

Rapport de stage

MONTPELLIER 2

ORSTOM MONTPELLIER

7 16 Janvier 1988

ANALYSE D'UNE IMAGE
SPOT

Cofre de Perote (Mexique)

Michel SLEPOUKHA

ORSTOM T.O.A.

Février 1988

MONTPELLIER 2

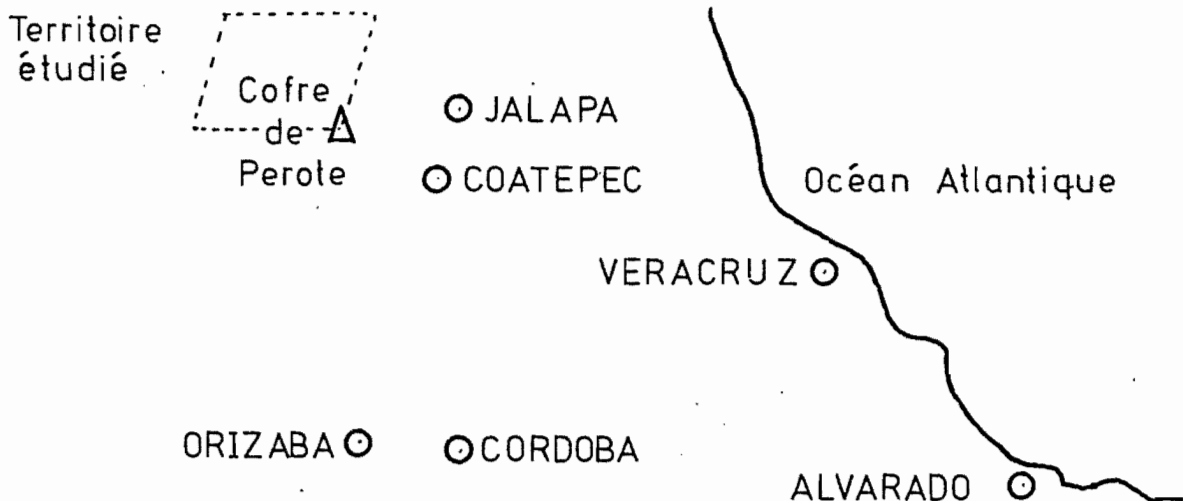
7-16 Janvier
1988

INTRODUCTION.

Le but de ce stage est l'analyse d'une image satellite (SPOT), et d'établir un lien entre elle et la description du paysage correspondant.

L'objectif recherché est l'évaluation de l'influence de l'homme sur une forêt de pins à l'EST du volcan COFRE de PEROTE, au Mexique.

On tentera d'isoler l'espace "pins" du reste de la forêt.



Une opération de ce type comprend 3 phases principales :

- 1/ Vérité terrain.
- 2/ Analyse de l'image.
- 3/ Classification.

1

Vérité terrain.

Le principe est de connaître parfaitement une surface réduite de terrain et d'extrapoler cette connaissance aux zones ayant des similitudes à ce témoin; ceci, grâce à l'image satellite.

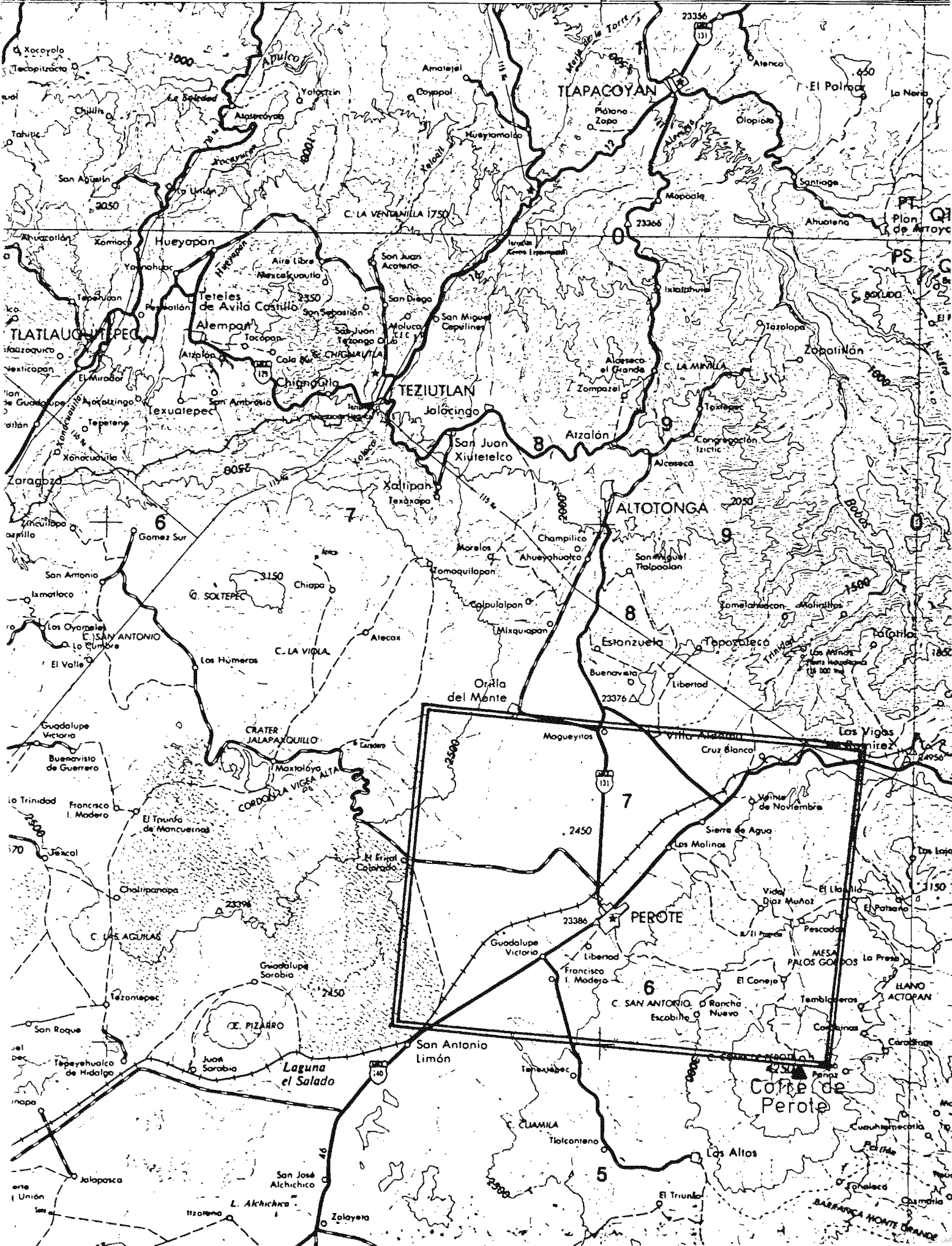
1.1

Installation d'un dispositif d'enquête.

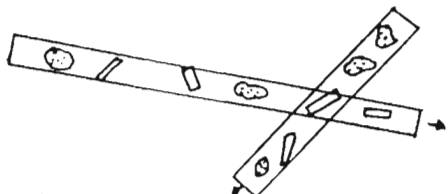
1.1.1

Scène SPOT.

Celle ci doit couvrir la totalité de la région à étudier. Le moment de la prise de vue doit faire apparaître le maximum de contrastes au niveau de la végétation (calendrier phénologique). Vu les délais d'obtention de l'image (programmation du satellite) la commande de la scène est prioritaire sur toutes les opérations.



1.1.2 Transects : photographie aérienne.



On utilisera deux types de couverture aérienne:
1/10.000 : support d'enquête au
1/5.000 : photo interprétation.

- 1/10.000 : ce support permet de déterminer les domaines témoins et réactualise la cartographie locale disponible.
- 1/5.000 : on sélectionne ces domaines en jugeant leur texture par analyse des critères suivants :

Couleur : niveau de gris (sol nu, sol couvert ...).

Forme : frontières de cette structure, celle ci doit être facilement retrouvée in situ, bien délimitée et accessible.

Dimension: la taille du domaine témoin doit être suffisamment grande pour contenir un nombre significatif de pixel représentatifs.

Rugosité : on recherche la répétitivité du même élément textura La rugosité doit être **uniforme** à l'intérieur du domaine témoin.

1.1.3 Domaines témoins.

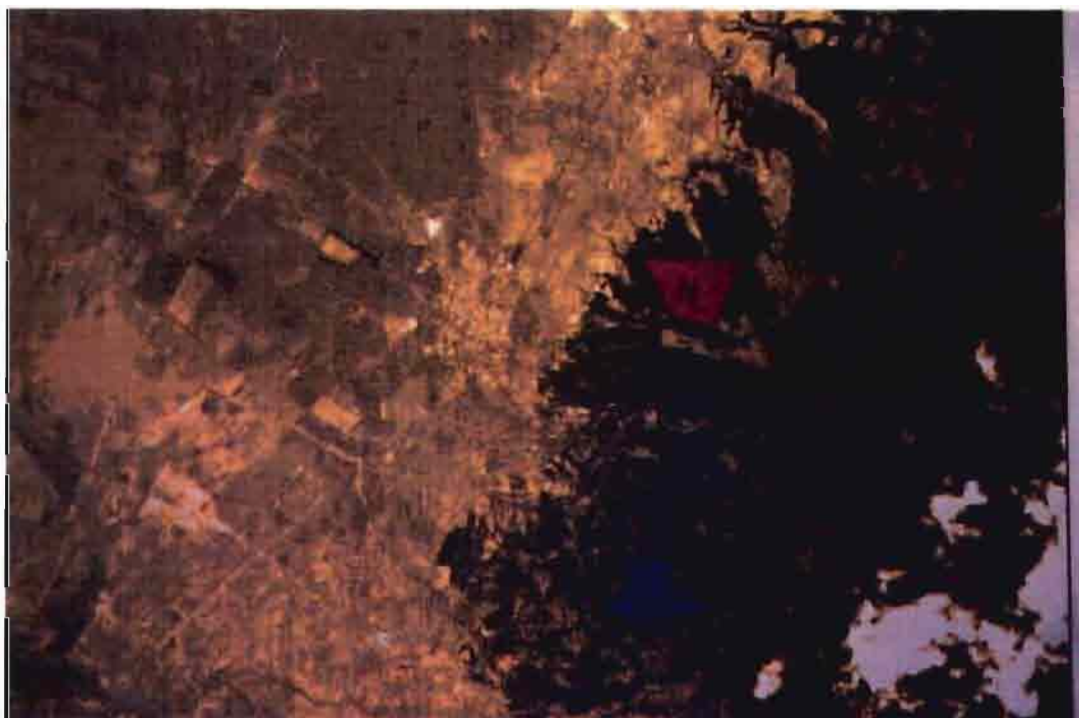
Le nombre de ces domaines dépend :

- De la qualité (pureté) de ceux ci.
- Possibilités d'accès : proximité de routes, pistes ...
- Surface : en augmentant le nombre d'éléments texturaux identiqu on diminue l'Ecart Type de l'histogramme correspondan

En fonction de ces critères de choix, la quantité de domaines témoins peut être très variable.

Il est souhaitable de travailler avec 6 à 9 témoins par thème analysé. Trois est un minimum.

Dans un souci de simplification, deux domaines témoins seront sélectionnés dans cette étude.



PINS Nord

PINS Sud

Sélection des
domaines
témoins

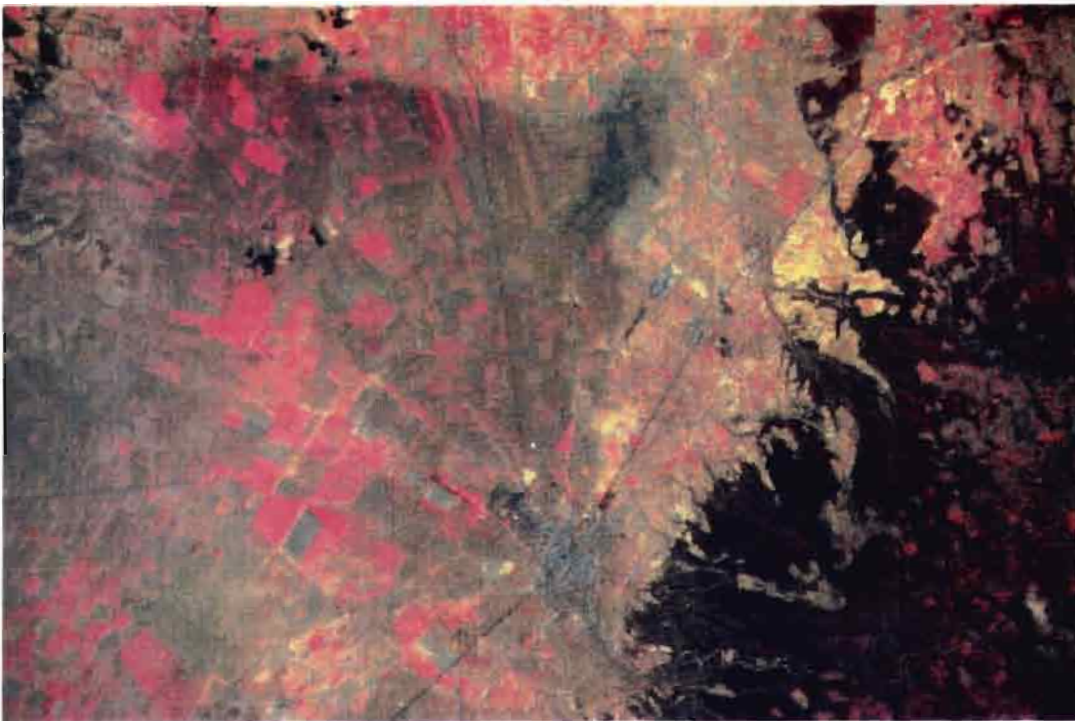
2 Analyse de l'image.

3 étapes nécessaires dans cette étude :

- 1/ Analyse non supervisée et interactive.
Composition colorée.
Indice de Végétation. IV
ACP.
- 2/ Analyse statistique.
Histogrammes .
Validation des témoins.
- 3/ Analyse supervisée.
Recherche des thèmes, serpent.

2.1 Analyse non supervisée.

Cette analyse est réalisée en mode interactif, elle permet de décomposer l'image en strates et segments.
Le support d'analyse est une composition colorée des 3 canaux.



XS1 = bleu
XS2 = vert
XS3 = rouge

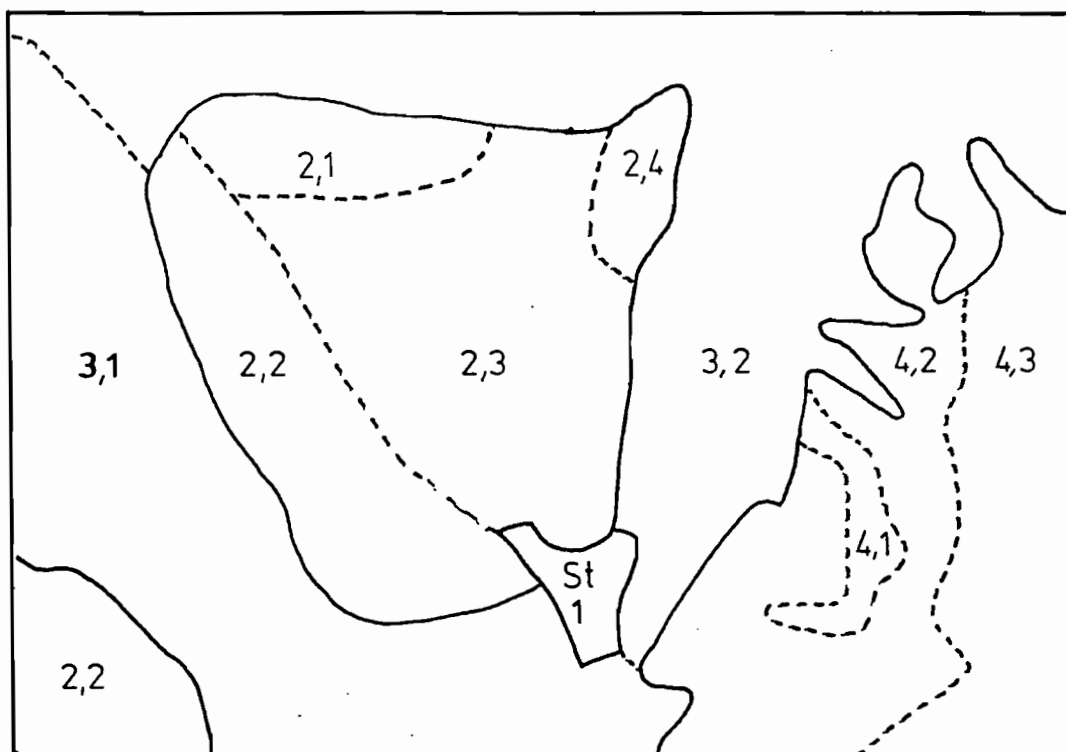
On attribue ici le bleu à une présence d'humidité et le rouge (PIR) à la végétation active.

2.1.1

Analyse par strates.

Cette classification est grossière, elle n'est pas une fin en soi mais permet d'orienter la suite de l'analyse segment par segment.

La scène sera donc découpée en strates/segments en fonction de l'apparence de l'image "composition colorée 3 canaux" et d'une connaissance générale du terrain.



Cofre/SPOT : découpage de la scène en strates, segments.

Strate 1 : zone urbaine, routes.

Strate 2 : cultures, parcellaire de grande surface.

2,1 : Gd parcellaire sur terrain humide.

2,2 : Gd parcellaire sur pentes volcaniques.

2,3 : Parcellaire moyen sur terrain humide.

2,4 : Parcellaire irrégulier sur terrain humide.

Strate 3 : cultures de petite surface, irrégulières.

3,1 : Cultures sur les pentes du volcan.

3,2 : Cultures gagnées sur la forêt.

Strate 4 : forêt.

4,1 : Pénétration récente dans la forêt.

4,2 : Forêt en partie intacte.

4,3 : Forêt clairsemée + cultures récentes.

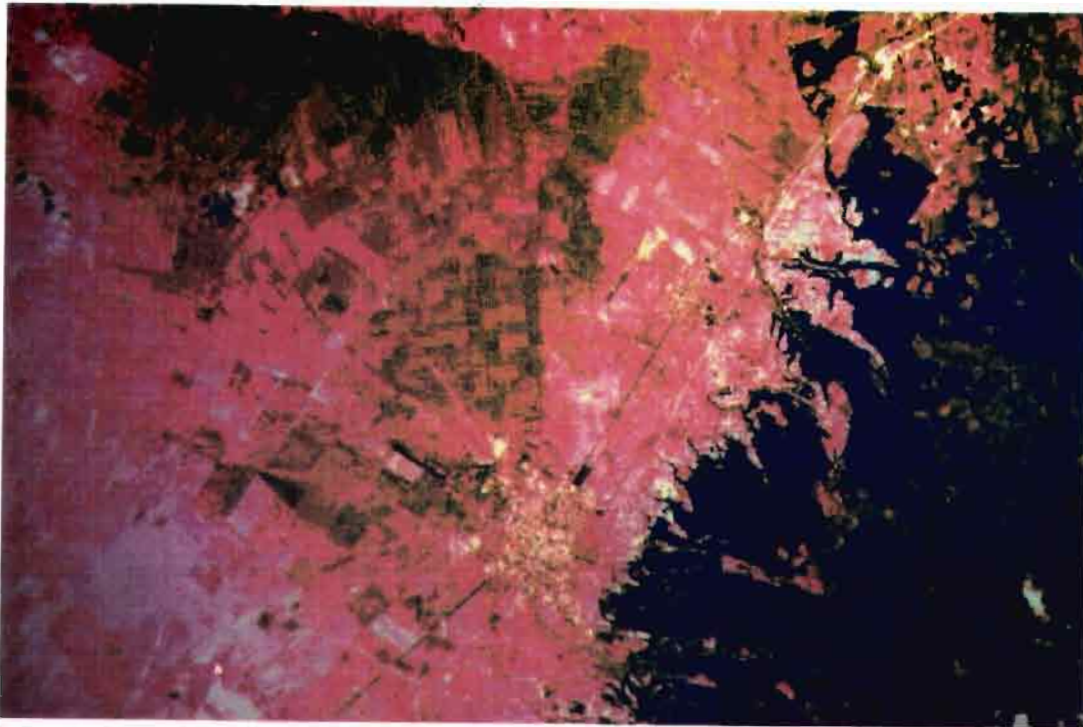
2.2 Indice de Végétation (IV).

2.2.1 Principe.

Les indications données par le canal XS3 ne sont pas suffisantes pour quantifier l'activité végétale de la scène en question. On calculera donc l'IV par combinaison mathématique des canaux XS2 et XS3 selon l'équation suivante :

$$IV = \sqrt{\frac{(XS3 - XS2) + 128}{(XS3 + XS2)}} \times 255$$

Les facteurs 128 et 255 interviennent pour obtenir une visualisation "écran" ou "papier" de l'IV dans une gamme de \emptyset à au lieu de \emptyset à 1 pour un IV standard.



IV = \emptyset : blan
IV max : bleu

2.2.2 Analyse de l' IV.

Cette analyse présente trois niveaux d'activité végétale .

- Proche de \emptyset , blanc.

Seg. 3,2 : proche de la forêt, il peut correspondre à des terra gagnés sur celle ci par défrichage. La terre semble épuisée contrairement aux autres segments.

Strate 1: ville, villages, routes. On remarque la présence d'arbres ou jardins dans la plus grande agglomération. Les rou sont parfois bordées d'arbres.

- IV moyen , rose.

Seg 2,2 - 3,1 : correspond à du petit et moyen parcellaire sur les pentes du volcan.

Seg 4,1 : zones de défrichage récentes + petite végétation.

- IV fort, vert.

Seg 2,1 - 2,3 et 2,4 : grand et moyen parcellaire sur zones humides.

Seg 4,3 : cultures récentes + clairières dans la forêt.

2.2.3 Conclusion.

La forêt semble subir un déboisement sur sa façade occidentale.
La terre est peu fertile et vite épuisée ($IV \approx \emptyset$)

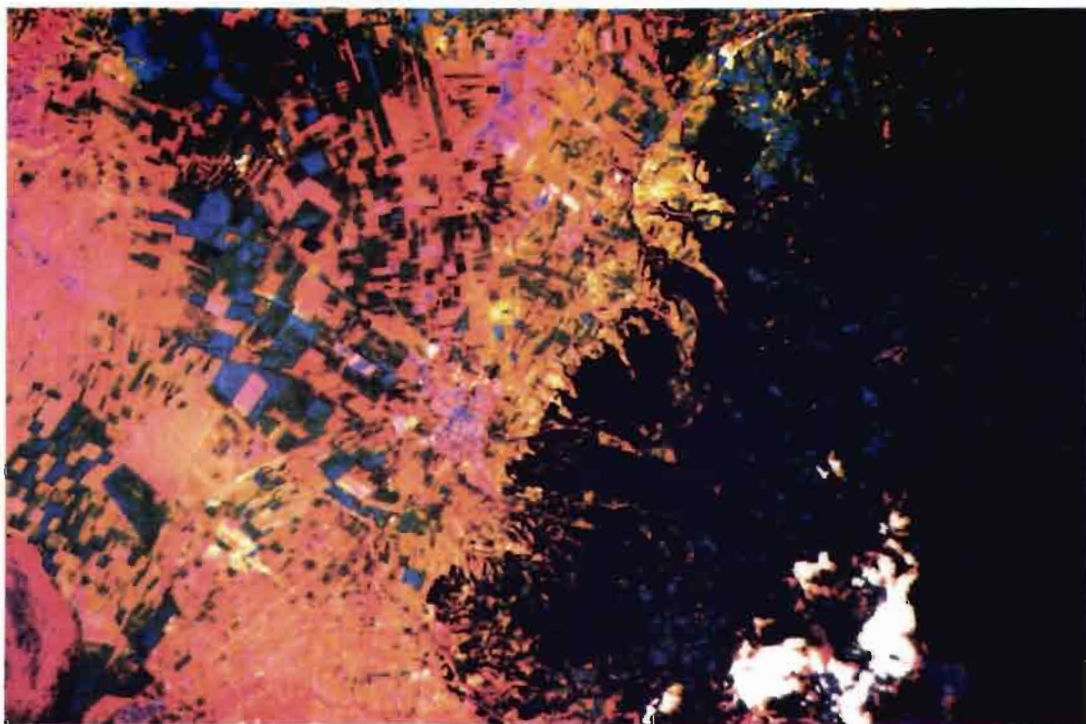
Au sein de cette forêt, un petit parcellaire cultivé s'installe,
l'IV indique que celui ci est presque aussi actif que les cultures
en plaine.

Toutefois, l'image satellite discrimine mal ce petit parcellaire
d'éventuelles clairières, les IV étant très proches.

2.3 A.C.P.

L'Analyse en Composantes Principales a ici pour but de contraster
les différents thèmes.

On effectuera seulement une analyse visuelle de l'ACP, les temps
calculs étant limités.



2.3.1 Analyse de l'ACP.

Les grandes parcelles à IV fort de la strate 2 (zone humide)
présentent un caractère commun : bleu clair.

La strate 1 (urbaine) et seg. 2,4 (terrain + humide) apparaissent
en rose ainsi que quelques petits parcellaires cultivés.

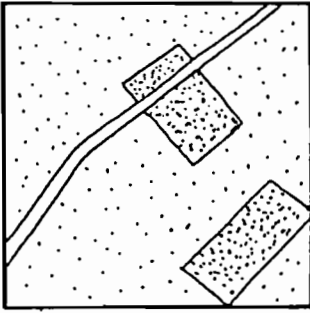
Le seg. 2,1 (IV fort) apparaît en vert foncé sur l'ACP.

Au niveau de la forêt, on retrouve les caractères XS3 et IV des
cultures, mais d'une manière plus contrastée.

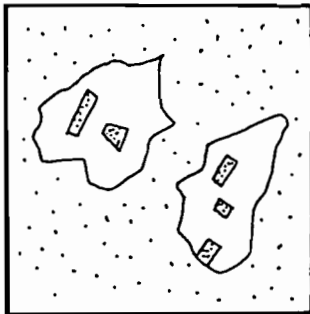
4,1 : déboisement, très peu de cultures.

4,2 : forêt en partie intacte.

4,3 : taches bleues et vertes.



Par observation des voix d'accès (pistes, routes), dans la forêt, on distingue des structures bleues de formes géométriques régulières. On peut donc envisager celles ci comme étant une oeuvre humaine soit une plantation ou un champ de faible surface (cultures vivrières).



D'autre part, on note la présence de taches vertes dans lesquelles s'incrustent des parcelles bleues.

Il est possible que ces taches soient d'anciennes zones cultivées épuisées ou des clairières dans lesquelles des cultures se soient implantées.

Le manque d'informations précises à ce sujet ne permet pas de confirmer cette hypothèse !

2.3.2 Conclusion.

L'ACP confirme les observations précédentes.

Au sein de la forêt (seg 4,3), l' ACP tente à discriminer le petit parcellaire cultivé de zones déboisées.

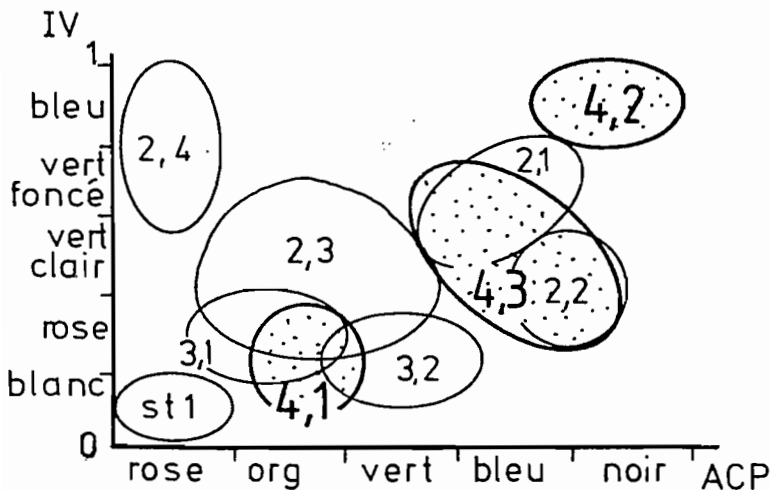
2.4 Bilan final de l'analyse globale de la scène.

L'observation des trois analyses (3 cnx, IV, ACP) suffit pour classer les différentes strates sans rentrer dans les détails de chacun des thèmes.

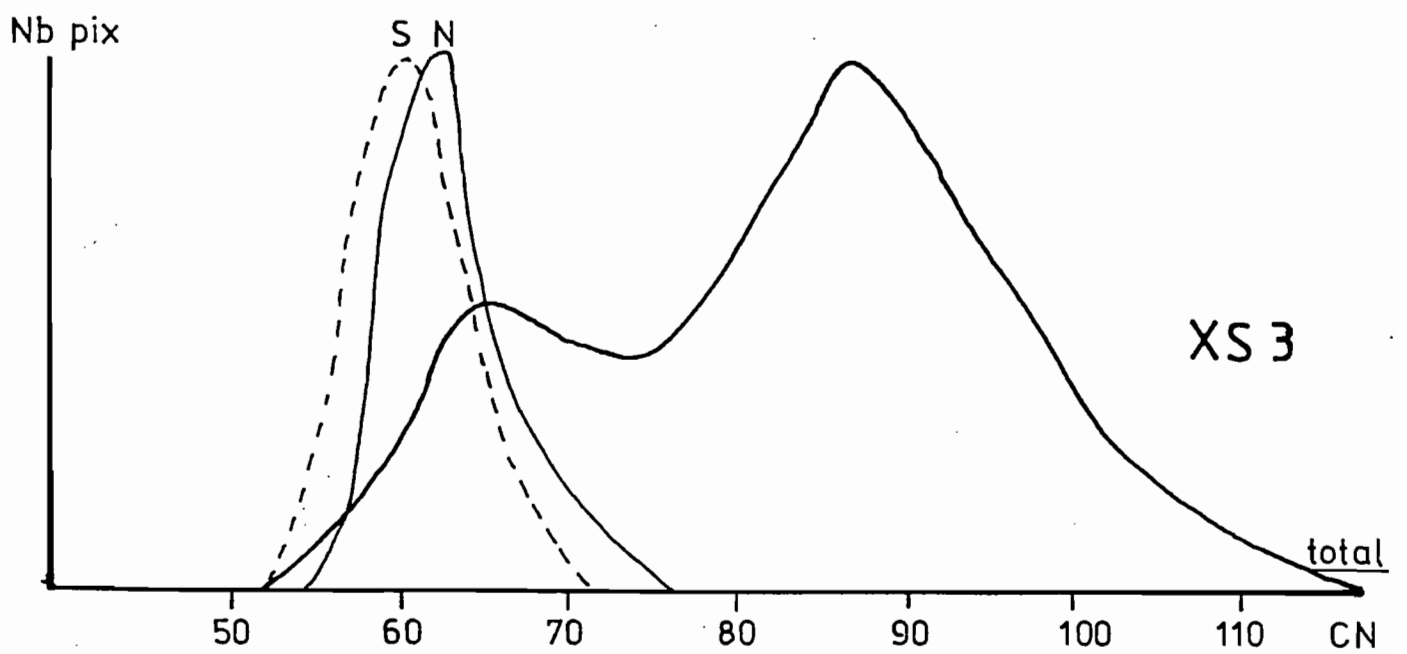
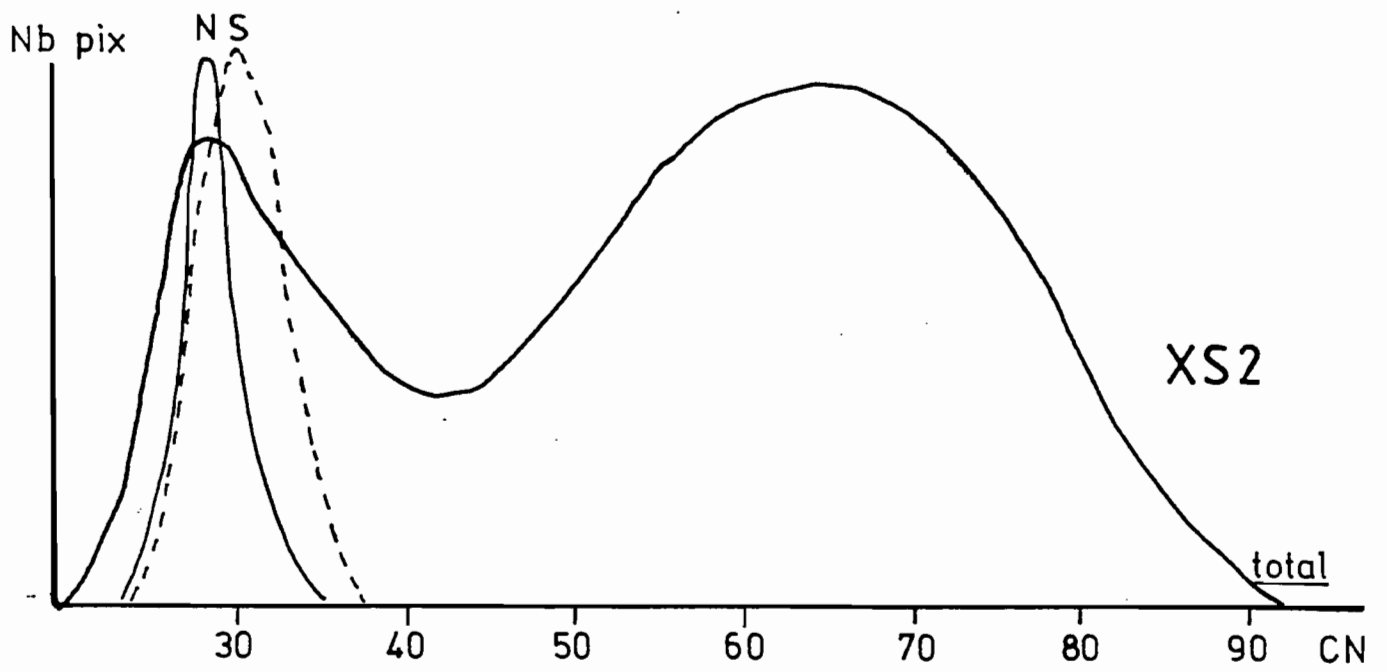
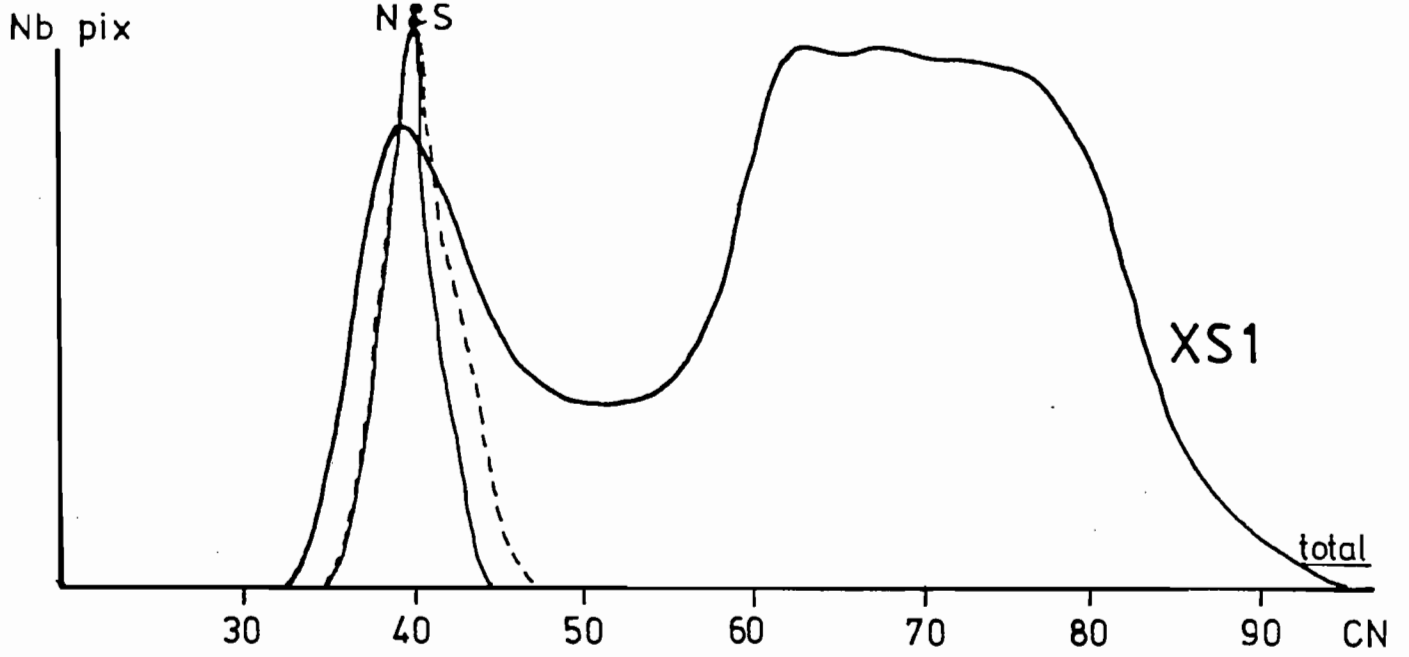
Elle se contente d'une faible connaissance du terrain.

Un histogramme bidimensionnel IV / ACP peut relier les caractères des segments "forêt" à ceux de la plaine.

- IV est donné sur une échelle de couleurs : blanc = \emptyset , bleu = 1.
- l'ACP est décomposée en 5 groupes colorés d'après la visualisation.



- XS3 et l'ACP donnent la forêt comme entité indépendante.
- Le seg. 4,1 géographiquement proche du 3,2 peut être assimilé à celui ci.
- Le seg 4,3 est hétérogène, une analyse numérique plus poussée doit pouvoir confirmer la parenté du 4,3 aux cultures des 2,3 - 3,2 ou 2,2
Si la taille des parcelles intervient dans ce lien, il faut écarter le 2,2 de cette relation.



3 Classification supervisée.

3.1 Analyse globale, histogrammes.

On réalise les histogrammes de chaque canal XS1 à XS3 sur la totalité de l'image.

Chaque histogramme présente deux pics.

- sur XS1 et XS2, un pic inférieur très marqué, un supérieur correspondant à un plateau (+ pics lissés)
- XS3, au contraire, a son pic supérieur plus important.

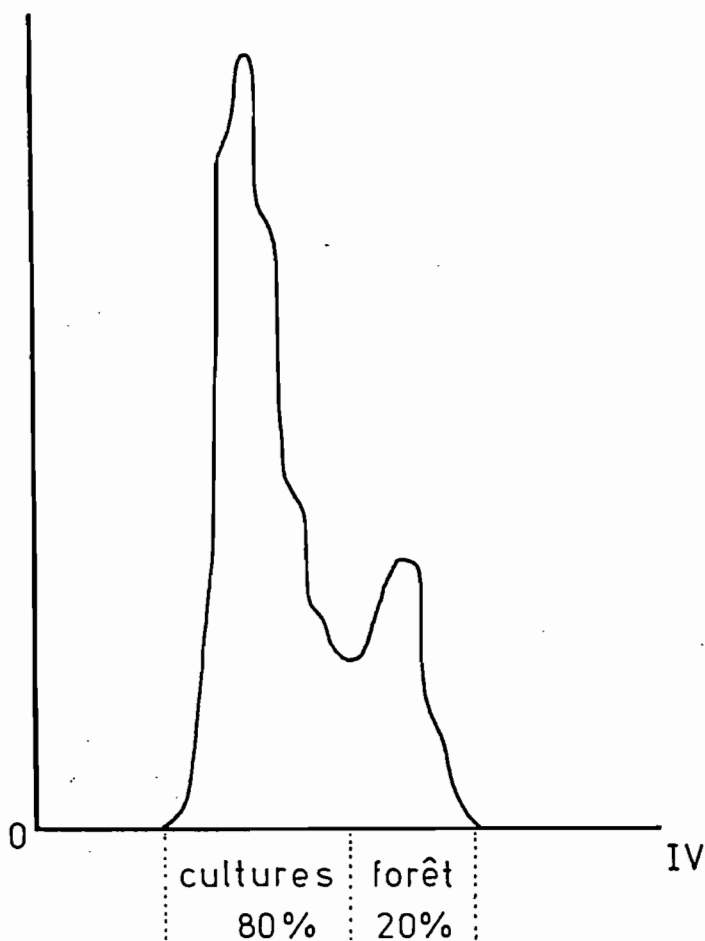
D'après l'analyse de l'image trichromique, et en évaluant les surfaces des différents strates, on peut attribuer les pics supérieurs aux strates 1,2 et 3 et les inférieurs à la strate 4, correspondants à la forêt.

La diversité des thèmes (cultures) justifie les plateaux dont les $CN > 50$, contrairement à la forêt moins riche en variétés végétales détectables par le satellite.

Donner une valeur moyenne pour chaque canal est aberrant, du fait de l'aspect polymodal des histogrammes.

3.2 Histogramme de l'IV.

Nb pixels



Celui ci confirme le caractère bimodal de l'image :

cultures - forêt

Le pic supérieur correspond à la forêt, l'autre aux cultures.

Le pic inférieur représente en nombre de pixels 80 % de la végétation totale active de la scène.

3.3

Domaines témoins.

Les histogrammes montrent que le pic attribué à la forêt est bien représentatif de celle ci.

Il s'agit de certifier les domaines témoins .

Ceux ci ont été théoriquement repérés sur le site à partir de l'observation photographique et de l'enquête in situ (§ 1.1.2).

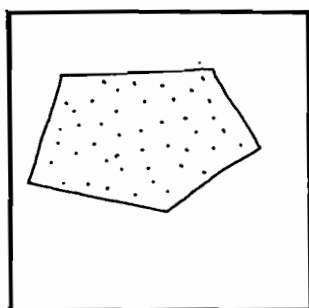
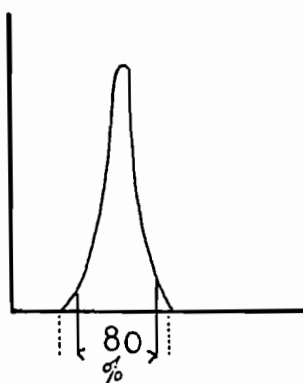
L'analyse statistique confirmera la prise en compte des témoins.

3.3.1

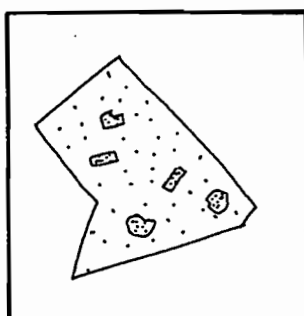
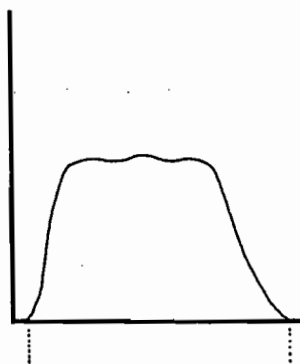
Validation des témoins.

On examine la forme de l'histogramme et la variance de chaque domaine témoin, toujours pour chaque canal.

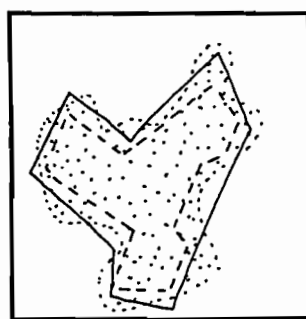
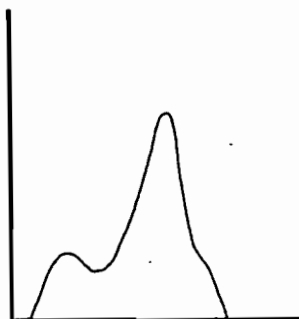
De sa qualité dépendra la précision de la classification.



Le mode contient plus de 80% des pixels. Le domaine est pur et bien délimité, il peut être pris comme référence.



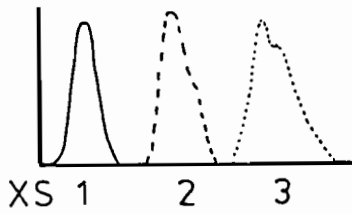
Le mode est large, ce domaine contient des textures différentes, trop petites pour être visuellement écartées. Le choix in situ les a sous-estimées = Rejet.



Les frontières sont mauvaises, il y a pollution par le voisinage. Une réduction des frontières est nécessaire par approches successives jusqu'à obtention d'un pic unique.

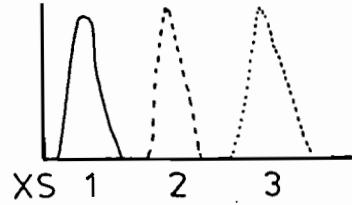
Cette validation s'effectue sur les 3 canaux.

On obtient ainsi la signature spectrale de chaque domaine témoin.



NORD

	XS 1	XS 2	XS 3
Moy.	39.28	28.52	63.44
E T	1.99	2.26	4.41



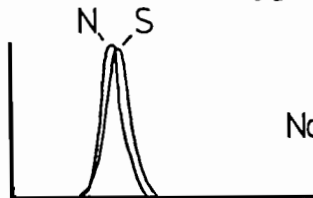
SUD

	XS 1	XS 2	XS 3
Moy.	40.24	29.81	60.49
E T	2.12	2.36	3.76

Le faible écart type de chaque canal permet d'admettre que ces domaines témoins sont utilisables.

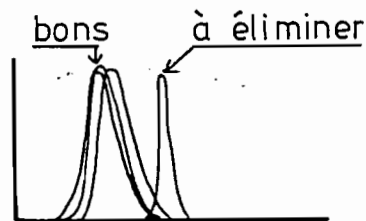
En vue de réaliser une classification on doit réunir les témoins identiques en une référence unique " ξ "

Cette méthode présente toutefois un inconvénient : l'augmentation de l'écart type!



Nord+Sud = ξ

	XS 1	XS 2	XS 3
Moy.	39.74	29.14	62.03
E T	2.11	2.40	4.37



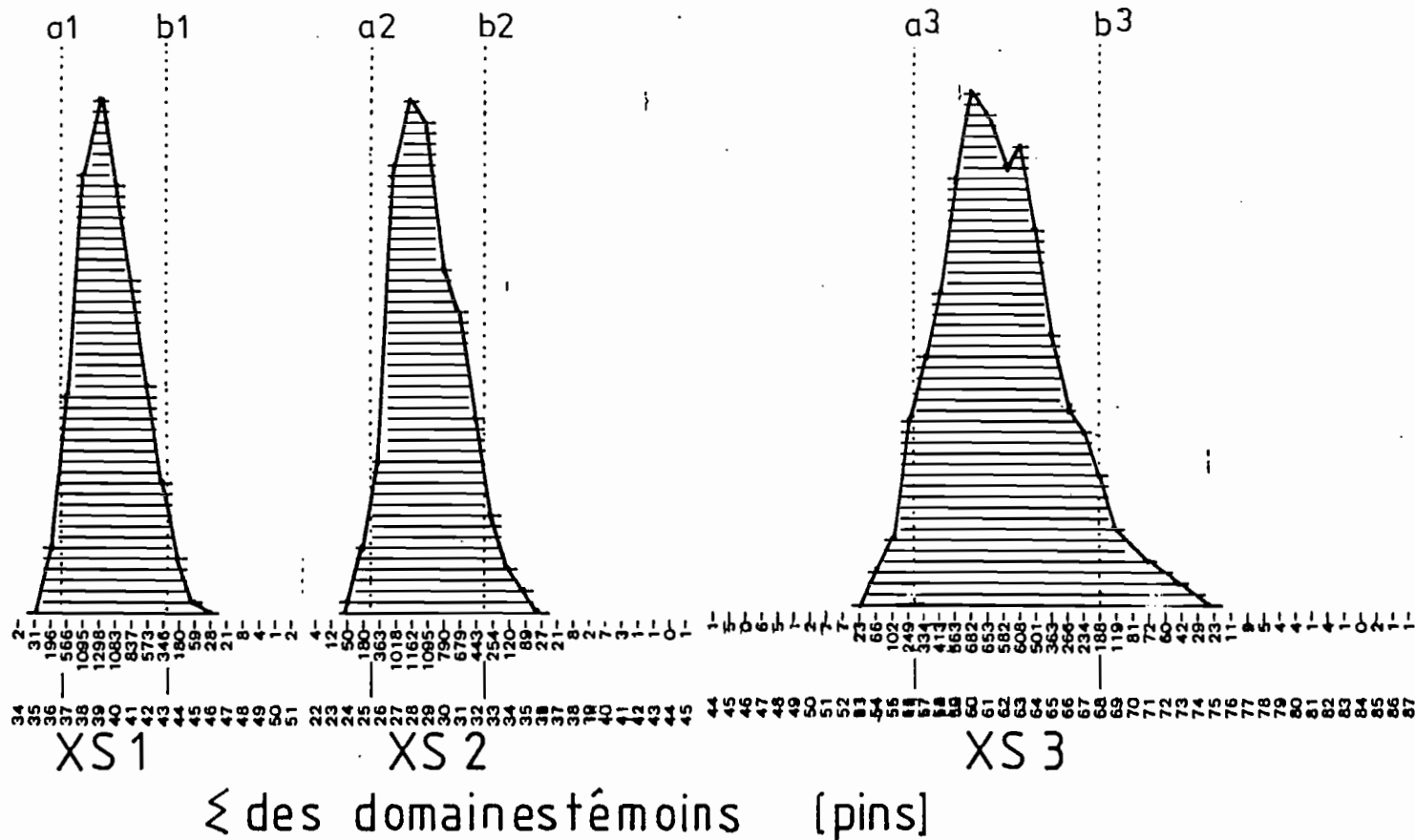
Cette sommation est autorisée tant que l'écart type final reste dans des limites raisonnables.

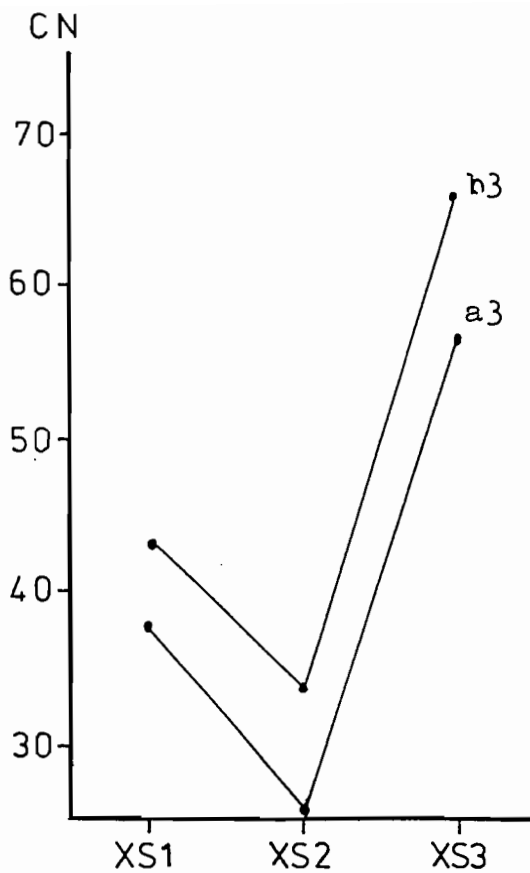
Si ce n'est pas le cas, on doit alors écarter des témoins marginaux, même s'ils ont un E.T. bon.

Cette démarche est valable pour chaque canal.

3.3.2 Signature spectrale de ξ témoin

Sur chacun des trois histogrammes, on élimine 10 % des pixels des bords externes et l'on détermine ainsi les bornes a et b caractérisant la signature spectrale du domaine ξ témoin pour les 3 canx.





Par calcul, ou par lecture des histogrammes, on relève les bornes a, b pour les 3 canaux :

	XS 1	XS 2	XS 3
b	43	33	68
a	37	25	56

Le polynôme serpent "pins" sera donc :

$$Sp = \begin{pmatrix} 73 & 33 & 68 \\ 43 & 25 & 56 \end{pmatrix} \text{ de niveau 3}$$

Importance de $Sp = 31 \times 9 \times 13 = 3627$

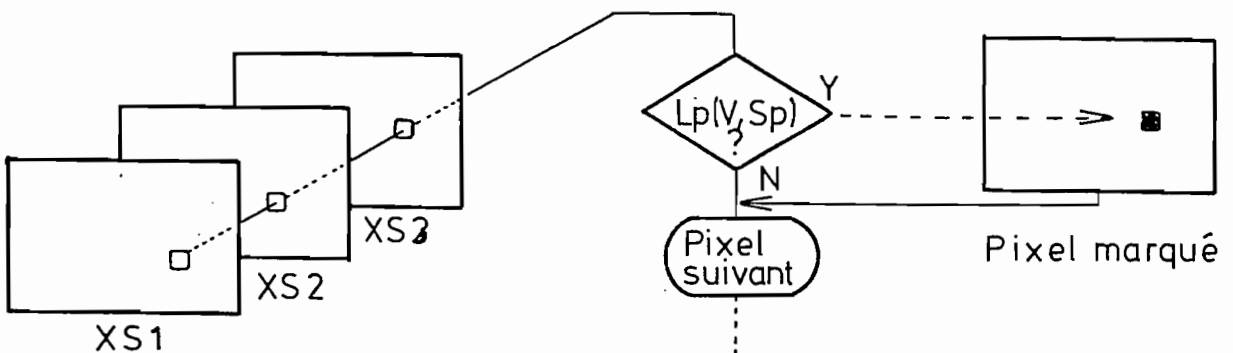
3.4

Classification

Recherche des liens de parenté.

Procédure "LOTÉRIE"

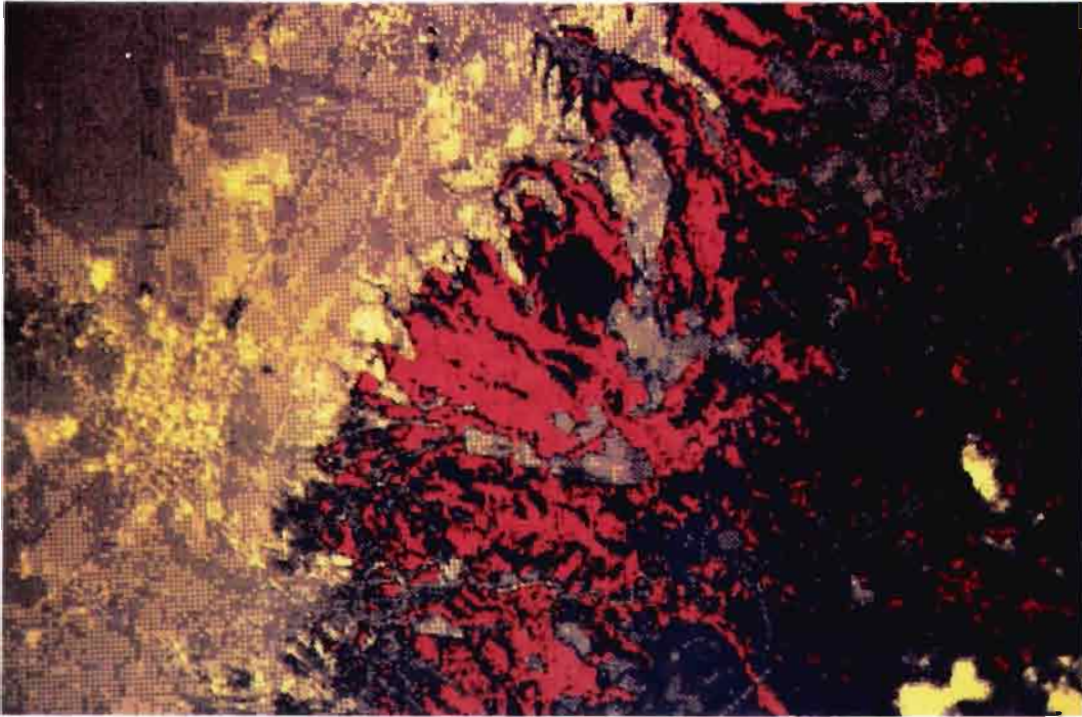
- On considère que le serpent Sp correspond exactement et uniquement à des pins.
- Le lot Lp est l'ensemble des points de la vue V dont les polynômes appartiennent au serpent Sp : $Lp(V, Sp)$
- La loterie ne tiendra compte que des lots inclus.
- L'opération consiste à "marquer" les pixels qui répondent à la condition $Lp(V, Sp)$.



Soit :

$$(37 \leq CN_1 \leq 43) \cdot (25 \leq CN_2 \leq 33) \cdot (56 \leq CN_3 \leq 68)$$

Pour des raisons de commodité, la loterie a été réalisée uniquement sur le serpent représentatif du thème "pins".



3.6 Conclusion.

La loterie du thème "pins" confirme le découpage du segment 4,2 effectué d'après l'aspect visuel du terrain (photographie aérienne, composition colorée 3cnx).

3.7 Remarques.

Ce travail est une approche sommaire d'une analyse d'image SPOT. Le choix d'un thème unique, la forêt de pins, simplifie cette présentation.

Toutefois, on ne peut ignorer l'environnement de ce thème comme les cultures de plaine, incrustations agricoles dans la forêt etc..

Explorer à fond une image satellite demande beaucoup de moyens calculs et de temps machine, aussi, cette restriction imposait l'exploitation d'un thème unique.

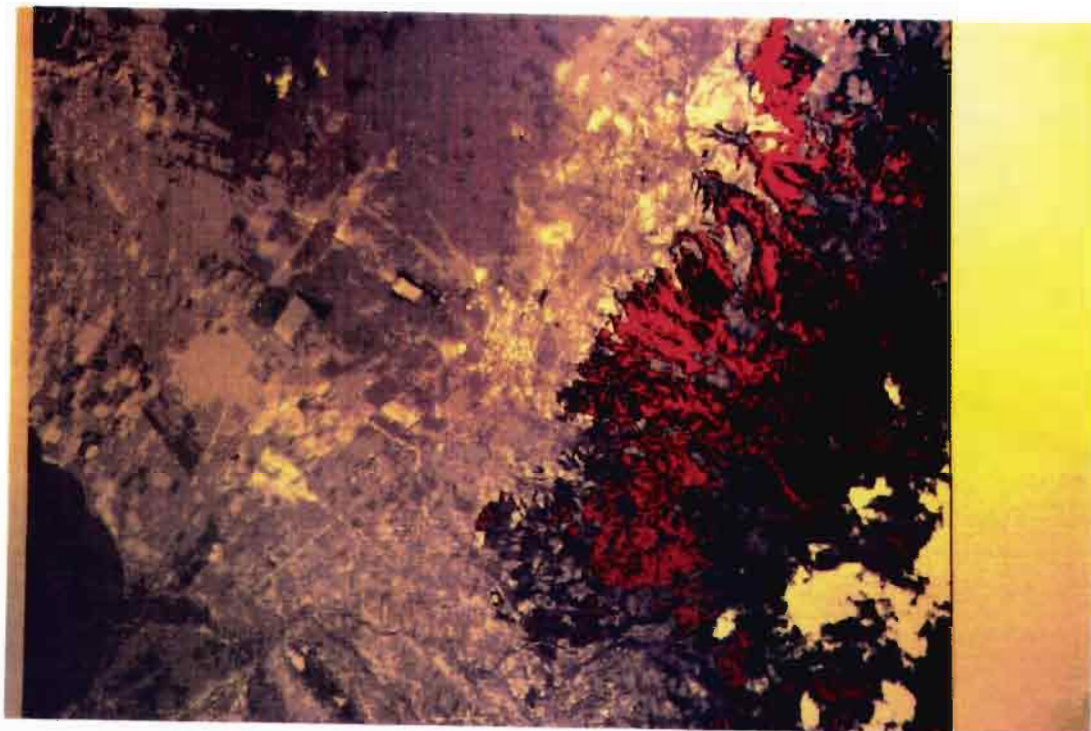
Remerciements.

Je tiens à remercier Régine Chaume (ORSTOM, Montpellier) et Deny Chaume (CNUSC) sans qui, l'étude d'une image SPOT serait toujours pour moi dans le domaine théorique.

Cette application complète parfaitement le stage SITEL au GDTA à Toulouse qui avait des insuffisances quant à l'analyse interactive d'une telle image.

3.5 Loterie.

Le résultat de cette loterie apparaît en rouge sur fond XSl, en gris.

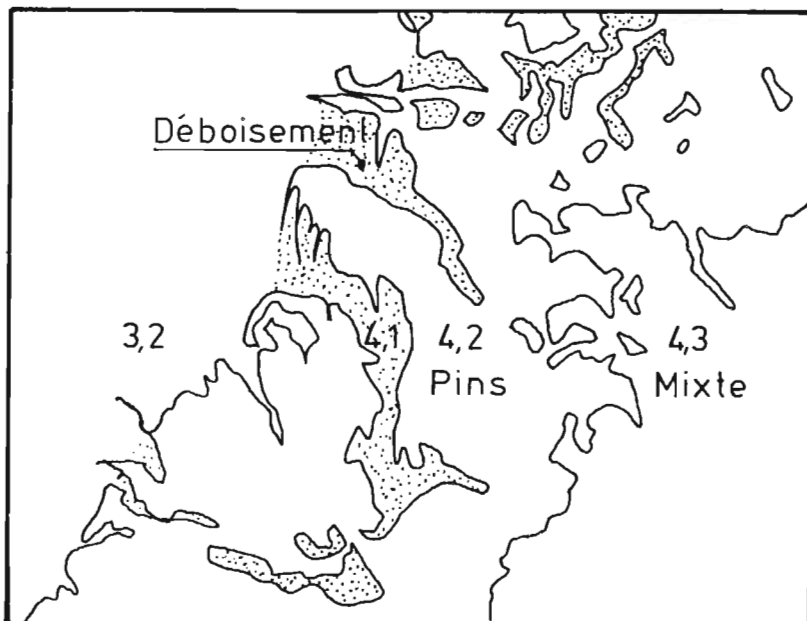


Le thème pins se concentre principalement sur la partie occidentale de la forêt.

Les cultures semblent exclues de ce thème.

Un déboisement actif attaque particulièrement cette essence (pin en 4,2 voisins de zones dénudées en 4,1).

Par contre, on retrouve quelques ilots isolés de pins dans la partie orientale de la scène en seg 4,3. Ceux ci sont éparpillés parmi les taches cultures/clairières.



Zones de déboisement probables de la forêt de pins.

(4,1)