

**ANALYSE STRUCTURALE D'UNE UNITE DE MODELE LATÉRIQUE  
 COMME RÉFÉRENCE POUR LA RECHERCHE D'INFORMATIONS PÉDOLOGIQUES  
 D'ORDRE STRUCTURAL CONTENUES  
 DANS LES IMAGES DE TÉLÉDETECTION CORRESPONDANTES**

**M. DOSSO\***

**RESUME**

En Guyane Française, la forêt tropicale recouvre l'ensemble des " Terres Hautes " (90 % de la superficie du département) où la couverture ferrallitique est développée à partir du manteau d'altération du socle (granites et schistes). Depuis 1976, l'étude de l'organisation de cette couverture à l'échelle de l'interfluve élémentaire (BOULET et al.) montre qu'elle est actuellement en déséquilibre, c'est-à-dire que les transformations en cours tendent à la détruire. L'exemple présenté ici concerne l'analyse structurale d'un interfluve de 20 hectares situé dans un paysage forestier de petites collines sur schistes de la partie septentrionale des " Terres Hautes " (FRITSCH, BOULET, BOCQUIER & DOSSO, 1985).

Les nombreuses études menées dans le secteur ont permis à BOULET (1981) de reconnaître dans l'espace plusieurs stades de transformations de la couverture initiale, stades qui auraient pu également se succéder dans le temps. L'interfluve étudié correspondrait à un stade ultime dans cette séquence de transformations. Il montre un double système de transformation par hydromorphie : système amont descendant vertical et centrifuge, et système aval remontant latéral et centripète ; ce double système ne laisse subsister le " domaine initial " que par îlots, en auréole autour du plateau sommital.

L'analyse, la compréhension et la cartographie de la couverture pédologique de cet interfluve ont été rendus possibles grâce aux travaux antérieurs de FRITSCH (1977) et (1984) portant sur l'analyse minéralogique et structurale d'une toposéquence. La carte structurale obtenue sur l'ensemble de l'interfluve présente les différentes courbes limitant dans l'espace les différents domaines (initial, systèmes de transformation amont et aval) et leurs organisations.

\* Centre Scientifique IBM - FRANCE - 36, Avenue Poincaré -- 75116 PARIS FRANCE

Dans une perspective d'utilisation de la télédétection pour l'extension des connaissances structurales acquises localement sur la couverture pédologique, on a étudié l'image aérienne panchromatique noir et blanc au 1/10 000 ème disponible sur ce secteur. La carte pédologique, la carte du modelé et l'image aérienne ont été numérisées et recadrées. Grâce au langage commun traduisant ces trois types de données on a pu ainsi définir directement le conteu des domaines pédologiques en termes de couvert forestier et de même, étudier leur corrélation avec la topographie. Pour la bande spectrale étudiée, et à l'échelle de l'étude, il apparaît que le couvert forestier ne traduit que la partie la plus dégradée du système pédologique.

Commentons tout d'abord le titre de cette présentation:

- Les deux expressions les plus importantes en sont Analyse structurale et Images de télédétection ; nous y reviendrons: c'est le thème de la présentation.
- Il y a un adjectif rassurant: latéritique ; rassurant en ce sens que la présentation est bien prévue pour ce séminaire là, mais en fait cet adjectif n'est pas primordial: il aurait pu s'agir d'une toute autre unité de modelé, sur sols calcaires par exemple, la démarche suivie aurait été la même.
- Le terme référence a lui aussi son importance, car déjà il indique le sens de la démarche: c'est le terrain qui commande; la compréhension que l'on en acquiert se traduit au niveau d'une carte -structurale- et c'est cette carte que l'on compare aux documents de télédétection disponibles.

L'illustration de cet exposé se fera essentiellement non à partir de diapositives, mais d'images papier sous forme d'une séance d'affichage, après l'exposé. En fait, les résultats de trois exemples seront présentés; il s'agit de trois terrains, tous situés sous couverture forestière, qui donc a priori masque les sols.

Je vais donc maintenant présenter le POURQUOI de la démarche utilisée et introduire les trois exemples qui seront présentés ensuite.

Présenter le pourquoi de cette démarche revient à exprimer comment je conçois les rapports entre  
PEDOLOGIE et TELEDETECTION

Comment je les conçois?

Dans cet ordre.

C'est à dire PEDOLOGIE d'abord et TELEDETECTION ensuite. La télédétection est peut-être un vaste monde en lui-même, mais pour moi, c'est la pédologie qui prime; et la télédétection n'est qu'un outil pour l'étude de cet objet SOL qui est l'objet de notre attention à tous ici; objet SOL; ou mieux COUVERTURE PEDOLOGIQUE, ou mieux encore ensemble des FORMATIONS SUPERFICIELLES.

Lorsque l'on fait de la pédologie, il existe je crois deux attitudes possibles.

La première, qui est la plus classique, consiste à répondre à la question:  
MAIS QU'EST-CE QUI NOUS INTERESSE DANS LE SOL?

La deuxième, qui se situe plus en amont, consiste à répondre à la question:  
MAIS QU'EST-CE QUE LE SOL?

Commentons ces deux attitudes.

Première attitude:

- Selon le but poursuivi, l'application de l'étude à des problèmes de drainage, d'aménagement, etc... on privilégiera des caractères particuliers: capacité d'échange, teneur en matière organique, en argile, hydromorphie, pierrosité, etc..

- S'il n'y a pas de but spécial alors on récoltera le maximum de données. Puisqu'on est à l'ère de l'informatique, on utilisera les facilités offertes: les méthodes et traitements statistiques multivariés entre autres, permettront ensuite de réduire le nombre des données prises en compte et peut-être d'en extraire la structure. Cette première voie est donc essentiellement celle de la CARACTERISATION DU SOL.

### Deuxième attitude:

Ici, on cherche à définir le sol en vue de sa compréhension.

Qu'est-ce qui fait la spécificité du milieu sol?...c'est d'abord son organisation dans les trois dimensions de l'espace; c'est à dire sa structure. L'objet de l'étude sera donc cette analyse là: L'ANALYSE STRUCTURALE DU SOL.

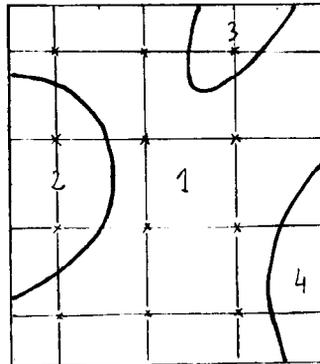
Remarquons tout de suite, que si l'on a un cadre, une structure, rien n'empêche qu'on en caractérise l'intérieur: les observations se trouvent de ce fait situées. Les deux voies de recherches citées sont donc complémentaires, mais il semble qu'il y ait un ordre.

La première voie, je la qualifierai d'AVEUGLE car l'effort de caractérisation n'est pas situé dans l'espace, d'où le recours aux statistiques ensuite pour retrouver dans les données la structure préexistante.

La seconde voie suppose simplement d'OBSERVER CE QUI EST: c'est alors l'analyse MORPHOLOGIQUE qui prime.

Voyons quelles sont les conséquences de ces deux attitudes au niveau de l'analyse d'une région donnée par exemple.

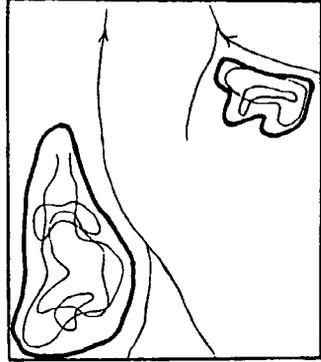
Première attitude  
analyse AVEUGLE, STATISTIQUE.



Cette attitude conduit à

- un travail de caractérisation SYSTEMATIQUE: un réseau d'observations ponctuelles et verticales.
- la précision du travail devient fonction du nombre de sondages à l'hectare. (au niveau de projets financés de manière internationale, il existe des normes à respecter.)
- il apparait la nécessité d'une classification extérieure à laquelle référer les observations.
- Grâce à cet outil qu'est la classification on peut faire un classement des observations, ce afin de pouvoir découper la région étudiée en classes homogènes.
- Les limites ainsi obtenues entre les classes sont donc subordonnées au contenu de ces classes dites homogènes. Si le contenu a été défini d'après des observations, ce n'est pas le cas des limites: celles-ci sont déduites; elles sont conceptuelles et n'ont pas été suivies dans la réalité.
- Cette analyse est de type descendant: le réseau d'observations sera d'autant plus serré que l'on voudra accéder à plus de détails.

Deuxième attitude  
analyse MORPHOLOGIQUE, STRUCTURALE.



- Le principe de cette analyse s'applique quelque soit l'échelle de l'étude, depuis la lame mince jusqu'au paysage.
- Pour la région étudiée, on définira une ou plusieurs unités naturelles dont on fera l'étude détaillée. Les limites des unités ainsi définies sont des limites réelles, fonctionnelles; en général il s'agit d'unités de modelé: interfluve ou bassin versant.
- A l'intérieur de ces unités on s'attache à l'étude des relations entre domaines, c'est à dire à l'étude des transitions. On étudie des gradients de différenciation.
- Les résultats, présentés graphiquement sous forme de coupes et plans, montrent l'organisation de la couverture pédologique étudiée dans les trois dimensions de l'espace; pour cela on aura essentiellement retenu des caractères structuraux dont on suit l'apparition ou la disparition: ce sont les lignes dites d'isodifférenciation.
- Le plan de prospections ultérieures est fonction des ECHELLES DE VARIATION trouvées.
- C'est donc à partir d'études locales détaillées que l'on remonte à une compréhension plus régionale; la démarche est ici ascendante. Toute l'information nécessaire à la compréhension de l'organisation de la couverture pédologique étudiée est présente au départ: il s'agit ensuite d'extrapolation.

Que retenir de cette comparaison?



On retient ces deux notions de (contour,région) ou (limite, domaine). La limite c'est la relation entre deux domaines.

Limite et domaine sont deux notions duales: c'est à dire qu'elles ne sont pas opposées mais complémentaires. Il en est donc de même pour les deux approches qui en découlent: soit commencer par déterminer des domaines (contenus) dont les frontières seront les limites (contenants), soit commencer par détecter les limites pour en déduire les domaines.

Or ce qui vient d'être formulé là, devient vraiment très intéressant.

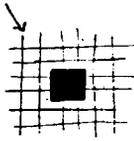
Pourquoi?

Parce qu'en traitement d'images, on retrouve exactement la même chose.

### Qu'est-ce qu'une image?

Les images dont je parlerai sont des images numériques

grille de numérisation.



OBJET

1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1



IMAGE



255	255	255	255	255	255
255	255	126	132	255	255
255	119	3	2	120	255
255	123	2	4	119	255
255	255	121	118	255	255
255	255	255	255	255	255

Ici se trouvent illustrés à la fois le problème du pas de numérisation et celui du codage numérique. Pour passer de l'objet à sa représentation image numérique on doit opérer une double discrétisation: échantillonnage dans l'espace et échantillonnage d'une gamme de valeurs continues.

A l'heure actuelle, la majorité des applications en traitement d'images portent sur des images du premier type: ce sont des images binaires.

Les images sur lesquelles on travaille en télédétection sont codées sur une plus grande gamme (en général 256 valeurs). On remarquera l'effet de flou introduit par la numérisation au niveau des limites de l'objet.

En résumé, l'image numérique est une grille de points, appelés "pixels" (Picture Element); à chaque pixel, repéré par ses coordonnées géographiques, est associée une (ou plusieurs) valeur(s) numérique(s). Ce sont ces matrices numériques qui sont l'objet du traitement d'images.

En traitement d'image, il existe deux grandes familles de traitements: les traitements classiques et ce que je regrouperai sous le terme de "recherches actuelles".

#### Les traitements classiques.

Ce sont tous les traitements STATISTIQUES portant sur les signatures spectrales des pixels.

Le but de ces traitements est de réduire le nombre de données disponibles; et de réaliser ensuite un classement ou une classification de l'image. Là aussi on déterminera des classes homogènes dont les limites seront subordonnées au contenu.

Ce type de travail conduit à une identification de l'image et convient très bien aux descriptions et inventaires d'états de surface.

#### Les recherches actuelles.

Ce sont toutes les études de RELATIONS SPATIALES entre pixels.

Ces relations s'étudient au niveau de la texture (arrangement local au voisinage d'un point) et au niveau de la structure (qu'on pourrait définir comme étant une macro texture). Pour l'étude de la structure de l'image, on peut soit chercher à définir des domaines (traitements statistiques, analyse des données...) soit rechercher des discontinuités dans l'image (études de gradients). Ce travail est celui de l'ANALYSE STRUCTURALE de l'image et doit conduire à sa COMPREHENSION.

Ces deux termes: analyse structurale et compréhension, que nous avons déjà employés à propos de pédologie, font partie du vocabulaire spécifique au traitement d'image en général. On remarquera en passant, l'opposition qui existe entre les termes "traitement" et "analyse": quand on n'a pas de but précis, on fait du "traitement" d'image, quand on fait de l'"analyse" d'image c'est pour aller vers sa "compréhension".

Revenons donc aux rapports entre pédologie et télédétection:

Si l'on ne fait que caractériser les sols, et ce par rapport à une classification, il y a peu de chances pour qu'on retrouve jamais les limites de sol ainsi obtenues, sur l'image. Pour la bonne raison que ce ne sont pas des limites réelles.

Si au contraire, pour l'analyse de terrain, on s'intéresse aux transitions entre domaines, aux relations qu'ils ont entre eux, alors il y a plus de chances que la cartographie de ces limites là, ait un rapport avec l'image.

Or jusqu'à présent, PEDOLOGIE ET TELEDETECTION cela voulait dire comparer des cartographies du premier type à des images. Donc cela ne marchait pas ou peu- du moins pas dans tous les cas.

La conclusion était alors:

- ou les sols sont nus -ce qui est rare- et c'est la porte grande ouverte à toutes les études de réflectance des sols à des fins de caractérisation (rugosité, humidité, teneur en eau, en Fer, etc...); c'est une grande voie de recherches actuelles.

- ou les sols sont couverts de végétation -ce qui est le plus fréquent-

Alors là, puisque les sols sont masqués par la végétation, que pouvez-vous attendre de leurs images de télédétection? Ces images là ne fourniront jamais d'informations utiles sur les sols; par contre ces images peuvent très bien servir à étudier les états de surface: cette dernière remarque est juste et conduit actuellement à de nombreuses applications.

Mais, personnellement, je crois et je cherche à montrer que si l'on part de ce qui définit le sol, c'est à dire son organisation, l'image de sa surface, qu'elle soit ou non couverte de végétation, devrait receler des informations sur cette organisation.

Autrement dit, en lisant la surface des sols, même à travers une couverture forestière, on peut avoir une information liée à la profondeur; surface et profondeur ne sont pas indépendantes.

Quelle information: combien et sous quelle forme? voici un vaste programme de recherches à venir, que pour ma part je ne fais qu'entamer.

Des exemples qui sont présentés en annexe, il faut retenir les points suivants ,

- L'information structurale est présente dans les images.
- Des traitements portant sur la texture et la radiométrie la mettent en valeur.
- Les domaines mis en évidence ont des formes comparables à celles données par la cartographie structurale, mais les limites sont discordantes.
- Ce sont les parties les plus dégradées du système qui apparaissent.

## ANNEXES

## I - TERRAIN DE SAINT ELIE (GUYANE FRANCAISE) Cf\*

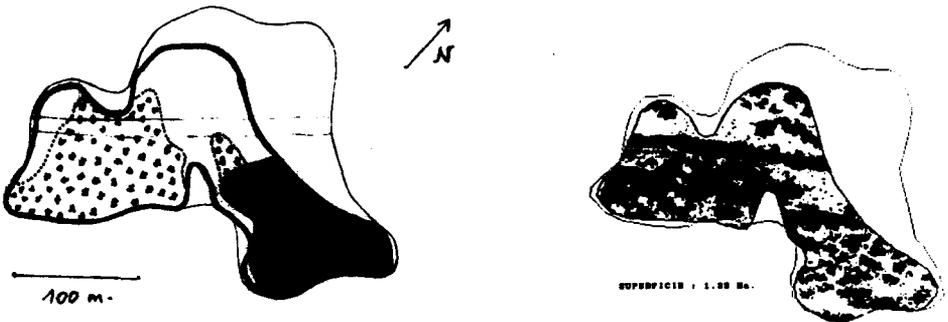


Ci-dessus, l'image aérienne (700m x 600m sur le terrain), numérisée à partir d'une couverture aérienne panchromatique noir et blanc au 1/10 000 ème. Sur ce document ont été recadrées les limites des différentes unités topographiques et les différentes limites pédologiques, d'après les cartes correspondantes réalisées au 1/2000 ème. On a porté ci-dessus les limites de l'interfluve étudié.

Ci-dessous.

A gauche: informations extraites des résultats de l'analyse structurale, relatives à l'unité de plateau sommital. En trait fort: la limite du système transformant supérieur amont. En noir: la partie la plus dégradée de l'interfluve (quatre systèmes de transformation s'y superposent).

A droite: zone correspondante de l'image aérienne, seuillée et présentée en négatif, montrant la relation existante entre la phénologie du couvert forestier et l'organisation du sol sous-jacent.



E.FRITSCH, G.BOCQUIER, R.BOULET, M.DOSSO, F.X.HUMBEL 1985. Les systèmes transformants d'une formation supergène de Guyane française et leurs modes de représentation. Publication ORSTOM à paraître.

## II - TERRAIN D'ORGANABO (GUYANE FRANCAISE) C1\*

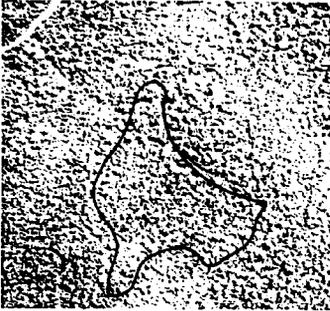
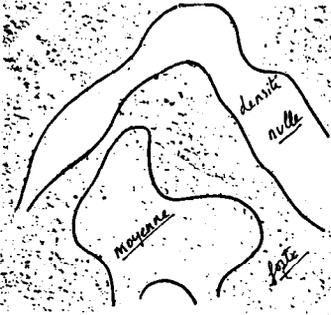
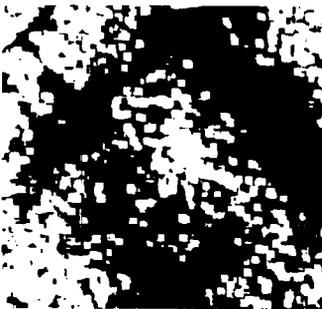


Image aérienne numérisée (1015m x 996m sur le terrain), extraite d'une photo IGN panchromatique noir et blanc au 1/20 000 ème.

L'analyse structurale de l'interfluve de 60 hectares a été faite et sa cartographie réalisée à l'échelle du 1/1000 ème. On a recadré sur l'image aérienne la courbe limitant le pôle podzol du système de transformation sol ferrallitique - podzol étudié. Le domaine ainsi défini se révèle hétérogène en tons de gris.



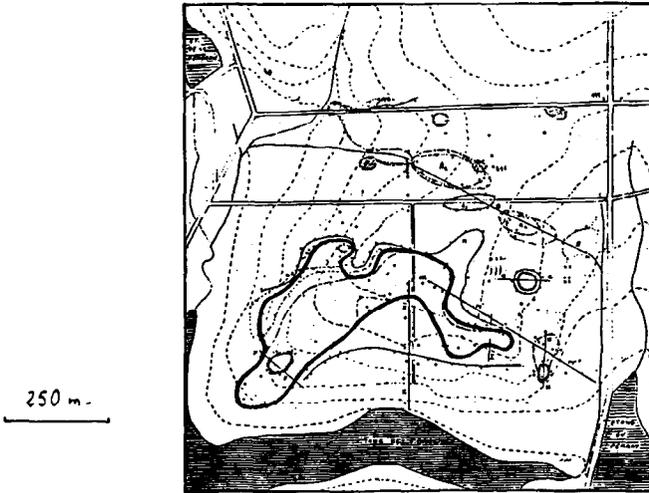
Après seuillage de l'image sur les ombres, trois zones de densités d'ombre différentes apparaissent. Les limites sont le résultat d'une interprétation visuelle.



Un simple comptage de l'image seuillée, ici par une fenêtre de taille 21 x 21 permet de visualiser la zone de densité moyenne correspondant au pôle podzol.

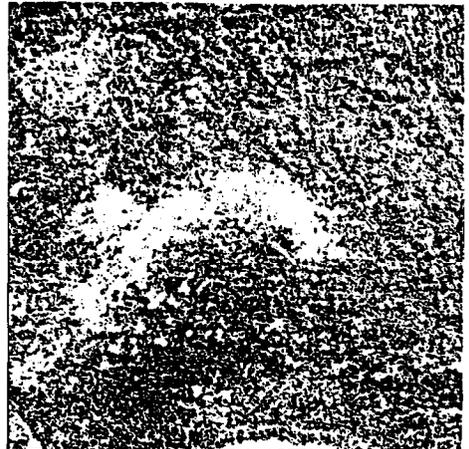
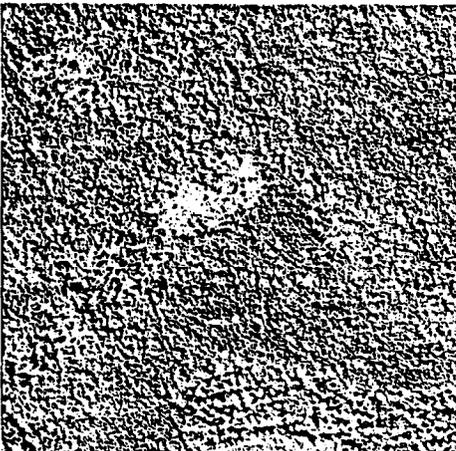
\* L.VEILLON 1984. Etude tridimensionnelle d'un système de transformation de la couverture ferrallitique sur SDB en podzol dans la région d'ORGANABO. Rapport ORSTOM Septembre 1984.

## III - TERRAIN DE PAIMPONT (BRETAGNE) Cf\*



Ci-dessus, la cartographie structurale réalisée au 1/2000 ème; on y a souligné par un trait fort la limite du pôle podzol du système étudié.

Ci-dessous, les images numériques de cette même zone (environ 614m x 614m sur le terrain).  
 A gauche, image panchromatique noir et blanc, extraite de la photographie IGN correspondante.  
 A droite, le résultat d'une combinaison numérique entre l'image visible et l'image infra-rouge, faisant ressortir le pôle podzol; par comparaison, l'image visible indique un état de surface hétérogène constitué de landes et de résineux dans un contexte de feuillus.  
 Sur l'une et l'autre image, on notera comme repère la présence de l'étang des Forges à la bordure inférieure (en blanc sur l'image de droite).



\* P.BOIVIN, L.VEILLON 1983. Etude du plateau des Forges en Basse Forêt de Paimpont. Rapport DEA de Pedologie ORSTOM 1983.