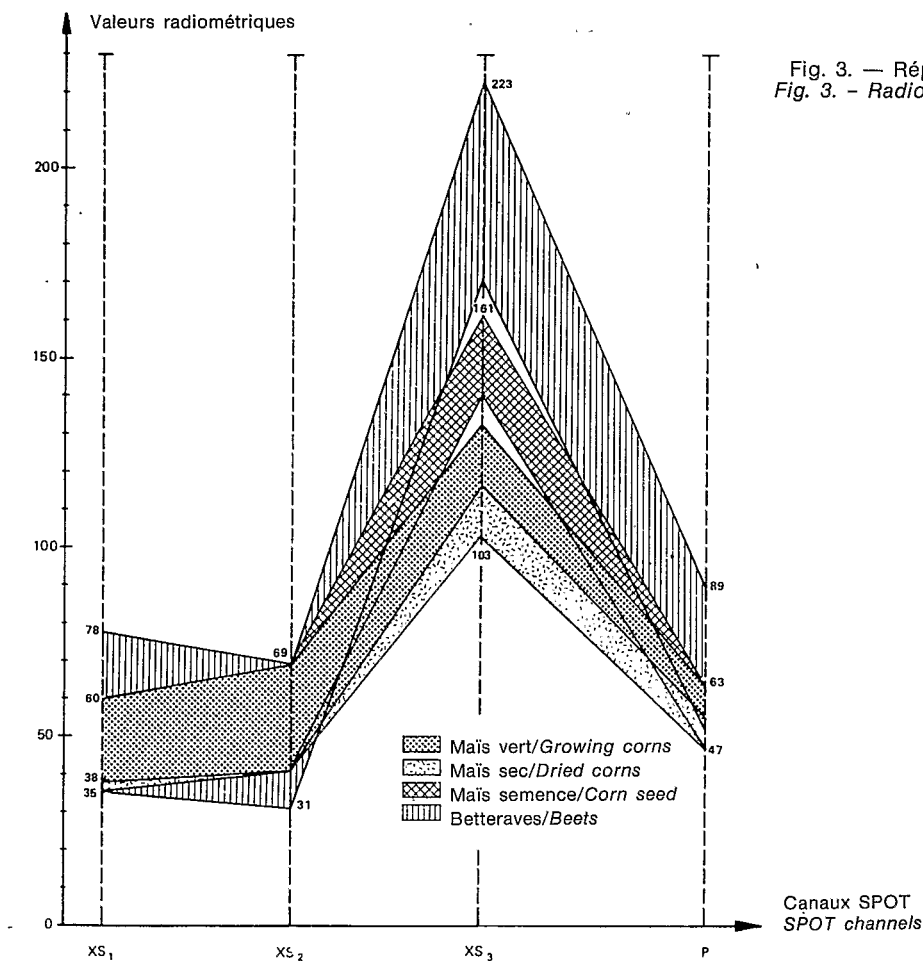


Fig. 3. — Réponse spectrale des maïs.
Fig. 3. - Radiometric spectrums of corns.

c) Les engrais verts

Deux parcelles, 3 bis et 17, sont occupées par une moutarde engrais vert. Ces parcelles ont, sur l'image 1, une teinte violet clair assez caractéristique (malgré la présence d'une perturbation due à un bas-fond dans la parcelle 3).

Le spectre des valeurs radiométriques relevé sur ces deux parcelles est le suivant :

XS1	XS2	XS3	P
102	111	159	112
079	075	113	081

La comparaison des spectres sur écran montre que ce thème est également convenablement défini. On observe que les impuretés de ce thème sont localisées dans les 4 parcelles où la récolte des betteraves est en cours.

d) Les prairies

On peut distinguer deux types différents : des pelouses-parcs à herbe rase (parcelle 9 bis, parking, aérodrome...) et des prairies de bas-fonds dans la vallée de la Launette.

Les réponses de ces deux types de prairies peuvent être séparées seulement par XS3 :

	XS1	XS2	XS3	P
Pelouses-parcs	069	066	172	083
Prairies de bas-fond	069	066	243	083

c) Green manure

Two fields, 3bis and 17, are occupied by green manure mustard. In Figure 1 these fields have a rather characteristic pale violet color, despite the presence of a perturbation due to some low-lying ground in field 3bis.

The spectrum of radiometric values for these two fields is :

XS1	XS2	XS3	P
102	111	159	112
079	075	113	081

The comparison of the different spectra on the display screen reveals that this theme is also fairly well defined. The "impurities" are confined to field 4bis where beets were being harvested at the time.

d) Pastures

Pastures can here be divided into two sub-categories : lawns and eaten-down sown pastures on the one hand (field 9bis, airfield parking area, etc.), and low-lying natural pastures in the Launette valley on the other hand.

The two can only be distinguished by their response in channel XS3 :

	XS1	XS2	XS3	P
Lawns and eaten-down sown pastures	069	066	172	083
Low-lying natural pastures	069	066	243	083

A cette date les prairies de bas-fond ne peuvent être distinguées des betteraves, alors que les pelouses-parcs présentent sur le canal XS3 des réflectances intermédiaires entre celles du maïs et de la betterave. Il faut toutefois noter que grâce aux critères de texture et de structure la résolution de SPOT permet à un spécialiste une identification visuelle sans ambiguïté de ces prairies. Par contre, nous avons déjà signalé qu'il n'y avait pas de confusion possible avec les parcelles engrais vert.

LES VARIATIONS AU SEIN DES DIFFÉRENTS THÈMES

Les résultats exposés précédemment avaient pour but de définir, sans ambiguïté, grâce à leur signature spectrale, chacun des six thèmes étudiés. Nous avons vu que, à l'exception de confusions possibles entre betteraves et prairies de bas-fond d'une part, et entre maïs et une parcelle de culture biologique d'autre part, cette caractérisation est très correcte.

Mais il est intéressant d'étudier les variations intervenant à l'intérieur d'un même thème. Elles sont imputables à l'hétérogénéité du milieu, qu'il s'agisse du sol lui-même ou de la végétation qu'il supporte : dans ce dernier cas, les différences observées seront dues soit à des stades de développement différents du végétal, soit à l'hétérogénéité du substrat (excès d'humidité, zone pierreuse, etc.). Ces hétérogénéités sont rendues nettement détectables grâce à la résolution SPOT même en mode 20 mètres. Lorsqu'il s'agit de phénomènes liés à l'hydromorphie des sols l'interprétation par un spécialiste est aisée.

SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

a) Par interprétation visuelle à partir de traitements photographiques simples

Dans le cas présent, six thèmes distincts ont pu être isolés : Forêt, Betteraves et Prairies, Maïs, Engrais vert, Soils nus, et la parcelle en culture biologique. Les deux premiers de ces thèmes ont été extraits directement du canal XS3, les autres étant obtenus par combinaison de masques photographiques successifs (6 masques).

b) Par traitement informatique : la procédure loterie

Dans le cas de la Simulation Spot Ermenonville, plusieurs constatations ont pu être faites :

- il existe une corrélation très étroite entre les valeurs de réflectance des canaux XS1 et P. Compte tenu de la nécessité d'un choix entre le mode multispectral et le mode panchromatique, il apparaît logique, malgré le surcroît très considérable de précision géométrique apporté par la résolution du canal P, de préférer la filière radiométrique, compte tenu de l'intérêt des compositions possibles;
- il existe également une corrélation étroite entre XS1 et XS2;
- par contre, la corrélation est très faible entre XS2 et XS3.

Ces observations ont conduit à ne conserver comme canaux utiles que XS2 et XS3 et à ramener l'analyse par la procédure Loterie à la combinaison de ces deux canaux (fig. 4).

Dans ces conditions, la statistique des lots précise les coupures effectuées sur les canaux XS2 et XS3, et classe ces lots par ordre d'importance décroissante (en nombre de pixels et en pourcentage de la superficie totale). Cette loterie peut également se traduire graphiquement. Enfin, le résultat de la loterie s'exprimera sous la forme d'une carte. C'est en définitive ce document qui, par comparaison avec la vérité terrain (carte d'occupation des sols, photo IRC du 4.10.80) permet d'apprécier la validité des résultats obtenus.

At the time of acquisition, low-lying natural pastures and sugar beets cannot be distinguished. But, lawns and eaten-down sown pastures can together be distinguished from beets because their reflectances in channel XS3 are intermediary between those of corn and sugar beet. However, it must also be noted that the resolution of SPOT imagery enables a specialist using appropriate textural and structural criteria to visually distinguish between these two types of pastures without ambiguity. On the other hand, as already mentioned, there is no risk of confusion between pastures and fields of green manure crops.

VARIABILITY WITHIN THE DIFFERENT THEMES

The purpose of the various spectral limit values given above was to unambiguously define the spectral signatures of each of the six themes selected for study. As the above discussion demonstrates, each theme has been satisfactorily characterized with the sole exception of the possible confusion between sugar beets and low-lying pastures on the one hand, and between corn and a "organic" crop on the other hand.

However, it is also worthwhile to examine the variability within each theme. The variations noted can be attributed to the heterogeneity of the environment, i.e. to variations in the soil type or in the crops themselves. In the latter case, the variations observed are due either to the differing stages of development, or to variations of the underlying soil (damp patches, stoney patches, etc.). Even in the 20-m-resolution mode, such variability can be readily detected in SPOT imagery. In the case of phenomena associated with hydromorphic soils, these too can be readily interpreted in SPOT imagery by a specialist.

SUMMARY OF RESULTS

a) Visual interpretation using simple photographic processing

Six distinct themes have been identified in the SPOT simulation under discussion: forest, sugar beets and pastures, corn, green manure crops, bare soil, and a "organic" crop. The first two were extracted directly from channel XS3, the others using combinations of successive photographic overlays (six in all).

b) Interpretation using digital processing (lottery procedure)

The following observations can be made:

- *there is close correlation between the reflectance values of channels XS1 and P. Given that a choice must be made between the different conventional wavelengths and the panchromatic channel, it would appear logical, despite the higher resolution and hence the significantly better geometric precision of channel P data, to opt for multispectral data (i.e. for the radiometric approach described in sheet F2 in this series); this being dictated primarily by the usefulness of the different composites that can be created;*
- *there is also close correlation between channels XS1 and XS2;*
- *on the other hand, there is little correlation between channels XS2 and XS3.*

These observations led to the decision to use only channels XS2 and XS3 for analysis purposes. This in turn meant that the lottery procedure was confined to the combination of these two channels (see Fig. 4).

Under these conditions, statistical analysis of the different radiometric "drawing lots" leads to the definition of the limit values for channels XS2 and XS3, and thence to the ranking of these lots by decreasing order of importance (according to the number of pixels and the percentage of the total area). This lottery "draw" can also be represented graphically, as in Figure 4. Lastly, the results can also be represented in the form of a map. The ultimate test of the validity of the results obtained is the comparison of this map with the ground truth data (cropping map and CIR photo of October 4, 1980).

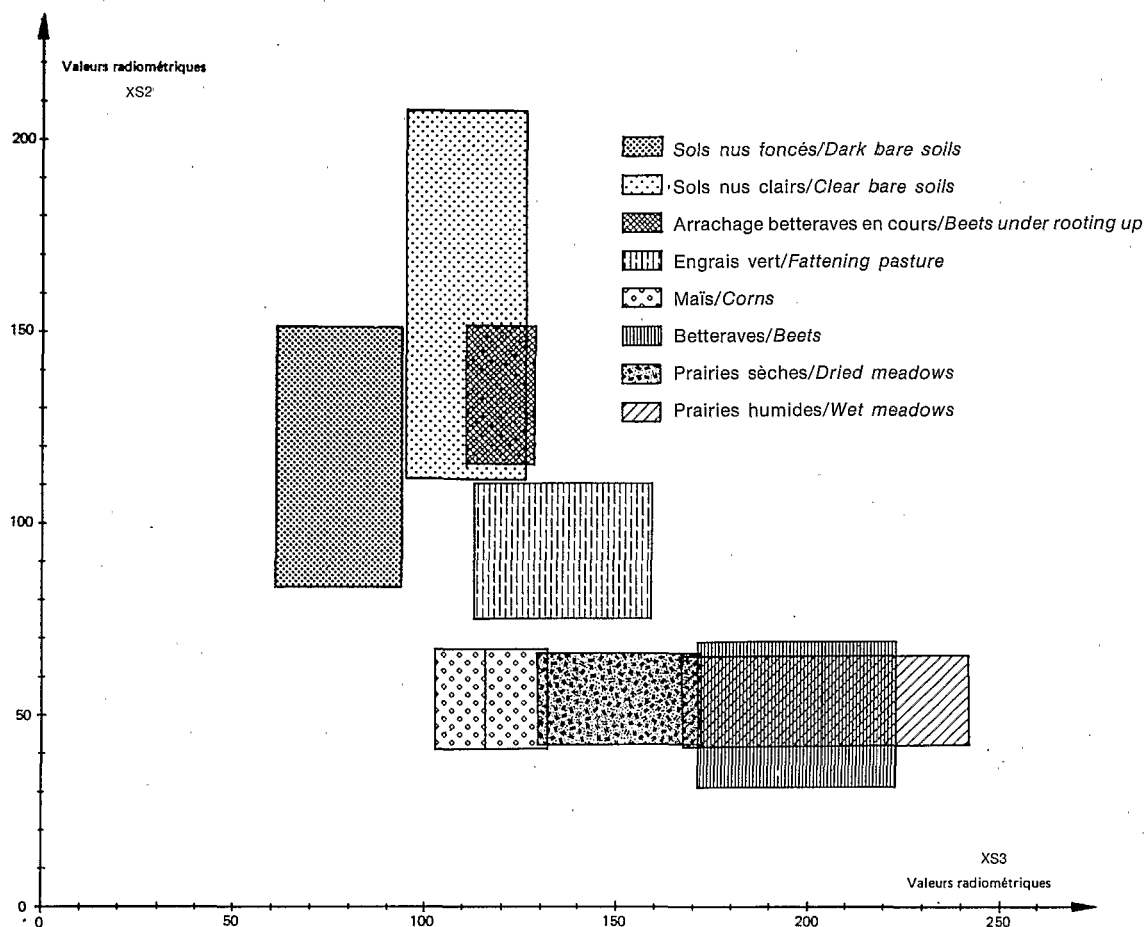


Fig. 4. — « Loterie » du Secteur Agricole
 Fig. 4. — « Loterie » procedure of agricultural area

CONCLUSION

On peut résumer comme suit l'ensemble des résultats acquis au cours de cette opération :

— il est possible de **classer sans ambiguïté notable les principaux thèmes d'occupation des sols** présents au moment de l'expérience (à l'exception de la confusion betteraves-prairies de bas-fonds) et de la cartographier.

— La **résolution du satellite SPOT permet d'étudier l'hétérogénéité au sein du thème** et à l'intérieur de chaque parcelle. Cette hétérogénéité a pu être mise en évidence et cartographiée dans le cas de sols nus. Cette performance ouvre la voie à des études nouvelles, au-delà de la seule identification des classes d'occupation des sols permises notamment l'approche de **l'étude des rendements** à la parcelle, **les conditions d'hydromorphie, les zones pierreuses...**

— **L'échelle de cartographie retenue**, de l'ordre de 1:50 000 a été jugée satisfaisante par comparaison avec les informations fournies par les photos aériennes. Il s'agit là d'un progrès considérable de la télédétection par satellite.

— les différences de luminance XS2 et XS3 conduisent à un classement cohérent de l'activité chlorophyllienne des divers végétaux présents.

CONCLUSION

The results of this SPOT simulation and analysis exercise can be summarized as follows :

— It is possible to **classify and map, without serious ambiguity, the main land use themes present at the time of simulation acquisition**. The one real exception is the confusion between sugar beets and low-lying pastures.

— **The resolution of SPOT imagery is sufficient for the study of variability both within a given theme and within a given field or plot**. Such variability was both detected and mapped for the bare soil theme. This, of course, paves the way for new studies going beyond the simple identification of land use classes... studies that might tackle such questions as yield estimates on a field-by-field basis, the identification of patches of hydromorphic soils, stoney plots, and so on.

— **The mapping scale used (about 1:50,000) is considered satisfactory in comparison with the information yielded by the aerial photos**. This represents a significant step forward for satellite-based remote sensing.

— The difference in the brightness values recorded in channels XS2 and XS3 result in a coherent classification of the levels of chlorophyll activity of the different crops present.

