

# Organisation de la " Couverture pédologique " et précision de sa cartographie

## Analyse d'un exemple

par G. BOURGEON et R. BERTRAND

Service de Pédologie de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales  
et des cultures vivrières, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex

---

### SOMMAIRE

*La précision, ou plutôt l'exactitude des cartes pédologiques est abordée ici par référence à l'organisation dimensionnelle et structurale du milieu cartographié. L'étude d'un exemple illustre cette approche.*

*La conception du milieu structuré en niveaux d'organisation emboîtés inspire la démarche des deux auteurs. L'outil géostatistique du demi-variogramme, utilisé pour apprécier le bien fondé d'une cartographie thématique, s'inscrit dans cette démarche.*

### INTRODUCTION

La précision des cartes pédologiques est traditionnellement abordée au moyen de la notion de densité d'observations par unité de surface, c'est-à-dire par une relation entre échelle et nombre d'observations.

Cette évaluation de la précision ne nous satisfait pas et nous proposons une autre notion : l'**exactitude** faisant intervenir en plus l'organisation du milieu. L'exactitude d'une cartographie peut être définie par la conformité de la carte à la réalité du terrain.

### 1. APPROCHE TRADITIONNELLE DE LA PRECISION DES CARTES PEDOLOGIQUES : LA LOI DU QUART.

Pour des raisons de lisibilité essentiellement, on admet (VINCK, 1963, MAIGNIEN 1970, BOULAINÉ, 1980) que la plus petite unité représentable sur une carte doit y occuper une surface de 0,25 cm<sup>2</sup>. BOULAINÉ estime que « pour définir chacune des zones élémentaires à cartographier, il faut donc au moins un pedon ». Il aboutit ainsi à une « **densité idéale** » de 1 observation par 0,25 cm<sup>2</sup> de carte. Il rejoint en cela les recommandations de VINCK : « L'unité cartographique de base sera déterminée par la plus petite surface pour laquelle une observation au moins aura été faite. La valeur la plus fréquente de cette unité est de 0,25 cm<sup>2</sup>, soit une densité « normale » de 4 observations par cm<sup>2</sup> ». Ce modèle idéal ne tient aucun compte du terrain à cartographier. C'est pour cela que BOULAINÉ (1980) introduit la notion d' « efficacité pédologique » (K) qui traduit des « économies d'observations » par rapport à la densité idéale. Ce coefficient K tient compte : des documents accessoires, des

qualités personnelles du cartographe, du type de paysage et de la date de travail. On voit aisément qu'il n'est pas possible de quantifier K a priori. C'est ce qui le rend non opérationnel pour l'établissement de normes de prospection pédologique dans un projet de cartographie.

Nous portons 2 critiques à cette approche :

- Le nombre d'observations à réaliser est lié beaucoup plus à l'échelle de la carte à publier qu'aux caractères du terrain à cartographier,
- elle admet qu'il suffit d'une observation au moins par unité représentée, ce qui n'a pas été établi.

## 2. NIVEAUX D'ORGANISATION DU MILIEU ET DENSITE D'OBSERVATIONS.

De nombreux auteurs (GLANGEAUD 1955, TRICART et CAILLEUX 1956, FRIEDLAND 1976) s'accordent à penser que le milieu naturel est structuré en plusieurs niveaux d'organisation. Ces niveaux d'organisation nous présentent le milieu comme constitué de structures gigognes, ou emboîtées, ou arborescentes.

Une cartographie est la mise en évidence des structures du milieu à un niveau d'organisation déterminé. Nous pensons et nous allons essayer de montrer que **cartographier les structures plus détaillées nécessite l'acquisition d'une quantité minimale d'informations que l'on appelle « seuil »**. Nous illustrons cette idée par le schéma suivant :

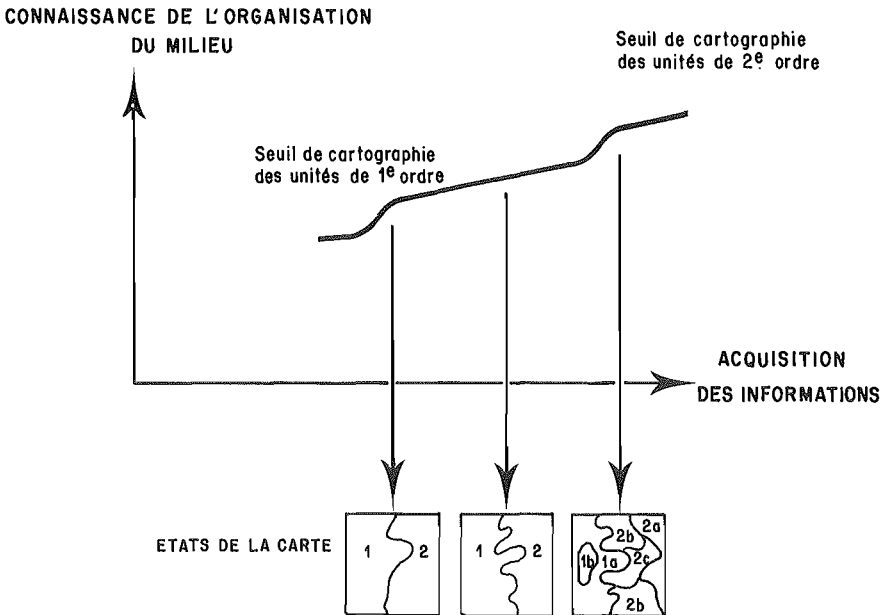


Fig. 1 : Evolution de la connaissance de l'organisation du milieu en fonction de l'acquisition des informations.

Cette notion de quantité minimale d'information pour reconstituer un phénomène est exprimée en physique dans l'étude des spectres de fréquence par le théorème de Shannon (in GUILLAUME, 1977).

« Une fonction physique peut être complètement reconstituée à partir de ses échantillons seulement si la fréquence d'échantillonnage est supérieure ou égale à deux fois la plus haute fréquence contenue dans le spectre de fréquence. »

Pour illustrer cet énoncé abstrait, nous reprendrions l'exemple de GUILLAUME (1977) (Fig. 2 ci-dessous) : « soit un phénomène périodique, correspondant à une onde sinusoïdale de longueur d'onde 2 km. Ce phénomène pourra être représenté complètement si le pas de mesure est au plus de 1 km ». Autrement dit, la plus haute fréquence qui pourra être retrouvée à partir de l'échantillonnage discret effectué au pas de 1 km sera de 0,5 cycle/km. Un échantillonnage plus serré n'apportera pas plus d'information ».

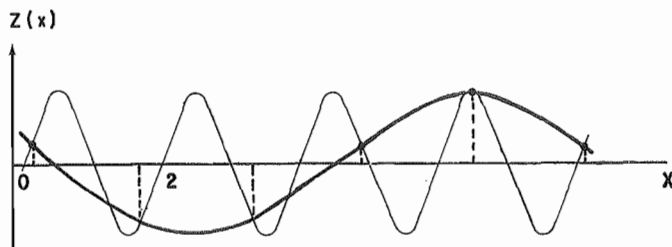


Fig. 2 : En trait fin : courbe réelle. En trait épais : courbe obtenue à la suite d'un échantillonnage dont le pas est trop grand par rapport à la taille des structures étudiées. D'après Guillaume 1977.

Bien que certaines organisations pédologiques aient un caractère souvent périodique (celles que nous étudions à l'aide des toposéquences ont une périodicité égale à celle de la maille hydrographique en général), il est difficile d'extrapoler le théorème de Shannon à leur étude.

Il nous semble cependant évident que, pour cartographier une organisation, il faut non seulement la connaître dans sa nature, mais encore dans son extension. Pour cela, 2 observations nous paraissent un minimum. En effet, la première observation ne peut renseigner que sur la nature de l'organisation et il en faudra au minimum une seconde pour caractériser une taille, une dimension... c'est-à-dire évaluer une distance : **d'une façon plus générale, l'étude et la cartographie des organisations pédologiques nécessitent des fréquences d'observation qui dépendent étroitement de la taille de ces organisations.**

Sur notre schéma n° 1, chaque seuil correspond ainsi à une densité d'observations liée à la taille minimale des organisations à mettre en évidence.

La seconde idée importante est qu'une fois que la densité d'observations requise a été atteinte, l'augmentation de cette densité n'apportera pas d'information supplémentaire pour la structure étudiée, ce qui justifie l'existence de paliers dans notre schéma 1.

Dans l'exemple étudié ci-dessous nous examinerons dans quelle mesure ces idées peuvent s'appliquer à différentes méthodes de cartographie.

### 3. ANALYSE D'UN EXEMPLE.

Les études dont nous allons parler ont été réalisées pour le développement du plan sucrier de Côte d'Ivoire. Elles se sont déroulées de 1973 à 1976. Elles concernent la réalisation du complexe sucrier de Bonotou-Koro. Ces études ont été réalisées en trois phases (BERTRAND et coll., 1980). Depuis leur achèvement, nous ne sommes pas retournés sur le terrain. Dans ce qui suit nous exposerons les méthodes qui ont été mises en œuvre en les justifiant dans le cadre historique du projet ; puis nous en ferons la critique à lumière de ce qui vient d'être dit, afin d'en tirer des enseignements.

#### 3.1 HISTORIQUE DES ETUDES

**Première phase :** en 1973, il s'agissait d'étudier sommairement quatre sites possibles (d'environ 30.000 ha chacun) pour choisir celui qui serait mis en valeur dans

l'immédiat. De ces quatre périmètres envisagés, celui de Borotou a été retenu, nous ne présenterons donc que les études le concernant (Fig. 3, 5, 6).

Les critères de choix d'un périmètre sont très divers ; en ce qui concerne les sols, ce sont essentiellement : superficie et répartition géographique des terres cultivables, principales contraintes d'aménagement. C'est ce qui a été mis en évidence.

L'étude (GUILLOBEZ et BERTRAND, 1974) a été conduite en analysant des topographies choisies grâce à une photo-interprétation préalable. Des lois d'organisation pédologique (ou lois de répartition des sols) ainsi que les clefs de photo-interprétation correspondantes ont été établies de cette façon.

Ces lois de répartitions privilégient les relations qui lient les phénomènes géomorphologiques aux phénomènes pédologiques (Fig. 3). Elles permettent de définir des unités morphologiques, chacune d'elles caractérisant « un territoire ou une fraction de paysage, dans lesquels une unité géomorphologique correspond exactement à un type de sol ou une association de types. » (G. GAUCHER, 1981). Chaque unité morphopédologique comporte dans sa définition ou ses caractéristiques les éléments pouvant servir de clé de photo-interprétation et permettant donc de la cartographier. La carte est appelée « carte morphopédologique ».

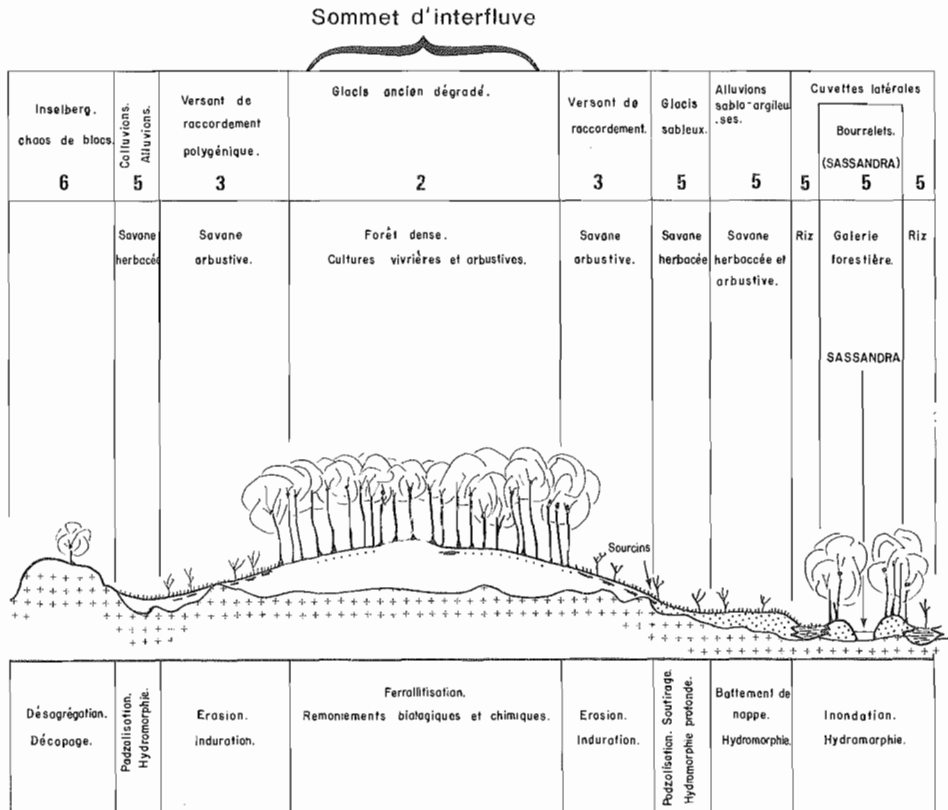


Fig. 3 COUPE ETABLIE AU COURS DE LA PHASE 1

Pour cette prospection, environ 150 fosses ont été ouvertes et étudiées sur 50 km de rayons et une vingtaine d'échantillons ont été analysés. Ce travail a été réalisé en un mois sur le terrain. Cette première phase a montré que le site n'était pas exceptionnellement favorable, tant par la présence de contraintes physiques que de contraintes économiques. Par ailleurs, les pédologues mettaient en doute la fiabilité de leur cartographie en raison du peu de moyens qu'ils avaient pu y consacrer, compte tenu des énormes difficultés de pénétration et de la complexité du milieu qu'ils avaient révélée.

## COUVERTURE PEDOLOGIQUE - PRECISION DE SA CARTOGRAPHIE

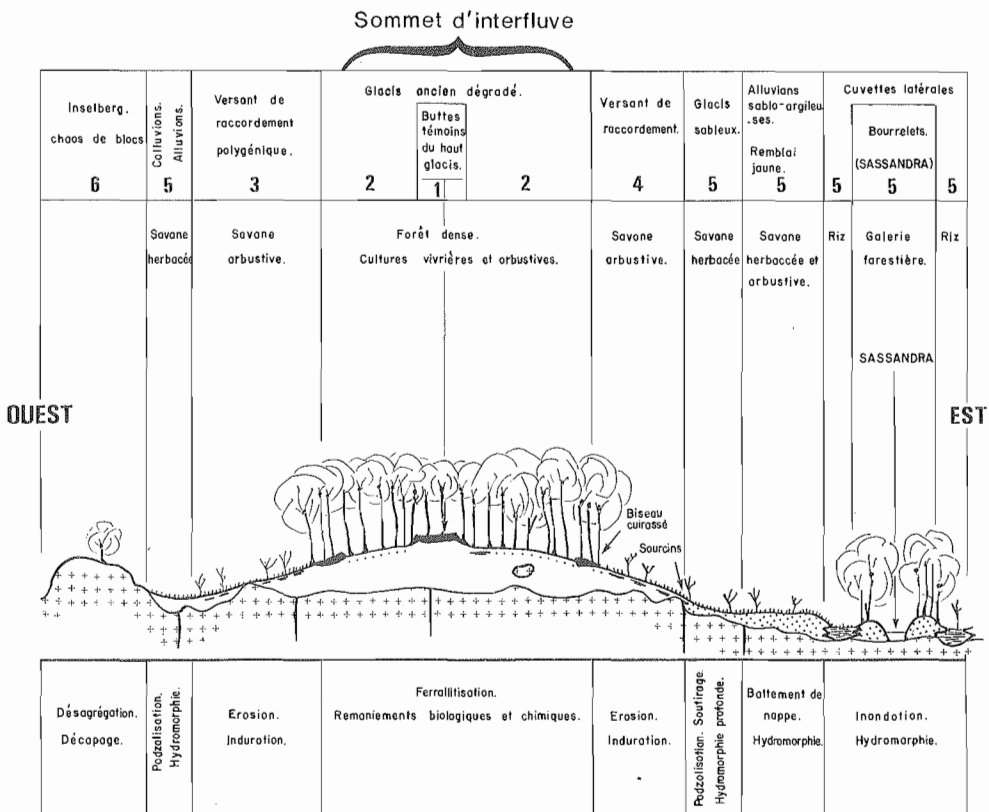
**Deuxième phase :** en 1975 (BOURGEON et coll., 1975), après le choix non définitif de ce site, une étude pédologique complémentaire de la précédente a été réalisée dans le but d'assurer, pour l'aspect sol, la faisabilité du projet. Le choix irrévocable du site et, par conséquent, l'engagement d'investissements très importants devaient être faits sur les bases de cette étude.

Nous avons estimé qu'il convenait de vérifier et de préciser la superficie et la répartition géographique des terres cultivables par des observations plus nombreuses et régulièrement réparties (1) sur tout le site.

Pour des raisons de planification du projet, cette étude devait être réalisée en 2,5 mois de terrain. Ces délais ont déterminé la densité d'observation : 1 fosse pour 36 ha environ. Sur les 23.000 ha présélectionnés cela nous a conduit à ouvrir 600 fosses suivant une maille carrée (1) sur 400 km de rayons (rayons de base inclus).

On pensait que cette prospection permettrait une cartographie différente et en tout cas plus détaillée. En augmentant d'un facteur 4 le nombre d'observations nous pensions affiner notre connaissance des lois de répartition géographique des sols et mieux caler notre modèle cartographique. Effectivement, nous avons modifié notre perception de l'organisation du milieu :

- deux nouvelles unités morphopédologiques apparaissent : (Fig. 4, 7, 8), le biseau cuirassé et les buttes témoins cuirassées du haut glacis,
- la conception de l'organisation des sommets d'interfluve change (cf. Fig. 3 et 4),



**Fig. 4 COUPE ETABLIE AU COURS DE LA PHASE 2**

(1) Dans le milieu tropical forestier où ont été réalisées ces études, la façon la moins mauvaise et la plus pratique de localiser de nombreuses observations est de les faire sur un réseau de rayons régulièrement espacés.

Fig. 5

Photographie aérienne.  
(extrait).



Cliché IGN  
NC 29-V-292

Fig. 6

Carte morphopédologique.  
1<sup>re</sup> PHASE

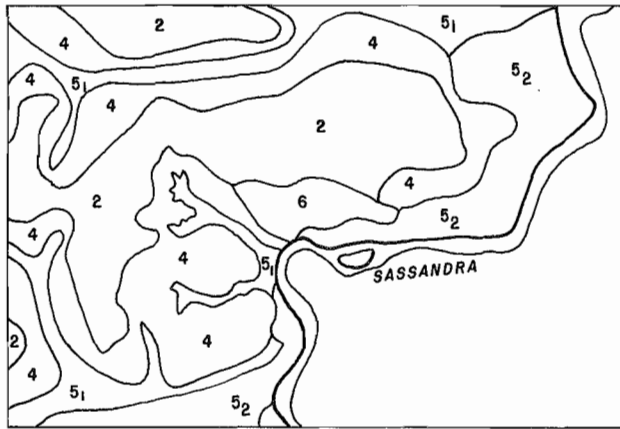
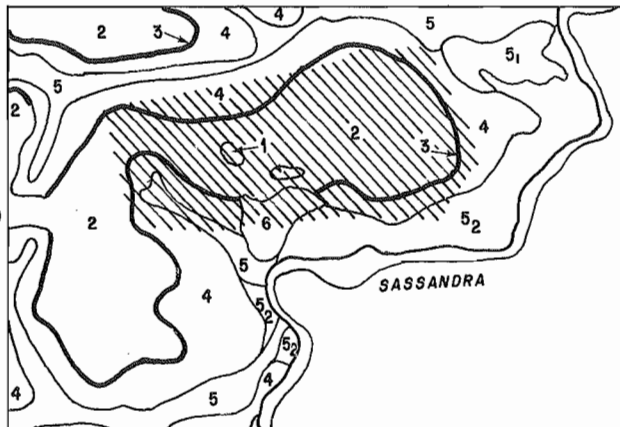


Fig. 7

Carte morphopédologique.  
2<sup>e</sup> PHASE

La zone hachurée  
est celle représentée Fig. 9



Les indices renvoient aux coupes des figures 3 et 4.

COUVERTURE PEDOLOGIQUE - PRECISION DE SA CARTOGRAPHIE

Fig. 8: COUPE AU NIVEAU DU BISEAU CUIRASSÉ ÉTABLIE AU COURS DE LA 2<sup>e</sup> PHASE.

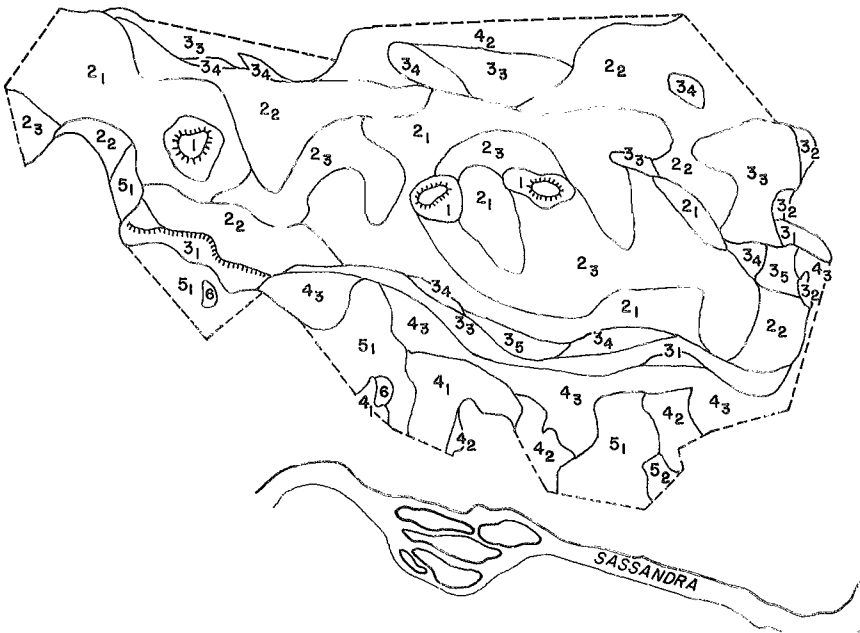
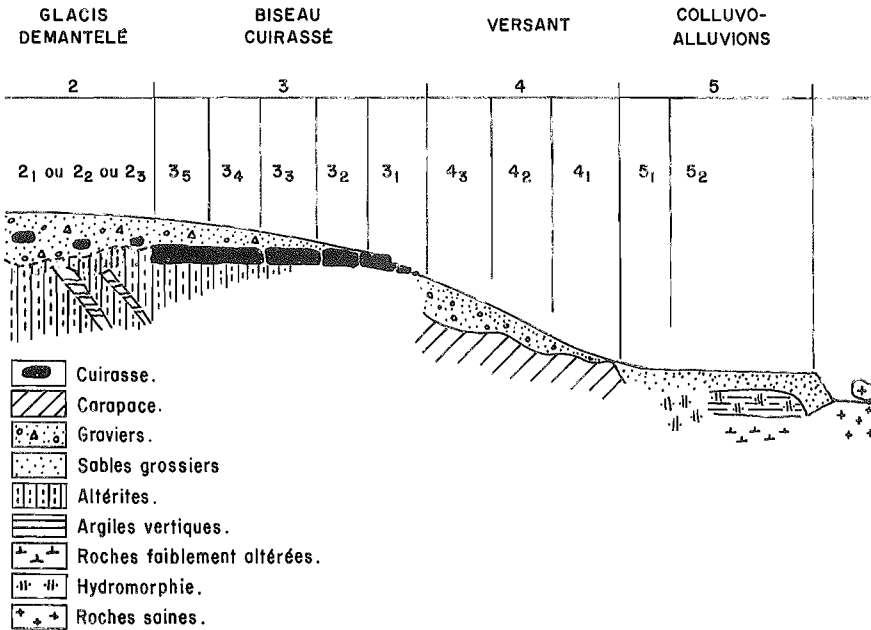


Fig. 9: CARTE ÉTABLIE AU COURS DE LA 3<sup>e</sup> PHASE. Les indices renvoient aux coupes des figures : 3, 4 et 8.

L'extrait présenté ici, correspond à la zone grisée de la figure 7.

— certaines unités morphopédologiques des formations alluviales sont regroupées (ex. les bourellets alluviaux sont regroupés avec les cuvettes latérales au sein d'une même unité par souci de simplification).

Malgré les modifications dont il vient d'être question, cette étude a établi que la cartographie de la première phase ne comportait pas d'erreur d'appréciation notable.

Elle nous a permis, en outre, de sélectionner les zones de terres favorables à étudier en détail.

**3<sup>e</sup> phase :** Les utilisateurs de nos études exigeant une grande précision dans la localisation des contraintes majeures (cuirasses, rochers, etc.), nous avons été amenés à resserrer les observations. Les cartes détaillées de cette phase ont été réalisées grâce à des observations réparties sur un réseau à mailles carrées de 100 m de côté.

Ceci nous a conduit à étudier 13.000 fosses sur 1.500 km de layons.

Des impératifs pratiques nous amenèrent à concevoir une carte autre que morphopédologique ; « ils résidaient dans le fait que la prospection devait être réalisée par une équipe de 3 pédologues d'expériences et de formations diverses... Aussi, pour limiter au maximum le facteur personnel, la subjectivité et la déviation éventuellement différente des trois pédologues, il fallait que les objets à cartographier fussent simples, parfaitement définis, reconnaissables directement sur le terrain sans intervention de concepts scientifiques (plus ou moins discutables... » (BERTRAND et coll., 1980).

Nous avons ainsi été amenés à concevoir et réaliser une carte « des contraintes » (ou facteurs limitants) qui rentre dans la catégorie des « cartes plurifactorielles » de BOULAIN (1980) (Fig. 7).

« D'une manière générale, les contraintes sont des caractères ou des propriétés simples et compréhensibles par tous ; par exemple, la présence d'une phase graveleuse, la présence et la profondeur d'une cuirasse sont des notions claires, faciles à définir et parfaitement objectives » BERTRAND et coll., 1980.

Ces facteurs limitants ont été définis en collaboration avec un agronome spécialiste de la canne à sucre.

Pour cartographier certains de ces caractères, nous avons utilisé les lois de répartition spatiale établies lors des phases précédentes. Les observations étant utilisées comme points de calage (ex. biseau cuirassé) (Fig. 7 et 8).

Pour cartographier les autres caractères pour lesquels nous n'avons pu établir des lois de répartition, nous avons procédé par extrapolation systématique à partir des points d'observation selon le schéma ci-dessous.

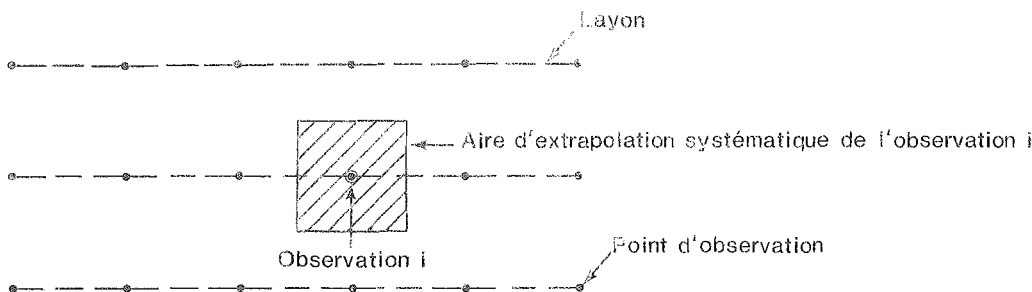


Figure 9 bis

### Zones échantillons (Fig. 10 et 11).

Au cours de cette troisième phase, des prélèvements systématiques d'échantillons ont été effectués sur 2 zones-tests (1) situées dans une même unité morphopédologique considérée donc comme homogène lors de la 2<sup>e</sup> phase (glacis de démantèlement). Le

(1) Ces zones tests sont localisées en dehors des extraits de cartes publiés dans cet article, ceux-ci ayant été choisis car représentant toutes les unités de paysage et non le glacis de démantèlement uniquement.



but de ces prélèvements était d'étudier les possibilités de cartographie de la réserve en eau pour les sols les plus intéressants et les plus représentés sur le site. Les profils ont été prélevés aux nœuds de la maille de 100 m par 100 m et horizon par horizon, selon la description du pédologue.

La zone A comporte 74 points, la zone B n'en comporte que 58 (Fig. 9).

Des analyses classiques ont été réalisées sur tous les échantillons : granulométrie, refus, pH, CEC, pF...

### 3.2. DISCUSSION.

Nous allons examiner dans quelle mesure les différentes cartographies illustrent ce qui a été dit au paragraphe 2.

#### 3.2.1. Comparaison des 2 premières phases (Fig. 3, 4, 6, 7).

Les deux cartes se ressemblent beaucoup ; cela ne paraîtra pas étonnant puisqu'elles ont été obtenues par calage d'un même modèle d'organisation morphopédologique quoique avec un nombre d'observations très dissemblable.

Cependant, ces cartes présentent un certain nombre de différences que nous allons présenter et essayer d'expliquer.

a) La carte de la phase 2 (Fig. 7) comporte des unités supplémentaires :

1. De « **petites buttes témoins cuirassées** » ont été représentées en raison de leur importance géomorphologique. Elles justifient l'appellation de glacis de démantèlement utilisée pour désigner les sommets d'interfluve : en effet, nous considérons que les sols des interfluves proviennent du démantèlement de ces surfaces cuirassées. Mais, d'après ce que nous avons dit plus haut, **nous n'avons pas le droit de représenter** cette unité, notre maille d'observation (600 m × 600 m) étant bien trop large par rapport à ses dimensions, quelques dizaines de mètres. De plus, nous étions persuadés, à la fin de cette seconde phase, de n'avoir pas vu certaines de ces buttes témoins malgré les photographies aériennes, la végétation forestière occultant ces buttes (cf. unité 1 sur fig. 5, 6, 7 et 9).

2. Le « **biseau cuirassé** » a été figuré de manière continue par un trait épais. Pourquoi ?

Il a été représenté car il constitue une contrainte d'aménagement majeure. Par convention, il a été figuré par un trait épais continu et non par une unité cartographique classique. En effet, si nous connaissons sa localisation (limite sommet d'interfluve-versant) et sa largeur approximative (0 à 200 mètres), nous ignorons sa largeur réelle en tout point.

**Pour cette unité, nous avons franchi un seuil pour la conception de l'organisation du paysage, mais pas pour sa cartographie. En d'autres termes, nous connaissons la nature de l'unité, mais pas suffisamment ses dimensions.**

Nous avons voulu représenter un problème d'aménagement plus qu'une unité de paysage, d'où la représentation conventionnelle qui nous a permis de transgresser les règles cartographiques inspirées de la loi du quart et du théorème de SHANNON.

3. En ce qui concerne les **sommets d'interfluve** représentés par 2 unités dans la première phase, nous avons cru devoir, au cours de la deuxième phase, créer une 3<sup>e</sup> unité. C'est une unité de transition entre les 2 premières qui se trouvent ainsi réduites aux lieux où elles sont les plus typiques.

Il s'agit donc d'une modification mineure du modèle d'organisation morphopédologique qui ne change pas radicalement la connaissance du milieu ni surtout sa représentation cartographique.

Certaines unités d'alluvions ont été regroupées car peu étendues et de peu d'intérêt pour les aménagements en projet. Dans ce qui précède rien n'empêche de tels regroupements.

En résumé :

Ces deux cartographies sont donc assez semblables et cela paraîtra normal puisque la méthode cartographique était similaire même si le nombre d'observations pour la

2<sup>e</sup> phase était très supérieur à celui de la première phase. De petites modifications de limites ont cependant pu être réalisées en raison du plus grand nombre de points de calage (cf. Fig. 6 et 7).

Cependant, au cours de la 2<sup>e</sup> phase, toutes ces observations nous ont permis de mettre en évidence un grand nombre de variantes de types de sols selon : la présence et la profondeur des horizons indurés, le taux d'éléments grossiers, l'épaisseur et la profondeur d'apparition d'horizons gravillonnaires, les traces d'engorgement, la texture de l'horizon de surface, etc.

Mais pour toutes ces variantes nous n'avions pas franchi le seuil d'information permettant la création d'unités cartographiques, même si pour certaines d'entre elles nous avons déjà établi des lois d'organisation dans le paysage (ex. : profondeur d'induration). Nous pensions que nombre de ces variantes pourraient être cartographiées grâce à la prospection détaillée de la 3<sup>e</sup> phase.

### 3.2.2. 3<sup>e</sup> phase

C'est ce que nous avons fait pour certaines variantes, nous avons pour cela les lois de répartitions établies dans la 2<sup>e</sup> phase. Pour d'autres variantes nous avons procédé par **extrapolation systématique** comme expliqué ci-dessus, **en admettant ainsi, sans le vérifier, que ce qui était observé en un point pouvait être extrapolé à une « zone d'influence » égale à la maille**. Nous appelons « zone d'influence » l'aire ou la surface qu'un sondage est susceptible de représenter. En procédant à des regroupements et en lissant (1) les limites, nous avons ensuite établi la carte de la 3<sup>e</sup> phase (cf. Fig. 9 bis).

Cette méthode est très généralement employée dans les cartographies pédologiques et notamment les cartographies pédologiques thématiques détaillées. C'est sur la validité de cette méthode que nous nous interrogerons maintenant dans notre exemple.

Pour évaluer la « zone d'influence » d'un sondage nous proposons d'utiliser la valeur appelée « demi-variogramme » et ainsi définie :

« Le demi-variogramme  $K(h)$  exprime l'intensité de la liaison entre la valeur (de la variable) en un point et celles aux points du voisinage à pur estimateur » (GUILLAUME, 1977) :

$$2K(h) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[ Z(x_i) - Z(x_i + h) \right]^2$$

où :

$Z(x_i)$  = valeur de la variable au point  $x_i$

$x_i + h$  = point situé à la distance  $h$  du point  $x_i$  dans une direction donnée

$n$  = nombre de couples  $(x_i, x_i + h)$

En prenant pour valeur minimale de  $h$ ,  $h_0$  = maille d'observation et en augmentant  $h$ , l'étude du demi-variogramme  $K(h)$  nous renseigne sur la « zone d'influence » d'un sondage :

— Si  $K(h)$  croît quand la distance  $h$  augmente ; cela signifie que les différences entre les valeurs de la variable observées en deux points croissent quand la distance entre les deux points augmente ; nous détectons ainsi une certaine liaison entre les valeurs de la variable pour des sondages voisins ; la valeur maximale de  $h$ , ou portée, pour laquelle cette liaison est perceptible constitue le « rayon »  $r$  de la « zone d'influence »

(1) Ce lissage des limites a été fait pour éviter des limites en lignes brisées inesthétiques et peu naturelles (comme il n'y avait pas de règles pour l'effectuer, le coefficient personnel de chaque pédologue a pu jouer, mais nous atteignons là un niveau de détail sans intérêt majeur).

de ce sondage » et il est alors légitime de cartographier les variations du caractère étudié (cf. schéma ci-dessous).

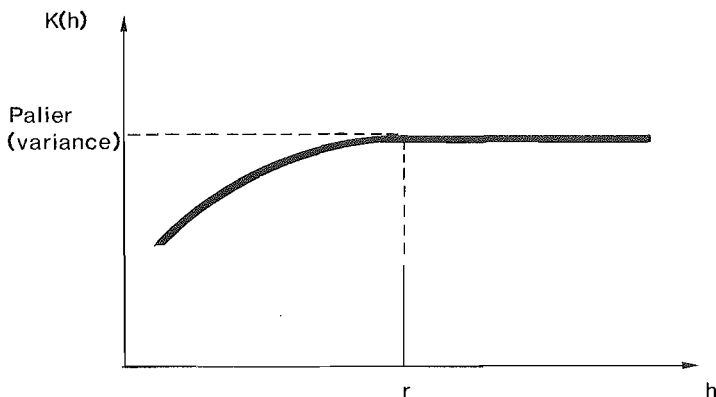


Figure 11 bis

— Si  $K(h)$  reste constant quand la distance  $h$  augmente, les différences entre les valeurs de la variable observées en 2 points sont alors constantes quelle que soit la distance entre ces deux points. Les observations paraissent indépendantes les unes des autres et l'on n'a pas pu mettre en évidence de « zone d'influence des sondages ». Une cartographie qui supposerait l'existence de cette zone serait sans fondement (cf. schéma ci-dessous).

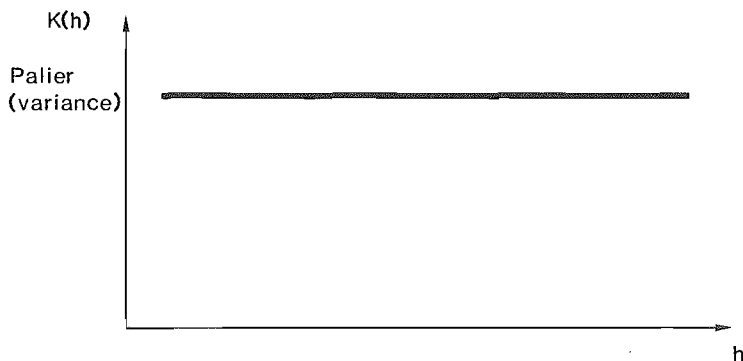


Figure 11 ter

Ce qui est dit ci-dessus correspond au demi-variogramme théorique ; dans la réalité, l'échantillonnage est très partiel et les distances entre les observations sont telles que la partie croissante du demi-variogramme peut ne pas être mise en évidence : la distance minimale d'échantillonnage est alors supérieure à la portée, c'est-à-dire trop grande pour la taille des organisations à mettre en évidence : un échantillonnage plus serré peut alors être recherché pour les cartographier.

Pour les deux zones témoin échantillonnées (Fig. 10), nous avons calculé les demi-variogrammes pour le taux de graviers du second horizon. En effet, en Côte d'Ivoire, les graviers [existence, taux, profondeur d'apparition, etc.] sont une préoccupation constante des pédologues. Par ailleurs, la présence et le taux des éléments grossiers constitueraient un facteur de fertilité très important. Aussi l'avons-nous cartographié au cours de la 3<sup>e</sup> phase.

Les résultats du calcul du demi-variogramme pour les deux zones sont différents (Fig. XI). Dans la zone A, aucune liaison entre les valeurs du taux de graviers n'apparaît entre les sondages. Sur la zone B, une liaison géographique paraît être mise en évidence. Dans le premier cas, nous sommes dans l'incapacité de déterminer une zone d'influence pour chaque sondage, pas de cartographie fondée; dans l'autre cas, on se trouve peut-être à la limite de ce qui est cartographiable.

Ces deux réponses contradictoires nous amènent à conclure qu'il n'était pas fondé ou légitime de cartographier les taux de graviers dans cette région en se basant sur une maille d'observation de cent mètres. En effet, le comportement du pédologue ne peut changer d'une zone à une autre zone voisine dans une même carte.

**La cartographie que nous avons faite « taux de graviers » (en trois classes 0 à 30 %, 30 à 70 % et plus de 70 %) était pour le moins vaine sinon trompeuse bien qu'apparemment précise.** Nous avons pu le montrer avec l'échantillon qui a servi à faire la carte (mêmes fosses d'observations), ceci grâce à l'utilisation d'une méthode simple.

### 3.3. CONCLUSIONS DE L'ETUDE DE L'EXEMPLE.

En généralisant l'utilisation de telles méthodes, il est possible d'évaluer si un échantillonnage déterminé :

1. permet de déceler des organisations dans un continuum apparent et le cas échéant de tracer des limites,

2. est suffisant pour cartographier des organisations déjà décelées par une autre méthode : la maille d'échantillonnage doit avoir une taille adaptée à celle de ces organisations.

**C'est en tenant compte de la position géographique des observations que les méthodes géostatistiques se réfèrent à l'organisation géographique du milieu, en conséquence à la taille des unités, répondant ainsi à notre affirmation première selon laquelle l'exactitude d'une carte ne peut être jugée que par référence au milieu.**

La géostatistique permet donc de juger l'exactitude d'une carte dans le cas de données quantitatives. Nous n'avons pas de méthode à proposer dans le cas de données qualitatives; cependant, en présence de cartographies successives de plus en plus détaillées, la comparaison des différentes cartes — légendes et limites — permet de juger de la qualité des premières phases par rapport à celles qui les ont suivies et sont donc théoriquement plus exactes.

## CONCLUSIONS

Notre exemple, surtout dans sa dernière partie, a montré qu'il est illusoire de vouloir estimer la précision d'une carte pédologique en tenant compte seulement des deux critères échelle et nombre d'observations. En caricaturant selon ces principes, il suffirait de réduire l'échelle d'une carte pour la rendre plus précise.

Toute approche de l'évaluation de l'exactitude d'une carte pédologique a posteriori est vaine si elle ne fait pas intervenir la connaissance de l'organisation spatiale du milieu.

D'une façon générale, cette organisation est conçue selon un schéma de structures emboîtées ou gigognes. La connaissance du milieu, donc sa cartographie, doit tenir compte de cette structuration en niveaux d'organisation emboîtés. Passer de la connaissance d'un niveau à celle du niveau immédiatement inférieur implique l'acquisition d'une quantité minimale d'information; ce minimum constitue un seuil. Les différents seuils correspondent à des études de plus en plus détaillées.

La seule façon d'estimer l'exactitude d'une carte pédologique reste le recours à des études plus fines (générales ou sur des zones-tests). La validité des études les plus fines étant établie sur la base de méthodes qui restent pour une large part à définir mais dont la géostatistique constitue un élément.

Ces mêmes méthodes géostatistiques appliquées à des zones-tests dûment choisies sur la base d'études de reconnaissance permettraient d'identifier et de connaître la taille d'organisations pédologiques plus petites que celles représentées dans les cartes de reconnaissance. **On pourrait ainsi définir les normes d'une étude destinée à cartographier une organisation donnée ou bien, à l'inverse, définir les organisations cartographiables au moyen d'une étude dont les normes seraient fixées a priori.**

## SUMMARY

### SOIL MANTLE ORGANIZATION AND MAPPING PRECISION ANALYSE OF AN EXAMPLE

*The precision, or to be more exact the accuracy of soil maps is discussed here after with reference to the soil mantle organization.*

*The traditional approach of the precision of a soil map based on an elementary relation between the number of observations and the scale of the map is at first criticized.*

*The examination of a concrete case of soil survey including 3 phases of mapping at more and more detailed levels and at least the studying of two test-areas is done.*

*For each mapping phase the kind of map established is illustrated by the mean of a synthetical cross-section and a map extract (fig. 3, 4, 5, 6, 7, 8 and 9).*

*Each map is then criticized using the map established during the following (and more detailed) phase. The last phase (i.e. the survey of the test areas) is criticized with reference to its proper sampling, using for that the shape of the semi-variogram in the vicinity of zero is taken into account (fig. 10, 11 bis, 11 ter).*

*Finally this study has pointed out that it is possible to analyse the accuracy of a soil map with reference to the soil mantle organization in two cases:*

- if several mapping of the same area have been done; by comparison of a given map with a more detailed one;*
- if a thematic survey is done concerning a quantitative property of the soil; by examination of the semi-variogram.*

## Bibliographie

- BERTRAND R., ANGE A., BOURGEON G., DOUARCHE P. (1976). — Etude pédologique du complexe sucrier de Borotou Koro (1/10 000). Rapport IRAT T1, 103 p., T2 annexes. 2 cartes couleur. 8 coupures.
- BERTRAND R., BOURGEON G., ANGE A. (1980). — Conception des études pédologiques nécessaires pour la création d'un complexe agro-industriel sucrier. Exposé et critique d'un cas concret en Côte d'Ivoire. Agro. Trop. XXXV, 1, pp. 9-19, 5 cartes.
- BOURGEON G., BERTRAND R., DOUARCHE P., GREGOIRE J.-M. (1975). — Etude morphopédologique de reconnaissance au 1/20 000 du site agro-industriel sucrier de Borotou-la-Boa. Rapport IRAT, 43 p., 2 cartes, annexes.
- BOULAINÉ J. (1980). — Pédologie appliquée, 220 p. Masson Edit., Paris.
- FRIEDLAND V.M. (1976). — Levels of organization of the soil mantle and regularities of soil geography. Congrès Inter. Géographie, Moscou, pp. 160-163.
- GAUCHER G. (1981). — Traité de pédologie agricole. Tome II : Les facteurs de la pédogenèse, 730 p. G. Lelotte Edit., Dison (Belgique).
- GLANGEAUD L. (1955). — Classification scalaire des sciences de la matière et de leurs méthodes. Rev. Gén. des Sc., LXII, pp. 146-175.
- GUILLAUME A. (1977). — Analyse des variables régionalisées. Traitement du signal en sciences de la terre. Doin Edit., Paris, 180 p.
- GUILLOBEZ S., BERTRAND R. (1974). — Etude morphopédologique de reconnaissance au 1/50 000 pour l'implantation d'un complexe agro-industriel sucrier. Borotou-la-Boa. Rapport IRAT, 41 p., 1 carte, annexes.
- MAIGNIEN R. (1969). — Manuel de prospection pédologique, 132 p. ORSTOM. Initiations. Documentations techniques n° 11.
- SEGALEN P. (1970). — In Techniques rurales en Afrique. T. 10. Pédologie et développement, pp. 135-145.
- VINCK A. (1963). — Aspects de pédologie appliquée. Ed. A. La Baconnière, Neuchatel, 174 p.

**ZONE A**

41									
1	11		34	4					
33	22	7	29	6					
15	18	15	25	71	28	34			
45	17	18	31	9	26	13	34		
40	39	4	7	12	23	33	15		
30	13	26	25	11	22	20	13	23	
30	11	18	23	28	29	17	53	66	
30	26	6	27	33	7	-	18	25	
51	39	1	37	28	31	7	8		
48					36	58	6		

**ZONE B**

								29
								0
								35
								15
21	41	37	31	50	28	43	36	
10	35	41	20	28	33	27	47	
17	0	1	13	0	28	28	17	
29	0	2	0	1	4	30	0	
12	1	1	0	1	2	3	40	
47	11	29	41	29	2	31	38	
32	26	20	2	42				

Fig. 10 : CARTE DES DONNEES GRAVIERS.

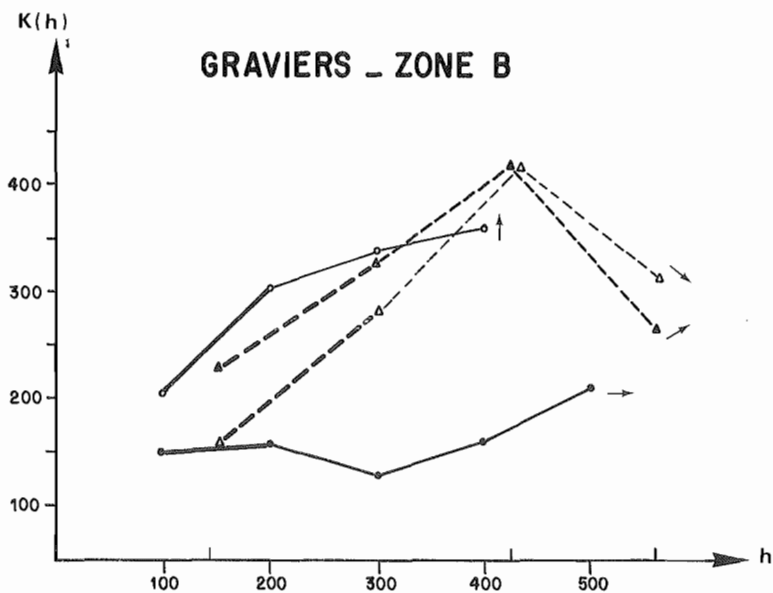
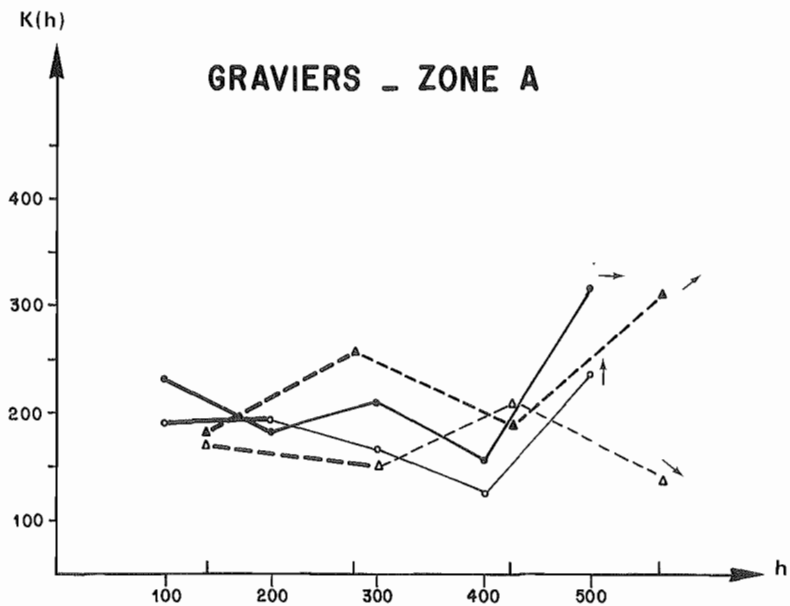


Fig.11 : Covariance graviers.

