

RECHERCHE D'UN SYSTÈME D'INFORMATION
POUR LE MILIEU PHYSIQUE

UNE MÉTHODE DE SAISIE ET DE TRAITEMENT DES DONNÉES
GÉO-PÉDOLOGIQUES APPLIQUÉES AUX RÉGIONS TROPICALES

Alain G. BEAUDOU

TOME 1

UNIVERSITE DE PARIS I

UFR DE GEOGRAPHIE

Alain G. BEAUDOU

RECHERCHE D'UN SYSTEME D'INFORMATION
POUR LE MILIEU PHYSIQUE

Une méthode de saisie et de traitement des données
géo-pédologiques appliquées aux régions tropicales

MEMOIRE

Présenté à l'Université de Paris I
pour l'obtention
de la thèse de Doctorat d'Etat en Géographie

Soutenu le 17 Décembre 1988 devant la Commission d'Examen

JURY :

Roger COQUE	Président, Professeur à l'Université de Paris I
Gaston BEAUDET	Rapporteur, Professeur à l'Université de Paris I
Alain GODARD	Professeur à l'Université de Paris I
Noël LENEUF	Professeur à l'Université de Dijon
Alain RUELLAN	Professeur à l'ENSA de Rennes
Yvon CHATELIN	Directeur de Recherches à l'ORSTOM

SOMMAIRE

Avant-propos

Résumé

Introduction

PREMIERE PARTIE

LANGAGE ET STRUCTURE : L'INFORMATION LIBRE

Identifier, saisir et traiter les données..... 11

I- LES UNITES DE BASE DU SYSTEME D'INFORMATION Identification et recherche d'un vocabulaire.

Le milieu physique est un ensemble de structures emboîtées...
...le corps naturel élémentaire sera l'élément de base du système d'information...
...qui sera défini à une échelle déterminée et identifié avec des outils spécifiques.

A chaque objet caractérisé par son échelle...
...s'attache une certaine quantité d'information...
...qui lui est spécifique.

La saisie de l'information...
...nécessite un outil linguistique structuré, qualitatif et quantitatif.

Une approche naturaliste...
...s'appuyant sur un langage.

Premier chapitre

LES ORGANISATIONS ELEMENTAIRES DU MILIEU PHYSIQUE..... 25

I- LES HORIZONS

II- LES CORPS NATURELS ELEMENTAIRES

Deuxième chapitre

Le langage : UN VOCABULAIRE

L'OUTIL POUR IDENTIFIER LES CORPS NATURELS ELEMENTAIRES..... 53

I- LES PEDOTYPES

II- LES PHYTOTYPES

III- LES INTERGRADES PHYTOTYPES-PEDOTYPES

IV- LES LITHOTYPES

V- UN INTERGRADE LITHOTYPE-PEDOTYPE : L'ALTERITE

VI- LES CORPS NATURELS "CONDUCTEURS"

II- LA SAISIE ET LE TRAITEMENT DES DONNEES
Formalisation et recherche d'une syntaxe

LE SOL : Un objet complexe...
...expression d'un "capital" pour l'humanité...
...indissociable de l'ensemble du milieu physique.

Troisième chapitre

Le langage : UNE SYNTAXE

L'OUTIL POUR SAISIR, TRAITER ET RESTITUER..... 187

- I- PRESENTATION ET CARACTERES
- II- LA QUANTIFICATION
- III- L'INTERET DE CETTE METHODE DE DESCRIPTION :
COMMUNICATION ET TRAITEMENT DES DONNEES
(La représentation des sols par celle des
variations quantitatives des corps naturels
élémentaires :LE PROFIL STRUCTURAL)
- IV- UN PREMIER EXEMPLE DE TRAITEMENT DES DONNEES
(Les notions d'APEXOL et d'INFRASOL)

Quatrième chapitre

LA SAISIE DES DONNEES..... 221°

- I- LA SAISIE TRADITIONNELLE DE L'INFORMATION
- II- LA SAISIE STRUCTUREE ET QUANTIFIEE
DE L'INFORMATION

Cinquième chapitre

L'UTILISATION DES DONNEES DE MORPHOLOGIE DES SOLS..... 237

- I- LES CHEMINS D'INFORMATION
- II- VERS UNE TYPOLOGIE DES HORIZONS

Conclusion

DEUXIEME PARTIE

LES CHEMINS D'INFORMATION : L'INFORMATION EN MOUVEMENT

Etude de toposéquences de sols en Afrique tropicale et

en Nouvelle Calédonie..... 269

LA TOPOSEQUENCE : Un concept essentiel qui permet de suivre les relations entre
les corps naturels élémentaires...
...en associant une composante latérale à une observation essentiellement verticale.

Sixième chapitre

EN CENTRAFRIQUE :

UNE TOPOSEQUENCE SUR MODELE CONVEEXO-CONCAVE..... 275

I- L' "IMAGE INFORMATION" DES SOLS

II- L' "IMAGE INFORMATION" DE LA SEQUENCE

Septième chapitre

EN COTE D'IVOIRE : UNE TOPOSEQUENCE SUR MODELE

DE PLATEAU CUIRASSE ET LONG VERSANT RECTILIGNE..... 315

I- L' "IMAGE INFORMATION" DES SOLS

II- L' "IMAGE INFORMATION" DE LA SEQUENCE

Huitième chapitre

EN NOUVELLE CALEDONIE :

UNE TOPOSEQUENCE SUR ROCHES ULTRABASIQUES..... 363

I- L' "IMAGE INFORMATION" DES SOLS

II- L' "IMAGE INFORMATION" DE LA SEQUENCE

Conclusion

TROISIEME PARTIE

ECHELLE ET LIMITES : L'INFORMATION FIXEE

Communiquer par la cartographie et les modèles 399

La quantification des données : un outil pour caractériser des horizons, ...

...formaliser les observations de terrain, ...

...créer de nouvelles images des toposéquences, ...

...construire des légendes de cartes...

...mais aussi édifier des schémas du fonctionnement des milieux agricoles.

Neuvième chapitre

UNE NOUVELLE IMAGE INFORMATION DES SEQUENCES..... 405

I- LA SEQUENCE CENTRAFRICAINE: MALAGAMBA

II- LA SEQUENCE IVOIRIENNE: KORHOGO

III- LA SEQUENCE NEO-CALEDONIENNE: LA PLAINE DES LACS

Dixième chapitre

LES DEMANDES D'INTERVENTION : EXEMPLES DE REPONSE..... 437

I- LES QUESTIONS

II- LES CARTES MORPHOPEDOLOGIQUES ET LEURS LEGENDES:

UNE PREMIERE FORME DE REPONSE

III- LES SCHEMAS FONCTIONNELS ET PREVISIONNELS:

UNE AUTRE FORME DE REPONSE

Conclusion

Conclusion générale	
APPREHENDER, COMPRENDRE, COMMUNIQUER.....	501

Epilogue

UN REGARD VERS L'AVENIR :

De la saisie au traitement des données, la recherche de l'automatisation.....	511
--	-----

Bibliographie.....	525
--------------------	-----

Table des matières.....	559
-------------------------	-----

TOME 2

Annexe 1	1
-----------------------	---

Annexe 2	9
-----------------------	---

Annexe 3	85
-----------------------	----

Annexe 4	157
-----------------------	-----

Annexe 5	209
-----------------------	-----

LES CORPS NATURELS ET LEURS PARAGRAPHES

Aérophyse.....	181
Allotérite.....	179
Altérite.....	174
Arumite.....	61
Bioféron.....	129
Cryptagé.....	155
Cutanon.....	136
Dermilite.....	140
Domabion.....	134
Ecluton.....	149
Entaféron.....	168
Humite.....	56
Hydrophyse.....	180
Isaltérite.....	178
Lapidon.....	102
Leuciton.....	64
Mélanumite.....	60
Nécrophytion.....	160
Nécrumite.....	162
Oxydon.....	78
Réducton.....	81
Rhizagé.....	153
Rhizophyse.....	154
Séméton.....	145
Stérite.....	118
Structichron.....	68
Téphralite.....	151
Topolite.....	173
Vertichron.....	85
Les types structuraux (structure des pédotypes meubles).....	95

Avant-propos

Roche - Sol - Paysage -

C'est de cette façon très lapidaire que je pourrais résumer un parcours professionnel commencé à la Sorbonne comme étudiant en géologie. Une époque qui fut marquée par un "premier terrain" dans les landes bretonnes afin d'étudier la pétrographie d'un petit secteur de la Montagne d'Arrée. La recherche de l'affleurement c'est également celle de la coupe, de la tranchée, de la carrière, ... qui font apparaître non seulement la roche mais aussi ce qu'elle peut devenir. C'est donc au cours de telles prospections que j'ai "découvert" mes premiers sols et l'organisation particulière, spécifique de la partie la plus superficielle de la terre.

Le passage de la géologie à la pédologie s'est fait ainsi, naturellement. Il s'est concrétisé par mon entrée à l'ORSTOM. Les premiers travaux qui me furent confiés ont été consacrés à la cartographie des sols. Ils auront été déterminants et jusqu'à ce jour je n'ai jamais abandonné cette activité. Malgré certaines critiques et remises en cause de cette spécialité, les cartes font toujours l'objet de nombreuses demandes et s'avèrent en fait des produits scientifiques indispensables pour de nombreux utilisateurs des données du milieu physique. Elles permettent de regrouper sous une forme très condensée et spatialisée tout un ensemble de connaissances. Elles sont la mémoire du naturaliste. Selon l'échelle de restitution les cartes possèdent un caractère plus ou moins thématiques et traitent alors des sols, de la végétation, de certaines de leurs particularités, ..., ou représentent des paysages, objets plus complexes et font alors intervenir des informations caractérisant sols, géomorphologie, végétation, géologie, ...

L'approche cartographique, l'analyse morphologique et structurale du sol m'a ainsi permis de l'intégrer dans une dimension plus vaste. A cela il faut ajouter la nécessité de prendre simultanément en considération plusieurs composantes de notre environnement. Telles ont été les conditions qui m'ont conduit peu à peu à me rapprocher de la notion de paysage et de la géographie. Voici donc quel a été mon cheminement au cours de ces vingt dernières années, de la géologie à la pédologie puis enfin à la géographie. Il ne traduit pas une suite d'abandons mais, bien au contraire, une intégration progressive d'informations plus diversifiées à l'intérieur d'une même enveloppe physiographique.

Cette analyse resterait incomplète si je ne parlais pas du dernier volet de mon activité. Il touche à la gestion et à l'utilisation des sols et des paysages. C'est la suite logique de l'étude parfois un peu trop théorique des composantes du milieu naturel. L'objectif de telles préoccupations est de tenter, dans les situations les plus favorables, de prévoir ce que seront la transformation et l'évolution des paysages à la suite des diverses interventions humaines. Plus modestement il s'agit, en général, de rassembler et de communiquer des informations permettant d'aider à la mise en place de programmes de mise en valeur et de limiter les risques d'échec. Il faut maintenant prendre en considération une nouvelle série d'informations à caractères anthropologiques. Je suis donc passé d'un domaine d'activité relativement spécifique à un domaine plus étendu qui concerne le devenir de notre environnement.

Afin de rapprocher et d'analyser de façon identique toutes les composantes dont je viens de parler, je me suis intéressé à la recherche d'un système d'information. L'observation répétée du milieu, à l'échelle du terrain, de l'oeil nu, m'a permis de reconnaître un certain nombre d'organisations qui réapparaissent de façon constante, se distribuent et s'organisent dans l'espace pour constituer des ensembles de plus en plus vastes. Pourquoi ne pas faire de ces organisations les unités de base d'un système d'information permettant une analyse structurale et la reconstruction des paysages ?

Tout le travail qui suit raconte cette quête et ce cheminement. Il m'a permis de rassembler les résultats de toutes ces années passées en Afrique et en Océanie et de les présenter sous forme d'une méthode d'étude du milieu, de la saisie à la gestion. Cette méthode s'appuie sur une analyse structurale de l'information et "travaille" ainsi sur des symboles représentant les objets reconnus sur le terrain.

La lecture de ces quelques lignes pourrait inciter le lecteur à penser que tout ce travail, toute cette évolution représente le résultat d'une démarche solitaire. En fait la réalité est toute autre.

Dès mon arrivée à l'ORSTOM j'ai bénéficié en tant qu'élève d'un enseignement extrêmement riche, fruit de la connaissance universitaire et de l'expérience de terrain, transmis par les "anciens". Je ne peux ici les remercier individuellement mais je voudrais toutefois leur dire combien je leur en suis reconnaissant. Je réserve une gratitude particulière à Monsieur G. Aubert qui a su faire "passer" le message pédologique au géologue que j'étais encore un peu.

C'est à Bangui, lieu de ma première affectation que j'ai rencontré Y. Chatelin. Il m'a fait découvrir mes premiers sols tropicaux et au cours des cinq années passées en sa compagnie en Centrafrique, il m'a progressivement conduit à élargir ma

vision des sols et de leur environnement. Nous nous sommes retrouvés en Côte d'Ivoire où nous avons poursuivi pendant plusieurs années notre collaboration. Nos discussions furent, et sont encore, fréquentes, parfois animées, mais pour moi, toujours enrichissantes. L'empreinte de la pensée d'Yvon Chatelin reste et restera présente dans mon cheminement scientifique. C'est elle qui m'a montré la nécessité d'acquérir de nouvelles connaissances hors de ma première spécialité, m'a révélé l'importance des corps naturels, m'a appris ce qu'étaient l'épistémologie, l'analyse structurale, ..., m'a en fait appris à toujours m'interroger et à ne pas garder l'esprit en repos. A tous moments l'originalité de sa vision du monde a guidé ce travail. Le remercier, bien sûr, est un devoir, mais c'est bien peu. Plus encore que ma gratitude c'est mon amitié et mon respect que je lui réserve.

Abidjan. Après Bangui ce fut une étape particulièrement importante pour l'évolution de mon travail. Dans ce centre ORSTOM imposant se trouvaient rassemblés des collègues de nombreuses disciplines et c'est ici que j'ai rencontré géographes, botanistes, pédologues. Je pense tout d'abord de J.F. Richard, géographe, avec qui les discussions furent fréquentes, aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire. Son imagination, son originalité et sa rigueur scientifiques ont été bien souvent à l'origine de mes progrès et m'ont aidé à organiser et à structurer ce travail. Tout cela a été le point de départ d'une réelle et solide amitié dont je le remercie. Comment ne pas citer et ne pas remercier J.C. Filleron, géographe à l'Université d'Abidjan, J. Collinet, R. Sayol, P. de Blic, pédologues, F. Kahn, botaniste avec qui s'est instaurée, au long des années, une étroite collaboration scientifique. Au cours de tournées, de réunions de travail nous avons, avec J.F. Richard et Y. Chatelin, imaginé une première méthodologie intégrée permettant la description du milieu physique. Sans elle ce mémoire n'aurait peut être pas été écrit sous cette forme.

C'est riche de cette expérience que j'ai gagné la Nouvelle Calédonie pour entreprendre un important travail de cartographie destiné à la mise en valeur. Aux antipodes des régions qui m'étaient familières j'ai été placé devant des paysages inhabituels, inattendus, parfois déroutants. M. Latham me les a fait découvrir et comprendre, je lui en suis reconnaissant. Par la suite, c'est au cours des prospections et grâce à la collaboration de tous instants de M. Fromaget, P. Podwojewski, H. Le Martret, D. Blavet et E. Bourdon, que j'ai pu continuer ma recherche d'un système d'information et compléter cette méthode qui nous a permis de saisir des données, de comprendre les paysages, de placer des limites, de faire des cartes et donc de communiquer les résultats. Ce fut également durant cette période que j'ai accompli mes premiers pas en direction de l'informatisation de la saisie. Cette dernière phase, plus spécialisée, doit beaucoup à la participation de Hervé Le Martret. Je voudrais qu'ils sachent tous combien je leur suis

reconnaissant d'avoir participé aux longues discussions qui m'ont permis de progresser dans l'élaboration de ce système d'information.

Quelques mots aussi pour rappeler les nombreuses conversations avec Alain Marliac, archéologue, sur le terrain au nord Cameroun, ou dans nos bureaux à Bondy. Elles m'ont bien souvent permis d'organiser un peu mieux ma pensée et je le remercie de ses encouragements.

Le terrain est achevé, il me reste maintenant à matérialiser toutes ces années passées outre-mer en rédigeant un mémoire. Pour cela je dois tout d'abord remercier le professeur A. Ruellan et M. Tenneson, Directeurs Généraux de l'ORSTOM qui m'ont permis d'entreprendre et de mener à terme cette recherche. J'adresse également mes remerciements à Monsieur G. Pédro, Président de la Commission scientifique de pédologie-hydrologie pour m'avoir accordé le temps nécessaire à l'achèvement de ce texte. Rattaché au département "Milieux et Activités Agricoles" je tiens à remercier Y. Gillon qui en assure la direction pour le soutien qu'il m'a accordé. J'associe à ces remerciements J. Bonvallot et Y. Poncet, responsables successifs de l'unité de recherche à laquelle j'appartiens. Ils m'ont encouragé à finir ce travail malgré le côté un peu inhabituel de la démarche. Je me dois également d'adresser mes remerciements à J. Fages, Directeur du Centre de Nouméa pour l'aide qu'il m'a apporté lors de mon séjour calédonien.

Monsieur le Professeur G. Beudet m'a accordé sa confiance et a accepté de diriger ce travail. L'appui de sa grande connaissance des milieux tropicaux m'a été précieux et nos rencontres m'ont toujours été très profitables. C'est à la suite de nos nombreuses discussions que j'ai pu, progressivement structurer cet ouvrage, lui donner sa rigueur. Pour tout cela et surtout pour cette aide toujours discrète mais combien efficace je le remercie très sincèrement.

J'ai rencontré pour la première fois Monsieur le Professeur R. Coque en Côte d'Ivoire à la fin d'une mission qu'il venait d'effectuer en Afrique sèche. Spécialiste de géomorphologie structurale et connaissant parfaitement les organisations des paysages du continent africain, il a bien voulu présider ce Jury. Je lui en suis reconnaissant.

Monsieur le Professeur N. Leneuf a assisté, lorsqu'il dirigeait le Comité technique de pédologie, aux premiers pas puis au développement de ces travaux qui, sans lui, n'auraient peut être pas eu cet achèvement. Je l'en remercie et lui suis reconnaissant d'avoir accepté de participer à mon Jury.

Malgré le côté tropical de mes travaux qui se situent dans des régions géographiquement éloignées de celles où il travaille habituellement , Monsieur le Professeur A. Godard, considérant l'aspect méthodologique de ma recherche, a bien voulu participer à ce Jury. Je l'en remercie très sincèrement.

Connaissant de longue date mes préoccupations qui ont été plusieurs fois à l'origine de discussions parfois contradictoires, mais toujours constructives, Monsieur le Professeur A. Ruellan a accepté de participer à ce jury, je l'en remercie très sincèrement.

Je remercie également tous mes proches, qui par un soutien de tous les instants et par leurs encouragements m'ont aidé à mener à terme ce mémoire.

* *

*

Résumé

Le milieu naturel est un ensemble complexe constitué de nombreux sous-ensembles eux-mêmes formés de sous-sous-ensembles, ..., correspondant à une organisation de type "emboîté". Selon ce principe, à une échelle donnée et si nous nous limitons à une "observation simple" ne faisant appel à aucun appareil -l'observation à l'oeil nu- il devrait exister des éléments de base, des corps naturels, facilement reconnaissables et présents de façon pratiquement constante dans les paysages. Ces corps naturels existent. Ils possèdent des traits morphologiques et des propriétés spécifiques. Les liens qui s'établissent entre eux du fait de leurs propriétés et de leur distribution spatiale reflètent l'organisation des structures d'ordre supérieur, horizons, segments et paysages.

Les questions qui se posent au naturaliste sont donc nombreuses. Tout d'abord, quelles sont les unités de base du système emboîté ? Il s'agit là de reconnaître et de définir les corps naturels. Quelles sont les relations qui existent entre les corps naturels ? Quelles organisations peut on construire avec ces unités de base ? Existe-t-il des liens entre ces nouveaux ensembles ? S'ils sont présents, de quelle nature sont-ils ? Etc... Après la reconnaissance des unités de base il faut donc, au cours d'une seconde étape, comprendre l'organisation du milieu naturel et reconstruire à partir des données de "base" les différentes structures de plus en plus complexes. présentes dans le milieu physique. Il s'agit de passer du corps naturel au paysage. Après avoir reconnu les unités de bases, expliqué les paysages, une dernière question se pose. Comment transmettre ces résultats ? En fait comment utiliser cette information pour gérer les paysages et prévoir leurs transformations à la suite de leur utilisation ? Il faut alors rassembler l'information, la valoriser sous forme de modèles et de schémas et la communiquer aux différents utilisateurs.

Afin de répondre à toutes ces interrogations qui nécessitent la collecte et le traitement des données d'origines diverses il semble nécessaire de rechercher un système d'information permettant de :

- saisir, appréhender
- comprendre, expliquer
- restituer, communiquer

Trois thèmes qui composeront les trois parties du mémoire.

I- LA CARACTERISATION DES UNITES DE BASE DU SYSTEME D'INFORMATION

A l'échelle d'observation du terrain, à l'oeil nu, nous pouvons reconnaître des corps naturels caractéristiques des différentes composantes du milieu physique. Il s'agit des :

- Pédotypes, spécifiques des sols
- Phytotypes, spécifiques de la végétation
- Lithotypes, spécifiques des roches
- Etc...

-Pédophytotypes, lithopédotypes, ..., intergrades entre pédotypes et phytotypes, lithotypes et pédotypes, ...

Pédotypes, phytotypes, lithotypes, intergrades, ... représentent les unités de base du système d'information que nous recherchons. Nous les appellerons les "Corps Naturels Élémentaires" (ou CNE). Ils sont l'expression morphologique résultant de l'application de processus bio-physico-chimiques.

Le corps naturel élémentaire se différencie nettement d'une autre structure, l'horizon. En effet le corps naturel est assimilé à un contenu d'information. L'horizon, en revanche, est défini à la fois par une enveloppe spatialement localisée, caractérisée par des limites naturelles et/ou artificielles et un contenu d'information représenté par les corps naturels élémentaires.

1- Proposition d'un vocabulaire

Un corps naturel élémentaire peut être défini comme le plus petit ensemble structural naturel homogène, reconnaissable à l'oeil nu, qu'il soit possible de délimiter. Il est caractérisé par un faisceau de traits morphologiques de nature diverse qui lui sont spécifiques mais qui peuvent varier de façon importante à l'intérieur de certaines limites. Pour le sol, il s'agit par exemple de la couleur, de la granulométrie, de la structure des agrégats, ... Il existe entre les corps naturels des relations de deux types :

- des relations de juxtaposition
- des relations d'intergradation qui sont à l'origine de corps naturels complexes, dits "intergrades"

A chaque corps naturel élémentaire est donc associé un contenu d'informations non fini qui permet de le définir et de le caractériser. La quantité d'information attachée au corps naturel peut évoluer, se modifier en fonction de l'acquisition des connaissances. Mais le concept lui-même n'en est pas affecté car il est d'essence morphologique et correspond à des structures réellement présentes dans le milieu physique. Après avoir reconnu, sur le terrain, les structures de base il est donc indispensable de les nommer afin de rassembler sous un nom la totalité de l'information et de pouvoir l'utiliser ultérieurement.

Nous possédons ainsi toute une série de mots, de symboles qui représentent les objets sur lesquels nous allons travailler.

2- Proposition d'une syntaxe

En possession d'un vocabulaire, la suite logique de la démarche consiste à lui adjoindre une syntaxe afin de formaliser la saisie et le traitement des données. Cette syntaxe regroupe toute une série de règles d'écriture qui permettent d'exprimer de façon rigoureuse, les quantités relatives de chaque corps naturel à l'intérieur d'un volume de référence préalablement défini et spatialement localisé. Les volumes sont alors caractérisés par des "formules structurales". Si nous prenons l'exemple de la composante sol, l'application des règles permet, à l'aide de calculs

simples, la production d'images graphiques des sols : Les profils structuraux. Avec un information qualitative et quantitative, saisie de façon structurée, il est alors possible d'envisager une utilisation rigoureuse des données. Nous proposons deux voies :

-La première, dynamique, consiste à rechercher des chemins d'information.

-La seconde a pour but de placer des limites et conduit à la recherche de typologies . Pour les sols il s'agit de types d'horizons, de sols (apexol et infrasol), de segments et de paysages morphopédologiques, nouveaux ensembles révélés par l'analyse structurale de l'information.

Première étape dans la recherche d'un système d'information, cette partie du mémoire permet de présenter une méthode de description et de saisie des données. Cette saisie, structurée et quantifiée s'appuie sur le concept de corps naturel élémentaire. Pour l'exprimer nous proposons un langage (vocabulaire et syntaxe). Cette collecte des données correspond à une forme particulière de l'information : l'information libre

II- LES CHEMINS D'INFORMATION

A l'intérieur des paysages, matérialisés par leur enveloppe physiographique, les corps naturels se distribuent selon certaines règles qu'il faut essayer de comprendre. Pour cela il est utile de faire apparaître les relations qui peuvent s'établir entre les corps naturels. Les chaînes d'information ou les chemins d'information représentent l'image des liens qui existent et permettent de les suivre. Un chemin d'information sera matérialisé, par exemple, par une suite de transformations affectant les corps naturels. Pour un sol, elles concerneront la couleur, la texture, la structure, la nature des éléments qui les composent, la dureté, ... A une autre échelle, le chemin d'information sera mis en évidence par les variations des quantités relatives des corps naturels à l'intérieur d'un paysages, ou encore par les transformations progressives de la forme de l'enveloppe et du contenu-sol des segments morpho-pédologiques. Le chemin d'information permet de suivre, par exemple, le passage d'un paysage de plateau cuirassé et long versant rectiligne à un paysage convexo-concave lapidique.

Les chemins d'information seront verticaux ou latéraux. Toujours en nous référant au domaine pédologique, les chemins verticaux caractérisent les sols, les chemins latéraux qui associent données pédologiques et géomorphologiques, caractérisent les séquences de sols et les paysages. A titre d'exemple, trois toposéquences sont présentées.

1- Une séquence sur modelé convexo-concave en Centrafrique

L'analyse de cette séquence fait clairement apparaître l'existence de corps naturels intergrades ainsi que celle de segments morphopédologiques intermédiaires. Ils assurent la continuité des chemins d'information qui suivent le passage progressif des organisations amont vers les organisations aval.

2- Une séquence sur un modelé de plateau cuirassé et long versant rectiligne en Côte d'Ivoire

Dans ce paysage il faut noter de nombreuses interruptions dans le cours des chemins d'information verticaux. Elles se traduisent par la présence de corps naturels particuliers qui matérialisent l'existence de seuils. L'extension latérale des seuils fait alors apparaître plusieurs domaines superposés possédant chacun leur dynamique. La présence de telles limites permet d'introduire l'idée de "fonctionnement de type catastrophique" qui est à l'origine de ces corps naturels particuliers. Il existe dans la séquence, à l'inverse de celle de Centrafrique, une séparation assez nette entre les chemins d'informations verticaux et latéraux.

3- Une séquence sur roches ultrabasiques en Nouvelle Calédonie

L'exemple a été choisi plus spécialement pour montrer qu'en partant d'un matériau originel homogène et morphologiquement peu différencié nous observons cependant une grande diversité structurale. Il existe en effet dans ce paysage, d'assez nombreux corps naturels produits des bouleversements morphologiques qui ont affecté la région. Chaque corps naturel est ainsi rattaché à des phases particulières de l'évolution géomorphologique (altération, pédoplasation, départ, transport, dépôts des éléments, reprises d'érosions, ...)

La recherche des chemins d'information qui s'appuie sur une analyse structurale de l'information rattachée aux corps naturels élémentaires permet de comprendre les paysages et de proposer des schémas de mise en place, d'évolution et de fonctionnement de ces structures. Cette deuxième partie traite donc d'une information en mouvement et révèle l'importance du rôle que possède un système d'information dynamique.

III- LES CARTES ET LES MODELES

Le second aspect de l'utilisation des données consiste à mettre en évidence des typologies. Elles caractérisent des volumes parfaitement définis, de dimensions différentes et identifient ainsi la succession des structures emboîtées présentes dans le milieu naturel. Toujours en ce qui concerne l'exemple des données pédologiques, il s'agit des volumes représentés par les horizons, les sols, les segments et les paysages morphopédologiques. En d'autres termes il faut placer des limites à l'intérieur de l'ensemble organisé de données que nous possédons.

1- Les cartes

Dans un premier temps nous travaillerons sur les séquences précédentes. En utilisant différemment les données et en leur appliquant une série de calculs simples nous identifions différents types d'horizons. L'association des horizons ainsi apparus, leur mode de succession vertical permet de caractériser les types de sols en fonction de certaines règles (apexol, infrasol). La distribution des types de sols à l'intérieur des volumes plus

vastes caractérisés par la forme de leur enveloppe révèle la présence de types de segments morphopédologiques. De même le mode de succession des segments révèle les types de paysages, volumes caractérisés par une forme et un contenu pédologique spécifiques. L'image précédente de la séquence est transformée. De dynamique elle devient fixe par la mise en place des différents types de volumes, parfaitement délimités et identifiés par un ensemble d'information spécifique.

Afin de traduire cette nouvelle analyse de l'information, plus "pratique" nous dessinerons des cartes qui visualisent, en fonction de l'échelle de restitution retenue, sur un plan, certains types de volumes dont le contenu d'information est placé dans la légende, autre image du volume. Le plus souvent de tels documents sont destinés à répondre à des questions d'utilisation et de gestion des paysages. En fonction de la réponse à donner, l'échelle, le type de carte et de légende varieront. Nous avons retenu comme exemples plusieurs cartes.

- des cartes d'inventaire à 1/200.000 : Elles rassemblent un maximum d'informations concernant les diverses composantes du milieu. Elles ne répondent pas directement à une ou plusieurs questions précises mais représentent plutôt un schéma, un modèle de l'organisation générale d'une zone plus ou moins vaste. Elle visualise principalement les segments et les paysages ainsi que le montre la carte de Korhogo (Nord de la Côte d'Ivoire).

- des cartes intégrées à 1/200.000 : Elles sont destinées à répondre à des questions de développement régional. Elles proposent non seulement une caractérisation et une typologie des segments et paysages mais aussi des schémas des possibilités d'utilisation et de gestion de ces segments et paysages en fonction des types de mise en valeur. La carte est donc accompagnée de deux légendes :

- .une légende morphopédologique
- .une légende d'utilisation des paysages

L'exemple présenté est celui de carte de la Nouvelle Calédonie.

- des cartes à grande échelle : Leur but est de répondre à des questions relativement précises d'utilisation des sols. A ce niveau d'analyse nous insisterons plus particulièrement sur les volumes d'ordre inférieur en nous attachant à faire apparaître les typologies des segments, des sols et des horizons. Pour illustrer ceci nous présenterons une carte à 1/50.000 de la région de Tontouta en Nouvelle Calédonie.

2- Les schémas fonctionnels et prévisionnels

Les cartes et leurs légendes sont des schémas qui fixent une information reflet d'une organisation spatiale à un moment donné. Si nous appliquons le principe de la recherche des chemins d'information à une série d'image, d'un même lieu, mais qui se succèdent dans le temps, nous aboutissons à la construction de schémas fonctionnels. Pour illustrer cette autre façon de traiter les données nous avons choisi de suivre, dans le centre ivoirien, les transformations d'un champ au cours d'un cycle cultural.

- Le schéma fonctionnel que nous bâtissons permet de caractériser les transformations structurales qui affectent les sols, le modelé de la surface du sol et la végétation ainsi que l'effet de l'apparition des nouvelles organisations les unes sur les autres.

- Le schéma prévisionnel offre la possibilité de rassembler sur une même image les transformations que peut subir un champ en fonction du moment et de la qualité de l'application des méthodes culturales. Il informe donc sur les conséquences des interventions mises en oeuvre et permet de mieux gérer l'utilisation d'un champ.

Dans cette troisième partie, l'analyse structurale des données nous permet d'aborder l'aspect temporel, de suivre et de prévoir, en fonction du temps, les transformations qui peuvent affecter une petite partie de l'espace.

Cartes et schémas, dernier aspect du système d'information, consistent à rechercher des typologies, par la mise en place de limites à l'échelle qui nous est imposée par les questions auxquelles nous devons répondre. Le but est donc de fixer l'information à l'intérieur de typologies emboîtées afin de créer un système de référence permettant de restituer et de communiquer les résultats.

Le système d'information présenté ici permet à la fois la saisie et l'utilisation des données de morphologie du milieu physique. Dans le volet utilisation des données nous avons distingué deux parties. La première tente de comprendre, d'expliquer les paysages par la recherche de chemins d'information. La seconde a pour but de restituer et de communiquer l'information. Pour cela nous proposons une méthode qui permet à partir des corps naturels élémentaires, unités de base du système d'information, de reconstruire des ensembles dynamiques et des typologies emboîtées, images des structures et des paysages existant dans le milieu naturel. Cela contribue, dans une certaine mesure, à rapprocher une forme de recherche fondamentale (compréhension de la mise en place, du fonctionnement et de l'évolution des paysages) d'une recherche plus finalisée qui traite de l'utilisation et de la gestion des paysages (développement).

* *

*

Introduction

Paris, Novembre 1968 : "Alain Beaudou, vous serez affecté au centre ORSTOM de Bangui!. Après une étude de détail d'une séquence de sols dans la zone forestière sud de la République centrafricaine, vous poursuivrez le programme de cartographie pédologique d'inventaire déjà commencé en vous consacrant plus particulièrement à la partie centre et sud-est du pays".

C'est ainsi que commença un long périple de douze ans à travers l'Afrique Centrale, puis l'Afrique Occidentale et ensuite de six ans dans les îles du Pacifique Sud. Mon activité fut, est encore, consacrée en majeure partie à la cartographie des sols, et plus spécialement à celle des "paysages". Cette cartographie impliquait non seulement l'analyse des relations pédogénèse-morphogénèse mais aussi l'approche des problèmes de "mise en valeur", de "développement", de gestion des "paysages" en insistant sur l'importance d'un "capital-sol" dont il faut user, bien sûr, mais dont il faut surtout essayer de préserver au mieux les potentialités.

Bangui, le Centrafrique, Décembre 1968 : Un vaste pays dont les frontières administratives demeurent encore imprécises pour moi, habitué aux dimensions de l'Europe. Sans remonter trop loin dans ma mémoire, le Centrafrique c'est aussi l'Oubangui-Chari. Deux fleuves au nom quelque peu mystérieux : image encore très présente de l'Afrique centrale.

Le Fleuve. Un des premiers mots entendus dès mon arrivée: mot magique, synonyme bien entendu de voyages, de transport, de communications, et surtout de vie. Mot magique qui nous fait rêver à de vastes régions inconnues, d'approche souvent difficile. Mot clé, chemin privilégié d'accès sur lequel circulent les nouvelles, les informations, la connaissance.

Le fleuve est une voie souvent difficile, parsemée de rapides, de chutes, de seuils. A l'amont du seuil, l'eau s'accumule, sa puissance augmente. A l'aval après le passage de cette barrière, elle acquiert une nouvelle dimension, elle s'étale dans un cours plus majestueux, qui s'amplifiera jusqu'au prochain barrage, jusqu'au prochain seuil, limite naturelle d'une nouvelle région, d'un nouveau domaine de connaissances.

Le fleuve est devenu pour moi un symbole. Issu d'une zone isolée, difficile et rude, source d'une information souvent réduite et limitée, le fleuve s'est enrichi peu à peu, il a drainé et rassemblé des données, des informations concernant son "territoire", il les a accumulées et ordonnées jusqu'à la limite d'un

premier domaine. Limite qu'il doit franchir pour continuer à jouer son rôle. A chaque passage il s'enrichit, il devient plus vaste, il change d'échelle. Il collecte et véhicule une information de plus en plus abondante. Toute cette série de transformations morphologiques est à la fois continue, progressive -le fleuve s'élargissant petit à petit- et "catastrophique" lorsqu'il atteint un certain niveau à chaque limite, en fait à chaque passage de seuil. Ce fleuve est donc tributaire du domaine qu'il traverse mais en retour contribue largement à le façonner.

C'est par cette image que je résumerai à la fois dix huit ans de voyages et d'observations de sols, de végétations, de champs, de cultures, de modelés, ... bref, de "paysages" et une approche naturaliste, de plus en plus structuraliste, de ce milieu qui nous entoure, que nous utilisons et transformons indéfiniment.

Le premier résultat de ce long travail : une quantité impressionnante de données de nature diverse rassemblées dans une collection, non moins impressionnante, de "cahiers, fiches et notes de terrain", complétée par d'autres collections, celle des fiches de résultats analytiques (mesures physiques, composition chimique, etc...), celle des fiches de description de lames minces de sols, sans oublier bien évidemment l'accumulation d'échantillons de formes et de dimensions diverses. Tout ceci est "utilisé" pour "faire" des cartes de sols, des cartes morphopédologiques, pour essayer de répondre à des questions plus précises concernant la genèse des sols, des "paysages", la mise en valeur, le développement, ..., pour étayer des recherches méthodologiques, etc... C'est un ensemble d'informations d'une immense diversité de nature et d'échelle qui traduit parfaitement la complexité de notre environnement.

Tous les objets observés par le naturaliste : une montagne, une plaine, une forêt, un sol, etc... sont porteurs d'une quantité d'informations définie. Ils sont l'image d'une organisation, d'une structure précises, représentatives d'une échelle déterminée. Information, structure, échelle, voici nommées les principales préoccupations qui ont conduit mon travail. Pour illustrer simplement ceci, reportons nous à l'image schématique d'un sol. Nous voyons presque immédiatement qu'elle représente une structure complexe formée d'horizons, horizons constitués de pédotypes, pédotypes composés de minéraux (argiles: kaolinite, montmorillonite, ...; sables; etc...; formés de silice, d'alumine, de fer, etc...). Ce schéma, établi au fur et à mesure que l'on affine l'observation, met en évidence la présence d'un ensemble très organisé et très complexe constitué d'une succession de sous-ensembles emboîtés. Chacun représente une dimension particulière qui nécessite la mise en oeuvre d'un outil spécifique, permettant de recueillir une information précise parfaitement localisée. Le même type de schéma se retrouve dans les domaines de la végétation, de la géomorphologie, etc...

L' image du sol est traduite par un assemblage très structuré d'informations reliées les unes aux autres et concernant cependant des domaines d'investigation très variés. On se déplace de

l'un de ces domaines à l'autre en franchissant des seuils, limites de leurs champs d'extension. Passer ainsi d'une photographie à l'information, de la simple image à la connaissance, de la connaissance à la communication, ne peut se faire sans un outil particulier. Il faut posséder un langage. Langage qui permet tout d'abord de nommer puis d'utiliser les données, de les organiser et enfin de communiquer. C'est à cette seule condition que nous pouvons réaliser une photographie détaillée, à la fois image, dessin et légende de l'objet choisi. Nous venons ainsi d'exposer dans ces quelques lignes les trois thèmes de cet ouvrage que nous pouvons résumer par trois mots : saisir, expliquer, restituer qui correspondent comme nous le verrons à trois états de l'information. Nous pouvons les traduire par les expressions information libre, information en mouvement et information fixée.

C'est donc avant tout à la description que doit s'attacher le naturaliste afin de recueillir les messages que contiennent sols, végétation, ..., et "paysages". Mais ces messages, pour avoir une signification, doivent être organisés, structurés afin de rendre compte de la nature des ensembles naturels étudiés, de leur fonctionnement et des relations qu'ils établissent avec leurs différents voisins. C'est là qu'intervient le langage.

Nous tenterons d'atteindre notre objectif par une approche naturaliste en prenant comme exemple la composante-sol du milieu physique. C'est à dire par l'analyse "des caractères, des propriétés qui définissent des choses concrètes, par la recherche de l'ensemble des choses qui présentent un ordre ou se produisent selon des lois, choses visibles en tant que milieu dans lequel vit l'homme" (Petit Robert, 1986). Pourquoi une telle approche qui peut paraître "moins scientifique" qu'une approche analytique utilisant presque exclusivement des techniques de laboratoire de plus en plus sophistiquées ?

En premier lieu, il faut insister sur l'importance de la description qui permet de mettre en évidence les organisations naturelles et leurs limites par la "simple" observation de terrain. C'est une étape indispensable et incontournable de la démarche du naturaliste qui facilite le choix des techniques à mettre en oeuvre par la suite. Ceci est particulièrement vrai en pédologie, domaine dans lequel on assiste actuellement à un regain d'intérêt pour les approches naturalistes (Beaudou et al, 1979, 1983; Eschenbrenner et Badarello, 1978; Boulet, Humbel et Lucas, 1982; Girard, 1983; Richard, 1985) après avoir très largement privilégié les approches analytiques.

Le second avantage de cette démarche concerne le monde du développement. La mise en évidence et la définition des "structures physiques naturelles", l'étude de leur organisation et de leurs relations permet de répondre rapidement -avec une assez bonne précision- à de nombreuses questions, sans qu'il soit absolument nécessaire d'engager des processus analytiques presque toujours longs et coûteux. Cela permet de mieux "cibler" et de limiter au maximum le nombre des analyses. Toutefois, ceci n'est valable que si à ces structures est rattaché l'ensemble des con-

naissances du ou des processus qui les ont mis en place ainsi que celles des fonctionnements qui résultent de leur existence. C'est en partie possible actuellement du fait de l'importante quantité de données et de résultats analytiques déjà acquis. Ce n'est donc pas sur une opposition entre deux démarches qu'il faut mettre l'accent mais plutôt sur leur complémentarité. Il convient d'insister sur l'intérêt de poursuivre de front ces deux chemine-ments qui jouent l'un pour l'autre le rôle d'initiateur. En définitive, deux démarches pratiquement indissociables, fortement interconnectées.

Si nous restons dans le domaine de la mise en valeur, il semble que la méthode naturaliste soit la plus accessible aux "non-spécialistes". Elle nécessite toutefois une grande expérience de terrain. Nous possédons ainsi un moyen de répondre à certains besoins des pays en cours de développement qui n'ont pas encore acquis une autonomie économique suffisante pour leur permettre d'engager des programmes d'inventaires et de recherches onéreux. C'est en fait le moyen le moins coûteux pour acquérir un grand nombre de données et les utiliser.

Pratiquée depuis toujours, la méthode naturaliste n'a peut être pas été exploitée au mieux de ses possibilités. Il lui manquait l'appui de techniques permettant d'utiliser totalement l'immense quantité d'informations qu'elle permet de rassembler et de lui donner ainsi toute sa valeur d'outil scientifique et de développement. En effet, il ne suffit pas d'observer et de décrire ou même d'analyser les données, il est également indispensable de transmettre la connaissance que cela représente de la façon la plus large possible.

Parfaitement ressenti, ce besoin de communication a été à l'origine de nombreuses recherches, tout au moins en pédologie et plus particulièrement dans le domaine de la cartographie des sols (Eschenbrenner & Badarello, 1978; Boulet & al, 1982; Brabant, 1982; Beaudou & al, 1983; Brabant & Gavaud, 1986). La carte, résultat d'un art universellement pratiqué, demandée de façon de plus en plus courante par tous, du scientifique au responsable du développement, permet de rassembler une énorme quantité d'informations. C'est en quelque sorte la mémoire du naturaliste, pédologue, botaniste, géographe, etc... Au rôle de mémoire s'ajoute celui d'outil de traitement (utilisation permanente des données), de prévision et de communication. C'est donc une expression modélisée de notre environnement qui utilise deux formes de langage. La première, très généraliste, graphique, visualise en "plan" des volumes caractéristiques de notre environnement. La seconde, beaucoup plus spécifique permet d'exprimer le contenu - information de ces volumes, dans une légende. C'est lui qui transmet la connaissance, l'expérience et rend possible la communication.

Il faut donc non seulement un langage simple, imagé, précis qui rende possible la discussion, mais aussi un langage structuré, logique autorisant la quantification et l'organisation des données à l'aide des techniques de l'informatique. A un niveau modeste, il devrait se rapprocher à la fois d'une "langue"

avec ses règles d'écriture, sa grammaire et d'un code. C'est à cet aspect que je me suis attaché. Mais l'ampleur de la tâche est telle que la plupart du temps le travail solitaire n'est plus envisageable et j'ai bien souvent sollicité la collaboration de collègues naturalistes (pédologues, botanistes, géographes). Cette recherche a été ainsi amorcée. Elle devrait se poursuivre avec l'aide d'informaticiens. Les résultats actuels ne concernent que la saisie et les premières phases d'organisation des données, mais l'avenir devrait permettre de se consacrer plus activement à l'élaboration de systèmes naturalistes d'aide au développement. C'est donc un peu sur un appel que débouche mon travail. Appel à la collaboration des naturalistes, des informaticiens, des agronomes, des géographes, spécialistes des problèmes économiques et humains, afin que puissent se concevoir de tels systèmes qui répondront aux vraies questions que pose le développement.

Mon travail est consacré à l'INFORMATION -terme utilisé dans un sens de collecte et d'organisation des données-. Il portera principalement sur l'analyse des correspondances existant entre les structures naturelles et les différents états de cette information. Ayant eu tout d'abord une formation de géologue puis de pédologue c'est bien entendu à la composante-sol du milieu physique que je me suis plus particulièrement attaché et c'est en exemple que son analyse a été abordée, afin d'appréhender les moyens de traduire certains ensembles naturels en ensembles-informations et de montrer comment les utiliser et les transposer en termes de développement et d'aide à la mise en valeur.

S'appuyant sur l'idée unanimement admise que le milieu physique est un ensemble complexe constitué de nombreux sous-ensembles eux-mêmes formés de multiples sous-sous-ensembles, ..., correspondant à une organisation de type "emboîté", la première partie de l'ouvrage sera plus particulièrement consacrée à la reconnaissance des éléments de base de cet ensemble emboîté. Il s'agit de caractériser les "corps naturels" matérialisation de la notion de base essentielle à l'analyse du mode de construction du milieu physique. Quelles sont les "briques" utilisées et quelles sont leurs relations ? Quels sous-ensembles permettent-elles de construire ? Existe-t-il des liens entre ces sous-ensembles et quelles sont leurs natures ? ... Ainsi se posent de très nombreuses questions qui permettent de passer progressivement de l'unité de base à des organisations de plus en plus complexes.

C'est ainsi que le concept de structure emboîtée, constante du milieu physique, nous conduira à parler de diverses notions qui réapparaîtront de manière insistante tout au long de cet exposé. Il s'agit plus particulièrement de celles d'échelle, de niveaux d'information et de seuil.

Pour analyser et essayer de comprendre une telle organisation il devient indispensable de détenir un outil permettant de traduire l'existence de ces structures emboîtées en termes d'information. Information évidemment qualitative mais qui doit aussi posséder un caractère quantitatif suffisamment précis autorisant des traitements plus systématiques et moins empiriques des don-

nées recueillies. Il faut donc en fait concevoir un langage (vocabulaire et syntaxe) offrant ces diverses possibilités tout en conservant son rôle essentiel d'outil de communication.

Je proposerai donc un "vocabulaire" dont les termes possèdent des capacités de dérivation qui permettent de traduire tout à la fois la nature et la quantité des divers corps naturels élémentaires appartenant au domaine pédologique (pédotypes), au domaine végétal (phytotypes), au domaine géologique (lithotypes), ainsi que la nature des relations existant entre eux.

C'est donc pour satisfaire au premier volet du tryptique, SAISIR, APPREHENDER, que nous parlerons des corps naturels élémentaires dans une première partie à fort caractère méthodologique. Elle sera divisée en deux grands chapitres, le premier abordant le concept de corps naturel élémentaire, le second présentant les définitions de certains d'entre eux en insistant plus particulièrement sur les pédotypes. Ensuite les règles d'utilisation de ce vocabulaire seront exposées. Elles doivent nous aider à saisir de façon structurée et quantifiée les divers éléments constitutifs du milieu physique que nous sommes en mesure d'identifier sur le terrain à des échelles bien souvent fort différentes. Nous discuterons également de divers modes de représentation de l'information et plus particulièrement de l'idée de profil structural. Nous aborderons ainsi les concepts d'apexol et d'infrasol plus directement rattachés aux thèmes d'utilisation des sols.

Dans une deuxième partie nous tenterons d'illustrer l'intérêt d'une telle approche de l'analyse du milieu physique qui s'appuiera sur l'étude de "toposéquences de sols" observées et relevées en Afrique centrale et occidentale ainsi qu'en Nouvelle Calédonie. Nous nous appliquerons à construire une image essentiellement dynamique mettant en évidence les éventuelles relations entre les corps naturels en recherchant les différents chemins d'information qui nous permettront de se déplacer d'une structure à l'autre et de parcourir la totalité des paysages et leur contenu d'information.

Possédant une information structurée nous sommes alors en mesure de donner des images-information de cette composante sol du milieu physique. Dans un premier temps ces images seront celles d'une coupe, d'un profil, d'un sol, puis celles de "segments", ensembles plus vastes, ou bien, plus étendus encore, celles de "paysages morphopédologique". Le terme de paysage est utilisé ici pour désigner le volume caractérisé par une toposéquence, le segment représente alors un fragment de cette toposéquence (Beaudou, 1980).

En partant d'une image pratiquement limitée à un plan (coupe, profil), nous pouvons en procédant à des rapprochements et regroupements successifs des données, bâtir de nouveaux ensembles d'informations. Ils sont le reflet de l'extension spatiale des diverses composantes prises en considération lors de l'analyse du milieu. Il apparaît ainsi que l'ensemble données-sol n'est plus suffisant. Il faut lui adjoindre ceux concernant la morphologie

de la surface et même ceux se rapportant à la végétation, ou encore à la géologie, ... (Fig. 1). Dans ces conditions la notion de segment et surtout celle de paysage ne peuvent être qualifiées de strictement pédologiques. Elles reflètent des ensembles complexes regroupant diverses composantes du milieu physique et dont l'analyse ne peut être dissociée. Ceci constituera le deuxième volet du tryptique, **EXPLIQUER, COMPRENDRE.**

Faisant suite à ces études de séquences à caractères quelque peu théoriques, il semblait nécessaire, dans une troisième partie, de se rapprocher des préoccupations plus "pratiques" des utilisateurs de ces données concernant le milieu physique. Que cherchent-ils en réalité ?

Des informations bien sûr, mais des informations qu'ils peuvent utiliser pour prévoir, pour organiser différents programmes de mise en valeur, de développement régional ou local. Pour répondre à ces besoins il faut non seulement présenter les informations sous d'autres formes mais aussi envisager d'autres traitements des données élémentaires. Nous retiendrons ici deux exemples principaux :

- celui de la carte, document complexe qui permet de faire apparaître d'une part l'extension et la localisation géographique des diverses structures du milieu physique sous forme d'unités cartographiques et d'autre part de transmettre une certaine quantité de connaissances, d'informations par l'intermédiaire d'une légende. C'est ici que le travail effectué dans la seconde partie trouve tout naturellement sa place. Bien entendu les "contenu-information" associés aux différentes unités cartographiques seront directement dépendant de l'échelle de restitution.

- celui des "modèles" ou plus simplement des schémas matérialisant les relations présentes entre les diverses organisations de corps élémentaires, de segments, de paysages, ... dont la complexité peut être très variable. Cette présentation de l'information à caractère plus thématique offre à l'utilisateur la possibilité d'envisager certaines hypothèses d'évolution du milieu en fonction des types d'aménagement et des techniques mises en oeuvre. Nous nous limiterons à l'échelle d'un champ et des corps naturels.

Dans cette troisième partie nous insisterons sur le passage de la recherche quelque peu théorique à une recherche sensiblement plus finalisée devant répondre à des objectifs de développement. Ce sera en fait le moyen de présenter le dernier volet du tryptique, **RESTITUER, COMMUNIQUER.**

Afin d'achever cette présentation de plus de 15 ans de pratique de terrain consacrée surtout à la cartographie des sols et des "paysages", le plus souvent en contact direct avec les praticiens de la mise en valeur, il reste à envisager les perspectives d'avenir d'une telle approche du milieu physique. Ce sera l'objet d'un épilogue dans lequel nous exposerons les premiers résultats de travaux en cours. Il s'agit d'un logiciel

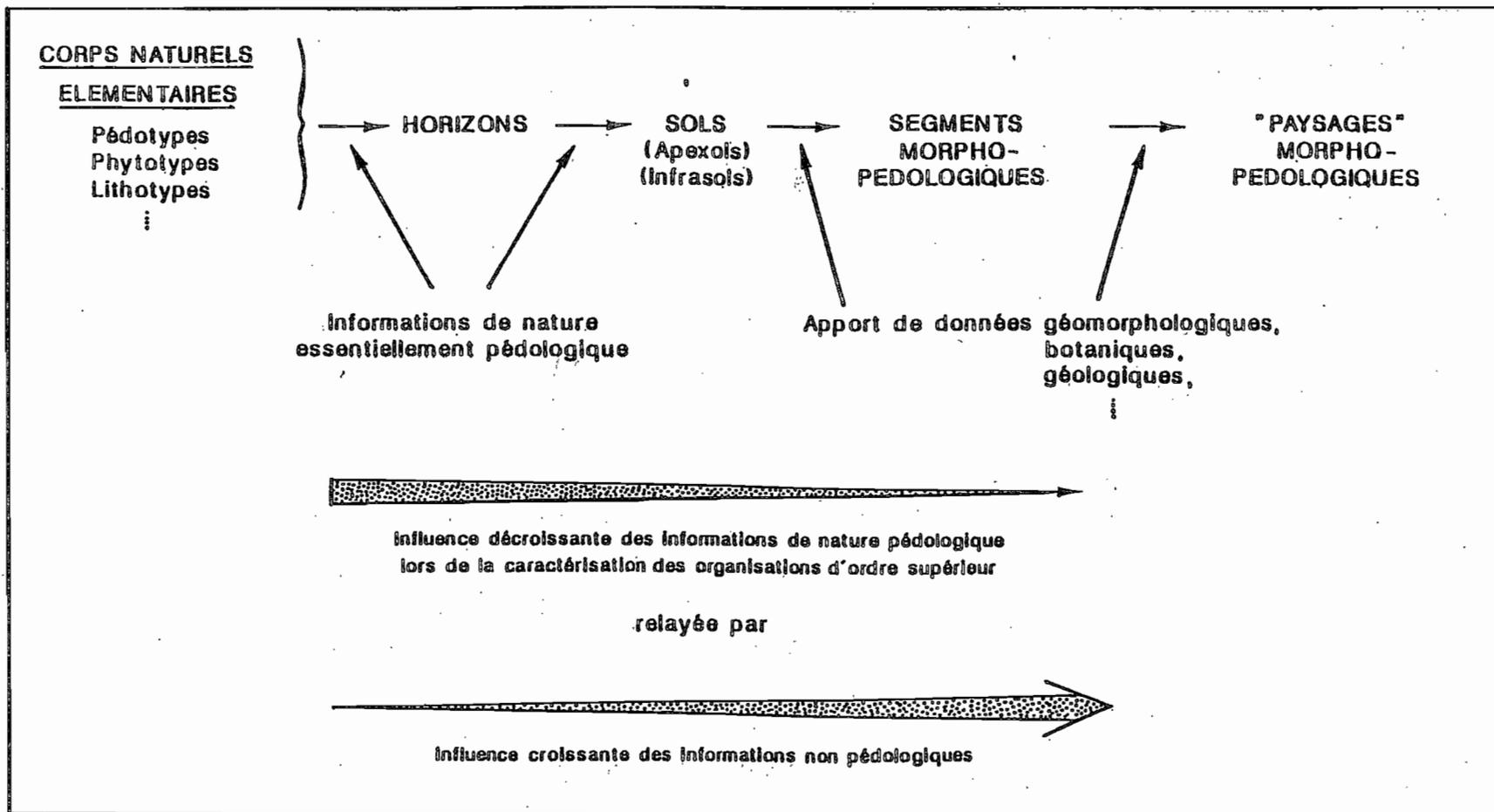


Fig.1 : Le rôle des diverses composantes du milieu physique dans la caractérisation des différentes organisations.

de saisie informatisée des données de morphologie des diverses composantes du milieu physique, utilisable dès la phase de terrain. En effet, l'avenir de ces études est pour sa plus grande part celui suggéré par l'utilisation des techniques informatiques et plus particulièrement celles qui font appel aux concepts et aux théories de l'intelligence artificielle. Un de nos objectifs consistera donc à imaginer un ou des systèmes "experts" d'aide au développement et à la mise en valeur.

Cet ouvrage n'a donc pas pour ambition d'être une fin mais bien au contraire le début d'une nouvelle approche scientifique associant mathématiciens, informaticiens et naturalistes spécialistes du milieu physique et de son utilisation. Ainsi à un cheminement qui fut bien longtemps solitaire peut faire place la recherche d'une nouvelle approche plus "multidisciplinaire" qui doit nous conduire à l'amélioration de nos outils aussi bien qu'à celle de la qualité des résultats et des produits scientifiques (à caractères plus ou moins finalisés) qui nous sont demandés. Toutefois le dialogue entre ces différentes disciplines est difficile à établir et demande de nombreuses discussions et de grands efforts de compréhension de part et d'autre. C'est très peu comparé à l'objectif que nous souhaiterions atteindre.

* *

*

PREMIERE PARTIE

LANGAGE ET STRUCTURE : L'INFORMATION LIBRE
Identifier, saisir et traiter les données

I- LES UNITES DE BASE DU SYSTEME D'INFORMATION Identification et recherche d'un vocabulaire

Le milieu physique est
un ensemble de structures
emboîtées ...

Le milieu physique est un ensemble complexe constitué de nombreux sous-ensembles, eux mêmes formés de multiples sous-sous-ensembles emboîtés. Ce schéma maintenant classique de l'organisation de notre environnement physique offre la possibilité d'insister sur la présence, à toutes les échelles, de niveaux d'organisation spécifiques de chacune d'entre elles. Effectivement, un seul regard sur un schéma de toposéquence révèle la présence de niveaux privilégiés d'analyse.

Une toposéquence peut se définir rapidement comme une coupe à travers les différentes structures du milieu physique (sols, végétation, ...) partant des points hauts et se terminant aux points bas des reliefs. Si nous analysons très brièvement une toposéquence de sols nous nous apercevons que, selon le niveau d'observation, nous distinguerons soit des organisations d'extension limitée : les pédotypes, soit des organisations plus vastes : les horizons, ou encore plus importantes : les sols, etc... Le même type de constatation se retrouve lors de l'analyse du modelé, de la végétation, ...

A ces différents niveaux, que nous pouvons caractériser par des "organisations", des "structures" originales, correspondent des quantités et de niveaux d'information représentatifs (Fig.2).

Le corps naturel élémentaire
sera l'élément de base
du système d'information...

La notion de "structures emboîtées" est directement liée à celle de "corps naturel". Pour le système d'information ce sera l'unité de base à partir de laquelle il sera possible de bâtir et de représenter l'objet analysé quelle que soit la complexité de son organisation. Cette unité s'appellera pédotype au niveau du sol, phytotype pour la végétation, lithotype pour les roches, ... Pédotypes, phytotypes, lithotypes qui traitent de domaines différents ont été rassemblés sous l'expression générale de "Corps naturel élémentaire" (ou CNE) afin de faciliter l'expression des résultats. En fait, il est toujours possible de trouver un ensemble constitué de plusieurs sous-ensembles plus

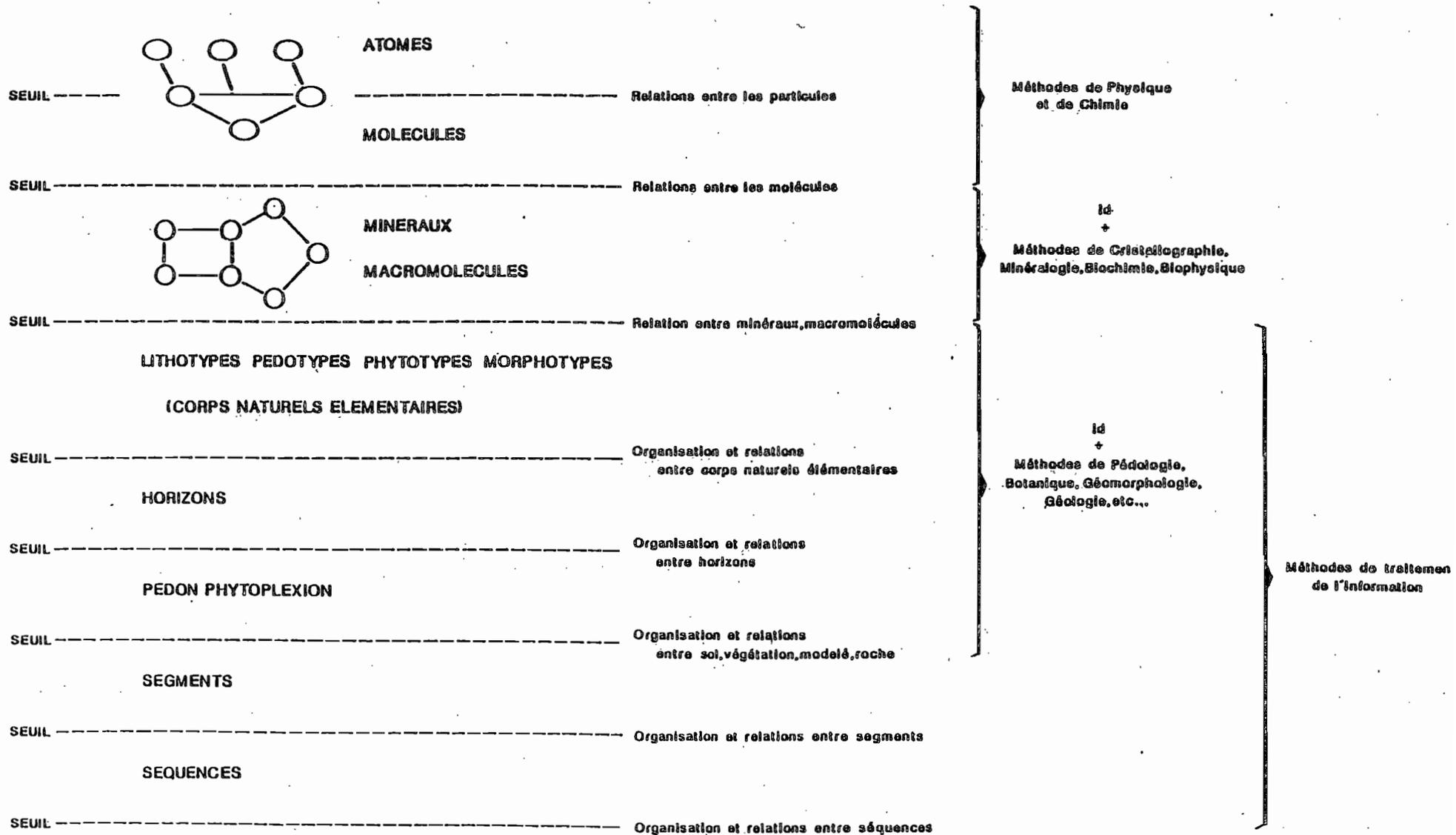


Fig.2 : Structures emboîtées, seuils et méthodes d'études dans le milieu physique.

petits. Cet ensemble complexe associé à d'autres de même niveau et de même valeur informative constituera les sous-ensembles d'un ensemble plus vaste. D'une façon très simplifiée, chaque structure emboîtée de niveau inférieur pourrait ainsi être assimilée au corps naturel élémentaire d'une structure de niveau supérieur.

Dans ces conditions, comment choisir le corps élémentaire? A quel moment pouvons-nous admettre qu'une organisation peut être assimilée à un élément de base à partir duquel sera construit un ensemble plus complexe? Quels critères, quels principes retenir pour justifier ce choix, cette décision?

et sera défini à une échelle déterminée et identifié avec des outils spécifiques.

A la suite de ces questions, la notion d'échelle semble être le facteur déterminant dans les choix que nous serons amenés à faire. Cette notion est elle-même étroitement dépendante des moyens d'observation mis en oeuvre lors de l'analyse, eux-mêmes fonction de la problématique et des objectifs recherchés (Fig.2).

Si nous voulons expliquer la structure fine d'un sol nous utiliserons des outils sophistiqués permettant de "grossir" très fortement les éléments qui le constituent. Cette échelle est celle du microscope ou de l'ultramicroscope et de la microsonde. C'est le domaine de la physique et de la chimie puis celui de la cristallographie et de la minéralogie qui permet donc de définir les structures spécifiques de ce niveau. Ces structures traduisent l'influence et le résultat de l'intervention de certains processus physiques et chimiques. Elles induisent également des mécanismes et des dynamiques particulières représentatives de ce "monde" qui contribuent à la création de nouvelles structures. Par la suite, en se dirigeant vers des échelles plus petites, d'autres structures apparaissent. Leur existence provient du rassemblement, de l'organisation des "minéraux" en ensembles variés (forme, nature), de leurs inter-relations et interactions et des manifestations morphologiques qui en sont issues. Ces nouvelles organisations et les systèmes dynamiques associés correspondent à d'autres ensembles : **LES PEDOTYPES** (qui seront présentés dans les paragraphes suivants) caractéristiques d'une nouvelle étape dans l'analyse de la composante-sol du milieu physique. Il s'agit alors d'une nouvelle échelle -plus synthétique- qui a nécessité la mise en oeuvre de nouveaux outils d'observation, tels que la loupe ou l'oeil, possédant des capacités d'analyse moins précises, moins "fines", plus "globalistes" (Fig.2).

Il semble nécessaire de s'arrêter un moment à cette étape. En effet, pour le naturaliste, ce niveau mérite une attention particulière. C'est un niveau d'observation charnière en ce qui concerne les différentes composantes du milieu physique. Il représente tout d'abord un point de départ vers des études spécifiques et ensuite permet également de s'orienter vers des niveaux plus généralistes, des niveaux de synthèse, en intégrant des informations variées provenant de l'analyse -à cette échelle, à l'aide des mêmes outils- des diverses composantes du milieu physique. C'est donc pour le naturaliste la première identification, relativement aisée en ce qui concerne les moyens mis en oeuvre, des structures présentes et caractéristiques des diverses composantes de son environnement physique. Pour cela aucun outil spécifique n'est requis. Le pédologue sera par exemple en mesure de définir différents ensembles résultant des processus de pédogenèse et des multiples phénomènes physiques et chimiques mis en cause. Nous sommes en quelque sorte en présence d'un SEUIL, qui se situe entre les domaines de la physique et de la chimie (cristallographie et minéralogie) d'une part et celui de la pédologie (dans l'exemple qui nous intéresse plus directement) d'autre part.

Pour illustrer ceci prenons le cas d'un sol ferrallitique. Pour parvenir à cette dénomination nous avons utilisé des informations provenant des observations faites sur le terrain, telles que la présence de certains horizons H1, H2, H3, ..., Hn, caractérisés par l'existence des pédotypes humite, structichron rouge, lapidon oxydique, stérite, (1) ... qui s'organisent en horizons comme par exemple :

- H1 : humite + lapidon
- H2 : humite + structichron + lapidon
- H3 : structichron + lapidon
- H4 : lapidon + stérite
- H5 : stérite
- H6 : lapidon + structichron
- H7 : structichron

Toutefois si nous nous reportons à la définition des sols ferrallitiques donnée par la C.P.C.S. (1967) nous ne possédons pas assez d'éléments pour identifier de façon certaine ce sol comme un sol ferrallitique. Il

(1) : Les termes cités seront définis dans les paragraphes ultérieurs, IA.1 (humite), IA.3 (structichron), IB.1 (lapidon), IB.2 (stérite).

nous faut d'autres informations telles que la nature et le type des produits provenant de la transformation des minéraux primaires des roches. En effet, pour être ferrallitique, un sol doit contenir:

- des silicates d'alumine 1:1 (famille de la kaolinite),

et/ou

- des hydroxydes d'alumine (gibbsite),
- des hydroxydes et oxydes de fer (goethite, hématite, ...).

Nous changeons alors d'échelle d'observation et il est nécessaire d'utiliser de nouveaux outils pour identifier ces éléments (diffractométrie RX, analyses chimiques, microsonde, ...).

Entre les pédotypes et ces nouvelles organisations (goethite, hématite, kaolinite, ...) il existe un seuil que nous ne pouvons franchir qu'en utilisant de nouvelles méthodes d'analyses : celles de la minéralogie et de la géochimie. Elles nous apportent de nouvelles informations nécessaires à l'identification de l'objet-sol. Si nous appliquons ces méthodes au structichron nous nous apercevons qu'il est essentiellement constitué de kaolinite, d'hématite et d'un peu de gibbsite. Le lapidon et le stérite sont formés presque uniquement de goethite et d'hématite (Fig.3).

Le concept de corps naturel élémentaire s'accompagne donc aussi de celui de seuil : A chacun d'entre eux s'attache une qualité et une quantité d'informations recueillies de façon spécifique dépendant des moyens d'observations mis en oeuvre et caractéristique des ensembles qu'ils délimitent.

chaque objet,
caractérisé par son
échelle ...

Tout ceci implique une parfaite définition de l'objet, de son échelle -donc de ses limites- ainsi que celle des techniques d'observation et d'analyses auxquelles il faudra recourir. A ceci il faut ajouter le souci constant du maintien d'une adéquation aussi stricte que possible entre l'échelle, l'objet et son contenu d'informations. Cela afin d'éviter toute dérive ultérieure dans l'interprétation des faits et conserver ainsi les moyens de mettre clairement en évidence les seuils et de maîtriser les changements d'échelle.

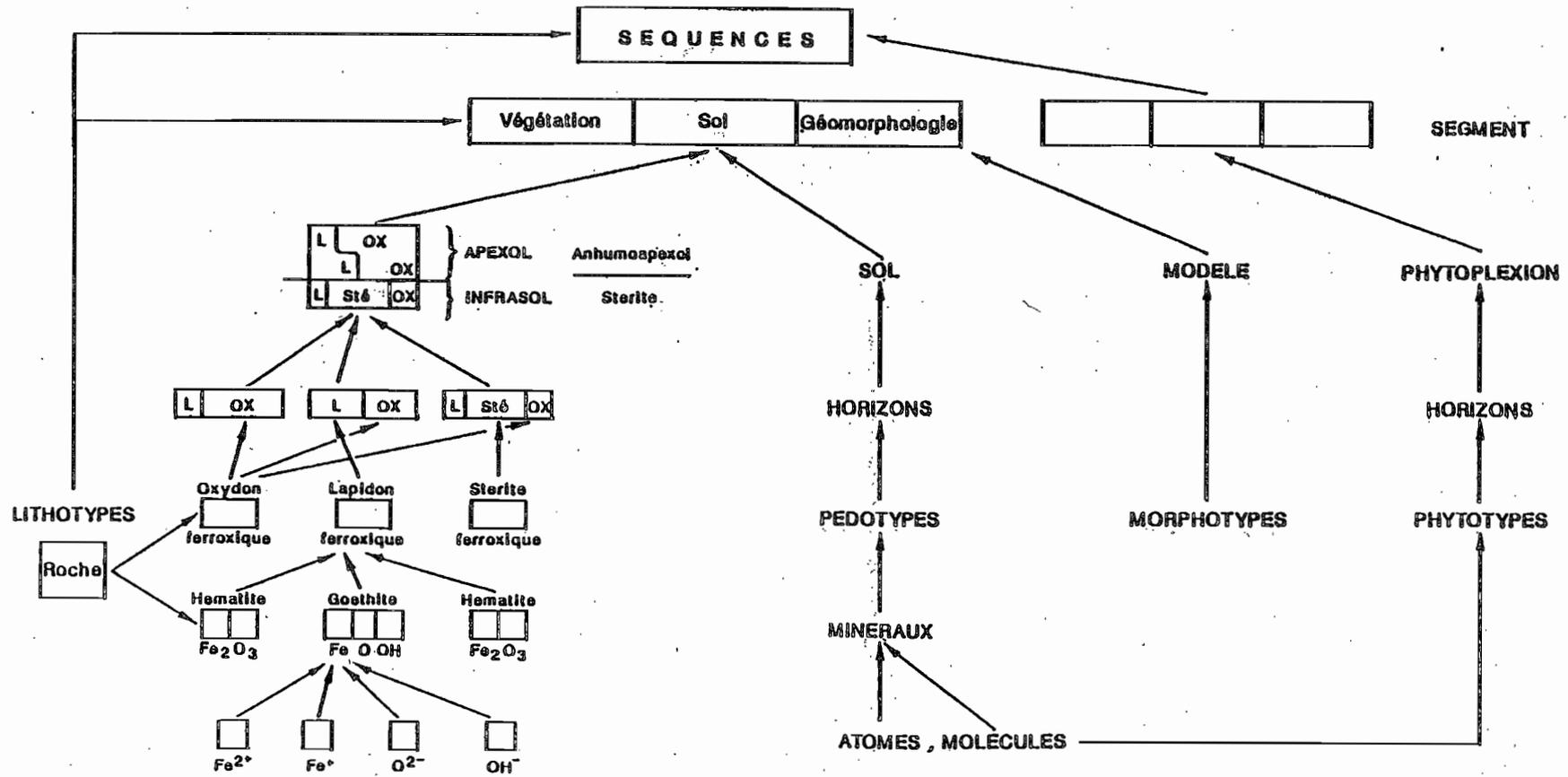


Fig.3 : Schéma simplifié de l'organisation du milieu physique - La place de la composante-sol (Exemple du sud néo-calédonien).

s'attache une certaine
quantité d'information ...

Quelle que soit l'échelle, un ensemble sera donc caractérisé par une information (nature et quantité) traduisant la présence de structures, d'organisations. Son stockage, son traitement associé à l'analyse des relations (dynamiques, morphologiques, etc...) entre les structures existantes permet de caractériser et de passer des seuils, d'identifier de nouveaux ensembles et de changer d'échelle. L'information, reflet d'une échelle, d'une structure, d'une méthode, permet donc par traitements successifs de bâtir un schéma parfois très complexe de l'objet étudié (Fig.3).

qui lui est
spécifique.

Si nous continuons notre cheminement en direction des échelles plus petites -si nous prenons du recul par rapport à notre objet- nous décelons alors l'existence de nouveaux ensembles. Pour le pédologue il s'agit des HORIZONS (qui seront également présentés dans les paragraphes suivants). Pour le botaniste ces nouveaux ensembles s'appellent strates, interstrates, ... Encore plus synthétiques, pédologues et botanistes parleront de SOL (PEDON), de PHYTOPLEXION, le géographe de GEON, etc... Par la suite, en regroupant et traitant les informations du pédologue, du botaniste, du géomorphologue, du géologue, ... nous voyons apparaître de nouveaux ensembles, de nouveaux volumes plus vastes : le segment, la séquence (ou paysage), la région, etc...

On remarque maintenant le rôle essentiel et fondamental que joue l'INFORMATION dans la compréhension et la représentation, non seulement des divers objets et systèmes naturels de notre environnement, mais aussi et surtout au niveau de la totalité du milieu physique. Plus l'échelle devient petite, plus la part tenue par l'information (nature, qualité, quantité) semble prépondérante. L'information est l'outil privilégié qui permet de faire apparaître le degré d'organisation, et d'apprécier ainsi indirectement "l'entropie" des divers systèmes, composants du milieu physique.

Avant de poursuivre cette présentation il apparaît nécessaire de préciser la signification que nous donnons au mot "INFORMATION". Dans un contexte très général nous pouvons reprendre ici, pour ce terme, la définition de la théorie de l'information afin de conserver à ce mot son sens le plus communément admis. Selon cette théorie, encore appelée de façon plus précise, la théorie statistique de la communication, une information désigne -par définition- un ou plusieurs événements parmi un ensemble d'événements possibles. Une information

sera d'autant plus intéressante qu'elle diminue davantage le nombre de possibilités ultérieures. Si l'on dispose de deux informations, la quantité d'information totale n'est pas nécessairement égale à la somme des quantités d'information. (La quantité d'information, parfois appelée "LOGON" est définie comme une fonction croissante de N/n où N représente le nombre d'événements possibles et n le sous-ensemble désigné par l'information). In "Encyclopedia universalis", corpus 9, p.1140.

La saisie de
l'information ...

L'observation et la description de toposéquences révèlent l'importance et la diversité des données qu'il est possible de saisir dès le niveau du terrain, auxquelles on ajoute parfois celles fournies par l'observation des lames minces de sol. Nous nous apercevons également que, recueillies de façon traditionnelle (utilisation du langage courant, non spécialisé), ces données sont difficilement utilisables, parce qu'elles sont souvent de natures disparates et rassemblées à l'intérieur de volumes mal définis. En effet, comment traiter de façon rationnelle et efficace des successions et des imbrications de périphrases, de chiffres ou de schémas et de graphes quelquefois imprécis et subjectifs mais surtout non répétitifs ? Cela conduit assez fréquemment le pédologue, le naturaliste, à une utilisation très empirique des données et à l'abandon de la majorité d'entre elles.

nécessite un outil
linguistique structuré,
qualitatif et quantitatif.

Il faut donc avoir recours à une méthode de saisie plus organisée, conforme à une approche structuraliste du milieu physique. Elle sera fondée sur le concept de corps naturel élémentaire, élément de base du système d'information. La représentation des ensembles naturels doit se faire le plus fidèlement possible et l'information doit être transcrite à l'aide d'un langage structuré, fiable, répétitif, offrant des possibilités de description (qualité) quantifiées (combinatoire), donc de traitement de l'information. Le choix d'un langage (et de sa grammaire) à la place d'un simple code utilisant lettres et/ou chiffres permet de faciliter la communication, aussi bien sous forme orale que sous forme écrite. C'est aussi une façon d'augmenter la quantité d'information véhiculée. En qualifiant et en quantifiant les objets les uns par rapport aux autres, le langage autorise également une saisie de l'information, qui peut être utilisée et traitée, sans transformation ni transcription, par les méthodes de

l'informatique. D'un point de vue très pratique, c'est aussi le moyen de limiter les modifications de sens, les erreurs de transcription ou toute autre dénatura-tion de l'information.

En abordant le concept de corps naturel élémen-taire, plusieurs autres notions, d'une importance fon-damentale, sont apparues. Il s'agit de celles d'échel-le, de moyen d'observation, de seuil, d'information et de quantité d'information. C'est en fait leur applica-tion aux objets rencontrés dans le milieu physique qui a permis de dégager le concept d'unité de base et d'en envisager une définition.

Une approche
naturaliste ...

Ayant choisi d'aborder l'étude du milieu physique selon une approche naturaliste, le domaine d'analyse auquel nous nous limiterons ici sera celui qui ne nécessite d'autre appareil que l'oeil ou, à l'extrême limite, la loupe. Les corps naturels élémentaires à retenir, éléments de base du système d'information, devront correspondre à des unités structurales qu'il soit possible de reconnaître à l'oeil nu et qui permet-tent, par assemblages successifs, d'expliquer la tota-lité des structures plus complexes reconnaissables dans les différents domaines du milieu physique.

s'appuyant sur
un langage.

En relisant les lignes précédentes nous nous a-percevons que la première tâche à accomplir pour analy-ser le milieu physique est de constituer l'outil qui va nous permettre de décrire (collecte de données), d'utiliser les informations (traitement des données) et de communiquer la connaissance qui en résulte.

De ce qui vient d'être écrit se dégage le plan des deux premières parties de l'ouvrage, ayant toutes deux un caractère méthodologique. Il s'agira tout d'abord de définir l'unité de base du système d'information et de situer avec suffisamment de précision le concept de corps naturel élémentaire par rapport à celui d'horizon, habituellement retenue comme base de référence en pédologie. A cette notion d'horizon pédologique peuvent être rattachées celles de strate et d'interstrate utilisées par les botanistes. Nous verrons ainsi que le corps naturel élémentaire et l'horizon représentent deux concepts complémentaires, l'horizon étant une organisation d'un ordre supérieur à celui attaché au corps naturel.

Après sa définition nous analyserons quelles peuvent être les relations entre les corps naturels. Existe-t-il, dans certaines situations, un passage progressif d'un corps naturel à un autre ? Dans ce cas est-il possible de reconnaître des corps naturels intergrades (par opposition aux corps naturels simples) possédant des caractères de deux ou plusieurs corps naturels simples ? Dans ces conditions quelle sera la nature des limites présentes entre les différents corps naturels élémentaires et quelles seront leurs valeurs ?

Nous avons également insisté dans les lignes précédentes sur la nécessité absolue de pouvoir rassembler l'information associée à ces structures élémentaires sous une forme qui permette à la fois, de traiter les données et de communiquer les résultats obtenus, aussi bien à la suite d'une simple collecte (description) qu'après une succession d'opérations plus ou moins complexes appliquées à l'information. Cet impératif implique nécessairement la recherche d'un outil particulier, d'un langage (car il y a besoin de communiquer) structuré offrant la possibilité de qualifier et de quantifier les objets élémentaires que représentent les corps naturels.

Grâce à des exemples s'appuyant essentiellement sur des observations pédologiques nous présenterons une proposition de vocabulaire, associé à des corps naturels que nous avons pu identifier dans les sols au cours des prospections de cartographie. Ce sera également l'occasion de rassembler une partie des connaissances déjà exprimées dans de nombreuses publications et d'associer, à chaque terme qualifiant un corps naturel, un contenu qu'il sera, bien entendu, toujours possible de compléter ou même de modifier.

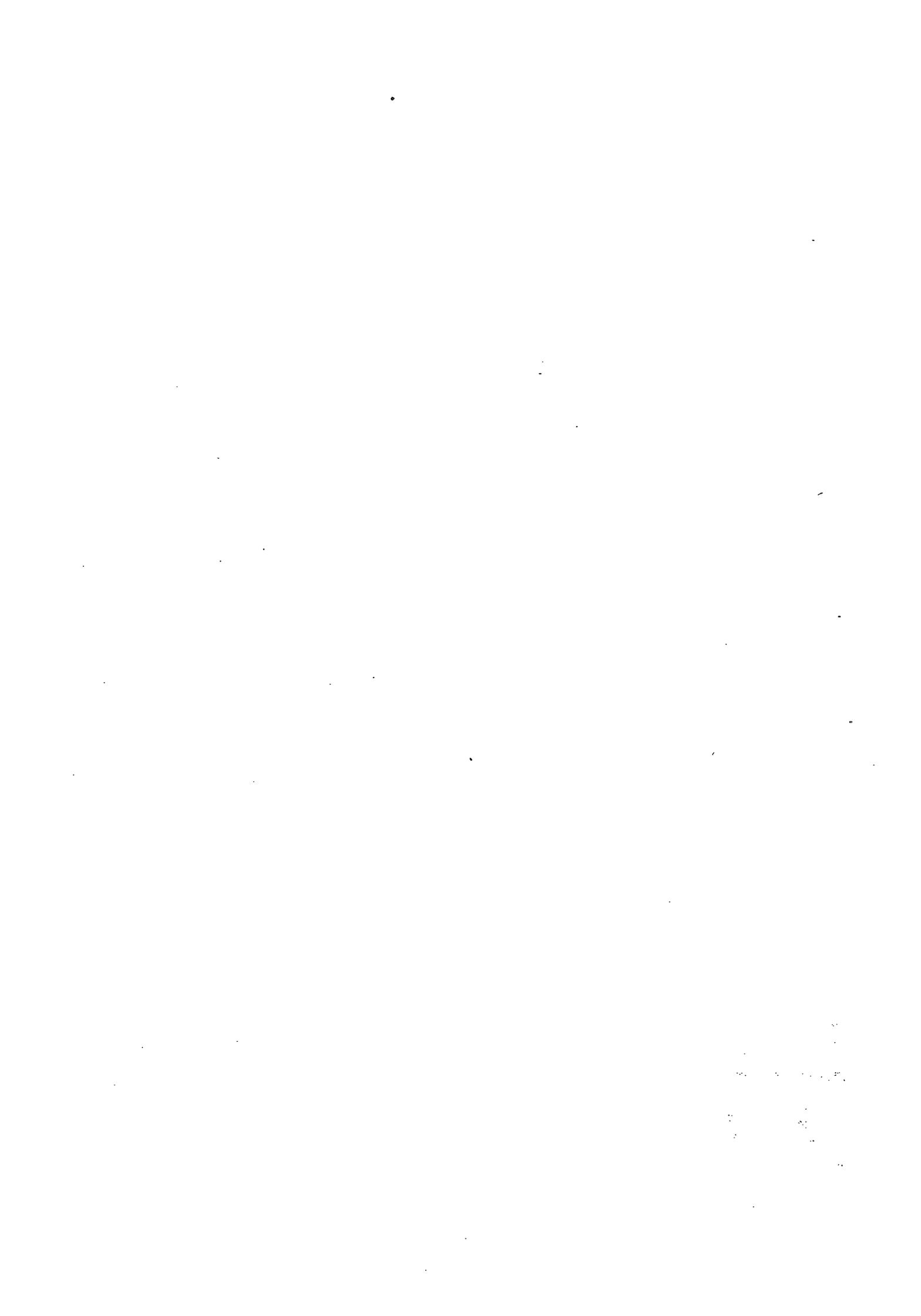
Les termes possèdent en commun la propriété de générer des préfixes et des adjectifs qui nous permettront d'élaborer des règles d'écriture, une SYNTAXE, traduction de la quantification et des relations existant entre les corps naturels. Plus que le choix du terme retenu, qui peut toujours être reconsidéré, il faut surtout (uniquement ?) insister sur les propriétés des termes. Tout mot possédant les mêmes capacités peut faire éventuellement partie de ce vocabulaire.

Le langage sera donc présenté sous ses deux aspects. Dans une première partie nous exposerons et définirons un vocabulaire permettant de qualifier les corps naturels. Comme nous l'avons dit les exemples seront surtout choisis à l'intérieur de la composante-sol (pédotypes) du milieu physique, en exploitant essentiellement l'expérience acquise dans l'observation des sols de la zone tropicale. Cette liste n'est évidemment pas exhaustive. Toutefois, les liens présents entre les sols et les autres composantes du milieu physique (végétation, formes, roches, ...) nous conduiront à présenter également des définitions correspondant à des corps naturels de natures différentes (phytotypes, lithotypes, morphotypes, ...). En ce qui concerne les phytotypes nous ne donnerons que des définitions succinctes, résumés de celles longuement exposées par J.F. Richard (1985).

Dans une seconde partie, plus technique, nous exposerons tout d'abord la syntaxe construite autour de ce vocabulaire et préciserons les différentes règles d'écriture que nous avons imaginées ainsi que leur signification. Ceci nous conduira à envisager un premier traitement des données qui permet de dégager les concepts d'apexols et d'infrasols. A la suite de la présentation de la syntaxe nous aborderons plus en détail les différents aspects de saisie et d'utilisation des données.

* *

*



Premier chapitre

LES ORGANISATIONS ELEMENTAIRES DU MILIEU PHYSIQUE

Avant de présenter les différents termes identifiant les corps naturels élémentaires et de les définir par leur contenu - information il est nécessaire de s'attarder sur ce concept et de montrer comment il s'est peu à peu dégagé pour apparaître finalement comme un élément indispensable de l'analyse structurale du milieu physique à notre échelle de perception.

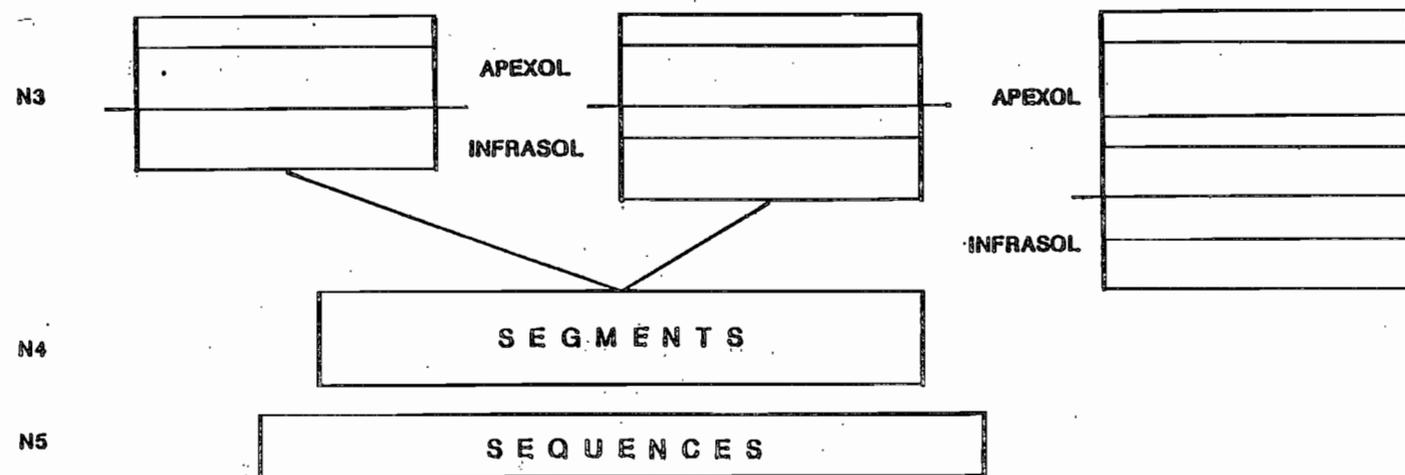
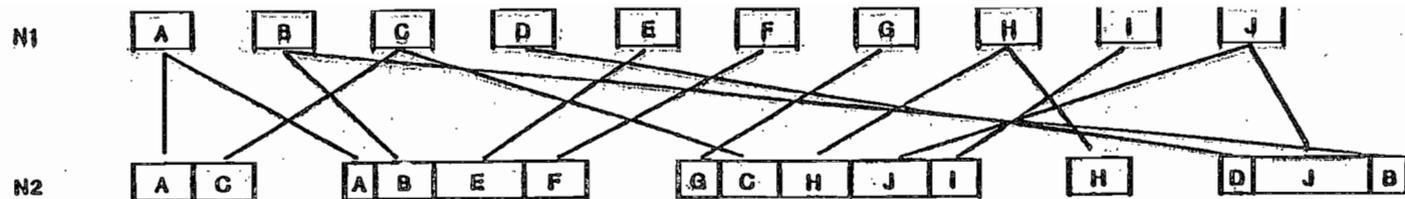
Pour comprendre le milieu physique, pour étudier ses diverses composantes, pour évaluer et mesurer si possible leur niveau d'ordre (ou de désordre) il faut identifier sur le terrain, dans un domaine d'échelles donné, les structures fondamentales, les briques élémentaires à partir desquelles s'organise et se construit l'objet qui nous intéresse. Dans cette approche structuraliste il s'agit de reconnaître, d'identifier des "types", d'analyser la manière dont ils s'assemblent, de faire apparaître les relations qui peuvent exister entre eux. On se rapproche ainsi le plus possible de la réalité du milieu physique en mettant en évidence, par une succession de typologies qui se déduisent les unes des autres, la présence de structures emboîtées d'une complexité de plus en plus grande. Elles correspondent à des niveaux de synthèse de plus en plus élevés résultant de l'assemblage des corps élémentaires naturels (types) et de leur contenu d'informations (Fig.4). Nous avons déjà vu que cette représentation peut être assimilée à l'expression indirecte de l'entropie du système-sol ou du système plus vaste que représente le "milieu physique".

Comment définir un "type" ?

Si on se réfère au dictionnaire Larousse encyclopédique (vol. 15, p.10492), plusieurs définitions de ce terme sont exprimées, plus ou moins directement rattachées à une discipline scientifique. Malgré des formulations quelque peu différentes, leurs significations demeurent toutefois très proches les unes des autres et peuvent convenir à notre préoccupation. Nous pouvons citer :

"Un type est un modèle idéal conceptuel d'un être ou d'une chose défini par un ensemble de traits, de caractères essentiels."

ou bien



- N1 Niveau des corps naturels élémentaires :PEDOTYPES,...
- N2 Niveau d'association des corps naturels élémentaires (quantifications relatives, juxtaposition, intergradations de pédotypes,...) : HORIZONS (Prédominance de la composante latérale)
- N3 Niveau d'association des horizons :PEDON (Sol) APEXOL,INFRASOL (Prépondérance de la composante verticale)
- N4 Niveau d'association des PEDONS :SEGMENTS PEDOLOGIQUES (Prédominance de la composante latérale)
- N5 Niveau d'association des segments pédologiques :SEQUENCES PEDOLOGIQUES.
- Dès N4 D'autres structures interviennent (Phytotypes,Lithotypes,Morphotypes,...)

Fig.4 : Description schématique de la composante-sol.

"Une catégorie formée par un ensemble de propriétés, de traits généraux utilisés comme critères pour classer, distinguer des êtres ou des choses d'autres de même nature."

ou encore

"Un ensemble de caractères organisés en un tout constituant un instrument de la connaissance par une -'abstraction rationnelle'- et permettant de distinguer des catégories d'objets, de faits."

Comment définir une "typologie" ?

"La science de l'élaboration de types facilitant l'analyse d'une réalité complexe et la classification." (Petit Robert, T.1, 1987)

Revenons maintenant à l'exemple de la pédologie et essayons de voir quel peut être le corps naturel élémentaire à l'échelle du terrain

L'échelle du terrain

C'est le niveau privilégié d'observation du naturaliste. Dans le cas plus précis du pédologue, c'est ce qu'il peut décrire du sol en utilisant ses yeux (parfois aidés d'une loupe) pour seul instrument d'observation. Cela recouvre donc un domaine "dimensionnel" assez vaste, que nous pouvons physiquement situer entre la fraction de millimètre et plusieurs mètres, dizaines ou centaines de mètres.

C'est donc dans cet espace qu'il faut reconnaître une structure, un volume unitaire, expression du corps naturel élémentaire pédologique. Ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, sa présence est nécessairement à rechercher vers la limite inférieure de cette échelle.

Reprenons le cas d'un sol, observons son organisation. La "première structure" apparaissant de façon systématique, presque toujours aisément reconnaissable, occupe un volume d'extension verticale variable. Son organisation horizontale est approximativement parallèle à la surface du sol. Il s'agit de l'HORIZON.

♦ ♦

I- LES HORIZONS

A- Définitions. Les principaux types d'horizons

C'est leur identification qui a permis la première définition du sol. Dokouchaev parle de couches successives

ou d'horizons. Beaucoup plus récemment, Aubert et Boulaine (1980) caractérisent le sol comme un ensemble qu'ils définissent ainsi :

"C'est un produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent" (La Pédologie, coll. "Que sais-je", p. 10). Le sol s'organise en couches de natures différentes, les horizons. L'ensemble des horizons constitue un profil de sol. Il existe de nombreux sols différents formés d'horizons dont les caractères et la nature peuvent être très variés (Fig.4).

Dans le même ordre d'idées, ces auteurs parlent également de "processus d'horizonation" dû à toute une série de phénomènes parmi lesquels ils retiennent essentiellement:

- l'accumulation de litières en surface et d'apports;
- la lixiviation des produits solubilisés;
- l'éluviation : perte de matières dans les horizons de surface;
- l'illuviation : accumulation de matières dans les horizons profonds;
- le lessivage : accumulation spécifique d'argile plus ou moins liée au fer;
- le remaniement des horizons superficiels (par l'homme, les animaux ou le ruissellement, etc...);
- etc...

Ce processus d'horizonation fait suite à ceux de l'altéroplassation (transformation des minéraux avec maintien de l'organisation lithologique), de la pédoplassation (disparition de l'organisation lithologique), de la pédoturbation (mélange des couches du sol qui a pour résultat une homogénéisation du pédon). La pédoturbation est un processus dont l'application aboutit à un résultat inverse de celle du processus d'horizonation (Aubert, Boulaine - op. cit.)

Duchaufour (1977) caractérise également un sol de la façon suivante :

"Au cours de la pédogénèse, le sol d'abord superficiel s'approfondit progressivement. Peu à peu se différencient des strates successives de couleurs, de textures et de structures différentes appelées horizons. L'ensemble des horizons constitue le profil" (Pédologie 1- Pédogénèse et Classification, p.1).

Le concept d'horizon s'est ainsi imposé comme étant la structure de base, assimilable, dans cette démarche, à un corps naturel à partir duquel peuvent se définir les sols. Accepté comme une "première structure" du sol facilement reconnaissable, ce concept a été à l'origine de diverses typologies construites à partir de quelques types d'horizons repérés par un ensemble de codes très simples mais également très peu nombreux. Peu de types d'horizons ont été définis

malgré l'extrême variabilité de ces structures.

Les horizons, couches parallèles ou sub-parallèles à la surface du sol, traduisent par leur différence une anisotropie verticale. Ils ont alors été regroupés dans plusieurs ensembles désignés chacun par une lettre :

A - B - C

Les dernières évolutions de ce principe ont porté le nombre des horizons principaux de trois à sept :

H - O - A - E - B - C - R

Dans chacun d'entre eux, des subdivisions ont été établies :

- A0, A1, A2, A3;
- B1, B2, B3, ...;
- etc...

Afin d'augmenter la précision du système, quelques horizons intermédiaires ont été reconnus :

- AB, AC;
- BE, BC,
- etc...

Des "mélanges" (horizons de mélanges) sont désignés par deux lettres séparées par un trait oblique. La première lettre désigne le constituant dominant :

- A/B, B/C,
- etc...

Les sous-ensembles précédents peuvent également être à nouveau subdivisés :

- A11, A12, A13, ...;
- B11, B12, B13, ...;
- B21, B22, B23, ...;

Les lettres A, B, C, ... désignent les horizons majeurs, les différents indices qui leur sont accolés identifient des variantes de ces horizons majeurs. On utilise également, afin de faciliter la communication, un certain nombre d'expressions telles que :

- Horizons humifères (horizons A)
- Horizons d'altération (horizons C)
- Horizons d'illuviation (horizons B)
- Horizons de lessivage (horizons A2)
- Horizons indurés (horizons B)
- Horizons gravillonnaires (horizons B)
- Horizons hydromorphes (horizons B)
- etc...

Les termes utilisés pour la qualification des horizons ne sont pas des mots à vocation de description, mais désignent en fait le ou les processus responsables en partie de l'apparition de ces horizons. Nous voyons ainsi se dégager l'idée d'horizons types. La combinaison des types principaux doit permettre l'analyse et la description de tous les sols ainsi que leur entrée dans un système de classification. Primitivement construite sur un nombre très limité d'horizons, une telle méthode ne pouvait répondre à la réalité et à la complexité du monde pédologique. Il fallait donc envisager une évolution. Poursuivant cette démarche, les spécialistes de la science du sol du Département de l'agriculture des Etats-Unis (USDA) ont élaboré un système plus structuré, plus complet, s'appuyant sur la notion d'"horizon diagnostique" (notion qui est longuement exposée dans un imposant ouvrage très largement diffusé sous le titre de "Soil Taxonomy"). Une définition relativement précise de l'horizon est exprimée de la façon suivante :

"Un horizon est une couche approximativement parallèle à la surface du sol. Il possède un ensemble de propriétés résultant des processus de formation du sol et il possède également quelques propriétés qui ne sont pas identiques à celles des couches immédiatement supérieures et inférieures. Un horizon de sol est communément différencié des horizons adjacents en partie par des caractéristiques qui peuvent être observées et mesurées aux champs telles que la couleur, la structure, la texture, la consistance, la présence ou l'absence de carbonates. Dans l'identification d'un horizon cependant des mesures de laboratoire sont quelquefois nécessaires pour compléter les observations de terrain. En accord avec ces critères, les horizons sont identifiés en partie par leurs propres caractères morphologiques et en partie par les propriétés qui les différencient de ceux immédiatement au-dessus et au-dessous." (Soil Taxonomy, p.14).

Les différents horizons diagnostiques sont ensuite caractérisés. Sans entrer dans le détail, nous rappellerons simplement qu'ils se rangent dans deux catégories principales :

- Les horizons diagnostiques de surface ou "Epipedons" :

Ont été définis :

- l'horizon mollique
- l'horizon anthropique
- l'horizon umbrique
- l'horizon histique
- l'horizon "plaggen"
- l'horizon ochrique

- Les horizons diagnostiques de sub-surface :

Avec comme types :

- l'horizon argillique
- l'horizon agrique

- l'horizon natrique
- l'horizon sombrique
- l'horizon spodique
- l'horizon paciue
- l'horizon oxique
- l'horizon albique
- l'horizon calcique
- l'horizon "duripan"
- l'horizon "fragipan"
- l'horizon gypsique
- l'horizon petrocalcique
- l'horizon petrogypsique
- l'horizon salique
- l'horizon sulfurique

Des critères de reconnaissance extrêmement précis sont exposés pour chacun d'entre eux. Ils sont établis en fonction de traits morphologiques et de spécificités analytiques. L'identification d'un épipedon et d'un horizon de subsurface et leur association permettent alors de ranger les sols dans différents niveaux de classification.

Comme le système précédent, celui-ci a été imaginé pour établir une classification des sols, niveau élevé de synthèse traduisant l'existence d'ensembles constitués par le rassemblement d'une grande quantité d'informations. Cependant il n'exclut pas la codification des horizons telle qu'elle a été trop brièvement exposée dans les lignes précédentes. Pour cette raison, nous allons la présenter avec un peu plus de détails. Son code constitue une façon d'exprimer la réalité d'un type d'organisation pédologique représentatif d'une échelle d'observation mais aussi d'un niveau de traitement et de synthèse de l'information. Les principes de codification se sont progressivement compliqués au fur et à mesure de l'acquisition de nouvelles connaissances. Aux trois premières lettres utilisées se sont ajoutées de nouvelles dénominations (lettres, indices, préfixes, suffixes, etc...). Dans le projet STIPA de l'Agence de Coopération culturelle et technique les auteurs proposent une désignation des horizons inspirée de celle issue des travaux de la FAO et qui comporte :

- un préfixe sous forme de chiffre (1,2,3,...), qui désigne la présence de plusieurs matériaux lithologiquement différents.
- un symbole principal, constitué de une ou deux lettres, qui traduit le caractère principal de l'horizon (H,O,A,E,B,C,R).
- un suffixe alphabétique, qui précise certains caractères de l'horizon.

Quelles sont maintenant les définitions de ces différents symboles ? En nous référant à différents textes (Soil

Taxonomy - Martin, 1972 - Aubert et Boulaine, op. cit. - FAO
- CPCS) nous retiendrons à titre d'exemples :

- Les horizons organiques : Ils ont pour codes principaux les lettres "H" et "O". Les horizons organiques se distinguent par leur nature et par l'importance des périodes de saturation en eau, importante pour les horizons "H", faible ou nulle pour les horizons "O".

* "H" : tourbeux, couche organique formée principalement à partir de mousses, joncs, cypéracées, matériel ligneux, ..., saturée par l'eau pendant des périodes prolongées.

* "O" : couche organique formée principalement à partir de feuilles, ramilles, matériel ligneux, etc, ordinairement non saturée par l'eau sauf pendant quelques jours. Les horizons organiques des sols minéraux se situent à la surface du sol, au-dessus de la partie strictement minérale et sont donc définis par la présence dominante de matières organiques plus ou moins décomposées. Il doit y avoir plus de 30% de matières organiques dans des horizons contenant plus de 50% d'argile granulométrique ou 20% de matières organiques s'il y a moins de 50% d'argile. On distingue :

. "O1" : horizon de débris végétaux facilement identifiables à l'oeil nu.

. "O2" : horizon de débris végétaux partiellement décomposés et pratiquement non identifiables à l'oeil nu.

- Les horizons minéraux : Ils ont pour codes généraux A, E, B, C, et R.

* "A" : ensemble des horizons de surface regroupant des horizons d'accumulation de matières organiques humifiées plus ou moins intimement associées à la fraction minérale se formant, ou situés près de la surface, des horizons ayant perdu argiles, fer ou aluminium avec comme résultat la concentration en sables (quartz, ...) ou des horizons de transition entre B, E ou C. Dans ce dernier cas ils présentent une morphologie acquise au cours de la formation du sol mais qui ne possède pas les caractéristiques de celle des horizons E, B ou C.

. "A1" : horizon de surface caractérisé par une accumulation de matières organiques humifères intimement liées à la matière minérale.

."A2" : horizon dont la caractéristique essentielle est la perte d'argile, de fer ou d'aluminium avec comme résultante la concentration de quartz ou d'autres minéraux résistants et de la taille des sables. Cette définition correspond à celle de l'horizon "E", terme utilisé maintenant à la place de A2.

."A3" : horizon de transition entre A et B à caractéristique dominante de A (A1 ou A2) mais également marqué par les traits ordinairement significatifs des horizons B.

."AB" : horizon de transition entre A et B avec une partie supérieure à propriétés de type "horizon A" et une partie inférieure à caractéristiques de type "horizon B", l'ensemble ne pouvant s'identifier ni à A3 ni à B1.

."A&B" : horizon de type A2 incluant (pour moins de 50% en volume) des traits caractéristiques des horizons B.

."AC" : horizon de transition entre A et C.

* "E" : horizon éluvial caractérisé par une concentration de fractions sableuses et limoneuses riches en matériaux résistants résultant d'une perte de silicates argileux et/ou de fer et aluminium et/ou de matières organiques.

* "B" : horizons illuviaux ou assimilés caractérisés par un ou plusieurs des traits suivants :

- concentration sous forme illuviale d'argiles, de fer, d'aluminium, de produits humiques, seuls ou en combinaison.
- concentration résiduelle d'argiles et/ou de sesquioxydes.
- revêtement de sesquioxydes responsables de colorations plus intenses.
- néoformation de minéraux argileux, libération de sesquioxydes.
- formation d'une structure grenue, polyédrique ou prismatique.

."B1" : horizon de transition entre A1, A2 (ou E) et B caractérisé par la présence de traits spécifiques des horizons B2 sous-jacents avec certaines propriétés à rapprocher de celles des horizons A1 ou A2 (ou E).

."B&A" : horizon ayant les caractères des horizons B dans plus de 50% du volume total. Le reste de l'horizon possède des propriétés voisines de celles des horizons A2 (ou E).

."B2" : c'est l'horizon caractéristique de l'ensemble des horizons B dont la définition a été donnée précédemment.

."B3" : horizon de transition entre B et C ou R ayant des propriétés de B2 nettement exprimées associées à des traits de C et/ou de R également facilement reconnaissables.

* "C" : horizon minéral ou couche de matériau non consolidé à partir duquel le solum est présumé s'être formé et qui ne présente pas les caractères de diagnostic propres à n'importe quel autre horizon principal. Cet horizon excluant la roche mère est peu affecté par les processus de pédogénèse mais possède toutefois des caractéristiques de matériaux modifiés par:

- l'altération
- des possibilités de cimentation (réversibles)
- la présence de réseaux de taches
- l'action de l'eau (gleyification)
- l'accumulation de sels de calcium, magnésium et/ou solubles
- la cimentation par les sels
- la cimentation par la silice, le fer, ...

* "R" : Couche de roche indurée continue, parfois fissurée, mais pas suffisamment pour permettre un développement significatif du système racinaire.

Pour indiquer les superpositions de sols provenant de matériaux différents, on utilise des chiffres en position de préfixe (le chiffre 1 est en général sous-entendu et n'apparaît donc jamais). Un sol pourra ainsi se caractériser par la succession A1, E, B1, 2 B2, 2 B3, 2 C1, 3 C2, ...

Toute une série de symboles placés en suffixe précisent et complètent cette nomenclature :

- .B : horizon enterré, enfoui
- .K (ou Ca) : accumulation de carbonate calcique
- .Cs : accumulation de sulfate de calcium
- .C : accumulation concrétionnaire ou nodulaire; souvent utilisé avec un autre suffixe pour préciser la nature des éléments secondarisés (CX, CN, CQ, CS, CY, ...)
- .F : matière organique mi-décomposée
- .G : taches d'oxydo-réduction (gley oxydé)
- .R : réduction énergétique liée à une nappe permanente (gley réduit)
- .H : accumulation de matière organique humifiée. Humus illuvial
- .L : matière organique non décomposée
- .M : induration, cimentation (utilisé avec un autre suffixe pour préciser la nature du ciment :MK, MS, ...)
- .N : accumulation de sels sodiques
- .P : horizon remanié par les façons culturales
- .Q : accumulation de silice
- .S : accumulation de sesquioxydes
- .T : accumulation illuviale d'argile
- .W : altération in situ reflétée par la néoformation d'argile, couleur, structure (BW correspond à l'ancien (B))

- .X :horizon à caractère de fragipan
- .Z :accumulation de sels plus solubles que le gypse
- .U :subdivision des horizons A et B non autrement qualifiés. L'emploi de ce suffixe permet d'éviter la confusion avec l'ancienne nomenclature A1, B2, ...

Cette série de termes est celle actuellement utilisée lors d'une description à l'aide du système "STIPA". Elle n'est évidemment pas la seule proposée. Dans la Soil Taxonomy une liste de termes un peu différente est présentée. De même, Martin (1972) préconise l'utilisation d'un code également basé sur des lettres dont la signification est quelque peu différente:

- .t =textural
- .ps =psammitique
- .c =consistance
- .s =structural
- .h =sombre de profondeur
- .g =taches d'hydroxydes
- .r et v =taches en réseau
- .u =éléments grossiers résiduels
- .gr =éléments grossiers oxydiques
- .cr =cuirasses et carapaces

Le nombre restreint de possibilités offert par un tel code (26 lettres) au niveau des définitions des caractères principaux entraîne le risque d'une certaine confusion en ce qui concerne la signification des différentes lettres utilisées.

Cependant, quels que soient le mode de saisie de l'information et le principe de codification retenus, il apparaît très clairement que ce système d'appréhension des sols admet, comme principe de base, l'identification de l'horizon par un seul caractère et assimile implicitement cet horizon à un volume homogène (à l'exception peut être de ceux notés AB, AC ,...).

B- De l'horizon au corps naturel élémentaire

Voilà assez brièvement exposée la notion d'horizon (au sens pédologique). Représente-t-elle réellement le niveau d'observation de base des sols à l'échelle de l'oeil nu ? La façon dont l'information véhiculée par ce concept est exprimée permet-elle un traitement facile et structuré ?

Reprenons à titre d'exemple la description d'un horizon observé dans un sol ferrallitique oxydique ferritique du Sud néo-calédonien (CAL 1). Il s'agit d'un horizon de surface (0-5/7cm) riche en éléments grossiers oxydiques associés à une phase fine formée de matières organiques intimement liées à des particules fines, miné-

rales, de la taille des argiles, de couleur brun-rouge (5 YR 3/4), contenant également des racines vivantes peu abondantes mais aussi des racines mortes, des débris de feuillés plus ou moins finement morcelés, ...

Un premier écueil apparaît immédiatement. De quelle manière désigner cet horizon à l'aide des codes précédents ?

- A1 : présence de matières organiques humifiées liées à la matière minérale,
- B : concentration résiduelle de sesquioxydes,
- AS : matières humifiées et sesquioxydes,
- ACS : matières humifiées, sesquioxydes et nodules,
- BCS : concentration de sesquioxydes et nodules,
- etc...

Le choix est quelque peu difficile et les différentes solutions peuvent en général se justifier, mais sont souvent dépendantes des motivations qui ont présidé aux recherches (développement et mise en valeur, étude de la dynamique du fer, etc...).

Le fait que cet horizon rassemble dans un même volume au moins quatre sous-ensembles facilement identifiables doit prévaloir à ce stade de l'analyse. On distingue :

- Un sous-ensemble organo-minéral de granulométrie fine, brun-rouge
- Un sous-ensemble minéral formé d'éléments grossiers sesquioxydiques
- Un sous-ensemble de matière végétale vivante (racines)
- Un sous-ensemble de matières végétales mortes partiellement transformées mais encore reconnaissables

L'horizon ainsi décrit est un ensemble complexe qui peut alors être caractérisé différemment :

Horizon 0-5/7cm : Eléments fins organo-minéraux +
éléments grossiers sesquioxydiques +
éléments végétaux vivants +
éléments végétaux morts.

Cette représentation met en évidence l'existence de QUATRE CORPS NATURELS occupant de plus faibles volumes mais faciles à identifier et à caractériser. Correspondent-ils, à ce niveau d'observation, à des corps naturels élémentaires ? Pour l'admettre il faut et il suffit que ces sous-ensembles soient les volumes les plus petits identifiables à cette échelle. Que nous apportent les informations supplémentaires associées à ces sous-ensembles ? La couleur; la taille des particules minérales qui sont présentes (argiles, limons, sables); la taille et la forme des agrégats; la présence, la forme, la nature des vides; la consistance des éléments; l'organisation interne des éléments grossiers sesquioxydiques; etc... Il s'agit d'une suite de précisions concernant

l'organisation des sous-ensembles reconnus, mais il ne s'agit en aucun cas de la caractérisation de nouveaux volumes, de nouveaux individus, de nouveaux corps naturels élémentaires. Compte tenu de cette nouvelle entité naturelle élémentaire, la description et la saisie de l'information concernant cet horizon se présentent sous une nouvelle forme plus structurée :

- Sous-ensemble (I): Eléments fins organo-minéraux (30%)

Brun-rouge (5 YR 3/4) - Limoneux faiblement sableux fin, sables fins de nature sesquioxydique - Eléments polyédriques fins, peu nets, friables, poreux tubulaires fins et très fins - etc...

- Sous-ensemble (II): Eléments grossiers sesquioxydiques (60%)

Nodules arrondis, irréguliers ou mamelonnés, sans organisation interne particulière, à patine externe brun-noir brillant, dimensions variant entre 2mm et 1cm - etc...

- Sous-ensemble (III): Végétal vivant (5%)

Racines fines millimétriques sans orientation particulière, associées au sous-ensemble (I) et traversant les agrégats - Racines moyennes centimétriques horizontales et obliques entre les agrégats et nodules - etc...

- Sous-ensemble (IV): Végétal mort (5%)

Débris de racines, de feuilles mortes fragmentées en éléments milli et centimétriques, sans distribution relative particulière - etc...

Nous pouvons donc considérer que nous sommes en présence d'un volume-sol (horizon) formé de la juxtaposition de quatre corps naturels élémentaires. Certains sont de natures plus strictement pédologique, nous les qualifierons de PEDOTYPES. D'autres sont plus particuliers et concernent le monde végétal, il s'agit des PHYTOTYPES. D'autres encore représentent des organisations intermédiaires entre le monde vivant et le monde minéral, ce sont des PHYTOPEDOTYPES ou des PEDOPHYTOTYPES selon qu'ils se rapprochent plus du domaine-sol ou du domaine-végétation, etc...

Avant d'aborder l'étude plus détaillée des principaux pédotypes, phytotypes, ..., actuellement reconnus à la suite des prospections cartographiques, il semble nécessaire de revenir sur le concept d'horizon. Si la réalité de l'existence de cette entité ne peut en aucune manière être mise en doute du fait de la présence d'une organisation stratifiée des sols, il faut toutefois admettre également que l'horizon semble représenter, dans de nombreux cas, une image synthétique artificielle des sols. Ce découpage horizontal du volume-sol est principalement induit par les variations

	PEDOTYPE 1	PEDOTYPE 2	PEDOTYPE 3	PEDOTYPE 4	PEDOTYPE LITHOTYPE	LITHOTYPE	PEDOTYPE 5	PHYTOTYPE	
30 15	LAPIDON								HORIZON 1
0	LAPIDON	OMITE OXYDON						OMITE OXYDON	HORIZON 2
0	LAPIDON	OMITE OXYDON						OMITE OXYDON	HORIZON 3
38	LAPIDON		OXYDON Améride					OMITE OXYDON	HORIZON 4
53	LAPIDON		OXYDON Angluclide						HORIZON 5
78	LAPIDON		OXYDON	OXYDON					HORIZON 6
139	LAPIDON		OXYDON	OXYDON			OMITE		HORIZON 7
217			OXYDON	OXYDON	ALTERITE	LAPIDON	OMITE		HORIZON 8
278			OXYDON	OXYDON	ALTERITE	LAPIDON			HORIZON 9

Fig.5 : Coupe LAC 2 - Corps naturels élémentaires et horizons (l'importance des corps naturels est traduite par la dimension des caractères).

relatives de l'importance des divers pédotypes, phytotypes, etc..., présents dans le volume-sol. Afin d'illustrer cette constatation, nous pouvons reprendre l'analyse d'un autre sol ferrallitique oxydique ferritique du sud néo-calédonien (coupe MAD 1). Dans son ensemble, le sol est constitué d'un nombre limité de corps naturels élémentaires (à l'emplacement de l'observation) :

- pédotype 1 :éléments grossiers oxydiques
(lapidon oxydique) (1)
- pédotype 2 :éléments fins organo-minéraux
(oxydon humite) (1)
- pédotype 3 :éléments fins minéraux
(oxydon rouge violet) (1)
- pédotype 4 :éléments fins minéraux
(oxydon ocre rouge) (1)
- pédotype 5 :dépôts minéraux
(séméton) (1)
- pédotype 6 :éléments grossiers rocheux
(lapidon régolique) (1)
- lithotype-pédotype 1 :éléments fins minéraux d'altération
(altérite) (1)
- phytotype 1 : racines vivantes
(rhizagé rhizophyse) (1)

La figure 5 illustre de façon schématique la distribution verticale de ces pédotypes et fait apparaître la présence des "horizons" qui représentent bien le résultat d'un premier "traitement des données". C'est un niveau de synthèse qui privilégie la dimension latérale, en se basant sur l'analyse des variations relatives verticales de l'importance des divers pédotypes identifiés dans le sol. L'intérêt de ce concept d'horizon est donc de mieux visualiser

ces variations en l'absence de système de quantification des organisations naturelles élémentaires et surtout de montrer clairement le développement de la composante latérale des sols. Très schématiquement, nous pouvons dire que les pédotypes et les pédons sont plutôt l'expression de la composante verticale des sols, alors que les horizons, les segments et les séquences représentent plus spécialement leur composante latérale. L'étude plus spécifique de cette dimension

(1) :Les définitions des termes humites, oxydon, lapidon, séméton, rhizagé, rhizophyse et altérite sont respectivement exposées dans les pages suivantes aux paragraphes IA.1, IA.4, IB.1, ID.3, IIA.1, IIA.2, V.

latérale permet d'aborder un autre domaine, celui de la géographie et de la représentation cartographique des sols.

En guise de conclusion à ce paragraphe plus particulièrement consacré à l'horizon, nous pouvons proposer une définition de cette organisation.

"L'horizon représente un volume aux limites naturelles et/ou artificielles approximativement parallèles à la surface du sol, contenant au moins un corps naturel élémentaire. Le plus souvent, on observe un, deux ou trois corps naturels élémentaires, qui occupent la presque totalité du volume ainsi identifié. L'horizon est donc généralement une association de corps naturels élémentaires. Pour distinguer un horizon d'un autre, plusieurs faits, résultant le plus souvent des dynamiques induites par les corps naturels élémentaires, sont pris en considération, seuls ou simultanément :

- les variations relatives des quantités des différents corps naturels élémentaires reconnus dans le volume-sol,
- l'apparition ou la disparition d'un seul ou de plusieurs corps naturels élémentaires,
- pour un même corps naturel élémentaire présent dans un volume-sol, les variations d'un seul ou de plusieurs caractères tels que couleur, texture, structure, ..., nature et morphologie des éléments qui le composent, ..., etc..."



II- LES CORPS NATURELS ELEMENTAIRES

A- Comment définir un corps naturel élémentaire ?

Nous venons de voir qu'il existe, dans le milieu physique, à notre échelle d'observation -celle du naturaliste-, toute une série de "structures", d'"organisations", de "corps naturels élémentaires" qui se rassemblent, se regroupent, s'associent, se juxtaposent de façon plus ou moins complexe pour former de nouveaux ensembles composés, horizontalement disposés, que sont les horizons. A cette échelle, celle du terrain, celle de l'observation à l'oeil nu (ou de la loupe), il s'agit des individus structurellement les plus "simples" qu'il soit possible de caractériser. Ils occupent des portions d'espace de dimensions extrêmement variables et interviennent dans la définition des horizons du plus petit niveau de quantification (1% ou moins en volume) au plus élevé (100% en volume), un corps naturel

élémentaire unique pouvant en effet définir à lui seul un horizon. Nous pouvons dire ainsi qu'un corps naturel élémentaire représente :

"Le plus petit ensemble structural naturel homogène reconnaissable à l'oeil nu qu'il soit possible de délimiter. Le corps naturel élémentaire est caractérisé par un faisceau de traits morphologiques de natures diverses qui lui sont spécifiques mais qui peuvent varier de façon parfois importante à l'intérieur de certaines limites. Nous pouvons par exemple citer :

- la couleur
- la composition granulométrique
- la structure des agrégats (forme, porosité,...)
- la nature, la forme des éléments qui le composent
- Etc...

En règle générale ces corps naturels élémentaires coexistent à l'intérieur d'un même volume (l'horizon défini dans le chapitre précédent) et les associations qu'ils forment peuvent être regroupées (à ce niveau d'analyse) dans deux grandes catégories :

- les juxtapositions
- les intergradations "

B- Les relations entre corps naturels élémentaires

La définition ci-dessus fait donc apparaître deux notions fondamentales qui permettent de préciser la nature des relations pouvant exister entre des corps naturels élémentaires. Nous verrons toutefois l'aspect relatif de ces notions en fonction des moyens d'observation mis en oeuvre ou bien des niveaux de traitements des données recherchés.

1- LA RELATION DE JUXTAPOSITION

Si dans un volume (horizon, pédon,...), les différents corps naturels élémentaires présents sont aisément identifiables et s'ils occupent des portions d'espace parfaitement reconnues, séparées par des limites franches et nettes, nous dirons qu'il existe entre ces corps naturels élémentaires une "relation de juxtaposition". Ce type de relation s'observe entre des corps naturels élémentaires de natures différentes tels que :

Pédotype / Phytotype
Structichron / Rhizagé

entre des pédotypes de natures différentes

Structichron / Lapidon
Réducton / Altérite

entre des pédotypes de même nature, mais dont un ou plusieurs des caractères varient brutalement

Structichron rouge / Structichron jaune (couleur) (1)

Pétrostérite / Duristérite (dureté) (1)

Humite sableux / Humite argileux (texture)(1)

Les termes qui viennent d'être cités, ainsi que ceux qui suivent, seront définis avec plus de précision dans les prochains paragraphes. De même les règles d'écriture permettant de visualiser ces relations feront également l'objet d'un chapitre particulier placé directement à la suite de celui traitant des définitions des corps naturels

2- LA RELATION D'"INTERGRADATION"

Il arrive également que les relations entre corps naturels élémentaires ne soient pas aussi claires et que le passage de l'un à l'autre ne soit pas nettement tranché, mais présente en revanche un caractère de "progressivité" tel qu'il ne permette pas de tracer entre deux corps naturels élémentaires une limite simple et linéaire. Dans ce cas nous parlerons de "relation d'intergradation".

Cette progressivité peut être le résultat de mouvements relatifs des corps naturels élémentaires ou de l'un de leurs constituants. Ces départs ou ces accumulations s'estompent ou s'accroissent très progressivement au fur et à mesure que l'on s'éloigne des points de départ ou d'arrivée. Elle peut également représenter une "imbrication" très complexe de corps naturels élémentaires distincts matérialisée par la juxtaposition d'une multitude de très petits volumes. La limite entre ces corps élémentaires possède alors un tracé d'une telle complexité qu'il devient pratiquement impossible de la représenter. Cette juxtaposition offre en fait l'aspect d'un ensemble homogène, unique et continu.

Cette relation traduit l'impossibilité de déterminer la part d'espace occupée par chacun des corps naturels élémentaires. Ceci nous conduit à identifier un nouveau corps naturel élémentaire qualifié d'"intergrade" afin de le distinguer de ceux que nous appelons "simples". Toutefois l'information complexe qu'il véhicule ne doit pas être considérée comme la somme de "x" informations correspondant aux "x" corps naturels élémentaires qui contribuent à sa formation mais bien comme une information nouvelle, unique, spécifique de ce nouvel individu.

Cependant le nombre de corps naturels élémentaires simples qui participent à la création des corps naturels élémentaires intergrades demeure toujours relativement

(1): Les termes structichron, stérite et humite seront respectivement définis dans les paragraphes IA.3, IIA.1, IB.1, IA.5, V, IB.2, IA.1.

faible -(2 à 3 au maximum)-. En effet, l'expérience de terrain révèle l'extrême difficulté -même pour un observateur entraîné- à distinguer de façon fiable et répétitive la part de l'intervention de plus de trois corps élémentaires simples à l'intérieur d'un intergrade.

Il semblerait en effet que la complexité naturelle des corps naturels soit assez souvent, relativement limitée, en ce qui concerne le nombre des intervenants "simples". Mais peut être s'agit-il, dans certains cas, d'une relative incapacité de l'observateur à distinguer de façon nette plus de trois corps naturels simples participant à la mise en place d'un intergrade. Cela peut toutefois s'expliquer de manière assez simple par la forte prédominance, à l'intérieur d'une telle structure, de deux ou trois composants qui peuvent alors masquer la présence d'autres corps naturels simples ne participant qu'à un faible niveau à la construction de l'intergrade. Niveau difficile à mettre en évidence et délicat à quantifier lors de l'observation à l'oeil nu ou même au microscope. Il existe donc une limite à la reconnaissance des corps intergrades, fonction généralement des outils d'observation ou d'analyse choisis. D'autre part la relation avec l'échelle est évidente.

Les relations d'intergradation s'installent, ainsi que les relations de juxtaposition, entre des corps naturels élémentaires de natures différentes tels que :

Pédotype Phytotype

Humite Nécrumite Nécrophytion (1)

entre des pédotypes différents par leur nature

Structichron Humite (1)

Leuciton Structichron Humite (1)

Réducton Altérite (1)

entre des pédotypes de même nature mais possédant un caractère différent

Pauci Fragi Duri Pétero Stérite (Dureté) (1)

Structichron jaune ocre-jaune beige (couleur) (1)

Remarque : Certains corps naturels élémentaires doivent être systématiquement qualifiés pour une parfaite identification. Dans ce cas nous avons deux niveaux d'information, celui du corps naturel et celui de son qualificatif. Nous pouvons citer comme exemple le (pétero).stérite, le (fragi).stérite, etc... Pétero et fragi indiquent la dureté et permettent de caractériser deux pédotypes stérites.

(1) : Se reporter aux définitions des paragraphes IA.1 (humite), IIIB.1 (nécrumite), IIIA.1 (nécrophytion), IA.3 (structichron), IA.2 (leuciton), IA.5 (réducton), V (altérite).

3- QUE REPRESENTENT CES RELATIONS ?

Ces concepts de relations d'intergradation et de juxtaposition revêtent une très grande importance. C'est en quelque sorte la matérialisation des autres concepts dont nous avons discuté précédemment et plus particulièrement ceux de seuil, d'échelle, de quantité d'information et d'entropie. Ils traduisent l'existence des processus de transformation (altération, pédoplasation, minéralisation, etc...), responsables de la formation et de la dynamique des sols et permettent un suivi, à la fois qualitatif et quantitatif, de leur intervention sur les divers matériaux qu'ils affectent.

Ceci peut être illustré à l'aide d'exemples provenant de "simples" observations de terrain.

Dans le sud de la Nouvelle Calédonie nous avons fréquemment observé la présence de pédotypes traduisant l'action de processus d'accumulation d'oxydes et d'hydroxydes métalliques, principalement de fer.

Selon les situations, nous avons décrit des ensembles tels que :

Stérite / Oxydon / Lapidon (1)

Chaque pédotype est de nature ferroxique. Il s'agit de la description simplifiée d'un horizon d'un sol ferrallitique oxydique ferritique, situé entre 56 et 93cm de profondeur (Coupe CAL 3). C'est un volume complexe formé de la juxtaposition de trois pédotypes.

L'impression qui s'en dégage est celle d'un ensemble figé dans lequel les relations entre les trois pédotypes semblent inexistantes. Chacun d'eux apparaît comme le résultat d'une série de transformations en apparence indépendantes les unes des autres. A cette échelle d'observation, au niveau de la dynamique actuelle de ce volume, chaque pédotype semble jouer isolément son rôle et aucune manifestation d'une quelconque évolution ou transformation liée aux pédotypes voisins ne se dégage réellement (absence de corps naturels intergrades).

En revanche, l'horizon compris entre 64 et 96cm de profondeur du profil CAL 2 (sol ferrallitique oxydique ferritique) s'identifie à un pédotype intergrade complexe ayant pour pôles l'oxydon et le stérite. Nous le décrirons ainsi de manière simplifiée :

(Oxydon Pauci FragiStérite) (1)

(1) : les définitions des termes oxydon, stérite, structichron et lapidon sont exposées respectivement dans les paragraphes IA.4, IB.2, IA.3 et IB.1.

Un autre exemple choisi dans le même sol mais dans un horizon immédiatement supérieur se décrira :

(Pétro DuriLapidon Duri FragiStérite) (1)

Ces pédotypes intergrades traduisent ici la présence et l'étroitesse des liens existant entre les pédotypes oxydon et stérite, d'une part et entre les pédotypes lapidon et stérite, d'autre part. C'est la visualisation d'une évolution, d'une transformation (en apparence actuelle ou sub-actuelle) du milieu. L'échelle à laquelle elle apparaît est le reflet de son importance, de son extension.

En effet nous passons, dans le premier exemple, d'un ensemble continu, meuble à un ensemble continu de plus en plus compact. La nature des éléments ne varie pas, seul le caractère de dureté change et conduit à l'individualisation de pédotypes très différents.

Dans le deuxième exemple il s'agit du passage d'un ensemble discontinu, de moins en moins dur à un ensemble continu également de moins en moins dur. La situation présente est un peu plus complexe que celle rencontrée dans le cas précédent car deux transformations s'expriment, celle de la dureté et celle de la continuité.

L'interprétation que nous avons faite ici est l'image d'un cheminement allant, pour le premier cas d'un pôle meuble (oxydon) vers un pôle durci (stérite), pour le deuxième cas du pôle le plus durci (pétro) vers le pôle le moins durci (fragi) et du pôle discontinu (lapidon) vers le pôle continu (stérite). L'inverse pourrait également être envisagé. Seule la présence d'autres caractéristiques pourra permettre un choix définitif du sens du vecteur évolution. Certaines règles d'écriture seront en mesure de le matérialiser. C'est ce que présenterons dans un chapitre ultérieur.

Reprenons les exemples précédents et approfondissons l'analyse en utilisant de nouveaux outils d'observation. Remplaçons l'oeil par le microscope.

L'observation plus détaillée du pédotype oxydon révèle la présence de zones plus denses, plus compactes, plus dures, sans limites précises avec le reste du matériau constituant le pédotype. Cet ensemble peut alors être considéré comme un pédotype intergrade entre un oxydon et un paucilapidon. Seule la réduction du champ d'observation a permis cette nouvelle collecte de données, qui reste cependant au même niveau de perception, celui du pédotype (Fig.6).

(1) La définition du terme stérite sera présentée dans le paragraphe IB.21.

1 - OXYDON / LAPIDON



(OXYDON PAUCILAPIDON) / LAPIDON

Oeil nu

Pédotype simple



Microscope



Pédotype Intergrade

2 - (OXYDON STERITE)



OXYDON / LAPIDON / STERITE

Oeil nu

Pédotype Intergrade



Microscope



Juxtaposition de 3 pédotypes simples

3 - STRUCHTICHRON / ALTERITE



(STRUCHTICHRON



ALTERITE)

Horizon

Juxtaposition de 2 pédotypes



Séquence (changement d'échelle)



Interprétée comme un pédotype Intergrade

Fig.6 : Analyse des relations en fonction des outils d'observation.

Inversement, le pédotype intergrade (oxydon pauci fragistérite) sera décrit comme la juxtaposition de plusieurs pédotypes simples, oxydon, stérite occupant de petits volumes qu'il était difficile de mettre en évidence à l'oeil nu. La finesse de l'observation microscopique offre la possibilité de placer les limites existant entre ces pédotypes et de les matérialiser de façon simple.

Tout ceci peut être schématisé, comme le montrent les figures 6 et 7. Le changement d'outil d'observation peut être assimilé à une forme de traitement de l'information.

En revanche, si nous prenons du recul, si nous synthétisons davantage nos observations précédentes, nous pouvons rassembler dans un même ensemble les pédotypes juxtaposés (oxydon / lapidon / stérite), afin de traduire le résultat de l'accumulation des oxydes et hydroxydes de fer par opposition au résultat de la pédoplasmation qui se manifesterait par la présence d'un autre ensemble (structichron / altérite) (Fig.7).

C'est donc une confirmation de la présence bien réelle de ces seuils, dont la mise en évidence est liée en partie aux méthodes d'étude et aux outils utilisés. Grâce aux concepts de juxtaposition et d'intergradation nous sommes en mesure, non seulement de les faire apparaître de manière indiscutable, mais aussi de les franchir et de changer d'échelle par un simple traitement de l'information. A partir de la reconnaissance de corps naturels élémentaires, nous pouvons faire correspondre parfaitement le "contenu d'informations" et son enveloppe physiographique par traitements successifs des données, sans qu'il y ait perte d'informations. Il est en effet toujours possible, en inversant le sens du cheminement, de retrouver les corps naturels élémentaires originels.

Les principes de quantification -dont il sera question dans un chapitre ultérieur- mettent en évidence l'importance relative des divers corps naturels élémentaires, simples ou intergrades, ou même, à l'intérieur d'un ensemble intergrade, celle des divers intervenants. Ils offrent surtout la possibilité d'affiner l'analyse et de mieux mettre l'accent sur la dynamique des corps naturels élémentaires et leurs relations respectives.

Pour conclure ce paragraphe, il semble opportun d'insister sur l'importance du rôle joué par l'information et sa saisie qui, à une même échelle d'observation parfaitement définie, à un niveau d'analyse précis, permettent au naturaliste de faire apparaître sans ambiguïté la multiplicité des ensembles naturels, leur complexité et la diversité de leurs relations.

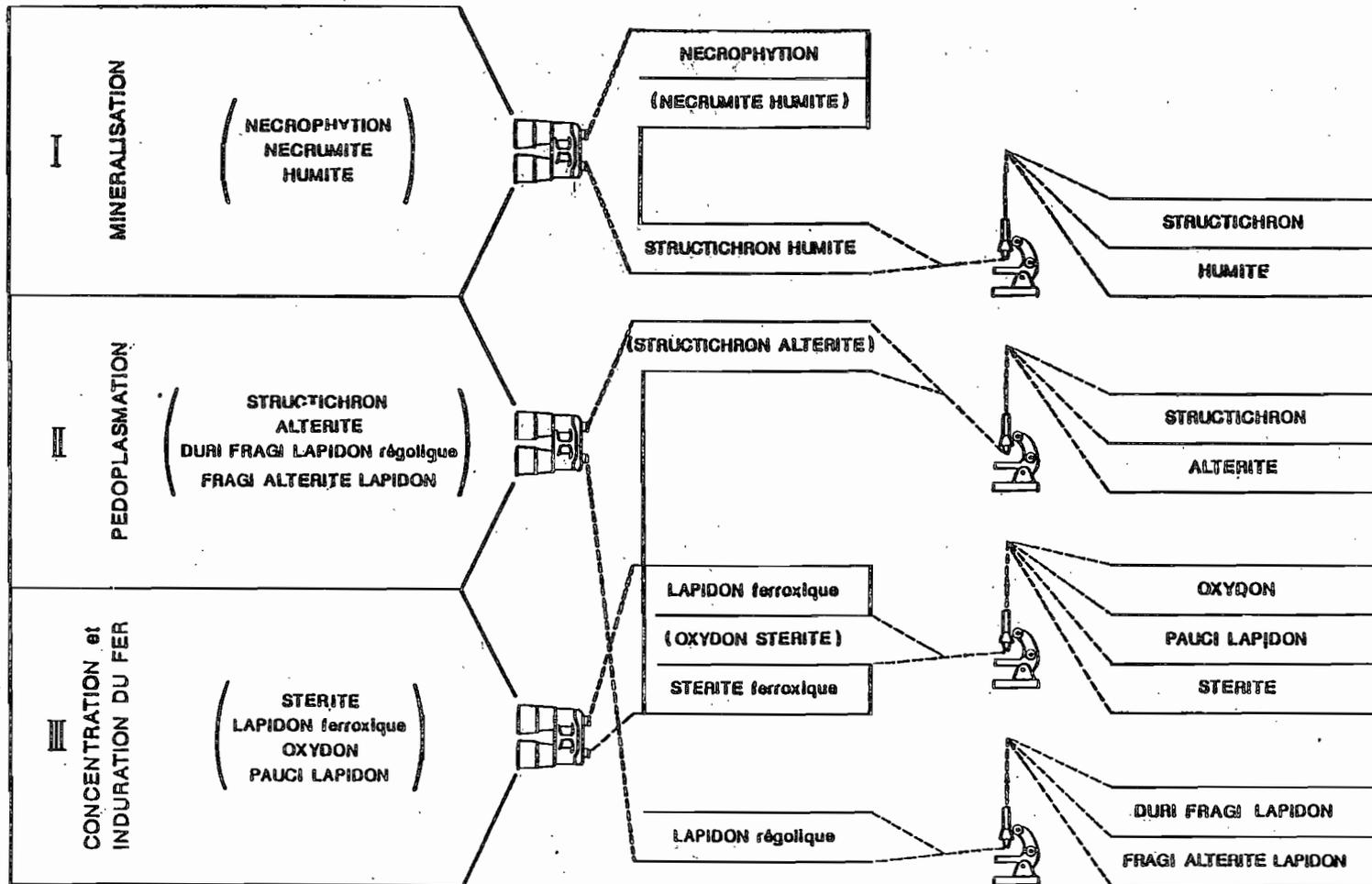


Fig.7 : Schéma de la transformation des données en fonction de l'échelle (niveau d'observation).

4- LES LIMITES ENTRE LES CORPS NATURELS

La reconnaissance, l'identification des corps naturels élémentaires pose évidemment le problème des limites entre ces ensembles. Est-ce un problème réel ? Nous venons de voir l'importance du rôle joué par les relations existant entre ces corps naturels élémentaires, par leur nature et l'étroite dépendance entre le type de ces relations et les outils d'observation mis en oeuvre. En d'autres termes, nous venons encore une fois d'insister sur la fonction essentielle de l'échelle.

Si à une échelle définie associée à un outil précis d'observation (ou, ce qui revient un peu au même, associée à un niveau bien déterminé de synthèse, de traitement des données), il est possible de placer sans trop de difficultés une limite entre deux corps naturels élémentaires, à une autre échelle -plus grande ou plus petite- cela ne sera plus possible. La nature des relations entre les corps naturels a changé. Elle passera du type juxtaposition au type intergradation ou inversement. De la même manière, deux horizons seront parfaitement définis par les quantités relatives des divers corps naturels qui les composent, à une échelle précise. En revanche, si nous changeons d'échelle (en étendant latéralement notre analyse), la limite précédente pourra disparaître, être remplacée par une autre qui définira un ensemble plus vaste. Les limites, dans la majorité des cas, reflètent ainsi la nature (qualité-quantité) des relations entre les éléments à une échelle d'observation précise. Elles matérialisent un seuil existant entre deux domaines caractérisés par leur contenu d'information. Chaque quantité d'information étant, comme nous l'avons déjà précisé, spécifique de l'échelle. Ainsi caractérisées et localisées, les limites ne représentent plus véritablement un problème. Nous retrouvons en fait les questions précédemment soulevées : celles du contenu d'information, des relations et des moyens d'observation.

De ces remarques il apparaît donc qu'un corps naturel peut avoir des dimensions extrêmement variables et, si le concept est essentiellement identifié par un contenu d'information, il ne possède pas "a priori" d'enveloppe physiographique aux dimensions et aux formes définies. Il est ainsi relativement indépendant de la notion d'échelle prise dans le sens d'une mesure de l'extension spatiale d'un objet.

♦ ♦

Pour conclure,

Il existe donc, dans le milieu physique, des organisations, des structures réelles parfaitement reconnaissables.

La première organisation a été identifiée depuis longtemps. Il s'agit de l'horizon. Il nécessite la reconnaissance à la fois d'une enveloppe et d'un contenu d'information. L'enveloppe est caractérisée par des limites que nous avons placées dans deux catégories :

- des limites naturelles qui, par leur netteté, suggèrent l'application, sur des périodes de temps variables, de processus d'origines diverses, mais de type "catastrophique". Elles séparent des ensembles toujours très bien différenciés.

- des limites artificielles qui sont placées par l'observateur à l'intérieur d'un ensemble dans lequel il est difficile, sinon impossible, de reconnaître la présence de sous-ensembles bien exprimés.

Dans un premier temps, la mise en place d'horizons à l'aide de limites naturelles ou artificielles, permet de localiser spatialement les observations et d'aider ainsi à la description.

La seconde organisation en revanche, plus difficile à faire apparaître, semble essentiellement caractérisée par son seul contenu d'information. Il s'agit des corps naturels élémentaires. Ils représentent - à l'échelle d'observation retenue, celle de l'oeil nu - les structures élémentaires du milieu. L'analyse de leurs variations qualitatives et quantitatives nous autorise à placer des limites qui définissent ainsi des volumes d'ordre supérieur. Le premier de ces niveaux est bien entendu celui de l'horizon.

Dans une certaine mesure, les concepts de corps naturels élémentaires et d'horizons semblent difficiles à dissocier. Le premier est un constituant du second, mais une reconnaissance préalable du second est indispensable à la localisation et à la description du premier. Comme nous le verrons plus en détail dans le chapitre traitant de l'utilisation des données, nous sommes contraints d'effectuer en permanence des "aller et retour" entre ces deux ensembles. C'est en effet par l'analyse des corps naturels élémentaires que doivent être logiquement identifiés les horizons, objets "intuitivement" reconnus dès les premières phases de l'observation et avant la description. Nous retrouvons les

mêmes situations, qui peuvent paraître paradoxales, entre corps naturels et segments, segments et paysages, ...

Malgré cela, notre objet "corps naturel élémentaire" est maintenant assez bien défini. Il faut le nommer et préciser son contenu d'information. C'est l'objet du chapitre suivant.

* * *

*

Deuxième chapitre

Le langage : UN VOCABULAIRE

L'OUTIL POUR IDENTIFIER LES CORPS NATURELS ELEMENTAIRES

Dans les paragraphes précédents, nous avons parlé de pédotypes et de phytotypes, corps naturels élémentaires qui permettent une analyse structurale des domaines "sol" et "végétation" du milieu physique. Nous présenterons dans les pages suivantes leurs définitions, en insistant plus particulièrement sur les pédotypes, car c'est en pédologie que nous avons abordé cette approche méthodologique de l'analyse du milieu physique par l'analyse de l'information. Pour chaque corps naturel élémentaire sont indiqués :

- son nom avec l'indication de sa racine étymologique
- le préfixe
- l'adjectif
- le code de saisie de terrain

Les noms retenus pour les unités de base (CNE) sont le plus souvent ceux proposés par Chatelin et Martin (1972), Richard, Kahn et Chatelin (1975).



I- LES PEDOTYPES

Ce terme a été retenu pour désigner d'une façon très générale l'ensemble des corps naturels élémentaires reconnaissables sur le terrain et caractéristiques de la composante-sol du milieu physique. De ce fait, ils possèdent une organisation originale spécifique de cette composante. La multitude des processus qui interviennent dans la genèse de ces ensembles et le grand nombre de mécanismes de fonctionnement qu'ils génèrent, contribuent à la diversité des pédotypes existants. Ayant travaillé uniquement en zone intertropicale, les pédotypes que nous avons reconnus et caractérisés résultent, bien entendu, d'observations sur les sols rencontrés lors des prospections de cartographie pédologique conduites en Afrique centrale et occidentale ainsi qu'en Nouvelle Calédonie et à Wallis et Futuna. Toutefois nos résultats et conclusions, fruits d'un long travail de terrain au sein d'équipes où les discussions furent souvent très animées, ont été, chaque fois que possible, systématiquement confrontés aux connaissances déjà admises afin de les intégrer dans le capital scientifique commun et d'éviter l'isolement dû à leur trop

grande spécificité. Sans prétendre être exhaustif, nous avons identifié actuellement 15 pédotypes auxquels il faut ajouter certains ensembles intergrades entre pédotypes et phytotypes, pédotypes et lithotypes. Ceci porte à 23 le nombre des organisations reconnues et définies à ce jour. Les capacités de combinaisons de ces pédotypes nous offrent un très grand nombre de possibilités de description des ensembles qui peuvent exister dans le sol. Pour faciliter la présentation, les pédotypes sont rassemblés en différents groupes :

- Les pédotypes "meubles"

Dans ce groupe nous avons réuni :

- Humite (avec deux variantes)
 - .Mélanumite
 - .Arumite
- Leuciton
- Structichron
- Oxydon
- Réducton
- Vertichron

Tous ces pédotypes répondent à un même schéma de description. Malgré cela leurs origines sont très diverses et de multiples processus peuvent être invoqués en ce qui concerne leur genèse (pédoplasation, lessivage, oxydo-réduction, néogenèses argileuses diverses, etc...).

- Les pédotypes "indurés"

Deux variantes se distinguent :

- Les pédotypes indurés discontinus : Lapidon
- Les pédotypes indurés continus : Stérîte

Plus ou moins fortement durcis, ils montrent des structures et des organisations extrêmement variées résultant de la concentration de certains éléments tels que les oxydes et hydroxydes métalliques, les carbonates, les sulfates, etc...

- Les pédotypes "biologiques"

Ils sont le fait de l'activité de la faune vivant dans le sol. Cette activité pouvant s'assimiler soit à un simple transport d'éléments, soit à une véritable "activité de bâtisseurs". En fonction de cela nous avons dégagé deux types :

- Bioféron
- Domabion

- Les pédotypes "de dépôts"

Ils sont généralement assimilés à des "traits pédologiques" du fait de leur extension spatiale souvent limitée. Toutefois leur importance en tant qu'indicateurs des mouvements de matières dans

les sols et à la surface du sol rend pratiquement obligatoire leur prise en compte à ce niveau d'analyse. Trois types principaux ont été reconnus :

- Cutanon
- Dermilite
- Séméton

- Les pédotypes de "transformation"

Ils représentent le résultat de transformations souvent brutales de certains pédotypes meubles (il s'agit le plus souvent de modifications structurales) ou de phytotypes et d'intergrades phytotypes-pédotypes qui changent alors d'état (minéralisation brutale des matières organiques). Les causes de ces modifications sont parfois naturelles, mais le plus souvent le résultat d'interventions humaines plus ou moins contrôlées. Deux types sont fréquemment visibles :

- Ecluton
- Téphralite

Avant d'aborder plus en détail les définitions des divers corps naturels élémentaires qui nous ont paru absolument caractéristiques d'organisations du milieu physique des régions tropicales humides et du Pacifique sud-est, il semble nécessaire d'insister, encore une fois, sur le fait que les termes cités dans les pages suivantes ne sont que l'expression de propositions pour un vocabulaire dont le besoin se fait impérativement sentir si nous voulons normaliser la saisie des données du milieu physique en vue d'un traitement ultérieur systématique. Toutefois nous avons vu que les mots retenus obéissent à certaines règles. Le fait de s'y conformer a rendu leur choix souvent difficile, car nous avons souhaité, dans la mesure du possible, associer aux mots, de par leurs racines, une certaine image des objets qu'ils désignent afin de faciliter leur mémorisation. Par conséquent, toute nouvelle proposition de mots, possédant les mêmes propriétés de découpage (préfixe), de dérivation (adjectif) et de combinatoire, mais d'expression plus imagée, s'appliquant aux corps naturels élémentaires déjà reconnus ou à de nouveaux corps naturels élémentaires doit, bien entendu, être prise en considération.

A- les pédotypes "meubles"

Sont rassemblés sous ce vocable, des pédotypes répondant à un même schéma de description. Ils résultent de divers processus de pédogénèse aussi variés que la concentration des produits humiques, la pédoplasmation, l'oxydo-réduction, le lessivage, la néogenèse argileuse de type 2/1, la concentration de sesquioxides métalliques, etc... Il représentent en fait ce que l'on appelle souvent "le sol", "la terre". Il existe d'autres pédotypes de consistance "meuble" beaucoup

plus spécifiques de certaines actions. Pour cette raison, nous les avons traités dans des paragraphes séparés.

1- LES HUMITES

(Dérivé de **Humus**)

Préfixe : **HUMO-**

Adjectif : **HUMIQUE**

Code de saisie de terrain : **HUMIT**

Le terme humite (Beaudou, Sayol - 1980) désigne un matériau pédologique caractérisé par l'association très étroite de matières humiques (en quantités variables, parfois très importantes) et de matières minérales de natures diverses. Aucun des constituants de cet ensemble n'est individuellement discernable sur le terrain à l'oeil nu ni même en utilisant des instruments tels que loupe ou microscope optique (faibles grossissements). Les produits humiques -qui correspondent en fait au pédotype nécrumite- donnent à l'ensemble une coloration à dominante brune.

Ce pédotype n'est donc pas un élément simple. Il correspond à une juxtaposition de deux matériaux de natures différentes, minérale et organique.

- Les produits humiques, souvent dénommés par l'expression "matière organique", sont le résultat de l'application des divers mécanismes responsables de l'humification, qui font intervenir en liaison étroite des processus physico-chimiques, biochimiques, l'action de la faune et de la flore, celle du climat, ... De façon très schématique ils rassemblent les acides humiques, fulviques, les humines, etc...

- Les produits minéraux trouvent leur origine dans le résultat de la transformation des roches par l'application de multiples processus physiques (morcellement, fragmentation), géochimiques (oxydation, réduction, dissolution, hydrolyse, néogenèse, etc...) c'est ce que l'on appelle communément l'altération, la pédoplasmiation, etc... Ils interviennent à une échelle relativement petite. D'autres facteurs émanant des processus morphogénétiques interviennent à plus grande échelle. Ce sont les phénomènes d'ablation, de transport, de sédimentation, etc... Ces produits minéraux regroupent essentiellement des minéraux argileux de néogenèse, des minéraux primaires relictuels, des oxydes et des hydroxydes métalliques, des allophanes, des produits amorphes, des sels de calcium, de magnésium, de sodium, etc...

L'intimité de l'association entre ces produits minéraux et humiques nous conduit, à ce stade et à cette échelle

d'identification, à assimiler cette entité extrêmement complexe à un pédotype simple du fait de la quasi-impossibilité actuelle, même à l'aide de certains instruments optiques d'utilisation courante, à reconnaître et à plus forte raison à évaluer et à quantifier la part de chacun des composants de l'humite. L'humite identifie donc un certain degré "d'imprégnation" d'un matériau minéral par des produits humiques ou un certain degré "d'association" existant entre ces deux éléments.

La couleur de ce pédotype est généralement homogène. Elle représente, malgré son degré élevé de variabilité, le moyen d'identification le plus facilement accessible au niveau du terrain. Les teintes, effectivement très variables, dépendent non seulement de la teneur en nécrumite (cf § IIIB.1) mais aussi de la nature des produits constituant le nécrumite et également de la nature des éléments minéraux auxquels sont liés les produits humiques. De la même façon, les caractéristiques du milieu environnant et les conditions de pédogenèse qu'elles entraînent peuvent intervenir dans la définition des couleurs de ce pédotype. Compte tenu de ces restrictions, il est possible cependant d'identifier les humites en fonction des couleurs.

Répertoriées dans le "Code Munsell", les couleurs des humites se définissent en général par des valeurs comprises entre 2 et 5 et des chromas variant entre 0 et 6, ceci pour l'ensemble des planches de ce code. C'est une première identification, peut-être assez imprécise, mais qu'il est possible d'affiner. En effet une analyse plus approfondie des relations couleurs/importance de l'humite, permet d'établir certaines distinctions entre des humites que l'on peut qualifier de stricts, des humites très foncés dits mélanumites (cf la définition de ce pédotype) et des humites intergrades. Les ensembles intergrades sont du type humite-structichron, humite-oxydon, humite-vertichron, humite-leuciton, humite-réducton, etc... Sur les sols de certaines îles du Pacifique (Wallis, Futuna, Nouvelle Calédonie) des tentatives de corrélation couleur/importance de l'humite ont été faites. Elles ne possèdent actuellement qu'une valeur limitée aux sols de ces îles mais prouvent toutefois que ce genre de corrélation est possible et assez fiable à condition de parfaitement identifier la phase minérale, car certains altérites de basaltes ou d'autres roches basiques ont des teintes brunes pouvant être confondues avec celles dues à la présence de nécrumite.

Certains humites montrent de fortes différences de couleurs entre l'état sec et l'état humide. Ce caractère concerne essentiellement des pédotypes intergrades humite-leuciton. Selon l'état d'humidité du pédotype lors de son identification, l'estimation de l'importance relative des deux composants constituant l'intergrade pourra varier.

Les humites constituent fréquemment des ensembles intergrades plus particulièrement avec les pédotypes structi-

chron, réducton, leuciton, vertichron, oxydon, bioféron, nécrumite, entaféron lutique et/ou arénique et même parfois avec les altérites (1). Chaque pédotype ainsi associé à l'humite en intergrade modifie alors plus ou moins nettement les caractères du pédotype humite, en fonction de son importance dans l'association, de sa nature, de la netteté et de l'intensité de ses propres caractéristiques.

De même, la couleur des humites semble en étroite relation avec la texture de la fraction minérale. En effet, des humites à texture sableuse sont souvent moins intensément colorés que des humites à texture limoneuse ou argileuse. Malgré cela les humites sableux peu colorés en beige ou brun clair possèdent dans certains cas des teneurs en matières organiques qui peuvent être supérieures à celles d'humites argileux ou limoneux plus intensément colorés.

D'autres traits morphologiques sont à retenir pour caractériser l'humite. On peut citer essentiellement la texture avec un toucher particulier dû à la présence de nécrumite, et l'organisation d'ensemble du pédotype (structures de types grumoclode et nuciclode principalement) mais aussi les relations particulières avec des phytotypes tels que le rhizophyse et le rhizagé. Richard, Kahn et Chatelin ont d'ailleurs proposé le terme de "grumorhize" (1977) pour décrire ces assemblages humites nuciclodes ou grumocloides/rhizagé, rhizophyse.

Dans les sols de la zone intertropicale formés sur des roches leucocrates -ou plus rarement sur des roches mésocrates-, les humites se caractérisent assez fréquemment par des textures à dominante sableuse et des teneurs en matières organiques (nécrumite) assez faibles. Les pédotypes qui font suite à l'humite sont en général de texture sensiblement plus argileuse. Chatelin & Martin (1972) ont d'ailleurs créé le terme d'"appumite" pour décrire de tels humites ou des ensembles intergrades humite-pédotype meuble à formule texturale plus sableuse que celle des pédotypes sous-jacents. Cette caractéristique granulométrique n'est pas spécifique des humites mais concerne également de nombreux autres pédotypes meubles. Deux mécanismes principaux ont été mis en avant pour tenter d'expliquer cette organisation texturale.

-le lessivage, avec une redistribution verticale et latérale des éléments fins (argiles et oxydes), qui aboutit à l'individualisation progressive de leucitons en passant par des pédotypes intergrades humite-leuciton. On assiste alors à la disparition progressive des argiles, de la matière organique et des oxydes métalliques que l'on observe soit dans d'autres niveaux du sol, soit à l'aval des paysages. Il ne reste plus dans le leuciton que le squelette quartzéux.

(1) : D'une façon générale, la localisation des termes utilisés est donnée page V.

-l'appauvrissement (Fauck - 1971) qui aboutit à terme à la disparition complète des éléments fins du sol. A la différence du résultat obtenu par lessivage, on ne retrouve pas de sites particuliers d'accumulation de ces éléments.

Quel que soit le processus invoqué, il faut toujours considérer le rôle déterminant que joue la roche mère et plus spécialement la teneur en quartz ou en éléments siliceux (Fromaget, Beaudou - 1985). Il semble que cet élément intervienne à la fois comme "initiateur" et comme "catalyseur" des différents processus qui conduisent à l'apparition de leuciton. C'est en effet parmi les humites à phase minérale très siliceuse ou quartzreuse que l'on observe de la façon la plus nette la présence des intergrades vers le leuciton.

L'organisation microscopique de l'humite (distribution relative plasma/squelette, orientation plasmique, vides, etc...) se décrit de façon identique à celle des pédotypes meubles et toutes les définitions qui seront données lors de la présentation du structichron s'appliquent sans restrictions pour l'humite, le mélanumite, l'arumite, etc... C'est par l'analyse micromorphologique détaillée de ces pédotypes humites que Muller (1977, 1978) envisage -dans le cas des sols ferrallitiques du Cameroun- la formation des humites à partir des structichrons rouges. Cet auteur identifie trois stades :

- Le plasma structichromique se décolore du fait de la décomplexation et de la mobilisation du fer. Selon Chauvel (1977) il s'agirait même d'une véritable "deferrallitisation". Ce mécanisme s'accompagne bien sûr d'un changement de couleur et la teinte rouge ferait alors place à des teintes plus brunâtres ou plus jaunâtres. Ce fait se traduit par la juxtaposition de deux phases structichromiques plus ou moins faciles à mettre en évidence. L'une d'elle se présente sous forme de taches brunâtres et/ou jaunâtres. L'autre constitue un fond rouge dans lequel sont dispersées ces taches. Les limites entre les deux phases sont le plus souvent diffuses. Cette organisation n'est visible qu'en lames minces.

-Le fond matriciel perd de plus en plus son aspect orienté. Il y aurait alors une "simplification" des orientations plasmiques consécutive à leur dégradation. C'est ce que Muller appelle la microlyse plasmique. L'absence de microagrégats dans certains pédotypes humites ou intergrades structichron-humite serait due à ce processus, la microlyse plasmique entraînant leur disparition. Parallèlement la structure du pédotype se transforme et passe du type aliatode au type anguclode ou grumoclode plus ou moins grossier.

-Dans une dernière phase, le fond matriciel ainsi complètement déstabilisé est soumis au lessivage et à l'appauvrissement.

La décoloration, le jaunissement qui apparaissent dans les structichrons profonds renforcent et accentuent, selon Muller (op.cit.) la coloration due aux matières humiques. Au fur et à mesure que la matière minérale est transformée, modifiée, on assiste à une "emprise grandissante de la matière organique" sur la morphologie de ces pédo-

types. Cette analyse micromorphologique n'explique pas réellement la genèse des humites mais fait plutôt apparaître la formation de pédotypes intergrades humite-leuciton ou structichron-leuciton.

Le pédotype humite est pratiquement une constante de l'ensemble des sols et son absence est l'indice de l'action de phénomènes d'érosion souvent importants. Cette évolution géomorphologique se traduit fréquemment par la présence d'humites en situation "anormale". Il s'agit de pédotypes enterrés.

Une dernière remarque doit être faite concernant les propriétés particulières de certains types d'humites au sujet de leur capacité d'échange et de ses variations en fonction des valeurs du pH. Cela concerne essentiellement les humites dans lesquels la fraction organique (nécrumite) est associée à une fraction minérale à faible densité de charges (argile de type 1:1) ou à une fraction minérale dite à charges variables, tels que les oxydes et hydroxydes d'aluminium et de fer (se reporter à la définition du pédotype nécrumite).

Deux variantes principales de ce pédotype ont été très souvent observées et caractérisées. L'une trouve son origine dans les interventions humaines (arumite). La seconde résulte de conditions particulières d'évolution de la matière organique (mélanumite).

a- Le mélanumite

(du grec Melanos: noir et de Humus)

Préfixe: MBLANO-

Adjectif: MBLANUMIQUE

Code de saisie de terrain: MBLAN

Le pédotype mélanumite (Beaudou, Sayol - 1980) représente une variante de l'humite et les remarques faites concernant la complexité de la nature du pédotype humite peuvent s'appliquer sans aucune restriction au mélanumite. Les caractères principaux décrits pour le pédotype humite se retrouvent ici. Il s'agit donc d'un matériau pédologique humifère à forte ou très forte teneur en matière organique. Il résulte d'une évolution dans des zones à pédoclimats humides ou très humides où les conditions de drainage sont le plus souvent défavorables (longues périodes d'engorgement, ...) et où l'accumulation de matériel végétal (nécrophytion) est importante. Dans ces conditions un peu parti-

culières, on observe fréquemment l'existence de pédotypes intergrades mélanumite-réducton, mélanumite-nécrumite, mélanumite-nécrumite-nécrophytion, mélanumite-réducton-humite, etc.

En général la coloration du mélanumite est homogène. Sa teinte est noire ou gris très foncé nuancée parfois de verdâtre ou de bleuâtre lorsque nous sommes en présence d'un pédotype intergrade mélanumite-réducton. Pour l'ensemble des planches du code Munsell, les valeurs varient de 2 à 3, les chromas de 0 à 1.

La structure de ce pédotype est souvent amérode ou pauciclude (1). Mais elle peut être parfois nuciclude ou grumoclude lorsque les conditions de drainage sont correctes (périodes d'engorgement limitées) et qu'il existe des périodes de dessiccation suffisamment longues. Une structure sphénoclude, souvent incomplètement exprimée (présence de quelques faces structurales luciques et/ou striées), indique l'existence d'un pédotype intergrade mélanumite-vertichron.

La texture se définit sur le terrain par un toucher très particulier dû à l'abondance de la matière organique ainsi qu'à la présence d'argiles de type montmorillonitique.

Le mélanumite est observé le plus souvent dans les bas-fonds, dans certaines plaines alluviales et dans les zones où s'accumulent préférentiellement les matériaux végétaux et où les processus de transformation du nécrophytion se trouvent sensiblement ralentis par les conditions particulières du milieu.

b- L'arumite

(du latin Arare: cultiver et de Humus)

Préfixe: ARUMO-

Adjectif: ARUMIQUE

Code de saisie de terrain: ARUMI

Le pédotype arumite (Beaudou - de Blic, 1978) est une variante de l'humite ou du mélanumite. Ses caractères essentiels sont à rechercher dans les modifications structurales importantes des pédotypes humite et mélanumite, à la suite de l'application de techniques et pratiques culturelles responsables d'organisations et de traits pédologiques variés, spécifiques des techniques utilisées. Leur présence est le

(1) : Termes structuraux définis IA7-c

plus souvent temporaire, mais certains d'entre eux peuvent subsister pendant de longues périodes dans les sols (semelle de labour, etc...).

Les caractères de couleur sont ceux des humites et des mélanumites. Si l'effet des travaux appliqués au sol est peu marqué, il peut être plus judicieux de retenir simplement les termes de mélanumite ou d'humite ou encore d'un de leurs intergrades. Dans ces conditions, les traits morphologiques résultant de l'utilisation du sol, peu marqués, seront alors décrits au niveau des structures par l'emploi du terme Aroclode (1).

Parfois l'effet de l'application des techniques agricoles n'est perçu de façon sensible qu'après plusieurs années d'utilisation du sol. Dans ces conditions, les transformations ne sont pas décelables aux échelles habituelles. Il faut les rechercher à d'autres niveaux. Il s'agit, le plus souvent, de modifications texturales, de changement de compacité, de la valeur de la capacité d'échange ou même de la transformation de certains minéraux argileux comme le montrent Ross & Al. (1985). A la suite de plusieurs années d'application de lisier sur des parcelles cultivées, ces auteurs ont remarqué une transformation de la vermiculite présente à l'origine dans le sol en un "mica pédogénétique".

Au niveau des micro organisations de ce pédotype, quelques analyses détaillées ont été effectuées à ce jour. Parmi celles-ci nous pouvons citer celle de De Blic (1979) en Côte d'Ivoire. A la suite de nombreuses observations, il fait apparaître plusieurs types de microstructures caractéristiques.

- Microstructures continues denses

Elles correspondent à une distribution relative porphyrosquelique avec la présence dans les macrovides d'entassement de nombreux grains de squelette.

- Microstructures continues microlacunaires

Elles se caractérisent par une distribution intertextique et aggloméroplasmique. La microporosité est du type microporosité d'assemblage.

- Microstructures mixtes denses et microlacunaires

Plusieurs zones sont reconnaissables en fonction de la distribution relative des éléments du squelette et du plasma.

(1) : Terme de structure du sol défini dans le paragraphe IA7-c

- 1- Zones porphyrosqueliques et intertextiques intimement imbriquées.
- 2- Zones porphyrosqueliques à phase aggloméroplasmique aléatoire (remplissage plasmique).
- 3- Zones aggloméroplasmiques avec une phase dense porphyrosquelique.

- Microstructures spongieuses réticulées ou en chaînes

Elles sont principalement en relation avec d'autres pédotypes. Il s'agit le plus souvent du rhizagé, du rhizophyse, et même du bioféron.

- Microstructures d'entassement libres

Elles sont caractérisées par la juxtaposition de microfragments plasmiques anguleux, de grains de squelette grossiers, de granules plasmiques, de micro-agrégats porphyrosqueliques, de noyaux denses et d'agrégats porphyrosqueliques plus ou moins fissurés et fragmentés.

- Microstructures composites

Le plasma figure sous forme de microfragments libres entassés et de remplissage inorganisé inter-granulaire.

- Microstructures discontinues agrégées et particulières

En fait, ces analyses micromorphologiques montrent la réalité des multiples associations qui peuvent être observées avec l'arumite. Il s'agit, dans la plupart des cas, de juxtapositions avec le bioféron (1), avec certaines expressions du cutanon (1) (fragments de cutanes) ou de fragments du dermilite (1) enfouis à la suite des opérations culturales. De nombreuses discontinuités sont donc mises en évidence dans l'arumite. Très souvent, elles sont soulignées par la présence d'organisations particulières typiques du pédotype séméton (1). Leur présence constitue la preuve de l'utilisation de certains types d'outils dans des conditions particulières d'humidité du sol. A l'échelle du champ ou à celle de la parcelle, des discontinuités latérales sont également décrites. Elles résultent des techniques utilisées lors de la mise en place des cultures (billonnage, buttage, etc...). De même, ces discontinuités fréquemment périodiques peuvent être une conséquence de l'application de certaines

(1) : Se reporter page V.

techniques culturales dans les conditions d'humidité du sol peu favorables. Parmi les plus courantes, nous pouvons citer les tassements du sol dus au passage répété des engins agricoles.

2- LE LEUCITON

(du grec Leucos: blanc)

Préfixe: LEUCI-

Adjectif: LEUCITIQUE

Code de saisie de terrain: LEUCI

Le pédotype leuciton (Beaudou & al., 1983) correspond à un matériau pédologique de couleur blanche, grise, beige, jaune ou rose très clair. Les leucitons de couleur franchement blanche sont rares ou même très rares. On les décrit dans les planches 5 YR, 2.5 YR, 10 YR, 2.5 Y, et 5 Y avec des valeurs de 8 et des chromas compris entre 0 et 1. En règle générale, le leuciton est fréquemment associé, sous forme d'intergrades, à d'autres pédotypes tels que le réducton, le structichron, l'entaferon lutique et/ou arénique ou même l'humite. Ils forment alors des pédotypes complexes occupant des intervalles de couleurs plus étendus. Dans les planches 10 R et 2.5 YR, les valeurs sont de 6 et les chromas situés entre 2 et 4. Dans les planches 5 YR, 7.5 YR et 10 YR les valeurs se placent entre 6 et 8, les chromas entre 1 et 4 (5 YR), 0 et 6 (7.5 YR) et 1 et 6 (10 YR). Enfin dans les planches 2.5 Y et 5 Y les valeurs sont comprises entre 7 et 8, les chromas entre 0 et 6 (2.5 Y) ou 1 et 6 (5 Y).

Le leuciton est constitué essentiellement d'éléments siliceux, quartzeux de la dimension des sables et/ou des limons (lutites et arénites). On peut observer quelquefois la présence d'une organisation granoclassée. La texture de ce pédotype est variable, parfois sableuse fine ou grossière, parfois sablo-limoneuse, ou limoneuse, etc... Elle dépend en fait de celle du matériau d'origine. Directement en relation avec la texture, la porosité est de ce fait du type intergranulaire. Elle est le plus souvent importante.

La structure du leuciton est en général psammoclode (1) (en relation avec une texture assez nettement sableuse dans la majorité des cas). Toutefois, cette structure peut être aussi "aliatode", lorsque la texture est limoneuse ou finement sableuse. On remarque alors la présence de petits volumes formés de très fines particules agrégées. Dans certains leucitons, il est assez fréquent d'observer une

(1) : Le terme psammoclode sera défini dans le paragraphe IA7-c

structure du type amérode due à la cohésion relativement marquée des éléments constitutifs du leuciton. Le degré de dureté du pédotype peut être très variable et il est alors possible de décrire des leucitons intergrades vers les stérites siliceux (pauci-, fragi-, duri-, pétro-stérite), surtout lorsque des dépôts secondaires de silice cimentent l'ensemble. Nous obtenons alors des pédotypes proches des "fragipans et duripans" de la Soil Taxonomy.

Dans la majorité des cas, ce pédotype peut être assimilé à ce que les pédologues désignent communément par l'expression "horizon A 2, ou horizon A e, ou encore horizon E". Cet horizon est en général défini comme "un horizon blanchâtre ou cendreuse à traînées grises, à structure particulaire meuble dite structure cendreuse si le matériau quartzueux est très fin" (Duchaufour - 1977).

Le leuciton correspond donc à une zone de départ bien spécifique de certains types de sols (podzols, sols lessivés, planosols, solonetz solodisés, ...).

Le terme de "psammiton" (Richard, Kahn, Chatelin - 1977) correspond partiellement au concept de leuciton tel qu'il est présenté ici, dans la mesure où la définition que donnent les auteurs précise que ce terme s'applique, au mieux, à des matériaux presque exclusivement sableux, les grains de quartz et parfois de feldspath étant à peine "salis" par une mince pellicule argilo-limoneuse, et à des matériaux de couleur presque blanche, les sables translucides étant finement mouchetés de rose et de gris. En fait, le psammiton sert essentiellement à désigner des matériaux sédimentaires, non strictement pédologiques. On peut citer comme exemple deux définitions (Richard - 1985)

- Psammiton colluvial : matériau compacté, inorganisé, d'aspect "détritique".
- Psammiton alluvial : qui peut être gravillonnaire, graveleux, sableux avec des litages, des stratifications, ...

En fait, seul le terme de psammiton éluvial semble pouvoir être assimilé sans trop de restrictions au pédotype leuciton.

Les pédologues américains ont défini, dans la Soil Taxonomy (p.44), un horizon diagnostic qualifié "d'horizon albique" (du latin albus : blanc) dont la définition peut être traduite de la façon suivante :

Horizon dans lequel les oxydes de fer et les argiles ont été enlevés et/ou les oxydes ont été séparés des autres constituants de telle manière que la couleur identifiable soit celle du matériau sableux ou limoneux originel plutôt que celle des revêtements se trouvant sur les particules. Un horizon albique peut être à la surface d'un sol minéral. Il peut se trouver juste au-dessus d'un

horizon argillique ou spodique. Il peut également se trouver entre un horizon spodique et/ou un fragipan, ou un horizon argillique. Il peut également être présent entre un horizon argillique et un fragipan ou bien entre un horizon cambique et un argillique, un horizon natrique ou un fragipan. Sa présence est soulignée par un horizon spodique, natrique, argillique, un fragipan. On peut aussi ajouter à cette liste le pédotype réducton.

Un horizon albique est toutefois défini comme un horizon de surface ou de profondeur, qui possède des revêtements fins ou discontinus sur les particules sableuses ou limoneuses, tels que la couleur de l'horizon soit déterminée principalement par celle des sables et des limons. La valeur en humide est de 4 ou plus, en sec de 5 ou plus. Si la valeur en sec est de 7 ou plus, ou en humide de 6 ou plus, le chroma est de 3 ou moins. Si la valeur en sec est de 5 ou 6, ou en humide de 4 ou 5, le chroma est plus proche de 2 que de 3. Si le matériau parental possède une couleur située dans la planche 5 YR ou plus rouge, un chroma de 3 en humide est accepté si ce chroma est dû à la couleur des sables et des limons.

L'organisation du leuciton est généralement très simple. Au microscope, le type de distribution plasma/squelette est granulaire (Brewer - 1976) ou monic selon la terminologie de Stoops et Jongerius (1975). Dans certains leucitons moins typés, la distribution relative entre les éléments du squelette et le plasma se rapprochera des types intertextique ou enaulic. Le plus souvent, les grains du squelette, simplement entassés, sont translucides, mais leurs formes peuvent être extrêmement variées (arrondie, anguleuse, etc...). C'est un pédotype caractérisé par la très large dominance du squelette par rapport au plasma qui, en fait, se présente sous forme de trait pédologique.

Le pédotype leuciton peut être assimilé, dans un certain nombre de cas, à ce que l'on désigne habituellement par l'expression "horizon lessivé", qui possède une très nette signification génétique. Ce lessivage, plus ou moins intense et complet, conduit alors à la création de structures dites de départ, qui peuvent ultérieurement, dans certaines conditions et positions topographiques particulières, jouer le rôle de structure d'accueil (Bocquier - 1973). Certains types de leucitons peuvent également être assimilés aux horizons appauvris définis par Fauck (1972).

A la suite d'études expérimentales et d'observations de terrain, plusieurs mécanismes sont invoqués pour expliquer le mouvement des éléments figurés dans les sols. Ces mouvements, ces migrations se font le plus souvent dans le sens vertical, mais à l'échelle d'une séquence, d'un versant, les déplacements sont fréquemment obliques ou latéraux

Les processus d'éluviation (ou d'entraînement)

- **Lixiviation** : C'est la migration des sels solubles. Elle concerne essentiellement les cations les plus mobiles (alcalins et alcalino-terreux). Les migrations sous forme de sels solubles favorisent surtout les processus de soustraction de l'ensemble du profil plutôt que les redistributions entre les pédotypes (leuciton - structichron, etc...).

- **Chéluviation** : C'est la migration de complexes organo-métalliques. Il s'agit du déplacement de cations lourds Al^{+++} et Fe^{+++} , ou même certains alcalino-terreux (Ca^{++}) sous forme de complexes organo-métalliques ou chélates (Pédro & Lubin - 1968). Les complexes constituent des pseudo-solutions très mobiles dans certains milieux. La solubilité dépend étroitement de certaines conditions du milieu (eH, pH, la composition ionique et la concentration des solutions du sol). Dans de telles conditions, ces complexes ne restent pas aussi longtemps à l'état soluble que les solutions vraies. Il y a donc une certaine limitation des mouvements.

- **Lessivage** : Concerne la migration des particules en suspension. Ce terme semble actuellement plus spécialement réservé à l'entraînement mécanique des particules dispersées et plus précisément des argiles. Le terme "argile" est utilisé ici, aussi bien dans son sens minéralogique que granulométrique. Une des conséquences de ces déplacements est la création, lors de dépôts ultérieurs, de structures spécifiques telles que les cutanes (pédotype cutanon)(1).

Pédro et Chauvel (1979), à la suite d'expérimentations, ont précisé la nécessité de l'existence de certaines conditions indispensables au développement du processus de lessivage.

-La possibilité d'une séparation des particules argileuses du matériau sous l'influence de facteurs favorisant leur dissociation et leur dispersion.

-La mise en oeuvre d'un entraînement en suspension par l'eau circulant "per descensum", grâce à l'existence au sein du sol d'un système de porosité adéquat se maintenant tout au long du déroulement du processus.

-La vitesse de libération de l'argile doit toujours rester inférieure à la capacité d'évacuation, qui est elle même dépendante de l'état du système de porosité au départ et de son évolution dans le temps. Quand la capacité d'entraînement est élevée, c'est la libération de l'argile qui constitue le facteur limitant. En présence de conditions physico-chimiques favorables, on pourrait assister au vidage complet des éléments argileux d'un matériau.

En revanche, lorsque la capacité d'évacuation est plus réduite c'est elle qui devient le facteur limitant, car le lessivage ne peut intervenir que sur de petites quantités d'argile. Si le pourcentage d'argile libérée augmente, on aboutit rapidement à un colmatage.

(1) : Se reporter au paragraphe ID-1

Certaines caractéristiques du milieu influent sur ce lessivage (pH, les cations lourds, la présence de composés organiques solubles). Le type d'argile est également déterminant en ce qui concerne l'ampleur que peut prendre le lessivage. La dimension des particules argileuses (les argiles les plus fines sont entraînées le plus facilement) et les charges négatives jouent un rôle fondamental. De même, la "nature" des argiles intervient et la facilité d'entraînement augmentera depuis les montmorillonites jusqu'à la kaolinite en passant par les argiles micacées.

Le pédotype leuciton, facilement reconnaissable sur le terrain même lorsqu'il ne s'exprime que faiblement, traduit l'application de processus jouant un rôle important dans la transformation et l'évolution des sols et des paysages pédologiques. Les structures, les organisations qui se créent et caractérisent le leuciton jouent également un rôle déterminant dans la dynamique actuelle de l'eau et des éléments.

3- LE STRUCTICHRON

(dérivé de Structure et du grec Chroma: couleur)

Préfixe: **STRUCTI-**
Adjectif: **STRUCTICHROMIQUE**
Code de saisie de terrain: **STRUC**

Le pédotype structichron (Chatelin & Martin - 1972) correspond à un matériau pédologique minéral meuble dans lequel on ne reconnaît pas d'individualisation d'oxydes et/ou d'hydroxydes métalliques. Il possède une organisation spécifiquement pédologique, sans aucune ressemblance avec le matériau d'origine (topolite, lapidon régolique ou altérégolique, altérite, etc...). Cette organisation résulte de l'association d'un plasma, mélange intime de minéraux argileux et très souvent d'oxydes et d'hydroxydes métalliques, et d'un squelette formé de minéraux résiduels difficilement altérables (principalement du quartz associé à des minéraux lourds et semi-lourds).

Dans le cas des sols de la zone intertropicale, le plasma est constitué de l'association très intime de minéraux argileux et d'oxydes et d'hydroxydes métalliques et il n'est évidemment pas possible de distinguer les différentes composantes de cet ensemble à l'oeil nu, ni à la loupe ou même au microscope optique ordinaire. Dans de telles conditions, le structichron n'est pas un élément simple mais représente en fait un ~~première~~ première est argileuse, la seconde oxydique. Pour les sols possédant ce type d'organisation, nous devrions donc en toute logique parler non pas de structichron mais d'une juxtaposition structichron -oxydon. Mais la néogenèse d'argiles et l'individualisation des oxydes et hydroxydes métalliques procèdent de la pédoplasmatation et correspondent à deux chemins de transformation de la roche mère plus ou moins étroitement imbriqués.

Ils aboutissent, dans certains cas, à l'apparition de pédotypes caractérisés par la seule présence d'oxydes (oxydon), dans d'autres à celle de pédotypes plus nettement argileux, contenant toujours des oxydes et hydroxydes mais non individualisés (structichron), ou encore à la présence de pédotypes uniquement argileux (structichron). Nous retrouvons ici une situation identique à celle de l'humite et, comme nous l'avions admis alors, nous pouvons également considérer "qu'à cette échelle d'identification" il est possible d'assimiler cette entité complexe -argiles/oxydes, hydroxydes métalliques- à un pédotype simple, le structichron. Lorsque la fraction argileuse devient très peu importante et que les oxydes et hydroxydes -de très fine dimension comprise entre 0 et 2 microns- deviennent identifiables nous sommes en présence d'un autre pédotype, l'oxydon.

Les proportions relatives des deux composantes -plasma/squelette (Kubienski - 1938, Brewer & Sleeman - 1960) ou fraction fine/fraction grossière (Stoops & Jongerius - 1975, Fitzpatrick - 1975, Brewer - 1976)- du fond matriciel sont extrêmement variables et dépendent, en partie du moins, de la nature et de la texture du matériau d'origine, mais également du résultat de l'application des processus et mécanismes de la pédoplasmatation, de la pédoturbation, du lessivage, etc... Ces variations se retrouvent bien évidemment au niveau de la texture, qui peut présenter toutes les formules : sableuse, sablo-argileuse, limono-argileuse, argilo-limono-sableuse, argileuse, limoneuse, etc...

Cet ensemble plasma/squelette ou fraction fine/fraction grossière, auquel il faut ajouter les vides, est en général désigné par l'expression "fond matriciel" ou "S-Matrix" (Brewer - 1964). Le cutanon (1), le séméton (1) ou tout autre trait pédologique sont exclus de cette définition. Bal (1973) divise le fond matriciel en deux parties. La première concerne la fraction minérale qu'il désigne par l'expression de "I-Matrix", la seconde se rapporte à la fraction organique et se nomme "O-Matrix". Plus récemment, Bullock & al. (1985) proposent d'utiliser l'expression "Groundmass", difficilement traduisible en français, pour qualifier le fond matriciel. Le terme de "Micromass" est réservé quant à lui à la fraction fine de la "Groundmass".

Le structichron possède une coloration vive, franche et en général homogène. Les teintes sont variées : jaune, orangé, rouge, brun, ocre, beige, violacé, etc... Dans l'ensemble des planches du code "Munsell" ces teintes correspondent à des valeurs comprises entre 2 et 8 et des chromas variant également entre 2 et 8. Quelques restrictions sont toutefois à apporter pour la planche 2.5 YR dans laquelle, lorsque la valeur est égale à 2, le chroma est de 4. De même dans la planche 2.5 Y, lorsque le chroma est égal à 2, la valeur est au moins égale à 7. Ces teintes correspondent à une très large définition du structichron qui prend alors en considé-

(1) : les termes de cutanon et de séméton seront définis dans les paragraphes ID.1 et ID.3.

ration de nombreux ensembles plus ou moins complexes de pédotypes intergrades entre le pédotype structichron d'une part, et différents autres pédotypes d'autre part. Parmi ceux-ci nous pouvons citer : l'humite, l'oxydon (1), le leuciton, le réducton (1), le vertichron (1), les entaférons lutiques et/ou aréniques (1), etc... tous pédotypes "meubles". Dans le cadre d'une définition plus stricte, les teintes des structichrons se placent, -pour les valeurs- entre 3 et 6 (planche 10 R), entre 2 et 6 (planche 2.5 YR), entre 3 et 7 (planche 5 YR), entre 3 et 8 (planches 7.5 YR et 10 R), entre 5 et 8 (planches 2.5 Y et 5 Y), -pour les chromas- les chiffres relevés sont systématiquement compris entre 6 et 8 quelles que soient les planches considérées.

La coloration des structichrons provient le plus souvent de la présence -en plus ou moins grande quantité- ou de l'absence de certains oxydes et hydroxydes métalliques (en général le fer) et /ou de leur nature. En région tropicale, la couleur rouge de certains structichrons est due à la prédominance de l'hématite sur toute autre forme du fer, la couleur jaune à celle de la goethite. Dans les structichrons beiges en revanche, la couleur est due en majeure partie à la très faible quantité d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (Ségalen - 1964, Fauck - 1972). Entre ces différents pôles tous les intergrades de couleurs peuvent exister. Ils permettent de mettre en évidence des pédotypes intergrades structichron-leuciton, structichron-réducton ou alors des juxtapositions complexes bicolores ou multicolores de structichrons.

Ces différences de couleurs peuvent être également le fait de la plus ou moins grande quantité de nécrumite associée au structichron. Nous pouvons, dans ces conditions, définir des pédotypes intergrades structichron-humite.

En effet, les associations de couleurs sont fréquentes dans les structichrons. Elles correspondent à la juxtaposition, sous forme de taches, de traînées, de réseaux, de langues, etc... de plages rouges et jaunes, rouges et beiges, jaunes et beiges, rouge violacé et ocre rouge, etc... Les combinaisons sont multiples. Ces volumes de colorations différentes sont l'expression de l'application de certains processus -actuels ou anciens- qui se traduisent ainsi par l'individualisation plus ou moins marquée, plus ou moins diffuse, de différentes formes d'oxydes et d'hydroxydes métalliques ou encore par l'apparition de zones de lessivage, d'accumulation, de réduction et d'oxydation, ... Tous ces processus et mécanismes peuvent affecter les particules argileuses, le nécrumite, les oxydes métalliques, ... Ces taches, traînées, réseaux, ... correspondent donc à la

1) : ces termes seront définis dans les paragraphes, IA-4 (oxydon), IA-5 (réducton), IA-6 (vertichron) et IVA-1 (entaféron).

présence côte à côte du pédotype structichron et de pédotypes intergrades structichron-leuciton, structichron-réducton, structichron-altérite, structichron-réducton, structichron-oxydon, ... Ou encore à la juxtaposition du structichron avec le leuciton, l'oxydon, le réducton, l'altérite, ... ou beaucoup plus simplement de différentes formes du structichron.

On remarque également que ces différentes phases de couleurs jaune, rouge, beige, ... se caractérisent aussi par des différences d'organisation, que ce soit au niveau de la structure, de la texture ou à celui de la présence ou de l'absence de certains pédotypes, de certains traits pédologiques. Ceci confirme donc les différences de pédotypes et de modes de formation, de mise en place auxquelles correspondent ces juxtapositions. Il en résulte évidemment des différences de fonctionnement, principalement en ce qui concerne la dynamique de l'eau et des éléments transportés -quelle que soit leur nature- d'une phase à l'autre, d'un pédotype à l'autre. De telles différences de fonctionnement ne font qu'accentuer les différenciations morphologiques déjà existantes.

En ce qui concerne ces associations de couleurs, le terme de réticron a été proposé par Chatelin & Martin (1972) et utilisé (Beudou & Sayol 1980) pour décrire certains ensembles plus spécifiques des sols ferrallitiques qualifiés habituellement d'argiles tachetées. On peut très schématiquement définir cet ensemble de la façon suivante : "il s'agit de la juxtaposition de matériaux caractérisés par une grande variété de couleurs. Ces couleurs dessinent le plus souvent un réseau de taches plus ou moins régulier dont la maille, de type alvéolée, réticulée ou anastomosée, se répète systématiquement tous les centimètres ou tous les décimètres" (Richard - 1985). C'est la notion de réseau qui a conduit à ce concept de réticron. Les éléments constitutifs et le réseau coloré ne correspondent pas à ce qui peut être décrit dans les altérites. De nombreuses variantes ont été observées. On peut citer des réticrons rouges et jaunes résultant d'un drainage vertical lent, saisonnier se marquant par une ségrégation des oxydes de fer (Richard -op.cit.), des réticrons rouges et blancs, des réticrons jaunes et blancs, etc... L'intervention de l'alternance de périodes de dessiccation et d'humectation semble fondamentale. Le terme de réticron qui désigne un assemblage plus ou moins complexe, plus ou moins net de plusieurs pédotypes, n'a pas été conservé. Dans la majorité des cas nous observons la juxtaposition de structichrons jaunes et rouges, de structichron et de leuciton, de structichron et de réducton, etc... Cette organisation particulière de deux ou plusieurs pédotypes a été fréquemment employée pour décrire également des ensembles oxydon-réducton, encore qualifiés de "pseudo-gley". Dans ces conditions, il est préférable d'utiliser la notion de juxtaposition de pédotypes pour décrire de telles organisations et éviter ainsi les risques de confusion.

Dans la "Soil Taxonomy", un certain nombre "d'horizons diagnostics" ont été identifiés. Chacun est en fait un structichron auquel sont associés un ou plusieurs autres pédotypes. Nous pouvons ainsi citer :

- l'horizon argillique: horizon illuvial reconnaissable à sa teneur élevée en argiles par rapport à celle des horizons adjacents

("ventre argileux") mais reconnaissable surtout à la présence de cutanes, visibles sur le terrain. Nous pouvons traduire cette définition par la juxtaposition structichron-cutanon (1) avec essentiellement des argilanes et ferri-argilanes.

- l'horizon agricole : horizon illuvial formé sous culture possédant des quantités appréciables de limons, d'argiles et d'humus illuviaux. Il s'agit encore d'une juxtaposition structichron-cutanon (1) avec argilanes, siltanes, organanes ou ensembles complexes argilo-organanes, ...

- l'horizon natrique : cas particulier d'horizon argillique avec une structure prismatique ou colonnaire, riche en sodium. Il s'agit de l'association structichron styloclode-séméton (1) (efflorescences).

- l'horizon sombrique : horizon riche en humus illuvial. Nous pouvons le décrire par l'association humostructichron-cutanon (1) qui forme essentiellement des organanes ou argilo-organanes. L'ensemble ainsi qualifié est formé de la juxtaposition d'un pédotype intergrade (humostructichron) et d'un pédotype simple (cutanon).

- l'horizon spodique : composé de matériau amorphe actif précipité (matières organiques, aluminium, ...) avec ou sans fer, possédant une forte capacité d'échange et une forte rétention en eau. La texture est fréquemment sableuse ou limoneuse grossière. La phase nécrumique se présente souvent sous forme d'agrégats intergranulaires sphériques (microgrumoclode) (1). Cette organisation est en général qualifiée de "floconneuse". La phase oxydique ou oxydo-nécrumique (1) présente une structure en pellicule enrobant les grains du squelette ou les reliant par des ponts. Cela peut aboutir à la formation d'"alios" (stérite) (1). Cette phase peut également se présenter sous forme floconneuse identique à celle de la phase nécrumique précédente. En termes plus synthétiques, cet horizon spodique correspond à la juxtaposition de structileuciton-nécrumite-humite-oxydon voire de stérite et de cutanon (1). Toutefois, cet horizon assimilé ici au structichron (structileuciton) ne possède le plus souvent que les pédotypes leuciton, nécrumite (1), oxydon (1).

- l'horizon cambique : C'est un horizon d'altération dans lequel la pédoplasmation n'est pas fortement marquée. De nombreux minéraux primaires incomplètement altérés et transformés sont encore reconnaissables. Nous sommes en présence d'un ensemble complexe altéstructichron-altérite (1) ou de tout autre intergrade et/ou juxtaposition altérite/structichron.

Déjà bien caractérisés par la couleur, les structichrons homogènes, bien individualisés, rouges ou jaunes, montrent à l'analyse microscopique des organisations spécifiques. Elles sont le résultat de l'application de différents processus participant à la pédoplasmation. En dehors

(1) : Se reporter à la page V.

des traits pédologiques tels que les cutanes qui correspondent à un pédotype particulier, on peut remarquer dans les structichrons la présence d'orientations plasmiques. Elles seront assez abondantes dans les structichrons jaunes et beiges peu ou grossièrement structurés des zones intertropicales (Beudou - 1972, Beudou & al. - 1977). En revanche, dans les structichrons rouges aliatodes, finement structurés en microagrégats, on note l'absence presque totale de toute organisation traduisant l'existence de mouvements de matière et très peu d'orientations plasmiques, excepté quelques orientations résiduelles autour de certains microagrégats (Beudou - 1972, 1975, Beudou & Chatelin - 1978, Beudou & al. - 1985).

Les structures de ce pédotype sont extrêmement diversifiées. Elles sont évidemment en relation avec la texture, le rapport plasma/squelette du fond matriciel et avec certaines micro-organisations. Les structures peuvent être pauciclude, amérode, anguclode, aliatode, etc... La structure aliatode est caractéristique de structichrons de sols ferrallitiques présents sur de vieilles surfaces structurales de la zone intertropicale. Elle se reconnaît à la présence exclusive de "microagrégats" dont l'origine et l'évolution ont été déjà longuement étudiés (Beudou - 1972, 1975, Muller - 1977, 1978, Chauvel - 1978). Pour certains, la formation de ces microagrégats résulte de l'intervention de processus physiques et chimiques (hydratation-dessiccation, ségrégation de certains éléments,...). Pour d'autres, l'activité de la faune du sol est impliquée et plus spécialement celle des Termites (Eschenbrenner - 1987). En effet, comme dans la majorité des pédotypes meubles, l'activité de la faune peut être importante dans les structichrons (Termites, Fourmis,...). Cette activité est effectivement en partie responsable de caractères structuraux particuliers dont, dans certains cas, la formation de microagrégats. Mais nous ne pouvons pas affirmer que tous les structichrons aliatiques sont le résultat des remaniements d'origine biologique.

Ainsi que la plupart des pédotypes meubles, le structichron possède des organisations microscopiques particulières qui ont été décrites et codifiées par Kubiena (1938, 1948); Brewer (1964, 1976), Stoops & Jongerius (1975) et plus récemment par Bullock & al (1985). Plusieurs types d'organisations peuvent ainsi être identifiés concernant :

1- Les relations plasma/squelette

Brewer a défini plusieurs types de distribution relative qu'il a qualifiés de :

- **Porphyrosquelique** : le plasma est prédominant et les grains du squelette apparaissent comme des phénocristaux dans une roche.

- Aggloméroplasmique: le plasma forme un remplissage incomplet dans les espaces intergranulaires.
- Intertextique : les grains du squelette sont reliés par des ponts de plasma ou sont emballés dans une matrice poreuse.
- Granulaire : il n'y a pas de plasma excepté sous forme de traits pédologiques.

En 1975 Brewer et Pawluk, puis en 1977 Brewer et Coventry et enfin en 1979 Brewer ont également proposé l'utilisation des termes suivants :

- Granique avec plusieurs types :
 - +orthogranique (grains minéraux entassés de façon lâche)
 - +phyto granique (fragments de plantes entassés de façon lâche)
 - +humigranique (moder)
 - +muligranique (mull avec quelques grains de squelette)
 - +matrigranique (unités plasma/squelette faiblement entassées)
- Granoidique : proche de granique mais constituée d'éléments jointifs.
- Fragmique : unités isolées "ajustées" de façon relativement dense, sans liens entre elles et sans revêtements.
- Fragmoidique : proche de fragmique mais les unités sont fusionnées.
- Chlamydiques : la matrice se présente en revêtements complets. C'est une variante de chitonique (Stoops & Jongerius - 1975) et de chlamydomorphique (Kubienski - 1948).
- Gefurique : présence de ponts entre les grains du squelette qui ne sont pas entièrement enrobés. C'est une variante d'intertextique.
- Plectique : les grains de squelette sont entièrement enrobés de plasma et reliés entre eux par des ponts de fond matriciel.

Stoops et Jongerius (1975) ont proposé d'autres termes qui ont été repris par Bullock & al. (1985) :

- Monique : présence d'un seul type de particule d'une seule classe granulométrique.
- Gefurique : les particules grossières sont reliées par des ponts de matériau fin.
- Chitonique : les grains grossiers du squelette sont totalement ou partiellement enrobés de plasma.
- Enaulique : les grains grossiers de squelette sont séparés par des agrégats de matériau plus fin (squelette et plasma).
- Porphyrique : les grains de squelette sont distribués dans une masse plasmique continue.

2- Les arrangements plasmiques

A l'intérieur du fond matriciel plusieurs types d'arrangements sont reconnaissables, parmi lesquels Brewer (1964, 1976) a distingué les arrangements :

- Asépique : plasma anisotrope sans domaine d'orientation différencié, sans séparations plasmiques, avec une extinction tachetée. Selon la taille des particules on met en évidence deux sous-groupes :

+argilasépique (argileux)

+silasépique (limoneux)

-Sépique : plasma anisotrope avec différents domaines caractérisés par des orientations particulières :

+insépique : les séparations plasmiques avec une orientation apparaissent en taches ou en petites "îles" isolées à l'intérieur d'un plasma d'aspect ponctué.

+mosépique : cas extrême de la fabrique insépique. Les taches sont pratiquement jointives. Les zones de plasma ponctuées qui séparent les taches sont réduites.

+vosépique : les séparations plasmiques ont une position de type subcutanique par rapport aux parois des vides. L'orientation est parallèle aux parois des vides.

+squelsépique : les séparations plasmiques ont une position subcutanique par rapport à la surface des grains du squelette. L'orientation est parallèle à la surface des grains.

+masépique : les séparations plasmiques ne sont en relation ni avec les vides ni avec les grains du squelette. Elles constituent des zones caractérisées par de longues striations parallèles ou sub-parallèles. Ces orientations peuvent avoir plusieurs directions et nous décrirons alors des structures bimasépiques, trimasépiques, ... Les structures masépiques sont fréquemment interprétées comme des reliques d'orientations existant dans la roche mère.

+lattisépique : cas particulier d'une structure bimasépique ayant l'aspect d'un "treillis". Les séparations sont courtes et les deux directions sont approximativement orthogonales.

+omnisépique : l'ensemble du plasma montre une orientation striée, complexe, sans qu'apparaissent de zones d'orientation préférentielle.

Tous ces types de fabriques peuvent être juxtaposés ou former des intergrades. Les arrangements seront alors squelmasépique, squel-vo-lattisépique, etc...

Bullock & al. (1985) proposent d'autres termes pour décrire l'organisation du fond matriciel qualifiée d'une manière générale par l'expression de "fabrique biréfringente" ou "b-fabrique". Plusieurs types sont ainsi distingués :

-b-fabrique indifférenciée : matériau isotropique ou opaque. Mais la fabrique peut être masquée par les oxydes, l'humus...

-b-fabrique cristallitique : présence de petits cristallites biréfringent ou de microlithes ou de fragments de minéraux.

-b-fabrique tachetée : semble correspondre aux arrangements insépique et mosépique.

-b-fabrique striée : elle peut être subdivisée en plusieurs sous-groupes :

- +monostriée
- +parallèle
- +réticulée
- +croisée
- +au hasard
- +circulaire
- +en croissant

-b-fabrique striale

Brewer (op. cit.) distingue d'autres types d'organisation plasmique :

-Ondalique : plasma pratiquement isotrope avec toutefois une légère extinction ondulante.

-Isotique : plasma isotrope. Selon l'élément responsable de l'isotropie il est possible de reconnaître plusieurs types :

- +organique
- +oxydique
- etc...

-Crystique : l'anisotropie du plasma est due à la présence de cristaux (carbonates, sulfates, etc...).

3- Les vides

Etroitement liés à la notion de structure (macro-, micro-) on ne peut décrire le structichron ou tout autre pédotype meuble sans aborder ce problème. Brewer (op. cit.) distingue :

- selon le type de parois :

-orthovides : les parois ont un aspect morphologique identique à celui du fond matriciel.

-métavides : les parois sont lissées.

- selon leur localisation :

-intraagrégats : vides à l'intérieur des agrégats ou dans les matériaux amérodés.

-interagrégats : vides localisés entre les agrégats.

-transagrégats : vides traversant la totalité du matériau pédologique sans relations particulières avec la présence d'agrégats.

- selon leur "morphologie"

- vides d'entassement
- vésicules
- chenaux
 - +simples
 - +dendroïdes
 - +anastomosés
- chambres
- fentes

Toutes ces caractérisations micromorphologiques s'appliquent également aux différents pédotypes meubles que nous avons définis par ailleurs.

Ce pédotype, expression de la pédoplasation, caractérise la grande majorité des sols ayant été affectés par une pédogénèse suffisamment accentuée. Seuls les sols que l'on peut qualifier de "très peu développés" (conditions de milieu trop rigoureuses, absence de précipitations, climat très froid ou très chaud, érosion intense, etc...) ne possèdent pas ce pédotype ou alors seulement un pédotype intergrade altérite-structichron. Le structichron traduit donc le passage de l'altérite -où la structure de la roche est toujours plus ou moins reconnaissable- à une organisation spécifiquement pédologique. C'est le résultat essentiel de la pédoplasation qui se traduit en particulier par le fractionnement des particules argileuses provenant de la transformation des minéraux primaires. L'observation en lames minces de structichrons intergrades vers les altérites révèle l'existence d'organisations particulières, les altéroplasmas. Ce terme a été utilisé par Boulet (1972) pour caractériser des matériaux souvent riches en "macro-kaolinites" (Beaudou & Chatelin - 1979). Dans les structichrons en revanche, ces kaolinites de grande dimension disparaissent totalement et seuls sont visibles des minéraux argileux de très petite taille. Le passage de l'un à l'autre se fait en général sans réelle transition. Ces remarques ne concernent que les sols dérivant de roches leucocrates ou mésoocrates des régions tropicales humides. Ces différences dans la taille des éléments argileux des structichrons et des intergrades structichron-altérite se vérifient, tout au moins en partie, à la lecture des résultats des analyses granulométriques. En effet, si dans leur grande majorité les structichrons sont argileux ou argilo-sableux, les pédotypes intergrades se caractérisent par des textures sensiblement plus riches en limons fins et grossiers.

La pédoplasation, terme utilisé pour désigner le processus responsable de la transformation de l'altérite (cf. paragraphe V.1) en un matériau pédologique a été définie par Flach & al. (1968) de la façon suivante : "a primarily physical process that effects the transformation of weathered rock (saprolite) to soil B Horizons". Cela implique la disparition totale des caractères morphologiques hérités de la

roche-mère, encore visibles dans l'altérite, sans qu'il y ait de transformations minéralogiques importantes. La pédoplasation se traduit en revanche par de profondes modifications structurales (assemblages plasmiques, porosité, distribution du squelette, dimensions des éléments du fond matriciel, ...), qui seraient, selon ces auteurs, d'ordre physique (mécanique). Ils invoquent essentiellement :

- la succession de gonflements et de retraits dus à l'alternance de périodes d'humectation et de dessiccation.
- l'action des racines.
- l'action de la faune du sol.
- la pression pédostatique.

Eschenbrenner (1987) montre très clairement que l'action de la faune du sol représente, selon toute vraisemblance, le facteur essentiel de la pédoplasation tout au moins en ce qui concerne les sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire. Les termites creusent et combient de multiples réseaux de chenaux et de chambres à l'intérieur des ensembles altéritiques. L'altérite ainsi taraudé serait alors remplacé peu à peu par le matériau des pédotubules (bioféron structichromique et/ou humique et/ou oxydique et/ou tous les intergrades). Dans cette hypothèse la pédoplasation devrait être assimilée à une perturbation faunique (Hole - 1961) qui, par fragmentation de la kaolinite et de la muscovite aboutirait à l'apparition de pédotypes structichromiques (le caractère bioférique initial disparaissant du fait de la pédoturbation). Pour expliquer cette transformation il suffit donc de mettre en oeuvre des processus uniquement mécaniques sans conséquences minéralogiques. La brutalité des contacts entre altérite et structichron (phase pédoplasée) conforte cette hypothèse (Beaudou, Chatelin -1979).

Les remarques concernant les "charges variables" (cf les définitions de l'oxydon et du nécrumite aux paragraphes 11-4 et 32-1) peuvent se transposer dans les structichrons formés essentiellement d'argiles 1:1 (kaolinite). L'amplitude des variations des charges est toutefois relativement peu marquée en comparaison avec celle relevée dans les oxydons.

4- L' OXYDON

(dérivé de Oxyde)

Préfixe: OXYDO-

Adjectif: OXYDIQUE

Code de saisie de terrain: OXYDO

Le pédotype oxydon (Ségalen, 1979 - Beaudou & al., 1982) correspond à un matériau pédologique meuble à coloration très vive le plus souvent homogène. Les teintes, généralement rouge ou jaune, parfois rouge violacé ou presque noir, sont à mettre en relation avec la nature des oxydes et/ou hydroxydes métalliques qui le composent.

Si les couleurs et l'organisation générale de ce pédotype se rapprochent de ce qui a été dit à propos du structichron, il en diffère toutefois par sa nature. Il est en majeure partie composé d'oxydes et d'hydroxydes métalliques - fer, aluminium, manganèse, chrome, nickel, cobalt, ... - soit en mélange, soit avec une forte prédominance de l'un d'entre eux. Le fer est le plus fréquemment observé. D'une granulométrie fine, proche également de celle des structichrons, l'oxydon ne contient pratiquement pas d'argiles minéralogiques. Selon Segalen & al. (1979) la teneur en argiles minéralogiques ne doit pas dépasser 10% de l'ensemble des éléments constituant le pédotype. La structure est fréquemment amérode (1), ou beaucoup plus rarement pauci-amérode (1). Ce pédotype, finement poreux, n'est jamais plastique ni collant à l'état humide.

Dans beaucoup de sols tropicaux, l'oxydon représente le pédotype dominant. Cependant dans de nombreux autres types de sols, y compris dans les oxisols (sols ferrallitiques oxydiques), l'oxydon est associé à d'autres pédotypes. Il peut former des ensembles intergrades complexes avec des pédotypes "meubles" tels que l'humite, l'arumite, le structichron, etc... Nous décrirons alors des structioxydons, des oxydohumites, etc... Il peut également se trouver juxtaposé avec ces mêmes pédotypes meubles. Dans ces conditions l'oxydon se localise alors au voisinage des vides (pores, tubules, fentes, etc...) ou bien des phytotypes comme le rhizagé (1) et/ou le rhizophyse (1). Dans ces conditions particulières, l'oxydon prend des expressions morphologiques proches de celles décrites pour le séméton (1) ou même le cutanon (1) oxydiques (pellicules, placages, volumes durcis, etc...).

L'oxydon est aussi très fréquemment observé en "juxtaposition" avec des pédotypes non meubles, en particulier avec le lapidon (1), le stérite (péto, duri, fragi, pauci) (1) oxydiques. Bien que d'organisation et de structure très différentes, l'oxydon, le lapidon et le stérite oxydiques sont très souvent de même nature chimique (ou de nature voisine). Il est alors possible d'envisager l'établissement d'une "relation d'intergradation". Elle s'exprimerait par l'intermédiaire d'une échelle de dureté. Une relation de même type peut être décrite entre oxydon, "volumes durcis oxydiques" (formes de séméton) et lapidon (pauci-, fragi-, duri-, péto-) oxydique.

Du fait de sa nature, l'oxydon possède des propriétés particulières qu'il partage d'ailleurs avec d'autres pédotypes. En effet, les pédotypes contenant soit des sesquioxides, soit des "argiles à faible activité" tels que les oxydons, les structichrons oxydiques, -oxydiques et kaoliniques-, les structichrons "andiques", les leucitons oxydiques, les leucitons humiques et même le nécrumite, sont caractérisés par le fait que les charges de surface des

(1) : se référer à la page V.

composants varient de façon sensible avec l'évolution du pH ou de la force ionique et les modifications de la solution du sol. Ces changements à la fois en amplitude et en signe caractérisent donc ces pédotypes que l'on rencontre dans les sols communément qualifiés de "sols à charges variables".

Cette nature particulière, à "charges variables", résulte essentiellement de l'abondance dans la fraction argileuse - au sens granulométrique - de minéraux à "surfaces amphotères" (souvent qualifiés à tort de minéraux à potentiel constant). Les minéraux qui possèdent au plus haut point ces propriétés sont les oxydes et hydroxydes d'aluminium et de fer. Ils peuvent être bien cristallisés, paracrystallins ou même très peu cristallisés. A un degré moindre, nous trouvons ensuite les argiles de type 1/1 (halloysite et kaolinite).

A l'opposé, les charges de surfaces des minéraux argileux de type 2/1 résultent d'importantes substitutions isomorphiques à l'intérieur même de leur structure et sont de ce fait pratiquement indépendantes du pH et de la solution environnante du sol. Les pédotypes formés en grande majorité de ces argiles (vertichron) sont dits à charges constantes ou permanentes.

L'oxydon et tous les pédotypes à charges variables ont une faible capacité d'adsorption. Ils ne retiennent que très peu de cations dans les conditions de pH et d'environnement ionique qui prévalent dans les systèmes naturels où se trouvent ces pédotypes. C'est en majeure partie pour cette raison qu'ils ont été qualifiés de pédotypes à "argiles à faible activité et que les sols qu'ils forment sont rangés parmi les sols à faible ou très faible niveau de fertilité ou même dans certains cas de sols "naturellement infertiles".

Le pédotype oxydon, très fréquemment observé et décrit dans les sols des régions intertropicales, n'a été pris en réelle considération que depuis assez peu de temps. Actuellement, une grande partie des problèmes qui se posent concernant leurs propriétés particulières fait l'objet de nombreuses recherches. Celles-ci concernent aussi bien la compréhension de sa genèse, de son fonctionnement que celui de son comportement lors de divers essais d'utilisation agronomique. Sans prétendre établir une liste exhaustive des travaux entrepris, nous pouvons toutefois citer ceux de différents auteurs tels que Eswaran (1979), Eswaran & Tavernier (1980), Paramanathan & Eswaran (1980), Bigham & al. (1978), Isbell (1979), Parfitt (1980), Bowden & al. (1980), Gillman (1979), Uehara Keng (1975), Fox (1980), El Swaify (1980), Morrison (1980), etc...

5- LE REDUCTON

(dérivé de Réduit)

Préfixe: REDUCTO-

Adjectif: REDUCTIQUE

Code de saisie de terrain: REDUC

Le pédotype réducton (Beaudou & Sayol - 1980) désigne un matériau pédologique meuble caractérisé par des colorations gris, gris-bleuâtre, gris-verdâtre, blanc, beige, jaunâtre très clair. Dans le code Munsell, ces teintes se situent dans les planches 2.5 Y, 7.5 YR, 2.5 YR au niveau des valeurs comprises entre 4 et 6 et des chromas entre 0 et 2. Pour les planches 5 YR et 10 YR, les valeurs varient entre 5 et 6, les chromas entre 1 et 2. En ce qui concerne la planche 5 Y, les teintes du réducton se localisent entre 5 et 6 pour les valeurs et entre 1 et 3 pour les chromas.

Ce pédotype présente, dans certaines situations, une teinte relativement homogène, uniforme. Mais il est toutefois assez fréquent d'observer des associations du réducton avec d'autres pédotypes ce qui se traduit par la présence de taches, de raies, de bandes, etc... de couleur plus ou moins vive juxtaposées à l'ensemble réductique.

Les textures de ce pédotype sont le plus souvent situées entre les pôles argileux et limoneux mais gardent toutefois un degré de variabilité relativement élevé. Les structures sont en général amérode, pauciclude ou anguclude grossière, mal individualisée ou encore toute structure intergrade entre ces trois pôles structuraux.

Le réducton qui correspond aux "gleys" définis depuis fort longtemps par de nombreux auteurs dans les régions tempérées (cités par Vizier - 1974 et 1983) peut occuper des volumes importants de l'espace pédologique et former des "horizons" dans des situations morphopédologiques définies. Très souvent, il se présente sous forme de petits volumes matérialisés par des taches, des bandes, etc...

Selon leur origine, plusieurs types de gleys ont été définis:

- le gley alluvial ou semi-gley : il s'individualise en présence d'une nappe phréatique dans un milieu relativement aéré.
- l'amphigley : il résulte de l'action simultanée d'une nappe temporaire et d'une nappe profonde permanente.
- le stagnogley : il s'individualise dans les niveaux mal drainés des plateaux ou des cuvettes dans lesquels l'eau reste toute l'année et où s'accumule la matière organique.

En fonction de leur nature Gerasimova (1970) met en évidence d'autres types de gleys :

- l'orthogley riche en fer ferreux mobile.
- l'ekligley riche en hydroxydes de fer légèrement cristallisés.
- le paragley où le fer est essentiellement présent sous forme de composés organo-minéraux.

Tous ces termes, qui expriment plutôt un processus qu'une structure, traduisent toutefois l'existence d'un ensemble unique présentant un schéma d'organisation général relativement facile à reconnaître et à caractériser sur le terrain : le réducton qui peut être associé ou non à d'autres pédotypes. Comme nous l'avons déjà signalé, les associations du réducton avec d'autres pédotypes sont fréquentes. Il s'agit le plus souvent de juxtapositions aussi bien avec des pédotypes "meubles" qu'avec d'autres pédotypes. Nous pouvons citer par exemple l'oxydon, le structichron, le leuciton, l'humite, le mélanumite, le vertichron (1), l'al-térite (1), le lapidon (1), le séméton (1), etc... Uniquement avec les pédotypes meubles, le réducton constitue des ensembles intergrades parfois plus difficiles à caractériser.

Le pédotype réducton est donc le résultat de l'application de processus dus à la présence d'un excès d'eau sur un "matériau pédologique". Cette accumulation d'eau agit sur l'évolution et les caractères de certains éléments (Vizier - 1983).

- la "matière organique" : sa décomposition est ralentie et les produits obtenus sont différents de ceux qui résultent d'une évolution en milieu bien drainé (présence d'hydrogène, de méthane, de composés humifiés peu polymérisés). De plus, la fraction hydro-soluble faiblement biodégradée subsiste longtemps dans les sols et peut alors migrer. Si l'activité biologique est très ralentie, il se forme des tourbes qui sont des ensembles intergrades nécrophy-tion-nécrumite(1) ou encore nécrophytion-nécrumite-mélanumite.

Les tourbes sont le résultat d'une décomposition incomplète des tissus végétaux soumis à des processus de fermentation anaérobiques qui libèrent très rapidement du gaz carbonique, de l'hydrogène et du méthane. Lignines, résines et cires se concentrent et s'ajoutent aux éléments azotés. Cette organisation particulière suppose des apports réguliers et en quantités suffisamment importantes de nécrophytion afin de constituer des ensembles relativement épais.

(1) : Se reporter à la page V.

Le type de matière organique favorise le développement des processus de réduction et la migration de certains éléments minéraux réduits sous forme de complexes organo-métalliques.

- les réactions d'oxydo-réduction : plusieurs réactions de réduction interviennent et concernent successivement:

1- les nitrates (dénitrification). Il y a accumulation d'azote ammoniacal et fixation d'azote.

2- les composés manganiques (intervention de processus microbiens).

3- les composés ferriques. Ils sont d'autant plus facilement réductibles qu'ils sont moins bien cristallisés ou amorphes. Lors du déroulement de ces processus, il faut envisager le rôle probable joué par la nature des associations fer-argile ou des complexes fer-substances organiques. La couleur particulière du pédotype réducton est plus ou moins directement liée à la réduction du fer. Elle semble due à la perte d'un film d'oxydes par les argiles (Bloomfield - 1951), à la présence de fer ferreux (Motomura & Yamanaka - 1963), à l'adsorption de composés organo-minéraux par les argiles (Bloomfield - 1952, 1963).

4- les sulfates (interventions des bactéries anaérobies strictes qui conduisent à la formation de sulfures).

Ces différentes étapes se succèdent au fur et à mesure que les conditions réductrices augmentent et que le milieu devient plus anaérobique.

- les caractères physiques : la présence de cet excès d'eau tend également à modifier l'organisation d'ensemble du pédotype. La porosité est faible, la structure est du type amérode ou anguclode grossière ou très grossière. Tassement et colmatage favorisent la déferrisation de la surface des argiles (Chauvel - 1976, Chauvel & Pédro - 1978). On observe également une modification de la densité apparente (gonflement puis tassement).

De toutes ces transformations dues à la présence d'un excès d'eau, en plus des modifications de structure, il faut principalement retenir l'importance du rôle que joue le fer. C'est en effet l'élément dont la dynamique marque le plus ce pédotype. Celle-ci peut se schématiser ainsi :

- mobilisation : due aux phénomènes de réduction qui impliquent la présence de fer réduit sous forme ionisée ou complexée à des produits organiques.

- redistribution : elle se fait soit par migration du fer réduit avec l'eau drainant par gravité -en milieu ouvert-, soit par diffusion -en milieu fermé-.

- immobilisation : c'est un phénomène progressif et partiel qui affecte le fer ferreux. Il y aurait formation d'un hydroxyde ferroso-ferrique ou bien adsorption du fer réduit.

La relation la plus fréquemment observée est donc celle qui existe entre le réducton et l'oxydon et plus particulièrement l'oxydon ferroxique. On aboutit ainsi à la formation d'ensembles complexes formés de pédotypes juxtaposés -réducton-oxydon-, en général rouge et gris, habituellement désignés par le terme de pseudo-gley. L'oxydon est généralement visible sous forme de taches, traînées, ..., plus ou moins diffuses au voisinage des pores et des fentes, ou dispersé dans le fond matriciel sans relations directes avec un quelconque trait morphologique. La redistribution du fer obtenue pendant les périodes de saturation se trouve "fixée" au cours des périodes de dessiccation. Ces formes oxydées du fer sont ensuite difficilement mobilisables et l'oxydon se maintient en général, d'une période de dessiccation à l'autre. Ces ensembles de pédotypes juxtaposés oxydon/réducton sont donc une des expressions de la dynamique du fer dans les sols. Ils marquent également l'alternance des rythmes saisonniers humides et secs.

D'autres oxydes métalliques -d'autres types d'oxydons- sont parfois associés au réducton. Il s'agit surtout des oxydons manganiques ou ferro-manganiques. Ils sont également juxtaposés au réducton sous forme de taches ou de traînées noir bleuté. Mais ce type particulier d'oxydon peut également s'individualiser sous forme de "dendrites", de "pelli-cules". Ces structures, considérées comme des traits pédologiques, sont décrites comme appartenant au séméton (1).

Une dernière remarque s'impose en ce qui concerne cette dynamique des sesquioxydes -principalement du fer et du manganèse-. Elle concerne l'individualisation de structures continues ou discontinues, qui présentent différents degrés de dureté. L'induration ainsi exprimée se fait de façon relativement progressive. Ces formations correspondent aux diverses expressions du lapidon (1) et du stérite (pauci-, fragi-, duri-, pétro-) (1). Les formes prises par ces accumulations d'oxydes métalliques sont variées. En ce qui concerne le lapidon on observe soit des concrétions, soit des nodules, ... Nous sommes alors en présence de juxtapositions réducton/stérite, réducton/lapidon.

Pour terminer cette caractérisation essentiellement macro-morphologique du réducton, il faut ajouter le résultat des observations microscopiques. Si les relations plasma/squelette, les orientations plasmiques, les types de vides présentent de grandes analogies avec ce qui a été observé

(1) : voir la définition du séméton proposée au paragraphe ID-3, du lapidon (IB.1) et du stérite (IB.2).

dans bon nombre de pédotypes meubles (structichron, oxydon,...), il faut toutefois remarquer (Beaudou - 1972) que les orientations plasmiques sont souvent très abondantes et qu'il existe dans ce pédotype des formes microstructurales spécifiques (formes des microagrégats, localisation du cutanon, ...).

6- LE VERTICHRON

(du latin Verto: je tourne et du grec Chroma: couleur)

Préfixe: VERTI-
Adjectif: VERTICHROMIQUE
Code de saisie de terrain: VERTI

Le pédotype vertichron (Beaudou & al. - 1983) désigne un matériau pédologique meuble de coloration foncée, le plus souvent homogène. Le vertichron est en général peu perméable, de texture argileuse ou très argileuse caractérisée par de fortes proportions d'argiles "gonflantes" de type "smectite". Ces argiles ne sont cependant pas les seules présentes dans les vertisols. En effet le vertichron peut contenir des mélanges d'argiles de type smectite et de type kaolinite ou même, dans certains cas, de l'illite. Toutefois les argiles gonflantes sont à l'origine de traits morphologiques particuliers qui marquent à la fois les sols, le modelé de la surface du sol et même le "paysage" :

- L'existence de fentes de retraits dont les dimensions sont extrêmement variables et oscillent entre quelques millimètres et plusieurs centimètres ou dizaines de centimètres. Ces fentes de retrait ont une existence périodique en relation avec le pédo-climat et plus spécialement avec le degré d'humidité du sol.

- Une structure du type sphénoclode (se référer aux définitions des termes structuraux du paragraphe IA7-c), dite "en coin" par de nombreux auteurs. Les faces des agrégats sont fréquemment gauchies, cannelées, striées, lissées ou luisantes. Ceci lié à l'existence de mouvements à l'intérieur du sol a fait désigner ces faces structurales par les termes de "faces luisantes", "faces brillantes", "faces de glissement"; les pédologues de langue anglaise utilisant le terme de "slickensides". Tous ces caractères des faces des agrégats peuvent coexister, mais le plus souvent on ne remarque que la présence de quelques uns ou bien d'un seul d'entre eux. Les agrégats possèdent des dimensions variant entre quelques millimètres et plusieurs centimè-

tres ou dizaines de centimètres.

- En même temps que cette structure sphénoclude le pédotype possède également, dans de nombreux cas, une structure prismoclude (cf paragraphe IA7-c) très souvent qualifiée de sur-structure. Les éléments structuraux sont délimités par des fentes de retrait dont les dimensions sont également très variables aussi bien en largeur qu'en hauteur. Les prismes ainsi individualisés peuvent atteindre une hauteur de plusieurs centimètres ou dizaines de centimètres et un diamètre qui varie dans la même échelle de valeur. Cet état structural, qui se surimpose à la structure sphénoclude, est fortement dépendant du degré de dessiccation du vertichron.

- L'extrême variabilité de la cohésion de ce pédotype. Très dur lorsqu'il est très sec, il devient pendant les périodes humides plastique et collant. Dans les deux situations, il est pratiquement impossible de prévoir une quelconque utilisation agronomique du vertichron ou de tout autre pédotype intergrade avec le vertichron.

Tous ces caractères morphologiques qui sont les manifestations des mouvements existant dans le pédotype ou l'expression de changements d'état, sont dus à la présence de grandes quantités de smectites. Ce sont eux également qui sont à l'origine du nom de ce pédotype. Ces mouvements, sensibles parfois à une échelle dépassant celle du pédotype, ont dans certains cas des effets spectaculaires au niveau d'un paysage qu'ils contribuent fréquemment à modifier de façon assez profonde.

La coloration du vertichron, bien que variable, reste généralement homogène et se situe dans les teintes brunes, brun-vert, vert "olive", brun-jaune, jaune-vert, ce qui correspond, sur la "Charte Munsell", aux planches 10 YR, 2.5 Y, 5 Y, aux valeurs comprises entre 4 et 6 et aux chromas situés entre 2 et 6. Toutefois d'autres couleurs à dominante brun-rougeâtre ont été plus rarement observées.

La coloration de ce pédotype semble en liaison étroite avec la composition de la matière organique (Pias - 1970). Les traitements qui détruisent le réseau des smectites (recherche de produits amorphes par des traitements à la soude) s'accompagnent d'une atténuation rapide et sensible de la coloration. Selon de nombreux auteurs, les smectites absorberaient les cations organiques dans leurs espaces interfoliaires et seraient ainsi responsables de la coloration assez intense du vertichron.

L'organisation microscopique du vertichron est caractérisée par un plasma argileux très abondant et un assemblage généralement porphyrosquelique. Les orientations plasmiques très variables sont toutefois le plus souvent masépiques ou

lattisépiques. Les mouvements d'éléments figurés argileux ne se manifestent en général que par des cutanes de tension. Les cutanes, habituellement interprétés comme le résultat de dépôts après transport de particules argileuses (au sens granulométrique et minéralogique), sont exceptionnels, qu'il s'agisse d'argilanes, de néoargilanes, de sesquanes, de néosesquanes, etc... Il existe donc, selon l'échelle, une différence sensible d'intensité et de forme d'expression des mouvements existant dans ces sols. L'observation unique de lames minces ne peut en aucun cas laisser supposer l'existence de mouvements de grande ampleur tels qu'ils ont été décrits à l'échelle du sol, du segment ou du "paysage".

A l'exception de la présence de larges fentes de retrait et de fines fentes interagrégats qui représentent en fait une "porosité en grand", la porosité fine intra-agrégats est extrêmement faible sinon inexistante. Le volume des vides (fentes) et la porosité sont, bien entendu, très dépendants du degré d'humidité du pédotype.

Le vertichron est fréquemment associé à d'autres pédotypes. Il forme des ensembles intergrades plus ou moins complexes avec le mélanumite, l'humite, le structichron, le réducton, l'entaféron lutique et/ou arénique (1), l'altérite (1), etc... Le vertichron est également assez souvent juxtaposé à des pédotypes non meubles. On peut citer par exemple le lapidon (1) oxydique (nodules et concrétions de manganèse), le lapidon carbonaté calcique (granules, poupées et concrétions calcaires). Un autre cas de juxtaposition est celui du vertichron et du séméton (1), pédotype qui regroupe les crystallarias (gypse, etc...), les pseudo-myceliums (carbonatés calciques, siliceux, etc...), les dendrites et les pellicules (manganèse), les volumes friables (carbonatés calciques ou magnésique).

Discussion :

Le vertichron pourrait être assimilé à une variante du structichron caractérisée par une structure particulière de type sphéno-clode. Toutefois, nous avons vu que la nature des argiles qui le composent confère à ce pédotype toute une série de caractères morphologiques extrêmement spécifiques et cet ensemble de traits permet ainsi d'identifier ce pédotype en tant que tel. De ce fait, un vertichron ne peut pas être seulement un structichron argileux ou très argileux, mais il doit être défini comme un pédotype possédant des organisations qui lui sont propres et qui lui assurent des comportements et des fonctionnements originaux.

(1) : voir les définitions proposées dans les paragraphes IVA.1 (entaféron), V (altérite), IB.1 (lapidon) et ID.3 (séméton).

7- LA "STRUCTURE" DES PEDOTYPES MEUBLES

a- Historique rapide

Le terme de structure désigne la disposition, l'arrangement des parties d'un ensemble ou bien la manière dont un ensemble concret, spatial est envisagée dans ses parties, dans son organisation. Ou encore la forme observable et analysable que présentent les éléments d'un objet ou finalement, de façon plus abstraite, ce terme est utilisé pour exprimer un ensemble organisé de rapports (Dictionnaire Le Robert - 1970).

Le sol est un ensemble très complexe d'éléments de natures diverses possédant des relations, des liens très variés définis par la disposition relative de ces éléments. De cette manière s'individualisent des entités qu'il est possible de décrire. Ces entités, ces volumes, ces structures se caractérisent à plusieurs niveaux, mais surtout à ceux de l'assemblage élémentaire ("la fabrique") et de la structure (agrégats, mottes, etc...).

Zakharov (1927) définit la structure comme "les nombreux fragments ou mottes qui résultent de la fragmentation du sol". Dans cette définition extrêmement simple, seuls les critères de taille et de forme des éléments sont pris en considération. L'arrangement, les relations entre ces éléments sont apparemment ignorées. A cette définition, il faut associer la notion de "capacité structurale" qui représente la capacité d'un sol à se briser en fragments ou agrégats de différentes tailles et formes.

Baver en 1948 précise que si la structure est en général définie comme l'arrangement des particules du sol, il faut également admettre que les particules du sol ne sont pas uniquement représentées par des "éléments texturaux simples (sables, limons, argiles) mais aussi par des "agrégats" ou "éléments structuraux" qui sont des particules secondaires. La structure d'un horizon (ou d'un pédotype), telle qu'elle apparaît à l'oeil nu, peut être considérée comme la macrostructure du sol à ce niveau. Cette macrostructure est indéniablement dépendante de l'assemblage des particules du sol non directement décelables à l'observation de terrain. En d'autres termes, l'arrangement des unités les plus fines (ou microstructure) influence la macrostructure.

(1) : se référer aux paragraphes IB-1 (lapidon) et ID-3 (sémé-
ton).

En 1951 dans le "Soil survey manual" de l'USDA, la structure est également définie comme "l'agrégation des particules primaires du sol en particules composées ou comme le regroupement des particules primaires, séparées des agrégats voisins par des surfaces de moindre résistance". Cette définition ne considère que les "éléments secondaires" de Baver (op. cit.). La soil taxonomy précise d'autre part différentes notions.

- Le "ped" : agrégat naturel du sol qui est opposé au "clod" lequel doit son origine à une perturbation (labours, etc...). Le clod représente une structure transitive qui disparaît à la faveur de l'action répétée des alternances de phases d'humidification et de dessiccation.

- Le "fragment" : il provient de la rupture de la masse du sol à la faveur de zones de moindre résistance.

- La "concrétion" : elle est due à des concentrations locales d'éléments qui cimentent de façon irréversible les éléments texturaux du sol.

Plus récemment Brewer (1964-1976) a défini deux concepts importants :

- Celui de "fabrique du sol" ou d'"assemblage du sol" qui représente l'arrangement spatial des éléments solides et des vides qui leur sont associés. Ceci concerne non seulement la distribution spatiale des "grains" simples et des vides associés, mais aussi des particules complexes et des vides qui les séparent.

- Celui de "structure du sol" qui est exprimé par la taille, la forme et l'arrangement des particules "solides" et des vides, incluant à la fois les particules primaires et les particules composées. La "pédalité" d'un sol est exprimée par la taille, la forme et l'arrangement des agrégats.

A cela, il faut ajouter deux autres notions qui vont être essentielles dans l'analyse de la structure d'un sol ou d'un pédotype :

- L'unité d'organisation : sous cette expression Brewer rassemble plusieurs concepts.

1- Le "ped" : C'est un agrégat isolé du sol, formé par le regroupement des particules primaires, séparé des agrégats voisins par des surfaces de moindre résistance qui sont identifiables à des vides naturels ou qui sont reconnaissables à la présence de cutanes.

2- Le "trait pédologique" : C'est une unité reconnaissable à l'intérieur d'un matériau pédologique par différents caractères liés à son origine (dépôt, mouvements, etc...). Cela se traduit par des différences dans la concentration de certaines fractions du plasma ou dans l'arrangement des constituants par exemple. On parle alors de concentrations plasmiques, de séparations plasmiques, de pédoreliques, de lithoreliques, etc...

3- La "matrice-sol" : C'est le matériau (plasma et/ou grains du squelette et vides associés) composant l'agrégat (le ped) le plus simple, l'agrégat ou le "ped" élémentaire (ou primaire). Il peut également s'agir d'un ensemble sans agrégats n'ayant que des séparations plasmiques comme trait pédologique.

- Le niveau d'organisation : C'est ce qui permet de distinguer l'élément le plus simple, l'unité de base utilisée pour la description pédographique. La pédographie étant la description systématique des sols basée sur l'observation à différentes échelles (terrain, oeil nu, lame mince, etc...), basée également sur toute autre donnée provenant de l'utilisation d'autres techniques et concernant la taille, la forme, l'arrangement et l'identification des constituants. Cela correspond à ce que Brewer (op. cit.) appelle "l'agrégat ou le ped primaire" ou "élémentaire". Il s'agit de l'agrégat le plus simple présent à l'intérieur du matériau pédologique ne pouvant être divisé en agrégats plus petits mais pouvant être rassemblés afin de former des agrégats composés d'un niveau d'organisation supérieur. Il est ainsi possible de décrire plusieurs niveaux d'organisation :

1- à l'intérieur de l'unité de base (agrégat élémentaire ou matériau sans agrégats). On parlera alors de "structure de base", de "structure plasmique", de "structure primaire ou élémentaire", etc...

2- entre les agrégats : on définit ainsi des "structures secondaires" (regroupement d'agrégats primaires), des "structures tertiaires" (regroupement d'agrégats secondaires), etc...

Procédant d'une démarche similaire, Hénin (1976) considère que la structure est caractérisée par la manière dont sont assemblés les divers constituants du sol. Mais on doit également définir la structure en utilisant les conséquences de ces divers assemblages. Ceci conduit à deux grandes subdivisions, la première concerne la forme et la dimension des particules, la seconde les conséquences de leur assemblage, la porosité et l'ameublissement.

Deux grands thèmes apparaissent alors dans l'analyse de la structure :

- La forme et les dimensions des éléments: la notion d'agrégat.

La "structure" est décrite comme une association de particules formant des assemblages de taille croissante. Au bas de l'échelle on trouve des éléments composites formés par la réunion des éléments "inertes" (squelette) du matériau pédologique par des éléments "actifs" colloïdaux (argiles, humus, hydroxydes ou gels,...): ce sont les agrégats. Ces agrégats sont associés les uns aux autres et donnent naissance à des volumes plus importants, les agglomérats et les mottes qui peuvent être assimilés à de "faux agrégats". Les matériaux dont les constituants élémentaires ne sont pas agglomérés par des "ciments" sont dits sans structure (sables). On distingue selon ces principes une microstructure, dont l'étude s'assimile à celle des agrégats, et une macrostructure dont l'analyse concernera essentiellement les agglomérats et les mottes. La limite entre les deux domaines semble difficile à définir.

L'analyse morphologique des agrégats procède de deux notions, celle d'assemblage élémentaire et celle de structure proprement dite, chacune de ces notions concernant en fait des domaines de perception et d'échelle différents.

1- Assemblage élémentaire : les volumes élémentaires résultent de l'association des constituants granulométriques. La disposition relative des grains de sable et des ciments fait l'objet, selon Kubiéna (1938), de la micropédologie ou de la micromor-

phologie. Les recherches et les observations dans ce domaine ont permis de dégager de nouveaux concepts (Kubienska - Op.cit., Brewer - 1964, 1976, Jongerius - 1972, etc...). Parmi les plus marquants, nous pouvons rappeler ceux de plasma et de squelette particulièrement utiles pour l'analyse des matériaux pédologiques.

+ **Le plasma** : est l'ensemble des matériaux de la taille des colloïdes (inférieurs à 2 μm) et des matériaux relativement solubles ne faisant pas partie du squelette. Il s'agit de matériaux organiques ou minéraux, amorphes ou cristallisés (Brewer - Op.Cit.).

+ **Le squelette** : est représenté par des individus dont la dimension est supérieure à celle des colloïdes. Ce sont généralement des "grains minéraux", résistants et originellement présents dans les roches mères (Brewer - Op.Cit.), ou bien des assemblages très stables de particules monocristallines indépendantes, les "pseudo-sables". Leur taille est supérieure à 2 μm .

2- **La structure proprement dite** : Les constituants granulométriques, assemblés suivant différentes modalités, forment en général des ensembles cohérents plus ou moins fragmentés. Ces fragments sont qualifiés par les termes d'agrégats, de motes, d'agglomérats. Selon le glossaire de pédologie (1969), un agrégat est une "unité naturelle" tridimensionnelle représentant un assemblage cohérent et défini de particules élémentaires. La notion de "naturel" implique que ces fragments soient nettement et spontanément séparés sous l'influence de divers facteurs dont le sol est le siège.

- Les conséquences de l'assemblage

Elles permettent de caractériser et d'analyser la porosité et l'ameublissement. La porosité d'un système pouvant être définie comme le rapport du volume non occupé par la matière solide au volume total. L'ameublissement représente l'aptitude des particules de terre à glisser les unes par rapport aux autres. Cette propriété du sol, conséquence de son état structural, est relativement peu étudiée.

b- La structure du sol

Cette brève analyse historique fait ressortir l'homogénéité du concept de structure. Ce terme évoque donc pour le pédologue l'arrangement spatial des particules minérales et leurs éventuelles liaisons par des matières organiques, des hydroxydes métalliques (fer, aluminium,...). La définition proposée fait apparaître, comme nous l'avons vu, plusieurs niveaux structuraux en relation étroite avec la complexité des organisations structurales, l'échelle et les méthodes d'observation.

- Un niveau élémentaire ou microstructural qui nécessite la mise en oeuvre de techniques d'observation spéciales telles que lamés minces, microscopie optique, électronique, ultramicroscopie,...

- Un niveau "composé" observable sur le terrain, à l'oeil nu ou à la loupe, qui permet d'étudier le fractionnement du sol ou des pédotypes meubles à une autre échelle. En effet, la masse du sol

est divisée par un réseau de discontinuités plus ou moins net, plus ou moins complexe, qui isole des fragments ayant une forme propre pouvant à leur tour se diviser en éléments plus petits, etc... jusqu'à obtenir des éléments qui ne se fractionnent plus. C'est l'agrégat élémentaire que nous avons déjà défini.

Un autre point important se dégage de cette analyse et concerne l'extension de la notion de structure qui prend en compte, non seulement les agrégats et leur organisation interne, mais aussi leur distribution spatiale et leur arrangement. On ne peut plus étudier la structure d'un sol, d'un pédotype sans étudier sa porosité comprise dans son sens le plus large. La première conséquence de la structure est de faire du sol un milieu discontinu plus ou moins poreux (Demolon - 1966).

Comment analyser la structure d'un pédotype ?

En ce qui concerne la macrostructure observée sur le terrain, l'analyse consiste essentiellement à reconnaître les formes des agrégats, leurs dimensions, la netteté des éléments, leur arrangement, etc... C'est ainsi que les pédologues américains par exemple hiérarchisent leur description structurale :

- le type défini par la forme et l'arrangement
- la classe définie par la dimension
- le rang défini par la netteté

Dans une seconde étape, l'étude de la porosité est abordée au niveau interagrégat (volume des vides) et au niveau de l'agrégat lui-même (porosité au sens strict).

Le critère essentiel pour cette première reconnaissance est donc celui de la forme qui a permis de définir de nombreux types structuraux. Plusieurs typologies ont été proposées, parmi lesquelles on peut citer :

Zakharov (1927) qui distingue 3 types majeurs de structure :

- Cubique
- Prismatique
- Lamellaire

En 1941 Nikiforoff reconnaît 4 types d'agrégats :

- Lamellaire
- Prismatique
- Polyédrique
- Granulaire

avec des classes de taille et, à un niveau inférieur, une hiérarchie établie sur des critères de netteté et de stabilité des agrégats.

Dans la Soil Taxonomy, on retrouve ces quatre grandes distinctions dans lesquelles on affine le diagnostic en mettant en évidence des variantes. Dans la structure prismatique, on reconnaît ainsi un type colonnaire, dans la structure polyédrique on identifie des types nuciformes, subangulaires,...

Brewer (1964-1976) propose une longue liste de type d'agrégats :

- Cubique
- Cubique subarrondi
- Grumeleux
- Polyédrique
- Mamelonné
- Colonnaire
- Lamellaire
- Lenticulaire
- etc...

Selon le Glossaire de pédologie (ORSTOM-DGRST - 1969) trois grandes classes sont conservées avec pour certaines des subdivisions qui identifient les principaux types structuraux reconnus dans les sols, mais en se basant sur des critères de natures variées (genèse, taille, forme,...) qui donnent un caractère hétérogène à ce système.

- Particulaire
 - Massive
 - +structure fondue
 - +structure par cimentation
- Fragmentaire
 - +structure à agrégats fins
 - .floconneuse
 - .grenue très fine
 - +structure construite
 - .grenue
 - .grumeleuse
 - .nuciforme
 - +structure par fissuration
 - .polyédrique
 - .cubique
 - .subanguleuse
 - .prismatique
 - .en colonne
 - .lamellaire
 - .squameuse
 - .etc...

Nous retrouvons ce schéma général proposé par Hénin (Op.cit.) mais uniquement bâti, de façon plus cohérente, sur des critères de forme.

- Structure à éléments particuliers (grains de squelette)
- Structure continue

-Structure fragmentaire

+anguleux

- .cubique
- .prismatique
- .columnaire
- .plaquettes
- .lamelles
- .squameuse

+arrondie

- .grenue
- .nuciforme
- .sphéroïdale

Entre les deux types de structure fragmentaire, on place les structures polyédrique et grumeleuse.

L'homogénéité du concept de structure se retrouve donc sur le plan de la description et de l'analyse, malgré certaines hétérogénéités au niveau des critères définissant les types de structure. C'est pourquoi, afin de pouvoir utiliser ces informations concernant un domaine spécifique de la morphologie des sols d'une manière similaire à celle retenue pour les pédotypes (saisie et traitement informatique entre autre), il faut posséder un code, un langage structuré qui offre la possibilité d'utiliser les concepts de juxtaposition, d'"intergradation" et de quantification, tels qu'ils ont été définis précédemment. Pour une utilisation maximum de ces données morphologiques, nous qualifierons un certain nombre d'organisations, de formes d'agrégats, en utilisant, si possible, les types déjà définis. Nous choisirons de nouvelles définitions chaque fois que cela se révélera nécessaire.

Les termes proposés sont formés d'un préfixe dérivé de racines grecques ou latines et d'un suffixe -ODE ou -CLODE qui provient de l'anglais "clod" signifiant "motte". Les mots ainsi construits possèdent les mêmes propriétés que ceux créés pour les pédotypes. Ils peuvent être utilisés comme substantifs, préfixes, adjectifs ou bien, lors de la saisie de terrain, avec leur écriture spécifique (les cinq premières lettres du substantif suivies du chiffre de quantification). Ces termes qui caractérisent des formes d'agrégats s'appliquent bien évidemment à tous les pédotypes meubles :

- arumite
- humite
- mélanumite
- leuciton
- oxydon
- réducton
- structichron
- vertichron

mais aussi aux pédotypes biologiques (bioféron), à certains

intergrades géotypes/pédotypes comme l'altérite, ou encore à des géotypes comme l'entaféron (lutique et/ou arénique).

L'analyse de la macrostructure se poursuit par l'évaluation de la taille des agrégats, de la netteté de leur forme, la description de leur distribution relative, celle des vides associés,...

Les microstructures sont très variées et concernent plusieurs niveaux. Celui des microformes identiques ou voisines de celles décrites sur le terrain (macrostructures), celui de l'organisation plus spécifique des éléments constituant la matrice-sol. Les informations qui concernent cette analyse microscopique sont le résultat des travaux de Kubiena (1938), Jongerius (1972), Brewer (1964), etc... Ces ouvrages proposent des schémas descriptifs, établis sur des langages spécifiques dont les termes possèdent certaines capacités de quantification proches de celles que nous venons de mentionner. Ces termes et leurs définitions ont déjà été largement cités dans le cadre de l'étude du pédotype structichron. Il n'est donc pas nécessaire de les représenter ici. Rappelons encore que la description microstructurale se poursuit également par des mesures de la taille des organisations, l'évaluation de la porosité et celle des relations entre les éléments.

Si la notion d'agrégat s'applique strictement aux pédotypes ou aux litho- et phytopédotypes meubles, celles de porosité et d'assemblage élémentaire concernent la totalité des corps naturels (pédotypes, phytotypes, géotypes ainsi que les intergrades pouvant exister entre ces types).

c- Les types structuraux

La majorité des termes présentés ici pour identifier les structures ont été proposés par Chatelin et Martin (1972).

ALIATODE

(du grec aleit: farine)

Préfixe :ALIATO-

Adjectif : ALIATODIQUE

Code de saisie de terrain :ALIAT

Correspond aux structures "farineuses", "poudreuses", etc... caractérisées par des éléments très fins (micro-agrégats) de dimensions le plus souvent inférieures au millimètre et disposés de façon continue, sans fissures ni faces structurales larges. C'est un ensemble très poreux, très friable à la pression, mais qui présente toutefois une bonne tenue à l'érosion. Ce type de structure est fréquemment observé dans les sols ferrallitiques anciens (structichrons). Cette structure particulière est souvent

interprétée comme le résultat de l'activité de la faune du sol ou celui des alternances d'humectation et de dessiccation.

PSAMMOCLODE

(du grec *psamos* : sable)

Préfixe : **PSAMMO-**
Adjectif : **PSAMMOCLODIQUE**
Code de saisie de terrain : **PSAMM**

C'est la structure des matériaux aréniques (0,5 à 2mm) contenant moins de 15% d'argile (entaféron, leuciton, etc...). Les sables sont parfois plus ou moins enrobés et réunis par des ponts d'argile (phase structichromique) ou d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (oxydon).

GRUMOCLODE

(du latin *grumus*: monticule)

Préfixe : **GRUMO-**
Adjectif : **GRUMOCLODIQUE**
Code de saisie de terrain : **GRUMO**

Il s'agit d'agrégats à faces structurales courbes, mamelonnées, à formes enveloppantes. L'élément caractéristique est l'agrégat arrondi. Cette structure est décrite essentiellement dans les humites (au sens large), le plus souvent au voisinage des phytotypes rhizagé et rhizophyse. L'écluton et le bioféron peuvent être aussi caractérisés par ce type de structure. La taille des agrégats est en général centimétrique.

NUCICLODE

(du latin *nucis*: noix)

Préfixe : **NUCI-**
Adjectif : **NUCICLODIQUE**
Code de saisie de terrain : **NUCIC**

Agrégats à faces plus ou moins courbes et mamelonnées, à arêtes émoussées, rarement bien figurées et résultant d'une fissuration quelconque et incomplète d'un matériau meuble à structure plus ou moins massive et continue. Les agrégats arrondis ou ovoïdes bien figurés sont rares. Lorsqu'ils existent, les agrégats possèdent des dimensions de l'ordre de plusieurs centimètres.

ANGUCLODE

(du latin *angulus* : angle)

Préfixe : ANGU-
Adjectif : ANGUCLODIQUE
Code de saisie de terrain : ANGUC

Structure en agrégats anguleux bien délimités, irréguliers, de taille comprise entre un millimètre et plusieurs dizaines de centimètres, à faces planes multiples et à crêtes anguleuses. Il existe de nombreuses variantes de ce type de structure présent dans la plupart des pédotypes.

1 - Aroclode

(du latin *arare* : cultiver)

Préfixe : ARO-
Adjectif : AROCLODIQUE
Code de saisie de terrain : AROCL

Variante majeure de la structure anguclide due au travail du sol qui isole de nombreuses mottes de dimensions généralement importantes, de l'ordre de la dizaine ou de plusieurs dizaines de centimètres. Les éléments ainsi créés présentent fréquemment des faces lissées. C'est une structure artificielle ayant un caractère temporaire.

2 - Cuboclode

(dérivé du mot *cube*)

Préfixe : CUBO-
Adjectif : CUBOCLODIQUE
Code de saisie de terrain : CUBOC

Variante majeure de la structure anguclide caractérisée par des agrégats bien délimités, de tailles diverses, à faces généralement planes délimitant des volumes de formes géométriques simples telles que cubes, parallépipèdes, ..., de quelques millimètres à plusieurs centimètres de côté.

3 - Lépiclude

(du grec lepis : écaille)

Préfixe : LÉPI-
Adjectif : LÉPICLODIQUE
Code de saisie de terrain : LÉPIC

Variante majeure de la structure anguclide caractérisée par des agrégats lamellaires, d'extension latérale plus ou moins importante mais en général limitée (centimétrique), d'épaisseur réduite (millimétrique à centimétrique) et à faces planes approximativement parallèles. Cette structure affecte la partie supérieure des humites ou des pédotypes affleurants. Elle est fréquemment due au passage répété du bétail.

4 - Prismoclode

(dérivé du mot prisme)

Préfixe : PRISMO-
Adjectif : PRISMOCLODIQUE
Code de saisie de terrain : PRISM

Variante majeure de la structure anguclide caractérisée par des agrégats prismatiques généralement de grandes dimensions, de la dizaine à plusieurs dizaines de centimètres, allongés verticalement et à faces plus ou moins planes. Cette structure est fréquente dans les pédotypes à texture très argileuse (structichrons, vertichrons).

5 - Styloclode

(du grec stèle : colonne)

Préfixe : STYLO-
Adjectif : STYLOCLODIQUE
Code de saisie de terrain : STYLO

Variante majeure de la structure anguclide dont les agrégats, de taille moyenne à grossière (de la dizaine à plusieurs dizaines de centimètres), se présentent sous forme de prismes à sommet plus ou moins régulièrement arrondi. Ils s'observent dans des pédotypes argileux ou très argileux (structichrons, certains vertichrons) et caractérisent les sols du type planosols ou bien solonetz solodisés.

SPHENOCLODE

(du grec *sphen* : coin)

Préfixe : SPHENO-
Adjectif : SPHENOCLODIQUE
Code de saisie de terrain : SPHEN

Structure caractérisée par des agrégats bien délimités, de taille variable, du centimètre à la dizaine de centimètres ou plus, à faces planes ou légèrement incurvées, ayant une forme très spécifique "en coin". Cette structure est presque systématiquement en relation avec la présence d'argiles dites "gonflantes". Elle identifie sans aucune ambiguïté les pédotypes vertichrons ou bien les pédotypes intergrades entre les vertichrons et tout autre pédotype meuble. Les faces des agrégats peuvent être luisantes (luciques, préfixe :luci-) ou striées (préfixe :strio-) ou strio-luciques, ou luci-striées,...

ECLUTODE

(du grec *eclutos* : dégagé, libre)

Préfixe : ECLU-
Adjectif : ECLUTODIQUE
Code de saisie de terrain : ECLUT

C'est une structure caractérisée par des agrégats indépendants les uns des autres. La dimension des individus est rarement supérieure à 20mm et, dans un pédotype à structure éclutode, tous les agrégats sont en général de la même taille. La forme des agrégats varie entre deux pôles : anguclode et grumoclude. Tous les intergrades entre ces deux types peuvent exister. Une dessiccation importante, naturelle ou artificielle, est à l'origine de cette structure et affecte plutôt les pédotypes contenant des argiles de type 2/1.

PAUCICLODE

(du latin *paucus* : peu abondant)

Préfixe : PAUCI-
Adjectif : PAUCICLOBIQUE
Code de saisie de terrain : PAUCI

Structure massive plus ou moins discontinue à faces structurales planes, plus ou moins irrégulières, à arêtes anguleuses, résultant d'une fissuration peu développée et qui n'isolent pratiquement jamais d'agrégats. Il s'agit plutôt d'un débit fort irrégulier en polyèdres de tailles et de formes variables.

AMERODE

(du grec **ameros** : non divisé)

Préfixe : **AMERO-**

Adjectif : **AMERODIQUE**

Code de saisie de terrain : **AMERO**

C'est une structure massive et continue avec exceptionnellement de très fines fissures. Il s'agit d'ensembles minéraux ou organo-minéraux meubles, à texture fine, sans aucune organisation remarquable.

Les dimensions des structures

En ce qui concerne les structures de type "fragmentaires" (aliatode, psammoclode, grumoclode, nuciclode, anguclode et ses diverses variantes, sphénoclode et éclutode) les dimensions peuvent être exprimées à l'aide de plusieurs termes placés en préfixe ou à la suite de l'expression structurale, mais, dans tous les cas, mis entre parenthèses. Nous pouvons écrire par exemple :

- (centi) éclutode, ou
- styloclude (macro/méga)

L'utilisation de ces mots à la place des chiffres facilite la communication. A chaque mot est associée une classe de dimensions :

Taille des agrégats

- Milli : < 2mm
- Centi : 2mm - 2cm
- Méso : 2 - 7,5cm
- Macro : 7,5 - 20cm
- Méga : 20 - 50cm
- Giga : > 50cm

Les structures partiellement continues de type pauciclode et nuciclode se caractérisent également par la présence de faces structurales dont il peut être utile de préciser les dimensions. Elles s'écrivent de la même manière que la dimension des agrégats :

- (Méso/Macro) Pauciclode
- Pauciclode (Giga)

Elles se réfèrent à la classification suivante :

Tailles des faces structurales

- Centi : < 2cm
- Méso : 2 - 7,5cm
- Macro : 7,5 - 20cm
- Méga : 20 - 50cm
- Giga : > 50cm

Avant d'abandonner ce domaine qui traite de l'organisation des pédotypes, il semble nécessaire de rappeler brièvement les facteurs de la structuration les plus fréquemment invoqués. Quels que soient les auteurs (Baver - 1956, Beaudou - 1972, Bonneau & Levy - 1979, etc...) on retrouve comme principaux acteurs intervenant dans l'apparition des agrégats et des microagrégats :

- la texture
- la nature minéralogique des argiles
- le pouvoir de floculation des "colloïdes" et la nature des cations
- les hydroxydes de fer et d'aluminium
- les matières organiques humifiées
- les complexes argilo-humiques et oxydes/hydroxydes métalliques/humus
- la faune du sol
- la pénétration racinaire
- l'activité microbienne
- les algues
- l'alternance des périodes sèches et humides, de gel et dégel
- les interventions humaines

On observe des relations assez étroites entre le type des agrégats et les facteurs qui ont présidé à leur mise en place. C'est ainsi que Bonneau & Lévy (op.cit.) arrivent à distinguer :

- des structures dues à des facteurs chimiques (types massif ou précipitée en petits agrégats) qui correspondraient aux structures amérode et aliatode.
- des structures dues à des facteurs biologiques (ou structures construites). Ce serait par exemple la structure grumoclode.
- des structures dues à des facteurs physiques (fragmentation). Il s'agirait alors des structures anguclodes et de leurs variantes.

A ces notions d'agrégats, de porosité, d'ameublissement, s'ajoute tout naturellement celle de stabilité structurale qui traduit la résistance offerte par les agrégats aux influences destructrices de l'eau ou de divers facteurs mécaniques. Sous l'action de l'eau, il se produit un gonflement qui tend à disperser les ciments "colloïdaux", puis un éclatement dû à la pénétration de l'eau. Divers facteurs interviennent dans la résistance des agrégats à la destruction (la matière organique, la texture, les cations liés aux colloïdes ou dans la solution du sol ...). Pour estimer cette stabilité structurale nous pouvons citer là méthode élaborée par Hénin & al. (1958, 1969) qui recourt au test "Is" d'instabilité structurale.

B- les pédotypes "indurés"

Ces pédotypes rassemblent deux groupes principaux qui se différencient par un critère de continuité. Nous étudierons ainsi successivement les pédotypes indurés discontinus et les pédotypes indurés continus.

1- LES LAPIDONS : pédotypes indurés discontinus

(du grec Lapis: roche)

Préfixe: LAPIDO-
Adjectif: LAPIDIQUE
Code de saisie de terrain: LAPID

Le pédotype lapidon (Beaudou et al. - 1983) caractérise un matériau discontinu formé d'éléments "grossiers" par opposition à la fraction "fine" du sol représentée par les argiles, limons et sables d'un diamètre inférieur à 2mm. En général il s'agit de ce que les géologues qualifient de "rudite". La forme, la dimension, la structure interne, l'origine des éléments qui constituent le lapidon sont extrêmement variables mais leur organisation n'est jamais caractéristique d'un mode de transport particulier. C'est ce qui permet de différencier ces éléments de ceux de l'entaféron rudique.

Certaines formes du lapidon sont à rapprocher des "glaebules" définis par Brewer (1976- Fabric and mineral analysis of soils, p.259) de la façon suivante :

"Ce sont des unités tridimensionnelles à l'intérieur de la matrice sol du matériau pédologique. Elles sont généralement de forme à peu près équidimensionnelle. La morphologie (plus spécialement la taille, la forme et la fabrique interne) est incompatible avec sa présence dans les vides du matériau pédologique. Elle est reconnue comme une unité, d'une part à cause d'une différence d'organisation (de fabrique) comparée à celle du matériau environnant, ou tout simplement parce qu'elle possède une limite distincte avec le matériau pédologique qui l'entoure."

Cette définition des glaebules (du latin glaebula : petite motte de terre, un morceau de quelque chose) inclut nodules, concrétions, septarias définis par Pettijohn (1957), mais exclut les sphérulites et les cristaux. De même

les "amygdales d'invasion" (invasion amygdalii) définis par Kubiena (1938) prennent place dans cette définition. Toutes ces structures présentes dans les sols se formeraient selon ces auteurs par accréation. D'autres formes du lapidon correspondent à ce que les géomorphologues qualifient de "régolite", Derruau (1958- Précis de géomorphologie) en donne la définition suivante :

"ensemble de débris rocheux résultant de la fragmentation, de la desquamation ou de l'émiettement des roches. Les éléments qui résultent de l'application de ces divers processus peuvent être, bien évidemment, de dimensions, de nature et de formes extrêmement variées."

La notion de lapidon est cependant sensiblement plus générale car il n'existe pas de restrictions au niveau des formes, natures ou même degrés de dureté des éléments qui le composent. Toutefois, les cristaux sont partiellement exclus de cette notion du fait de leur nature et/ou de leur origine. Seuls les cristaux résiduels difficilement altérables sont inclus dans le lapidon (tourmaline, ...). Les autres cristaux sont décrits dans le séméton. Cette relative souplesse du concept de lapidon, qui permet d'accepter un degré élevé de variabilité dans la plupart des domaines, implique en revanche la nécessité d'une qualification précise, à plusieurs niveaux, du pédotype lorsqu'il est identifié. De cette manière, plusieurs types de lapidon seront caractérisés en fonction de différents critères. En premier lieu, comme pour le stérite (cf § IB.2), nous pouvons identifier, en fonction du degré de dureté, une série continue dont quatre termes principaux sont retenus ici car facilement reconnaissables sur le terrain.

1- PAUCILAPIDON

(préfixe: PAUCILAPIDO-)
(adjectif: PAUCILAPIDIQUE)
(code de saisie de terrain: PALAP)

Variante du lapidon formée d'éléments parfaitement identifiables mais d'une très grande fragilité. Ils se détruisent facilement sous une faible pression des doigts.

2- FRAGILAPIDON

(préfixe: FRAGILAPIDO-)
(adjectif: FRAGILAPIDIQUE)
(code de saisie de terrain: FLAPI)

Les éléments du lapidon de dureté variable se brisent à la main, sans l'aide d'outil, mais offrent cependant une résistance assez sensible.

3- DURILAPIDON

(préfixe: DURILAPIDO-)
(adjectif: DURILAPIDIQUE)
(code de saisie de terrain: DULAP)

Cette variante du pédotype est caractérisée par des éléments assez résistants pouvant toutefois se briser facilement avec un outil.

4- PETROLAPIDON

(préfixe: PETROLAPIDO-)
(adjectif: PETROLAPIDIQUE)
(code de saisie de terrain: PLAPI)

Les éléments qui le composent sont très résistants et ne se brisent que difficilement avec l'aide d'un outil.

Il existe donc une possibilité de description d'intergrades de duretés différentes, ce qui permet de traduire une évolution et de mettre en évidence les résultats de l'application de certains processus ou mécanismes tels que la désagrégation, l'altération et bien sûr l'induration.

Après cette première identification, il demeure nécessaire de préciser avec plus de détails l'organisation générale du lapidon et celle de ses éléments.

1- La dimension des éléments

Dans la majorité des cas, le lapidon est un rudite, c'est à dire un ensemble constitué d'éléments d'un diamètre supérieur à 2mm. Il est commode de créer plusieurs classes de taille à l'intérieur de ce rudite, afin de posséder une information plus complète, souvent utile dans un programme d'aménagement. Nous avons retenu les classes suivantes :

- Microrudique : 0.2 - 2cm
- Mésorudique : 2 - 7.5cm
- Macrorudique : 7.5 - 20cm
- Mégarudique : 20 - 50cm
- Gigarudique : sup. 50cm

Toutefois plusieurs observations de terrain ont révélé la présence, dans les sols, d'"éléments grossiers", oxydiques ou siliceux, de dimensions comprises entre 1 et 2mm. C'est ce que les géologues qualifient d'arénite -(sables grossiers des pédologues)-. Pour tenir compte de ces faits nous nous proposons d'inclure ces éléments de faible diamètre dans le concept de lapidon. Un lapidon sera donc un rudite et/ou un arénite.

2- La nature chimique

L'utilisation de ce critère permet de distinguer :

- Le lapidon oxydique

- + ferroxydique : constitué d'éléments ferrugineux, le fer étant exprimé sous des formes variées (hématite, goethite, ...)
- + alumoxydique : constitué d'éléments de nature alumineuse.
- + manganique : les éléments du lapidon sont essentiellement formés de manganèse.

Les lapidons oxydiques peuvent être simples ou complexes. On parlera alors de lapidons alumo-ferroxydique ou ferro-manganique, etc...

- le lapidon carbonaté

- + calcique (carbonate de calcium)
- + magnésique (carbonate de magnésium)
- etc...

Comme précédemment des lapidons mixtes peuvent être décrits (calcico-magnésique, ...).

- le lapidon siliceux

- le lapidon phosphaté

Les éléments de ces lapidons sont essentiellement formés d'oxydes (fer, manganèse, silice, ...), de carbonates (calcium, magnésium, ...), de phosphates, ... assez souvent interprétés comme le résultat de transformations, de néogénèses, de pseudomorphoses. Si, dans de nombreuses situations ces néogénèses sont à l'origine d'éléments de dimensions suffisamment importantes qui permettent leur classement dans le pédotype lapidon, dans d'autres cas cependant, ces néogénèses ne se manifestent que par la présence de pellicules, de ponctuations, ..., traits morphologiques faisant partie d'un autre pédotype, le séméton (cf définition proposée au paragraphe ID-3).

3- L'origine et le degré de transformation des éléments

- le lapidon régolique

La nature de la roche permet de définir de nombreux types et des variantes peuvent être décrites en relation avec le degré de transformation géochimique des éléments rocheux. D'autres pourront être reconnus comme résultant de la fragmentation par :

- les fortes amplitudes thermiques (thermoclastique)
- les successions d'humectation et de dessiccation (hydroclastique)

- l'abondance de sels solubles (haloclastique)

Il faut également noter qu'un lapidon régolique peut être siliceux (quartzite, grès).

- le lapidon régoaltéritique

Formé d'éléments rocheux partiellement transformés par les processus d'altération.

Les lapidons régoliques et régoaltéritiques peuvent constituer des ensembles lapidiques complexes regroupant des éléments à des stades de transformation très variés.

- le lapidon stéritique

Il s'agit d'une forme de lapidon dont chaque élément possède une organisation prouvant qu'il provient de la fragmentation d'un stérite (cf définition du paragraphe IB-2), quelle que soit sa nature. Dans ces conditions, lapidon stéritique et stérite sont fréquemment associés et spatialement assez proches. Un lapidon stéritique peut être de nature oxydique, carbonatée, siliceuse,...

- etc...

REMARQUE : Les lapidons régoliques et altérégoliques devraient pour plus de logique se rattacher, respectivement, aux paragraphes IV (lithotypes) et V (intergrades lithotypes-pédotypes). Cependant, pour éviter de multiplier les termes et compte tenu du caractère essentiel de ces corps naturels qui est la discontinuité, résultat de transformations diverses (fragmentation physique et/ou altération chimique), nous avons préféré les considérer comme les autres formes de lapidon.

4- Le type d'organisation interne des éléments

Cette caractérisation s'applique principalement aux lapidons oxydiques, carbonatés, aussi bien à l'échelle du terrain qu'à celle de la lame mince. Les lapidons régoliques seront décrits à ce niveau par des termes traduisant l'organisation minéralogique et pétrographique des roches. Les éléments du lapidon auront une organisation interne de type :

- indifférencié
- concentrique
- lamellaire
- en circonvolution
- continu (dans le cas d'un matériau homogène, anisotrope en lame mince avec une seule extinction caractéristique d'une seule orientation des éléments).
- etc...

5- La forme des éléments

Une très grande variété de formes caractérise ce pédotype aussi bien à l'échelle macro- que microscopique.

- amygdaloïde (en amande)
- en lame
- en latte
- en circonvolution
- lenticulaire
- mamelonné
- réniforme
- ovoïde
- arrondi
- anguleux
- émoussé
- quelconque
- etc...

6- Le type des éléments

Nous pouvons rencontrer des expressions morphologiques diverses

- concrétions
- nodules avec cortex
- nodules sans cortex
- fragments de stérile
- etc...

7- La couleur des éléments

Etc...

Il est donc possible, en combinant tous ces critères, d'aboutir à une description précise de la plupart des types de lapidons présents dans les sols ou à la surface. Cependant, il semble utile de définir, de préciser quelques uns des principaux problèmes que peuvent poser certains grands types de lapidons. Nous citerons donc ici quelques exemples parmi les plus fréquemment rencontrés dans la zone intertropicale et qui ont fait l'objet de nombreux travaux. Cette typologie nécessairement sommaire pourra donc être complétée par la suite, sans qu'il soit toutefois utile de changer ou de remettre en cause le concept de lapidon.

Eschenbrenner (1987) dans une étude très détaillée des gléboles de certains sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire, propose plusieurs nomenclatures prenant en compte différents critères.

- le critère chimique : selon les proportions relatives de "si-t", "fe", "al", coefficients déterminés de la façon suivante:

$$. \text{ si-t} = 100 \times \text{SiO}_2 \text{ total\%} / \text{SiO}_2 \text{ total\%} + \text{Fe}_2\text{O}_3\% + \text{Al}_2\text{O}_3\%$$

$$. fe = 100 \times Fe2O3\% / SiO2\ total\% + Fe2O3\% + Al2O3\%$$

$$. al = 100 \times Al2O3\% / SiO2\ total\% + Fe2O3\% + Al2O3\%$$

[[distingue alors des glébules qui seront :

- + hypersiliceux
- + siliceux
- + hyperferrugineux
- + ferrugineux
- + hyperalumineux
- + alumineux
- + siliceux et alumineux
- + siliceux et ferrugineux
- + alumineux et ferrugineux
- + siliceux, alumineux, ferrugineux

- le critère "minéralogie des plasmas" : en fonction des proportions relatives de "k", "fe", "gi" déterminées selon des principes équivalents à ceux que nous venons de voir. L'auteur fait apparaître des glébules :

- + hyperkaolinitique
- + kaolinitique
- + hyperferrugineux
- + ferrugineux
- + hypergibbsitique
- + gibbsitique
- + kaolinitique et gibbsitique
- + kaolinitique et ferrugineux
- + gibbsitique et ferrugineux
- + kaolinitique, gibbsitique, ferrugineux

- le critère "abondance du squelette" : en fonction de la teneur en quartz normalif, on distingue quatre groupes

- + non quartzeux
- + peu quartzeux
- + quartzeux
- + très quartzeux

les limites choisies pour différencier les groupes sont de 0%, 10% et 40%. Si un autre élément existe il est signalé entre parenthèses et précédé du signe "+". Par exemple nous pouvons observer des glébules peu quartzeux (+ muscovite).

Pour la description des glébules, Eschenbrenner utilise le schéma suivant qui s'appuie sur 6 critères essentiels.

- Structure
générale

- + concentrique : concrétion !
- + non concentrique : nodule !
- + présence de cavité centrale : pédode ! glébules
- + fissures radiales et/ou concentriques : septarias !

.glébules inclus

+ absent : glébules simples

+ présents : glébules complexes

-de même nature : glébules complexes monophasés

-pas tous de même nature : glébules complexes polyphasés

.couleur du fond matriciel

- Taille

- Induration

- Porosité

- Forme

- Aspect de la surface

.microrelief

.éclat

.couleur

De cette façon, Eschenbrenner distingue plusieurs types de glébules et construit ainsi une typologie de ces éléments observés dans les sols du nord de la Côte d'Ivoire.

- avec patine : simples, ovoïdes, patine sombre, peu poreux, chimiquement de type ferrugineux, plasma ferrugineux ou ferrugineux et kaolinitique, toujours associés à d'autres glébules.

- sans patine : simples, de formes variables, indurés à fortement indurés, caractères chimiques et minéralogiques peu spécifiques, souvent associés aux nodules avec patine.

- lithopédorelictuels

- complexes : fréquents dans les sols présentant des accumulations continues de fer ou au pied des buttes cuirassées.

- terreux : surtout kaolinitiques et kaolinitique et ferrugineux.

- hérissé : caractérisés par la présence de nombreux grains de quartz en saillie, aspect gréseux, hypersiliceux, siliceux, siliceux et ferrugineux, proviennent de matériaux sableux et hydromorphes.

- concrétions à cortex rubanés : fréquents dans les sols hydromorphes et les vertisols.

Cette typologie a été établie sur des critères très variés et cette variété se retrouve au niveau de la dénomination des divers types de glébules. Certains expriment un caractère morphologique, d'autres une nature, ...

LE LAPIDON OXYDIQUE

Cet exemple de lapidon correspond pratiquement à l'ensemble gravolite défini par Chatelin & Martin (1972) et regroupe tous les éléments grossiers riches en sesquioxydes métalliques souvent dénommés "gravillons ferrugineux", "nodules ferrugineux", sans que la différence entre ces deux termes soit d'ailleurs clairement exprimée. A ces éléments, il faut adjoindre les éléments à structure concentrique interne, les "concrétions ferrugineuses". Il est possible de rattacher à cette définition l'organisation décrite par Brewer (1976) par l'expression "halo glébulaire". Il s'agit selon cet auteur "d'une accumulation faible d'une fraction du plasma autour d'une zone glébulaire plus nette dont la fabrique n'est pas différenciée et dont la limite externe est très diffuse".

Le lapidon oxydique est fréquemment juxtaposé au pédotype "stérite". Cette juxtaposition est parfois interprétée par certains comme le résultat du démantèlement d'un stérite. Pour d'autres, en revanche, l'hypothèse inverse de la formation d'un stérite sera de préférence retenue. La discussion semble sans fin et il est effectivement très difficile, dans de nombreux cas, de faire un choix entre ces deux hypothèses. Dans toutes les situations, la connaissance de l'organisation du milieu environnant permet de mieux apprécier la part des différents processus et mécanismes qui interviennent dans l'évolution du lapidon.

Le lapidon oxydique peut se présenter sous de multiples formes. Parmi les plus communes nous pouvons citer :

Les nodules

Définis par Brewer (1976) comme des glébules ayant un assemblage interne indifférencié. Dans ce contexte, la structure interne indifférenciée inclut aussi bien des éléments de roches, transformés ou non par altération, que des organisations pédologiques telles que cutanes, fond matriciel, ... De nombreux auteurs (Beaudou - 1972, Leprun - 1979, Bocquier - 1973, Leveque - 1979, Maignien - 1958, Muller (D) - 1980-81, Beaudou - 1985, etc..) les ont décrits. Les formes et les dimensions sont multiples, l'organisation interne est extrêmement variée - on y retrouve des structures d'altérite, de ferranes, d'argilo-ferranes, ..., de fond matriciel de divers types, de grains de squelette, de minéraux peu altérables, ... Des minéraux pseudomorphosés peuvent être également assimilés à des nodules. C'est le cas des grenats et de la staurotide. D'autres minéraux non altérés tels que la tourmaline peuvent aussi s'accumuler dans les sols et être alors assimilés à un lapidon.

Beaucoup de nodules possèdent un cortex, généralement peu épais, qui donne à ces éléments une patine noire ou rouge foncé caractéristique.

La nature chimique est relativement constante et l'élément le plus fréquemment rencontré est le fer sous forme d'oxydes et d'hydroxydes. Dans certaines conditions, le fer est associé à l'aluminium, au manganèse, etc... Fer et aluminium coexistent dans des formes minéralogiques différentes ou bien dans une même espèce minéralogique -goethite alumineuse décrite par Nahon (1979) et Leprun (1979)-. D'autres éléments se rencontrent de façon plus exceptionnelle, parfois en quantité assez importante. Il s'agit du chrome, du cobalt, du nickel, etc...

Fréquemment juxtaposé au stérîte comme nous l'avons déjà dit précédemment, le lapidon oxydique l'est également avec l'oxydon, le réducton ou l'altérîte. Des intergrades peuvent aussi être décrits entre le lapidon et certains autres pédotypes (oxydon, altérîte,...). Ces intergrades sont surtout définis en fonction d'une échelle de dureté. Ces remarques introduisent une des questions les plus longuement débattues au sein de la communauté pédologique intertropicale -celle de l'origine des nodules : sont-ils allochtones, sont-ils autochtones ?-.

Bien souvent l'origine des nodules est autochtone ainsi que l'ont montré différents auteurs (Waegemans - 1952, Boulet - 1978, Leprun - 1979, Levêque - 1979, etc). Dans les sols tropicaux, on remarque l'induration des phases oxydiques rouges ou jaunes fréquemment individualisées en réseau, présentes -soit dans les altérîtes (cf définition du paragraphe 3-5), soit dans les altéstructichrons, altéoxydons ou encore dans les oxydo-réductons ou autres pédotypes intergrades de ce type-. Ceci conduit alors à la formation de stérîtes qui conservent assez souvent la structure de la roche, de l'altérîte ou du pédotype dont ils semblent dériver. Leur morcellement ultérieur peut conduire à l'apparition de ces nodules. Une seconde possibilité est représentée par l'induration de plus en plus marquée de fragments d'altérîte. Dans cette hypothèse il n'y a plus de phase de démantèlement d'un ensemble stéritique continu, mais individualisation progressive d'individus de formes assez régulières, de dimensions variables mais toujours relativement peu importantes. Muller et al. (1981), Fritsch (1984), Bocquier et al. (1984) montrent également que certaines formes de nodules sont en relations avec le fond matriciel pédoplasmé (structichron ou intergrade structichron oxydon, structichron altérîte,...) dont ils dérivent par imprégnation ferrugineuse. Eschenbrenner (1987) retrouve les mêmes types de nodules strictement autochtones dans les sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire et fait apparaître, en fonction de leur caractéristiques une "lignée glébulaire".

A cette théorie autochtoniste s'oppose une théorie allochtoniste s'appliquant plus volontiers à certains types de nodules de formes assez régulières -sphériques ou ovoïdes- qui sont à l'origine du terme de "gravillons ferrugineux". Il s'agirait ici encore d'un démantèlement de stérîte mais la régularité des formes des nodules serait le résultat de leur transport et de leur épandage à la surface du sol. Il faut aussi remarquer que l'expression de "gravillons ferrugineux" est également employée par certains auteurs tenants de la théorie autochtoniste, ce qui ne peut qu'ajouter à l'imprécision de cette expression.

Comme peuvent le montrer les observations du milieu naturel, entre ces deux théories à caractères exclusifs, il existe une multitude de situations intermédiaires et si dans certains cas l'autochtonie paraît évidente, -(certains nodules résultent à l'évidence de la concentration sur place d'oxydes à laquelle s'ajoute fréquemment celle d'une fraction détritique- avec bien souvent de multiples reprises et une longue histoire)-

dans d'autres l'allochtonie semble prévaloir -(c'est le cas, par exemple, d'anciens fragments de stérite (cf définition du paragraphe 12-2) usés et transportés plus ou moins loin de leur lieu d'origine)-. Dans de nombreuses situations la vérité est vraisemblablement à rechercher dans une juste répartition de l'influence de ces deux processus de mise en place du lapidon qu'il ne faut pas opposer mais plutôt décaler dans le temps -(comme dans le cas délicat de nodules autochtones démantelés et repris par transport. Les critères d'identification sont évidemment pédologiques mais aussi obligatoirement d'ordre géomorphologique, Eschenbrenner -op. cit.)-. La théorie de "l'autochtonie" s'appuie pour se justifier sur la description de processus de formation des nodules qui font intervenir différents mécanismes de libération, d'accumulation, d'induration des oxydes et hydroxydes métalliques. "L'allochtonie" est le résultat d'un processus qui intervient ensuite, à une toute autre échelle, pour expliquer la distribution de ces nodules dans les paysages. Chaque théorie fait donc appel à des processus intervenant à des échelles différentes, ayant une signification différente et répondant à des questions différentes. La réponse à la question posée -allochtonie ou autochtonie- ne doit pas être recherchée uniquement au niveau de la genèse des nodules à l'échelle géochimique, mais également au niveau de la répartition de ces nodules dans le "paysage" au moins à l'échelle de la toposéquence. Il apparaît ainsi que le débat instauré à ce propos ne devrait peut-être pas exister, tout au moins sous cette forme, à condition d'éviter l'écueil de l'inadéquation question / réponse.

Les concrétions

Il s'agit d'éléments arrondis montrant une organisation interne concentrique, à partir d'un point, d'une fente, d'une surface centrale. Souvent formées de produits ferrugineux elles peuvent, comme les nodules, être constituées de divers oxydes seuls ou associés au fer. C'est le cas du manganèse ("plombs de chasse" très abondants dans certaines parties des "paysages"), de l'aluminium ("bauxite"), d'un mélange d'oxydes de fer et de chrome présent dans des concrétions formées dans des sols sur roches ultrabasiques en Nouvelle Calédonie par exemple.

D'une manière générale, ces glébules semblent avoir une structure résultant d'un "nourrissage" progressif autour d'un germe à partir d'un matériau riche en sesquioxides métalliques. La taille, la dureté des concrétions peuvent être très variables (pauci-, fragi-, duri-, pétro-lapidon). Certaines concrétions contiennent en leur centre un "matériau poudreux" -souvent de l'oxydon-. D'autres concrétions en revanche sont extrêmement denses et compactes.

Les concrétions sont souvent associées à d'autres pédotypes comme le réducton, l'oxydon, ou des pédotypes intergrades (réductohumite,...), en général des pédotypes résultant d'une évolution dans des conditions particulières, telles qu'un excès d'eau associé à de mauvaises conditions de drainage.

LE LAPIDON RÉGOLIQUE

Ce type de lapidon est caractérisé par le rassemblement de morceaux ou fragments de roches dont la nature nécessairement très variée doit être précisée. Les éléments ne sont pas ou pratiquement pas altérés. Il s'agit -selon la terminologie de Brewer (1976)- de lithoreliques. Chatelin et Martin (1972) ont utilisé le terme de "gravélon" dont la définition est proche de celle du lapidon régolique. Le gravélon ne concernait, selon ses créateurs, que les éléments provenant de filons quartzeux ou de roches siliceuses très dures (quartzite, jaspes, phtanites, etc...). De tels ensembles restent donc des cas particuliers de lapidon régolique. C'est ce que l'on a également appelé "ligne de cailloux", "nappe de gravats", "stone line" dans les régions tropicales. L'origine et la mise en place de cette organisation particulière ont été longuement étudiées par de nombreux chercheurs. Certains penchent pour une mise en place simple, due à la concentration des éléments quartzeux par pédoturbation (Laporte - 1962, Collinet - 1969), d'autres émettent l'hypothèse d'épandages à la surface lors de phases climatiques plus sèches, puis d'un recouvrement ultérieur en période plus humide (Ségalen - 1969, Tricart - 1974, ...). Certains évoquent également l'activité de la faune du sol et principalement des termites. Quelle que soit la théorie retenue, il existe une grande diversité des formes des éléments quartzeux, depuis les individus aux arêtes aigues jusqu'à ceux aux formes plus émoussées, une grande diversité du degré d'altération, d'imprégnation par les oxydes et hydroxydes de fer, etc...

Les éléments du lapidon régolique, qui résultent de la désagrégation physique des roches (desquamation, fragmentation, ...) ou de l'altération chimique, peuvent être également qualifiés en fonction de leur forme et de leur mode de mise en place. Richard (1985) propose différents termes dont quelques uns seront cités ici à titre d'information complémentaire :

-lapidon régolique "hémiclastique":

Ce terme est utilisé pour décrire les grandes dalles à courbure plus ou moins accentuée, parfois presque planes, de plusieurs décimètres ou même de plusieurs mètres d'épaisseur, qui se détachent fréquemment des massifs de roches granitoides leucocrates. Les processus qui président à leur formation sont exposés par Tricart (1974) et semblent aujourd'hui communément admis. Ces dalles correspondent à une fissuration primaire de la roche. Elles s'individualisent lors de l'ouverture des grandes diaclases courbes. Par la suite, il peut y avoir une fragmentation secondaire résultant de la chute des dalles.

-lapidon régolique "élastoclastique":

Cette expression sert à désigner des écailles de petites dimensions, relativement fines (1 à 2cm). Il s'agit de formes de desquamation très superficielle due aux différences d'hydratation existant entre certains feuillets ou lits de minéraux. Les variations de température provoquent des séparations en fines écailles, plaquettes, ... (Rougerie, Bonvallot - 1978).

-lapidon régolique "sphéroclastique":

Il s'agit de formes sphériques, ovoïdes, ... toujours très régulières qui sont à l'origine des "chaos". Chaque élément montre à sa périphérie de nombreuses écailles, pelures ... Cette forme d'altération bien connue (altération en "oignon") a été longuement décrite, étudiée. Il a été démontré l'existence d'une relation étroite entre le type de roche et cette forme d'altération. La présence d'un réseau de diaclases ou de fissures plus ou moins régulièrement orthogonales est également un facteur déterminant dans le développement de ce lapidon sphéroclastique (Chatelin - 1974).

-lapidon régolique "granoclastique":

Ce terme désigne pratiquement les arènes qui résultent de l'application de tout un ensemble de processus et mécanismes tels que hydratation, corrosion, hydrolyse, fissuration, ségrégation des éléments, action de la flore, alternance dessiccation/humectation, etc...

Tous ces termes concernent plus spécialement des formes de surface du lapidon régolique et de nombreux ouvrages traitent en détail de toutes les formes que peuvent acquérir ces éléments sous l'action des agents météoriques externes, en fonction de la nature des roches (granite, grès, ...) ou plus simplement roches leucocrates, mésocrates ou mélanocrates. Ils ne seront donc pas cités ici.

LE LAPIDON ALTEREGOLIQUE

Ici également, les éléments qui constituent ce pédotype possèdent une fabrique interne identique à celle de la roche ou très proche. En termes de micromorphologie, il s'agit d'altélithoreliques ou d'altérelies pour les éléments les plus transformés, ce qui implique une grande variabilité au niveau de l'intensité des transformations et de l'altération. Dans certains cas, des éléments dérivant de roches basaltiques contiennent des quantités assez importantes d'eau pour être mise en évidence lors d'un écrasement. Dans d'autres cas, les altérelies et altélithoreliques sont plus ou moins fortement imprégnées d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (le plus souvent ferrugineux). Il existe alors un grand nombre d'intergrades qui matérialisent en quelque sorte le passage progressif du lapidon altérégolique au lapidon oxydique.

LE LAPIDON CARBONATE

Sous cette dénomination, on rassemble les éléments grossiers d'une nature particulière et plus spécialement ceux constitués de carbonates de calcium ou de magnésium ou même de carbonates mixtes calcium-magnésium par exemple. En fonction des diverses caractéristiques (nature, forme, ...), il est possible de distinguer plusieurs types. D'après leur nature on parlera ainsi :

- de lapidon carbonaté calcique (CO₃Ca)
- de lapidon carbonaté magnésique (CO₃Mg)
- Etc...

Le lapidon carbonaté calcique a été le plus étudié et, selon la taille et/ou la forme des éléments, Ruellan (1971) et Moreau (1981) ont établi une typologie que nous reproduisons ici à titre d'exemple.

1- Le lapidon carbonaté calcique

Il est possible de faire la distinction entre différentes formes

-Les granules

Éléments arrondis et d'un diamètre inférieur ou égal à 1cm (lapidon microrudique).

-Les rognons

Les éléments sont plus grossiers et de formes irrégulières coniques ou cylindriques pouvant atteindre plus de 5cm de diamètre et d'une dizaine de centimètres de hauteur. On observe assez fréquemment des rognons très irréguliers souvent allongés avec des "ramifications bourgeonnantes" décrites sous le nom de "poupées calcaires".

-Les concrétions

Il s'agit d'éléments arrondis à structure interne concentrique de même taille que les granules. Ce type semble relativement moins fréquent.

La dureté de ces éléments est variable. Il existe une relation entre la couleur interne des éléments et le degré de dureté. Lorsqu'ils sont très durs la couleur tend vers le rosé, les individus blancs sont plus tendres. Dans un même élément, des zones de dureté différentes peuvent coexister. A l'exception des concrétions, aucun type d'organisation interne ne peut être caractérisé avec suffisamment de précision et surtout de généralité.

2- Le lapidon carbonaté magnésien

Connu essentiellement sous le nom de giobertite, le carbonate de magnésium se présente le plus souvent sous forme de granules et de rognons, ces derniers pouvant atteindre de très grandes dimensions. Si les granules sont en général assez difficiles à distinguer de ceux du lapidon carbonaté calcique, les rognons en revanche présentent une morphologie et une couleur très caractéristiques. Leur forme extérieure et leur structure rappellent celle d'un "chou-fleur". Lorsque l'on casse ces rognons, la couleur est d'un blanc éclatant. La dureté de ces éléments est variable, mais le plus souvent extrêmement élevée. Ce type de lapidon est en étroite relation avec des roches ultrabasiques et principalement avec des serpentinites (Nouvelle Calédonie). Il est fréquent d'observer, dans ces nodules un remplacement partiel ou total du carbonate de magnésium par de la silice, ce qui contribue à augmenter la dureté des éléments.

LES SEPTARIAS

De nombreux auteurs (Fay - 1920, Kemp - 1927, Rice - 1954, Pettijohn - 1957) ont défini ces structures comme des nodules sur lesquels se surimpose une organisation particulière caractérisée

par des fentes. Brewer (1976) définit les septarias de la façon suivante (Fabric and mineral analysis of soils, p.270) :

"glébulles possédant une série de fentes radiales, coupées de fentes concentriques. Le réseau de fentes obtenu est souvent très irrégulier. Les septarias sont généralement sphériques et leurs limites externes très nettes".

Les fentes radiales peuvent être absentes, il s'agit alors de "sphéroïdes de contraction" (Pettijohn - 1957). Si on ne peut décrire que des fentes concentriques, on parle alors de "septarias concrétionnaires". Parfois on observe la présence de dépôts cristallins sur les parois des fentes (phase sémétique) (1).

LES PEDODES

Ils seront définis également au niveau du séméton (1). Toutefois, lorsqu'ils sont de nature carbonatée, de nombreux auteurs les ont qualifiés de "nodules", de "poupées calcaires", termes déjà utilisés pour définir certains éléments du lapidon carbonaté. Cet usage crée donc une ambiguïté en ce qui concerne la place de ces structures. Elles ne sont citées ici que pour mémoire car en fait il ne s'agit, le plus souvent, que de cas particuliers de certains types de lapidons. Lorsqu'il n'est pas possible de reconnaître des accumulations cristallines carbonatées, il semble plus logique de placer les pédodes parmi le séméton (1).

Le lapidon, en tant que pédotype unique à l'intérieur d'un volume, est quelque chose de relativement exceptionnel. Quelques cas de lapidon oxydique ont été décrits en Nouvelle Calédonie ainsi que de rares exemples de lapidon régolique. Le lapidon est pratiquement toujours associé en juxtaposition à des pédotypes meubles, humite, structichron, oxydon, réducton, leuciton, ... ou encore à des pédotypes non meubles tels que les différentes formes de stérites (1).

Discussion :

Nous décrirons dans le séméton (1) des "volumes friables". Cette expression sert à désigner des concentrations de nature essentiellement carbonatée (calciques et/ou magnésiques) extrêmement fragiles, de consistance poudreuse et plus ou moins diffuses. Le

(1) : se reporter à la définition du séméton (§ ID-3) ainsi qu'à celle du stérite (§ IB.2)

problème de la place de ces volumes à l'intérieur du séméton ou du lapidon (paucilapidon) se pose. En effet, il existe fréquemment une variation assez continue de dureté entre les volumes friables et le paucilapidon. Un tel argument plaide en faveur du regroupement de ces deux organisations à l'intérieur d'un même pédotype. Certains auteurs assimilent même les volumes friables à des nodules.

Toutefois, ces manifestations de la redistribution de certains éléments à l'intérieur du sol, parfois nombreuses dans des situations particulières, ne possèdent, dans la majorité des cas, qu'un caractère très ténu parfois difficile à exploiter. Elles ne s'expriment que sous forme de traits pédologiques au même titre que les "pseudo-myceliums, dendrites,..."

Le choix est donc difficile à faire. Les définitions que nous donnerons de ces organisations particulières ne les situent pas de façon définitive et figée dans un cadre strict, que ce soit le séméton ou le lapidon. Nous avons donc la possibilité de les placer soit dans un pédotype soit dans un autre. Seules les caractéristiques pédologiques générales ou de l'environnement nous permettront de faire un choix. Nous pourrions donc parler, malgré une certaine contradiction, de paucilapidon carbonaté friable si cela correspond à une réalité "paysagique" générale qui exige la mise en évidence d'une filiation entre des éléments de dureté différente à l'intérieur d'un seul ensemble. Lorsque l'extension spatiale sera plus limitée, nous utiliserons alors le terme de séméton (volumes friables) qui possède une signification génétique importante, mais qui correspond mieux à la représentation spatiale limitée de cette structure. Nous avons donc ici la possibilité de situer les problèmes à différentes échelles.

Bien souvent carbonatés, les volumes friables peuvent également être oxydiques. Dans ces conditions, ce qui vient d'être dit pour les milieux carbonatés peut s'appliquer sans restriction aucune si cela permet de traduire certaines relations entre des volumes friables oxydiques et des nodules oxydiques ou parfois altéritiques.

Un problème de même ordre existe en ce qui concerne la place des "volumes durcis" ordinairement décrits dans le séméton, mais qui parfois peuvent se situer à l'intérieur du lapidon. Les remarques précédentes s'appliquent également à ce cas.

(1) : se reporter aux définitions du séméton (§ ID-3).

2- LES STERITES : pédotypes indurés continus

(du grec Stereos: dur)

Préfixe: **STERI-**
Adjectif: **STERITIQUE**
Code de saisie de terrain: **STERI**

Le pédotype stérite (Chatelin & Martin - 1972) caractérise un matériau plus ou moins durci, CONTINU, dont la nature, la morphologie, les fonctionnements sont extrêmement variés et qui résulte le plus fréquemment de l'accumulation d'un ou plusieurs éléments présents dans le sol ou provenant de l'altération des formations géologiques sous-jacentes et/ou environnantes. Plusieurs distinctions peuvent être faites en fonction de différents critères tels que la dureté, la nature et la morphologie des éléments qui le forment, la nature du ciment qui lie les éléments, la structure et l'organisation du stérite, etc...

Quatre grandes variantes de stérites peuvent être caractérisées en fonction de la dureté qui est un des critères majeur de reconnaissance sur le terrain. Il s'agit en fait d'une série continue, selon une échelle de dureté, dont nous retiendrons ici les quatre termes les plus représentatifs.

1- PAUCISTERITE

(préfixe: **PAUCISTERI-**)
(adjectif: **PAUCISTERITIQUE**)
(code de saisie de terrain: **PASTB**)

Cette variante du stérite est facilement identifiable sur le terrain. Elle caractérise une accumulation continue très fragile qui se brise extrêmement facilement à la main. Ces accumulations décrites et définies avec précision par Ruellan (1971) et Moreau (1981) concernent principalement les carbonates. Ces "volumes friables" sont qualifiés fréquemment d'"encroûtements crayeux ou pulvérulents" ou encore de "tuffeux". Ils sont de couleur blanche à beige clair parfois ponctuée de rouge et de brun. Ce pédotype peut donc inclure d'autres pédotypes (humite, structichron, pédotypes intergrades humite-structichron). Les relations existantes sont, bien entendu, de type juxtaposé.

2- FRAGISTERITE

(préfixe: FRAGISTERI-)
(adjectif: FRAGISTERITIQUE)
(code de saisie de terrain: FSTER)

Cette variante du stérîte a été définie par Chatelin (1972) comme un matériau plus ou moins durci, de cohésion variable mais qui ne peut être brisé à la main que difficilement. Le pédotype correspond aux différents types de carapaces ferrugineuses, aux fragipans, à quelques types de duripans formés sous des climats méditerranéens, à certains encroûtements salins, aux encroûtements calcaires crayeux ou pulvérulents, aux amas, aux croûtes calcaires, etc...

3- DURISTERITE

(préfixe: DURISTERI-)
(adjectif: DURISTERITIQUE)
(code de saisie de terrain: DUSTE)

C'est une variante de stérîte moins résistante que le pétrostérîte mais qui nécessite néanmoins l'utilisation d'un outil pour le briser. Il se casse assez facilement avec cet outil. Ce pédotype regroupe de nombreux types de carapaces sesquioxydiques, carbonatées, salines, etc...

4- PETROSTERITE

(préfixe: PETROSTERI-)
(adjectif: PETROSTERITIQUE)
(code de saisie de terrain: PSTER)

Ce pédotype a été défini pour la première fois par Chatelin (1972) comme un matériau très résistant qui ne peut être difficilement ou très difficilement brisé qu'avec l'aide d'un outil. Le pétrostérîte correspond aux cuirasses ferrugineuses, alumineuses, aux encroûtements calcaires tuffeux, nodulaires, lamellaires ou pelliculaires rubanés, aux dalles compactes calcaires, à certaines formes d'encroûtements salins, à l'altos, ortstein, à l'horizon placique (Soil Taxonomy), aux duripans, etc...

Après cette première identification du pédotype, d'autres caractères sont pris en considération qui permettent de préciser l'analyse morphologique du stérîte.

1- La morphologie générale

On parlera de stérîte :

- lapidique
 - +nodulaire
 - +pisolitique
 - +concrétionnaire
 - +oolitique
- vacuolaire
- lamellaire
- scoriacé
- feuilleté
- circonvolutionné
- massif
- etc...

Tous ces termes ont été et sont encore fréquemment utilisés pour décrire les stérîtes. Il peut être intéressant de préciser, le cas échéant, la nature de la porosité du pédotype, de mentionner la présence de diaclases, de fissures, de faire état de l'orientation, des dimensions, du type des vides, etc...

2- La nature chimique

Ce critère permet de distinguer :

- les stérîtes oxydiques
 - + ferroxiques: constitués uniquement de fer sous des formes variées (hématite, goethite,...)
 - + alumoxiques: formés surtout d'aluminium (gibbsite, etc, ...)
 - + manganiques: formés principalement de manganèse
 - + etc...

Souvent ces oxydes sont présents simultanément et les stérîtes seront alors qualifiés de ferroxo-alumoxique ou de mangano-ferroxique, etc... Oxydes de fer et d'aluminium peuvent coexister sous des formes cristallines séparées, mais il existe aussi, pour ces deux éléments une autre façon de cohabiter. C'est ce que Leprun (1979) désigne par l'expression "d'allitisation du deuxième genre". Cette expression caractérise la présence de "goethite aluminieuse", minéral dans lequel aluminium et fer syncristallisent.

- les stérîtes carbonatés

- + calciques (carbonate de calcium)
- + magnésique (carbonate de magnésium)
- + etc...

Des stérîtes carbonatés complexes peuvent exister (calci-magnésique,...)

- les stérites évaporitiques

- + sulfatés (gypsitique)
- + natron
- + etc...

- les stérites siliceux

- + duripan, fragipan
- + silcrètes
- + etc...

3- L'organisation interne

Offre la possibilité de décrire des stérites:

- indifférenciés
- circonvolutionnés
- concentriques
- cutaniques
- lamellaires
- stratifiés
- continus
- etc...

4- La nature des éléments et du ciment

Certains stérites résultent de la coalescence d'éléments variés par un ciment soit de même nature, soit de nature différente. Dans ces conditions, il est donc nécessaire de décrire les éléments de la même façon que l'on décrit le lapidon, puis le ciment, sa nature, son organisation (présence de cutanes, ...).

5- La couleur

Etc...

Toutes les listes précédentes ne sont fournies qu'à titre d'exemple et peuvent, bien entendu, être complétées, les types de stérites étant extrêmement nombreux. Malgré ce degré de variabilité élevé, il est toutefois possible d'identifier avec une bonne précision chacun d'entre eux, rencontré au cours des prospections de terrain. Cependant, certains stérites sont beaucoup plus fréquents que d'autres. Ils ont fait l'objet de nombreuses études de détail. Il semble utile ici d'en décrire quelques-uns et de tenter d'établir un bilan des principaux résultats acquis dans les domaines de leur genèse, de leur fonctionnement, de leur morphologie, de leurs inter-relations, de leurs relations avec le "paysage",...

LES STÉRITES OXYDIQUES

Pédotype dont l'étude a été privilégiée dans le milieu intertropical. De nombreux écrits existent sur ce thème. Les constituants principaux sont ferrugineux et alumineux. Il s'agit donc essentiellement des "cuirasses ferrugineuses" (stérites oxydiques ferroxiques) dont il sera plus particulièrement discuté par la suite, et des "cuirasses bauxitiques" (stérite oxydique aluminique souvent aluminique et ferroxique). Ces dernières sont fréquentes en Afrique, Inde, Australie, Guyane (Ségalen - 1973) où elles ont "fossilisé" certaines surfaces géomorphologiques (King - 1962, Michel - 1969, Grandin et Delvigne - 1969, Grandin - 1968). Les stérites sont indiscutablement d'origine pédologique et dérivent de roches de natures variées (volcanique, métamorphique ou même sédimentaire), les roches basiques s'altérant plus vite que les autres. Les accumulations aluminiques s'observent fréquemment sur des surfaces d'aplanissement anciennes. Plus rarement et dans des conditions d'environnement particulières, d'autres oxydes peuvent s'accumuler pour constituer des stérites (chrome, titane, manganèse, silice, etc...). D'autre part il semble que, dans le "milieu interne" des stérites, les minéraux ferrifères sont dans les conditions de leur stabilité et de leur cristallisation. Il n'y aurait pas de dissolution significative du fer dans les cuirasses (Leprun - 1979) ni de mobilité du fer dans l'eau percolant dans les stérites. Cette hypothèse s'oppose assez nettement à toutes celles qui avaient été émises précédemment.

Les principaux thèmes abordés concernent la genèse des stérites, les relations avec les pédotypes environnants et sous-jacents, l'évolution et la transformation de ces stérites, les relations entre la morphologie et la genèse, etc...

La genèse des stérites oxydiques

Les relations avec la morphologie sont nombreuses et une meilleure connaissance de la genèse ne peut que nous aider à mieux décrire la structure des stérites. Deux mécanismes principaux ont toujours été mis en évidence :

- ceux provoquant une accumulation absolue des oxydes,
- ceux responsables d'une accumulation relative.

Maignien (1958) définit le cuirassement comme l'ensemble des processus pédogénétiques provoquant la formation d'horizons indurés par accumulation de différents oxydes de fer, d'alumine et parfois de manganèse. Ce sont les "horizons cuirassés", les "cuirasses" et l'affleurement. Plusieurs conditions président à la genèse des stérites :

- la quantité de sesquioxydes (relation évidente avec la nature de la roche)
- la présence de niveaux d'immobilisation des oxydes (rôle de la texture, structure, conditions d'oxydation et de réduction, d'évolution de la matière organique, de concentration en bases, etc...)
- la possibilité de mouvements latéraux des oxydes

Les relations entre la morphologie des stérites et les milieux de formation dépendent également de plusieurs faits (Maignien 1959) :

-le rôle des sesquioxydes immobilisés qui cimentent les particules existantes , imprègnent la formation en place, se concrétionnent (ségrégations des oxydes à l'intérieur des réductons).

-le mode de formation :

+accumulation relative :structure scoriacée, aspect de meulière. Le squelette est bauxitique, le remplissage des mailles, ferrugineux.

+accumulation absolue :la structure dépend beaucoup des conditions physico-chimiques. Les stérites sont surtout ferrugineux et manganésifères.

-le milieu physico-chimique :

+acide :stérite alvéolaire, feuilleté, avec apports de sesquioxydes par lessivage.

+milieu argileux et colmaté :formes arrondies.

+milieux sableux et graveleux :imprégnations diffuses.

-la quantité d'oxydes :

+beaucoup d'oxydes :milieu en partie saturé donnant des formes nodulaires, concrétionnaires.

+peu d'oxydes :formes d'imprégnation

-le matériau originel :

ce facteur est considéré comme fondamental, voire essentiel (Leprun - 1979) aussi bien au niveau de la genèse qu'à celui de l'évolution ultérieure (désagrégation).

Maignien pense que la mise en place des sesquioxydes et la formation des stérites s'effectue dans n'importe quel niveau, dans n'importe quel matériau. L'individualisation des stérites découle du dynamisme des sesquioxydes propre à chacun des types de sol. Leur origine est à rechercher dans le résultat de l'altération mais celle-ci n'est pas forcément sous-jacente et les migrations de sesquioxydes par mouvements latéraux ou verticaux provoquent le cuirassement aussi bien dans les milieux autochtones qu'allochtones. Lorsque les constituants des sols sont peu altérables, il n'existe aucun horizon de passage entre les cuirasses et l'horizon immédiatement inférieur. Inversement, la présence d'un horizon de transition sous la cuirasse n'implique pas obligatoirement une origine autochtone.

Leprun (1979) suggère une démarche opposée pour expliquer la genèse des stérites. Pour lui les stérites se forment uniquement à partir des roches mères, sans transport latéral du matériel hôte, ni de l'essentiel du fer accumulé. Les stérites seraient donc autochtones, lithodépendants et en grande partie isovolumes. Dans

ces conditions, l'aspect conglomératique des stérîtes, toujours d'après Leprun, serait une "illusion" et ce qui a été pris pour les éléments d'un conglomérat serait en fait le résultat d'une modulation au sein d'un emballage matriciel (lithoreliques et pédoreliques).

Ainsi se retrouvent posées les questions concernant l'allochtonie et l'autochtonie. Elles ont déjà été abordées lors de l'analyse du lapidon. Sans prétendre donner une solution il est vraisemblable qu'il existe, entre ces deux positions apparemment inconciliables, une multitude de situations intermédiaires. D'autre part comme nous l'avons déjà signalé, il y a entre ces questions et les réponses qui leur sont données une inadéquation due, en grande partie, à la différence d'échelle existant entre question et réponse.

Pour illustrer ce problème longtemps considéré comme essentiel, nous ferons un inventaire rapide de diverses positions prises par des pédologues ou par des géomorphologues. La grande variété morphologique des stérîtes peut expliquer en partie la diversité des positions. Parmi tous les stérîtes oxydiques, il existe en effet de nombreux types dont les plus fréquents sont les "faciès" nodulaires, vacuolaires, pisolitiques, lamellaires, scoriacés, massifs, altéritiques, ...

Certains, comme les stérîtes nodulaires, pisolitiques, oolitiques ou encore ce que Richard (1985) appelle les "stérîtes gravoliques" réunissent dans un ciment des "éléments grossiers" (lapidon de diverses sortes). A l'intérieur de ce stérîte, de nombreux cutanes sont visibles. Leur dimension et leur extension sont souvent très importantes. Ce type de stérîte est très fréquent (sommet de "plateaux cuirassés", bowé, lakéré). L'origine de ces éléments a souvent été interprétée comme "allochtone" par beaucoup d'auteurs. Les stérîtes oxydiques possédant des éléments non ferroxiques, cimentés par des sesquioxides ferroxiques plaident en faveur de l'allochtonie (Bonvallot, Boulangé - 1970, Lamotte, Rougerie - 1962, Eschenbrenner, Grandin - 1970).

Lorsque les éléments et le ciment sont de même nature, le choix entre les deux hypothèses est beaucoup plus difficile à faire.

Richard (1984) cite encore les "stérîtes rétichromes" qui sont en fait une juxtaposition de deux pédotypes -stérîte et oxydon- en intergrades formant un réseau. L'intérieur des mailles est rempli soit par un réducton, soit par un pédotype intergrade réducton-structichron, ou réducton-altérîte, etc... Cette organisation correspond à l'évolution d'un ensemble juxtaposé oxydon/réducton ou /réducton-altérîte dans lequel la phase oxydique passe progressivement au stérîte par le biais d'intergrades de dureté variable. Le résultat final de cette évolution correspond à des "stérîtes vacuolaires, lamellaires, scoriacés", après le départ

des pédotypes meubles. Ces observations plaident en faveur d'une "autochtonie". La réponse à la question allochtonie-autochtonie est encore un fois difficile à trouver. Elle peut être fournie par des moyens d'investigations à la fois pédologiques et géomorphologiques.

La dégradation des stériles oxydiques

C'est un problème important qui concerne l'évolution de ce pédotype. Pour la majorité des auteurs (de Chetelat -1938, Aubert - 1949, 1963, d'Hoore - 1954, Fournier - 1956, Michel - 1973, Lamotte & Rougerie - 1962) les phénomènes de dégradation sont toujours attribués à la mise à l'affleurement, à l'activité biologique et à l'action hydrodynamique. Il s'agit pour l'essentiel d'une désagrégation mécanique superficielle. Leprun (1971, 72, 77, 79) en revanche considère que le processus le plus important responsable du décuirassement actuel est de nature pédologique et conduit à la dégradation interne et basale des stériles. Plusieurs faits morphologiques confirment ce "decuirassement".

- la présence de diaclases en forme "d'entonnoir à l'envers"
- la présence d'un feuilletage horizontal et d'un démantèlement en écailles avec apparition de vides sous-lamellaires à la base des stériles. Ceci conduit à la libération de nodules (bruns à centre noir à la base des stériles, violets à la partie supérieure des profils -"gravillons"-).

D'autre part, au niveau géochimique, il est intéressant de relever des teneurs en manganèse plus élevées dans les stériles démantelés que dans les stériles non démantelés. Les concentrations en fer par rapport à celles du manganèse sont également plus fortes dans les stériles non dégradés. Les dissolutions intenses de surface tendent, par accumulation absolue, à donner aux sommets de stériles une composition ferrugineuse. Toutes ces observations permettent à Leprun d'affirmer que :

- les "gravillons" de surface ont une origine mécanique (racines, ruissellement, faune)
- les "nodules et sables" résultent d'une destruction chimique pédologique des stériles par action des eaux de percolation, et des eaux de circulation latérale et des alternances dessiccation-humectation.

Les deux processus de dégradation précédents seraient devancés par des microphénomènes (micronodulation par concentration plasmique, fissuration périnodulaire, accroissement et redistribution du plasma argileux,...), en fait tous les processus habituels participant à la pédoplasmation et à la pédoturbation!

Il existerait également une relation directe entre le type de roche qui a donné naissance au stérile et le type de dissociation qui s'ensuit. Sur roches acides, la désagrégation sera essentiellement chimique et profonde. Sur roches basiques, elle sera surtout mécanique. Ces phénomènes de désagrégation provoquent une descente du stérile et un abaissement de la topographie. On assiste alors à la formation de cavernes, grottes, dolines, ... fréquemment observées en Nouvelle Calédonie.

Le cas des Alios (Ortstein - Ironpan)

Il s'agit de la cimentation d'éléments généralement siliceux par de petits "flocons" riches en fer, qui durcissent par cristallisation des oxydes de fer (goethite) et cela

provoque la formation de stériles. L'épaisseur de ces alios peut dépasser plusieurs décimètres.

On peut rapprocher de ce pédotype l'"horizon placique" qui est une couche mince cimentée par du fer, du fer et du manganèse ou par un complexe fer-matière organique. L'épaisseur de cette organisation varie entre 2 et 10mm mais peut dans quelques cas atteindre 20 à 40mm. Il est parfois associé aux stratifications du matériau parental. Il montre une forme ondulée ou en circonvolutions. En général les feuillets sont isolés mais peuvent être anastomosés. Le pédotype est de couleur brune, brun foncé ou brun-rouge foncé ou noire lorsque du manganèse est associé à la matière organique et au fer. Une couche durcie peut être formée de plusieurs feuillets réunis par des ciments de nature différente. Cette structure dont l'origine reste encore imprécise s'observe aussi bien en zone tropicale qu'en zone tempérée, dans les milieux argileux que dans les milieux sableux, cependant toujours dans les zones humides ou très humides. Les teneurs en carbone organique sont élevées.

LES STÉRILES CARBONATES

Très largement décrits par Boulaine (1957), Durand (1959, 1963), Gile, Peterson & Grossman (1965), Beudet, Maurer & Ruellan (1967) et par les auteurs de la Soil Taxonomy ("petrocalcic horizon"). Nous retiendrons les définitions fournies par Ruellan (1971) et Moreau (1981) concernant les différents types de stériles carbonatés calciques qualifiés de concentrations continues. Le calcaire masque les caractères originaux du matériau qu'il imprègne. Ces accumulations sont communément désignées par le terme "d'encroûtements". Le calcaire se caractérise par sa couleur claire, typique des zones d'accumulations. Par ailleurs, la forme, la taille, la consistance des concentrations calcaires déterminent des faciès d'encroûtement variés que l'on peut classer en plusieurs grandes catégories.

les encroûtements non feuilletés

-Encroûtements massifs : dépôt généralisé, régulier de calcaire de couleur blanchâtre à beige clair. Deux faciès existent :

- +encroûtements crayeux ou pulvérulents à toucher farineux et d'aspect massif.
- +encroûtements tuffeux moins homogènes, à structure alvéolaire ou très finement feuilletée.

Il s'agit d'accumulations assez tendres et souvent friables d'épaisseur variable. Ces stériles sont souvent constitués de plusieurs niveaux séparés par d'étroites "bandes terreuses", en fait du structichron ou du bioféron. Ils se seraient formés dans des conditions de drainage déficient. Ce type de stérile s'observe également au niveau des altérites de schiste et de granite.

-Les encroûtements en larges amas : c'est la juxtaposition d'amas calcaires blanchâtres de plusieurs cm à 10 ou 20cm, bien individualisés et séparés par des zones

étroites de structichron. L'épaisseur de tels stérîtes est de l'ordre de 50 à 150 ou même 200cm.

-Les encroûtements nodulaires : constitués de nodules plus ou moins nombreux pris dans une gangue très calcaire. La structure est à la fois nodulaire et polyédrique, parfois finement feuilletée. La dureté de ce stérîte est très élevée lorsqu'il est très sec.

Les encroûtements feuilletés

-Les croûtes : constituées par la superposition de feuillets d'encroûtements durcis mais non pétrifiés, dans lesquels les teneurs en calcaire peuvent varier de 60 à plus de 90%. L'épaisseur des feuillets est variable (quelques mm à plusieurs cm). Les feuillets ne sont pas continus; ils sont séparés par des fentes subhorizontales, de largeur variée, anastomosées. La structure interne des feuillets rappelle celle des encroûtements non feuilletés. Elle peut être massive, nodulaire ou finement feuilletée. La couleur est blanc crème. Lorsque la coloration prend une dominante rose, la dureté augmente. La quantité de nodules roses augmente à proximité d'une dalle compacte.

-Les dalles compactes : constituées par un plusieurs feuillets calcaires très durs, de couleur grise ou le plus souvent saumon, chaque feuillet pouvant atteindre 10 à 20 cm d'épaisseur. En général, les feuillets sont continus, sans fentes verticales et possèdent une structure interne très massive. On note la présence de quelques cavités fines et allongées rappelant des fentes de retrait. La teneur en calcaire est supérieure à 80%.

Les encroûtements lamellaires ou pelliculaires rubanés

Ce sont des formations très dures, très riches en calcaire, dont l'épaisseur varie de quelques mm à quelques cm. Très nettement stratifiées, elles sont constituées par la superposition d'une ou plusieurs séries de lamelles très fines. Les séries sont parallèles ou se recoupent. La couleur générale est blanche ou saumon mais l'ensemble présente toujours plusieurs filets ou lamelles plus ou moins sombres, ou même noires.

LES STÉRITES EVAPORITIQUES

Parmi ces stérîtes, nous retiendrons l'exemple des stérîtes gypsitiques encore dénommés "encroûtements gypseux" (Pouget - 1980). Ils sont le résultat de la coalescence progressive d'amas gypseux qui conduit assez rapidement à la formation de plages plus importantes ou à celle de feuillets cristallisés séparés par des espaces où l'eau circule de moins en moins facilement. Le résultat final est un encroûtement continu.

-Dans un matériau gypseux (sable éolien), l'encroûtement se présente sous l'apparence d'un grès scoriacé avec de nombreux petits cristaux de gypse peu individualisés.

-Dans un matériau non gypseux, deux faciès peuvent exister:

- 1- **Faciès microcristallisé** dans les zones couvertes de végétation.
- 2- **Faciès "rose des sables"** lorsqu'il n'y a pas d'intervention de la végétation.

L'induration n'est pas en relation directe avec la teneur en gypse de l'encroûtement, mais dépend essentiellement de l'état de dessiccation.

LES STÉRITES SILICEUX

Moins fréquemment décrits, ils constituent les fragipans et les duripans cités par les auteurs de langue anglaise.

Les fragipans

Ce sont des niveaux limoneux ou plus rarement sableux paraissant cimentés lorsqu'ils sont secs. Leur consistance est dure ou très dure. En conditions humides, ces niveaux sont modérément fragiles et se cassent brutalement à la pression. Ce pédotype est peu perméable ou très peu perméable à l'eau. On note également la présence de surfaces planes verticales plus ou moins lessivées. Une structure prismoclode grossière est alors visible.

Les duripans

Il s'agit de niveaux cimentés par de la silice. La dureté est variable. On observe fréquemment d'autres éléments associés à la silice pour former le ciment (oxydes de fer et carbonates principalement). La morphologie de cet ensemble est donc extrêmement variable mais le critère de dureté reste invariable quelles que soient les conditions d'humidité. Toujours très dur, ce pédotype devient toutefois cassant après une humidification prolongée. La présence de revêtements d'opale est fréquente.

Les relations du stérîte avec d'autres pédotypes

En règle générale il s'agit de juxtapositions, mais dans certains cas, comme pour le lapidon, il peut y avoir des ensembles intergrades basés, comme nous l'avons signalé précédemment, sur le degré d'induration. Un autre cas assez fréquent est celui des pédotypes intergrades oxydon-stérîte ou parfois altérîte-oxydon-stérîte.

Nous sommes également confrontés aux problèmes soulevés par la position de certaines accumulations "friables" qui peuvent être décrites à la fois dans le séméton et dans le stérîte. A situation identique, solution identique : celle du lapidon.

C- les pédotypes "biologiques"

Cette expression rassemble des organisations résultant de l'activité de la faune du sol. Nous avons distingué deux types principaux. L'un résulte du transport -au sens le plus large du terme- des matériaux constitutifs du sol qui, le plus souvent, ont transité par le tube digestif de certaines espèces animales. L'autre représente l'aboutissement d'une activité de "bâtisseurs" et conduit à la création de structures parfaitement organisées.

1- LE BIOFERON

(du grec **Bios**: vie et **Phero**: transporter)

Préfixe: **BIO-**
Adjectif: **BIOFERIQUE**
Code de saisie de terrain: **BIOFE**

Le pédotype bioféron (Beaudou & al. - 1983) caractérise le résultat de l'activité de la faune à l'intérieur du sol. Elle se manifeste par la présence d'organisations particulières le plus souvent bien individualisées et relativement faciles à identifier.

Ces "remaniements biologiques" affectent différents pédotypes, généralement meubles, ou pouvant se morceler, se fractionner sans trop de difficultés. Parmi ces pédotypes, nous pouvons citer l'humite, le nécrumite, le structichron, l'aitérite, l'oxydon, le leuciton, l'entaféron lutique et/ou arénique et/ou les ensembles intergrades que ces pédotypes meubles peuvent former entre eux. Aux différents pédotypes, nous pouvons ajouter les phytotypes tels que le nécrophytion, le rhizagé ou le rhizophyse, éléments végétaux qui sont aisément découpés par certains représentants de la faune du sol. C'est une des raisons pour lesquelles il est absolument nécessaire de préciser la nature du bioféron en fonction de celle des pédotypes ou phytotypes affectés par ces divers processus et mécanismes. Nous distinguerons par exemple :

- le bioféron humique
- le bioféron structichromique
- le bioféron oxydique
- le bioféron humostructichromique
- le bioféron structi/nécrophytique

- le bioféron nécrumique
- etc...

La liste n'est évidemment pas exhaustive.

De ce fait également, les couleurs et les textures de ce pédotype sont extrêmement variables et doivent être précisées à chaque fois. Il est très difficile de donner à ces critères une quelconque valeur de généralité.

Il existe toutefois un certain nombre de structures spécifiques de ce pédotype et plusieurs types d'organisations peuvent être reconnues. Pour les décrire, nous référerons aux descriptions et définitions données par Brewer (1976).

a- Pédotubules

Encore appelés plus simplement tubules, ils peuvent être définis de la façon suivante (Brewer - 1964, 1976, Fabric and mineral analysis of soils, p.236, 239, 241) :

"trait pédologique formé de matériau sol (grains de squelette et plasma (distinct des concentrations plasmiques) possédant une forme externe de tubules ou de tubes, simples ou anastomosés. Sa limite externe est en général nette. Sa section est le plus souvent circulaire ou elliptique." Cette définition est à rapprocher de celle des chenaux.

Selon l'organisation interne, nous pouvons également distinguer :

- Les granotubules

Tubules composés essentiellement de grains de squelette sans plasma. Lorsqu'il y a du plasma, celui-ci ne représente qu'un trait pédologique. L'organisation est en général du type granulaire.

- Les aggotubules

Plasma et squelette constituent des agrégats à l'intérieur du tube. Il n'existe aucun arrangement particulier de ces agrégats qui puisse être relié à la forme du tube. Des grains de squelette isolés peuvent également être présents. La texture est variable et la structure, en agrégats de dimensions variables, se rapproche des types grumoclode, grumoanguclode ou aliatode.

- Les isotubules

Il s'agit de pédotubules composés de plasma et de grains de squelette sans organisations structurale particulière en agrégats. La texture est variable, la structure est à rapprocher du type amérode.

- Les striotubules

Le plasma et le squelette présents dans le tube ne possèdent pas d'organisation en agrégats mais montrent toutefois une orientation préférentielle en relation avec

la forme du tubule. Cet arrangement se présente sous forme semi-ellipsoïdale et les parois du tubule sont approximativement tangentes au semi-ellipsoïde. Bullock & al (1985) parlent de trait pédologique ressemblant à un arc ("Bow like feature").

En comparant la nature du matériau contenu dans le tubule avec celle du matériau environnant, on peut distinguer trois grands types de tubules :

- des orthotubules

Le matériau et le pédotype environnant sont de même nature. Par exemple, un tubule structichronique à l'intérieur d'un structichron, humique dans un humite, etc...

- des métatubules

Le matériau est de nature différente de celle du pédotype environnant. Un tubule humique dans un structichron, structichronique dans un altérite, etc...

- des paratubules

Le matériau constitutif n'est pas identifiable à un des pédotypes présents dans le sol. On peut citer comme exemple de paratubules ceux caractérisés par une accumulation préférentielle de silice ou d'autres éléments tels que carbonates, sulfates, sesquioxydes. Dans de nombreux cas de ce type les paratubules seront assimilés et décrits comme des éléments du séméton.

b- Copropèdes

Encore nommés **microagrégats biologiques** (Beaudou - 1972, Muller - 1975) ou **boulettes fécales** (Brewer - 1976), on les observe en général dans des vides (pédotubules, chambres, etc...). Il est raisonnable de penser que leur présence dans ces endroits est due au passage d'animaux lors de l'édification de ces chenaux ou chambres.

Les copropèdes se présentent comme de petits volumes arrondis ou ovoïdes (en coupe transversale). En coupe longitudinale, les formes peuvent être plus diversifiées et certains auteurs y reconnaissent le résultat de l'activité de certaines espèces animales. Ils établissent ainsi une relation entre la morphologie de ces copropèdes et les différentes espèces de la faune du sol (Bullock & al. - 1985). La couleur et la nature des copropèdes sont très variées et dépendent de celles des pédotypes "remaniés" par la faune du sol. Leurs dimensions sont pratiquement toujours limitées, de l'ordre du millimètre ou moins. L'organisation d'ensemble des copropèdes est du type "entassement". Les pédotypes les plus fréquemment repris par la faune sont les nécrumites, humites, structichrons ou les ensembles intergrades qu'ils peuvent former entre eux.

Les phénomènes de pédoturbation (Hole - 1961) qui affectent les sols peuvent faire disparaître les pédotubules. Dans ces conditions, les copropèdes ne montrent plus alors de localisation particulière et sont ainsi plus ou moins totalement intégrés au fond matriciel. D'assez nombreux sols tropicaux sont caractérisés

par la présence de structichrons aliatiques à structure fragmentaire très fine presque uniquement constituée de microagrégats. Les hypothèses concernant leur origine font état de l'activité de la faune ou du résultat de l'application de processus et mécanismes physiques et chimiques (ségrégation des éléments, alternance de période d'humectation et de dessiccation, etc...). Certains auteurs n'admettent pour vérité que l'hypothèse "biologique". Sans accepter une position aussi radicale, il faut toutefois reconnaître la part importante de l'action de la faune du sol dans les mécanismes de microagrégation qui affectent les pédotypes meubles de ces sols. Mais elle n'est certainement pas la seule responsable de l'apparition de telles structures dans les sols ferrallitiques et le rôle des processus et mécanismes physico-chimiques ne doit pas être négligé.

c- Les turricules

Dus essentiellement à l'activité des Vers de terre, ils se présentent comme des amas de formes ovoïdes, mamelonnées, posées à la surface du sol ou formant de petites colonnes de quelques centimètres de hauteur. Ces turricules sont particulièrement abondants après la pluie qui semble provoquer un regain de l'activité des Vers. Dans certaines régions, ces turricules sont extrêmement nombreux et peuvent former à la surface du sol un "tapis pratiquement continu" constitué de la juxtaposition de ces petites colonnettes.

La couleur et la texture de ces turricules varient de façon sensible en fonction de celles des pédotypes meubles affectés par l'activité des Vers. Cette activité peut être partiellement quantifiée par la mesure ou l'estimation de la quantité de "terre" ingérée et rejetée par ces animaux. Les chiffres trouvés dans la littérature sont spectaculaires. Selon Roose (1981) et Nye (1955), la production de turricules se situerait entre 10 et 50 tonnes par an et par hectare. Dans certains milieux, Bachelier (1963) cite une valeur de 200 tonnes. Il semble donc que les Vers jouent un rôle extrêmement important dans les phénomènes de remaniement et de réorganisation des pédotypes "meubles" de la partie supérieure des sols (entre 0 et 50/60cm au maximum). Ils seraient non seulement responsables de l'homogénéisation et de l'ameublissement des matériaux, mais aussi de leur enrichissement en éléments nutritifs facilement assimilables par les plantes. Une telle activité peut conduire à la création de "véritables recouvrements de plusieurs millimètres en quelques mois ou même en quelques semaines".

Il faut donc insister sur l'importance que peuvent prendre les "biopédoturbations" parmi les processus de genèse de certaines organisations pédologiques.

Nous pouvons citer comme exemple l'apparition d'organisations continues formant de nouveaux "horizons". Ces organisations ont reçu le nom de "coprumite" (Beaudou et de Blic - 1975) qui n'a

pas été retenu ici. Il s'agit en général d'un assemblage lâche d'agrégats et de microagrégats incluant le plus souvent des débris organiques -végétaux plus ou moins fractionnés- (nécrophyton et nécrumite). De telles organisations s'observent le plus souvent dans les zones agricoles. Elles possèdent un caractère transitoire et ne sont visibles qu'à certaines périodes (à la suite de pluies) ou après des travaux du sol (desherbage, buttage, etc...) qui exacerbent apparemment l'activité de la faune du sol. Cette activité est très intense, mais ne s'applique que pendant une période très brève.

L'importance que peut prendre ce pédotype dans les sols est en général très limitée, principalement en ce qui concerne les tubules. Mais dans certains cas, le bioféron, comme nous venons de le voir, peut constituer à lui seul un horizon. Son identification et l'appréciation de son importance sont donc nécessaires pour suivre et estimer -en première approximation- l'activité de la faune et les périodes pendant lesquelles cette activité se manifeste de façon la plus intense. De Blic (1979) a étudié avec précision ce type de bioféron à grande extension latérale, afin de mieux caractériser son organisation morphologique.

Ces travaux menés sur des sols ferrallitiques du centre de la Côte d'Ivoire ont permis de distinguer deux grands types en fonction de la nature de la roche mère.

-Dans les régions où les sols dérivent de roches schisteuses, le bioféron est caractérisé par une organisation en "chou-fleur" due à des structures spongieuses, fines, mamelonnées, à mailles serrées assez irrégulières incluant des domaines denses centimétriques.

-En revanche, lorsque les sols se sont développés sur granite, l'organisation du bioféron est celle d'une "structure soufflée" à vides hétérométriques en "mie de pain bien levée" selon les termes de De Blic. Au microscope, il est possible de distinguer des microstructures de plusieurs types :

- + discontinues et agrégées à microagrégats libres.
- + intergrades discontinues à agrégats libres et spongieuses.
- + spongieuses
 - . grossières
 - . fines
 - . denses
- + continues, denses

Une dernière remarque : le bioféron est souvent décrit comme une organisation des " humus " (voir la définition du nécrumite).

2- LE DOMABION

(du grec Doma: maison et Bios: vie)

Préfixe: DOMA-

Adjectif: DOMABIOLOGIQUE

Code de saisie de terrain: DOMAB

Ce terme est utilisé pour décrire certaines traces de l'activité de la faune du sol, différentes de celles regroupées dans le pédotype bioféron. Il s'agit ici de l'ensemble des constructions édifiées par diverses espèces de la faune. Dans les régions tropicales cela concerne essentiellement les Termites. D'autres animaux possèdent également des capacités de "bâtisseurs", moins spectaculaires il est vrai, et doivent toutefois être prises également en considération. Nous pouvons citer entre autre les Fourmis et même certains mammifères fouisseurs.

En limitant l'identification du domabion aux structures construites organisées, nous nous écartons sensiblement du concept de zoolite proposé par Richard, Kahn et Chatelin (1977) qui regroupe sous son nom l'ensemble des manifestations de l'activité de la faune. Le zoolite correspondrait en fait à l'ensemble bioféron - domabion que nous identifions comme deux pédotypes distincts.

Ces "constructions" peuvent être de types différents parmi lesquels nous pouvons citer :

- les termitières
- les fourmilières
- les galeries
- les chambres
- les "nids"
- etc...

Du fait de leur très grande importance, les termitières ont été à l'origine de nombreuses études et recherches. Il s'agit d'édifices de formes, de couleurs et de dimensions très variables et il est possible d'établir une typologie de ces termitières en relation avec les différentes espèces de Termites. On relève ainsi dans le traité de zoologie de Grassé (1949):

- les termitières champignons (Cubitermes), surtout visibles dans les zones à stériles ferroxiques.
- les termitières cathédrales (Bellicositermes)
- les termitières à cheminées (Bellicositermes)
- les termitières en colonnes (Trinervitermes)
- etc...

Dans certaines régions, l'importance que peuvent prendre ces édifices contribue à leur donner un aspect et une morphologie tout à fait remarquables. C'est le cas en République Centrafricaine, dans la région de Mobaye, où d'anciennes termitières cathédrales, pratiquement jointives, - décelables sur photographies aériennes - donnent à cette zone de plusieurs dizaines de kilomètres carrés un aspect ondulé très caractéristique qui n'a été décrit nulle part ailleurs (Boyer - 1969, Beaudou & Cheval - 1980).

Les Termites, en construisant ces termitières qui nécessitent d'importants transports de matériaux, sont donc également responsables de nombreux "remaniements" à l'intérieur et à la surface du sol ou de certains pédotypes meubles. Les matériaux utilisés proviennent parfois de grandes profondeurs (plusieurs mètres ou même plusieurs dizaines de mètres). Les pédotypes affectés sont essentiellement des humites, des structichrons, des oxydons, parfois des altérites et tous les pédotypes "intergrades" humite-structichron, structichron-altérite, humite-oxydon, etc... Ce rôle des Termites dans le remaniement des sols, visualisé de façon spectaculaire, s'ajoute à celui plus discret, mais au moins aussi important, qu'ils jouent en modifiant l'organisation des humites et des structichrons (structichron aliatode- cf la définition de ce pédotype).

Il est malaisé d'édicter une règle concernant la distribution des termitières à la surface du sol. En effet, leur nombre à l'hectare est très difficile à évaluer selon l'espèce considérée, le type de termitières et la zone où elles sont observées, ...

Le nombre de termitières "monticules" ou "collines" de Beilicositermes se situerait entre 1 et 10 par hectare. Celui des "cônes" ou des "colonnes" de Trinervitermes avoisine 750 par hectare. Quant à celui des "champignons" de Cubitermes il serait proche de 5000 par hectare. Mais le plus souvent les chiffres cités dans la bibliographie sont contradictoires. Les Termites construisent ou détruisent sur plusieurs années ou même sur plusieurs dizaines d'années, ce qui rend quelque peu aléatoire toute tentative d'estimation des "remontées" ou "remaniements", résultat du travail de ces Insectes. Malgré cela il semble que le volume de matériau remonté demeure relativement faible et se situe aux alentours de 1 tonne par hectare et par an. Parallèlement, les "recouvrements" sont estimés au voisinage du millimètre par an (Lee & Wood - 1971, Boyer - 1969).

D'une façon très générale, si l'on ajoute ces valeurs à celles relevées pour les Vers de terre (cf pédotype bioféron), il apparaît que l'activité de la faune représente un facteur très important de l'évolution des sols qui pourrait être, dans certains cas, à l'origine de pédotypes tels que l'humite, le structichron, le dermilite ou l'écluton.

Une dernière remarque concernant l'activité de la faune et son impact sur l'organisation des sols. Il s'agit cette fois, non plus d'Insectes, mais de petits Mammifères qui creusent des terriers. De nombreuses observations ont mis en évidence le rôle que jouent ces animaux dans l'épandage, à

la surface du sol, de lapidon nodulaire ou concrétionnaire ferroxique souvent décrit dans cette position en région intertropicale. Les éléments présents en surface proviennent de lapidons existant plus en profondeur qui ont été rejetés lors du percement des terriers. Le recouvrement peut être très important aussi bien en superficie (plusieurs hectares ou dizaines d'hectares) qu'en épaisseur (plusieurs centimètres).

D- les pédotypes de "dépôt"

Sous cette expression, nous avons regroupé des pédotypes qui sont la matérialisation de mouvements de matière à l'intérieur du sol ou en surface. Leur extension spatiale est le plus souvent limitée. Toutefois, certains d'entre eux peuvent recouvrir le sol sur des étendues très importantes. Malgré leur épaisseur en général très réduite, leur rôle dans la dynamique actuelle de l'eau est fondamental. La nature des dépôts est variée (éléments figurés, sels, etc...).

1- LE CUTANON

(du latin Cutis: peau, revêtement)

Préfixe: CUTANO-

Adjectif: CUTANIQUE

Code de saisie de terrain: CUTAN

Ce pédotype est un trait pédologique qui représente le résultat du dépôt d'éléments figurés ou qui correspond, selon la définition de Brewer (1976) :

"A une modification de la texture, de la structure ou de l'organisation du matériau pédologique au niveau des surfaces naturelles du sol (surface des agrégats, des grains du squelette, des parois des vides, des éléments du lapidon, etc...). Ce trait pédologique est dû à une concentration d'un élément particulier du sol ou à la modification "in situ" du plasma. Les cutanes peuvent être constitués de n'importe quelle composante du matériau pédologique."

Extrêmement fréquent dans les sols, le cutanon a été décrit à de maintes occasions (Allen, 1932 - Kubiens, 1938 - Altemüller, 1956 - Karpachevski, 1960 - Dalrymple, 1962, Brewer, 1960, 1976 - Bocquier, 1973 - Beaudou, 1972 -

Etc...), comme des concentrations plasmiques ou des séparations plasmiques associées à des surfaces naturelles à l'intérieur du sol (surfaces des agrégats, des grains du squelette, parois des vides, etc...). Ces organisations ont été reconnues comme des revêtements formés de l'accumulation de minéraux argileux. Ils ont été qualifiés par les auteurs anglo-saxons de "clay skins" ou encore de "tonhautchen".

D'une façon générale, ces termes possèdent une forte signification génétique indiquant que les surfaces des agrégats ou les parois des vides ont été recouvertes par des particules argileuses (argiles minéralogiques ou sesquioxides sous forme de particules d'une dimension inférieure à 2 μm) qui se sont déposées après déplacement en suspension dans les solutions du sol (illuviation).

Selon Brewer (1976), deux grands types de cutanon peuvent être distingués :

- Celui résultant du dépôt ou de la diffusion de matériau plasmique : Ce sont les "concentrations plasmiques".
- Celui résultant de modifications "in situ" du matériau plasmique : Ce sont les "séparations plasmiques".

D'autres définitions du cutanon ont été données. Selon Buol & Hole (1960), il s'agit d'un "assemblage d'argiles orientées (particules inférieures à 0.002 mm) incluant des particules plus grossières formées sur les parois des interstices présents dans le sol et montrant des limites externes et internes très tranchées." Cette définition s'appuie essentiellement sur des caractéristiques microscopiques mises en évidence sur les lames minces et d'autre part emploie le terme d'argile en lui conférant une signification qui n'est pas uniquement minéralogique, mais également granulométrique. A cela, il faut ajouter le caractère quelque peu limitatif que l'on donne ici au critère d'orientation, car il est en effet parfois difficile de mettre en évidence l'orientation des éléments constituant certains cutanons oxydiques.

Plus simplement, nous pouvons retenir que le cutanon est une organisation pédologique particulière (pédotype). Il se distingue du matériau pédologique environnant par des limites extrêmement tranchées, par un aspect souvent "lisse" ou même brillant (caractère en relation avec le degré d'humidité) et représente une concentration de certains éléments constitutifs du sol.

Nous avons "détaché" ce pédotype du séméton en le qualifiant à l'aide d'un terme particulier, car il correspond en fait à une structure caractérisée par la réorganisation d'éléments figurés, que ce soient des particules argileuses ou des oxydes métalliques. Dans le pédotype séméton en revanche, se trouvent rassemblées des structures essen-

tiellement cristallines (carbonates, sulfates, chlorures). Toutefois, certains dépôts d'oxydes ou d'hydroxydes métalliques -pellicules, dendrites- montrent une organisation telle (aspect de placages, de filaments) qu'ils peuvent être assimilés à du séméton. Il est en fait possible de les décrire comme faisant partie de l'un (séméton) ou de l'autre (cutanon) pédotype.

La description du cutanon peut être précisée, soit dès l'observation de terrain lorsque cela est possible, soit au cours de la description de lames minces ou d'observations en ultramicroscopie. Dans un premier stade, nous distinguerons en accord avec Brewer (1976) selon :

- la localisation du cutanon et ses relations avec différents pédotypes ou éléments de pédotypes :

- 1- des cutanes de vides (fentes, chenaux, ...)
- 2- des cutanes de grains (grains de squelette, éléments du lapidon, de l'entaféron rudique ou arénique, ...)
- 3- des cutanes d'agrégats

- la nature minéralogique ou chimique du cutanon

- 1- des argillanes, formés d'argiles (minéralogiques) qui peuvent être caractérisées avec beaucoup plus de précision par l'indication de la nature même des minéraux argileux (kaolinanes, palygorskane, etc...)
- 2- des ferri-argillanes, formés d'un mélange plus ou moins complexe d'oxydes et d'hydroxydes métalliques et de minéraux argileux.
- 3- d'organo-argillanes, formés d'une association de produits organiques (pédotype nécrumite) et de minéraux argileux.
- 4- d'organanes, formés uniquement de "matières organiques".
- 5- de sesquanes, constitués d'oxydes et d'hydroxydes métalliques qui peuvent être de différentes natures :
 - ferroxyque (ferranes)
 - alumoxyque
 - etc...
- 6- de manganés, formés d'oxydes et d'hydroxydes de manganèse. Elles correspondent aux pellicules et placages décrits également dans le séméton.
- 7- de squeletanes, formés de grains de squelette quartzeux.

Brewer (1976) cite également, comme structure possible du cutanon, les **soluanes** (formés de sels : carbonates -**calcanes**, calcitanes-, sulfates -**gypsanés**, ..., -, chlorures - **halanes**), les **silanes** formés de silice sous différentes formes (**quartzanes**, **calcédanes**).

- La complexité de l'organisation interne

1- des cutanes **simples**. Ils peuvent l'être au niveau de la nature minéralogique (un seul minéral) du dépôt (une seule couche visible).

2- des cutanes **composés**. Ils sont constitués de plusieurs couches dont la nature et/ou l'organisation peuvent être différentes. Cette complexité est également due à l'application successive de divers processus.

- le processus de mise en place

Il est possible de distinguer

- 1- des cutanes d'illuviation
- 2- des cutanes de diffusion
- 3- des cutanes de tension

Certaines formes de cutanon ont été plus particulièrement décrites. Nous retiendrons ici l'exemple **coiffes** ou "capping" (Fitzpatrick -1971). Il s'agit d'un type original de revêtement qui ne concerne qu'une seule partie des grains du squelette ou des agrégats, généralement la partie supérieure. Ces coiffes peuvent affecter un seul grain de squelette, un seul agrégat ou bien relier plusieurs grains ou plusieurs agrégats entre eux. Ce type d'organisation complexe a été qualifié de "link capping" (Bullock, 1985) ou encore d'**organisation en bandes** (Dumanski, Saint Arnaud, 1966) ou de **trait laminaire** (Gavaud, 1968). Bocquier (1973) a également cité de telles organisations dans certains pédotypes (Leuciton).

Ce pédotype ne représente dans les sols que des volumes réduits, mais nous avons vu l'importance du contexte génétique lié au cutanon. Nous sommes donc en présence d'un pédotype qui constitue, de façon très générale, des **associations avec les autres pédotypes** sous forme de **juxtapositions** (cf la définition qui insiste sur la netteté des limites avec le matériau sol environnant). On l'observera pratiquement toujours en présence de structichron, de lapidon, d'al-térite, de leuciton, etc...

2- LE DERMILITE

(du grec Derma: peau et Lithos: pierre)

Préfixe: DERRMI-

Adjectif: DERRMILIQUE

Code de saisie de terrain: DERRMI

Le terme **dermilite** (Beaudou - de Blic, 1978) désigne un pédotype qui résulte de la réorganisation de la surface du sol sous l'effet battant de la pluie, auquel il faut quelque fois ajouter l'action des phénomènes de dessiccation qui peuvent alors provoquer un durcissement plus ou moins important du dermilite. Croûte, pellicule de battance sont les expressions les plus fréquemment utilisées pour nommer ce pédotype. Certains auteurs (Valentin, 1985) proposent d'utiliser l'acronyme OPS, dont la signification est "organisation pelliculaire superficielle", à la place des expressions ou mots précédents.

Quels que soient les termes utilisés, le dermilite représente une organisation qui a été reconnue depuis longtemps. En 1954 déjà, Ellison avait nettement mis en évidence, décrit ce pédotype et expliqué les principaux mécanismes présidant à sa formation, lors de l'étude des phénomènes d'érosion des sols.

"Imaginons la surface du sol soumise à l'action de pluies suffisamment intenses, deux facteurs jouent un rôle prépondérant.

- l'énergie des gouttes : si l'énergie est faible les gouttes arrivent doucement à la surface du sol, le liquide pénètre dans la masse de terre sans créer rapidement de saturation.

- la vitesse de pénétration de l'eau dans le sol : en effet chaque fois que l'intensité des précipitations est supérieure à la vitesse maximale d'infiltration, il se forme à la surface du sol un film d'eau, puis une flaque. Comme l'arrivée de l'eau se fait en grosses gouttes sur de petites surfaces, on arrive fréquemment à des saturations locales.

Pendant une pluie suffisamment intense, il se constitue rapidement une pellicule d'eau. Les gouttes ayant une énergie élevée "attaquent" la surface du sol. Après leur chute, elles éclatent, entraînant avec elles des particules du sol sur des distances parfois importantes. Ces particules sont mélangées à l'eau et les éléments fins et grossiers (plasma et squelette) ont tendance à se séparer. Le dépôt ultérieur peut se faire sur place ou latéralement s'il y a ruissellement."

Voilà rapidement exposée l'explication de la genèse imaginée par Ellison. Les études ultérieures ne font que confirmer la réalité de ce processus général. Les mécanismes mis en cause sont ceux de l'humectation, du rejaillissement, du tassement, des transferts verticaux, du transport et du dépôt par des flots laminaires ou turbulents. En général, ils se succèdent dans le temps mais peuvent aussi se combiner. Tous ces mécanismes, excepté ceux liés au ruissellement, ont leur maximum d'intensité au début et pendant la phase d'imbibition (Valentin 1985).

De Blic (1979) a étudié très en détail la morphologie de ce pédotype, observé en Côte d'Ivoire, dans des périmètres cultivés. Il définit tout d'abord un certain nombre de traits caractéristiques qui sont associés de diverses façons pour constituer les différents types de dermilites présents dans cette région.

- Les traits constitutifs du dermilite

1- Traits laminaires à concentrations plasmiques :

Ils représentent une certaine concentration relative de la phase plasmique qui leur donne une teinte plus sombre que celle du fond matriciel encaissant. Plusieurs types peuvent être distingués :

-type 1 : visible à la partie supérieure du dermilite ou bien seul. L'épaisseur oscille entre 500 et 800 μm . La limite inférieure est très nette. Il est caractérisé par :

- + le resserrement de la distribution de base du squelette par rapport à celle du fond matriciel.
- + l'ennoyage par une phase plasmique dense, inorganisée, microdétritique.

-type 2 : lits de moins de 1mm d'épaisseur de squelette fin, trié et entassé de façon dense. Les petits espaces intergranulaires sont remplis de plasma inorganisé. Souvent localisés à la base du dermilite.

-type 3 : visible à la base des dermilites, d'une épaisseur supérieure à 1mm et à limite nette. Il s'agit d'une phase plasmique orientée abondante qui enrobe un squelette hétérométrique (présence de cutanon : organoargilanes, ferriargilanes).

2- Traits laminaires à concentration squelique et détritique:

Présents au sommet ou à la base du dermilite. Il s'agit d'entassement plus ou moins dense de grains de squelette et de microgranules détritiques. L'épaisseur est de plusieurs millimètres. La structure interne est indifférenciée ou microlitée (les lits sont séparés par des orthovides lami-

naires) ou caractérisée par l'alignement de vides circulaires ou ovoïdes séparés par des ponts de squelette fin.

3- Microstructures vacuolaires :

Caractérisées par une forte densité de vacuoles circulaires d'une taille supérieure à 200 μm , reliées par des croisillons de fond matriciel à très forte dominante de squelette où le plasma s'individualise sous forme de granules d'un diamètre inférieur à 150 μm .

La présence de vésicules semble être l'indice d'une faible perméabilité. En ce qui concerne l'origine des microstructures vacuolaires, plusieurs hypothèses ont été émises parmi lesquelles nous pouvons retenir:

- la production de dioxyde de carbone liée à la transformation des bicarbonates et carbonates. Les carbonates qui se déposent sur les parois des vésicules conservent la porosité en la fossilisant. Paletskaya, Lavrov & Kogan (1958) ont émis cette hypothèse lors de l'étude de takyrs.

- des vésicules en "champignons" (Cheverry, Fromaget & Bocquier - 1972) ont été décrites dans des dermilites observés dans des polders du Tchad. Leur formation est due à des fermentations organiques. Des enduits salins ou organo-salins conservent les vésicules.

- lors d'études expérimentales, Evenari, Yaalon & Gutterman (1974) ont observé la création d'une porosité vésiculaire au cours de l'humectation des échantillons. La porosité est maintenue si l'air ne peut s'échapper vers le haut. Les Algues peuvent consolider et préserver les vésicules.

4- Microstructures à caractères dermiliques peu accentués :

Représentées par une forme d'entassement libre à squelette très abondant par rapport au plasma. On remarque toutefois la présence de lits horizontaux de squelette fin, bien trié, celle de "coiffes" sur certains grains grossiers et quelques vacuoles, ébauches de la microstructure vacuolaire.

5- Microstructures litées :

Qui consistent en une alternance assez régulière de microlits à squelette fin et de plasma sous forme de microgranules arrondis et de microlits à couches monovésiculaires (les vésicules sont souvent anastomosées et forment ainsi des vides laminaires). Cette stratification peut être plus ou moins de type "entrecroisé".

- Les types de dermilites

1- Simple ou pelliculaire :

Formé du trait laminaire du type 1

2- Peu accentué :

Formé de strates de 3 à 10mm d'épaisseur (microstructures d'entassement avec, par endroit, des microlitages, des microstructures vacuolaires, etc...).

3- Dermilites accentués, vacuolaires :

Définis par une succession sur plusieurs millimètres de :

- trait laminaire de type 1
- strate à microstructure vacuolaire
- trait laminaire à concentration plasmique de type 2

localisés dans les zones en dépression.

4- Dermilites accentués, lités :

De plusieurs millimètres d'épaisseur. Ils sont formés d'une strate à microstructure litée plus ou moins "entrecroisée". Il existe parfois à la base un trait laminaire à concentration plasmique de type 2, ou à concentration squelique et détritique. Ce type de dermilite résulterait plus du ruissellement que de la battance.

5- Dermilites accentués, complexes :

6- Dermilites sur schistes :

Ce type de dermilite met en évidence le rôle que peut jouer la roche mère d'un sol. Dans ce cas particulier les dermilites observés sont beaucoup plus épais que ceux présents à la surface des sols formés sur roches granitiques. Ils peuvent alors représenter une contrainte importante au niveau des échanges gazeux et hydriques entre l'atmosphère et le sol en raison d'une grande extension latérale, d'une épaisseur importante (supérieure à 1cm), de la densification des constituants et du caractère horizontal de la structure.

Casenave et Valentin (1987) reprennent les idées avancées par de Blic et insistent, encore une fois, sur l'importance de ce pédotype et sur l'intérêt d'une description et d'une caractérisation détaillées de son organisation. Etant donnée l'épaisseur réduite de cet ensemble, ces auteurs décrivent des microhorizons rassemblés dans des microprofils et prennent en compte les critères habituels de description (épaisseur, profondeur, polygénie, régularité, netteté de la transition, couleur, texture, nature des constituants, forme et taille des éléments structuraux, porosité) pour identifier des microhorizons de référence (grossiers: continus, libres, inclus - sableux: grossiers, fins - plasmiques: fragmentaires, altérés, continus). Nous retrouvons ici la notion maintenant classique d'horizon diagnostic déjà proposée par la Soil Taxonomy. Par la suite, à l'aide des microhorizons présents

et de leur disposition relative, ces auteurs définissent, selon un système à clé, une classification des croûtes de surface sahéliennes (de dessiccation, structurales, de dépôts éoliens, de ruissellement, grossières, d'érosion, de décantation). A partir de ces données de simple morphologie, ils émettent un certain nombre d'hypothèses sur le devenir du milieu, confirmant ainsi l'importance de l'analyse morphologique des composantes du milieu physique.

Les dermilites peuvent être de "nature" extrêmement variée en fonction de celle des éléments qui les constituent. Nous décrirons donc des dermilites :

- argileux
- limoneux
- micacés
- quartzeux
- sesquioxydiques
- algals

La cohésion, la cimentation et même la porosité peuvent également varier de façon sensible d'un dermilite à l'autre ou même à l'intérieur d'un dermilite unique.

D'autre part, les dermilites peuvent inclure en partie ou totalement des éléments du lapidon, de l'entaféron ou du nécrophyton.

D'autres critères morphologiques sont également à prendre en considération lors de la description du dermilite. Il s'agit de son extension latérale et de sa continuité. Très fréquemment, le dermilite n'occupe que certaines zones particulières de la surface du sol (dépressions). Nous distinguerons alors des dermilites continus ou discontinus. Dans un dermilite continu, son organisation et sa nature peuvent aussi varier en fonction des formes du micromodelé présentes à la surface du sol. Simple et pelliculaire sur les surfaces convexes, il sera lité et vacuolaire dans les formes concaves. De même, sableux à l'amont, il sera limoneux et argileux à l'aval, etc...

Selon les régions, selon les périodes de l'année, selon les saisons, ... le dermilite peut être perturbé par l'activité de la faune. C'est pour cette raison que l'on observe assez fréquemment des fragments de dermilite à structure conservée inclus dans le bioféron. Dans d'autres situations, les perturbations sont le fait des pratiques culturales et le dermilite, fractionné, se trouve incorporé à l'arumite. Il s'agit alors de juxtaposition de pédotypes dont l'un est relictuel.

La présence d'un dermilite à la partie superficielle d'un sol entraîne plusieurs conséquences. Parmi les plus importantes, on peut citer :

-Les ségrégations granulométriques qui contribuent à augmenter l'hétérogénéité d'un champ.

-L'augmentation de la résistance mécanique à la pénétration qui ralentit ou bloque la levée des graines.

-La réduction de la porosité superficielle qui entraîne une diminution des "conductivités hydrauliques saturées".

-L'augmentation du ruissellement

-La tendance à la réduction des phénomènes de déplacement d'argiles granulométriques. Le lessivage et l'appauvrissement seraient ainsi limités dans certaines régions bénéficiant de conditions climatiques particulières.

Malgré la "faible épaisseur" du dermilite, nous venons de voir son importance dans la dynamique superficielle de l'eau. La présence ou l'absence de ce pédotype conditionnera en grande partie le fonctionnement de la surface du sol vis à vis de l'écoulement superficiel de l'eau ou de sa pénétration à l'intérieur du sol. Elle interviendra également au niveau de l'utilisation agronomique du sol en jouant parfois un rôle déterminant lors de la germination et de la levée des graines.

3- LE SEMETON

(du grec Semeios: figure, trait)

Préfixe: SEMR-

Adjectif: SEMRIQUE

Code de saisie de terrain: SEMET

Le terme de **séméton** (Beaudou & al. - 1983) désigne un pédotype discontinu qui peut avoir plusieurs expressions morphologiques. Généralement de peu d'importance au niveau quantitatif, le **séméton** possède toutefois une signification dynamique révélatrice de certains mouvements et/ou concentration d'éléments figurés ou non à l'intérieur d'un pédotype ou d'un sol. Quelquefois cependant, ce pédotype peut occuper des volumes relativement importants et prendre alors une toute autre signification à l'échelle d'un "paysage".

Cette situation particulière demeure cependant assez peu fréquente.

Les formes du séméton sont variées et dépendent en général de la nature des éléments qui s'accumulent. Il s'agit le plus souvent de carbonates, de sulfates, de chlorures, de sulfures et plus rarement de sesquioxides. Selon les formes que prennent ces accumulations, ces concentrations, nous pouvons mettre en évidence plusieurs types de séméton.

a - Les crystallarias

Selon Brewer (1976) il s'agit de "cristaux simples", isolés ou bien d'arrangement de cristaux. Il peut également s'agir de fractions de plasma relativement "pur" qui n'englobent pas la matrice-sol du matériau pédologique mais qui forment des masses, des volumes cohérents. Leur morphologie, principalement la forme et la structure interne, est en accord avec leur mode de formation. Ils s'observent fréquemment dans les vides du matériau-sol environnant. Plusieurs sortes d'arrangements sont ainsi reconnues par Brewer.

- **arrangement parallèle** : les axes d'allongement des cristaux sont parallèles à la paroi du vide.
- **arrangement normal** : les axes d'allongement des cristaux sont orientés selon les rayons ou sont perpendiculaires aux parois des vides.
- **arrangement sphérique** : les cristaux ont leurs axes d'allongement parallèles à des rayons partant de différents points centraux.
- **arrangement cristallographique** : les cristaux possèdent les caractères de l'espèce cristalline qu'ils représentent (macles, etc...).
- **arrangement au hasard** : pas d'arrangement particulier.

Parmi les crystallarias, Brewer (op. cit.) a décrit plusieurs formes principales aisément reconnaissables aussi bien à l'échelle du terrain qu'à celle du microscope.

- **Les tubes cristallins** : présents dans les chenaux simples ou à plusieurs branches de forme aciculaire. Ils révèlent généralement une cristallisation orientée des parois vers l'intérieur, tout en conservant un vide central (Kubienski - 1938, Brewer - 1976).
- **Les chambres cristallines** : se différencient des tubes par leurs formes plus régulières (vésicules, chambres, etc...) arrondies, ovoïdes, ... (Kubienski - 1938, Brewer - 1976).
- **Les feuilles cristallines** : il s'agit de crystallarias planes formées dans les fentes. Le sens de différenciation n'est généralement pas mis en évidence.

- Les cristaux intercalaires : les crystallarias sont représentés par un ou plusieurs cristaux situés dans le matériau-sol sans qu'il y ait de relation évidente avec les vides. Les cristaux montrent presque toujours des faces cristallines bien formées (gypse, calcite,...).

La nature minéralogique des crystallarias peut être très variée, gypse, calcite, tourmaline, grenat, staurotide,... Si les minéraux comme le gypse ou certaines formes de carbonate de calcium, qui résultent de néogenèse à l'intérieur du sol, méritent leur place parmi les crystallarias, d'autres minéraux comme la tourmaline, le grenat, ... sont des éléments résiduels, parfois pseudomorphosés par des sesquioxides (grenats) et doivent être considérés comme faisant partie intégrante d'un lapidon.

b - Les pseudomyceliums

D'après le Glossaire de pédologie (1969), il s'agit d'accumulations filiformes et anastomosées en position cutanique, soit à la surface des agrégats ou des grains de squelette, soit sur les parois des vides (fissures, pores, chenaux, ...). Leur aspect rappelle celui des hyphes filamenteux des Champignons. Ces pseudomyceliums sont en général l'expression que prennent certains dépôts carbonatés calciques ou magnésiens, parfois sulfatés ou encore siliceux.

c - Les efflorescences

Ce sont des formations ayant l'aspect d'un poudrage. Elles apparaissent à la surface des agrégats après une période de dessiccation (due souvent à l'ouverture d'une fosse pédologique). Ce poudrage correspond à de fines cristallisations de sels de natures variées : chlorures, carbonates, sulfates, ... ou même parfois de dépôts de silice.

d - Les dendrites

Il s'agit d'accumulations ramifiées le plus souvent constituées d'oxydes de manganèse. La couleur est en général noir bleuté.

e - Les pellicules, les placages

Ce sont des accumulations "cutaniques" de formes quelconques, visibles à la surface des agrégats ou à la surface de certains vides (fentes,...) intra-agrégats. La nature de ces pellicules, de ces placages est souvent manganique, mais d'autres sesquioxides peuvent vraisemblablement s'individualiser sous cet aspect.

f - Les volumes friables

Cette expression désigne des concentrations essentiellement de nature carbonatée calcique et/ou magnésique, non indurées, extrêmement fragiles, de consistance poudreuse et plus ou moins diffuses. Ces accumulations ont été décrites par les termes de "formes discontinues", "amas friables" (Ruellan - 1971, Moreau - 1981). Selon ces auteurs, la forme de ces amas friables est généralement sphérique ou ovoïde mais peut présenter parfois des limites beaucoup plus irrégulières. Les dimensions varient de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres.

Les amas friables possèdent une teinte blanchâtre d'autant plus soutenue que la concentration en calcaire est plus importante. Il peut s'agir de taches claires, diffuses qui correspondent aux "voiles laiteux" définis et décrits par Moreau (1981), ou bien de volumes blanchâtres bien individualisés contrastant de façon nette avec le pédotype environnant.

Ces volumes friables discontinus peuvent résulter d'un enrichissement en carbonates ou matérialiser une simple redistribution de ces éléments. Ils sont visibles dans des types de sols variés (vertisols, sols bruns, sierozems,...) et donc associés en juxtaposition à des pédotypes de différentes sortes (vertichron, structichron, altérite,...).

Si les volumes friables sont fréquemment carbonatés, il peut toutefois exister dans certaines conditions des accumulations, morphologiquement proches ou même identiques, mais de natures différentes (siliceuse, sesquioxydique,...). Dans le cas de volumes friables siliceux, il s'agit assez souvent d'une manifestation de l'altération du quartz qui se désagrège sous forme poudreuse plus ou moins fine.

g - Les volumes durcis

Il s'agit de volumes difficiles à mettre en évidence à l'intérieur du fond matriciel (limites discrètes) excepté par leur "dureté" plus grande. Leurs dimensions sont généralement de l'ordre du demi- ou du centimètre. Leur nature est variable mais toujours proche de celle du pédotype environnant, voire identique. Malgré cette analogie de nature, la relation entre ce type de séméton et le pédotype qui l'entoure est toujours une relation de juxtaposition. Cette forme de séméton est fréquente dans les sols tropicaux et s'observe à l'intérieur de structichrons, d'oxydons, d'altérites, ...

h - Les pédodes

Si l'on reprend la définition de Brewer (1964), il s'agit de glaebules possédant une cavité interne souvent tapissée de cristaux. La forme des pédodes est fréquemment sphéroïdale et cette structure se distingue plus ou moins nettement du fond matriciel

(du pédotype meuble) environnant. Les pédodes peuvent être enrichis en certains éléments minéraux tels que les carbonates. Quelques formes de nodules -les "poupées calcaires"- peuvent être considérées comme des pédodes. En fait les pédodes sont assez souvent assimilés à du lapidon, surtout lorsqu'il s'agit d'éléments enrichis en carbonates.

Ce pédotype est donc pratiquement toujours associé, sous forme de juxtapositions, à d'autres pédotypes -le plus souvent "meubles"- tels que structichrons, vertichrons, altérites, etc...

A l'exception des volumes durcis et de certains pédodes, il s'agit toujours d'éléments minéraux carbonatés, sulfatés, de chlorures, très rarement d'oxydes. Les traits pédologiques constitués d'éléments figurés (minéraux argileux et oxydes principalement) sont regroupés à l'intérieur d'un autre pédotype -le cutanon-.

E- les pédotypes de "transformation"

Il s'agit de pédotypes résultant de l'intervention de différents facteurs naturels ou d'origine humaine. Parmi les principaux, il faut retenir les feux et les pratiques culturelles.

1- L'ECLUTON

(du grec Eclutos: dégagé, libre)

Préfixe: ECLU-

Adjectif: ECLUTIQUE

Code de saisie de terrain: ECLUT

Le pédotype écluton (Beaudou, Sayol- 1980) correspond à un matériau pédologique très meuble possédant une organisation particulière caractérisée par la présence d'agrégats -de natures et de types variés- totalement indépendants les uns des autres. Leur présence et leur arrangement sont généralement dus aux interventions humaines ou à celles de certains phénomènes naturels. Nous pouvons citer :

- Les feux
- Les pratiques culturelles : utilisation de herse à tringles ou à cages roulantes, d'émotteuses, de pulvérisateurs, de chisels, de rotavateurs, etc...
- Les alternances climatiques accentuées

Les feux et les pratiques culturales semblent provoquer l'apparition de ce pédotype, quel que soit le type de sol -à texture toutefois relativement riche en particules de la taille des argiles-. Les alternances climatiques (humidification - dessiccation) en revanche, ne sont responsables de l'apparition de l'écluton que dans les sols dont la fraction "argileuse" (lutique) contient, une quantité importante d'argiles dites "gonflantes" (smectites). Ce mécanisme ne peut être effectif que sur des matériaux pédologiques dérivés de "roches basiques" et situés dans des zones climatiques à fort contraste. Ce type d'écluton, étroitement dépendant de la nature des argiles, mais surtout très lié au degré d'humidité du sol, se caractérise par son aspect "transitoire". En effet, visible pendant les périodes sèches, l'écluton disparaît dès que le pédoclimat redevient très humide.

L'écluton se localise donc de préférence à la partie la plus superficielle des sols où il constitue généralement un niveau d'épaisseur limitée, n'excédant que rarement deux à trois centimètres d'épaisseur. Les agrégats libres, juxtaposés qui le composent sont de dimensions le plus souvent réduites, comprises entre 0.2 et 1.5cm. Les dimensions des agrégats à l'intérieur d'un même écluton sont très homogènes et tous les individus qui le constituent sont de taille et de forme pratiquement identiques. Cette similarité des agrégats, cette homogénéité structurale représentent les caractères les plus spécifiques de ce pédotype. Il faut également noter que, d'un écluton à l'autre, les variations structurales sont limitées. Les types structuraux les plus fréquemment décrits sont les types anguclode et grumoclude ou bien les intergrades anguclode-grumoclude.

L'écluton est en fait le résultat de la transformation des premiers centimètres des pédotypes affleurant à la surface du sol, que ce soit l'humite, le structichron ou les pédotypes intergrades humite-structichron, supportant une végétation peu dense et qui voient leur couverture végétale disparaître pendant certaines périodes de l'année. La couleur et la nature de l'écluton sont donc en relation directe avec celles des pédotypes affectés par ces processus de morcellement. Dans ces conditions, l'écluton sera :

- humique
- mélanumique
- arumique
- structichromique
- etc...

Les pratiques culturales et les alternances d'humidification et de dessiccation ne modifient pratiquement pas la nature du matériau d'origine de l'écluton. Les feux, en revanche, peuvent être la cause de transformations plus ou moins profondes des éléments constituant le pédotype soumis à ces modifications structurales.

Bien que peu développé en épaisseur, ce pédotype, du fait de son organisation particulière représentée par la juxtaposition d'agrégats libres, induit une dynamique spécifique de l'eau à la surface du sol et intervient dans la circulation des éléments, compte tenu de sa forte porosité, ainsi que dans l'intensité de l'activité de la faune à l'intérieur des premiers centimètres du sol.

REMARQUE : Lorsque les caractères humiques, structichromiques, ... sont très marqués et qu'ils prédominent sur tout autre caractère il est préférable de parler d'humite, de structichron, ... à structure de type éclutodique. Cette description permet alors de rester plus proche de la réalité de terrain.

2- LE TEPHRALITE

(du grec *Tephra*: cendre et *Lithos*: pierre)

Préfixe: **TEPHERA-**

Adjectif: **TEPHRALIQUE**

Code de saisie de terrain: **TEPHR**

Filleron (1978) a défini le **téphralite** comme l'accumulation de cendres végétales à la suite du passage des "feux de brousse". Ce pédotype prend en fait la place d'un pédophytotype (le nécrophytion) ou même partiellement celle d'un phytopédotype (le nécrumite) et parfois d'un phytotype. Le téphralite se caractérise par une **présence éphémère** de quelques jours à quelques semaines ou quelques mois. Sa structure le rend très fragile et sa destruction par le vent, la pluie, le ruissellement, le passage des animaux est relativement rapide.

Pédotype assez peu étudié, seul Monnier (1981) apporte quelques précisions quant au devenir du téphralite (in Richard - 1985).

- Une partie resterait sur place prise au piège dans des fentes, des terriers ou sous des éléments mégarudiques de lapidon, ou encore incluse à l'intérieur de pédotypes tels que le dermilite.

- Une partie serait entraînée par ruissellement dans les bas-fonds et pourrait ainsi contribuer à la coloration très foncée des mélanumites.

- Une dernière partie enfin -la plus fine- se retrouverait dans l'atmosphère. Monnier (op.cit) explique ainsi en partie l'origine de l'appauvrissement des régions de savane.

Toutefois, les éléments les plus résistants du téphralite -résultant de la combustion plus ou moins complète de branches, troncs, ...- peuvent se conserver longtemps dans les sols et il est relativement fréquent de retrouver -

associée en juxtaposition à un humite, ou un structichron ou à tout autre pédotype- une phase téphralique. Elle peut alors être l'indice d'un niveau enterré.

♦ ♦

II- LES PHYTOTYPES

Le terme de phytotype a été retenu pour désigner l'ensemble des organisations naturelles caractéristiques du domaine végétal. Certains de ces corps naturels élémentaires sont ordinairement cités au cours d'une description de sol et étroitement associés aux pédotypes, pratiquement toujours sous forme de juxtaposition. D'autres, sensiblement plus nombreux, sont analysés lors d'une saisie plus globale de l'ensemble des données concernant les diverses composantes du milieu physique. C'est ce que l'on qualifie habituellement, dans la "description de l'environnement", de "description de la végétation".

Les phytotypes peuvent être rapidement placés dans deux grands groupes principaux :

- Les phytotypes "du sol"
- Les phytotypes "aériens"

Ceux-ci ont été minutieusement caractérisés et présentés par J.F. Richard dans sa thèse (1985), par Richard et Temple (1979), par Kahn (1977, 1978, 1983) et par Richard, Kahn et Chatelin (1977). Compte tenu de cela et pour éviter d'évidentes redites nous ne présenterons les phytotypes que de façon simplifiée, principalement en ce qui concerne les phytotypes qualifiés d'aériens par opposition à ceux qui se localisent préférentiellement dans la masse du sol. Si un lecteur est plus particulièrement intéressé par la composante végétation du milieu physique nous ne pouvons que lui conseiller de se reporter aux ouvrages précédemment cités.

Les phytotypes, comme les lithotypes, peuvent être à l'origine de corps naturels élémentaires intergrades avec les pédotypes. Ces organisations établissent ainsi un lien étroit entre les deux composantes du milieu physique. C'est pour cette raison que nous avons choisi de présenter ces corps naturels, concernant le monde végétal, à la suite des pédotypes.

Parmi les phytotypes du sol présentés avec quelques détails, trois concernent la partie souterraine des plantes mais on peut les rencontrer plus rarement à la surface du sol ou même totalement indépendants du sol (racines aériennes). Il s'agit des phytotypes :

- rhizagé.
- rhizophyse

-cryptagé

A- les phytotypes "du sol"

Ces phytotypes représentent ce que l'on appelle habituellement les racines, bulbes, rhizomes, stolons, etc...

1- LE RHIZAGE

(du grec *Ridza* :racine et *Agogos* :qui conduit)

Préfixe: **RHIZA-**

Adjectif: **RHIZAGIQUE**

Code de saisie de terrain: **RHIZA**

Le terme de **rhizagé** (Kahn - 1978) désigne un phytotype faisant partie de l'ensemble racinaire. C'est l'ensemble des axes conducteurs, c'est à dire des pivots et des axes latéraux plagiotropes (Kahn - op.cit.).

Les racines sont des structures végétales sans noeuds, ni bourgeons, ni feuilles et sans chlorophylle à l'exception de certaines racines aériennes. Selon Guillaumet & Kahn (1978 & 1979) et Kahn (1983) deux grands types de racines sont aisément reconnaissables, celles qui constituent le rhizagé et celles qui forment le rhizophyse (cf. définition de ce phytotype).

Equivalent du "macrorhize" défini par (Jenik & Sen - 1964), le rhizagé est représenté par des axes racinaires ligneux, généralement de grande taille, qui s'épaississent au niveau du suber et du système vasculaire. Ces racines ont une croissance appréciable, explorent et occupent un espace de sol considérable et constituent la "charpente" du système racinaire qui maintient tous les végétaux ligneux en place. Ce n'est pas leur seul rôle. En dehors de la fixation au sol, elles assurent la conduction de la sève, l'exploration du milieu édaphique, etc..., fonctions qui se rapprochent de celles exercées par les branches et les troncs de la partie aérienne des végétaux ligneux.

Le rhizagé rassemble plusieurs types de racines :

- des racines "pivot" (à géotropisme positif) qui se développent dans le prolongement du tronc.
- des racines "latérales", souvent les plus nombreuses et généralement localisées dans la partie superficielle des humites.

- des racines "adventives" qui se détachent du tronc et des branches. Elles constituent ce que Richard, Kahn & Chatelin (1977) désignent par le terme de "hypso-rhizage". Ce sont les racines "échasses", les racines "pendantes", les racines "épiphytiques".

- des racines "adventives" issues des troncs mais au niveau du "collet". Ces racines "palettes", "traçantes", ces "contreforts" représentent l'"épirhizage" (Richard, Kahn & Chatelin - op.cit.).

Ce phytotype est surtout abondant dans les premiers centimètres du sol et s'observe essentiellement associé en juxtaposition aux pédotypes humite, nécromite, structichron et aux ensembles intergrades qu'ils peuvent constituer, ainsi qu'au phytotype nécrophyton.

Afin de mieux caractériser ce phytotype, on relève généralement les dimensions et l'orientation des racines qui le composent.

2- LE RHIZOPHYSE

(du grec *Ridza* :racine et *Phusis* :expansion)

Préfixe: RHIZO-

Adjectif: RHIZOPHYTIQUE

Code de saisie de terrain: RHIZO

Le phytotype rhizophyse (Kahn - 1978) correspond à l'ensemble des racines fines assimilatrices, généralement très ramifiées et d'une façon générale sans distribution spatiale particulière. Le rhizophyse se différencie à partir du rhizagé et forme ce que l'on désigne fréquemment par l'expression "chevelu racinaire". Il peut aussi se développer directement à partir de rhizomes ou de stolons ou même apparaître sur les "plateaux de thallage" de certaines plantes herbacées (Richard - 1985). Les fines racines du rhizophyse ne participent jamais à la constitution d'un ensemble de soutien des plantes, à l'inverse du rhizagé. Leur croissance est réduite et leur "anatomie est essentiellement primaire, caractérisée par un nombre peu élevé de pôles ligneux, un cortex bien développé, une absence de moelle. Leur durée de vie s'étend de quelques jours à quelques années et, lorsque l'apex de la racine meurt, la racine meurt sur toute sa longueur" (Kahn - 1977). Le rôle que joue le rhizophyse au niveau du sol est analogue à celui que jouent les feuilles au niveau aérien.

3- LE CRYPTAGE

(du grec *Crypto* :cacher et *Agogos* :qui conduit)

Préfixe: **CRYPTA-**

Adjectif: **CRYPTAGIQUE**

Code de saisie de terrain: **CRYPT**

Le terme de **cryptagé**, défini par Richard & Temple (1979), désigne les tiges, rhizomes ou stolons présents à la surface du sol ou à demi-enterrés ou bien dans le sol. Ces formations sont essentiellement caractéristiques de certaines plantes "herbacées". Les distinctions établies par les botanistes entre rhizomes et stolons n'ont pas été retenues ici. Dans ce phytotype on trouve également les bulbes et tubercules ou autres organes de réserve.

B- les phytotypes "aériens"

Pour les différents termes présentés ici, nous indiquons entre parenthèses le préfixe, l'adjectif et le code de saisie de terrain. Les phytotypes rapidement définis ici permettent au non-spécialiste de la végétation de faire une description structurale simplifiée de cette composante, qui demeure malgré cela parfaitement utilisable ultérieurement par un botaniste, si celui-ci lui adjoint les différentes caractéristiques significatives des organisations végétales.

1- LE PHOROPHYTION

(Phoro-, Phorophytique, Phoro)

Possède une valeur globale et désigne les "premières formes de végétation" colonisant les "milieux" les moins favorables au développement de la vie. Elles sont étalées et plaquées à la surface du sol. Ce phytotype regroupe les Mousses, Hépatiques, Lichens, Algues,...

2- LE PHYCOPHYTION

(Phyco-, Phycophytique, Phyco)

Caractérise les végétations d'Algues se développant en milieu terrestre. Le phycophytion est souvent associé au pédotype dermilite.

3- LE MYCOPHYTION

(Myco-, Mycophytique, Mycop)

Regroupe les Champignons, que ce soient les carpophores ou les myceliums. Les myceliums sont fréquemment observés en association avec des intergrades phytotypes-pédotypes (nécrophytion, nécrumite) ou même avec des pédotypes tels que les humites, les intergrades humite-structichron, humite-oxydon,...

4- LE BRYOPHYTION

(Bryo-, Bryophytique, Bryop)

Désigne les Mousses qui peuvent s'observer aussi bien en placages à la surface du sol qu'en association avec d'autres phytotypes. On peut inclure les Hépatiques dans ce phytotype.

5- LE PTERIDOPHYTION

(Pterido-, Pteridophytique, Pteri)

Il s'agit pour l'essentiel des Fougères auxquelles on peut associer les Lycopodes. Les formes arborescentes sont exclues de ce phytotype.

Le pteridophytion peut être subdivisé en deux types :

- le pteridagé (tiges)
- le pteridophyse (feuilles)

6- LE GRAMOPHYTION

(Gramo-, Gramophytique, Gramo)

Caractérise l'ensemble des "végétations herbacées à feuilles effilées, beaucoup plus longues que larges, filiformes ou lancéolées,..." (Richard 1985). Ce phytotype regroupe la presque totalité des Graminées, des Cypéracées et quelques autres espèces. Deux organisations sont reconnues dans ce phytotype :

- le gramagé (tiges)
- le gramophyse (feuilles)

7- LE KORTOPHYTION

(Korto-, Kortophytique, Korto)

Représente "l'ensemble des végétations herbacées à feuilles étalées, parfois aussi larges que longues" (Richard op. cit.). Les tiges sont en général apparentes. En simplifiant, nous pouvons dire que sous ce terme sont rassemblées toutes les herbacées qui n'appartiennent ni aux Graminées, ni aux Cypéracées. Lors d'une description plus détaillée, nous pourrions donc distinguer :

- le kortagé (tiges)
- le kortophyse (feuilles)

8- LE NEOPHYTION

(Néo-, Néophytique, Néoph)

Sous ce néologisme, on regroupe le résultat de la germination des graines. Les formes végétales qui en résultent se caractérisent par la présence de cotylédons ou de feuilles cotylédonaires. La photosynthèse n'interviendrait pas encore dans le développement de cette structure (Richard, Kahn, Chatelin - 1977, Alexandre -1977-).

9- LE PENEPHYTION

(Péné-, Pénéphytique, Pénép)

Ce terme a été proposé par Alexandre (1977) pour désigner une structure végétale qui fait suite au néophytion et représente une forme de transition entre le prophytion et le paliphytion. Il s'agit de formes végétales caractérisées par la présence de feuilles, mais sans ramifications, ni floraison ou fructification. Malgré cela, les dimensions peuvent atteindre parfois plusieurs mètres. Ici encore, nous pouvons distinguer deux ensembles :

- le pénagé (tiges)
- le pénéphyse (feuilles)

10- LE PROPHYTION

(Pro-, Prophtique, Proph)

Ce mot est utilisé pour nommer les formes de croissance des "arbres". Selon Richard, Kahn, Chatelin (op. cit.) le prophytion regroupe les structures végétales ligneuses exploitant l'espace aérien et qui participent à la constitution des architectures individuelles définies par Hallé et Oldeman (1970). Au niveau des processus, ce terme traduit l'ex-

pansion des arbres conformément à leur "modèle de croissance" et à l'"ensemble du futur" (Oldeman- 1974). Au niveau morphologique, le prophytion privilégie la dimension verticale au détriment de la dimension horizontale. Trois termes ont été retenus pour désigner les différentes parties de ce phytotype (Richard, Kahn, Chatelin - 1977) :

- le prophyse (feuilles)
- le dendrigé (branches)
- le stylagé (troncs)

11- LE MONOPHYTION

(Mono-, Monophytique, Monop-)

Caractérise les arbres n'ayant qu'"un seul bourgeon terminal ou un nombre limité de bourgeons terminaux" (Richard, Kahn, Chatelin -op. cit.) Il s'agit des Palmiers, Fougères arborescentes, Cycas, Papayers, ... Deux mots servent à désigner les troncs et les feuillages :

- le monophyse (feuilles)
- le stipiagé (troncs souvent annelés ou écaillés conservant les traces de cicatrices foliaires).

12- LE NANOPHYTION

(Nano-, Nanophytique, Nanop)

Selon Richard et Temple (1979) il s'agit de l'ensemble formé par les "buissons" et les "arbrisseaux" caractérisés par la présence de nombreuses composantes verticales de dimensions équivalentes. On distingue :

- le nanophyse (feuilles)
- le dendrigé (branches)
- le stylagé (troncs)

13- LE PALIPHYTION

(Pali-, Paliphytique, Palip)

Définit des structures végétales d'"expansion" et d'"exploitation" de l'espace aérien provenant de bourgeons qui n'apparaissent pas sur le modèle de croissance initial. C'est l'étape de développement maximum des arbres (pouvant durer plusieurs siècles) qui correspond à l'expression morphologique du modèle de croissance de l'espèce (ce cas est rare, moins de 10%) ou à un ensemble caractérisé par des "réitérations" provoquées par des "agressions", "traumatismes", directs ou indirects. Selon Oldeman (1977), la réitération est un "processus, un mode de ramification qui est impossible à prévoir avec les seules données du modèle de croissan-

ce et qui mène à la duplication complète ou partielle de ce modèle à partir du méristème qui n'est pas contenu dans l'embryon". Les reitérations selon leur "complexité" (leur "complétion") seront arborescentes, suffrutescentes, inflorescentes, ... Les diverses parties du paliphytion sont désignées par :

- le paliphyse (feuilles)
- le dendrigé (branches)
- le stylagé (troncs)

14- LE PLEIOPHYTION

(Pleio-, Pleiophytique, Pleio)

Ce terme caractérise d'une façon générale les lianes ou les formes lianescentes de nombreuses espèces. Les différentes parties de ce phytotype sont désignées comme :

- le pleiophyse (feuilles)
- l'ophiagé (structures de conduction et d'exploration)

15- L'EPIPHYTION

(Epi-, Epiphytique, Epiph)

Terme également très général, qui regroupe les végétaux vivant presque exclusivement sur les branches d'arbres et les troncs. Il peut s'agir d'Algues, de Fougères, de Mousses, Lichens, Orchidées et plus exceptionnellement de paliphytion, monophytion, prophytion, ...).

La reconnaissance de ces phytotypes se complète par l'appréciation de deux autres critères :

- la structure
- la densité

+ La structure :

Différents termes ont été proposés par Richard, Kahn et Chatelin (1977). En voici la liste :

- .Acloïde
- .Améroïde
- .Hémicloïde
- .Nésoïde
- .Phlogoïde
- .Taxoïde

+ La densité du couvert végétal :

Elle désigne la part de végétation par rapport à celle de l'air :

- .Oligophique (0 à 5% de végétation)
- .Oligo-clarophique
- .Claro-oligophique
- .Clarophique (25% de végétation)
- .Claro-isophique
- .Iso-clarophique
- .Isophique (50% de végétation)
- .Iso-stomaphique
- .Stoma-isophique
- .Stomaphique (75% de végétation)
- .Stoma-cléistophique
- .Cléisto-stomaphique
- .Cléistophique (100% de végétation)

♦ ♦

III- LES INTERGRADES PHYTOTYPES-PEDOTYPES

Les phytotypes, organisations vivantes, subissent après leur mort des transformations qui les intègrent progressivement dans le monde minéral. Il se crée alors de nouveaux ensembles, de nouveaux types de corps naturels élémentaires intergrades entre ces deux mondes. Nous en avons distingué deux en fonction de leur "proximité morphologique" avec le domaine végétal ou avec le domaine minéral pédologique. Il s'agit de :

- pédophytotype (proche du domaine végétal)
- phytopédotype (proche du domaine sol)

A- un pédophytotype

1- LE NECROPHYTION

(du grec *Necros* :cadavre et *Phuton* :plante)

Préfixe: **NECRO-**
Adjectif: **NECROPHYTIQUE**
Code de saisie de terrain: **NECRO**

Ce terme de nécrophytion (Richard, Kahn & Chatelin -

1977) caractérise un pédophytotype constitué de matière végétale morte sans la moindre trace de transformation. Le nécrophytion est formé de fragments de branches, de troncs, de ramilles, de feuilles, de graines, de racines, etc... qui sont habituellement désignés par le terme de "litière". Il représente le premier terme d'une série d'ensembles intergrades qui permettent de caractériser la transformation progressive de la matière organique morte et son intégration insensible au monde inerte.

La dimension de ces fragments est extrêmement variable -de l'ordre du millimètre à plusieurs mètres-. Elle est très dépendante de l'activité de la faune du sol qui joue un rôle prédominant dans le morcellement de cette matière végétale sèche. Il s'agit d'une "fragmentation physique" sans qu'il y ait de véritables modifications biochimiques des fragments végétaux.

Si le nécrophytion a une origine essentiellement "naturelle", dans quelques cas particuliers toutefois ce phytotype est le résultat de l'intervention humaine (défrichements ou autres opérations de mise en valeur et d'utilisation des sols).

L'organisation interne de ce pédophytotype ne montre pas de structures particulières. Il s'agit en effet d'une forme d'accumulation de matériau résultant de la simple chute des branches et des feuilles mortes ou parfois des graines. Dans certaines situations, ces matériaux soumis à des transports lors de l'écoulement superficiel des eaux de pluie, peuvent se déposer de façon "granoclassée". Le classement dépend du degré de fractionnement des éléments (dimensions des éléments) et/ou des variations de densité. On peut donc avoir, sur des superficies relativement réduites, une structure orientée du nécrophytion, de l'amont vers l'aval, des particules les plus grandes et/ou les plus denses vers les plus petites et/ou les moins denses.

Comme précédemment, certaines structures ont une origine anthropique. Elles résultent de l'activité humaine lors de travaux de mise en valeur. Une des formes les plus communes est représentée par les andins.

Le nécrophytion est primitivement très proche d'un phytotype. Mais, en fonction de l'activité biologique des différents organismes et microorganismes présents dans le sol et des conditions climatiques, il évolue et se transforme. Ces changements, très rapides dans les régions intertropicales, sont beaucoup plus lents ailleurs (zones froides, désertiques ou même tempérées). Il se crée ainsi toute une série de corps naturels intergrades entre le nécrophytion, le nécrumite et/ou l'humite. Ces ensembles sont donc représentatifs d'un milieu un peu particulier, charnière entre deux domaines, vivant d'une part et minéral d'autre part. L'appréciation des proportions relatives de nécrophytion, nécrumite et humite permet de situer avec une assez bonne

précision le niveau de transformation et le niveau d'intégration des différentes composantes de ces corps naturels intergrades. C'est une situation qui met en relief l'importance des notions d'intergrade et de juxtaposition et le rôle que ces concepts jouent au niveau d'un seuil, d'un passage d'un domaine à un autre, en assurant malgré tout une certaine continuité de la nature de l'information.

Ce pédophytotype est également assez souvent juxtaposé à des pédotypes tels que l'humite, le rhizagé, le dermilite, etc..., ou à des phytotypes (rhizagé, rhizophyse,...). Les possibilités sont nombreuses, dans la mesure où cet élément possède une certaine mobilité. On l'observe par exemple dans des fissures du sol dans lesquelles il s'est déposé à la suite d'un transport par les eaux de ruissellement.

Le nécrophytion est extrêmement fréquent, mais il se place généralement à la surface du sol où il forme un niveau plus ou moins continu, plus ou moins épais. Lorsque ce dépôt est discontinu, sa localisation est souvent en relation directe avec le micromodelé (dans les zones concaves, le long des racines traçantes qui forment barrage, ...) ou avec la végétation (autour des arbres, des touffes d'herbes, ...) ou encore avec les organisations dues aux pratiques agricoles (sur les billons, dans les interbillons, ...).

De façon beaucoup plus discrète, le nécrophytion peut également être visible à l'intérieur du sol, principalement associé au pédotype humite, plus rarement au structichron, mais aussi au réducton ou à l'altérite. Il s'agit en général de racines mortes ou d'autres débris végétaux ayant pénétré dans le sol à la faveur de fentes suffisamment importantes.

Pour revenir à l'association nécrophytion-nécrumite-humite, il faut se reporter à la définition du nécrumite dans laquelle est exposée une analyse plus détaillée de l'humus, ensemble morphologique qui associe ces différents pédotypes et pédophytotype (Delecour - 1980).

B- un phytopédotype

1- LE NECRUMITE

(du grec Necros :cadavre et de Humus)

Préfixe: NECRU-

Adjectif: NECRUMIQUE

Code de saisie de terrain: NECRU

Selon Richard, Kahn et Chatelin (1977) le terme de

nécrumite désigne de la matière végétale morte -branches, feuilles, racines, graines, etc...- en cours de décomposition. Formulé de cette manière, le nécrumite correspond en fait à tout un ensemble de produits et d'organisations "intergrades" entre la matière végétale morte et les matières humiques. De ce fait, à la fois pour gagner en rigueur et en précision, il semble préférable de réserver le terme de nécrumite **uniquement à l'ensemble des produits humiques** au sens le plus large. La définition de ce phytopédotype peut alors s'exprimer de la manière suivante : le nécrumite est un phytopédotype organique dans lequel les structures végétales -feuilles, branches, racines, etc...- ne sont plus reconnaissables ou très difficilement reconnaissables et qui regroupe tous les éléments résultant de leur transformation -acides humiques, fulviques, humine, etc...-. Ce concept de nécrumite correspond donc à ce qui est habituellement désigné par les termes ou expressions "d'horizons organiques", "de couches organiques", "d'humus", etc...

Le nécrumite est donc "un ensemble de transformation" qui représente un passage entre un phytopédotype -le nécrophytion- et le milieu minéral. Etant donné l'importance des transformations qui atténuent et font disparaître peu à peu les caractéristiques encore marquées de phytotype existant dans le nécrophytion (pédophytotype), il nous a semblé préférable de qualifier le nécrumite de phytopédotype (cf. définition du nécrophytion).

L'organisation interne d'un tel matériau est beaucoup plus spécifique que celle du pédophytotype nécrophytion. La structure du nécrumite correspond souvent à une "accumulation de granules, de floccules humiques" (Delecour - 1980). Ces éléments ont des dimensions assez régulières de l'ordre de quelques millimètres de diamètre. Le nécrumite s'observe donc, le plus souvent, dispersé sous forme de petits volumes de formes régulières, juxtaposés au nécrophytion foliacé, ligneux ou racinaire et/ou à l'humite ou au mélanumite. Le nécrumite est également étroitement associé à certaines particules minérales (argiles essentiellement) et forme alors avec elles des ensembles particuliers -les pédotypes humites- (cf. définitions de ces pédotypes). Dans ce cas, le nécrumite n'est plus directement identifiable comme phytopédotype unique. La présence de complexes organo-minéraux donne à ces pédotypes humites des fonctionnements spécifiques différents de ceux du nécrumite.

Le nécrumite possède également la capacité de former toute une série d'ensembles complexes dans lesquels sont associés pédotypes et/ou pédophytotypes. Dans ces conditions, les ensembles intergrades ainsi identifiés peuvent avoir une assez grande extension et occuper alors des volumes relativement importants. Le meilleur exemple que l'on puisse citer est celui des tourbes et des différents types d'humus (mor, moder,...) qui représentent des associations plus ou moins complexes de pédotypes, de phytopédotypes et

pédophytotypes simples ou intergrades. Ces organisations rassemblent le plus souvent le phytopédotype nécrumite, les pédotypes humite, bioféron et le pédophytotype nécrophytion.

De nombreux systèmes de classification des "humus" ont été proposés. Nous pouvons citer Bernier (1975), Bonneau - Souchier (1979), Duchaufour (1977), Ehwald (1958), Kubiena (1953), Barrat (1964). Certains d'entre eux sont à vocation "écologique" (Duchaufour - 1977), mais d'une façon générale ils peuvent être qualifiés de "génétiques" car basés sur les divers processus d'humification et utilisant des critères qui ne sont pas appréciables sur le terrain. L'intérêt et l'importance de telles démarches sont fondamentaux pour la compréhension de ce milieu complexe (Brun - 1978, Toutain - 1974). Dans un but essentiellement pratique, Delecour (1980) a proposé un tout autre type de classification, basé sur les caractères morphologiques de ces humus, et fait apparaître le concept de profil humique. L'un des avantages de ce système est d'être utilisable sur le terrain. Il se rapproche donc de notre problématique. Un examen plus approfondi révèle qu'il n'existe apparemment pas de contradiction entre un tel système et les notions développées ici de pédotypes, de phytotypes ou d'intergrades pédotypes-phytotypes.

Delecour (op.cit.) a construit son système comme une classification des sols et fait apparaître sept niveaux :

- La classe : définie par les conditions de submersion des sols.
- L'ordre : défini par les conditions d'engorgement des sols non submergés.
- Le sous-ordre : défini par la nature de la couverture végétale.
- La famille : définie par le degré de différenciation des horizons holorganiques et hémiorganiques.
- La forme : dépend de divers critères selon les unités définies par les niveaux supérieurs.
- La phase : dépend de l'épaisseur du profil humique (ensemble des horizons O ou H et A).

Les critères de description sont basés sur la reconnaissance de ce que l'auteur appelle des horizons organiques et humifères. Il s'appuie, pour la nomenclature des horizons, sur différentes publications (AISS -1967, FAO -1977, Babel -1971, ACCT -1978).

1- Les horizons holorganiques non tourbeux : O

Couche organique formée principalement à partir de feuilles, fleurs, ramilles, ... non saturée par l'eau sauf pendant de courtes périodes inférieures à quelques jours.

-O1 : Débris végétaux, éventuellement en mélange avec des quantités insignifiantes de substances humifiées, principalement des déjections animales (moins de 10% en volume).

nécrophytion phase bioférique (copropèdes) ou nécrophytion nécrumite phase bioférique (copropèdes).

Ou bien avec une écriture plus structurée : nécrophytion1/bioféron4 ou (nécrophytion1 nécrumitel)1/bioféron4.

Deux subdivisions peuvent être faites :

.011 : Débris végétaux apparemment non modifiés par rapport à leur état au moment de la chute.

nécrophytion1 (centi à giga).

.012 : Débris végétaux plus ou moins fragmentés, visiblement modifiés depuis le moment de leur chute (couleur, cohésion, dureté,...)

nécrophytion (micro à méso) juxtaposé à nécrophytion nécrumite. Ou bien nécrophytion1 (micro/méso)/(nécrophytion1 nécrumitel)1.

-0f : Résidus végétaux plus ou moins fragmentés en mélange avec des proportions faibles à moyennes de substances humiques sous forme de déjections animales plus ou moins remaniées (10 à 70% en volume).

nécrophytion nécrumite juxtaposé à du bioféron humique (copropèdes, tubules). Ou encore (nécrophytion1 nécrumitel)1/bioféron humique4 (copropèdes, tubules).

Deux subdivisions sont prévues :

.0f1 : Résidus végétaux nettement dominants avec de faibles proportions de substances humifiées.

nécrophytion nécrumite juxtaposé avec bioféron et nécrumite. Ou sous une autre forme (nécrophytion1nécrumitel)1/bioféron4/nécrumite5.

.0f2 : Résidus végétaux très fragmentés mélangés avec 30 à 70% de substances humifiées (en volume).

nécrumite juxtaposé avec nécrophytion nécrumite. Ou bien nécrumitel/(nécrophytion1/nécrumitel)1.

-0h : Substances humifiées fines avec très peu ou pas de résidus végétaux fortement fragmentés.

nécrumite (phase nécrumite nécrophytion). Ou bien nécrumitel/(nécrumite1nécrophytion1)4.

Deux subdivisions ont été faites :

.0h1 : 70 à 90% de substances humifiées avec des résidus végétaux très fragmentés mais reconnaissables sans ambiguïté.

nécrumite stige nécrumite nécrophytion. Ou alors nécrumitel/(nécrumite1nécrophytion1)5.

.Oh2 : plus de 90% de substances humifiées en mélange avec des résidus végétaux difficilement reconnaissables.

nécromite (phase nécronécromite).

2- Les horizons holorganiques tourbeux : H

Couche organique saturée par l'eau. Trois types sont reconnus :

-H1 : couche fibreuse non ou peu décomposée (fibrist)

nécrophytion stigne nécromique. Ou bien (nécrophytion1 nécromite5)1.

-Hf : couche moyennement décomposée (hemist)

nécrophytion nécromite. Ou (nécrophytion1 nécromite1)1.

-Hh : décomposition quasi-complète (saprist)

nécromite stigne nécrophytique. Ou encore (nécromite1 nécrophytion5)1.

3- Les horizons hémiorganiques : Ah

Horizon minéral superficiel nettement coloré par les composés humiques.

-Ah1 : Très fortement colorés par les composés humiques

humite, mélanumite

-Ah2 : Moyennement à faiblement colorés par les composés humiques

Tous les intergrades humite- structichron, oxydon, vertichron, etc...

-OAh : Transition entre les horizons holo et hémiorganiques

nécromite humite, mélanumite (juxtaposition et intergrades)

Ainsi, en guise d'exemple, nous pouvons décrire un mull qui est caractérisé par la succession O1/Ah1/Ah2, un moder mulleux par O1/Of1/Of2/Ah1/Ah2. etc... Ceci peut se traduire en utilisant la notion de corps naturels élémentaires et les possibilités de quantification offertes par le langage de la manière suivante:

Mull : nécrophytion (phase bioférique)/humite/humite structichron
O1 Ah1 Ah2

Moder mulleux : nécrophytion (phase bioférique)/nécrophytion nécromite/
O1 Of1
/nécromite/humite/humite structichron
Of2 Ah1 Ah2

L'identification de ces organisations formées des pédotypes, d'ensembles intergrades pédotypes-phytotypes simples -nécrophytion, nécromite, humite (au sens large comprenant mélanumite et arumite) permet de donner une idée relativement précise du stade d'évolution de la matière organique et de son degré de liaison avec les éléments minéraux du

sol. D'autre part, cela permet également d'apprécier le rôle important que jouent ces corps naturels -simples ou complexes- dans l'évolution des structures, dans la protection du sol contre l'érosion ou dans la fertilité des sols.

Une observation importante doit être faite concernant une propriété remarquable de ce phytopédotype. Posner (1964) a mis en évidence la variation de la capacité d'échange du nécrumite en fonction du pH. Elle est due essentiellement à la dissociation des groupes carboxyle et hydroxyle phénoliques présents dans les molécules. Dans les pédotypes complexes de type humite, ce processus n'a que relativement peu d'effets car les teneurs en nécrumite restent toujours assez faibles comparées à celles de la fraction minérale (Ruellan et Delétang -1967). Toutefois, dans les humites caractérisés par une fraction minérale riche en éléments à faible densité de charges négatives ou en éléments dits "à charges variables", les variations de charges négatives sont beaucoup plus accentuées. Cela s'explique par les propriétés amphotères de ces minéraux (oxydes et hydroxydes métalliques trivalents : fer, aluminium, certains minéraux argileux pour une moindre part : kaolinite), qui en dessous du "zéro point de charge" présentent des surfaces chargées positivement et font ainsi apparaître dans ces pédotypes une capacité d'échange anionique.

Le nécrumite ou les différents ensembles intergrades que l'on peut reconnaître sont fréquemment exploités par les systèmes racinaires (rhizagé et rhizophyse) des plantes qu'ils supportent. Dans certaines situations, les phytotypes rhizagé et rhizophyse peuvent avoir une très grande extension et constituer, en association avec le nécrumite ou en intergrade ce que l'on appelle un "mat racinaire".

Nous terminerons cette analyse du nécrumite en citant un exemple un peu particulier de ce pédotype. Dans les chablis, les troncs d'arbres morts qui se dressent çà et là ou les grosses branches qui reposent sur le sol ne sont en fait que des "fantômes". Si la forme extérieure est effectivement conservée, l'intérieur est complètement transformé en un intergrade nécrumite nécrophyton.

♦ ♦

IV- LES LITHOTYPES

Sous ce terme, nous rassemblons des corps naturels élémentaires ordinairement étudiés par les géologues et les géomorphologues. Il s'agit de roches qui ne possèdent aucune "structure ou organisation pédologique" facilement identifiable. Malgré cela,

de tels ensembles contribuent à l'organisation des pédotypes et le plus souvent en sont à l'origine. Soumis à l'action des agents météoriques, ces corps naturels élémentaires se transforment. De nouveaux ensembles apparaissent, intergrades entre lithotypes et pédotypes : ce sont les altérites qui feront l'objet d'un paragraphe particulier.

Le rôle privilégié que jouent les lithotypes dans la différenciation et l'évolution des pédotypes et des sols justifie pleinement leur prise en compte lors d'une analyse structurale des sols. Deux types principaux sont actuellement distingués (à la suite de prospections effectuées en Afrique et dans le Pacifique sud) :

- l'entaféron
- le topolite

A- Un lithotype "sédimentaire récent"

1- L'ENTAFERON

(du grec *Entha*:ici et là et *Phero*:transporter)

Préfixe:ENTAF-

Adjectif:ENTAFERIQUE

Code de saisie de terrain:ENTAF

L'entaféron (Beaudou & Al. - 1983) désigne un matériau sédimentaire d'apport morphologiquement reconnaissable (organisation en dépôts, présence d'éléments caractéristiques de transport -galets-, etc...). Il ne s'agit donc pas à strictement parler d'un pédotype. Nous pouvons assimiler cette organisation à ce que nous conviendrons d'appeler un "lithotype". Toutefois, il existe de multiples relations entre l'entaféron et de nombreux pédotypes. Des ensembles intergrades sont très souvent décrits. En effet dans bien des cas, l'entaféron -y compris les apports les plus récents- est très rapidement affecté par les différents processus de la pédogenèse. D'autre part, il est relativement fréquent que l'entaféron résulte de l'accumulation et du dépôt de matériaux d'origine pédologique provenant de pédotypes variés tels que humite, structichron, oxydon, lapidon, etc... après transport soit par les cours d'eau, soit le long des versants, ... Les passages entre ce lithotype et les pédotypes sont donc de natures diverses et nous utiliserons, pour décrire certains ensembles intergrades, les critères des pédotypes plutôt que ceux qui se rattachent au lithotype.

L'entaféron se caractérise par une granulométrie variable et les éléments qui le constituent se subdivisent en plusieurs classes de taille :

- Lutites (0 - 50 μ m)
 - microlutites (0 - 20 μ m)
 - macrolutites (20 - 50 μ m)
- Arénites (50 μ m - 2mm)
 - microarénites (50 μ m - 1mm)
 - macroarénites (1 - 2mm)
- Rudites (sup. 2mm)
 - microrudites (0.2 - 2cm)
 - mésorudites (2 - 7.5cm)
 - macrorudites (7.5 - 20cm)
 - mégarudites (20 - 50cm)
 - gigarudites (sup. 50cm)

Les principes de quantification établis pour les pédotypes, les phytotypes et les structures des pédotypes meubles s'appliquent intégralement ici dans le cas de l'expression granulométrique d'un entaféron. C'est ainsi qu'un entaféron sera qualifié de "mésorudite phase microarénique, phase microlutique" ou encore de "arénolutive macrorudique".

D'autres classifications ont été proposées. Elles utilisent les termes d'argile, limons, sables, graviers, ... Quel que soit le système, les classes granulométriques sont pratiquement toujours limitées par des valeurs semblables. Nous avons retenu les termes de lutite, arénite, rudite, communément admis dans le milieu de la sédimentologie, car ils évitent certaines confusions avec le vocabulaire utilisé en pédologie pour définir la texture des sols. Le meilleur exemple est celui du mot "argile" qui doit être suivi des qualificatifs "granulométrique" ou "minéralogique" pour bien préciser quelle est sa signification (expression d'une dimension ou d'une nature).

L'entaféron possède certains traits morphologiques spécifiques à mettre en relation avec l'action des mécanismes qui ont présidé à sa mise en place, avec la nature de ses éléments, avec leur mode de transport, etc... Tout ceci permet en général une assez bonne identification du lithotype. On peut par exemple noter la présence de granoclassements, de stratifications entrecroisées, de galets, etc... L'analyse complète de ce corps naturel élémentaire doit donc faire intervenir un certain nombre de critères. Parmi les plus fréquemment utilisés, nous pouvons retenir :

L'origine de l'entaféron

- alluviale
- colluviale
- marine
- éolienne
- volcanique
- glaciaire
- etc...

Le type de l'entaféron

En ce qui concerne les phases lutiques et aréniques nous pouvons faire plusieurs distinctions :

-Les matériaux de nature "pédologique"

Le type sera alors décrit par l'identification du pédotype d'origine associé à l'entaféron dans un ensemble intergrade tel que :

- . structichron entaféron
- . oxydon entaféron
- . humostructichron entaféron
- . vertichron entaféron
- . etc...

-Les matériaux "non pédologiques"

Ils seront identifiés par la reconnaissance de petits fragments de roches, de minéraux, d'altérite dont on indiquera le nom :

- . entaféron micacé
- . entaféron péridotitique
- . etc...

En ce qui concerne les phases rudiques, on indique le type en caractérisant avec le plus de précision possible les différents éléments constitutifs :

-Le type des éléments

- . concrétions
- . nodules
- . régolite
- . altérégolite
- . galets
- . etc...

-La nature des éléments

- . quartzeux
- . siliceux
- . ferroxique

- . alumoxique
- . etc...

-La morphologie des éléments

Ce critère concerne non seulement les entaférons rudiques mais également les entaférons aréniques. Les éléments seront donc :

- . anguleux
- . émoussés
- . arrondis
- . ovoïdes
- . de forme complexe
- . etc...

Dans le cas des arénites, la morphoscopie des éléments peut permettre de préciser le mode de transport des sables. Cailleux (1969) et Pettijohn (1949) ont proposé les classifications suivantes :

1- Cailleux (1969)

- . non usé
- . émoussé
- . arrondi
- . très arrondi

2- Pettijohn (1949)

- . anguleux
- . subanguleux
- . subarrondi
- . rond
- . très rond

Le type de transport

-Les agents du transport

Les eaux courantes :

- . fleuves et rivières : formation de lits fluviaux comprenant le lit mineur qui correspond aux eaux d'étiage et le lit majeur qui s'étend au delà du bourrelet de berge.

- . torrents et oueds : sont à l'origine de bassins de réception, de cônes de déjection.

- . ruissellement diffus de piémont : plusieurs formes de ruissellement existent, parmi lesquelles on peut distinguer :

- +de multiples ruisselets sinueux enchevêtrés (rill-wash)
- +des nappes de quelques centimètres d'épaisseur (sheet-wash)

+des eaux boueuses turbulentes de plusieurs décimètres d'épaisseur (sheet-flood)

Le vent :

Responsable de la formation de dunes ou d'accumulations sans modèles particuliers qui recouvrent en général des zones occupées par la végétation.

La glace :

Formation de moraines,...

La mer :

Accumulation de plages essentiellement.

La gravité :

Chute de pierres, éboulement, reptation, avec formation de cônes d'éboulis de talus d'éboulis, d'éboulis libres,...

-Les processus de transport

Parmi les plus fréquents nous pouvons citer :

.Les mouvements de masse : ils provoquent les glissements, la solifluxion, la gélifluxion, ... (qui se produisent lorsque la limite de plasticité est franchie), mais aussi les éboulements qui se produisent à sec.

.Les ruissellements élémentaires : Ils concernent l'écoulement des eaux de pluie ou de fusions nivales ou glaciaires. Ils sont plus ou moins durables et rapides à la surface des versants. Ils sont qualifiés d'élémentaires car ils n'affectent que de petites surfaces et possèdent un caractère intermittent. Ils peuvent être rangés dans deux types principaux:

+concentré : un seul écoulement. Ils sont responsables de la formation de "bad lands" et de cônes d'accumulation.

+diffus : plusieurs filets sinueux. Ils sont à l'origine de la formation de "longs versants" de colluvions lutiques et/ou aréniques.

.l'alluvionnement : dû aux fleuves, rivières,...

B- Un autre lithotype

1- LE TOPOLITE

(du grec *Topos*: lieu, place et *Lithos*: la roche)

Préfixe: **TOPO-**

Adjectif: **TOPOLITIQUE**

Code de saisie de terrain: **TOPOL**

Par ce terme, nous désignerons la roche en place et non altérée. Ce mot peut parfois s'appliquer à des blocs de très grandes dimensions dont les limites n'ont pu être observées lors de la description. Le topolite est souvent qualifié de roche mère.

Le topolite ne correspond donc pas à un pédotype mais à un lithotype car le matériau qu'il désigne n'a pas encore été "transformé" par les divers processus d'altération. Cependant des liens nombreux existent entre le sol et la roche-mère, entre topolite et altérite, entre lithotype et pédotype et des ensembles intergrades entre topolite et altérite sont très fréquemment observés.

Nous qualifierons donc de topolite les ensembles rocheux visibles, soit à l'affleurement, soit à la partie la plus inférieure du sol. Les pellicules d'altération seront alors désignées par des termes comme "altétopolite" ou "topoaltérite", etc... en fonction de l'intensité des transformations du matériau primaire. En ce qui concerne les roches à l'affleurement, généralement décrites dans ce que les pédologues désignent par le terme d'environnement, le topolite identifiera les formes du type "dos de baleine, inselbergs, chaos, pains de sucre, reliefs résiduels, etc...".

La reconnaissance du topolite doit bien sûr être accompagnée d'une caractérisation géologique (pétrographique) dont la précision peut toutefois varier en fonction des besoins ou de la nature des travaux en cours. Nous pourrions par exemple parler de topolite :

- leucocrate
- mésocrate
- mélancrate

ou bien

- granitique
- gneissique
- schisteux

ou encore augmenter le degré de précision de la description

par l'indication de la nature de certains minéraux reconnaissables sur le terrain.

A ces descriptions strictement géologiques on peut ajouter celle des traits morphologiques des affleurements rocheux. Ils concernent essentiellement le litage, la stratification, l'épaisseur des lits, des couches, ..., leur orientation, leur pendage, ..., la présence de microplissements, de microfractures, etc...

♦ ♦

V - UN INTERGRADE LITHOTYPE-PEDOTYPE : L'ALTERITE

(dérivé du français Altération)

Préfixe:ALTE-

Adjectif:ALTERITIQUE

Code de saisie de terrain:ALTER

L'existence de relations étroites entre les pédotypes et les lithotypes est matérialisée par la présence de corps naturels élémentaires intergrades entre ces deux pôles. C'est en quelque sorte la confirmation d'une certaine homogénéité de l'ensemble du milieu physique et de la difficulté réelle que nous avons à placer des limites qui parfois n'ont pas de vraie justification et qui révèlent ainsi leur aspect artificiel. Les altérites représentent un ensemble relativement complexe, très dépendant de la nature du lithotype. On peut toutefois y distinguer deux types principaux, qui se différencient par la présence ou l'absence de traits morphologiques hérités de la structure originelle du lithotype.

Le terme d'altérite a été assez récemment redéfini par Chatelin (1974). Pour certains auteurs, le mot altérite sert à caractériser la presque totalité de ce qui se trouve sous le solum et les phénomènes qui s'y déroulent sont alors qualifiés "d'infrapédologiques" (Tricart & Cailleux - 1965). Jusqu'à ce jour, de nombreux termes ont été utilisés pour désigner les niveaux d'altération. On peut en citer quelques uns parmi les plus fréquemment rencontrés. "La zone de départ", "la latérite primaire", etc... (Chatelin - 1974), les notations "C", "III", etc... dont la correspondance avec l'altérite a été discutée par D. Martin (1972). Certains auteurs utilisent également les termes de "saprolithe", "lithomarge", etc... pour parler, soit seulement des horizons d'altération, soit des horizons profonds des sols ferrallitiques. Dans ces conditions, le saprolithe peut correspondre à une altération à structure conservée incluse dans la

lithomarge. Sur péridotite, Trescases (1973) distingue "saprolithe grossière" avec des fragments de roches plus ou moins altérées et "saprolithe fine" vide de tous matériaux altérables. On parle aussi "d'arènes" pour les matériaux sableux provenant de la désagrégation des roches grenues. Lacroix (1913, 1934) considère les arènes comme des "zones de départ". Harrisson (1933) parle de "première zone" ou de "zone d'hydratation commençante". On peut dire que l'arène constitue un ensemble dans lequel la structure de la roche est reconnaissable mais où les minéraux sont "desengrenés". Ils sont assez peu altérés, à l'exception des ferromagnésiens. La couleur est blanche ou grisée. L'observation microscopique permet de constater la faible importance du plasma.

Déjà nombreux, les quelques mots cités ici ne représentent pas la totalité des termes existants et utilisés ou ayant été utilisés à ce jour.

L'altérite est une organisation plus ou moins indépendante du matériau dont elle provient. Il s'agit donc bien d'un matériau meuble, cohérent, à caractères pédologiques résultant de l'application du processus d'altération sur une roche. Ce processus intervient en général seul ou de façon très largement dominante s'il est associé à d'autres processus. Il assure la transformation d'une roche en un matériau meuble. Il s'agit donc d'un corps naturel élémentaire intergrade entre un pédotype meuble et un lithotype. C'est ce que nous pouvons qualifier de lithopédotype ou de pédolithotype selon l'intensité des transformations subies par le lithotype. Très importantes dans le lithopédotype, elles seront nettement moins sensibles dans le pédolithotype. Cette opération se fait le plus souvent sans grande modification du volume initial occupé par la roche. Souvent conservé dans certains altérites de roches cristallines, le volume peut diminuer dans les matériaux où la dissolution est importante. Dans certains cas particuliers, sur roches ultrabasiques (Trescases - 1973), les diminutions de volume peuvent atteindre deux à trois fois celui du volume initial. Plus rarement, certains auteurs ont parlé d'augmentation de volume.

La composition minéralogique des altérites est extrêmement variable. Dans les zones ferrallitiques, les minéraux les plus fréquemment rencontrés dans les altérites sont les argiles de type kaolinitique, la gibbsite et autres sesquioxides, auxquels il faut adjoindre des minéraux résiduels. Les pseudomorphoses sont également fréquentes.

L'altérite est un matériau caractérisé par une très grande hétérogénéité, que ce soit au niveau de la couleur, de la texture ou de l'organisation. Au processus géochimique d'altération s'ajoutent souvent des processus plus "physiques" de déplacement et de dépôt de certains éléments (cutanon) constituant cet altérite ou même parfois d'éléments provenant d'autres pédotypes situés au-dessus -lessivage- (Beaudou - 1972) ou au-dessous -remontées biologiques-. On peut ainsi observer de multiples organisations à l'intérieur de l'altérite et ce corps naturel élémentaire est très souvent juxtaposé à d'autres pédotypes. Matérialisant cette hétérogénéité, nous pouvons donc également citer les variations

lithologiques plus ou moins fidèlement conservées (différences minéralogiques, présence d'anciennes organisations héritées de la roche : lits sédimentaires ou métamorphiques, systèmes de diaclases, de fissures,...), dépôts "d'illuviation" (cutanes), chenaux et autres vides d'origine biologique, de dissolution, vides dus au passage des racines, etc...

Au niveau microscopique, cette diversité structurale et d'organisation se retrouve. Elle se matérialise par la présence côte à côte de minéraux plus ou moins intensément transformés, de gros cristaux de kaolinite ("en piles d'assiettes") et de cristaux de très petites dimensions. Elle se manifeste encore par des organisations masépiques, reliques bien souvent de litages présents dans la roche mère, et des lithoreliques plus ou moins transformées ou pseudomorphosées, etc...(Beaudou-1972, Beaudou, Chatelin-1978). Les possibilités sont en fait multiples.

Toutes ces observations montrent donc que l'altérite est fréquemment en relation avec des pédotypes, soit sous forme de juxtapositions (structichrons, bioféron, oxydon, régolite, réducton, lapidon, stérite, ...), soit sous forme d'intergrades du type altérite et structichron, altérite et topolite, altérite et oxydon, altérite et réducton, altérite et stérite, ... Dans le cas de l'intergrade altérite et structichron, ce pédotype se reconnaît assez aisément au niveau de l'organisation microstructurale. Il existe effectivement un arrangement particulier visible en lame mince qualifié d'altéroplasma. La transformation de l'altérite en matériau pédologique résulte en partie de l'application du processus de pédoplasmation (cf paragraphe IA.3)

Au niveau de la couleur, l'hétérogénéité est également importante et Chatelin (1972, 1974) parle d'"altérites achromiques" (blanches, beiges et grises) résultat d'une évolution sous un pédoclimat correspondant à un engorgement permanent ou quasi-permanent (cf "la première zone ou zone d'hydratation commençante" dont parle Harrison - 1933). Il s'agit en fait d'un ensemble intergrade altérite et réducton. Chatelin reconnaît aussi des altérites bicolores ou multicolores caractérisés d'après la forme des taches et dénommés par les mots pardichrome, balichrome, ... Nous sommes presque toujours en présence de juxtapositions de plusieurs pédotypes et intergrades pédotypes-lithotypes telles que altérite et structichron; altérite et oxydon; altérite, structichron et oxydon; altérite, cutanon et structichron; etc..., résultant de l'application de plusieurs processus et mécanismes (altération, pédoplasmation, oxydation, réduction, lessivage, ...).

D'autres expressions fondées sur la couleur des altérites ont été utilisées pour décrire des ensembles altéritiques de genèses différentes. Parmi les plus courantes, on peut citer :

Les altérations pistache qualifiées également de "vertiques basales" (Leprun 1979). Déjà identifiées par Blanford (1859) elles ont été appelées "Pallid zone" par Walther

(1915). Leur coloration claire est due au "lessivage" du fer. Ce type d'altération n'est jamais visible sur granite. Cet altérite est de plus en plus fréquent et important au fur et à mesure que les roches deviennent de plus en plus basiques (Leprun - 1979). Ce corps naturel altérite présente un aspect "tweed" dû à la présence de ponctuations et de granules blancs, gris, brun pâle ou vert pistache. Chaque granule est un minéral en cours d'altération. La couleur pistache s'associe à l'altération de minéraux du type amphibole selon certaines descriptions. L'altéroplasma formé de smectites et de kaolinites ne présente aucune orientation préférentielle.

Les argiles bariolées roses ou violettes (Millot, in Bonifas - 1959). Lacroix (1913) parle d'altérations argileuses pour des ensembles identiques. Cet altérite est surtout présent sur des roches granito-gneissiques à tendance basique ou sur des roches plus nettement basiques encore. La texture serait argileuse plus ou moins riche en sable. La coloration hétérogène se caractérise par la juxtaposition, sur un fond pâle, blanc ou beige, de fines mouchetures ou de "flammes" violettes à rouge vif qui se réduisent en "farine" sous la pression des doigts. Les taches représentent le résultat de l'altération des minéraux ferro-magnésiens. Nous sommes en fait en présence d'un ensemble complexe où la phase argileuse kaolinitique beige ou blanche pourrait être assimilée au pédotype réducton ou à un ensemble intergrade altérite-réducton, et la phase violette et rouge au pédotype oxydon.

Les argiles tachetées : Elles correspondent à la "mottled zone" (Walther - 1915), à la "zone de concrétions" de Lacroix (1913). Elles représentent également la majeure partie de la "lithomarge à structure conservée" de Tardy (1969), ou encore les "arènes plastiques" caractérisées par Lelong (1969). Cet altérite ne s'observerait que sur roches granitiques ou granito-gneissiques. Ce pédotype peut parfois reposer sur un autre altérite (argiles bariolées) et montrer alors quelques cas de nodulation à sa partie supérieure (Leprun - 1979). La caractérisation morphologique de cet ensemble est quelque peu différente de celle des "argiles bariolées". Il s'agit d'une matrice argilo-sableuse blanc-gris (réducton-altérite) à plages rouges, ocre-rouge (oxydon-altéstructichron) avec aussi la présence parfois de taches, "nodules" oxydiques ferroxiques non durcis, peu distincts (pauci-lapidon oxydique ferroxique). A cela il faut ajouter la présence du pédotype cutañon (ferri-argilanes et ferranes). Les argiles sont des kaolinites.

Les travaux concernant l'altération des roches et l'analyse du passage topolite - altérite - structichron sont extrêmement nombreux. En reprenant les conclusions émises par Chatelin (1974), nous pouvons insister sur deux points principaux :

1 - La notion de matériau originel : Peu précise, cette notion a été quelquefois assimilée à l'expression "zone de départ". Les auteurs soviétiques distinguent très nettement les "croûtes d'altération" et les sols dont elles sont les matériaux originels. Cette opposition est souvent rejetée par d'autres pédologues pour lesquels il existe une continuité entre les sols et l'altération. Ceci tend à confirmer l'intérêt des notions de pédotypes et d'intergrades pédotype-lithotype.

2 - La diversité des processus et des mécanismes présidant à l'altération parmi lesquels on remarque essentiellement l'oxydation, la réduction, la dissolution, l'hydrolyse, la néogénèse, la formation de complexes, la migration d'éléments figurés ou non et leur dépôt ultérieur, etc... Tous n'interviennent pas directement, mais tous participent à la création de cet intergrade pédotype-lithotype particulier : l'altérite.

Dans ce pédotype nous pouvons distinguer deux grands types d'altérite :

A- un pédolithotype

1- L'ISALTERITE

(du grec Isos: même et du français Altération)

Préfixe : ISALTE-

Adjectif : ISALTERITIQUE

Code de saisie de terrain : ISALT

Dans ce pédolithotype, la structure de la roche est reconnaissable. Il s'agit par exemple d'une pseudomorphose pratiquement totale d'une roche ne contenant que des minéraux altérables, nous obtenons alors le "pain d'épice", résultat de la transformation des roches ultrabasiques ou basiques.. Lorsque les roches mères sont formées de minéraux difficilement altérables associés à des minéraux très altérables, nous observons alors des pseudomorphoses partielles dans lesquelles les minéraux les plus résistants soulignent les plages les plus "altérées". C'est ce qui existe dans les isaltérites provenant de roches plus acides que les précédentes (gneiss, migmatites, micaschistes, etc...). Encore une fois, nous retrouvons de nombreux termes utilisés jusqu'à ce jour pour désigner les isaltérites. Leneuf (1959) utilise les mots de "carié", "poreux", "arène", ou tout simplement l'expression "roche altérée friable". Millot & Bonifas (1955) parlent de "pierre ponce" dans la cas d'isal-

térite de syénite.

B- un lithopédotype

1- L'ALLOTÉRITE

(du grec Allos :autre et du français Altération)

Préfixe :ALLOTE-

Adjectif :ALLOTÉRITIQUE

Code de saisie de terrain :ALLOT

Ce lithopédotype caractérise un matériau meuble dans lequel la structure générale continue (schistosité, litage stratification, ...) de la roche n'est plus identifiable, mais qui possède encore des traces, souvent discontinues, de l'organisation d'un topolite (minéraux pseudomorphosés, zones irrégulièrement stratifiées, ...). La presque totalité des traits morphologiques spécifiques des roches a donc disparu. A l'échelle microscopique, l'allotérite pourrait être assimilé à un ensemble altéropiasmique dans lequel l'influence des processus de pédoplasmation se remarque beaucoup plus nettement que dans l'isaltérite. Cependant, les caractères hérités de la roche, pratiquement indiscernables à l'oeil nu, sont encore reconnaissables au niveau micromorphologique. Il s'agit le plus souvent de minéraux pseudomorphosés, de macrocristaux de kaolinite ou encore de certaines organisations relictuelles d'origine géologique.



VI- LES CORPS NATURELS "CONDUCTEURS"

Par cette appellation nous désignons non seulement un réseau permettant la circulation des éléments mais également les véhicules qui assurent le transport de ces éléments : l'air et l'eau, dont le rôle est essentiel dans le milieu physique. Nous distinguerons ainsi deux corps naturels principaux :

- l'hydrophyse
- l'aérophyse

A- L'eau

Cet élément présent dans le sol joue un rôle primordial dans son évolution et dans son fonctionnement. C'est un corps naturel "étranger" au sol qui sert de "véhicule" aux éléments figurés, aux produits en solution, etc... et qui conditionne souvent l'évolution des sols et se trouve à l'origine de l'apparition de certains pédotypes.

1- L'HYDROPHYSE

(du grec Hydros: eau et Phusis: expansion)

Préfixe: **HYDRO-**

Adjectif: **HYDROPHYTIQUE**

Code de saisie de terrain: **HYDRO**

Ce terme désigne une composante physique, pédotype représenté par l'eau libre de ruissellement ou d'infiltration (Richard, Kahn, Chatelin - 1977). Il s'agit le plus souvent de nappes phréatiques, de nappes perchées, de nappes d'inféoflux, de nappes de submersion, etc..., mais aussi de ce que l'on peut appeler la solution du sol. C'est une phase liquide étroitement associée aux divers autres pédotypes avec lesquels elle est en contact. Les caractéristiques morphologiques des pédotypes interviennent de façon primordiale dans l'établissement de ces relations (porosité des agrégats, présence de vides, perméabilité, etc...). Cet élément physique assimilé à un pédotype représente également le véhicule de tous les éléments -figurés ou non- qui circulent dans le sol. Il contribue de manière très intime à la pédogénèse, soit en favorisant des réorganisations d'éléments (transport), soit en créant des conditions physico-chimiques particulières (engorgement).

Plusieurs caractéristiques sont en général prises en compte pour décrire et définir l'hydrophyse :

- la couleur
- la limpidité
- l'odeur
- la sapidité

A cela, il faut ajouter bien sûr, les résultats des analyses physiques et chimiques qui permettent de préciser la qualité de cette phase liquide du sol, ainsi que la nature et la quantité des éléments transportés.

B- L'air

C'est l'expression d'un "chemin", d'un vide, généralement difficile à apprécier mais qui peut être quantifié cependant au niveau de certaines composantes du milieu physique (sol).

1- L'AEROPHYSE

(de grec **aeros** :air et **phusis** :expansion)

Préfixe :**ABRO-**
Adjectif :**ABROPHIQUE**
Code de saisie de terrain :**ABROP**

L'aérophyse a été défini par Richard, Kahn et Chatelin (1977) et correspond pour ces auteurs à l'atmosphère. Cependant cette définition mérite d'être étendue pour permettre alors de désigner tout ce qui est habituellement regroupé sous le terme de "porosité". Dans de nombreux cas l'aérophyse pourra ainsi être assimilé à des "vides".

Les variations d'importance de la quantité d'aérophyse dans le milieu physique sont très importantes d'une composante à l'autre. Il existe une limite naturelle, un seuil, très marqué au niveau de la surface du sol. Souvent très large lorsqu'il est associé aux phytotypes aériens, la valeur de l'aérophyse peut atteindre très brutalement la valeur zéro si un dermilite pelliculaire (ou plasmique) continu matérialise la surface du sol. Les conséquences d'une telle variation sont évidentes au niveau du mode de circulation de l'eau. Quel que soit le corps naturel qui figure la surface du sol, il est donc essentiel de connaître la valeur du rapport entre la quantité d'aérophyse présent au-dessus du sol et celle relevée au niveau de la surface du sol. Associé aux mesures des pentes (inclinaison et extension) il est possible d'interpréter et de prévoir les modalités de circulation de l'eau. Ceci confirme l'étroitesse des relations existant entre ces deux corps naturels aérophyse et hydrophyse.

♦ ♦

Pour conclure,

Voici présenté de façon relativement complète -tout au moins pour ce qui traite des pédotypes et de leurs intergrades- le contenu-information des principaux corps naturels que nous avons reconnu à ce jour, dans une partie du milieu intertropical.

A chaque mot s'attache donc une quantité d'information dont l'importance dépend de l'état des connaissances. A tout moment il est possible de compléter l'information, de l'adapter, de suivre l'évolution des connaissances sans pour cela modifier la signification du terme qui lui est appliqué. Ce terme représente ainsi un moyen de transmettre une quantité souvent importante de données sous une forme très synthétique, et, nous allons le voir, très facile à quantifier et à "manipuler". C'était une des conditions essentielles pour entreprendre une analyse structurale du milieu physique reposant en grande partie sur les données de terrain. Il fallait absolument se donner les moyens d'associer le maximum de connaissance aux organisations reconnues afin d'utiliser cette connaissance, de l'organiser simplement de façon logique et systématique sans omettre aucun niveau, aucun passage d'une échelle à l'autre.

C'est pour cela qu'un vocabulaire, aussi imagé soit-il, ne peut exister seul sans être taxé d'ésotérique, de superflu, ..., ou être assimilé à un quelconque jargon ! Puisque le vocabulaire transporte la connaissance, plus il sera précis moins il y aura de dérive lors de la transmission des informations. Pour cette raison, nous avons maintes fois répété que les mots choisis parmi le vocabulaire déjà existant, comme les mots construits, devraient posséder des capacités de dérivations et qu'il faudrait pouvoir créer des préfixes afin de bâtir une "grammaire". Ce sera la manière de rassembler, de relier des connaissances importantes et variées sous une forme extrêmement concise.

Ainsi, après avoir présenté le vocabulaire, il faut imaginer une syntaxe qui lui donnera toute sa valeur de langage en le transformant réellement en un outil, un instrument de saisie, de traitement et de communication.

Dans une deuxième partie, nous exposerons cette syntaxe et ses capacités au niveau de la saisie et de l'utilisation des données. Il s'agira en fait de rechercher les moyens à mettre en oeuvre pour valoriser au mieux la nouvelle information que nous possédons maintenant.

* *

*

Planches photographiques

Planche 1

1- Nécrophytion foliacé

Humite

grumoanguclide

Humite phase structichronique

anguclide

(Humoapexol, Papouasie-Nouvelle Guinée)

2- Humite stigne rhizagique

Leuciton humique

Leuciton

(Structichron vertichron) humique

styloclide

Vertichron phase humique

sphénoclide

(Orthoapexol, "Solonetz solodisé" de Papouasie-Nouvelle Guinée)

3- Gramen / Nécrophytion

Mélanumite

Vertichron

angusphénoclide

(Orthoapexol, Vertisol de Nouvelle Calédonie)

4- Vertichron / Phase sémétique oxydique (Fe/Mn)

sphénoclide

placages et dendrites noirs

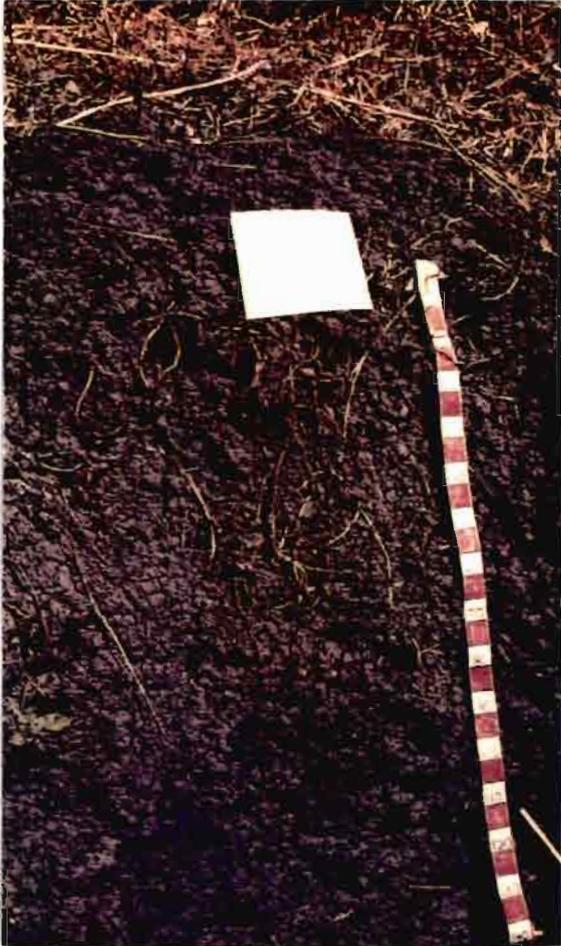
lucique, striée

sur les faces des agrégats

(Vertisol de Nouvelle Calédonie)

(Cliché P.Podwojewski)

Planche 1



1	3
2	4

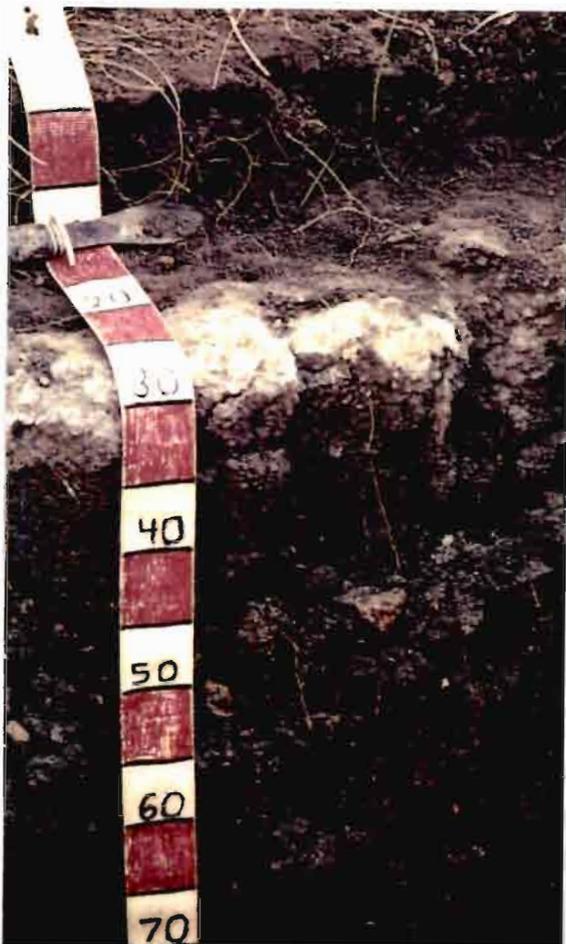


Planche 2

- 1- **Humite**
Humite structichromique
Structichron jaune
Structichron jaune / Stigme sémitique oxydique (Fe/Mn)
pauciangoclode taches et dendrites brun-noir

(Orthoapexol, Sol alluvial de Guam)

- 2- **Structichron rouge**
amérode

(Anhumoapexol, Sol ferrallitique de Guam)

- 3- **Humite structichromique**
Structichron phase humique
Topolite
calcaire corallien

(Orthoapexol leptique, Sol ferrallitique de Maré)

- 4- **Entaféron humique**
lutique
(Humite Entaféron)
lutique
Entaféron
lutique, arénique
Entaféron
rudique
Hydrophyse

(Humoapexol, Sol peu évolué d'apport alluvial de Nouvelle Calédonie)

- 5- **Humite** / **Lapidon**
psammoclode arénique (calcaire corallien)
Lapidon
arénique (calcaire corallien)
Lapidon
rudite / phase arénique
régolique(ponce) calcaire corallien

(Humoapexol, Sol peu évolué sur alluvions marine et volcanique de Lifou)

Planche 2



1	
2	4
3	5

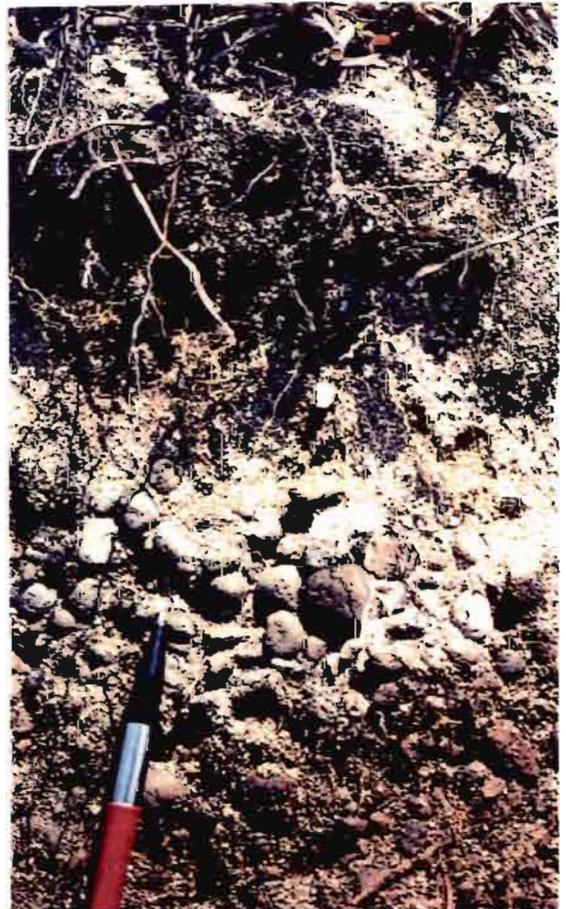


Planche 3

1- Mélanumite

Leuciton

amérode

Humoleuciton

amérode

Altérite / phase oxydique

(Orthoapexol, Podzol de Nouvelle Calédonie)

2- Humite / stigne rhizagique

Humite / phase réductique

Réducton

Hydrophyse

(Humoapexol, Sol hydromorphe de Nouvelle Calédonie)

(Cliché P.Podwojewski)

3- Oxydon / (Leuciton réductique)

"réticulé"

(Sol ferrallitique du Cameroun)

(Cliché Y.Chatelin)

4- Altérite / Structichron

ocre rouge

Isaltérite

rouge violacé

Altérite / phase leucitique

violet et blanc

(Sol ferrallitique du Cameroun)

(Cliché Y.Chatelin)

Planche 3



1	3
2	4

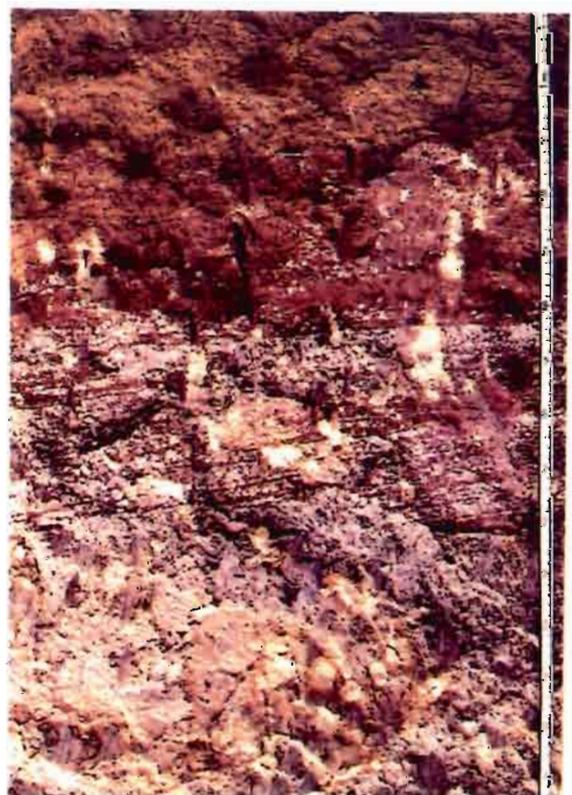


Planche 4

- 1- (Pétro).Stérite
oxydique (ferroxique)
(à l'arrière plan)
(Pétro).Lapidon
stéritique et régolique
(macro-, méga-, giga rudique)
(en premier plan)

(Chutes de la Madeleine, Nouvelle Calédonie)

- 2- Bioféron
humostructichromique
(action des vers de terre)

(Sud de la Côte d'Ivoire, région de Taï)

- 3- Ptéridophytion
lycopodes

(Pétro).Lapidon
oxydique nodulaire
(centi- méso rudite)

(Nouvelle Calédonie)

- 4- Dermilite

(Région de Galmi, Niger)

Planche 4

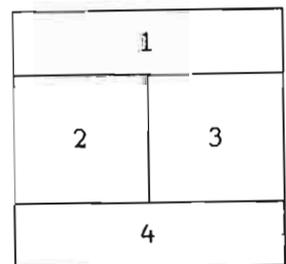
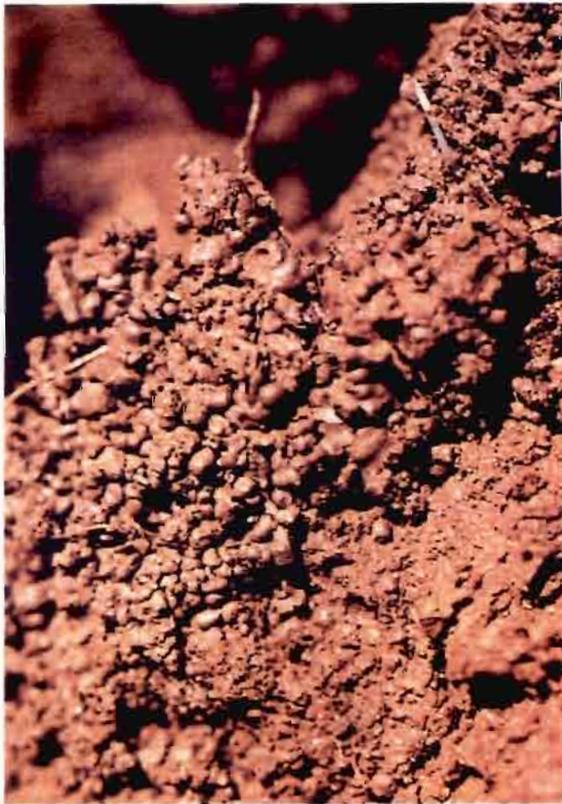


Planche 5

- 1- (Humite Nécrumite) / Rhizagé
Oxydon jaune

(Sol ferrallitique ferritique de Nouvelle Calédonie)

- 2- Humite / phase rhizagique
Grumoclode / Eclutode

(Sol brun de Nouvelle Calédonie)

- 3- Structure sphénoclode
Séméton oxydique (Fe/Mn)
placages et dendrites noirs

(Vertisol de Nouvelle Calédonie)

(Cliché P.Podwojewski)

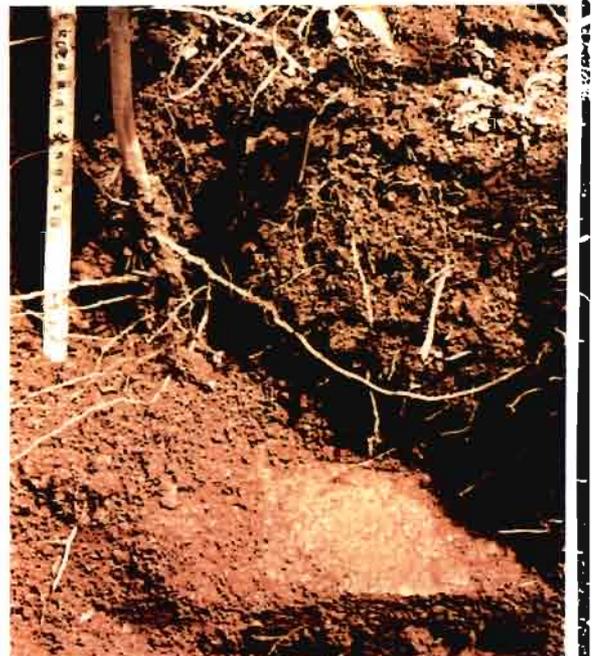
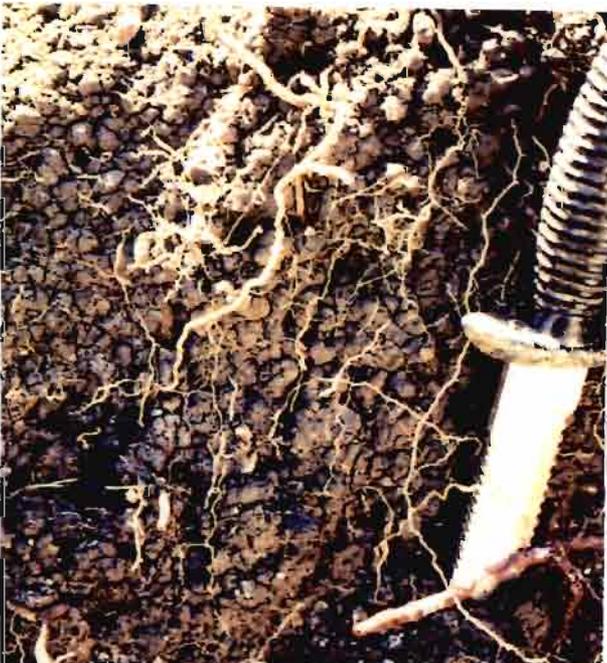
- 4- Arumite / Phase rhizagique
grumoanguclode
Cutanon
(anthrocutanon)

(Sol ferrallitique du Centre de la Côte d'Ivoire)

Planche 5



1	3
2	4



II- LA SAISIE ET LE TRAITEMENT DES DONNEES Formalisation et recherche d'une syntaxe

Plus spécialisé dans l'étude des sols, c'est à cette composante du milieu physique que je me suis plus particulièrement attaché. C'est elle qui servira d'exemple tout au long de ce travail.

L'intérêt de l'ensemble-sol est de se situer à un carrefour entre le monde vivant et le monde inerte. Il représente non seulement le résultat de la transformation des roches mais aussi celui de multiples transformations d'origine biochimique. Le sol peut donc être appréhendé comme le point de contact privilégié entre le domaine minéral et le domaine vivant. C'est un ensemble qui, grâce à une structure, une organisation particulière permet aux organismes vivants, de nature essentiellement végétale, d'assimiler l'eau et d'autres éléments minéraux nécessaires à leur développement. C'est le support de la végétation, le cadre de vie de nombreux animaux, un capital pour l'homme qui en exploite les richesses. C'est ainsi le point de convergence de plusieurs disciplines scientifiques et techniques, c'est le point de rencontre des connaissances qui intéressent aussi bien le scientifique que l'agriculteur, ou encore le responsable des projets et programmes de développement.

LE SOL : Un objet
complexe...

Les quelques lignes précédentes, par leur extrême généralité, révèlent en fait la complexité d'un tel milieu. Comment alors le définir simplement, donner ses limites, préciser ses liens avec les autres ensembles de notre environnement ? En apparence les réponses sont multiples.

Dès 1913 Marbutt donne une définition du sol à caractère structural et en parle comme d'un "objet naturel composé d'horizon" (in Monnier; 1966)

Mattson (1930) présente, dans une définition de caractère très général, le sol comme un milieu naturel résultant de la transformation de matériel minéral et

organique sous les actions variablement combinées de l'atmosphère, de l'hydrosphère et de la biosphère au contact de la lithosphère. Cité par Boulaine (1984), Hilgard définit le sol comme la couche superficielle de la terre atteinte par les racines des plantes.

Plus récemment Aubert et Boulaine (1980, Le sol, Coll. "Que Sais-Je") le définissent de façon très lapidaire sous une formulation d'inspiration mathématique :

"SOL = Roche-mère + Energie"

qu'ils explicitent par ailleurs :

"L'énergie solaire reçue à la surface du globe est transformée en énergie chimique par les végétaux, ... Une partie est consommée à la surface et dans les couches supérieures du sol. La matière organique végétale se dégrade peu à peu en passant sous forme transitoire assez stable, l'humus, ... L'énergie mise en jeu lors de cette évolution facilite l'altération progressive des roches, ... L'ensemble des phénomènes physiques, chimiques et biologiques qui se produisent à la surface du globe a pour résultat, parmi d'autres, un quantum d'évolution annuelle du sol, ... Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent." ("Que sais-je", 1980, p.9 et 10).

Reprenant la pensée de Demolon, nous pouvons considérer que le sol, naturel ou cultivé, constitue en lui-même un objet indépendant qu'il faut appréhender en tant que tel quelle que soit la finalité retenue. "Ce n'est donc pas un matériau mais un système complexe qui prend naissance, évolue, se transforme, ... à la surface du globe sous l'action des agents bioclimatiques, du temps et de l'homme. C'est un objet naturel complexe, hétérogène et structuré, changeant et évolutif contenant à la fois de la matière inerte (minérale et organique) et de la matière vivante (animale et végétale) et qui fonctionne comme un système." (Pédro, 1986, La science des sols en France, p.31 et 32). Lors de l'étude d'un sol il faut surtout garder en mémoire que cet objet fait partie d'un ensemble complexe, parfaitement localisé dans l'espace qui est lui-même composante d'une structure plus vaste.

Cette appréhension plus systémique du sol avait déjà été retenue par Gavaud (1977). Cet auteur assimile le sol au modèle de système ouvert de Bertalanffy (1973). Le sol est alors considéré comme un ensemble d'éléments interdépendants réagissant sur le milieu et sur le système lui-même et qui échange de l'énergie avec l'extérieur. Il peut faire l'objet d'une descrip-

tion interne -constitution, nature des substances, organisation, relations de transformations entre constituants, entre éléments architecturaux- ou externe -facteurs de formation, relations entre systèmes-. Les limites du système sol sont naturelles. Il s'agit des interfaces au travers desquelles sont définis les flux d'échange, mais à l'intérieur desquelles il est toujours possible d'isoler des compartiments possédant un certain degré d'homogénéité interne, réel ou fictif. (Gavaud, 1977, Essai sur la classification des sols, p.64).

De cette dernière définition se dégagent les notions de **structures emboîtées** dont nous avons parlé dans la première partie. De ce fait, l'importance que doit avoir l'**analyse morphologique** dans l'étude d'un tel système se dégage très clairement, ainsi que celle d'une **saisie ordonnée** du contenu-information des différentes structures.

expression d'un
"capital" pour
l'humanité...

Les définitions de l'objet-sol sont très nombreuses et il est, bien entendu, impossible de les citer toutes. Cependant certaines se dégagent. Elles insistent sur la notion de système ainsi que sur l'idée de **"capital-sol"**. Pour appuyer cette dernière constatation un appel à la mise en place d'une politique mondiale des sols a été lancé lors de la Conférence de l'UNEP (programme des Nations Unies pour l'environnement) qui s'est tenue à Nairobi en 1982. Cette prise de conscience officielle du rôle essentiel que tient cette composante du milieu physique dans l'évolution de notre avenir a été présentée ainsi :

"Le fait de reconnaître que le sol constitue une ressource en quantité limitée, continuellement soumise à des pressions toujours plus fortes pour nourrir, vêtir, abriter et fournir de l'énergie à une population en croissance constante, tout en maintenant un équilibre écologique au niveau mondial, a incité les gouvernements du monde entier à se mettre d'accord pour n'utiliser leurs sols que dans le respect des principes rationnels de gestion, afin d'en accroître la productivité, en prévenir l'érosion et la dégradation, et de réduire les pertes en terres arables utilisées à d'autres fins". (In "La science du sol en France, p.18 et 19, Pedro, 1986).

indissociable de
l'ensemble du
milieu physique.

Cette déclaration, reconnaissance officielle de la composante-sol, met indirectement l'accent sur le fait que le sol fait partie d'un ensemble bien plus vaste. L'étude de cet objet, quel que soit son degré de finalité, ne doit pas être séparée de celles des autres composantes des milieux physique et humain. Elle insiste également sur les relations existant entre recherche et développement et contribue à atténuer la distinction, trop souvent évoquée, entre recherches dites de "caractère fondamental" et celles dont les préoccupations sont plus finalisées.

Après cette définition préalable du sol, nous allons nous appliquer à nouveau à l'étude du langage et à la présentation de la syntaxe qui doit en faire un instrument de saisie, de traitement et de communication.

* * *

*

Troisième chapitre

Le langage : UNE SYNTAXE

L'OUTIL POUR SAISIR, TRAITER ET RESTITUER

C'est en définissant les corps naturels élémentaires que nous avons abordé, dans le paragraphe précédent, la notion de langage. En effet, il s'est avéré absolument nécessaire de donner à chacun de ces ensembles un nom précis qui permette à la fois de les identifier, de les décrire, de saisir des informations structurées et de les utiliser. A cela, il faut ajouter la nécessité de communiquer et de transmettre l'ensemble des résultats. Voici, présentées en quelques lignes, les contraintes majeures auxquelles se doit de répondre le langage.



I- PRESENTATION ET CARACTERES

En ce qui concerne certaines disciplines du milieu physique telles que la botanique, la géomorphologie, ... il existe depuis longtemps des groupes lexicaux destinés à la description des objets. S'appuyant en règle générale sur le vocabulaire habituel, non spécifique, ils permettent une perception analytique élémentaire très complète mais non organisée et non quantifiée. Nous pouvons rappeler, en accord avec Chatelin (1979), qu'une faible spécialisation du langage a pour conséquences la complication et la longueur des opérations de description, mais aussi qu'un lexique peu spécialisé est également soumis aux perturbations habituelles de la langue courante (synonymie, polysémie, connotation, dérive des significations, etc...).

Nous avons également montré qu'une des préoccupations essentielles des naturalistes concernait la dénomination des objets qu'ils observent car "ce qui n'a pas de nom n'existe pas" (Pedro, 1986). C'est donc selon cet esprit que nous avons été amené à nous intéresser à ce problème essentiel pour les sciences du milieu physique. Abordé dès 1972 par Chatelin et Martin, il a été ensuite repris par d'autres pédologues (Beaudou- 1977, 1978, Beaudou et de Blic- 1978, Beaudou et Sayol- 1979), puis simultanément par des géographes, botanistes et pédologues (Richard, Kahn et Chatelin- 1977) et finalement de façon plus spécifique et plus systématique en ce qui concerne les sols par Beaudou et al. (1983). Ce que nous présentons aujourd'hui est en fait le ré-

sultat d'un long cheminement motivé par les multiples questions concernant la connaissance et l'utilisation du milieu physique, qui s'appuie surtout sur de nombreuses expériences de terrain aussi bien en Afrique que dans le Pacifique sud. Loin d'être le fruit d'une réflexion solitaire, c'est au contraire le produit de concertations entre pédologues, géographes, botanistes, ainsi que responsables et techniciens du développement et de la mise en valeur.

A l'origine un nombre assez limité de mots a été proposé afin de qualifier les horizons dits "majeurs" des sols ferrallitiques d'Afrique centrale ainsi que les "structures" des horizons meubles (Chatelin, Martin-1972, Chatelin, Boulvert, Beaudou-1972). Ce fut en fait le début d'une "grande histoire". Le vocabulaire encore peu abondant, mais surtout les concepts qu'il recouvre, sont immédiatement apparus essentiels pour la saisie des informations sur le terrain. Petit à petit, toutes les capacités de description, de quantification et d'analyse que ce vocabulaire impliquait, sont apparues aux utilisateurs. C'est ainsi que la nécessité d'ajouter des valeurs plus précises aux données ainsi saisies s'est révélée de plus en plus pressante et nous a conduit à structurer les mots utilisés et à leur adjoindre une "signification quantifiée", supplément indispensable à la simple qualification des objets (Beaudou-1977). C'est donc une forme de réponse à ce besoin ressenti depuis fort longtemps par tous les observateurs du milieu physique.

Confrontés ultérieurement à de nombreuses questions concernant la cartographie des sols, le "développement" et la mise en valeur ainsi qu'à de multiples restrictions de caractère pratique, il nous a semblé intéressant et utile de développer et de compléter ce premier petit lexique et le système de quantification associé. Cela afin de mieux utiliser les informations que nous pouvions recueillir sur le terrain par un traitement des données un peu moins empirique que celui que nous pratiquions ordinairement. C'est ainsi que tout naturellement et de façon simultanée nous avons précisé les divers concepts exposés au cours des paragraphes précédents, - corps naturel élémentaire, seuil, limite, échelle-. Celui traitant du langage et de la quantification doit être développé maintenant.

Compte-tenu des observations antérieures, ce langage doit respecter un certain nombre de règles pour permettre une description structurée et répétitive, associée à une quantification assez précise, sans oublier les besoins de traiter l'information et de communiquer, en limitant dans la mesure du possible les ambiguïtés qui peuvent apparaître. Ainsi que le précise Chatelin (1977) et afin de répondre à toutes ces conditions il faudra alors tenter :

- d'éliminer les facteurs habituels de perturbation du langage.

- de posséder et de structurer les termes dont les capacités de dérivation et de combinaison offrent la possibilité de décrire et de quantifier la multipli-

cité des agencements naturels, qu'ils soient intergrades ou juxtaposés.

-d'avoir pour chaque élément linguistique une signification précise rassemblant un maximum de connaissances.

-de pouvoir être employé à toutes les échelles de description, par réduction de l'information qu'il contient et cela de façon à retrouver facilement l'information élémentaire originelle. En d'autres termes, il doit posséder des possibilités élevées de synthèse.

-de permettre la description de l'ensemble du milieu physique (sol, végétation, modelé, etc...) de façon aussi fidèle que possible. C'est ainsi que nous avons dirigé une très grande part de nos activités sur la recherche et l'élaboration d'un langage spécifique d'analyse des organisations naturelles du sol, compatible avec ceux traitant des structures des autres organisations du milieu physique.

-de donner enfin les moyens de traitement des informations. Ce langage doit à la fois jouer le rôle d'un outil de communication et celui d'un outil de codage, afin de favoriser au mieux l'utilisation des données scientifiques auxquelles les mots sont attachés.

◆ ◆

II- LA QUANTIFICATION

Traditionnellement la science du sol utilise souvent, sans beaucoup les améliorer, les ressources du langage courant pour préciser et quantifier l'observation. Des mots comme "très", "peu", "beaucoup", "abondant", etc... qui expriment des notions de classes quantificatrices mal définies et subjectives se rencontrent fréquemment. Des ouvrages méthodologiques comme le "glossaire de pédologie", la "soil taxonomy" de l'USDA, les "directives pour la description des sols" de la FAO, proposent certains classements. Relevons à titre d'exemple "sans - quelque - nombreux - abondant" ou "très peu nombreux - peu nombreux - nombreux - très nombreux - dominant", et encore "petit - gros", qui s'appliquent à la description des sols sur le terrain. Les résultats de laboratoire sont parfois traduits à l'aide du même type de langage. C'est ainsi que nous pouvons définir des valeurs chiffrées à partir desquelles un sol sera dit "fortement", "moyennement" ou "peu" désaturé. Dans certains cas, le langage est relativement plus élaboré et peut constituer une combinatoire. Le meilleur exemple est fourni par la description de la texture des

sols. Les mots "argileux", "limoneux", "sableux" peuvent se combiner en "sablo-argileux", "limon argilo-sableux", etc... qui correspondent chacun à une classe granulométrique précise. Ces valeurs sont en général déterminées au laboratoire, mais peuvent être appréciées sur le terrain avec une assez bonne précision.

Malgré ce dernier exemple, il semble que les possibilités du langage usuel demeurent insuffisantes pour exprimer les quantités, traduire facilement de façon structurée la morphologie des organisations observées sur le terrain et saisir les informations qui les identifient. Cependant, comme nous l'avons signalé, il s'avère souvent nécessaire de transcrire de façon claire, concise et chiffrée certaines informations comme la présence, la nature et la quantité des éléments grossiers, des "taches", des corps naturels élémentaires présents dans le sol. Visuellement, nous parvenons très facilement et de façon fiable à percevoir des classes auxquelles nous sommes en mesure d'associer des valeurs numériques. Si cette première partie de l'approche du problème paraît relativement aisée, la transcription des résultats se révèle beaucoup plus délicate en l'absence de tout langage adapté.

A- Le principe

Ce système de quantification relative procède d'une démarche extrêmement simple qui consiste à associer, à un certain nombre de classes de quantification, une forme d'écriture parfaitement définie des termes qui désignent les corps naturels élémentaires pédotypes, phytotypes, lithotypes ou leurs intergrades.

Les classes de quantification qui ont été retenues correspondent à des quantités faciles à identifier sur le terrain (fig.8). Il s'agit des classes suivantes :

- 0 - 1%
- 1 - 5%
- 5 - 15%
- 15 - 30%
- 30 - 45%
- 45% et plus

On s'aperçoit, par la pratique, qu'il est plus facile de préciser une classe de faible importance à quelques pour cent près qu'une classe supérieure à 45%. Pour tenir compte de cette remarque, lorsque la quantité d'un corps naturel est supérieure à 45% on ne cherchera pas à donner immédiatement une quantification précise. La valeur exacte sera obtenue ensuite par différence (cf les paragraphes suivants).

Les quantités sont ainsi théoriquement exprimées en fonction du "volume" occupé par chaque corps naturel élémentaire, qu'il soit simple ou intergrade. Toutefois, pour des raisons pratiques, ce sont des surfaces qui servent de référence (fig.8).

La quantification étant toujours relative et traitant d'au moins deux éléments, nous avons en fait comme échelle complète de valeurs la série de classes suivantes dans le cas particulier de deux corps naturels :

0, 0 - 1, 1 - 5, 5 - 15, 15 - 30, 30 - 45, 45 - 55

55 - 70, 70 - 85, 85 - 95, 95 - 99, 99 - 100, 100

A chacune de ces classes nous associons une expression qui permet de les présenter de façon "un peu moins théorique", plus apte à faciliter la communication. C'est ainsi que correspondront à :

- 0 - 1% le terme "psile" précédant le substantif
- 1 - 5% le terme "stigma" précédant le substantif
- 5 - 15% le terme "phase" précédant le substantif
- 15 - 30% l'"adjectif" dérivé du substantif
- 30 - 45% le "préfixe" dérivé du substantif
- 45 et plus, le seul "substantif"

A titre d'exemple et d'illustration, prenons deux pédotypes -oxydon et réducton- et appliquons cette échelle numérique en considérant tout d'abord que l'oxydon soit le pédotype dominant. Cela signifie en fait que nous allons exprimer le réducton (pédotype le moins abondant) en fonction de l'oxydon. Nous écrirons alors:

- pour 0% de réducton -----> oxydon
- pour 0-1% de réducton -----> oxydon psile réducton
- pour 1-5% de réducton -----> oxydon stigma réducton
- pour 5-15% de réducton -----> oxydon phase réducton
- pour 15-30% de réducton -----> oxydon réductique
- pour 30-45% de réducton -----> réducto-oxydon

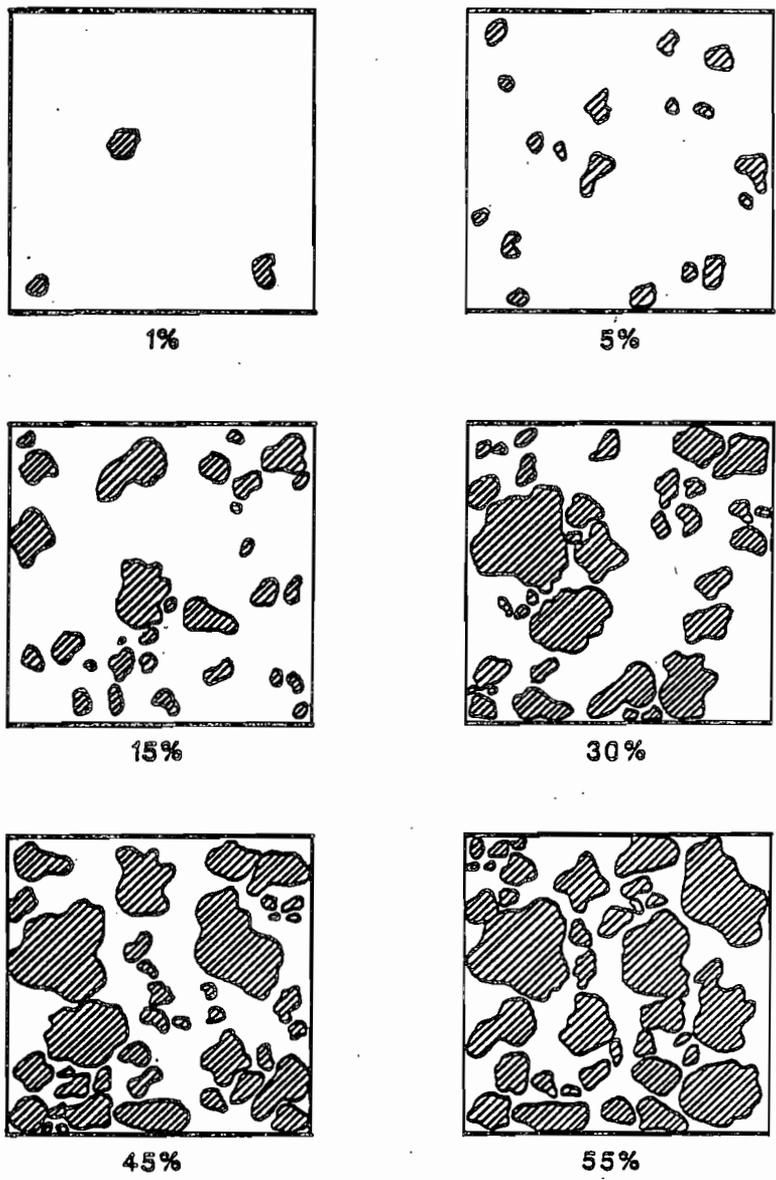


Fig.8 : Evaluation des aires relatives de deux corps naturels élémentaires.

-pour 45-55% de réducton -----> réducton oxydon
et 45-55% d'oxydon ou oxydon réducton

Puis si nous poursuivons le cheminement le long de cette échelle de quantification, les rôles vont s'inverser et le réducton représentera à son tour le pédotype principal en regard de l'oxydon qui deviendra le pédotype "accessoire". Nous écrirons alors :

-pour 55-70% de réducton -----> oxydo-réducton
-pour 70-85% de réducton -----> réducton oxydique
-pour 85-95% de réducton -----> réducton phase oxydon
-pour 95-99% de réducton -----> réducton stigme oxydon
-pour 99-100% de réducton -----> réducton psile oxydon
-pour 100% de réducton -----> réducton

La présence de plus de deux corps naturels ne modifie pas fondamentalement cette écriture mais complique cependant un peu le schéma que nous venons de présenter. Ce principe élémentaire s'applique, bien entendu, sans aucune difficulté à des situations naturelles simples, telles que la juxtaposition de deux corps naturels élémentaires. Malheureusement, l'organisation des sols ne peut se résumer à ce cas et la réalité est généralement bien différente. Dans un sol, les pédotypes, lithotypes, phytotypes ont la capacité de former très fréquemment, ainsi que nous l'avons vu, des organisations, des corps naturels élémentaires "intergrades" de degrés de complication divers. En effet un pédotype intergrade peut, par exemple, être constitué de plusieurs pédotypes simples dont le nombre est ordinairement supérieur à 2 ou même 3. De plus, ces ensembles intergrades complexes peuvent être rassemblés dans un même horizon, juxtaposés à des corps naturels élémentaires simples ou composés, etc... Les possibilités les plus diverses peuvent se rencontrer. On s'aperçoit alors que l'expression sous forme littéraire devient malaisée à manipuler et qu'il est le plus souvent très difficile sinon impossible d'exprimer clairement ces situations quelque peu complexes. Elles nécessitent le recours à plusieurs niveaux emboîtés de quantification. Cette forme d'expression limite également les possibilités de traitement ultérieur de l'information.

En effet, il faut décrire non seulement les corps naturels élémentaires et leurs quantités, mais aussi leurs relations, puis avoir la possibilité d'utiliser l'information ainsi recueillie, le tout en s'appuyant sur les méthodes et les moyens de l'informatique. C'est pourquoi l'ex-

pression préconisée il y a quelques années (Beaudou- 1977) doit être modifiée et complétée, afin de répondre aux nouveaux problèmes posés. Tout en gardant la même échelle de quantification, nous associerons à chaque classe un chiffre correspondant à un niveau de quantification. Ce chiffre sera directement accolé au nom du corps élémentaire identifié. L'exemple précédent se présentera ainsi :

- 0 - 1%	:6
- 1 - 5%	:5
- 5 - 15%	:4
- 15 - 30%	:3
- 30 - 45%	:2
- 45% et plus	:1

Pour simplifier, nous admettons que le niveau 1 est le plus souvent égal ou supérieur à 50%. Quelques exceptions existent. Nous les présenterons dans un paragraphe ultérieur.

Dans l'association oxydon-réducton, si nous considérons que l'oxydon représente le pédotype dominant, nous pouvons décrire les associations suivantes :

- pour 0% de réducton -----> oxydon1
- pour 0-1% de réducton -----> oxydon1 réducton6
- pour 1-5% de réducton -----> oxydon1 réducton5
- pour 5-15% de réducton -----> oxydon1 réducton4
- pour 15-30% de réducton -----> oxydon1 réducton3
- pour 30-45% de réducton -----> oxydon1 réducton2
- pour 45-55% de réducton -----> oxydon1 réducton1
et 45-55% d'oxydon

Puis, lorsque le réducton devient prépondérant, l'écriture s'inverse et nous traduirons ainsi les diverses catégories :

- pour 55-70% de réduction -----> réduction1 oxydon2
- pour 70-85% de réduction -----> réduction1 oxydon3
- pour 85-95% de réduction -----> réduction1 oxydon4
- pour 95-99% de réduction -----> réduction1 oxydon5
- pour 99-100% de réduction -----> réduction1 oxydon6

La valeur réelle du niveau 1 s'obtient par différence.

Ce mode d'expression de la quantification peut se faire à plusieurs niveaux et offre la possibilité de mettre en évidence la présence de structures emboîtées comme nous les avons déjà présentées. C'est dans de telles situations que l'existence de règles d'écriture définies prennent toute leur importance.

B- Les règles d'écriture

Nous venons de voir très rapidement de quelle manière nous pouvions quantifier les pédotypes les uns par rapport aux autres. Pour transcrire maintenant les relations existant entre eux, nous utiliserons quelques symboles extrêmement simples afin de compléter l'"expression descriptive" des organisations observées. C'est donc la combinaison de tous ces concepts qui permet de donner l'image la plus fidèle possible de la réalité et les règles d'écriture reflètent en quelque sorte l'organisation, l'architecture des systèmes présents à cette échelle. Pour expliciter ces principes, nous présenterons quelques exemples de complexité différente.

1- LA JUXTAPOSITION DE CORPS NATURELS ELEMENTAIRES

Afin d'illustrer cette situation, reprenons l'exemple précédent dans lequel oxydon et réduction sont présents côte à côte dans le sol, ce que nous pouvons écrire ainsi :

oxydon/réduction

ou de façon plus générale :

X/Y

Dans cette expression le symbole "/" matérialise la juxtaposition. Si nous ajoutons une quantification, l'expression devient :

oxydon1/réduction3

si nous admettons la présence de 15 à 30% de réducton, la quantité d'oxydon sera comprise entre 70 et 85%.

2- L'INTERGRADATION DE CORPS NATURELS ELEMENTAIRES

A l'échelle d'observation du terrain, il semble peu probable de pouvoir identifier plus de trois corps naturels au sein d'un même ensemble complexe intergrade. Toutefois quel que soit le nombre de corps naturels élémentaires simples identifiables, nous traduirons la présence d'une structure intergrade ainsi :

(XY) ou (XYZ)

"X", "Y", "Z" étant des corps naturels élémentaires simples reconnus. Les parenthèses () traduisent l'"unicité" de cet ensemble complexe. De ce fait, nous pouvons alors exprimer deux niveaux de quantification, le premier à l'intérieur des parenthèses, le second à l'extérieur. Ce dernier niveau équivaut à celui de l'exemple précédent. Pour illustrer ceci, imaginons l'existence d'un pédotype intergrade humite - structichron - leuciton dans lequel l'humite est très largement dominant (plus de 55%). Puis viennent successivement par importance décroissante le structichron (15 à 30%) et le leuciton (1 à 5%). Nous écrivons alors :

(humite1 structichron3 leuciton5)

Les chiffres seront placés en indice.

Si cet ensemble intergrade représente lui-même l'élément prépondérant (plus de 45%) d'une juxtaposition, l'expression devient :

(humite1 structichron3 leuciton5)1 / Ax

"A" étant un autre corps naturel élémentaire simple ou intergrade quantifié par "x".

L'utilisation des parenthèses pour isoler un ensemble, un groupe, un pédotype, etc... ou toute autre expression complexe de l'organisation du milieu physique permet d'utiliser cet ensemble comme qualificatif de l'ensemble qui lui fait immédiatement suite. Les parenthèses peuvent porter ou non l'indication d'un niveau de quantification. Nous l'exprimerons ainsi :

(X1 Y3). Ax ou bien (X Y). Ax

Il faut remarquer que l'ensemble qualificateur ne se situe pas au même niveau d'information et de quantification que l'ensemble qu'il qualifie. Le point placé entre les deux ensembles matérialise cette différence. La formule (X1Y2). Ax qui peut se traduire par exemple par (Pétro Duri2). Stéril décrit un pédotype stérile complexe fortement induré (pétro duri). L'intensité de ce durcissement est variable; le pôle le plus dur (pétro) est dominant. Il existe ainsi une information et une quantification parti-

culière qui ne concernent que le durcissement du stérîte. La quantification du stérîte lui-même est exprimée à un autre niveau.

Pour ne pas déroger à la règle précédente, il est admis que l'expression située entre parenthèses est un ensemble complexe intergrade ou doit être interprété comme tel.

Grâce à cette combinatoire régie par quelques lois très simples, il est déjà possible de décrire des situations très complexes. Cependant nous pouvons envisager d'autres possibilités, qui bien souvent se présentent à la suite d'un tri de l'information et qui permettent de faire apparaître d'autres types de relations. S'il est normalement admis qu'un corps naturel élémentaire intergrade rassemble des corps naturels de "même nature" ou de natures voisines, ou bien des corps naturels traduisant le résultat de l'application d'un même processus mais avec une intensité différente (dureté croissante par exemple, etc), il peut également être intéressant de mettre en évidence des relations parfois étroites entre des corps naturels élémentaires ordinairement juxtaposés. Ou à l'inverse, il peut être nécessaire de séparer en plusieurs sous-ensembles les éléments d'un même ensemble, afin de les distinguer par un autre critère et d'avoir les moyens de faire apparaître de nouvelles relations. Ceci est relativement fréquent dans le cas du lapidon. Nous pouvons par exemple distinguer des éléments de natures différentes (régolique, oxydique ferrugineuse, ...) en liaison avec des pédotypes bien distincts : le lapidon régolique avec l'altérite et le topolite, le lapidon oxydique ferrugineux avec un stérîte, ... De telles situations, qui résultent d'un traitement de l'information, se transcriront de la manière suivante :

$$(X / Y) / (U / (V W)) / (A B) / (L)$$

Il faut également établir une quantification de ces nouveaux ensembles les uns par rapport aux autres. Elle s'obtiendra par simple sommation des différentes valeurs attachées à chaque composante des nouveaux ensembles comme par exemple :

$$(X1/Y3)1 / (U3/(V W)4) \quad (1)$$

En appliquant les règles de calcul qui seront exposées dans le paragraphe suivant, nous obtenons dans le premier ensemble les pourcentages attachés aux niveaux 1 et 3 qui sont respectivement de 45% et de 22,6% et ceux des autres composantes du second ensemble qui ont pour valeur 22,6% et 9,8%.

L'expression (1) devient alors :

$$(X/Y) 67,6\% / (U/(V W)) 32,4\%$$

Soit en définitive

$$(X/Y)_1 / (U/(V W))_2$$

De la même manière que nous avons des quantifications à plusieurs niveaux, nous sommes ici en présence de relations à plusieurs niveaux. Ce qui se matérialise par la présence de parenthèses "()".

Toujours dans le but de décrire des situations un peu plus complexes et de saisir des informations traduisant une certaine continuité entre diverses expressions d'une organisation naturelle, nous proposons de la visualiser au niveau de la quantification en reliant les valeurs extrêmes par une flèche. Lorsqu'il n'est pas possible d'exprimer la quantification, la flèche placée directement à la suite du nom matérialise cette continuité. Nous pouvons écrire :

$$(X_1 \text{---} \rightarrow 6 / Y_6 \text{---} \rightarrow 1)_1 / A_x$$

ou

$$(X \text{---} \rightarrow Y)_2 / A_x$$

ou

$$(X \text{---} \rightarrow Y)_2 \text{---} \rightarrow 4 / A_x \text{---} \rightarrow y$$

ou

$$X_1 \text{---} \rightarrow 4 / Y_3 \text{---} \rightarrow 1$$

Les combinaisons rencontrées sont multiples, mais cette représentation est plus particulièrement utilisée pour faire apparaître des variations de dureté et/ou de continuité comme celles que nous pouvons observer au niveau des lapidons et stérites par exemple. Si des situations plus complexes se présentent, il est toujours possible de les transcrire en combinant les différentes formules d'écriture.

Il est nécessaire de faire une remarque concernant ce symbole " $\text{---} \rightarrow$ " qui indique en fait un sens de variation d'un état vers un autre, d'un niveau de quantification vers un autre, etc... Lorsqu'il n'est pas possible de trancher en faveur d'un sens plutôt que d'un autre, nous proposons d'utiliser le symbole " $\text{---} \leftarrow$ ". Ceci se rencontre fréquemment au niveau des stérites dans lesquels il est souvent difficile, de prime abord, d'affirmer qu'il y a induration croissante ou désagrégation de plus en plus marquée.

Toutes ces règles représentent les premiers pas vers une formulation à la fois plus rigoureuse et structurée, mais également plus imagée, des organisations caractéristiques du milieu physique.

Pour illustrer ceci, nous allons présenter quelques exemples d'utilisation de ces règles d'écriture s'appuyant sur des situations rencontrées dans le sud de la Nouvelle Calédonie. Les sols que nous avons observés se caractérisent essentiellement par d'importantes accumulations d'oxydes et d'hydroxydes de fer sous formes continues (stérites), discontinues (lapidons), de dureté variable (pauci à pétro) et même sous forme meuble (oxydon). Les relations entre les diverses expressions morphologiques de ces accumulations sont en général étroites. Tout cela est particulièrement bien exprimé dans les coupes CAL 2 et CAL3 situées au sud du territoire néo-calédonien à proximité du "Grand Lac". Il s'agit de sols ferrallitiques oxydiques ferroxiques dérivant de roches ultrabasiqes ou de matériaux d'apport issus de ces roches.

La coupe CAL3

0-12cm :lapidon1/(oxydon1humite3)6/(rhizagélrhizophyse2)2

12-35cm:lapidon1/(oxydon1humite3)6/(rhizagélrhizophyse2)4

35-47cm:lapidon1/oxydon6/(rhizagélrhizophyse1)6

47-56cm:(lapidon<-->oxydon<-->stérite)1/oxydon3

Cette écriture fait ainsi apparaître le passage d'une structure discontinue (lapidon) à une structure continue (stérite), en relation avec la présence d'un pédotype meuble (oxydon). Dans de tels exemples, il est pratiquement impossible de quantifier chaque pédotype participant à cet ensemble complexe. En effet, quantifier implique une situation figée étant donné la nature très contrastée de chacun des pédotypes. Nous ne sommes pas en présence d'un changement de nature, mais d'un changement d'état. Si nous souhaitons quantifier, nous matérialiserons alors un état bien précis sans pouvoir faire apparaître cette évolution remarquée à l'intérieur du sol.

Nous pouvons également décrire cet ensemble de façon plus précise :

((pauci<-->duri).(Lapidon<-->Oxydon<-->Stérite))1/(Oxydon3)

Dans cette expression nous mettons en évidence l'évolution du degré de dureté de ce pédotype intergrade complexe en indiquant les deux extrêmes pauci et duri.

56-93cm:(pétrostérite1/(pauci<-->duri).(lapidon<-->oxydon<-->stérite)3/oxydon2-->4)1/(lapidon1/oxydon5)4

A ce niveau du sol, nous sommes en présence d'une organisation relativement complexe. Comment dans ces conditions lire une telle formule structurale ? Il existe plusieurs ensembles emboîtés délimités par des parenthèses.

Le premier ensemble "(pétrostérite1/(pauci<-->duri).(lapidon<-->oxydon<-->stérite)3)1" est une juxtaposition signalée par le symbole "/" d'un pédotype pétrostérite dominant -niveau de quantification 1- par rapport à un pédotype complexe intergrade lapidon oxydon stérite de dureté variable -pauci<-->duri- au niveau de quantification 3. Cet ensemble très complexe est lui-même au niveau de quantification 1 par rapport à un oxydon d'importance décroissante -2-->4- auquel il est juxtaposé. Tout cet ensemble formé de deux juxtapositions successives est très largement dominant (niveau de quantification 1) par rapport à un autre ensemble (niveau de quantification 4) formé de la juxtaposition d'un lapidon au niveau de quantification 1 et d'un oxydon au niveau de quantification 5.

En ne représentant que les symboles de relation et les niveaux de quantification, nous avons la formule suivante qui fait apparaître l'emboîtement des structures.

$$((1/()3)/2-->4)1/(1/5)4$$

Le sol se complète par deux horizons :

93-112cm:pétrostérite1

112-130cm:fragistérite1/oxydon4

Un tel exemple montre assez clairement qu'il est tout à fait possible de décrire les situations les plus diverses et de complexité extrêmement variable. La stricte application des règles d'écriture permet de mettre en évidence et de situer avec précision tous les niveaux d'organisation les uns par rapport aux autres et ainsi de les comparer, de suivre leur évolution, d'observer les transformations à l'intérieur du sol, etc...

III- L'INTERET DE CETTE METHODE DE DESCRIPTION: COMMUNICATION ET TRAITEMENT DES DONNEES (La représentation des sols par celle des variations quantitatives des corps naturels élémentaires :LE PROFIL STRUCTURAL)

L'exemple de description que nous venons de présenter s'appuie sur un découpage horizontal ou subhorizontal du volume-sol étudié. Il suppose au préalable un pré-traitement des données qui se fait un peu intuitivement, "sans y penser". Il est donc très empirique mais correspond toutefois à une certaine organisation du milieu considéré. Nous avons également la possibilité d'envisager une autre démarche dans la description d'un sol, celle qui consiste à décrire verticalement chaque pédotype ou corps naturel élémentaire, simple ou complexe, présent dans le sol. C'est en fait reproduire, sur un graphe orthonormé, les variations de la quantité de ce corps naturel élémentaire en fonction de la

profondeur. Les courbes ainsi obtenues permettent de visualiser l'évolution structurale des sols (fig .9). Cette nouvelle appréhension du sol débouche sur un nouveau concept fondamental, celui de **profil structural**. L'extension latérale de ces variations peut se matérialiser ensuite par une "carte".

La figure 9 représente les variations verticales des quantités de plusieurs pédotypes en fonction de la profondeur. Des calculs très simples permettent d'évaluer les variations de l'un d'entre eux par rapport à l'ensemble du volume, ou à un autre pédotype, ou à un ensemble de pédotypes, etc... Toutes les formes de comparaison sont permises. Toutefois, les niveaux de quantification que nous avons définis précédemment correspondant à des classes limitées par des valeurs extrêmes, il devient nécessaire, pour effectuer des calculs, de fixer une valeur unique, moyenne entre les deux limites de la classe de quantification. Il y a cependant une exception pour la classe 6 (0-1%) qui sera identifiée par la valeur 1%. Nous aurons ainsi :

- niveau 6 : 1%
- niveau 5 : 3%
- niveau 4 : 10%
- niveau 3 : 23% (22,5% arrondi à cette valeur)
- niveau 2 : 38% (37,5% arrondi à cette valeur)
- niveau 1 : 45% et plus

Une dernière remarque concerne le niveau 1 dont la valeur est en général d'au moins de 45% et s'obtient toujours par différence. Cependant, la méthode de calcul à appliquer varie quelque peu en fonction de la complexité des ensembles naturels décrits sur le terrain.

- D'une façon générale lorsque coexistent dans un même volume au moins trois corps naturels élémentaires, chacun en quantité inférieure à 45% (niveau de quantification supérieur à 1), il sera préférable, dans le cadre d'un traitement de l'information, de pondérer les valeurs moyennes des classes afin de rester dans la limite des 100% .

Par exemple, dans un volume caractérisé par la juxtaposition X2/Y3/Z3/U3/I4 dans laquelle X,Y,Z,U,I représentent les corps naturels et 2,3,4 les niveaux de quantification. En appliquant l'échelle des valeurs moyennes on obtient les chiffres suivants :

X2 = 38% (classe 2)
Y3 = 23% (classe 3)
Z3 = 23% (classe 3)
U3 = 23% (classe 3)
I4 = 10% (classe 4)

LAPIDON	LAPIDON OXYDON STÉRILE	OXYDON (1) Oxyde humide	PÉTROSTÉRITE	FRAGISTÉRITE	OXYDON (2)	Horizons
0	0	100	0	0	0	H1
0	0	100	0	0	0	H2
0	0	100	0	0	0	H3
0	77	100	0	0	23	H4
0	52-53	100	37-68	0	9-34	H5
0	0	0	100	0	0	H6
0	0	0	0	100	0	H7

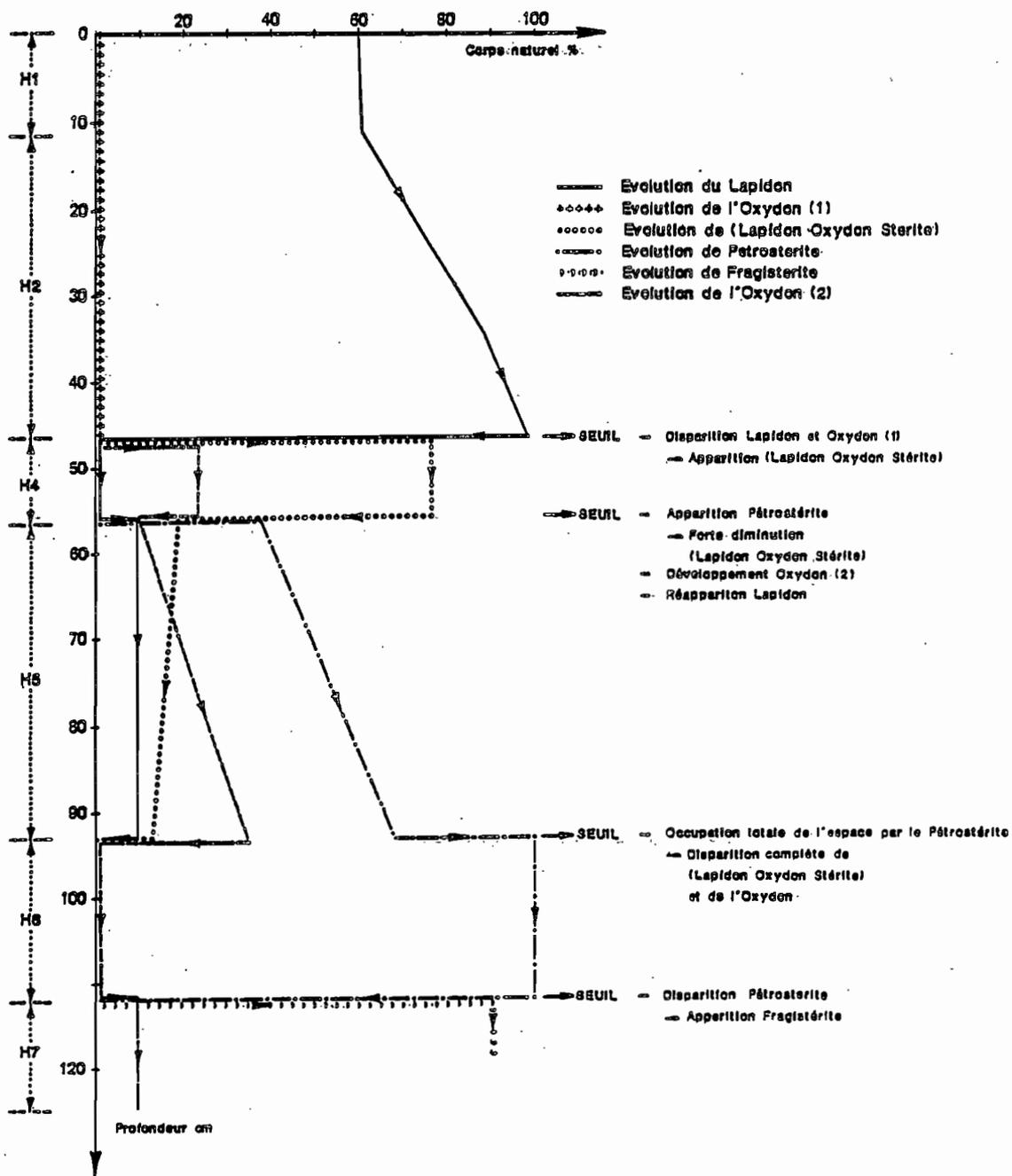


Fig.9 : Le "PROFIL STRUCTURAL", horizons et seuils - suivi vertical relatif de pédotypes (LAC 6).

Soit au total 117%. Si nous voulons poursuivre les opérations de traitement des informations nous devons impérativement pondérer ces valeurs en les multipliant par un coefficient de pondération.

$$P = \frac{100}{\text{Somme des valeurs moyennes}}$$

Nous obtenons alors :

$$Y2 = 32,6\%$$

$$Y3 = 19,6\%$$

$$Z3 = 19,6\%$$

$$U3 = 19,6\%$$

$$I4 = 8,6\%$$

-Lorsque dans un même volume sont présents au moins trois corps naturels dont un est au niveau de quantification 1 (pourcentage supérieur à 45%) deux modes de calcul doivent être envisagés :

. La somme des quantités des corps naturels de niveau de quantification différent de 1 est supérieure à 55% en utilisant l'échelle des valeurs moyennes.

Dans ce cas le corps naturel au niveau de quantification 1 aura toujours pour valeur 45%. La quantification des autres corps naturels s'obtiendra en multipliant les valeurs moyennes par un nouveau coefficient de pondération P'.

$$P' = \frac{100 - 45}{\text{Somme des moyennes des corps naturels de niveau de quantification différent de 1}}$$

EXEMPLE : Considérons la juxtaposition X1/Y3/Z4/U5/V6/W4/M4, la somme des valeurs moyennes des corps naturels de niveau de quantification différent de 1 est de 57% (23+10+3+1+10+10). La valeur de X1 sera donc impérativement de 45% et Y3, Z4, U5, V6, W4 et M4 doivent être multipliés par le coefficient P' = 0,965 (55/57). Nous obtenons alors les valeurs suivantes :

$$X1 = 45\%$$

$$Y3 = 22,2\%$$

$$Z4 = 9,65\%$$

$$U5 = 2,9\%$$

$$V6 = 0,95\%$$

$$W4 = 9,65\%$$

$$M4 = 9,65\%$$

. La somme des quantités des corps naturels de niveau de quantification différent de 1 est inférieure à 55% en utilisant l'échelle des valeurs moyennes. Nous sommes

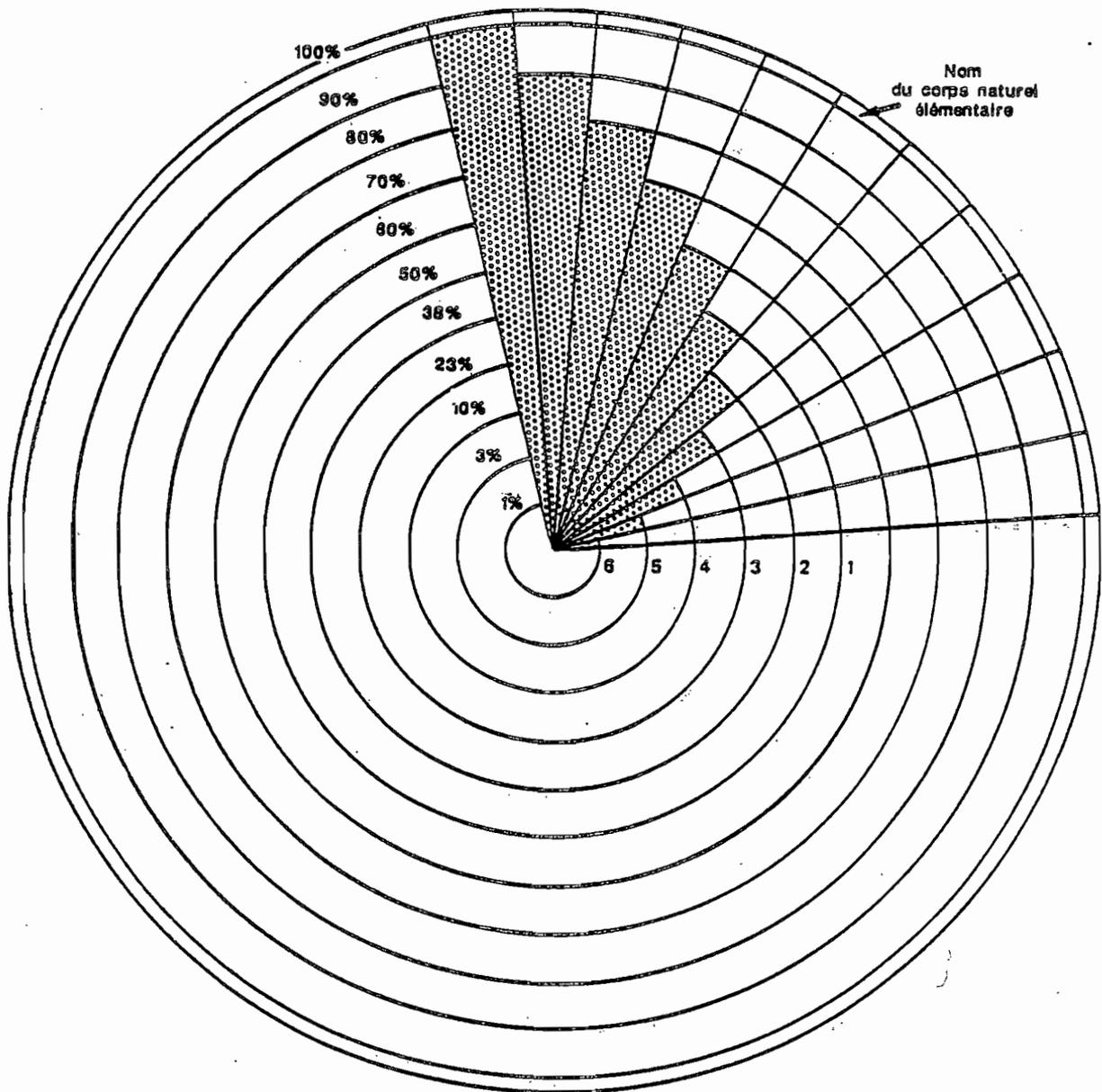


Fig.10 : Cible de saisie quantifiée des corps naturels élémentaires.

alors ramenés au cas le plus simple et la valeur du niveau de quantification 1 est obtenu par simple différence. Par exemple dans la juxtaposition X1/Y3/Z4/U5/V6/W4,

Y3 = 23%
Z4 = 10%
U5 = 3%
V6 = 1%
W4 = 10%
et
X1 = 100 - (Y3+Z4+U5+V6+W4) = 53%

Ainsi, dans la coupe CAL 3, nous obtenons pour le lapidon, de la surface vers la profondeur, la série de valeurs suivante: 61%, 89%, 98%, 0% (au niveau du pédotype intergrade lapidon oxydon stérile. Toutefois, ce passage de 98 à 0% se fait progressivement entre 47 et 56cm de profondeur). Après 56cm apparaît de nouveau un lapidon, de nature identique à celui qui participe au pédotype intergrade précédent, mais nettement juxtaposé à cet ensemble. Ce lapidon est en faible quantité (9%). Il disparaît brutalement à 93cm. En revanche, l'ensemble intergrade, qui se différencie entre 47 et 56cm, occupe la majeure partie du volume sol jusqu'à 93cm, profondeur à laquelle il est relayé par un autre stérile. Cette représentation graphique verticale permet également de mettre clairement en évidence les seuils existant entre les ensembles structuraux du sol (fig.9).

Nous pouvons ainsi utiliser des "informations morphologiques" de la même manière que nous utilisons les valeurs concernant des paramètres habituellement mesurables tels que pH, teneurs en cations, en anions, etc... Ces données de morphologie possèdent cependant une "dimension, une capacité de synthèse supérieure", celle représentée par l'acquis scientifique qui leur est attaché concernant à la fois la genèse et le fonctionnement des structures qu'elles identifient.

D'autres façons de saisir et de représenter l'information peuvent être imaginées. Celles par exemple qui combinent à la fois une organisation horizontale et un suivi vertical des corps naturels élémentaires. La figure 11 en est un exemple. Les corps naturels élémentaires sont placés sur un diagramme circulaire qui schématise l'horizon (Fig.10). Les niveaux de quantification sont visualisés par des cercles concentriques. Chaque corps naturel élémentaire occupe un secteur du cercle dont la dimension varie avec son pourcentage dans cet horizon. Une figure cylindrique peut ensuite donner une image schématique de l'ensemble du sol basée sur les variations relatives des teneurs des divers corps naturels élémentaires qui le composent (Fig.11). Chaque "cible" peut être construite en fonction des faits, des événements que l'on souhaite étudier, dans la mesure où ils

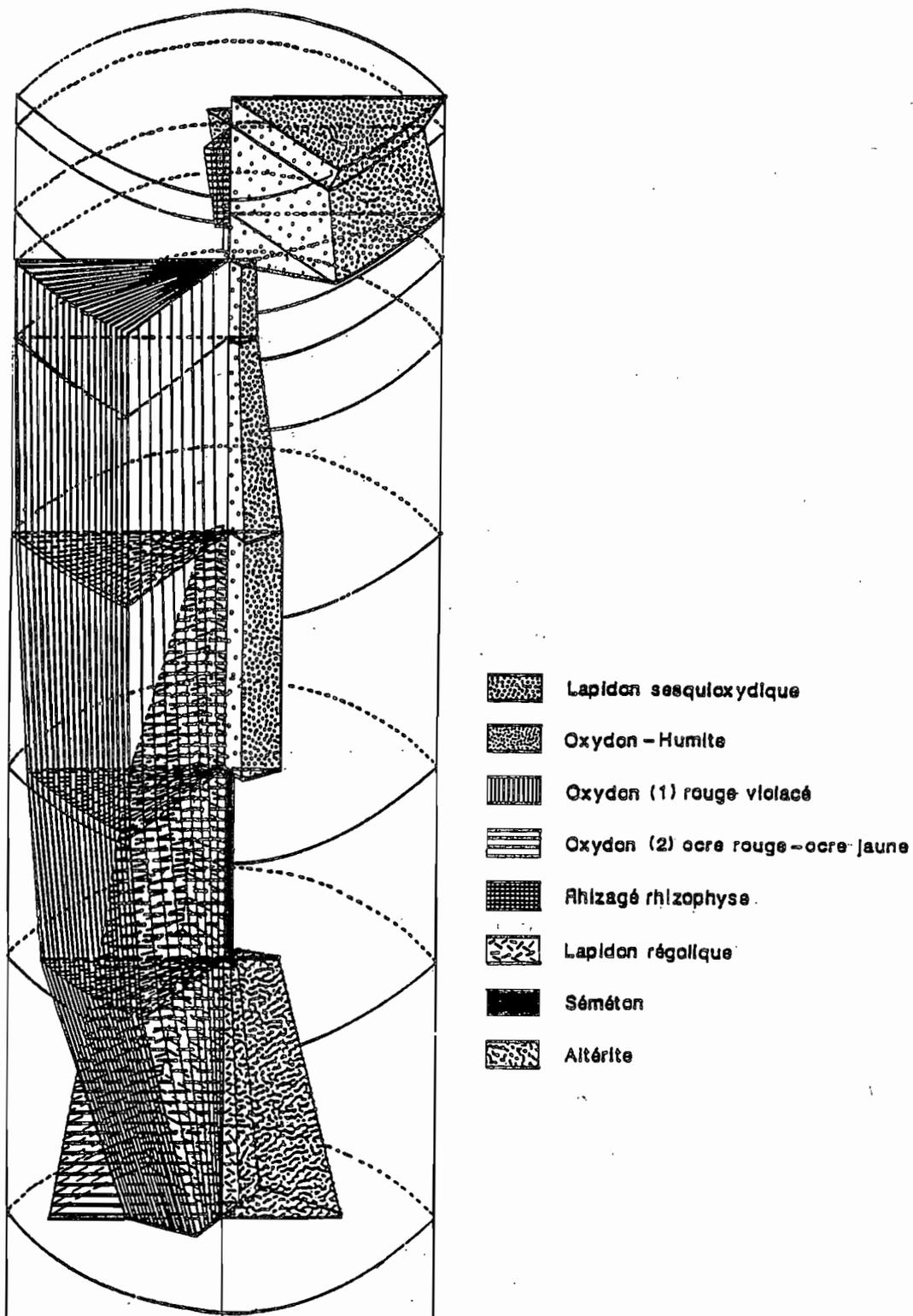


Fig.11 : Essai de représentation en trois dimensions de la distribution verticale des pédotypes (coupe LAC 2).

peuvent être collectés et quantifiés selon les principes précédents. Dans un sol, cela peut concerner l'ensemble des pédotypes ou bien certains d'entre eux, la "structure" des pédotypes meubles, les critères de durcissement des stériles et lapidons, leur nature, la dimension des éléments constitutifs d'un lapidon, etc... sans négliger la possibilité de superposer à ces schémas morphologiques les schémas analytiques recueillis par ailleurs.

IV- UN PREMIER EXEMPLE DE TRAITEMENT DES DONNEES: (les notions d'apexol et d'infrasol).

Nous venons de présenter les diverses particularités du langage qui permettent une description structurée et quantifiée des sols et de certaines autres composantes du milieu physique. Le rôle que peuvent jouer de telles propriétés attachées à ce mode d'analyse sera exposé avec plus de détails dans le chapitre suivant à l'aide d'exemples réels s'appuyant sur des études de séquences de sols et sur des travaux de cartographie effectués dans le cadre de programmes de développement et de mise en valeur régionale.

Toutefois, avant d'aborder cette partie, il semble intéressant, pour conclure ce chapitre concernant la méthodologie, de présenter un premier exemple d'utilisation, de "traitement" des données pédologiques. Cela nous conduit à mettre en évidence, par condensation de l'information, un nouveau niveau d'organisation des sols, matérialisé par les concepts d'APEXOL et d'INFRASOL.

Ces termes ont été utilisés par Chatelin et Martin (1972) qui les définissent comme "des entités permettant d'exprimer les perspectives, partielles et complètes, suivant lesquelles s'étudient les sols ferrallitiques et s'appliquant à une partie du sol dont on réaffirme l'unité dans un développement poursuivi jusqu'à la roche". Toujours selon ces auteurs, l'identification de l'apexol et de l'infrasol doit constituer une opération de l'analyse morphologique qui équivaut à la reconnaissance de deux grandes unités anatomiques naturelles dans un corps organisé représenté par le sol. D'utilisation limitée aux sols ferrallitiques, ces notions d'apexol et d'infrasol peuvent être généralisées et s'appliquer à la totalité du domaine pédologique dans la mesure où elles représentent un ensemble dont le niveau est supérieur à celui des ensembles qui les constituent et traduisent bien une approche structuraliste de l'étude des sols.

Après le regroupement des corps naturels élémentaires de nature pédologique -les pédotypes- en ensembles structuraux superposés et organisés, en de "nouvelles structures approximativement horizontales ou parallèles à la surface du sol -les horizons-, il apparaît bien souvent nécessaire de parcourir une nouvelle étape et de poursuivre cette démarche d'organisation de l'information. C'est ainsi

que nous avons la possibilité de caractériser des ensembles plus vastes, mais de structure générale semblable à celle des horizons. Il s'agit en fait de l'association de plusieurs horizons successifs. Ce rassemblement des horizons en de plus vastes organisations fait ressortir plus particulièrement la partie supérieure du sol, lieu privilégié de l'activité biologique et racinaire -c'est l'apexol- et, lui faisant immédiatement suite, la partie inférieure du sol dans laquelle les horizons et les pédotypes présents sont plus particulièrement représentatifs des phénomènes géochimiques responsables de la genèse et de l'évolution profonde des sols -c'est l'infrasol-. En d'autres termes plus proches des problèmes d'utilisation des sols, l'infrasol rassemble surtout des pédotypes et des horizons peu faciles à valoriser.

Ces deux nouveaux concepts répondent essentiellement à des questions concernant le développement, la mise en valeur et l'utilisation des sols. C'est pourquoi il semble indispensable d'associer à ces ensembles structuraux la notion d'épaisseur. La combinaison de deux données de natures différentes, structurale pour l'une (horizons, pédotypes), chiffrée pour l'autre (épaisseur des horizons), regroupées dans ces nouveaux ensembles -apexols et infrasols- permet de satisfaire rapidement quelques demandes au sujet de la profondeur utile des sols, du type de culture à promouvoir, des techniques à utiliser, ... C'est déjà un exemple d'une forme de valorisation de l'information de terrain.

A- L'apexol

(du latin Apex: sommet)

C'est la partie superficielle du sol. Elle se caractérise par la présence exclusive ou très largement prépondérante de certains pédotypes meubles. Il s'agit principalement des pédotypes humites, structichrons, ou des pédotypes intergrades qu'ils peuvent constituer, mais aussi des pédotypes oxydon, vertichron, leuciton, écluton, bioféron, dermilite, téphralite, du lithotype entaféron (lutique et/ou arénique) qui sont, seuls ou en association, les composants dominants des horizons supérieurs des sols. Il faut évidemment leur adjoindre les divers phytotypes du sol (rhizagé, rhizophyse, cryptagé) et les intergrades phytotypes-pédotypes (nécrophytion et nécrumite).

Nous avons retenu, dans un premier temps, quatre types principaux d'apexols qui correspondent à un classement s'appuyant sur la nature des pédotypes et sur leur distribution relative. Dans un deuxième temps, nous distinguerons dans chaque type d'apexol plusieurs variantes qui se différencient les unes des autres par leur épaisseur.

1- L'ANAPEXOL

Ce terme désigne l'absence d'apexol. L'infrasol affleure. Le manque d'apexol peut avoir plusieurs origines parmi lesquelles sont le plus souvent citées une absence de transformation et d'évolution des roches affleurantes et/ou une intense activité érosive. Les anapexols sont par exemple fréquents dans les régions climatiquement exceptionnelles (très sèches ou très froides, etc...), et/ou au relief accentué (zones montagneuses, etc...). Les premiers pédotypes, lithotypes observés seront assez souvent l'entaferon rudique, le topolite, les stérites et lapidons oxydiques, l'altérite, etc...

2- L'HUMOAPEXOL

La partie supérieure du sol se caractérise par un horizon ou une succession d'horizons presque exclusivement constitués de pédotypes du type humite ou de pédotypes intergrades à très forte composante humique (niveau de quantification 1 correspondant à des pourcentages supérieurs ou égaux à 45%). Une remarque particulière doit cependant être faite en ce qui concerne certains phytotypes ou intergrades phytotypes-pédotypes. En effet, le rhizagé et le rhizophyse, le nécrophyton et le nécrumite peuvent, seuls ou associés, constituer des horizons correspondant à ce que nous qualifions habituellement de "mat racinaire" et de "litière". Ces corps naturels élémentaires doivent être naturellement inclus dans le concept d'humoaexol.

D'autre part, en juxtaposition et toujours en faibles quantités (niveau de quantification toujours supérieur ou égal à 2), on note fréquemment la présence dans l'humoaexol d'autres corps naturels élémentaires, simples ou intergrades, plus habituels de l'infrasol. Comme nous le verrons dans les paragraphes suivants, ils ne deviennent caractéristiques de l'infrasol que lorsqu'ils atteignent le niveau de quantification 1.

Les pédotypes de l'humoaexol reposent directement sur des niveaux qui rassemblent les pédotypes significatifs de l'infrasol. D'une manière générale, nous pouvons proposer la formule structurale suivante :

$(X1/A > 2)\mu$

INFRASOL

Dans cette formule:

X = pédotypes humites (avec les variantes mélanumite et arumite); phytotypes rhizagé, rhizophyse; intergrades phytotypes-pédotypes et tous les intergrades que ces corps naturels élémentaires peuvent former. Le niveau de quantification est toujours 1. Il est possible d'observer, juxtaposé à X1, X>2 comme par exemple nécrumite1/mélanumite2.

A = autres corps naturels élémentaires (pédotypes, phytotypes, lithotypes et tous les intergrades qu'ils peuvent former) à l'exception de X. Leur présence n'est pas systématique.

μ = coefficient égal au moins à 1 qui indique le nombre d'horizons mis en évidence par un traitement préalable de l'information.

/ = indique la relation de juxtaposition pouvant exister entre X et A.

Pour illustrer ceci, nous donnerons quelques exemples d'humopexols :

1- humite1 humite1/lapide5
----- ou -----
INFRASOL INFRASOL

2- (rhizagé1 rhizophyse1)1 (rhizophyse1 rhizagé1)1/mélanumite2
----- ou -----
INFRASOL INFRASOL

3- (humite1 structichron4)1 (humite1 structichron5)1/altérite4
----- ou -----
INFRASOL INFRASOL

4- (rhizagé1 rhizophyse1)1 (rhizagé1 rhizophyse2)1

(humite1 nécrumite3)1 (humite1 nécrumite3)1/lapide5

humite1 humite1/réducton3/lapide4
----- ou -----
INFRASOL INFRASOL

A l'intérieur de cet ensemble humopexol, nous proposons de distinguer, en fonction de l'épaisseur totale des horizons, plusieurs types :

- Lepto-humoapexols (ou humoapexols leptiques)
épaisseur : inférieure à 30cm
- Brachy-humoapexols (ou humoapexols brachiques)
épaisseur : 30 à 80cm
- Pachy-humoapexols (ou humoapexols pachiques)
épaisseur : supérieure à 80cm

3- L'ORTHOAPEXOL

Ces apexols se caractérisent par la succession d'horizons suivante :

- des horizons presque uniquement formés de pédotypes humiques ou de pédotypes intergrades à très large prédominance humique (de niveau de quantification 1 soit une quantité supérieure ou égale à 45%) et/ou des intergrades pédotypes-phytotypes et de certains phytotypes. Ce sont les horizons présents dans les humoapexols que nous avons définis précédemment.

- des horizons définis par la présence de pédotypes "meubles" non humiques ou de pédotypes intergrades meubles, dans lesquels la composante humique est nettement moins marquée (niveau de quantification supérieur ou égal à 2 correspondant à des quantités inférieures à 45%). Il s'agit essentiellement des pédotypes structichron, oxydon, vertichron, leuciton et des pédotypes intergrades qu'ils peuvent constituer entre eux. L'entaféron lutique et/ou arénique est un lithotype fréquemment associé à ce groupe.

Pour compléter cette définition et mieux l'adapter à la réalité, il faut ajouter que d'autres corps naturels élémentaires -simples ou intergrades- peuvent être présents dans ces horizons. Ils seront en faible quantité (niveau de quantification supérieur ou égal à 2) par rapport aux corps naturels déjà cités, caractéristiques des horizons de l'apexol. Leurs relations avec ceux-ci seront du type juxtaposition.

Comme pour les humoapexols, nous pouvons proposer une formule structurale générale :

$$\frac{(X1/A>2)\mu}{(Z1/X>2/Y>2)\mu}$$

INFRASOL

dans laquelle :

X = pédotypes humites (incluant les variantes mélanumite et arumite); phytotypes rhizagé, rhizophyse; intergrades pédotypes-phytotypes nécrumite, nécrophytion et tous les intergrades que ces corps naturels élémentaires peuvent former. Le niveau de quantification est 1. Cependant à X1 peut être juxtaposé X>2 tel que humitel/(nécrumitel mélanumite2)3.

Y = autres corps naturels élémentaires (pédotypes, phytotypes, lithotypes) à l'exception de ceux représentés par Z. Leur présence est aléatoire.

Z = pédotypes "meubles": structichron, oxydon, leuciton, vertichron; lithotypé entaféron arénique et/ou lutique; et tous les intergrades qu'ils peuvent former. Le niveau de quantification est 1. Toutefois, à Z1 peut être juxtaposé Z>2 (exemple structichron1/oxydon3).

A = corps naturels élémentaires à l'exception de X. En fait A = Y+Z.

μ = coefficient au moins égal à 1 qui correspond au nombre d'horizons.

/ = indique une relation de juxtaposition entre X et A ou entre X, Y, Z. Cette relation possède un caractère aléatoire.

Afin d'illustrer ceci, nous pouvons décrire plusieurs exemples d'orthoapexols de complexités différentes :

1- dermilitel/bioféron4	dermilitel/domabion5
-----	-----
humitel	humitel/lapidon5/rhizagé4
-----	-----
structichron1	structichron1/lapidon3/rhizagé6
===== ou =====	=====

INFRASOL

INFRASOL

2- dermilitel/nécrophytion/bioféron6

nécrophytion1/humitel

humitel

(humitel structichron4)1

(structichron1 leuciton3)1

structichron1

=====

INFRASOL

3- nécrophytion1/dermilitel/bioféron3/domabion5

nécrophytion1/humitel/lapidon6

humitel/bioféron5

(humitel structichron3)1/lapidon5

(structichron1 leuciton3)1/humite6/lapidon6

structichron1/lapidon4/altérite5

structichron1/altérite3
=====

INFRASOL

En se basant sur les variations d'épaisseur des orthoapexols, nous proposons de définir plusieurs catégories :

- Lepto-orthoapexols (ou orthoapexols leptiques)
épaisseur : inférieure à 30cm
- Brachy-orthoapexols (ou orthoapexols brachiques)
épaisseur : 30 à 80cm
- Pachy-orthoapexols (ou orthoapexols pachiques)
épaisseur : 80 à 120cm
- Bathy-orthoapexols (ou orthoapexols bathiques)
épaisseur : supérieure à 120cm

4- L'ANHUMOAPEXOL

Les premiers horizons identifiables à partir de la surface sont définis par la présence de pédotypes meubles, non humiques ou d'intergrades faiblement ou très faiblement humiques. Il s'agit des pédotypes structichron, oxydon, vertichron, leuciton ou du lithotype entaféron lutique et/ou arénique. Comme cela a été dit au sujet des humo- et orthoapexols, d'autres corps naturels élémentaires peuvent être juxtaposés à ces pédotypes principaux. Ils seront toujours peu abondants (niveau de quantification supérieur ou égal à 2 soit moins de 45%).

Pour schématiser, un anhumoaapexol est en fait un orthoapexol amputé de sa partie supérieure de nature humique. Sa formule structurale peut se représenter ainsi :

$$(Z1/X > 2/Y > 2) \mu$$

INFRASOL

Z, X, Y ayant les mêmes définitions que celles indiquées dans le cas des orthoapexols.

Pour étayer cette formule, voici quelques exemples d'anhumoapexols :

1- (structichron1 humite4)1	(structichron1 humite4)1/lapidon4
-----	-----
structichron1	structichron1/lapidon3/altérite4
=====	=====
ou	

INFRASOL

INFRASOL

2- écluton1

dermilitel/nécrophytion4/lapidon6

oxydon1/lapidon2

oxydon1/lapidon3/réducton5

=====

INFRASOL

3- dermilitel/ecluton5

(entaféron1 humite3)1

entaféron1 lutique

entaféron1 arénique

=====

INFRASOL

En ce qui concerne les variations d'épaisseur, nous pouvons appliquer les mêmes règles que celles utilisées pour les autres types d'apexols et mettre alors en évidence :

- Lepto-anhumoapexols (ou anhumoapexols leptiques)
épaisseur : inférieure à 30cm
- Brachy-anhumoapexols (ou anhumoapexols brachiques)
épaisseur : 30 à 80cm

- Pachy-anhumoapexols (ou anhumoapexols pachiques)
épaisseur : 80 à 120cm
- Bathy-anhumoapexols (ou anhumoapexols bathiques)
épaisseur : supérieure à 120cm

Avant de clore ce paragraphe concernant les apexols, il faut insister sur un dernier point concernant la place de quelques corps naturels élémentaires. Il s'agit surtout des **pédotypes dermilite, écluton, téphralite, domabion, bioféron**, et de l'**intergrade pédotype-phytotype nécrophytion**. Ces corps naturels élémentaires s'observent fréquemment à la surface du sol, structures de faibles ou très faibles épaisseurs mais occupant de grandes superficies. Les exemples que nous avons cités des divers types d'apexols montrent que ces ensembles structuraux peuvent exister à la surface de n'importe quel type d'apexol. Leur présence n'est donc pas déterminante dans l'identification du type d'apexol. Dans le même ordre d'idée, il arrive que la surface du sol soit recouverte par un **lapidon** sur une faible épaisseur. Dans ce cas également, la présence de ce lapidon n'interviendra pas dans la caractérisation de l'apexol.

B- L'infrasol

(du latin **Infra**: sous)

C'est la partie inférieure du sol qui fait immédiatement suite à l'apexol. En apparence elle n'est donc pas directement liée aux phénomènes biologiques, ni aux problèmes de mise en valeur et de fertilité. Toutefois, en fonction de l'épaisseur de l'apexol, nous verrons le rôle parfois fondamental que peut jouer le concept d'infrasol au titre de l'utilisation des sols dans le cadre d'un programme de développement régional.

De par sa définition, l'infrasol se composera essentiellement d'horizons caractérisés par la présence de pédotypes possédant un caractère naturel qu'il est possible de qualifier de "**contraignant**" en regard des diverses évolutions du milieu physique, que ce soit en ce qui concerne le "**bon développement**" de la végétation -naturelle ou cultivée- ou bien en ce qui concerne l'application de techniques agricoles.

C'est ainsi que les pédotypes **lapidon, stérite, réducton, séméton, hydrophyse**, les intergrades pédotypes-lithotypes **isaltérite** et dans une moindre part **allotérite**, les lithotypes **topolite** et **entaféron rudique**, représentent les corps naturels élémentaires essentiels des horizons caractéristiques de l'infrasol. Bien évidemment, leur présence n'est pas exclusive et d'autres corps naturels élémentaires seront à leurs côtés dans de nombreux horizons dits

"de contrainte".

Nous avons remarqué dans le paragraphe précédent que les corps naturels élémentaires caractéristiques de l'infrasol pouvaient également être présents dans les horizons de l'apexol, mais en quantité réduite. De ces deux observations confirmant l'existence des divers corps naturels élémentaires quels qu'ils soient, aussi bien dans l'apexol que dans l'infrasol, se dégage encore une fois toute l'importance du rôle joué par la quantification relative de ces organisations élémentaires dans l'identification des horizons et de leur appartenance à l'apexol ou à l'infrasol. Les niveaux de quantification représentent en fait des seuils, des limites qui définissent la place d'un horizon dans l'un ou dans l'autre de ces ensembles plus complexe, de la même façon qu'ils conditionnent l'identification des divers horizons. La nature et la valeur de ces seuils n'est pas strictement définie a priori. Elle peut en effet varier en fonction de divers critères en dépendance plus ou moins étroite avec les buts recherchés lors de la conduite d'un programme de développement.

Nous allons tenter d'illustrer ceci à l'aide de quelques exemples:

1- (oxydon1 humite2)1/lapidon6	!	
-----	!	
(oxydon1 humite4)1/lapidon4	!	
-----	!	
oxydon1/lapidon3	!	APEXOL
-----	!	
lapidon1/oxydon5	!	
-----	!	
(lapidon1 paucistérite3)1	!	INFRASOL
-----	!	
pétrostérite1	!	

C'est le passage du pédotype lapidon du niveau de quantification 1 au niveau 3 qui fixe la limite de l'infrasol. Plus profondément, le "caractère de contrainte" s'accroît par le passage d'un pédotype lapidon à un pédotype stérite, qui devient lui-même de plus en plus dur (pauci à pétrostérite).

2-	éclutoni humique	

	humitel/lapidon6	

	(humitel structichron2)1/lapidon6	

	(structichron1 leuciton3)1/humite4	

	(leuciton1 structichron4)1	APEXOL

	structichron4	

	structichron1/allotérite4	

	structichron1/allotérite2	

	=====	
	allotéritel/structichron3	

	(allotéritel isaltéritel)1	INFRASOL

	(isaltéritel topolitel)1	

	topolitel	

Dans ce cas l'altérite, qui passe du niveau de quantification 4 au niveau 1, représente le facteur déterminant qui permet de placer la limite entre apexol et infrasol. Le passage demeure très progressif (allotérite 4, 2, 1 puis intergrade allotérite isaltérite avant de passer à l'isaltérite seul et au topolite).

3-	humitel/lapidon3	APEXOL

	(humitel structichron2)1/lapidon2	

	lapidon1/structichron2	APEXOL

	structichron1/lapidon2	ou

	structichron1/lapidon4/allotérite4	

	allotéritel/structichron4	INFRASOL

	isaltéritel	INFRASOL

	topolitel	

Comme dans l'exemple 1, c'est le passage du pédotype lapidon du niveau de quantification 2 au niveau 1 qui détermine la limite supérieure de l'infrasol. Mais ce cas est un peu plus complexe car nous retrouvons ensuite des horizons dans lesquels le lapidon perd de son importance au profit du structichron. Les deux horizons en question sont ordinairement situés dans l'apexol. C'est plus profondément que l'allotérite fixe une limite d'infrasol définitive. Doit-on laisser la limite supérieure de l'infrasol à sa place ? Ne doit-on prendre en considération que la limite la plus profonde ? Confronté à de telles situations il nous faut, pour prendre une décision, faire intervenir de nouveaux critères dont la nature dépend le plus souvent du type d'utilisation des sols envisagé. En général, le premier critère pris en considération est celui de l'épaisseur de l'horizon. Ensuite peut intervenir la nature du passage d'un horizon à l'autre ou, en d'autres termes, la progressivité de la variation des quantités des corps naturels élémentaires qui déterminent la limite apexol-infrasol.



Le problème des limites se pose déjà dans toute sa complexité. Lors du choix de la place d'un horizon dans l'apexol ou dans l'infrasol, il faudra déterminer quel sera le niveau de quantification permettant de situer l'horizon dans l'un ou l'autre des ensembles.

Si nous raisonnons en termes de développement, d'utilisation et de mise en valeur des sols, il apparaît immédiatement que tous les corps naturels "contraignants" n'ont pas la même valeur absolue de contrainte en regard des différents types de culture, des différents types de développement, donc en fait en regard des capacités économiques et financières disponibles. Dans ces conditions, il est donc très difficile de fixer arbitrairement des seuils et des valeurs de quantification à partir desquels le rôle d'un corps naturel élémentaire sera déterminant pour situer l'horizon dans l'apexol ou dans l'infrasol. De ce fait, il est également très délicat de proposer à l'avance des typologies qui pourraient servir de référence. A chaque situation correspondra une solution dépendant de la nature des questions posées et de l'importance des moyens disponibles pour y répondre.

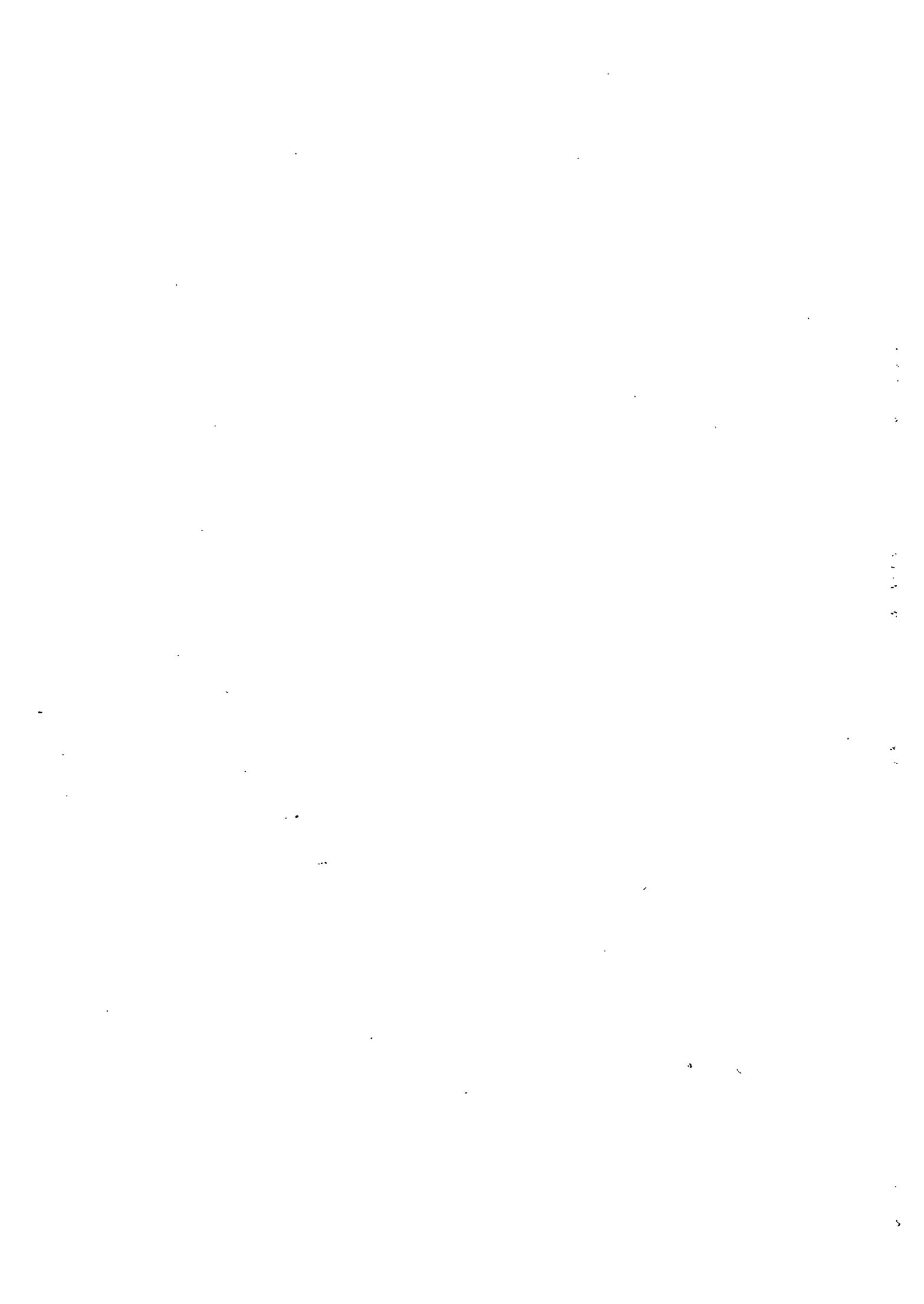
Ces remarques ne s'appliquent qu'à certains corps naturels élémentaires tels que le réducton, le lapidon, l'entaféron rudique, l'altérite ou encore le séméton qui présentent des caractères de contraintes contre lesquels il est parfois possible de lutter sans envisager de trop grands investissements. D'autres, par définition, seront toujours à un niveau de contrainte maximum. C'est le cas du topolite ou de certains pétrostérites. Toutefois, le cas du stérite mérite d'être nuancé en fonction de sa dureté (pauci, fragi, duri, pétro), de sa nature (sesqui-

oxydes, carbonates, sulfates) et de son épaisseur. Aux problèmes de caractère strictement physique se surimposent des problèmes de caractère chimique. Une autre remarque concerne l'évolution des ces pédotypes à la suite de certaines interventions (augmentation de la dureté, de l'acidité, du lessivage, etc...).

Un dernier facteur sera également déterminant. C'est celui de l'extension latérale des corps naturels élémentaires, des horizons, des apexols et des infrasols en liaison avec d'autres facteurs de nature différente (pente, climat, etc...). Nous abordons ici un des points essentiels de l'utilisation des données morphologiques du milieu physique. Il s'agit de la cartographie qui sera analysée avec plus de détails dans les chapitres suivants. Cependant, nous pouvons déjà dire que, replacé dans son cadre général, le traitement efficace de ces informations maintenant quantifiées passe nécessairement par un chemin plus "globaliste", qui implique la prise en compte d'informations provenant de diverses sources, y compris celles des domaines socio-économiques et culturels.

* *

*



Quatrième chapitre

LA SAISIE DES DONNEES

En face d'une coupe de sol comment allons-nous décrire cet objet que nous observons ?

Dès les premiers regards portés sur un profil, le pédologue est en mesure d'identifier un certain nombre de volumes, superposés, en couches approximativement parallèles à la surface du sol. Ce sont les horizons. De la même façon, en observant la végétation, un naturaliste botaniste remarquera, sans grandes hésitations, la présence des strates et interstrates. Horizons, strates et interstrates représentent donc des volumes en apparence "pré-déterminés", reconnus presque immédiatement, peut être de façon intuitive, par l'observateur qui utilise alors toute son expérience. Il s'agit en réalité d'une toute première expertise.

Cette reconnaissance est indispensable car c'est elle qui permet d'aborder la description structurale du milieu (sol et/ou végétation) après avoir déterminé au préalable un volume d'observation, dans lequel nous placerons les divers corps naturels élémentaires en les quantifiant les uns par rapport aux autres. Le volume de description -l'horizon- est alors égal à 100%. En effet nous avons déjà longuement insisté sur le fait que l'horizon était formé de un, ou plusieurs corps naturels élémentaires, dont nous avons admis par ailleurs qu'ils représentaient les organisations les plus simples que nous étions en mesure de reconnaître à l'oeil nu, sur le terrain. A partir de ces organisations, nous avons pu ensuite construire des ensembles plus vastes, horizons, sols, segments, séquences, ... Compte-tenu de cette situation il faudrait donc en toute logique ne décrire que ces corps naturels élémentaires. Mais comment pouvons-nous, dans cette hypothèse, les placer dans l'espace, comment pouvons-nous les quantifier les uns par rapport aux autres, sans avoir de volume de référence ? En fait deux possibilités nous sont offertes :

- Effectuer une description systématique en choisissant une maille précise -tous les millimètres ou tous les centimètres ou les dix centimètres, ...-, qui partagera la coupe en volumes de dimensions identiques, sans aucune relation avec des organisations réelles, mais régulièrement positionnées. Le choix sera toujours difficile et le plus souvent assez peu satisfaisant. En effet, dans un même sol, certains



I- LA SAISIE TRADITIONNELLE DE L'INFORMATION

A l'aide d'un exemple, le profil MAG 7 (séquence de Malagamba, proche de Bangassou, région Sud-Est de la République centrafricaine au voisinage direct du fleuve M'Bo-mou), nous illustrerons cette saisie traditionnelle des données concernant un sol de type ferrallitique, induré en profondeur.

PROFIL MAG 7

0-13 cm : Brun-rougeâtre, 5YR 4/3 (humide); Assez nettement humifère, matière organique intimement liée à la matière minérale; Sablo-argileux à sables grossiers quartzeux abondants et fortement altérés et fissurés; Grumeleux au voisinage des racines; Ailleurs la structure assez bien développée est polyédrique arrondie à anguleuse, fine et moyenne; Les agrégats ont une cohésion moyenne et montrent une bonne à très bonne porosité tubulaire fine. Quelques quartz lavés.

Nodules rouges, 10R 3/4, petits (2-5mm), durs (ne se brisent qu'à l'aide du marteau), en faible quantité; (parmi les plus gros, certains contiennent de très petits grains de quartz limpides).

Nodules brun-ocre, 5YR 4/6 moins durs que les précédents (certains peuvent se briser à la main), sensiblement moins nombreux que les nodules rouges, de petites tailles (2-5mm).

L'ensemble des nodules ne dépasse pas une valeur de 5%.

Quelques rares graviers de quartz (1%) altérés et fissurés qui se brisent à la main.

Volume des vides important, fentes et fissures de taille moyenne (quelques mm.).

Meuble.

Présence de très nombreuses racines fines.

La limite est distincte et régulière.

13-32 cm : Brun-rougeâtre, 5YR 4/3.5 (humide); Moyennement humifère, la matière organique est intimement liée à la matière minérale; Sablo-argileux à sables grossiers moyennement abondants, altérés et fissurés;

Il existe quelques plages brun-rouge plus clair, 5YR 4,5/5; Sablo-argileuses mais nettement moins riches en sables grossiers; La structure est polyédrique fine à moyenne, assez bien développée; La cohésion des agrégats est faible; La porosité est moyenne, tubulaire fine.

Absence de quartz lavés.

Nodules rouges identiques à ceux de l'horizon précédent.

Nodules brun-ocre identiques à ceux de l'horizon précédent.

La quantité totale de nodules, plus élevée que précédemment, se place entre 5 et 10%.

Graviers de quartz altérés et fissurés, peu nombreux (1 à 3%), fragiles.

Volume des vides assez important, fentes et fissures de taille moyenne (quelques mm.).

Cohésion moyenne.

Racines fines et moyennes encore assez nombreuses.

Limite progressive et régulière.

32-76 cm : Brun-rouge assez clair, 5YR 5.5/6 (humide); Faiblement à très faiblement humifère, matière organique intimement liée à la matière minérale; Sablo-argileux avec des sables grossiers toujours abondants, altérés et fissurés; La structure est polyédrique fine, moyenne et parfois grossière avec par endroits une tendance massive; La cohésion des agrégats est faible; La porosité de ces agrégats est bonne, tubulaire fine.

Les nodules rouges et brun-ocre sont toujours présents mais paraissent moins abondants (1 à 3%); Leurs dimensions et leur morphologie sont toujours les mêmes.

Quelques graviers de quartz (5 à 10mm) assez fragiles (se brisent à la main), altérés et fissurés.

Volume des vides assez important; Vides d'assez grande dimension (5 à 15mm), fentes et fissures.

Cohésion faible

Quelques racines fines et moyennes.

Limite graduelle et régulière.

76-114 cm : Horizon de coloration hétérogène; Le fond est rouge, 2,5 YR 5/6 (humide) avec :

des taches plus rouges, 10 R 3/6, petites, arrondies et légèrement plus compactes que le reste de l'horizon.

des taches jaune clair, 10 YR 7/6, et

des taches blanches, 10 YR 7/1, signe de périodes d'engorgement;

ces taches blanches et jaune clair sont assez étroitement mélangées et se distinguent assez difficilement les une des autres; Elles sont diffuses, de taille moyenne et leurs limites sont relativement irrégulières.

L'ensemble des taches représente de 20 à 30% de l'horizon; Taches blanches et jaune clair sont les plus abondantes et en quantité équivalente; Les taches rouges, plus dures ne représentent que quelques pour cent.

Cette phase meuble est de texture argilo-sableuse à argileuse avec des sables grossiers moyennement abondants; La structure est polyédrique grossière assez mal individualisée, avec une tendance massive; Les agrégats sont peu poreux à très peu poreux (tubulaire fine et très fine), leur cohésion est forte à moyenne.

Rares nodules rouges, 10R 4/6, de petites tailles (2-5mm) contenant le plus souvent de nombreux grains de quartz limpides de très petites dimensions et difficiles à briser sans marteau.

Exceptionnels nodules ocre-jaune, 7,5YR 5/6, finement lités (structure conservée de la roche), fragiles.

Quelques rares graviers de quartz (2 à 5mm), fragiles.

Volume des vides faible; Fentes d'assez grande dimension (5 à 10mm).

Cohésion forte.

Très rares racines fines.

Limite graduelle et régulière.

114-151 cm : Horizon pratiquement identique à l'horizon ci-dessus; Il faut toutefois noter :

la dimension plus importante des taches blanches (10YR 7/1) et leur plus grande quantité;

l'augmentation de la dureté des taches rouges (10R 3/6) du haut vers le bas de l'horizon où elles ne se brisent que difficilement avec les doigts; l'augmentation de leur nombre (10 à 15% à la limite inférieure de l'horizon); on passe ainsi progressivement à une carapace.

Les autres caractéristiques sont celles déjà signalées entre 76 et 114cm.

151-189 cm :Carapace vacuolaire formée de nodules plus ou moins coalescents, emballés dans un matériau meuble rouge et blanc. L'hydromorphie déjà signalée dans les deux horizons précédents est ici beaucoup plus marquée.

Les nodules sont de plusieurs types morphologiques:

Nodules rouges (10R 4/6 et 3/6) de dureté variable (certains se brisent entre les doigts -difficilement-, d'autres nécessitent l'emploi d'un outil); leurs dimensions varient entre 2 et 40mm. Ils montrent un cortex très fin, feuilleté, de couleur brun-rouge; Ils ont un aspect très compact et quelques-uns contiennent de très petits grains de quartz limpides; Des marbrures jaunes (10YR 6/7) peuvent être observées le long de fissures présentes dans ces nodules.

Nodules brun-ocre (7,5YR 5/6) avec des taches brunes diffuses (5YR 5/6) et rouges (10R 3/6); Ils montrent également un cortex assez fin et irrégulier, brun rougeâtre (5YR 5/5). Leur taille varie entre 2 et 10mm; Les zones brun-ocre possèdent une structure finement litée (conservée de la roche) à la différence des zones rouges et brunes.

Les deux types de nodules sont en quantités équivalentes.

Le matériau meuble, hydromorphe est très largement blanc (10YR 7/1), argilo-sableux riche en sables grossiers.

Parcouru par un fin réseau, très irrégulier, rouge, d'oxydes et d'hydroxydes de fer et associé à un système de fines fentes.

Présence de taches rouges (2,5YR 3/6) en faible quantité (quelques pour cent), argileuses et oxydiques.

Rares taches jaune clair (7,5YR 7/6), très diffuses et irrégulières et très faiblement contrastées.

La structure de cette partie meuble est polyédrique grossière mal individualisée et à forte tendance massive; La cohésion des agrégats présents est moyenne et leur porosité est faible ou très faible, de type tubulaire très fin.

Rares graviers de quartz, fragiles, fortement altérés et fissurés.

Volume des vides faible ou très faible marquée par quelques fines fissures.

Cohésion moyenne à forte.

Absence de racines

Limite graduelle et régulière.

189-222 cm :Horizon meuble, à caractère hydromorphe assez marqué, souligné par la juxtaposition, en quantités équivalentes, de taches de trois couleurs:

Taches blanches, 10YR 7/1,

Taches jaune-clair, 10YR 7/6,

Taches rouges, 2,5YR 3/6

Les taches sont distinctes, irrégulières et de grandes dimensions; Les taches blanches sont parcourues de fines fissures soulignées par des dépôts rouges d'oxydes et d'hydroxydes de fer; Ces fissures tendent à former un réseau vaguement hexagonal à mailles de dimensions variées et irrégulières; La texture est argilo-sableuse à argileuse avec d'assez nombreux sables grossiers fissurés, surtout dans les plages rouges et jaunes; La structure est massive avec quelques plages polyédriques grossières mal individualisées. La cohésion des agrégats est moyenne, la porosité est faible.

Présence de nodules en assez grande quantité, qui décroît assez régulièrement vers la base de l'horizon (30-35%):

Nodules brun-ocre, de dureté variable (certains se brisent à la main) et de dimension assez grande comprise entre 5 et 20mm; Leur coloration est quelque peu hétérogène, on distingue quelques petites plages diffuses, plus claires (10YR 6/6); La structure feuilletée (structure conservée de la roche) est

beaucoup moins nette que dans les nodules de l'horizon précédent. Ces nodules contiennent d'assez nombreux grains de quartz fracturés;
Rares nodules rouges (10R 3/6 et 4/6), de dureté moyenne, de petite taille (2 à 6mm), identiques à ceux de l'horizon précédent;
Rares nodules rouge foncé (10R 3/6) et brun ocre (7,5YR 5/6), proches de ceux décrits ci-dessus et de dureté moyenne.
Quelques graviers de quartz fissurés, fragiles.
Volume des vides assez faible, représenté par des fentes peu nombreuses et moyennement larges (5 à 10mm).
Cohésion moyenne.
Limite progressive et régulière.

222-249 cm : Horizon meuble caractérisé par une hydromorphie encore plus nette; La coloration est hétérogène :
Zones blanches, 10YR 8/1, très largement dominantes et parcourues par un fin réseau de veinules d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (fer) rouge,
Zones rouges, 2,5YR 5/6, assez peu abondantes,
Zones ocre-rouge, 5YR 5/6, plus nombreuses;
La texture est argileuse avec quelques sables grossiers très altérés et fissurés; La structure est massive avec des plages polyédriques grossières assez mal exprimées; Les agrégats, lorsqu'ils sont présents, sont peu ou pas poreux, leur cohésion est moyenne.
Présence de nodules, identiques à ceux de l'horizon ci-dessus, en quantité encore plus faible (5 à 10%) et de dimensions plus réduites.
Rares graviers de quartz, fragiles et fortement altérés.
Volume des vides faible à très faible (fentes de quelques millimètres de largeur).
Cohésion moyenne de l'ensemble.
Limite graduelle et régulière.

249-300 cm : Horizon encore plus nettement hydromorphe dont les taches blanches précédentes constituent maintenant un fond (10YR 8/1), parsemé de taches jaunâtres (10YR 5/7 et 6/8), de grandes dimensions, irrégulières, assez distinctes, assez nombreuses; la bordure externe des taches est moins intensément colorée (10YR 6,5/4);
Quelques taches ocre-rouge (5YR 6,5/2,5) parcourues de fines veinules rouges qui sont également visibles dans les plages jaunes;
De très rares taches rouges sont parfois visibles (2,5YR 5/4); elles sont petites (quelques millimètres);
La texture est argileuse avec quelques sables grossiers assez fortement altérés; La structure est massive avec une tendance polyédrique grossière mal exprimée; La porosité est faible à nulle, la cohésion est moyenne.
Les nodules brun-ocre sont peu nombreux (5 à 7%);
Les nodules rouges, très petits (2 à 3mm) sont sensiblement moins nombreux;
Tous ces nodules sont identiques à ceux des horizons précédents;
Rares graviers de quartz très altérés et fragiles;
Quelques poches de sables lavés;
Le volume des vides est très faible ou nul (quelques rares fentes étroites);
Cohésion de l'ensemble moyenne.

Pour une description relativement détaillée comme celle-ci, le texte est assez long et dans ces conditions il peut être difficile de retrouver une donnée. La difficulté s'accroît si les descriptions sont nombreuses. L'utilisation des données ainsi collectées passe obligatoirement par une

simplification importante et par le rejet de certaines d'entre elles qu'il sera pratiquement impossible de récupérer par la suite. Ce mode de description s'appuie en fait sur la notion d'horizon qui offre la possibilité de caractériser directement un volume défini par un petit nombre de traits particuliers : horizon hydromorphe, horizon gravillonnaire, horizon induré, horizon tacheté, horizon humifère ... Dans ces conditions il est très difficile, sinon impossible, de revenir sur la première expertise qui a permis de reconnaître l'horizon, que ce soit pour la valider ou l'invalider. L'horizon représente ainsi la donnée élémentaire à partir de laquelle sera construite l'image du sol.

♦ ♦

II- LA SAISIE STRUCTUREE ET QUANTIFIEE DE L'INFORMATION

Reprenons l'exemple précédent du profil MAG 7 :

0-13 cm : H 1

(Humitel Structichron1)1

- SYR 4/3
- Gramoclodel/(Gramoclodel Anguclodel)2
(Centi)
poreux, cohésion moyenne
- Sablo-argileux
sables grossiers altérés et fissurés

(Pétro).Lapidon6

- Régolique
Siliceux
.Arénite

(Duri).Lapidon5

- Oxydique
Ferroxique
.Arénite
.Centirudite
10R 3/4
MODULES

(Fragi<—>Duri).Lapidon6

- Oxydique
Ferroxique
.Arénite
.Centirudite
SYR 4/6
MODULES

(Fragi).Lapidon6

- Régolique1
Siliceux
.Centirudite

H1 = (Humite1 Structichron1)1 / (Péto).Lapidon6 / (Duri).Lapi-
don5 / (Fragi<-->Duri).Lapidon6 / (Fragi).Lapidon6

13-32 cm : H 2

(Structichron1 Humite4)1

- 5YR 4/3,5
- Angoclode1
(Centi)
très poreux, cohésion faible
- Sablo-argileux
sables grossiers altérés

Structichron5

- 5YR 5/5
- Sablo-argileux.

(Fragi).Lapidon5

- Oxydique1
Ferroxique
.Centirudite
.Arénite
IOR 3/4
NODULES

(Fragi<=>Duri).Lapidon5

- Oxydique1
Ferroxique
.Centirudite
.Arénite
5YR 4/6
NODULES

(Fragi).Lapidon6

- Régolique1
Siliceux
.Centirudite

H2 = (Structichron1 Humite4)1 / Structichron5 / (Fragi).Lapidon5
/ (Fragi<-->Duri).Lapidon5 / (Fragi).Lapidon6

32-76 cm : H 3

Structichron1

- 5YR 5/6
- Anguclodel/Amérode5
(Centi, Méso)
poreux, cohésion faible
- Sablo-argileux
sables grossiers altérés et fissurés

(Duri).Lapidon6

- Oxydique
Ferroxique
.Arenite
.Centirudite
IOR 3/4
NODULES

(Fragi<-->Duri).Lapidon6

- Oxydique
Ferroxique
.Centirudite
.Arenite
5YR 4/6
NODULES

(Fragi).Lapidon6

- Régolique
Siliceux
.Centirudite

H3 = Structichron1 / (Duri).Lapidon6 / (Fragi<-->Duri).Lapidon6 /
(Fragi).Lapidon6

76-114 cm : H 4

Structichron1

- 2,5YR 5/6
- Amérodel/(Pauciclodel Anguclodel)1
(Méso Macro)
peu poreux, cohésion moyenne à forte
- Argilo-sableux à Argileux
sables grossiers altérés

(Structichron1 Leuciton3)4

- 10YR 7/6
taches diffuses, (Centi, Més), irrégulières

(Leuciton1 Réducton3)4

- 10YR 7/1
taches diffuses, (Centi, Més), irrégulières
relation avec (structichron leuciton)

(Pauci).Lapidon5

- (Oxydique1 Structichronique1)1
Ferroxique
.Arenite
.Centirudite
10R 3/6
NODULES

(Duri).Lapidon6

- Oxydique1
Ferroxique
.Arenite
.Centirudite
10R 4/6
NODULES

(Fragi<-->Duri).Lapidon6

- (Altérégolique1/Oxydique3)1
Ferroxique
.Centirudite
7,5YR 5/6
NODULES

(Fragi).Lapidon6

- Régolique1
Siliceux
.Centirudite

H4 = Structichron1 / (Structichron1 Leuciton3)4 / (Leuciton1
Réducton3)4 / (Pauci).Lapidon5 / (Duri).Lapidon6 /
(Fragi<-->Duri).Lapidon6 / (Fragi).Lapidon6

114-151 cm : H 5

(Structichron1 Oxydon1)1

- 2,5YR 3/6

- Amérodé/(Pauciclodé Anguclodé)2)3
(Mésos, Macro)
peu poreux, cohésion moyenne
- Argilo-sableux
sables grossiers altérés

(Structichron1 Leuciton4)4

- 10YR 7/6
taches diffuses, (Mésos), irrégulières

(Leuciton1 Réducton3)4-->3

- 10YR 7/1
taches diffuses, (Mésos, Macro), irrégulières
relations avec (structichron leuciton)

(Pauci-->Fragi).Lapidon4

- (Oxydique1 Structichronique1)1
Ferroxique
.Centirudite
.Arénite
10R 3/6
NODULES

(Duri).Lapidon6

- Oxydique1
Ferroxique
.Arénite
.Centirudite
10R 4/6
NODULES

(Fragi<-->Duri).Lapidon6

- (Altéréologique/Oxydique3)1
Ferroxique
.Centirudite
7,5YR 5/6
NODULES

(Fragi).Lapidon6

- Régologique1
Siliceux
.Centirudite

H5 = (Structichron1 Oxydon1)1 / (Structichron1 Leuciton4)4 /
(Leuciton1 Réducton3)4-->3 / (Pauci-->Fragi).Lapidon4 / (Duri).-
Lapidon6 / (Fragi<-->Duri).Lapidon6 / (Fragi).Lapidon6

(Pauci \longleftrightarrow Fragi).Stéritel

- Lapidique1
 - (Fragi \longleftrightarrow Duri).Lapidon
 - + Oxydique1
 - Ferroxique
 - .Centirudite
 - .Arenite
 - (10R 3/6)1
 - (10R 4/6)4
 - NODULES
 - + (Altérogolique1/Oxydique3)1
 - Ferroxique
 - .Centirudite
 - 7,5YR 5/6
 - NODULES
- Oxydique4
 - Ferroxique

(Leuciton1 Réducton3)4

- 10YR 7/1
- Amérodol/(Pauciclodol Anguclode3)4
 - (Centi, Méso)
 - peu poreux, cohésion moyenne
- Argilo-sableux
 - sables grossiers, fissurés et altérés

(Structichron1 Oxydon1)5

- 2,5YR 3/6
 - taches distinctes, (Centi), régulières

(Structichron1 Leuciton3)6

- 10YR 7/6
 - taches diffuses, (Centi, Méso), irrégulières

(Fragi).Lapidon6

- Régolique1
 - Siliceux
 - .Centirudite

Séméton6

- Oxydique
 - Ferroxique
 - PLACAGES
 - relation avec un réseau de fissures dans le (leuciton réducton)

H6 = (Pauci<-->Fragi).Stérite1 / (Leuciton1 Réducton3)4 /
(Structichron1 Oxydon1)5 / (Structichron1 Leuciton3)6 /.(Fragi).-
Lapidon6 / Séméton6

189-222 cm : H 7

(Structichron1 Oxydon1)3

- 2,5YR 3/6
taches distinctes, (Mésos), irrégulières

(Leuciton1 Réducton3)3

- 10YR 7/1
taches distinctes, (Mésos), irrégulières

(Structichron1 Leuciton3)3

- 10YR 4/6
taches diffuses, (Mésos), irrégulières
- Amérodé1/(Pauciclodé1 Anguclode3)4
(Mésos, Macro)
porosité faible, cohésion moyenne
- Argilo-sableux à argileux
sables grossiers fissurés dans (structichron oxydon)

(Fragi<-->Duri).Lapidon3

- (Oxydique1/Altéréologique4)1
Ferroxique
.Centirudite
7,5YR 5/6
NODULES
- Oxydique1
Ferroxique
.Centirudite
10R 4/6
NODULES

(Fragi).Lapidon4

- Régolique1
Siliceux
.Centirudite

Séméton6

- Oxydique1
Ferroxique
PLACAGES
relation avec un réseau de fissures dans le (leuciton Réducton)

H7 = (Structichron1 Oxydon1)3 / (Leuciton1 Réducton3)3 /
(Structichron1 Leuciton3)3 / (Fragi<-->Duri).Lapidon3 / (Fragi).-
Lapidon4 / Séméton6

222-249 cm : H 8

(Leuciton1 Réducton4)1

- 10YR 8/1
- Amérodé/(Pauciclodé Anguclode4)4
(Méso, Macro)
peu poreux, cohésion moyenne
- Argileux
sables grossiers fissurés

(Structichron1 Oxydon2)4

- 2,5YR 3/6
taches distinctes, (Centi, Méso), irrégulières

Structichron3

- 5YR 5/6
taches distinctes, (Centi, Méso), irrégulières

(Fragi<-->Duri).Lapidon4

- Oxydique
Ferroxique
.Centirudite
(7,5YR 5/6)1
(10R 4/6)2
NODULES

(Fragi).Lapidon6

- Régolique
Siliceux
.Centirudite

Séméton6

- Oxydique
Ferroxique
PLACAGES
relation avec un réseau de fissures dans le (leuciton réducton)

H8 = (Leuciton1 Réducton4)1 / (Structichron1 Oxydon2)4 / Structi-
chron3 / (Fragi<-->Duri).Lapidon4 / (Fragi).Lapidon6 / Séméton6

(Leuciton1 Réducton4)1

- 10YR 8/1
- Amérodé1/(Pauciclodé1 Anguclode4)5
(Més0, Macro)
peu poreux, cohésion moyenne
- Argileux
sables grossiers fissurés

(Structichron1 Leuciton3)5

- 10YR 6/8 et 5/7
taches distinctes, (Més0, Macro), irrégulières

(Structichron1 Oxydon2)5

- 2,5YR 3/6
taches distinctes, (Centi), régulières

Structichron4

- 5YR 6,5/2,5
taches distinctes, (Més0), irrégulières

(Fragi<—>Duri).Lapidon4

- Oxydique
Ferroxique
.Centirudite
.Arénite
(7,5YR 5/6)1
(10R 4/6)2
MODULES

(Fragi).Lapidon6

- Régolique
Siliceux
.Centirudite

(Pétro).Lapidon6

- Régolique
Siliceux
.Arénite

Séméton6

- Oxydique
Ferroxique

PLACAGES

relation avec un réseau de fissures dans le (leuciton réducton) et dans le (structichron leuciton)

H9 = (Leuciton1 Réducton4)1 / (Structichron1 Leuciton3)5 / (Structichron1 Oxydon2)5 / Structichron4 / (Fragi<-->Duri).Lapidon4 / (Fragi).Lapidon6 / (Péto).Lapidon6 / Séméton6

En termes d'apexol et d'infrasol, si les règles définies précédemment sont appliquées, le sol MAG7 correspond à un ORTHOAPEXOL bathique. L'infrasol débute par un stérite suivi d'un ensemble complexe -structichron oxydon leuciton- puis d'un leuciton réducton.

Le contenu global d'information de cette description est identique, en tout point, à celui de la description traditionnelle mais il se présente sous une forme fondamentalement différente car il s'organise autour du concept de CORPS NATUREL ELEMENTAIRE qui a été défini dans la première partie et auquel est associée une notion de QUANTIFICATION.

De cette manière, horizons et sols sont définis par des formules structurales qui identifient des volumes particuliers représentatifs d'une échelle d'observation et d'analyse spécifiques (H1, H2, ... pour les horizons, S1 = orthoapexol bathique, S2, S3, ... pour les sols, ...).

Cette description nous offre la possibilité de structurer l'information et nous permet de prélever les données qui nous sont nécessaires sans pour cela perdre de l'information. A chaque donnée correspond un niveau. A partir de ce point, parfaitement repéré dans la suite des informations, nous pouvons nous déplacer, soit dans le sens d'une plus grande synthèse, soit dans le sens d'une plus grande précision. Le cheminement étant connu, il est toujours possible de retrouver TOUTES les informations à leurs places respectives.

Nous avons ainsi les moyens de caractériser avec plus de rigueur les volumes observés. Nous sommes maintenant en mesure de justifier ou de remettre en cause l'expertise de départ -la reconnaissance des horizons- sur laquelle nous nous sommes appuyés pour décrire l'objet sol et localiser ses composantes dans l'espace.

* *

*

Cinquième chapitre

L'UTILISATION DES DONNEES DE MORPHOLOGIE DES SOLS

Sachant de quelle manière saisir sur le terrain l'information concernant la morphologie des sols -ou de tout autre composante du milieu physique-, comment l'utiliser maintenant ? Quelles relations peut-il exister entre la méthode de collecte des données et leur traitement ultérieur ?

Si nous envisageons une étude thématique hautement spécialisée, elle s'appuiera nécessairement sur des informations en nombre limité (tout au moins en ce qui concerne leur nature). Dans cette hypothèse de travail le mode de saisie n'interviendra que de façon réduite et ne sera donc pas réellement déterminant. En effet, il est toujours possible de "piocher" une information dans un texte quelles que soient sa forme, sa structure ou son organisation. Toutefois cela risque d'être relativement fastidieux. Il semble préférable de ne retenir, lors de la description, que les données concernant l'étude que l'on souhaite réaliser.

En fait notre problème ne se situe pas à ce niveau. Ce que nous nous proposons de mettre en oeuvre est une analyse globale d'une composante du milieu physique -Le Sol- qui puisse, dans la mesure du possible, s'intégrer dans un ensemble plus vaste. Toutes les données sont alors nécessaires et dans cette approche le mode de description et de collecte des informations est un facteur décisif pour la poursuite de l'analyse. Il déterminera souvent le choix des méthodes mises en oeuvre ultérieurement. La méthodologie exposée dans la première partie de ce texte nous a permis d'envisager, très rapidement, plusieurs possibilités d'analyse et de représentation du milieu physique (ou de ses diverses composantes) en utilisant essentiellement les capacités de quantification des corps naturels élémentaires. Nous sommes ainsi en mesure de présenter plusieurs types d'images d'un sol :

Une image "dessinée" du sol

En s'appuyant sur le concept de corps naturel élémentaire, nous pouvons schématiser un sol de façon un peu plus précise que lorsqu'il s'agit d'un simple croquis interprétatif. Pour cela nous utilisons un "code de

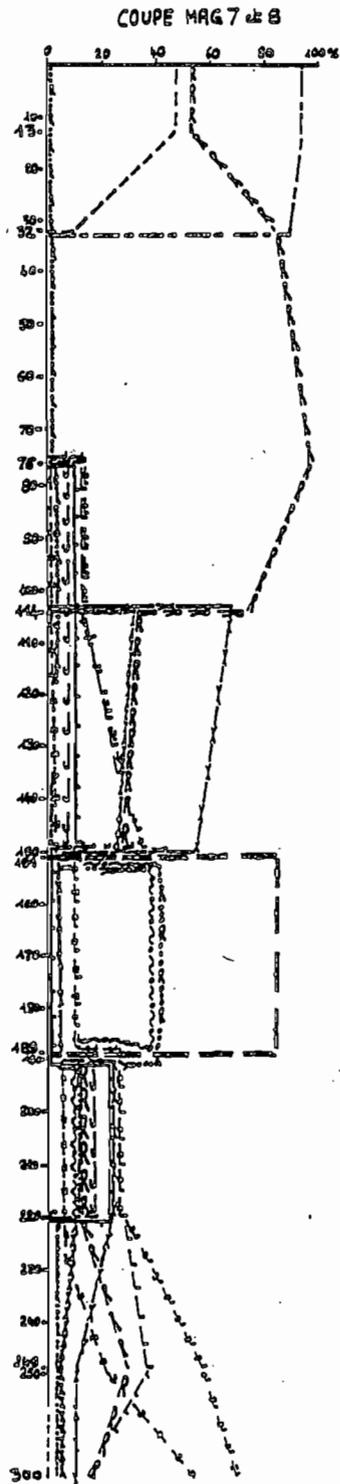
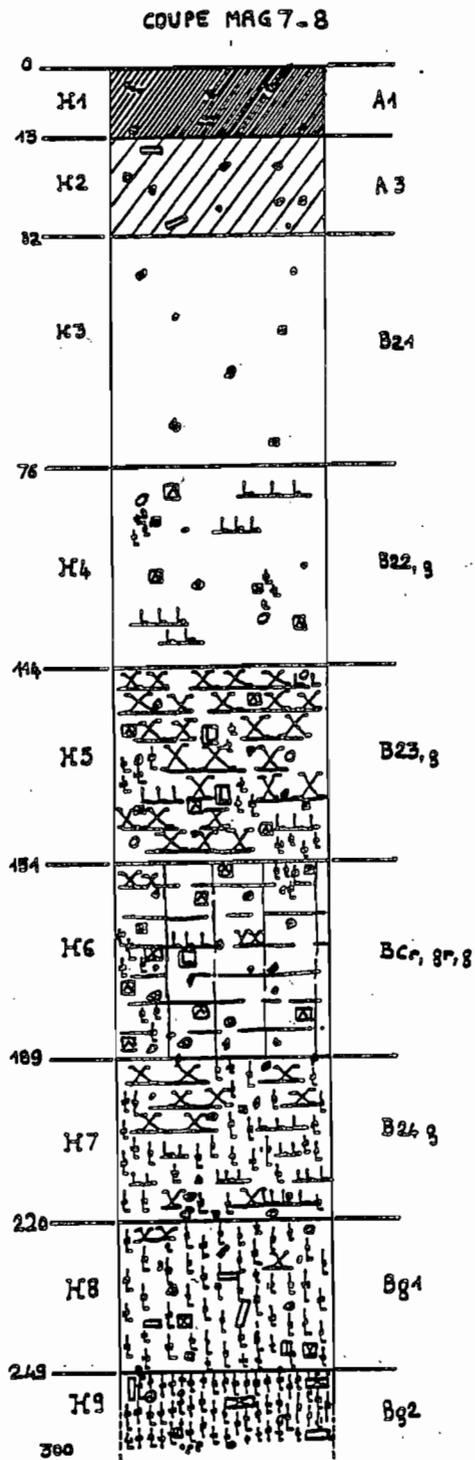


FIG.12 : Images "dessinée" et "quantifiée" d'un sol ferrallitique centrafricain (MAG 7).

figurés" représentant les corps naturels élémentaires (cf légendes des figurés, Annexe 1) qui nous permet de visualiser le sol sous forme d'une coupe -succession verticale d'horizons-, structures qui rendent possible le positionnement des corps naturels dans l'espace (Fig. 12 A). L'importance, la dimension, la densité des figurés sont directement reliées à la quantification des divers pédotypes, phytotypes, ... L'avantage essentiel est d'obtenir ainsi, rapidement et facilement, une image du sol assez "parlante". Parmi les principaux inconvénients, il faut retenir une relative imprécision du fait des limites imposées par le graphisme et des possibilités d'utilisation ultérieures très réduites des informations ainsi représentées. Nous sommes en présence d'une image qui possède un caractère fixé, quelque peu définitif, avec laquelle il semble difficile d'envisager une analyse plus approfondie.

- Une image "quantifiée" du sol

Elle peut se matérialiser de deux façons :

- + Sous forme d'un tableau dans lequel on replace toutes les valeurs calculées des divers corps naturels présents dans le sol. Les diverses composantes des corps naturels élémentaires intergrades peuvent également apparaître avec leur propre quantité lorsque cela est possible (Fig. 13).
- + Sous forme d'un graphe sur lequel sont représentées les variations de ces quantités à l'intérieur du sol en fonction de la profondeur (Fig. 12 B).

Plusieurs avantages apparaissent directement liés à un tel mode de représentation. Les relations qui peuvent exister entre les différents corps naturels reconnus dans un sol sont assez aisément mises en évidence ainsi que la présence de "seuils structuraux". Cela permet de dégager une nouvelle notion, celle de "dynamique de l'information, d'information en mouvement". Nous possédons ainsi les moyens de remettre en cause certaines limites d'horizons, déterminées a priori pour les besoins de la description et de la localisation spatiale des corps naturels. Nous nous affranchissons alors de l'image-résultat précédente pour nous diriger vers une image-sol plus proche de la réalité qui perd son aspect figé et définitif par la mise en évidence de quelques aspects de la dynamique -présente ou passée- du sol.

La même démarche peut être effectuée au niveau de la séquence. Toutefois, l'image est beaucoup plus difficile à obtenir car il faut impérativement intégrer la localisation spatiale des

LAPIDONS														STERITES																																
(Péto)- (Péto Durt). Lapidons							(Fragi)- (Durt Fragi). Lapidons							(Pauci)- (Fragi Pauci). Lapidons																																
Régolique (St)		Oxydique (Fe)		Albitrique Oxydique (Fe)		Sibérienne	Régolique St		Oxydique (Fe)		Régolique Fe		Oxydique Mnife	Albit. régolique Oxydique (Fe)	Struchiron (Pauci)		Sibérienne (Durt Fragi)	Sibérienne (Péto Jun)	Sibérienne (Pauci Fragi)	Lapidon (Pauci Lapidon)	Oxyde Struchiron	Humide	Humide Réduction	Réduction	Lacidon Réduction	Lacidon	Struchiron		Humide Struchiron	Struchiron Leuciton	Oxyde Struchiron	Oxyde	Struchiron Humide Réduction	Isalbitrite	Isalbitrite Struchiron	Isalbitrite Oxyde	Isalbitrite Leuciton Réduction	Isalbitrite Struchiron Oxyde	Bioferon	Hydrophos						
Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune		Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune			Rouge	Jaune											Rouge	Jaune																		
H1	1		3				1	1												(47)					(47)		9																			
H2			3				1	3												(9)						3		9																		
H3			1				1	1																		97																				
H4			1				1						1	3									(25)	40	(75)	74	(75)			10																
H5			1				1						1	10									(25)	10	(25)	(33)	(9)		40	67	335															
H6			8				1	(38)					(38)				84						(55)	10	(7.8)	4.5	(107)		1	3	(1.5)															
H7							8	11.5					11.5										(5.5)	23	(23)	11.5	(17.5)		23	23	(11.5)															
H8							1	4	6														(5.5)	55	(18.5)	(6)	23			10	(4)															
H9							1	4	6														(7)	11	(64.5)	(2)	(2.5)		3	10	(1)															
H10																																														
H11																																														
H12																																														
H13																																														

Fig.13 : Quantités des divers corps naturels élémentaires présents dans un sol ferrallitique centrafricain (MAG 7).

informations. Nous retrouvons alors de très importantes contraintes dues en majeure partie aux techniques graphiques.



I- LES CHEMINS D'INFORMATION

Regardons plus en détail l'organisation de l'information localisée dans le premier horizon (H1) du profil MAG 7. Cet horizon se compose de cinq corps naturels élémentaires (CNE) eux-mêmes définis par plusieurs caractères. Parmi ces caractères il faut déterminer lesquels sont réellement discriminants.

Horizon H1 :

CNE 1
(Humitel Structichron1)1

-Couleur
(5 YR 4/3)
-Structure
Grumoclode1/(Anguclode Grumoclode)2
+Dimensions des agrégats
centi
+Porosité des agrégats
poreux
+Cohésion des agrégats
moienne
-Texture
Sablo-argileux
+Caractères des sables grossiers
altérés et fissurés

CNE 2
(Pétro).Lapidon6

-Nature1
régolique1
-Nature2
siliceux
-Dimensions
arénite

CNE 3
(Duri).Lapidon5

-Nature1
oxydique1

-Nature2
ferroxiqne
-Dimensions
arénite
centirudite
-Type
nodule
-Couleur
(10R)

CNE 4
(Fragi<-->Duri).Lapidon6

-Nature1
oxydique1
-Nature2
ferroxiqne
-Dimensions
arénite
centirudite
-Type
nodule
-Couleur
(5 YR)

CNE 5
(Fragi).Lapidon6

-Nature1
réolique
-Nature2
siliceux
-Dimensions
centirudite

Dans l'horizon H2 nous ne considérerons que l'information concernant le pédotype (structichron humite).

Horizon H2 :

CNE 1
(Humite4 Structichron1)1

-Couleur
(5 YR 4/3.5)
-Structure
angoclode1
+Dimension des agrégats
centi
+Porosité des agrégats
trés poreux

- +Cohésion des agrégats
faible
- Texture
sablo-argileux
- +Caractères des sables grossiers
altérés

Nous avons établi pour chaque corps naturel élémentaire une "chaîne d'information ou plus précisément un sous-arbre d'information" qui nous permet d'identifier chacun d'eux avec précision. Dans cet exemple et pour le lapidon nous avons la succession :

Dureté-->Nature1-->Nature2-->Dimension-->Type-->Couleur

Tous les critères retenus n'ont pas la même valeur de discrimination comme le montre l'analyse suivante de l'information (Tableau 1).

CNE Lapidon	Dureté	Nature1 et 2	Dimension	Type	Couleur
CNE 2	Pétro	régolique -Si-	arénite		
CNE 5	Fragi	régolique -Si-	centirudite		
CNE 3	Duri	oxydique -Fe-	lar/centirud	nodule	10 R
CNE 4	DuriFragi	oxydique -Fe-	lar/centirud	nodule	5 YR

Tableau 1: Le rôle de discrimination des différents critères d'une chaîne d'information.

Analysons avec un peu plus de précision l'information contenue dans l'horizon H1. Les corps naturels CNE 2, 3, 4 et 5 sont tous des lapidons que nous avons différencié de différentes manières :

- en utilisant les critères "nature1 et nature2". nous définissons deux groupes qui se caractérisent ainsi :

- .Régolique
siliceux
- .Oxydique
ferroxydique

- en utilisant le critère "dureté",
il est possible de faire deux nouvelles subdivisions :

.Lapidon régolique siliceux
+Pétro
+Fragi

Cette subdivision est confirmée par le critère "dimension" qui nous permet de préciser encore la nature de ce lapidon qui se partagera en définitive de la façon suivante :

1-(Pétro).Lapidon régolique siliceux arénique
2-(Fragi).Lapidon régolique siliceux rudique

.Lapidon oxydique ferroxique
+Duri
+Duri<-->Fragi

Dans ce cas la confirmation du partage se trouve au niveau du critère "couleur". Nous obtenons alors :

1-(Duri).Lapidon oxydique ferroxique rouge (1OR)
2-(Duri<-->Fragi).Lapidon oxydique ferroxique
ocre-rouge (5 YR)

Les critères "type" et "dimension" ne sont pas discriminants dans ce cas.

En ce qui concerne le pédotype intergrade humite structichron présent dans les horizons H1 et H2, nous constatons qu'il est possible de différencier les deux pédotypes en usant du critère "couleur" :

Dans l'horizon H1 : 5 YR 4/3
Dans l'horizon H2 : 5 YR 4/3.5

Cette première subdivision est confirmée par d'autres critères :

- la structure
- la porosité des agrégats
- la cohésion des agrégats

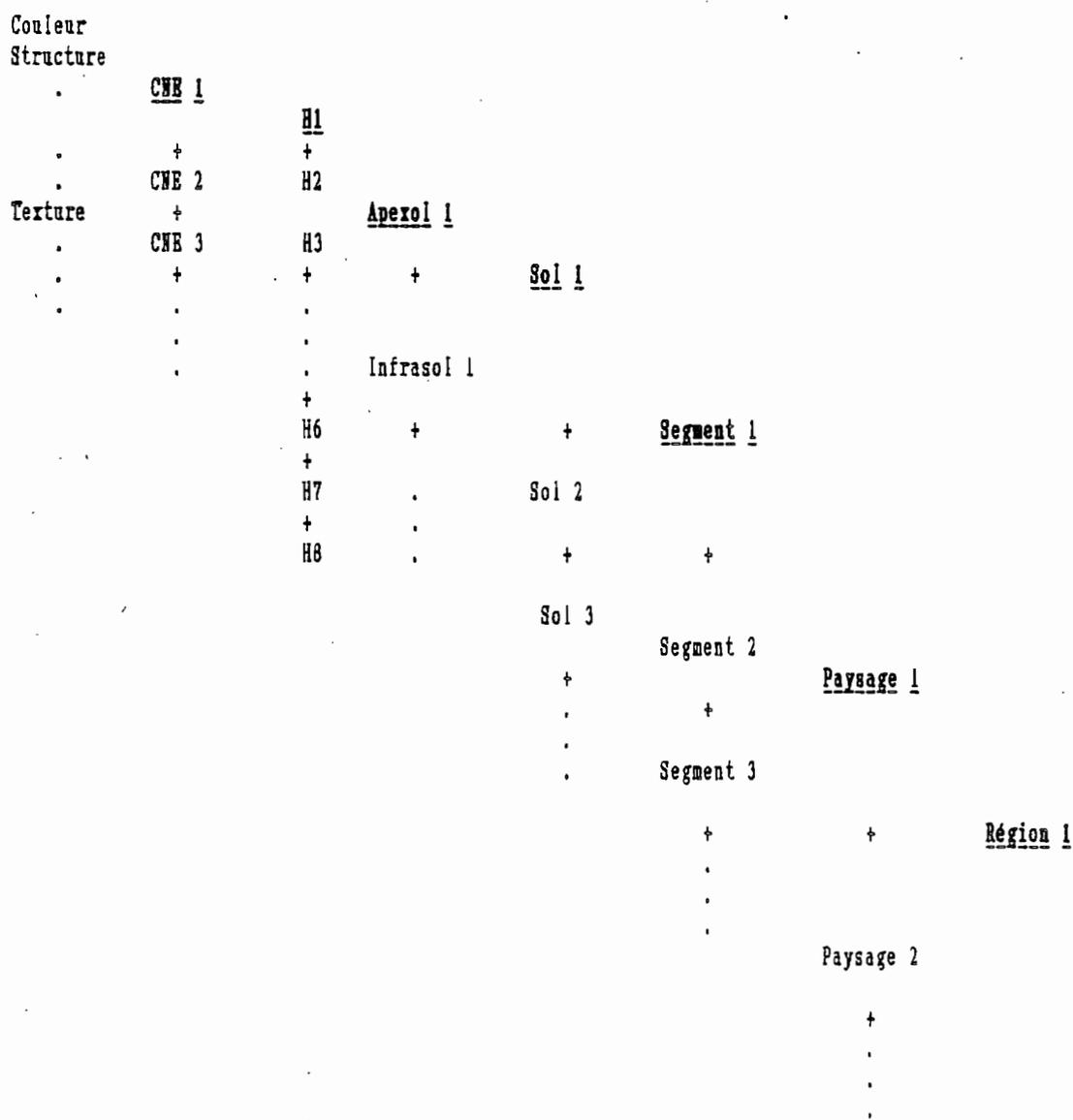
Pour ce pédotype il faut également ajouter le critère "quantification" :

Dans l'horizon H1 : Humite1 Structichron1
Dans l'horizon H2 : Humite4 Structichron1

REMARQUE : Nous nous apercevons maintenant de l'importance que peut prendre le niveau de quantification intermédiaire dans un corps naturel intergrade. En effet, dans cet exemple, il apparaît nettement que pour un pédotype intergrade la quantification rela-

tive des divers pédotypes simples qui le composent intervient immédiatement comme critère discriminant. En revanche, pour le pédotype lapidon, la quantification n'est interprétée qu'après avoir distingué les différents sous-ensembles.

Le même type d'analyse peut se faire pour chaque horizon, puis au niveau des horizons, du sol, etc... Nous aboutissons ainsi à la définition d'ensembles complexes comme le montre le schéma ci-dessous.



Sur cet arbre, nous avons ainsi fait apparaître un chemin d'information morphopédologique le long duquel chaque donnée correspondant à un niveau d'information précis, à une échelle définie, est parfaitement localisée dans cet ensemble mais également dans l'espace par l'apport de données

d'autres types (profondeur, coordonnées géographiques, géomorphologie, etc...).

Nous découvrons ainsi qu'une donnée élémentaire ne peut posséder une valeur d'information réelle, utilisable, qu'à la condition d'être parfaitement localisée aussi bien dans la chaîne d'informations que dans l'espace géographique. Pour parcourir cette chaîne d'informations, cela implique aussi que l'on passe successivement par tous les niveaux d'information et que l'on franchisse les seuils qui les séparent.

Plaçons nous dans une situation quelque peu caricaturale. Si nous utilisons une donnée telle que "argilo-sableux" pour affirmer qu'un "paysage morphopédologique" est argilo-sableux nous faisons abstraction de tout le chemin d'information qui relie cette information à son contexte. Par exemple :

Considérons le chemin élémentaire qui relie la donnée "argilo-sableux" à la racine de l'arbre ou du sous-arbre d'information: structichron à horizon HM (1) à orthoapexol (HM+HH) à orthoapexol/altérite (SOL) à segment 1 à paysage morphopédologique A, etc...

En empruntant un chemin différent, argilo-sableux pourrait faire partie de la chaîne argilo-sableux à humite à horizon HH à humoapexol à humoapexol/stérite à segment 3 à paysage morphopédologique B, etc...

Il est donc difficile de "sortir" une donnée de son contexte, de son chemin, pour l'utiliser à un niveau élevé de synthèse sans risquer de perdre une quantité importante d'information et de fausser l'interprétation et l'utilisation ultérieure des résultats.

Chaque seuil franchi, chaque niveau parcouru crée le chemin d'information qui permet de passer logiquement de la première information élémentaire aux ensembles plus vastes. C'est de cette façon, et de cette seule façon, que nous pouvons obtenir des images fidèles de la réalité en faisant usage de la totalité de l'information. Images sur lesquelles nous pouvons éventuellement intervenir à quelque niveau que ce soit.

♦ ♦

(1) Les définitions des horizons de types HH et HM seront précisées dans le paragraphe 2.2

II- VERS UNE TYPOLOGIE DES HORIZONS

Nous venons de démontrer que, partant d'une ou plusieurs données élémentaires, nous créons peu à peu, en rassemblant les informations par niveaux successifs, un "chemin d'information". Il nous mène au "paysage morphopédologique" en partant du corps naturel élémentaire et en passant par l'horizon, le sol (apexol et infrasol) et le segment morphopédologique.

Examinons maintenant quelles sont les différentes étapes de cette analyse de l'information concernant le milieu physique en nous appuyant encore une fois sur l'exemple du sol ferrallitique MAG 7.

A- Le calcul des quantités respectives de chaque corps naturel élémentaire

Les règles à suivre pour obtenir la quantification s'appliquant à chaque corps naturel élémentaire reconnu dans un sol ont été présentées dans le premier chapitre. En respectant les principes énoncés nous obtenons, en ce qui concerne le sol MAG 7, les résultats suivants :

Horizon H1 (0-13cm) :

-(Péto).Lapido6 régolique (Si), arénique.	= 1%
-(Fragi).Lapido6 régolique (Si), rudique.	= 1%
-(Fragi<-->Duri).Lapido6 oxydique (Fe), 5 YR.	= 1%
-(Duri).Lapido5 oxydique (Fe), 10 R.	= 3%
-(Humitel Structichron1)1, 5 YR.	
100-(1+1+1+3)	= 94%
soit: Humite	= 47%
Structichron 5YR	= 47%

Horizon H2 (13-32cm) :

-(Fragi).Lapido6 régolique (Si), rudique.	= 1%
-(Fragi<-->Duri).Lapido5 oxydique (Fe), 5 YR.	= 3%
-(Fragi).Lapido5 oxydique (Fe), 10 R.	= 3%
-Structichron5, 5 YR.	= 3%
-(Structichron1 Humite4)1, 5 YR.	100-(1+3+3+3) = 90%
soit: Humite	= 9%
Structichron 5YR	= 81%

Horizon H3 (32-76cm) :

-(Fragi).Lapidon6 régolique (Si), rudique. = 1%
-(Duri).Lapidon6 oxydique (Fe), 10 R. = 1%
-(Duri<-->Fragi).Lapidon6 oxydique (Fe), 5 YR. = 1%
-Structichron1, 5 YR. 100-(1+1+1) = 97%

Horizon H4 (76-114cm) :

-(Fragi).Lapidon6 régolique (Si), rudique. = 1%
-(Fragi Duri).Lapidon6 (altérégolique1/oxydique3)
7.5 YR. = 1%
-(Duri).Lapidon6 oxydique, 10 R. = 1%
-(Pauci).Lapidon5 (oxydique1 structichromique1),
10 R. = 3%
-(Leuciton1 Réducton3)4, 10 YR. = 10%

soit: Leuciton = 7.5%
Réducton = 2.5%

-(Structichron1 Leuciton3)4, 10 YR. = 10%

soit: Structichron 10YR = 7.5%
Leuciton = 2.5%

-Structichron1, 2.5 YR 100-(1+1+1+3+10+10) = 74%

Horizon H5 (114-151cm) :

-(Fragi).Lapidon6 régolique (Si), rudique. = 1%
-(Fragi Duri).Lapidon6 (altérégolique/oxydique),
7.5 YR. = 1%
-(Duri).Lapidon6 oxydique (Fe), 10 R. = 1%
-(Pauci Fragi).Lapidon4 (oxydique structichromique),
10 R. = 10%
-(Structichron1 Leuciton4)4, 10 YR. = 10%

soit: Structichron 10YR = 9%
Leuciton = 1%

-(Leuciton1 Réducton3)4-->3, 10 YR. = 10
à 23%

soit: Leuciton = 7.5 à 17.5%
Réducton = 2.5 à 5.5%

-(Structichron1 Oxydon1)1,
2.5 YR. 100-(1+1+1+10+10) = 67%
à 100-(1+1+1+10+23) = 54%

Horizon H6 (151-189cm) :

-Séméton6 oxydique, placages.	= 1%
-(Fragi).Lapidon6 régolique (Si), rudique.	= 1%
-(Structichron1 Leuciton3)6, 10 YR.	= 1%
soit: Structichron 10YR	= 0.7%
Leuciton	= 0.3%
-(Structichron1 Oxydon1)5, 2.5 YR.	= 3%
soit: Structichron 2.5YR	= 1.5%
Oxydon	= 1.5%
-(Leuciton1 Réducton3)4, 10 YR.	= 10%
soit: Leuciton	= 7.5%
Réducton	= 2.5%
-(Pauci<-->Fragi).Stéritel (lapidique1/oxydique4), 10 R. 100-(1+1+1+3+10) = 84%	
dont: Lapidon	= 76%
. oxydique1	= 38%
.(altérégolique/oxydique)1	= 38%
Oxydon, 10R	= 8%

Horizon H7 (189-222cm) :

-Séméton6 oxydique, placages.	= 1%
-(Fragi).Lapidon4 régolique (Si), rudique.	= 11%
-(Fragi Duri).Lapidon3 rudique.	= 22%
dont: Oxydique1, 10R	= 11%
Altérégolique/oxydique, 7.5YR	= 11%
-(Structichron1 Leuciton3)3, 10 YR.	= 22%
soit: Structichron 10YR	= 17%
Leuciton	= 5%
-(Leuciton1 Réducton3)3, 10 YR.	= 22%
soit: Leuciton	= 17%
Réducton	= 5%
-(Structichron1 Oxydon1)3, 2.5 YR.	= 22%
soit: Structichron 2.5YR	= 11%
Oxydon	= 11%

Horizon H8 (222-249cm) :

-Séméton6 oxydique, placages.	= 1%
-(Fragi).Lapidon6 régolique (Si), rudique.	= 1%
-(Fragi Duri).Lapidon4 oxydique (Fe).	= 10%
dont: Oxydique 10R	= 4%
Oxydique 7.5YR	= 6%
-(Structichron1 Oxydon2)4, 2.5 YR.	= 10%
soit: Structichron 2.5YR	= 6%
Oxydon	= 4%
-Structichron3, 5 YR.	= 23%
-(Leuciton1 Réducton4)1, 10 YR.	
100-(1+1+10+10+23)	= 55%
soit: Leuciton	= 49.5%
Réducton	= 5.5%

Horizon H9 (249-300cm) :

-(Pétero).Lapidon6 régolique (Si), arénique.	= 1%
-(Fragi).Lapidon6 régolique (Si), rudique.	= 1%
-(Structichron1 Leuciton3)5, 10 YR.	= 3%
soit: Structichron 10YR	= 2.5%
Leuciton	= 0.5%
-(Structichron1 Oxydon2)5, 2.5 YR.	= 3%
soit: Structichron 2.5YR	= 2%
Oxydon	= 1%
-(Fragi Duri).Lapidon4 oxydique (Fe).	= 10%
dont: Oxydique 7.5YR	= 6%
Oxydique 10R	= 4%
-Structichron4, 5 YR.	= 10%
-(Leuciton1 Réducton4)1, 10 YR	
100-(1+1+3+3+10+10)	= 72%
soit: Leuciton	= 65%
Réducton	= 7%

Nous avons maintenant quantifié tous les corps naturels élémentaires présents à l'intérieur de ce sol ferrallitique. C'est une étape qui peut paraître fastidieuse, mais qui est indispensable avant de poursuivre le traitement des données qui nous conduira, dans un premier temps, à l'identification des types d'horizons.

B- L'identification des horizons

Nous avons signalé au début du deuxième chapitre (p.227) que l'horizon est reconnu immédiatement, souvent de façon intuitive, et qu'il représente ainsi la première expertise que le naturaliste (géographe, pédologue, botaniste,...) est amené à faire sur le terrain en se fondant sur son expérience.

Mais la définition de l'horizon précise par ailleurs que ce volume se caractérise par l'association de corps naturels. Un horizon se différencie d'un autre essentiellement par les variations relatives des quantités des différents corps naturels reconnus dans le sol, et/ou par l'apparition ou la disparition d'un ou plusieurs corps naturels, et/ou par les variations d'un ou plusieurs traits morphologiques concernant un corps naturel élémentaire particulier et qui est très largement dominant à l'intérieur du volume limité par l'horizon.

Il est donc nécessaire, ainsi que nous l'avons dit, non seulement de valider la première expertise de terrain, mais également d'aller plus avant dans l'analyse et mettre en évidence les volumes d'ordre supérieur en précisant leur contenu d'information.

La caractérisation des horizons impose donc la parfaite identification des corps naturels élémentaires et leur quantification. C'est ce que nous venons de faire. Cette première étape franchie, on peut alors présenter le sol en termes d'infrasol et d'apexol. Pour obtenir ce résultat il est nécessaire, encore une fois, de procéder par étapes successives et de classer les corps naturels élémentaires selon leur appartenance à l'infrasol ou à l'apexol. Certains d'entre eux n'appartiennent ni à l'un des ensembles, ni à l'autre car ils peuvent s'observer aussi bien dans l'apexol que dans l'infrasol (se reporter au premier chapitre).

1- LES ENSEMBLES DE CORPS NATURELS ELEMENTAIRES

La perspective d'un traitement systématique de l'information rend nécessaire la codification des ensembles de corps naturels. Dans un premier temps, sans

tenir compte des corps naturels intergrades (1) nous pouvons proposer trois ensembles principaux :

ENSEMBLE I

Il regroupe les corps naturels élémentaires possédant un "caractère contraignant" accentué (se reporter au paragraphe IV du premier chapitre) qui forment généralement l'infrasol. La liste est actuellement la suivante :

- Topolite
- Lapidon
- Stérite
- Réducton
- Séméton
- Isaltérite
- Allotérite
- Entaféron rudique
- Hydrophyse

ENSEMBLE A

Il rassemble les corps naturels ne possédant aucun caractère de "contrainte" et constitue l'apexol, partie supérieure meuble du sol reposant sur l'infrasol. Deux sous-ensembles ont été distingués :

Sous-Ensemble H

Il s'agit d'un sous-ensemble à caractère humique dans lequel on retrouve :

- Humite
 - .Arumite
 - .Mélanumite
- Nécrumite

(1) Il est toujours possible de replacer un corps naturel élémentaire intergrade dans un des ensembles proposés en calculant l'importance relative de chacune de ses composantes en fonction de règles préalablement définies. Par exemple un pédotype intergrade composé de deux individus sera mis dans le groupe du pédotype représentant au moins 50% de l'ensemble. Ces règles peuvent être précisées en fonction des objectifs recherchés, mais cette démarche est nécessaire si on envisage un traitement rigoureux et systématique de l'information.

Sous-Ensemble M

Il ne présente aucun caractère humique marqué. Il est caractérisé par :

- Structichron
- Oxydon
- Leuciton
- Vertichron
- Entaféron lutique et/ou arénique

ENSEMBLE N

Il réunit les corps naturels élémentaires non spécifiques des ensembles I et A.

- Dermilite
- Ecluton
- Téphralite
- Domabion
- Bioféron
- Nécrophytion
- Rhizagé
- Rhizophyse
- Cryptagé

2- LES TYPES D'HORIZONS

La caractérisation des horizons s'appuiera donc sur la présence ou l'absence des corps naturels élémentaires et leur appartenance aux différents ensembles que nous venons de présenter. Afin d'aider à la décision plusieurs critères seront pris en considération. Il s'agit de :

- la valeur de la quantification du corps naturel.
- la dureté du corps naturel (stérite, lapidon, entaféron rudique).
- la nature chimique des éléments du corps naturel (stérite, séméton,...) exprimée en terme de solubilité.
- la dimension des éléments du corps naturel (lapidon, entaféron rudique, séméton).
- la dimension du volume occupé par le corps naturel, traduite par l'épaisseur de l'horizon.

Ces critères concernent essentiellement les corps naturels de l'ensemble I (infrasol) et permettent en fait de déterminer avec plus de rigueur le "niveau de contrainte" que peut représenter un pédotype ou tout autre corps naturel élémentaire.

L'identification du sol se fait alors en suivant plusieurs étapes :

-la recherche des horizons de l'ensemble I (infrasol) qualifiés de "Type HI".

-la recherche des horizons meubles de l'ensemble A (apexol) qualifiés de "Type HA" et divisés en deux groupes :

.horizons humiques : "Type HH"

.horizons minéraux : "Type HM"

-la recherche des horizons non spécifiques des deux ensembles apexol et infrasol qui seront qualifiés de "Type HN".

a- Les horizons de "type HI"

Pour ces horizons il est absolument nécessaire de déterminer avec une bonne précision le "niveau de contrainte" des corps naturels élémentaires identifiés comme faisant partie intégrante de l'ensemble infrasol (I). Pour obtenir un résultat fiable nous devons encore une fois concevoir certaines règles qui marqueront notre cheminement le long de la chaîne d'information et que nous nous engagerons à suivre. Ces règles ne sont pas immuables et peuvent être modifiées d'un projet à l'autre en fonction des buts à atteindre qu'il s'agisse de recherches à caractère génétique ou d'études concernant plus spécifiquement le développement.

La première phase consiste, bien évidemment, à recenser les corps naturels élémentaires spécifiques de l'ensemble infrasol (I) et à prendre en considération leur quantification. Plusieurs cas se présentent :

- Il n'existe qu'un seul corps naturel faisant partie de l'ensemble I.

Il faut alors se reporter à la colonne quantification du tableau 2. Puis en fonction du résultat, soit continuer la lecture du tableau, soit abandonner ce critère si le niveau de quantification est insuffisant pour considérer ce corps naturel comme un indicateur de la présence d'un horizon de type HI.

- Il existe plusieurs corps naturels faisant partie de l'ensemble I.

Nous devons distinguer deux situations :

1- parmi ceux-ci l'un d'entre eux est très largement dominant et suffit à lui seul pour identifier un horizon du type HI (après lecture du tableau 2). Nous nous retrouvons alors dans la situation précédente.

2- aucun des corps naturels élémentaires présents n'est en quantité suffisante pour déterminer à lui seul l'appartenance de l'horizon au type HI. Il faut alors considérer la somme des corps naturels faisant partie de l'ensemble I. Pour la suite de ce travail, si elle est égale ou supérieure à 50% de l'ensemble de l'horizon nous proposons de placer l'horizon dans le type HI.

Dans un deuxième temps nous établirons un classement provisoire des horizons HI qui s'appuie sur les données rassemblées dans le tableau 2. Nous identifions de cette manière des horizons HI_x.

"x" = indice variant de 1 à 8 qui identifie le "niveau de contrainte" de l'horizon HI. 1 étant le niveau de contrainte le plus élevé.

En ce qui concerne les horizons classés comme horizons de type HI à la suite de la sommation de plusieurs corps naturels élémentaires, le coefficient "x" affectant l'horizon HI sera déterminé en fonction du ou des corps naturels dominants. Toutefois ce coefficient sera pondéré selon l'importance de ce corps naturel par rapport aux autres corps naturels présents. Nous proposons les règles suivantes adoptées pour l'analyse des exemples que nous présenterons ultérieurement.

- le corps naturel dominant représente moins de 50% de l'ensemble de l'horizon. Dans ce cas on ajoutera 2 au coefficient "x" de ce corps naturel déterminé par la lecture du tableau 2.

- le corps naturel dominant représente de 50% à 75% de l'ensemble de l'horizon. Dans cette situation on ajoute 1 à la valeur de "x", toujours déterminé par la lecture du tableau 2.

- le corps naturel dominant représente plus de 75% de la totalité de l'horizon. La valeur de "x" est conservée sans modification.

En présence d'un horizon dans lequel il existe deux corps naturels élémentaires en quantités égales, inférieures à 50% mais supérieures à 40%, l'un faisant partie de l'ensemble infrasol (I) l'autre de l'ensemble apexol (A) humique ou non humique, par convention nous privilégierons le corps naturel de l'ensemble I. Dans ces conditions l'horizon sera du type HI.

Corps naturel élémentaire	Quantification en %	Critère de dureté	Nature des éléments	Dimension des éléments (cm)	Coefficient "x"
Stérite	-	-	soluble	-	1
Stérite	-	pauci	non soluble	-	7
	-	pauci-fragi		-	6
	-	fragi		-	5
-id-	-	fragi-duri	-id-	-	4
	-	duri		-	3
	-	duri-péto		-	2
	-	péto		-	1
Lapidon et Entaféron rudique	>80 50-80	pauci pauci	- -	- -	7 8
	>70	fragi	-	<7.5	5
	<50	fragi	-	>7.5	6
	>50	fragi	-	>7.5	4
	>60	péto et duri	-	<2	6
	>60		-	2-7.5	4
-id-	40-60		-	2-7.5	5
	>40	-id-	-	7.5-20	2
	>20		-	>20	1
Séméton	>50 30-50	- -	non soluble non soluble	- -	3 5
"	>30	-	soluble	-	3
Réducton	>80 50-80	- -	- -	- -	3 4
Isaltérite	>50	-	-	-	1
Allotérite	>50	-	-	-	2

Tableau 2 : Détermination du coefficient "x" des horizons de type HI.

La deuxième phase n'intervient qu'après avoir reconnu tous les types d'horizons présents dans le sol. La décision de placer définitivement un horizon Hix dans l'ensemble des horizons du type HI se fait alors en tenant compte de l'épaisseur de l'horizon Hix ou de celle de la somme des horizons Hix successifs. Pour aider à cette décision nous proposons de nous conformer aux règles suivantes :

-pour un horizon ou une succession d'horizons Hix (x=7 ou 8).

Si l'épaisseur ou la somme des épaisseurs réelles des horizons est supérieure à celle de la valeur correspondant à l'indice minimum, l'horizon ou le groupe d'horizons formé par cette succession est du type HI.

EXEMPLE : Dans le cas d'une succession HI 7, HI 8 dont les épaisseurs sont respectivement de 25 et 18cm nous avons pour l'ensemble (HI 7+HI 8) une épaisseur totale de 43cm. Si on se réfère au tableau 3 nous voyons que la valeur de l'épaisseur de l'horizon d'indice minimum (7 dans ce cas) ne doit pas être supérieure à 30cm pour que l'horizon ne soit pas placé parmi le type HI. Par conséquent dans la situation présente (épaisseur totale de 43cm) l'ensemble HI 7+HI 8 sera définitivement rangé dans l'ensemble des horizons de type HI.

Coefficient "x"	Epaisseur de l'horizon (cm)
1	1
2	2
3	5
4	10
5	15
6	20
7	30
8	40

Tableau 3: Correspondance entre les valeurs du coefficient "x" et l'épaisseur de l'horizon

REMARQUE1 : Pour expliciter ce tableau 3 nous dirons qu'un horizon HI 1 ne sera pas classé parmi les horizons de type HI si son épaisseur est inférieure à 1cm, un horizon HI 2 si son épaisseur est inférieure à 2cm, un horizon HI 3 si son épaisseur est inférieure à 5cm, ..., un horizon HI 8 si son épaisseur est inférieure à 40cm.

REMARQUE2 : Les limites proposées dans les tableaux 2 et 3 sont celles qui ont été retenues pour les travaux de cartographie effectués en Nouvelle Calédonie. Elles sont présentées ici à titre d'exemple et peuvent bien entendu être modifiées en fonction des questions auxquelles nous sommes amenés à répondre.

Au contraire dans le cas d'une succession HI 7+HI 8+HI 7 d'épaisseurs respectives 7, 9, 10cm soit une somme de 26cm, valeur inférieure à la limite de 30cm correspondant à $x=7$, le groupe d'horizon ne sera pas rangé parmi les horizons de type HI.

-pour un horizon ou une succession d'horizons HI_x ("x" variant de 2 à 6)

Quelle que soit l'épaisseur de l'horizon ou du groupe d'horizons formant la succession, nous la placerons dans l'ensemble des horizons de type HI.

-pour une succession complexe d'horizons HI_x ("x" variant de 2 à 6) et d'horizons HI_x ("x" = 7 ou 8)

Si la somme des épaisseurs réelles est supérieure à 30cm, le groupe sera rangé dans l'ensemble des horizons de type HI.

Si les horizons HI_x ne satisfont pas aux règles précédentes ou si l'épaisseur d'un horizon HI_x isolé est inférieure aux limites du tableau 3, cet ensemble ou cet horizon est assimilé à un horizon de l'ensemble HN.

b- Les horizons de "type HH"

Les horizons de type HI ayant été définis par un certain nombre de critères, les horizons de type HH possèdent en premier lieu les caractéristiques du complémentaire de ces critères. Ce sont donc les complémentaires de HI, que nous formulerons ainsi :

Ils ne sont pas de type HI.
D'autre part, si la somme des corps naturels élémentaires du sous-ensemble humique et la somme des corps naturels élémentaires non spécifiques de l'ensemble infrasol (I) ou de l'ensemble apexol (A) est supérieure

à 40% (Somme de H + Somme de N >40%) et si le rapport Somme de H/Somme de N est supérieur à 3, l'horizon sera du type HH.

Si ces conditions ne sont pas respectées, l'horizon peut être soit du type HM, soit du type HN. En choisissant une limite de 40%, nous privilégions la présence des corps naturels élémentaires de type humique par rapport aux autres pédotypes de l'infrasol ou de l'apexol.

c- Les horizons de "type HM"

Ce type est défini par les caractéristiques complémentaires des horizons de type HI et/ou de type HH soit en d'autres termes par le complémentaire de l'union HI-HH. Nous pouvons l'écrire ainsi :

Ils ne sont pas de type HI
Ils ne sont pas du type HH

D'autre part si la somme des corps naturels élémentaires de l'ensemble apexol (A) et la somme des corps naturels élémentaires non spécifiques de l'ensemble infrasol (I) ou de l'ensemble apexol (A) est supérieure à 50% (somme de A + Somme de N >50%) et si le rapport Somme de A/Somme de N est supérieur à 3, l'horizon sera du type HM.

Si ce n'est pas le cas, l'horizon sera placé dans l'ensemble des horizons de type HN.

d- Les horizons de "type HN"

Leurs caractéristiques sont les complémentaires de celles des trois types d'horizons précédents. Cela peut se résumer de la façon suivante :

Ils ne sont pas de type HI
Ils ne sont pas de type HH
Ils ne sont pas de type HS

Dans ces horizons se trouvent rassemblés des corps naturels élémentaires particuliers (se reporter à la liste précédente du paragraphe 1) ainsi que des corps naturels élémentaires appartenant aux ensembles I (infrasol) et A (apexol) mais en quantité et/ou en épaisseur insuffisantes pour définir des horizons HI, HH ou HM.

Maintenant que ces règles ont été posées reprenons notre sol ferrallitique MAG 7 pour déterminer les types

d'horizons présents.

Horizon H1 : 0-13cm

Type HH

(I) somme lapidon <25% (6%)
(A) humique >40% (47%)
(A) non humique (47%)

Horizon H2 : 13-32cm

Type HM

(I) somme lapidon <25% (7%)
(A) humique <40% (9%)
(A) non humique >50% (84%)

Horizon H3 : 32-76cm

Type HM

(I) somme lapidon <25% (3%)
(A) humique = 0%
(A) non humique >50% (97%)

Horizon H4 : 76-114cm

Type HM

(I) somme lapidon <25% (6%)
somme réducton <50% (2.5%)
et somme de (I) <50%
(A) non humique >50% (91.5%)

Horizon H5 : 114-151cm

Type HM

(I) somme lapidon <25% (13%)
somme réducton <50% (2.5-->5.5%)
et somme de (I) <50%
(A) non humique >50% (84.5-->81.5%)

Horizon H6 : 151-189cm

Type HI

(I) stérile = 84% -->HI6 car (pauci-fragi).stérile
d'une épaisseur >20cm
réducton <50% (2.5%)
séméton <30% (1%)
lapidon (diamètre <7.5cm) <50% (1%)
et somme de (I) >50%
(A) non humique <50% (11.5%)

Horizon H7 : 189-222cm

Type HM

(I) somme lapidon (diamètre <7.5cm) <50% (33%)
séméton <30% (1%)

réducton <50% (5%)
 et somme de (I) <50%
 (A) non humique >50% (61%)

Horizon H8 : 222-249cm

Type HM

(I) somme lapidon (diamètre <7.5cm) <50% (11%)
 séméton <30% (1%)
 réducton <50% (5.5%)
 et somme de (I) <50%
 (A) non humique >50% (82.5%)

Horizon H9 : 249-300cm

Type HM

(I) somme lapidon (diamètre <7.5cm) <50% (12%)
 réducton <50% (7%)
 et somme de (I) <50%
 (A) non humique >50% (81%)

Le sol MAG 7 est donc formé de la succession suivante:

HH	-	!	
HM		!	
HM		!	Apexol
HM		!	
HM	-	!	

	-	!	
HI		!	
	-	!	
		!	Infrasol
HM		!	
HM		!	
HM	-	!	

Si on se reporte aux définitions du chapitre 1 de la première partie ce sol ferrallitique correspond à un ORTHOAPEXOL bathique.

REMARQUE : Compte tenu de ce qui vient d'être présenté nous sommes en mesure de donner des définitions plus synthétiques des apexols.

1-ANAPEXOL : se caractérise par la présence à l'affleurement (surface du sol) d'un horizon de type HI. Toutefois l'horizon HI peut se trouver sous un ou plusieurs horizons de type HM.

Anapexol = (HM)/HI

2-HUMOAPEXOL :si tous les horizons placés au-dessus du ou des horizons de type HI sont de type HH et/ou HM et s'il existe au moins un horizon de type HH, il s'agit d'un humoapexol.

Humoapexol = (HH)+HH/HI

3-ORTHOAPEXOL :s'il existe au moins un horizon de type HH suivi d'un horizon de type HM au-dessus d'un horizon de type HI, il s'agit d'un orthoapexol. Un ou des horizons de type HM peuvent être présents.

Orthoapexol = (HH)+HH+HM/HI

4-ANHUMOAPEXOL :s'il n'existe pas d'horizon de type HH et s'il existe au moins un horizon de type HM surmontant un horizon de type HI, nous parlerons d'anhumoapexol. Un ou des horizons de type HM peuvent exister.

Anhumoapexol = (HM)+HM/HI

Voici exposées des propositions de règles qui permettent un traitement des données de morphologie des diverses composantes du milieu physique. Nous les avons appliquées à des études de topo-séquences puis de cartographie morphopédologique. Le principe essentiel de cette approche consiste à faire apparaître des typologies successives caractérisant des volumes de plus en plus vastes pour rendre compte du degré d'organisation du milieu étudié. C'est ce que nous allons illustrer dans la suite de cet exposé.



Pour conclure,

Il est donc possible de décrire simplement et de façon quantifiée les corps naturels élémentaires en associant une échelle numérique (de 1 à 6, valeurs correspondant à des classes de pourcentage) aux vocables qui les qualifient. Ainsi que cela a été présenté, cette quantification relative permet, à l'aide de règles de calcul simples, d'obtenir les pourcentages de chacun des corps naturels présents à l'intérieur d'un horizon, volume de référence (100%) positionné dans l'espace et reconnu "a priori" par l'expert. L'analyse des variations des différentes quantités de corps naturels nous offre alors les moyens de construire des graphes -les profils structuraux- qui en visualisent le suivi vertical. Nous pouvons de cette manière valider les limites naturelles d'horizons, associées en fait à la notion de seuil, mais également invalider d'autres limites en faisant apparaître leur aspect artificiel de repère spatial au moment de la saisie des données sur le terrain.

Nous avons aussi les moyens de poursuivre cette démarche en caractérisant des types d'horizons puis des types de sols. Les types d'horizons sont définis en fonction de la présence et des quantités relatives des corps naturels reconnus dans ce volume. Les types de sols apparaissent selon le mode de succession des types d'horizons précédemment définis.

Pour obtenir ces résultats nous avons dû répondre à plusieurs besoins :

- **Un besoin de codification** : Un code est absolument nécessaire si nous voulons manipuler les informations et en véhiculer des quantités importantes sous une forme plus synthétique que celle correspondant aux corps naturels élémentaires.

- **Un besoin de calcul** : Il est en effet indispensable de procéder à des regroupements qui font apparaître des types intermédiaires. Pour cela le moyen le plus accessible est celui de la comparaison de valeurs numériques.

- **Un besoin de règles d'organisation** : Elles nous permettent de mettre en forme l'information, par le calcul, ou en recherchant les chemins d'information, et de caractériser de façon précise les différents types.

Nous pouvons passer ainsi, par niveaux de synthèse successifs du corps naturel élémentaire à l'horizon puis au sol. Nous verrons par la suite comment caractériser les volumes d'ordre plus élevé que sont les segments et les séquences (paysage) morphopédologiques. Pour cela nous utiliserons essentiellement les règles d'organisation et la recherche des chemins d'information qui permettent d'identifier les relations pouvant s'établir entre les corps naturels élémentaires.

* * *

*



Conclusion

INFORMATION LIBRE ?

Nous venons de proposer le concept de corps naturel élémentaire qui exprime la présence d'objets réels, à l'échelle du terrain, à partir desquels s'organise un sol, une "végétation", un "paysage", ... Il s'attache à ce concept un ensemble, non borné d'informations, d'origine et de nature diverses. Un structichron sera rouge, jaune, ou... , argileux, sableux, ou..., kaolinitique, kaolinitique et illitique, ou..., amérode, (mésou macro-)anguclode, ou..., toutes informations qui permettent de caractériser un structichron. Un lapidon sera oxydique, mégarudique, stéritique, ..., un autre sera siliceux, en plaquettes,... Quoi qu'il en soit, l'objet reconnu sera toujours un lapidon, un structichron, ..., un corps naturel élémentaire.

Le corps naturel une fois identifié par le naturaliste (géographe, pédologue, botaniste, ...) qui propose en fait une expertise, il est alors possible de le caractériser par toute une "suite d'informations" dont la forme n'est pas fixée. Selon l'évolution des connaissances, nous pouvons lui adjoindre de nouvelles données ou bien, à l'inverse, en ôter d'autres. La quantité d'information n'est donc pas limitée et peut être augmentée ou réduite, afin de préciser la caractérisation de l'objet corps naturel, sans pour cela affecter la signification profonde du concept.

C'est en ce sens que nous proposons de parler d'information libre.

INFORMATION LIBRE ?

Si les corps naturels ne sont pas bornés pour ce qui concerne la quantité d'information qui leur est associée, ils ne le sont pas non plus lorsqu'il s'agit des dimensions, formes, ... de leur enveloppe. Un leuciton, par exemple, peut occuper un volume très réduit de quelques millimètres ou centimètres cubes, mais peut également présenter une extension beaucoup plus importante de l'ordre de décimètre, du mètre cube ou plus encore. Nous passons ainsi de la dimension d'une ponctuation, d'une tache à celle d'un horizon, d'un segment, d'un paysage ou même peut être d'une région comme c'est le cas dans le Nord de la Nouvelle Calédonie.

Cette évolution de l'ampleur que peut acquérir l'enveloppe physiographique d'un corps naturel élémentaire se traduit par la quantification qui lui est associée. Si nous reprenons l'exemple que nous venons de citer, elle sera tout d'abord de niveau 6 (le

plus faible) pour atteindre le niveau 1 lorsque le leuciton représentera l'élément essentiel, prépondérant ou unique du volume décrit (horizon, segment, ...). Ces modifications de l'importance d'un corps naturel peuvent se faire progressivement. On assiste alors au remplacement graduel d'un corps par un autre. Elles peuvent aussi s'exprimer de façon brutale par la disparition soudaine d'un ou plusieurs corps naturel au profit d'un seul d'entre eux qui occupe alors tout l'espace disponible.

C'est également dans ce sens que nous proposons de parler d'information libre.

INFORMATION LIBRE ?

A la suite d'une expertise, le corps naturel élémentaire, objet naturel parfaitement réel et reconnu sur le terrain, représente donc un moyen de décrire, de collecter et de rassembler une très grande quantité d'information regroupée sous un seul terme qui permet de l'exprimer, de l'utiliser et de la communiquer. Afin que le message soit le plus complet et le plus précis possible, nous avons vu qu'il fallait ajouter au terme qualificatif une composante quantifiée. Pour satisfaire à ces conditions, nous proposons donc un langage qui possède son vocabulaire et sa syntaxe. Les termes de ce langage ont été choisis pour leur capacité de transformation et de dérivation. Ce langage peut donc évoluer, se compléter.

La reconnaissance des corps naturels élémentaires et la collecte des données qui les caractérisent ne sont évidemment pas limitées. Les seules contraintes à signaler sont essentiellement celles inhérentes aux moyens d'observation mis en oeuvre. Toutefois, la saisie ne doit pas se faire sans obéir à un certain nombre de règles qui permettent, dès le premier stade d'une étude du milieu physique, de structurer et d'organiser les données avec pour objectif principal de faciliter leur analyse ultérieure. C'est un des rôles de la syntaxe du langage descriptif que nous avons présenté.

C'est aussi pour cette raison que nous proposons de parler d'information libre.

♦ ♦

En possession d'un tel outil, l'homme de terrain, le naturaliste est en mesure, après avoir observé et décrit le milieu physique, non seulement d'étayer son expertise mais surtout d'aller plus avant dans son analyse. Nous avons montré comment organiser les données en traçant les profils structuraux qui mettent en évidence des seuils, preuves des modifications dans l'organisation d'un sol, d'un segment, d'un paysage, ... et/ou en recherchant des chemins d'information, traces des relations qui s'établissent entre les corps naturels élémentaires.

L'organisation des données transforme l'information, la canalise. L'information libre devient une "information en mouvement" qui se calque sur la dynamique particulière des corps naturels, et/ou sur la dynamique d'ensembles plus vastes et plus complexes tels que les sols, les segments, les séquences, ... Nous allons suivre ainsi les transformations d'un corps naturel dans un sol ou le long d'une séquence. Les caractéristiques d'un structichron, d'un humite évolueront d'un pôle granulométrique à un autre, d'une couleur à une autre, ... Nous établirons par exemple la présence de liens entre un altérite et un structichron ou un lapidon, entre un structichron, un leuciton et un réducton, entre un oxydon, un lapidon et/ou un stérite, ... Mais en général, mettre en évidence de telles relations entre des corps naturels caractéristiques du sol nécessite l'utilisation d'autres données en provenance d'autres composantes du milieu, afin de faire apparaître la cohérence de l'ensemble. L'étude de ces dynamiques, verticales et horizontales, nous permet alors de caractériser toute une série de volumes emboîtés, images successives des différentes structures du milieu physique.

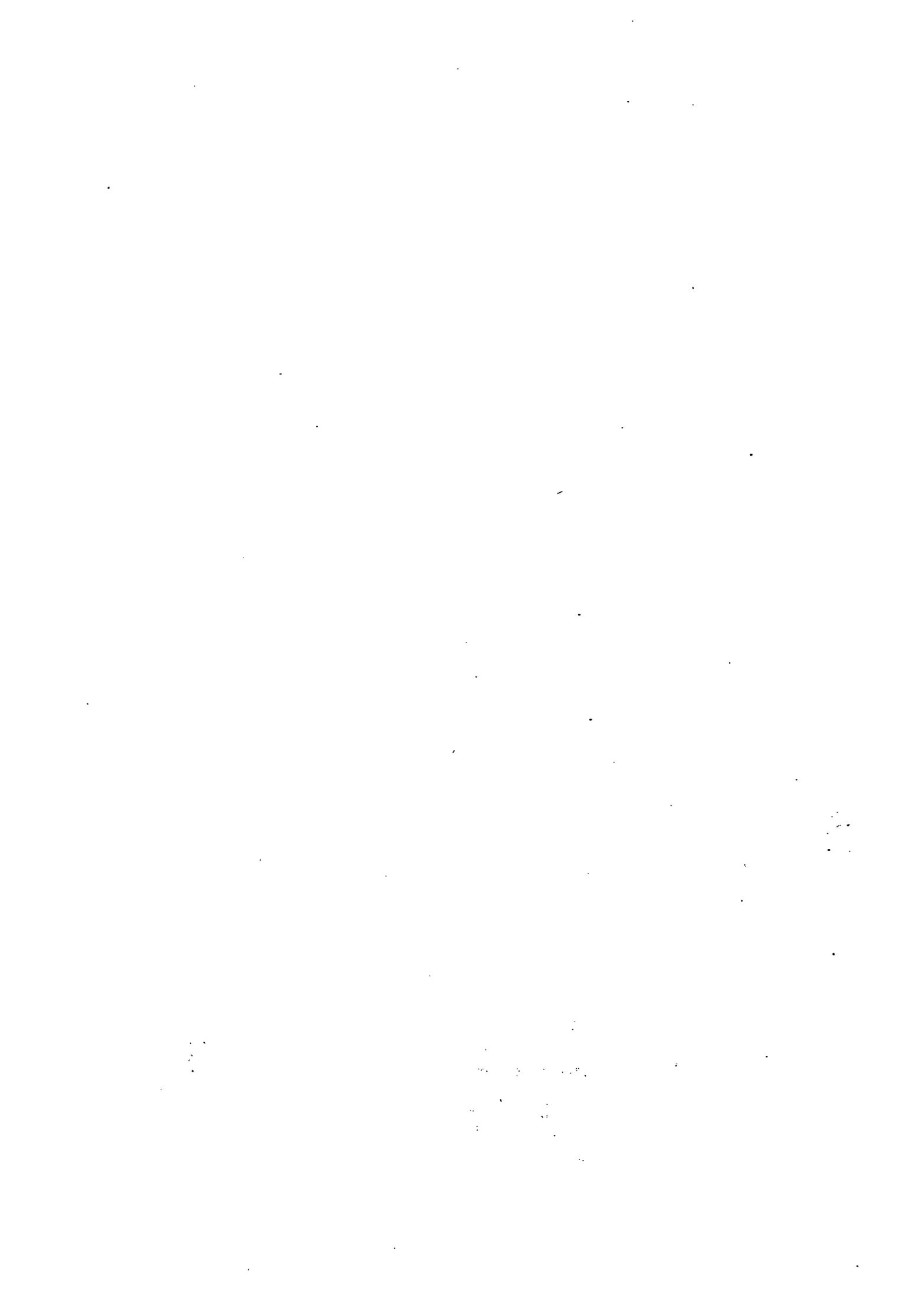
Nous allons en fait essayer d'expliquer, de comprendre ce que nous venons de voir et de décrire. C'est l'objet de la deuxième partie de cet ouvrage.

* *

*

DEUXIEME PARTIE

LES CHEMINS D'INFORMATION : L'INFORMATION EN MOUVEMENT
Etude de toposéquences de sols en Afrique tropicale et
en Nouvelle Calédonie



Le sol se présente à l'observation du pédologue et du naturaliste sous forme de "coupes" visibles à la suite du percement de routes, de la mise en exploitation de carrières, ou, plus simplement, du creusement de "fosses" dites pédologiques qui offrent à la description quatre faces, "4 profils". Un dernier moyen d'examiner et de saisir l'organisation des sols consiste à pratiquer des "sondages" à l'aide d'une tarière. Cette méthode, très souple et très mobile d'emploi, présente cependant l'inconvénient de perturber assez fortement l'organisation de l'échantillon-sol que l'on prélève ainsi et limite alors la description à un petit nombre de faits qui ne sont pas sensibles à ces perturbations. Quelle que soit la méthode retenue, l'observation effectuée est, d'une façon très générale, celle d'une surface. Surface bien souvent assimilée à un volume. Les examens de sol, composante à part entière du "paysage" ne sont cependant pas faits sans obéir à une certaine logique.

LA TOPOSEQUENCE: un
concept essentiel
qui permet...

Dans le milieu physique, les volumes sont matérialisés par une "enveloppe" possédant une forme, le plus souvent bien connue et bien caractérisée. L'étude de ces diverses formes constitue une discipline scientifique, la géomorphologie, qui "a pour objet la description et l'explication du relief terrestre, continental et sous-marin" (Coque, 1977, Géomorphologie, p.1). Dans une approche à caractère géométrique, et très schématiquement, le relief peut être assimilé à un système de pentes dans lequel apparaissent des individualités qui constituent des types, des formes de terrain d'extension plus ou moins vaste. Ces diverses formes, depuis longtemps identifiées, sont à l'origine d'un vocabulaire abondant, parfois imprécis quant à la signification de ses termes et ambigu en ce qui concerne leur utilisation. Mais ici n'est pas notre propos.

Le naturaliste-pédologue ou géographe remarquera, dans une zone climatique définie, les relations qui existent entre les formes de terrain, les types de sols présents et leur distribution le long d'un axe issu du point haut et se dirigeant vers le point le plus bas d'un relief. Il effectuera une analyse toposéquentielle qui lui permettra de mettre en évidence les transformations progressives des corps naturels, des sols, des formes de la pente, depuis le sommet de la forme jusqu'à l'axe de drainage. Ces transformations sont à rapprocher de l'application de divers processus avec des intensités variables.

d'associer une dimension latérale à une observation essentiellement verticale.

Cette analyse va mettre l'accent sur la relation "sol-géomorphologie", à laquelle s'ajoute bien souvent une troisième composante représentée par la végétation (soumise très souvent à d'intenses perturbations d'origine anthropique, ce qui rend l'interprétation des données végétation extrêmement délicate). Ainsi à une vision verticale s'ajoute une autre dimension, latérale cette fois, qui s'exprimera totalement dans la cartographie des sols et des "paysages et segments morpho-pédologiques". La toposéquence sera exprimée par une série de relevés verticaux, plus ou moins rapprochés les uns des autres, en fonction du degré de variabilité des sols, du modelé, et éventuellement de la végétation.

Voici brièvement exposée, la notion de toposéquence qui constitue la façon, maintenant traditionnelle, d'aborder l'étude d'un ensemble morpho-pédologique, d'"un paysage morpho-pédologique" (1). Nous allons maintenant nous attacher, après avoir évoqué le problème de la saisie des données, à l'analyse de trois exemples caractéristiques de certains aspects du milieu physique tropical, observés en Afrique centrale et occidentale ainsi qu'en Nouvelle Calédonie .

Le premier, décrit en zone de savane boisée à proximité immédiate de la région forestière quelque peu dégradée qui borde les rives du M'Bomou, présente en première approximation un profil globalement convexe. Une observation plus approfondie, nécessitant un nivellement précis, fait apparaître des parties nettement convexes séparées par des zones faiblement concaves ou même concave-rectilignes. Cette forme très caractéristique du sud de la République centrafricaine se retrouve sans modifications sensibles d'un élément du modelé général de la région à un autre.

Toute cette zone est très proche du domaine forestier. Dans ces conditions, la permanence de la chaleur et de l'humidité détermine un système morphogénique dominé par les altérations physico-chimiques et biochimiques (Coque, 1977). Selon cet auteur, "cette primauté se traduit par la mollesse d'un relief aux versants matelassés par de puissantes altérites aux couleurs

(1) : Le terme de paysage utilisé ici qualifie en fait une forme de terrain. Comme exemple nous pouvons citer les collines en demi-orange, les plateaux cuirassés et les longs versants à pente douce associés, ...

vives, sous la draperie forestière, d'où n'émergent que de rares affleurements rocheux. ... Dans ces conditions, c'est essentiellement dans les altérites que se développe l'activité des processus morphogéniques de versants. ... Il s'agit de reptations, consécutives à l'impact des grosses gouttes de pluies traversant le feuillage, et surtout au brassage incessant d'une pellicule de sol par une multitude d'animaux fouisseurs, ... L'intensité de la dissolution et du lessivage des argiles, à l'intérieur des altérites, multiplie aussi les tassements. Enfin le ruissellement élémentaire, diffus ou concentré, peut se déclencher sur les sols gorgés d'eau ..." (Coque-1977, Géomorphologie, p.214 et 215).

Le second se place dans le domaine savanien. Il s'agit d'un plateau cuirassé limité par un escarpement net constitué d'une corniche surplombant un long versant rectiligne partiellement cuirassé. Si le raccord avec la corniche cuirassée, très net, est souligné par une brusque concavité, celui avec la zone alluviale est en général peu marqué si ce n'est, par endroits, la présence d'un léger ressaut également cuirassé. Par rapport au modelé précédent, celui-ci traduit l'augmentation de la part des actions mécaniques dans ce système morphogénique (extension des marques de ruissellement, apparition de modelés concaves, phénomènes de "décuirassement", ...). Le décuirassement est à l'origine d'affaissements et de tassements importants, véritable "fusion" du relief (Coque- 1977, Géomorphologie p.224).

Une dernière toposéquence sera présentée. Elle a été observée dans le sud de la Nouvelle Calédonie, région fortement marquée par la nature ultrabasique des roches. La conséquence essentielle de la présence exclusive de péridotites (dunite et harzburgite) associées parfois à des serpentinites est l'envahissement de tout le "paysage" par des organisations constituées en quasi-totalité de fer (auquel sont associés en bien plus faibles quantités, d'autres oxydes et hydroxydes métalliques), qu'il s'agisse de formations meubles, de cuirasses, de nodules ou encore de dépôts alluviaux indurés ou non. Cet ensemble complexe, oxydique ferrugineux, montre des formes d'érosion, de transformation caractérisées par une forte convergence morphologique avec celles rencontrées et décrites dans les régions calcaires (karst ferrugineux, péridotitique, dolines, ...).

* *

*



Sixième chapitre

EN CENTRAFRIQUE: UNE TOPOSEQUENCE SUR MODELE CONVEXO-CONCAVE

Cette toposéquence est située près du village de Malagamba, à 40km au Sud de Bangassou et à proximité du M'Bomou (Oubangui). Les modelés convexo-concaves se caractérisent par une faible extension. La séquence topographique est par conséquent très courte (170m) et sa dénivelée n'excède pas 35m. Le profil en long (Fig. 14) révèle la présence d'une très légère concavité dans la partie médiane du versant. De même, le raccord avec la zone alluviale, s'il ne présente pas de concavité nette, se fait toutefois de façon relativement progressive.

Des études de cartographie morphopédologique placent ce type de séquence dans des unités paysagiques caractérisées par :

-Des modelés convexes en dômes assez larges. Les sommets d'interfluves sont plan-convexes ou convexes. Les versants sont convexes ou rectiligne-convexes. Les altitudes varient entre 440 et 480m pour les dômes.

-Des modelés plan-convexes ou faiblement convexes. Les versants sont rectilignes ou rectiligne-convexes. Les altitudes varient entre 520 et 600m, (Beaudou, Cheval; 1980).

La région de Bangassou fait partie de la surface centrafricaine comprise entre 600 et 800m et moyennement indurée (Boulvert, 1983). D'après ce dernier, la surface centrafricaine est un seuil sur socle ancien séparant le bassin congolais des bassins tchadien et nilotique. Elle correspondrait à une zone déprimée qui fut comblée, au début du mésozoïque, par des formations de couverture du continental intercalaire (plateaux gréseux de Gadzi-Carnot et de Mouka Ouadda) constituant de larges interfluves multiconvexes.

Le climat de cette région se place dans le sous-climat guinéen forestier oubanguien défini par Aubréville (1950). Sil-lans (1958) pense que cette région correspond à la limite nord du sous-climat congolais septentrional. Boulvert (1983, 1986) situe cette zone en lisière du climat guinéen forestier. La saison sèche s'étend de mi-novembre à mi-mars, la saison des pluies de mi-mars à mi-novembre. La pluviométrie moyenne annuelle est de l'ordre de 1600-1700mm et les températures moyennes annuelles de 26°C. Le déficit hydrique est relativement peu important et

Séquence MAG

(Région de Bangassou - Est Centrafrique)

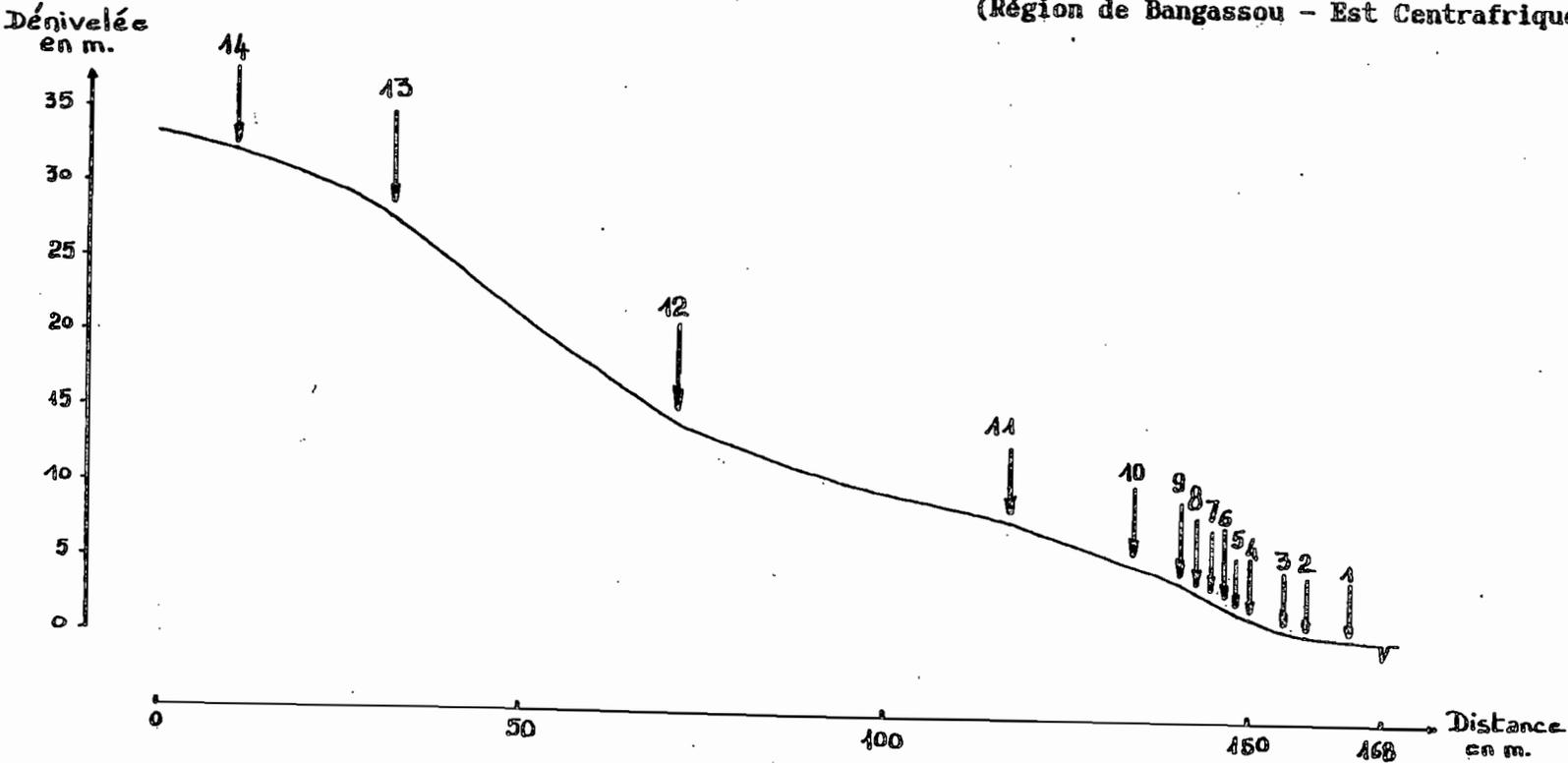


Fig.14 : Profil topographique et localisation des sols étudiés.

n'affecte que la période de mi-décembre à fin janvier. Les divers indices climatiques montrent que l'agressivité du climat est assez peu marquée. Toujours selon Sillans (1958) cette zone appartiendrait au secteur pré-forestier et au district des savanes pré-forestières. Toute la région aurait été recouverte par la forêt dont subsistent encore quelques massifs résiduels aux environs de Bangassou, Rafaï et Kembé. Ces massifs se rangeraient (Sillans, op. cit.) dans la région phyto-géographique congolaise et dans le domaine centrafricain. Boulivert (1983, 1986) parle de forêt dense semi-caducifoliée à Triplochiton scleroxylon, Terminalia superba et Celtis spp.

Les sols, développés sur des roches basiques, sont pour l'essentiel des sols ferrallitiques, relativement épais en sommet de forme, avec des niveaux de concentration de lapidons oxydiques de types nodulaires et la présence de stériles, plus ou moins complexes, plus ou moins durcis. Vers l'aval, on passe assez rapidement à des sols hydromorphes par l'intermédiaire de sols ferrallitiques plus ou moins fortement touchés par un engorgement de profondeur.

Toutes les données pédologiques concernant cette toposéquence et leurs divers modes de représentation sont rassemblés dans les annexes 1 et 2 et ne seront pas systématiquement exposés dans la suite de la présentation. Les figures 15 et 16 regroupent les divers figurés utilisés pour tracer les profils structuraux.



I- L'"IMAGE INFORMATION" DES SOLS

Les chemins d'information verticaux

Quatorze profils de sols numérotés de MAG 1 à MAG 14 ont été observés de l'aval vers l'amont (Fig. 14). Nous allons, dans un premier temps, faire apparaître leurs images respectives, en organisant les données rassemblées sur le terrain.

REMARQUE : Pour simplifier la présentation et en anticipant quelque peu sur les paragraphes ultérieurs, les profils de sols ont été regroupés par ensembles présentant des traits morphologiques communs.

A- Les coupes MAG 1 à MAG 3

Les sols présents dans cet ensemble morphopédologique sont à placer parmi les sols hydromorphes minéraux. Le profil structural MAG 1 (Fig. 17 A) fait apparaître deux grandes discontinuités, deux seuils soulignés respectivement par la présence d'un pédotype intergrade humite réducton et ensuite par celle du corps naturel élémentaire hydrophyse. L'hydromorphie, déjà sensible près de la surface (humite réducton : 3%), ne prend sa pleine expression que vers 15cm de profondeur avec comme conséquence la disparition pro-

Pédotypes meubles

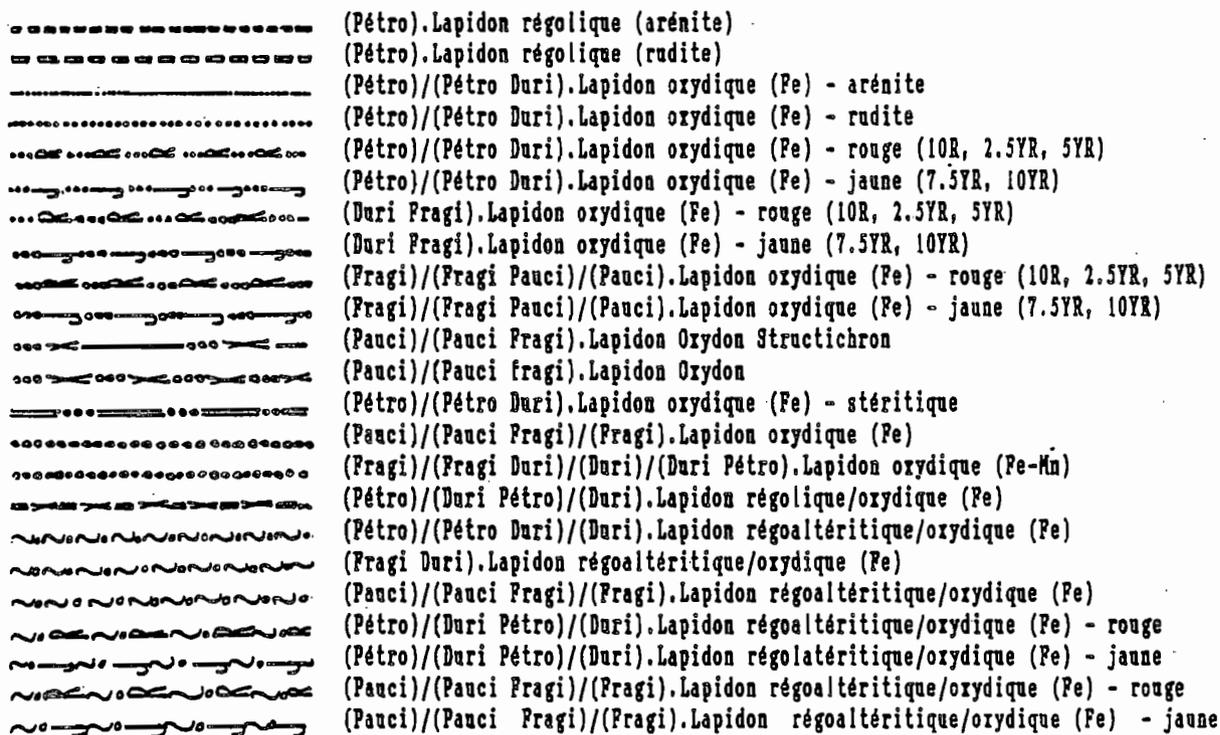
-----	Humite
-----	Humite Structichron
-X-X-X-X-X-X-X-	Humite Oxydon
-----	Humite Structichron Oxydon
-----	Humite Réducton
-----	Humite Leuciton
-----	Humite Réducton Structichron
-----	Structichron
R R R R R R R R	Structichron rouge (10R, 2.5YR, 5YR)
J J J J J J J J	Structichron jaune (7.5YR, 10YR, 2.5Y, 5Y)
-----	Structichron Oxydon
R X R R X R X R X R	Oxydon rouge (10R, 2.5YR, 5YR)
J X J J X J X J X J	Oxydon jaune (7.5YR, 10YR)
X X X X X X X X X X	Oxydon
-----	Leuciton
-----	Leuciton Structichron
-----	Leuciton Structichron rouge (10R, 2.5YR, 5YR)
-----	Leuciton Structichron jaune (7.5YR, 10YR)
-----	Leuciton Réducton
-----	Réducton
-----	Vertichron
-----	Humite + Structichron

Pédotypes indurés continus : STERITES

-----	(Péto).Stérite
-----	(Duri).Stérite
-----	(Péto Duri).Stérite
-----	(Fragi).Stérite
-----	(Duri Fragi).Stérite
-----	(Pauci).Stérite
-----	(Fragi Pauci).Stérite
-----	(Pauci Fragi).Stérite Lapidon
-----	(Péto).Stérite Oxydon
-----	(Pauci).Stérite Oxydon Lapidon
-----	(Duri).Stérite Lapidon Oxydon
-----	(Fragi).Stérite Oxydon Lapidon
-----	(Péto).Stérite Entaféron
-----	(Pauci).Stérite Entaféron
-----	Stérite Allotérite

Fig.15 : Les figurés utilisés pour représenter les corps naturels élémentaires dans les schémas des profils structuraux.

Pédotypes indurés discontinus : LAPIDONS



Autres corps naturels élémentaires

Pédotypes-phytotypes-lithotypes-pédotypes lithotypes-pédotypes phytotypes, ...

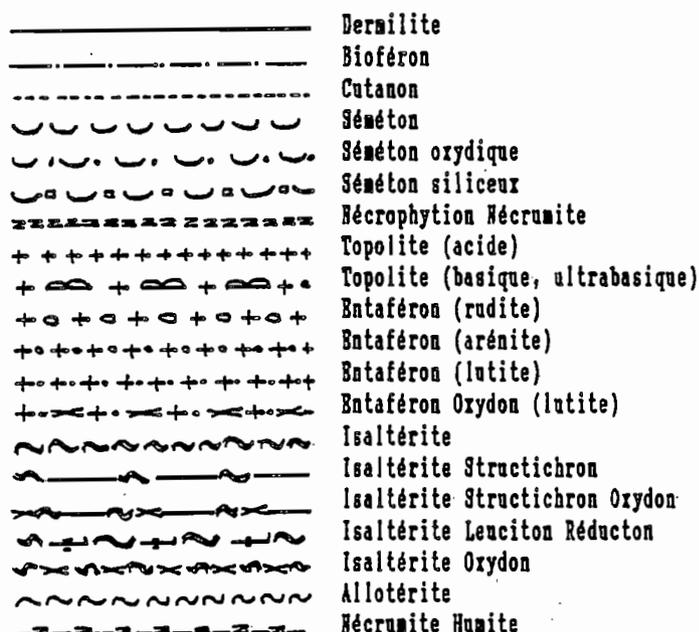


Fig.16 : Les figurés utilisés pour représenter les corps naturels élémentaires dans les schémas des profils structuraux.

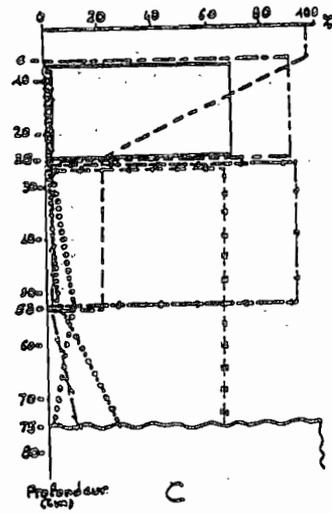
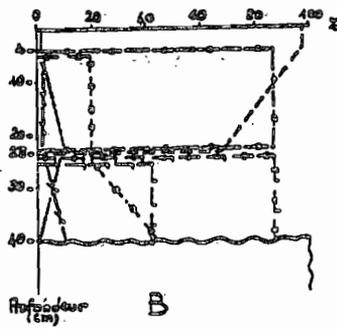
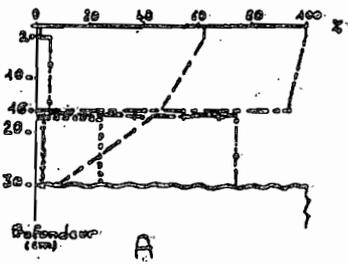
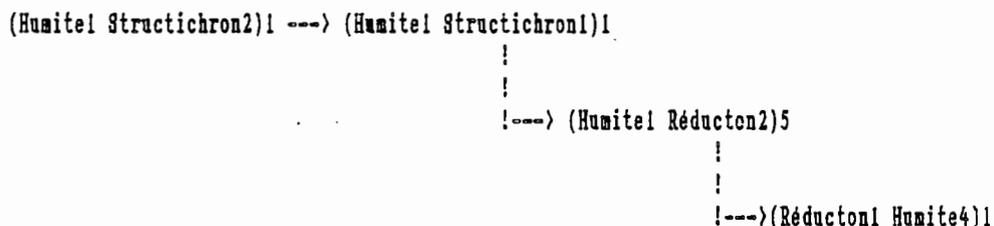


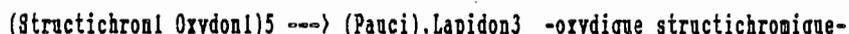
Fig.17 : Les profils structuraux des coupes MAG 1, 2 et 3.

gressive des pédotypes humite et structichron. Ce dernier cédant la place au réducton.

Nous avons un chemin vertical simple, défini de la façon suivante:



Avec parallèlement celui caractérisé par :

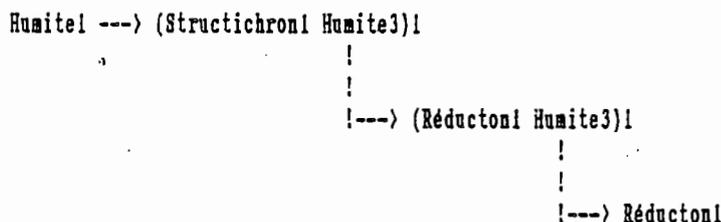


Ce dernier terme matérialise l'existence d'un engorgement temporaire à ce niveau, entrecoupé de périodes plus sèches qui s'accompagnent d'une réoxydation des composés métalliques à laquelle s'ajoute parfois un léger durcissement.

La phase minérale des pédotypes complexes intergrades (humite structichron), (humite réducton) illustre un changement d'état d'au moins un de ses éléments du fait de l'engorgement temporaire de ces niveaux. Cela est également souligné par l'individualisation d'un corps naturel élémentaire de type (structichron oxydon).

Le profil structural MAG 2 (Fig. 17 B) montre une grande similitude (présence de seuils identiques) avec le précédent sol. Toutefois, l'influence des périodes d'engorgement apparaît plus importante et se fait sentir pratiquement dès la surface du sol avec une assez grande intensité. A cela il faut ajouter un fait nouveau, visualisé par la présence d'un pédotype intergrade (réducton leuciton), qui traduit en fait l'existence de mouvements de matières. L'apparition d'une phase leucitique révèle l'existence d'une zone de départ, donc de circulation préférentielle de l'eau.

Au niveau de la coupe MAG 3 (Fig. 17 C) le sol s'approfondit, mais son schéma structural demeure très proche des deux précédents avec deux seuils principaux (humite réducton) et hydrophyse. L'image information de la fraction meuble se présente ainsi :



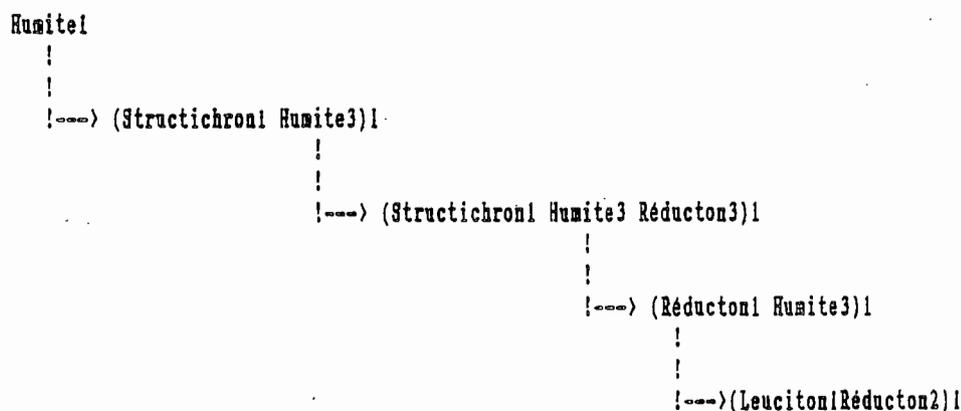
A cela il faut ajouter la présence d'une fraction grossière complexe dans pratiquement toute l'épaisseur du sol.

- (Duri).Lapidon oxydique (Mn/Fe) sous forme de concrétions. Ce pédotype souligne l'intensité des processus liés à la présence de périodes d'engorgement.

- (Fragi<-->Pauci).Lapidon -oxydique structichromique- jaune et rouge qui pourrait faire partie de la chaîne Oxydon Structichron ---> (Pauci<-->Fragi).Lapidon -oxydique structichromique-. La phase jaune de cet ensemble est plus importante à proximité de l'hydrophyse qu'ailleurs. Parallèlement les éléments rouges de ce (Pauci<-->Fragi).Lapidon d'abord prépondérants, voient leur nombre décroître de façon sensible au voisinage de l'hydrophyse.

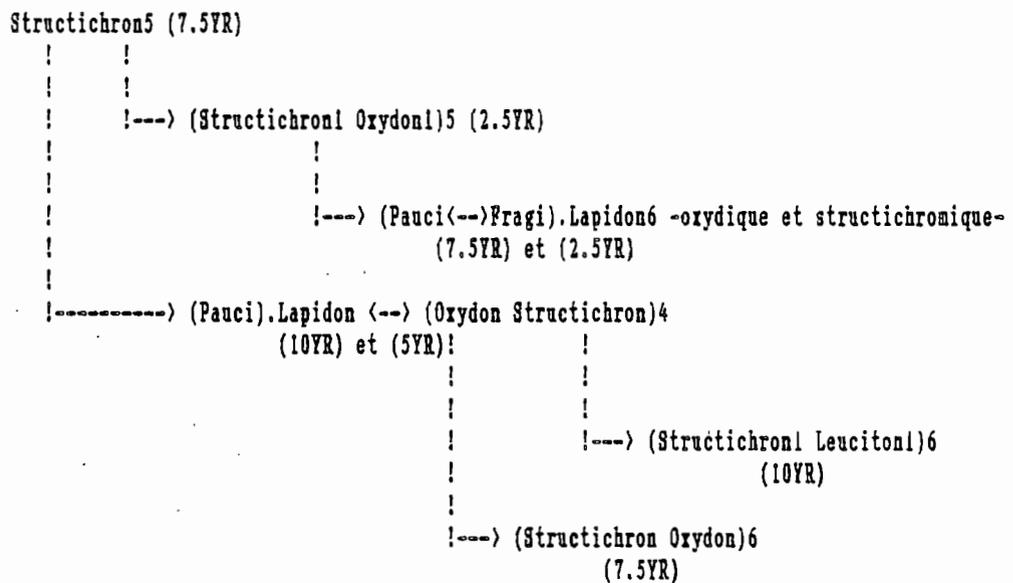
B- Les coupes MAG 4 et MAG 5

Ces deux profils, qui ne sont pas fondamentalement différents des précédents, peuvent être rangés parmi les sols ferrallitiques hydromorphes. Mais du fait de l'approfondissement des sols, des éléments nouveaux apparaissent. Ils se traduisent par des chemins d'information différents (Fig. 18 A et B). Dans le sol MAG 4 un premier chemin peut s'identifier ainsi :

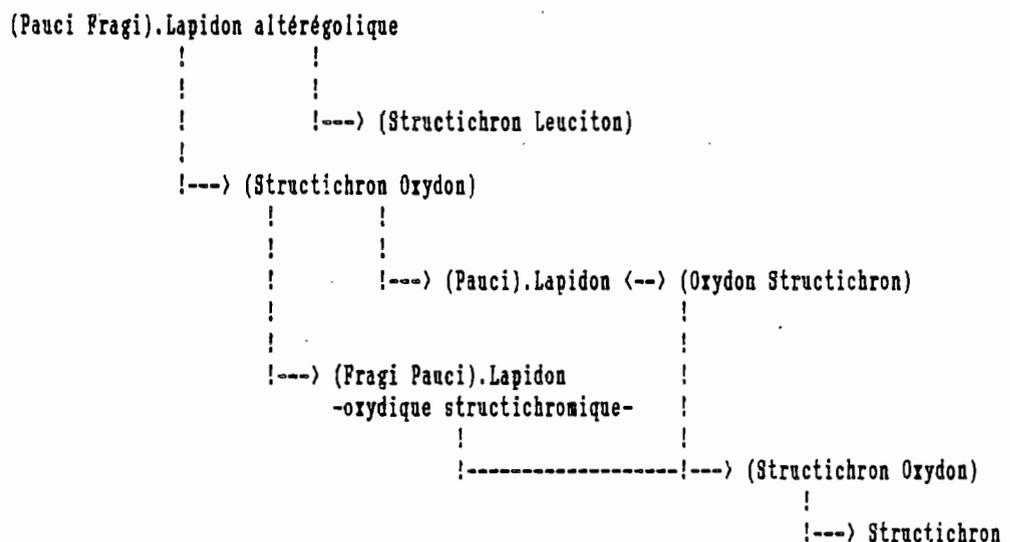


Dans un ensemble complexe, ce chemin met en relief la diminution relative, régulière, de la phase humique au profit d'une phase structichromique plus minérale, qui se transforme progressivement sous l'influence d'un excès d'eau en un pédotype réducton puis (réducton leuciton).

Il est possible de faire apparaître un autre chemin d'information, sensiblement plus complexe, ou parallèle à ce système, ou qui en dérive.



Il s'agit là d'une autre expression de l'existence de périodes d'engorgement plus ou moins longues. Elles affectent un ensemble complexe hétérogène caractérisé par des zones de rétention d'eau (réduction) juxtaposées à des zones de meilleure circulation de cette eau (leuciton) dans lesquelles peuvent s'installer des processus de réoxydation des éléments métalliques (oxydon) et de durcissement plus ou moins accentué (pauci lapidon) lors de saisons plus sèches. Il faut encore remarquer dans ce profil MAG 4, l'existence d'un lapidon de type altérégoïque qui pourrait correspondre à la transformation d'un matériau apporté (entaféron rudique par exemple). Mais à ce niveau d'analyse aucune preuve de la réalité de cet apport n'existe. Toutefois la présence d'un tel corps naturel nous permet d'envisager un autre chemin d'information. En partant de la base du profil, il pourrait se lire ainsi :



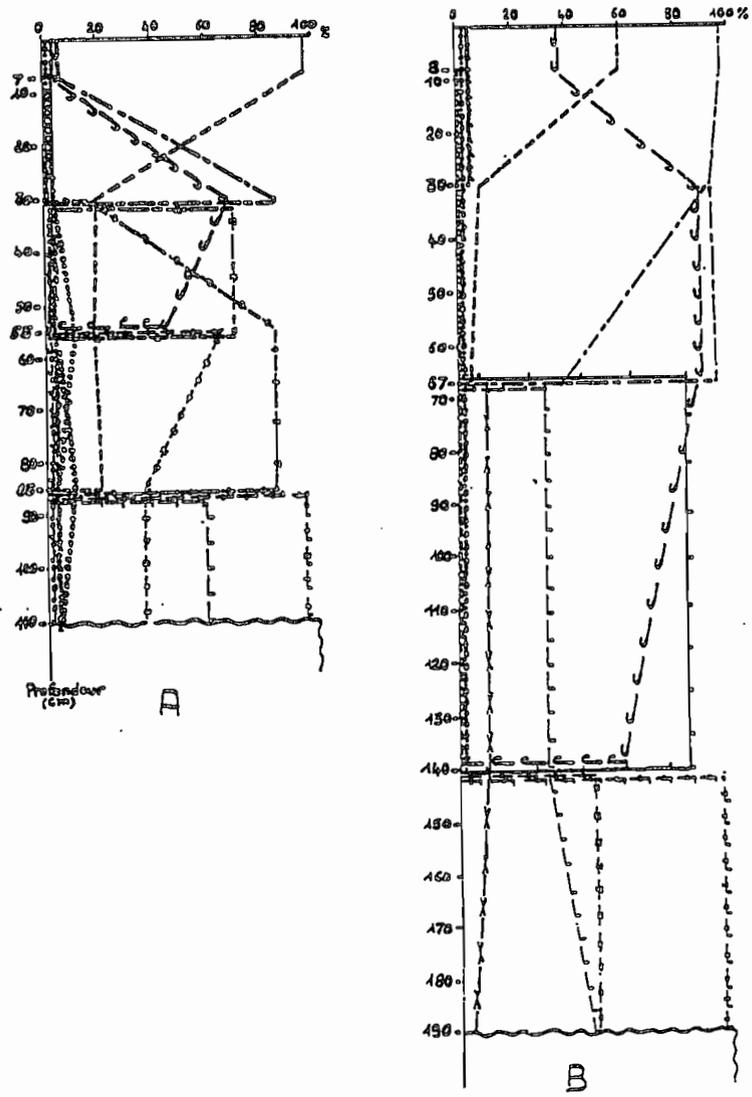


Fig.18 : Les profils structuraux des coupes MAG 4 et 5.

ancienne. Actuellement les traces dues à un excès d'eau dans le sol ne sont nettement exprimées qu'en profondeur (leuciton réducton) et se trouvent juxtaposées au pédotype intergrade (structichron oxydon), légèrement durci par endroits). Si la présence du (structichron leuciton) de la partie médiane du sol est interprétée comme le résultat d'une phase d'engorgement ancienne, la relation que nous avons tracée entre le pédotype (structichron humite) et le pédotype (structichron leuciton) ne peut pas exister.

Il faut également noter, à la partie supérieure du sol, la présence d'un lapidon (Duri Fragi), oxydique rouge (2.5YR), sous forme de nodules. Toujours en faible quantité, il disparaît assez brutalement vers 67cm de profondeur. Il pourrait être le résultat d'un apport dont l'origine serait à rechercher dans la partie supérieure de la séquence morphopédologique. Cette hypothèse peut se justifier, en première analyse, par la brutalité de la disparition du pédotype et la difficulté à le rapprocher des formes de (Pauci Fragi).lapidon plus profondes. Mais il ne faut pas exclure la possibilité d'une relation latérale entre ces deux expressions du pédotype lapidon.

Le lapidon oxydique (Fe/Mn) enfin, exprimé sous forme de concrétions, est encore présent dans la presque totalité du sol et ne disparaît, en profondeur, qu'au voisinage de l'hydrophyse. Compte tenu de la remarque précédente envisageant la possibilité de deux phases d'hydromorphie décalées dans le temps, ce lapidon serait à rapprocher du (structichron leuciton) trace de la plus ancienne phase d'hydromorphie. En nous référant aux sols MAG 4 et MAG 3, un tel lapidon, pourrait également représenter l'expression d'une période plus ancienne d'hydromorphie.

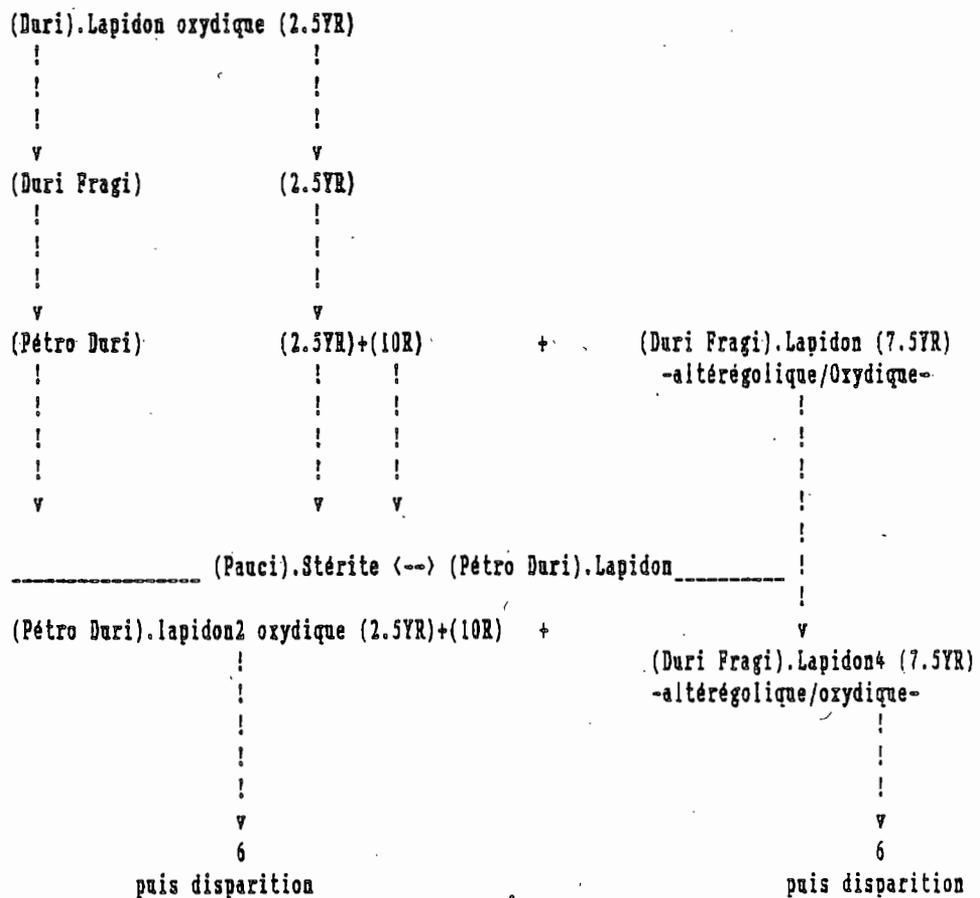
Dans ces profils, les deux seuils caractéristiques déjà cités sont encore présents. Toutefois l'ensemble supérieur du sol MAG 5 se distingue plus nettement de ce qui a été décrit plus à l'aval de la séquence (coupes MAG 1 à 4). Analysé de cette façon, le sol MAG 4 pourrait en quelque sorte matérialiser une limite entre deux ensembles. L'ensemble aval est identifié par la présence de réducton et d'hydrophyse. L'ensemble amont, toujours marqué par l'hydromorphie, est surtout caractérisé par l'existence d'un nouveau pédotype, le structichron.

C- Les coupes MAG 6 à MAG 11

Les sols que nous avons rassemblé ici sont habituellement classés parmi les sols ferrallitiques remaniés et surtout indurés. Dans ces différents sols apparaissent deux seuils principaux qui délimitent trois ensembles que nous pouvons définir rapidement ainsi :

La partie supérieure du sol montre un chemin d'information relativement classique pour des sols ferrallitiques. Il faut noter juste au-dessus du stérite l'existence d'une phase leucitique. La présence du stérite crée des conditions particulières de circulation de l'eau (phase de ralentissement et engorgement temporaire) et peut expliquer en partie cet éclaircissement de certaines plages du (structichron oxydon). En profondeur, après avoir passé le stérite, on retrouve une juxtaposition habituelle de structichron, (structichron oxydon) et (leuciton réducton) traduisant l'existence de périodes d'engorgement intermittentes qui induisent l'apparition de phénomènes d'oxydo-réduction.

La phase indurée discontinue



Lorsque les caractères d'hydromorphie sont très marqués, les différents types de lapidon ont disparu. A ce niveau en revanche, on observe un léger durcissement du structichron qui a été placé dans la chaîne d'information de la phase meuble.

Plusieurs remarques sont à faire concernant ce profil :

- la relation qui semble exister entre la phase meuble et la majeure partie du lapidon se manifeste par l'intermédiaire d'un pédotype intergrade complexe -(Pauci).stérite <--> (Péto

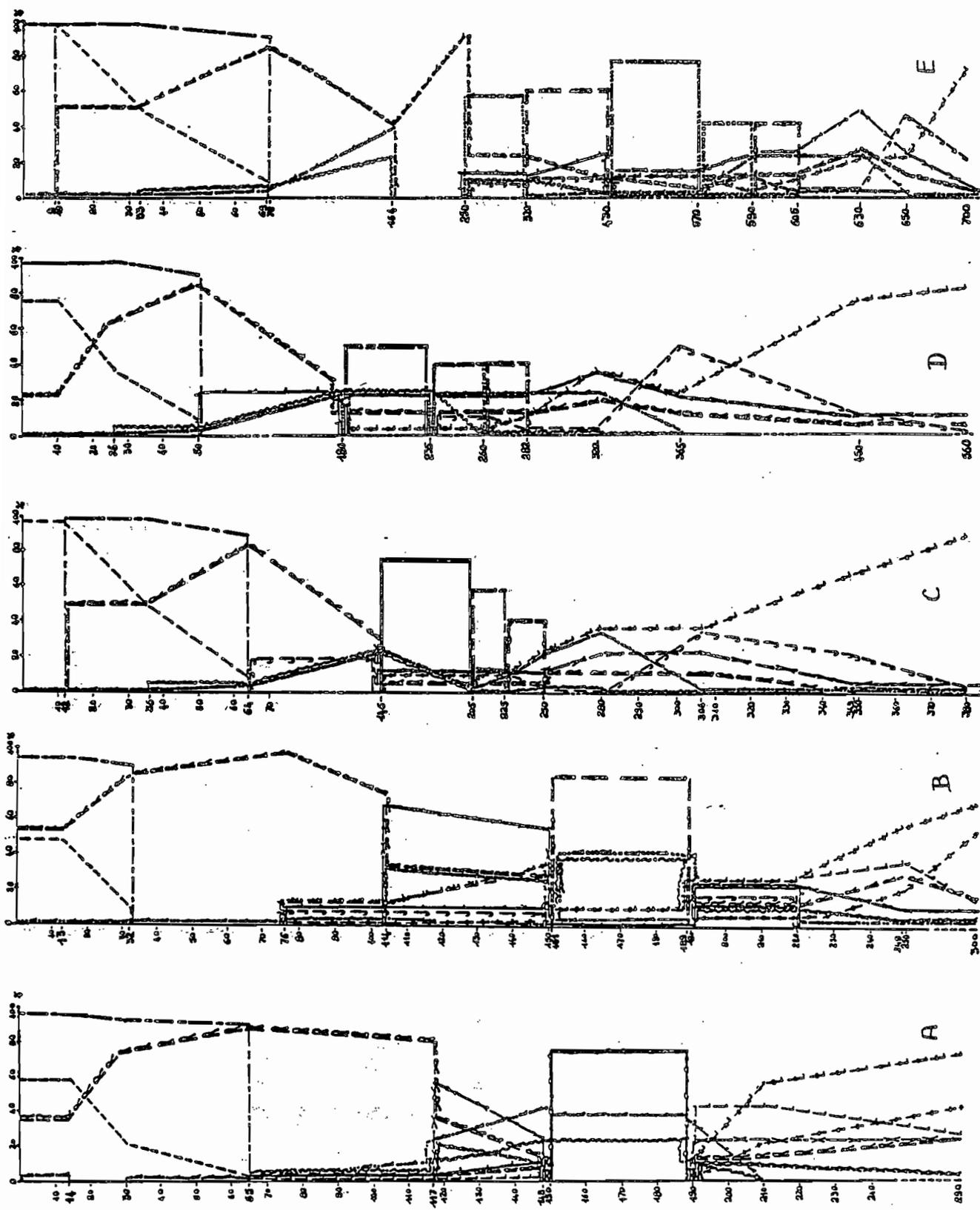


Fig.19 : Les profils structuraux des coupes MAG 6, 7/8, 9, 10 et 11.

Il existe cependant, quelques variations concernant l'intensité de l'application de certains processus. Ceux-ci se traduisent par des chemins d'information quelque peu différents de ceux du sol MAG 6. La différence essentielle avec ce profil se place au niveau de la phase leucitique située au-dessus du stérite. Elle est nettement plus marquée et passe, à proximité du stérite, à un ensemble (leuciton réducton) qui indique une plus forte hydromorphie. Cette accentuation des périodes d'engorgement se traduit également par une plus nette ségrégation des éléments du sol. Les éléments ferrugineux sont mieux individualisés et on remarque une phase (Pauci).lapidique juxtaposée au (structichron oxydon) et au (leuciton réducton).

La phase indurée discontinue est pratiquement identique à celle observée dans le profil précédent, mais en quantité sensiblement moins importante. En revanche le lapidon oxydique est présent dans la totalité du sol, y compris dans sa partie la plus profonde.

Concernant les relations qui peuvent être envisagées entre les divers corps naturels présents dans ces sols, les remarques faites précédemment semblent s'appliquer également ici.

Si nous analysons maintenant les profils structuraux des sols MAG 9 et 10 (Fig. 19 C et D) nous retrouvons à nouveau deux phases, meubles et indurées discontinues, dans la partie supérieure du sol. Leur continuité verticale est plus ou moins complètement interrompue sur un mètre d'épaisseur par une phase indurée continue dont le degré de dureté décroît en fonction de la profondeur. Cette phase indurée est nettement plus marquée que dans les sols précédents, aussi bien en extension (épaisseur) qu'en dureté (du sommet vers le bas du stérite, nous passons d'un (Péto Duri).stérite à un (Pauci Fragi).stérite).

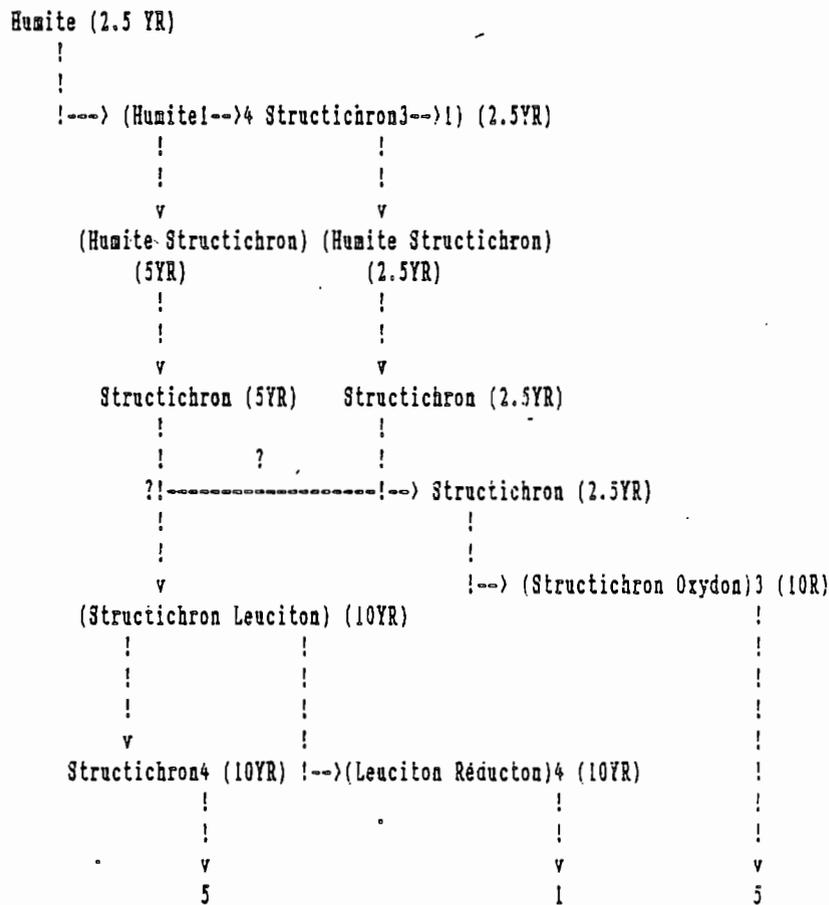
La phase meuble peut s'illustrer par un double chemin d'information, chaque direction ayant une origine commune. En partant du sommet du profil, nous aurons alors une image information (sans placer le niveau de stérite) qui nous conduit à faire plusieurs remarques :

- Dans la partie supérieure du sol nous observons la présence en juxtaposition de deux ensembles (humite structichron) puis structichron qui se distinguent par leurs couleurs 5YR et 2.5YR. S'agit-il réellement de deux chemins différents ou d'une simple variante d'un seul pédotype ? Quoi qu'il en soit nous sommes malgré tout en présence d'un schéma pratiquement identique à celui des sols précédents. Cependant, l'existence de cette phase structichromique moins rouge mérite d'être signalée car nous allons retrouver, dans les sols situés plus à l'amont, la présence de structichron ocre-rouge et ocre jaune (profil MAG 11).

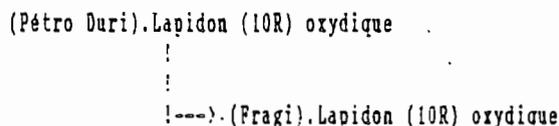
-nous observons aussi la diminution très sensible de l'ensemble (oxydon structichron) (10R) une fois passé le niveau stéritique. En revanche, l'ensemble (réducton leuciton) suit une évolution inverse. Très peu abondant au-dessus du stérite, il devient par la suite très largement prédominant.

-il faut également noter la présence d'un structichron très clair (10YR) qui semble faire suite au pédotype intergrade (structichron leuciton) de la partie supérieure du profil. Peu abondant à la partie supérieure du sol, il passe par un maximum immédiatement sous le stérite puis décroît progressivement par la suite.

Le schéma suivant représente ces différents chemins d'information.



La phase indurée discontinue (lapidon) peut se partager en deux faciès, qui se distinguent essentiellement par la couleur mais aussi par la nature.



ou bien

(Duri Fragi).Lapidon (7.5YR) oxydique

! !

!---> (Duri).Lapidon (7.5YR) -altérégologique oxydique-

! !

!---> (Duri Fragi).Lapidon (7.5YR) oxydique

Dans ces deux sols, les lapidons sont un peu plus abondants que dans les profils aval de la toposéquence.

Une dernière remarque doit être faite concernant la présence, tout à fait à la base de ces sols, d'un (Pauci).-lapidon (10R) -oxydique structichromique- qu'il est possible de rapprocher du pédotype (oxydon structichron) (10R) et/ou du pédotype (Fragi).lapidon oxydique (10R). Dans cette hypothèse, nous pouvons tracer un nouveau chemin rapprochant, en profondeur, certaines formes du lapidon à la phase meuble oxydique structichromique.

Le profil MAG 11 (Fig.19 E) ne se distingue de ceux que nous venons de présenter que par quelques caractères:

-les pédotypes indurés continus apparaissent plus profondément dans le sol et montrent un développement vertical très important.

-l'interruption entre 164 et 250cm des deux chemins lapidiques oxydique et altérégologique. A ce niveau nous n'observons plus que la présence d'une phase meuble structichromique. Seule la phase lapidique régologique siliceuse, d'ailleurs présente dans tous les sols de cette séquence, subsiste à ce niveau. Cette discontinuité structurale pourrait effectivement traduire la réalité d'un apport affectant la partie supérieure de ce sol. Cet apport serait composé de matériaux ferrallitiques identiques, ou de nature très proche de celle des pédotypes déjà présents et ainsi très difficile à caractériser. En effet l'observation attentive des divers lapidons ne permet pas de faire une différence entre les éléments de la partie supérieure et ceux de la partie inférieure du sol.

D- Les coupes MAG 12 à MAG 14

Le tracé des profils structuraux de ces trois sols révèle la présence de deux seuils principaux. Le premier est souligné par l'existence d'un stérite peu profond, faiblement durci (Pauci Fragi).stérite. Le second est marqué par l'apparition d'un ensemble complexe réunissant pédotypes et

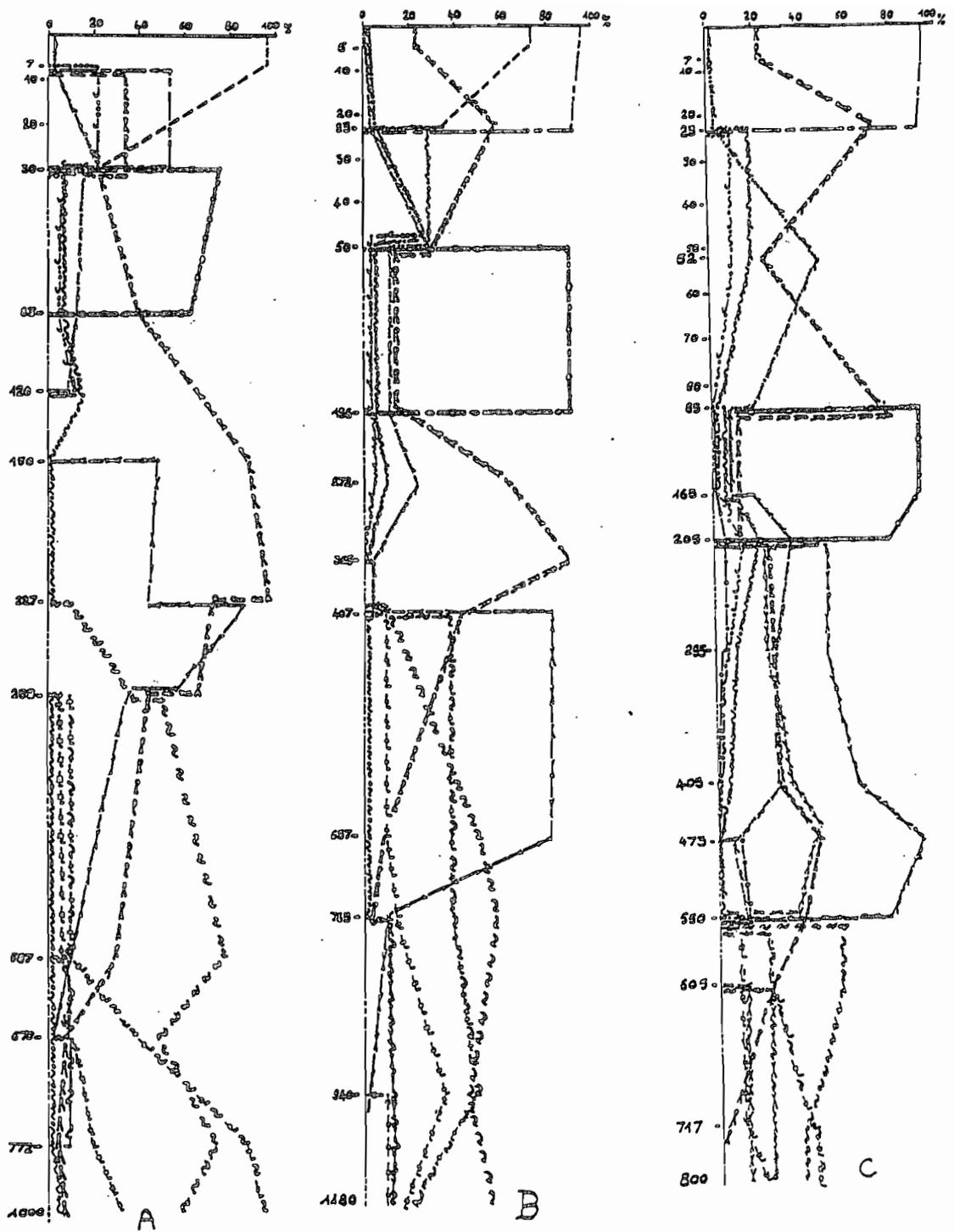
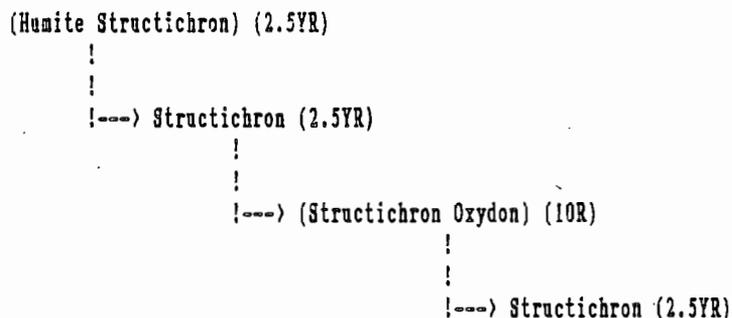


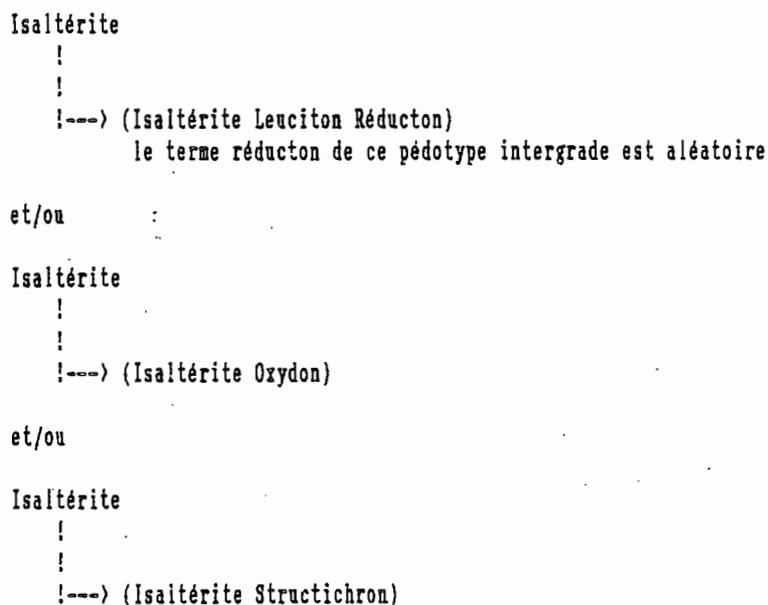
Fig.20 : Les profils structuraux des coupes MAG 12, 13 et 14.

lithotypes -isaltérite, leuciton, réducton, oxydon- (Fig. 20 A, B, C). Quels chemins d'information pouvons nous identifier dans ces sols ?

La phase meuble semble pouvoir se caractériser par un chemin :



chemin relayé, plus ou moins progressivement en profondeur, par un autre chemin beaucoup plus hétérogène, à la fois latéral et vertical :



Il est encore possible d'émettre diverses hypothèses concernant les relations qui peuvent exister entre les pédotypes de cette phase meuble et les différents pédotypes indurés continus et discontinus.

- le pédotype (Pauci<-->Fragi).stérite -oxydique structichromique- situé à proximité de la surface, comme précédemment, rassemble ici la phase meuble et la phase lapidique oxydique dans sa totalité.

-le (Pauci).lapidon -oxydique structichromique- (10R) peut être rapproché de l'oxydon structichron (10R).

-le (Pauci).lapidon -oxydique altérégolique- (10R et 7.5YR) est à rattacher à l'isaltérite et à l'(isaltérite oxydon) du fait de son organisation semblable.

La phase indurée discontinue (lapidon oxydique) n'est visible qu'à la partie supérieure du sol et disparaît au niveau du seuil souligné par le stérite. Elle s'identifie grâce à deux voies principales :

-celle marquée par la présence d'un (Duri Fragi).lapidon oxydique (7.5YR).

-celle caractérisée par l'existence d'un (Péto Duri).lapidon oxydique (10R).

Mais il existe également, comme nous l'avons déjà signalé à propos des relations entre phase meuble et phase lapidique, une autre forme de lapidon qui apparaît au niveau du stérite et juste au-dessus. Il s'agit d'un (Péto Duri).-lapidon -oxydique altérégolique- rouge (10R) et ocre-jaune (7.5YR). Il s'observe assez profondément, jusque dans les niveaux d'altérite.

Il faut faire une dernière remarque concernant cette phase lapidique. Dans le profil MAG 14, le lapidon tel qu'il vient d'être défini s'observe dans toute la partie du sol située au-dessus de l'isaltérite, à la différence des deux autres profils dans lesquels on ne trouve plus de lapidon oxydique sous le niveau de stérite. A cela, il faut également ajouter la présence d'un lapidon de type nouveau (lapidon stéritique), qui n'avait pas été observé dans les profils précédents. Ce lapidon apparaît au niveau du stérite et demeure présent jusqu'au seuil isaltéritique, ce qui marque l'hétérogénéité du profil. Peut-on envisager l'éventualité d'apports de natures différentes ? Le lapidon représente-t-il une relique d'un ancien niveau cuirassé qui aurait disparu plus ou moins sur place ? A toutes ces questions il est relativement difficile de répondre à ce niveau d'analyse. Cependant la brutalité de l'apparition de ces éléments, la netteté du seuil altéritique (à la différence de ce qui est observé dans les autres profils) incitent à envisager, en première approche, l'hypothèse d'un apport.

♦ ♦

II- L'"IMAGE INFORMATION" DE LA SEQUENCE

Les chemins d'information latéraux

Nous venons de présenter les différents sols de cet ensemble morphopédologique d'une façon qui annonçait ce paragraphe, en

rassemblant les sols en sous-ensembles possédant un certain nombre de traits pédologiques et morphologiques identiques ou, tout au moins, proches les uns des autres. De cette manière, nous avons fait apparaître de nouveaux volumes que nous pourrions dès à présent appeler des "segments pédologiques".

Il est très rare qu'une forme de modelé présente un aspect morphologique homogène. Bien souvent le profil morphologique n'est qu'une succession de surfaces de formes différentes - concaves, convexes, rectilignes, ... - séparées en général par des "accidents morphologiques" qui soulignent les limites entre ces surfaces. Il s'agit de ruptures ou d'inflexions de pentes bordées le plus fréquemment par de petits ressauts indurés, rocheux, ..., par de petits versants d'entailles, ... Cette forme, ce "paysage" géomorphologique peut alors s'interpréter comme le résultat de la juxtaposition d'ensembles plus petits, morphologiquement plus homogènes, les "facettes topographiques ou géométriques" (Richard, 1985). Un relevé topographique détaillé met en évidence cette succession de formes plus simples, plus "élémentaires" dont la sommation conduit à la caractérisation géomorphologique des modelés. Richard (op.cit.) propose quelques termes pour désigner ces formes, formes qui peuvent être identifiées de deux façons :

- par leur profil qui sera monoclinal, synclinal, monosynclinal, antéclinal, ...

- par la forme que peuvent avoir ces facettes observées en plan. Elle seront alors qualifiées de facette plan polygonal ovoïde, plan allongé digité, échancré, discontinu, allongé et lobé, amiboïde, ...

En associant les données géomorphologiques caractérisant les facettes topographiques à celles concernant les sols du segment pédologique, nous pouvons donc définir cette nouvelle organisation plus complexe que nous appellerons le segment morphopédologique. Nous ferons appel pour son identification à deux séries d'informations traitant de deux composantes du milieu physique.

La notion de segment morphopédologique est sensiblement différente de celle de segment de paysage présentée par J.F. Richard (op.cit.) car elle ne fait intervenir que deux types de données. A titre d'exemple nous indiquons ci dessous quelques définitions de segments de paysage telles que cet auteur les a présentées et qui possèdent un contenu-information très diversifié. La nomenclature proposée s'inspire de la typologie topographique de J.C. Filleron (1978) (J.F. Richard -Le paysage, analyse et synthèse, 1985- P.285-288).

- les **acroédres** : correspondent à des reliefs rocheux variés, inselberge, chainons, collines, ..., caractérisés par de fortes pentes ... Ces segments se présentent sous l'aspect de pastilles de formes assez régulières, bien délimitées ... C'est le résultat d'un bilan globalement très érosif et se traduisant par une mosaïque de milieux très différents...

- les **supraédres** : correspondent à des sommets d'interfluves aplanis ou subaplanis ("glacis-plateaux", bas plateaux, buttes, sommets de croupes convexo-concaves

ou petites collines convexes...) caractérisés par des systèmes de pentes proches du type isoclinal ... Les profils sont du type bosselé, ondulé ou plan, plan-convexe, plan-concave ... présence d'ensellements, de dépressions fermées ... Surfaces de formes digitées, amiboïdes, ... L'ensemble se traduit par des organisations en plaques, en cellules, en auréoles, ... qui témoignent d'héritages paléoclimatiques ou de modifications secondaires, ... La dynamique actuelle est autonome et peut être localement trans-accumulative ou trans-érosive.

- les **métaèdres** : correspondent aux versants des interfluves précédents (pédiments ou "glacis", versants, "glacis"-versants, ...), les pentes sont sensibles, de formes synénonoclinales. En plan les métaèdres ont des formes de rubans, d'anneaux ... Les structures du milieu sont de type en écaille ou en escalier ... Les successions de métaèdres de l'amont vers l'aval, traduiraient l'emboîtement de "niveaux d'érosion" (vers l'amont) et de "niveaux d'accumulation" (vers l'aval)... La dynamique est de type transitif.

- les **ectaèdres** : correspondent à des versants à pentes fortes bien délimitées (corniches, versant d'entailles, talus, pentes de raccord, ...) ... Les profils d'ensemble sont de type convexo-concave ou concaves mais sont en fait très généralement constitués de plusieurs sections sub-rectilignes très distinctes les unes des autres ... Les dynamiques sembleraient plus transitives qu'érosives ou accumulatives.

- les **infraèdres** : correspondent aux parties basses des paysages (bas-fonds, vallées, ...). Le profil transversal est légèrement concave, puis plan ... Ils s'organisent de façon hiérarchique en relation avec le réseau hydrographique. La dynamique est plus ou moins accumulative mais en grande partie allogène.

Nous trouvons encore le terme de cataèdre qui sert à désigner les différentes formes d'incision ou d'entailles linéaires caractéristiques de certains paysages d'inseiberge ou de plateaux cuirassés.

Si nous nous reportons à la figure 21, il apparaît plusieurs facettes topographiques que nous pouvons identifier en fonction de leur forme. De l'amont vers l'aval, nous cheminons le long d'un profil qui se compose :

- d'une **facette composée intergrade entre convexe et rectiligne-convexe**. Il semble assez difficile de placer une limite entre une facette convexe à l'amont et une facette rectiligne convexe qui lui ferait suite. Le passage est très progressif entre les deux. L'ensemble de la facette possède une extension longitudinale de 70 à 80m.

- d'une **facette rectiligne-concave**. Le point d'inflexion soulignant la limite avec la facette précédente se remarque mais demeure toutefois assez discret. L'extension de cette facette oscille entre 30 et 40m.

- d'une **facette rectiligne-convexe** d'une extension de l'ordre de 30m. Ici encore le passage avec la facette précédente est relatif.

vement progressif est n'est souligné que par une zone d'inflexion de faible amplitude.

- d'une facette rectiligne-concave extrêmement réduite en extension. En effet elle représente une bande ne dépassant pas 6 à 10m. de large. Comme pour les facettes intergrades précédentes il est très difficile de placer la limite qui la sépare des facettes immédiatement supérieure (amont) et inférieure (aval).

- d'une facette rectiligne-plane de 10 à 20m. d'extension latérale et limitée à l'aval par le cours du marigot.

Ce relief ne possède donc pas d'"uniformité" et, comme nous l'avions supposé, un tel modelé, où il est possible de passer insensiblement d'une facette à une autre, exprime l'existence d'une forme de transition entre un modelé convexe et un modelé convexo-concave ("en chapeau de gendarme").

A- Les segments morphopédologiques

Si maintenant nous associons les informations pédologiques précédentes à celles concernant les facettes topographiques, nous allons être en mesure d'identifier, par leur contenu-information, de nouveaux ensembles, les segments morphopédologiques (Fig.21).

1- LE SEGMENT AMONT CONVEXE ET RECTILIGNE-CONVEXE

La facette amont, convexe et rectiligne-convexe, est géographiquement en relation avec les sols ferrallitiques MAG 14, MAG 13 et MAG 12. La limite avec la facette suivante se place vraisemblablement quelque peu à l'aval du sol MAG 12. A cette bonne superposition géographique s'ajoute apparemment une superposition pédologique. En effet, on remarque entre les sols MAG 12 et MAG 11 des différences assez nettes qui s'expriment par l'importance croissante, au niveau de MAG 11, par certains pédotypes relativement mal représentés plus à l'amont. Les sols ferrallitiques de la partie amont convexe se caractérisent par la prédominance, en profondeur, des pédotypes altérite et intergrades (altérite oxydon), (altérite réducton) ou encore (altérite leuciton). Après le sol MAG 12, la partie profonde des sols ferrallitiques est essentiellement marquée par la

Séquence MAG

300

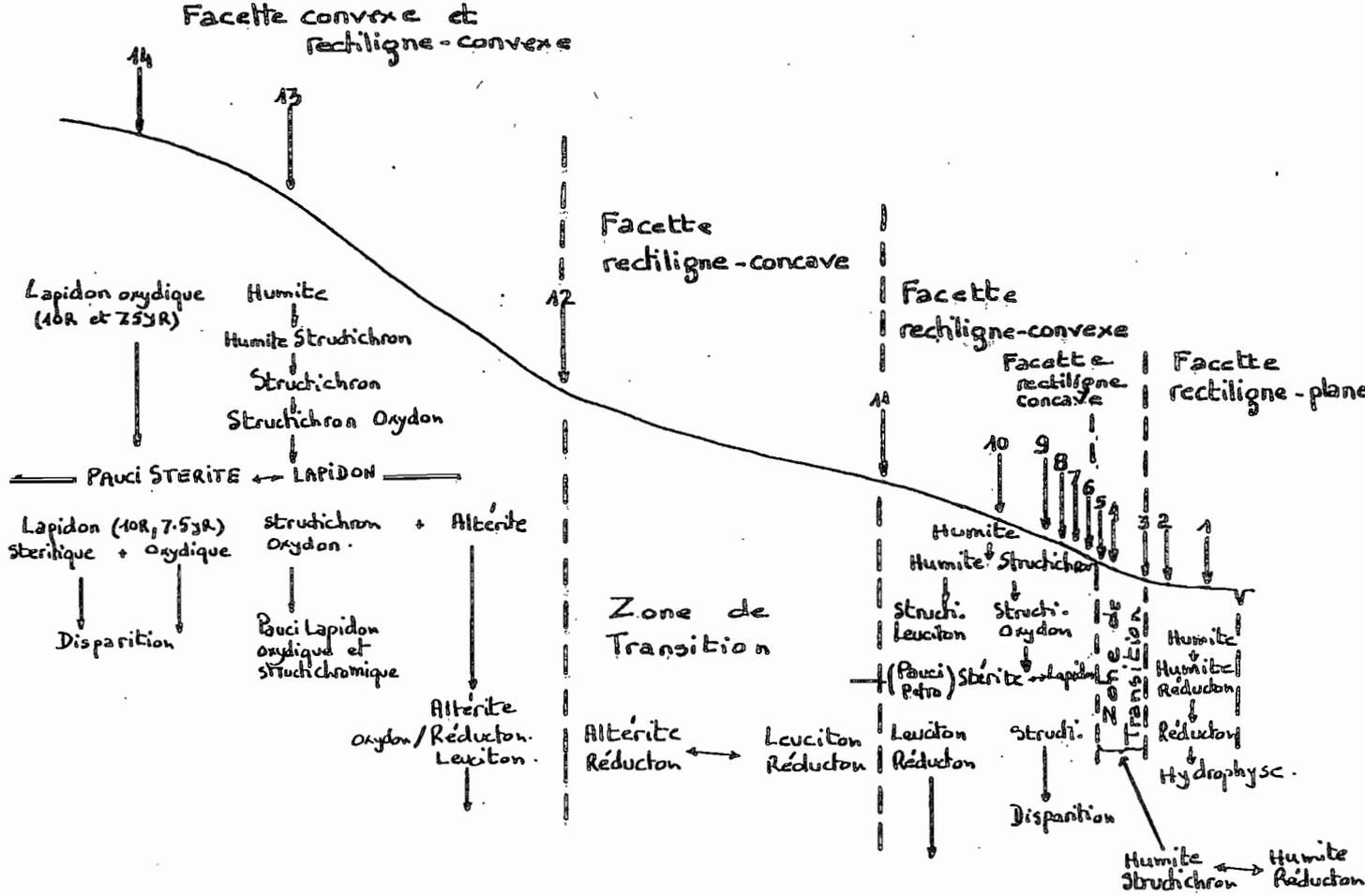


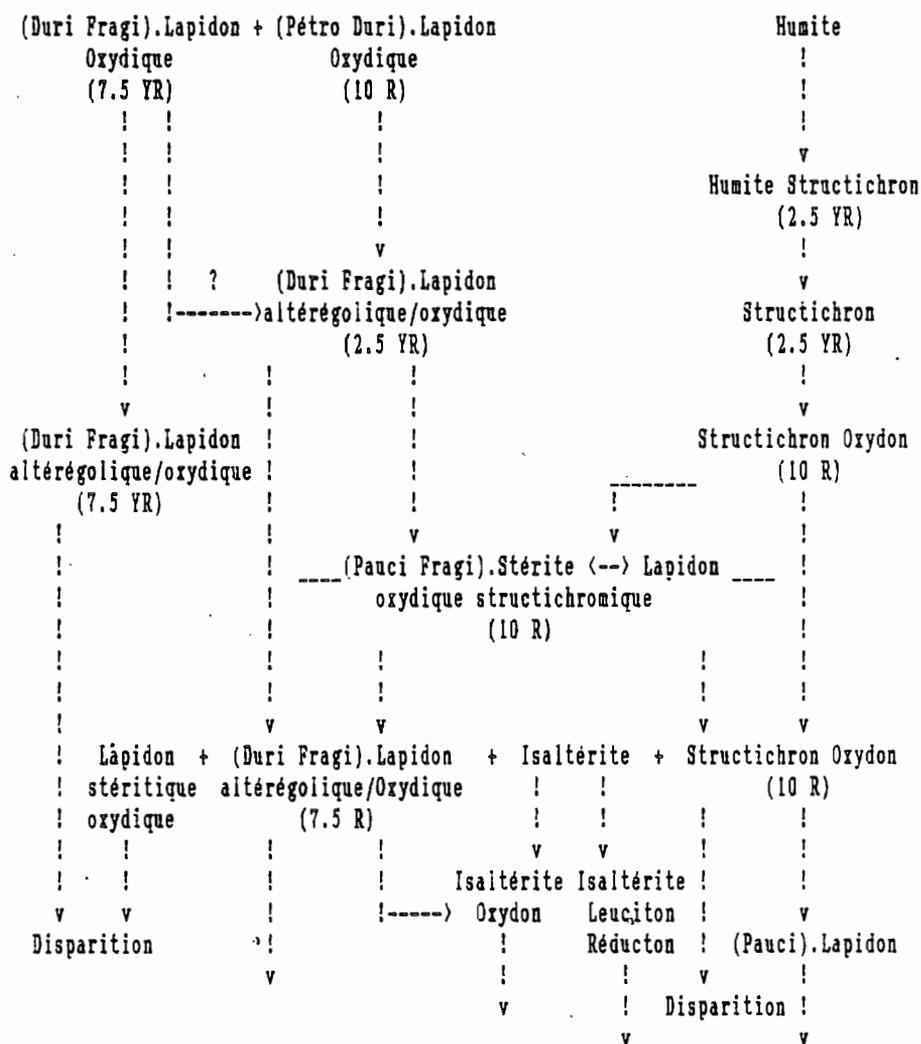
Fig.21 : Les segments morphopédologiques (image information).

présence des pédotypes réduction et intergrade (réduction leuciton). Le caractère altéritique semble s'atténuer puis disparaître. En revanche, la partie supérieure des sols se révèle structurellement assez homogène, aussi bien au niveau de la phase meuble qu'à celui de la phase lapidique. Seul un léger gradient de couleur peut éventuellement apparaître. On relève en effet un faible éclaircissement de la couleur de la phase meuble, de l'amont vers l'aval. Nous pouvons donc caractériser la partie amont de ce modelé, à la fois par sa forme et par son contenu pédologique. A une limite géomorphologique se surimpose une limite de nature pédologique. Nous pouvons en donner l'image information suivante :

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE AMONT

Facette topographique : convexe puis rectiligne convexe

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



Observons maintenant en détail la facette rectiligne-convexe plus à l'aval de la forme.

2- LE SEGMENT AVAL SUPERIEUR RECTILIGNE-CONVEXE

Les profils MAG 11, 10, 9, 8, 7 et 6 se placent sur cette partie du profil géomorphologique. Quelle image information pouvons-nous donner de ce segment ?

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE AVAL SUPERIEUR

Facette topographique : Rectiligne convexe
 Contenu pédologique : Amont -----> Aval

(Duri Fragi).Lapidon oxydique (2.5 YR)	+ (Duri).Lapidon oxydique (7.5 YR)	Humite ! ! v Structichron Humite (5 YR)	
!	!	!	!
!	!	v	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
v	v	!	!
(10 R)	Altérégologique / oxydique (7.5 YR)	!	!
!	!	v	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
v	v	v	v
----- Stérite (->) Lapidon -----			
!	!	!	!
v	v	v	v
(Péto Duri Fragi) Lapidon (2.5 YR)	(Fragi Duri).Lapidon altérégologique oxydi. (7.5 YR)	Structichron Oxydon (2.5 YR)	Leuciton Réducton
!	!	!	!
v	!	!	!
(10 R)	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
!	!	!	!
v	v	!	!
		(Pauci Fragi). Lapidon	!->Structic.
		oxyd.Structic.	(7.5 YR) !->>Leuciton Réducton
		!	!
		v	v
		v	v

sation, sa couleur, ..., à cette échelle d'observation.

-Au niveau du pédotype structichron, il faut remarquer l'individualisation de phases très faiblement durcies et discontinues (pauci).lapidiques. Ce durcissement progressif souligne le passage d'un ensemble meuble, continu vers un ensemble durci, continu de concentration des oxydes et hydroxydes métalliques. D'autre part, vers l'aval le structichron devient progressivement plus ocre. A cela s'ajoute, plutôt en profondeur, une plus grande diversité dans la coloration de cette phase. Il est alors possible d'observer côte à côte des plages rouge très vif (10 R, 2.5 YR) et ocre jaune assez clair (7.5 YR), qui marquent la limite supérieure de l'effet du ralentissement de la circulation de l'eau (décoloration par réduction et/ou départ des éléments métalliques, ségrégation des éléments). Les intergrades (structichron leuciton) représentent des ensembles relais entre le structichron, vers le haut du sol et vers l'amont du segment, et le pédotype (leuciton réducton) en direction du bas du profil et vers l'aval du segment et de la séquence.

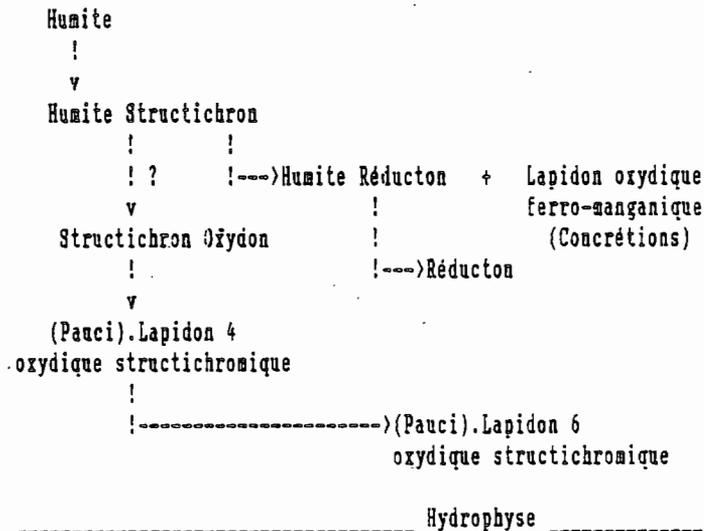
3- LE SEGMENT AVAL INFÉRIEUR RECTILIGNE-PLAN

D'extension latérale très limitée (10 à 20m) cette zone semble homogène et se caractérise par la présence de sols hydromorphes de structure relativement simple (MAG 1, 2 et 3), que nous pouvons représenter ainsi :

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE AVAL INFÉRIEUR

Facette topographique : Rectiligne plane

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



Ce segment montre donc une nette transformation de l'aval vers l'amont, parallèle à l'approfondissement et qui se manifeste par le développement de plus en plus marqué d'une phase structichromique. Elle se décèle au niveau d'un pédotype intergrade (humite structichron), qui s'intercale dans la partie la plus haute de ce segment entre l'humite et l'(humite réducton). De même, du fait de périodes d'engorgement intermittent, on relève l'individualisation d'un système (structichron oxydon) directement en relation avec un pédotype très faiblement durci et discontinu (Pauci).lapidon oxydique structichromique). Son importance augmente vers l'amont du segment.

C'est donc la phase meuble qui caractérise le mieux ce segment morphopédologique. On relève encore une fois le rôle charnière que jouent les intergrades possédant une phase structichromique. Ils soulignent les passages vers les zones très hydromorphes de l'aval ou vers les zones plus oxydiques et légèrement durcies de l'amont. Il faut également signaler au niveau du profil MAG 2 la présence d'un pédotype intergrade (leuciton réducton). Encore une fois, l'eau en excès semble être le facteur essentiel de différenciation dans ce segment, du fait de son absence de mouvement (réducton) et/ou de sa circulation relativement rapide (création d'une zone de départ : leuciton).

4- LES SEGMENTS INTERMEDIAIRES RECTILIGNES-CONCAVES

Nous avons fait apparaître, lors de la représentation graphique du profil géomorphologique, deux zones délimitées par de faibles changements de pente, légèrement soulignés par des points d'inflexion à peine marqués (Fig. 21), signes de transformations très progressives. A ces endroits précis, la valeur de la pente varie et la forme de la surface change pour devenir rectiligne très faiblement concave (la concavité la plus nette se trouvant bien évidemment au niveau du point d'inflexion). Cette transformation se place à l'aval des segments amont et aval supérieur, tous les deux rectilignes-convexes.

Comme pour les segments précédents, à cette différenciation géomorphologique correspond une spécificité pédologique marquée par l'apparition ou la disparition de certains pédotypes. Toutefois, il faut insister sur le fait que ces segments possèdent des enveloppes géomorphologiques de forme identique (mais d'extension

différente) et n'ont pas le même contenu sol. Cependant à l'échelle de la séquence, dans les deux situations, la présence de ces deux segments morphopédologiques particuliers semble être l'indice du passage d'une zone d'application d'un ou plusieurs types de processus à une autre zone, résultat de l'application d'autres processus d'intensité et/ou de nature différentes.

De la même façon que nous avons parlé de pédotypes relais, nous pouvons envisager l'existence de "segments relais ou intermédiaires" traduisant la réalité de modifications du "paysage morphopédologique".

a- Le segment intermédiaire amont

Il se place entre le segment amont convexe et rectiligne-convexe et le segment aval supérieur rectiligne-convexe. A ce niveau on remarque, essentiellement vers l'amont, la disparition des pédotypes (Pédro Duri Fragi).stérite relayés par un ensemble moins induré (Pauci).stéritique situé plus "haut" dans les profils, plus proche de la surface. Ces variantes du degré d'induration peuvent indiquer l'existence de périodes différentes de durcissement plus ou moins nettement décalées dans le temps.

En profondeur, le passage de l'ensemble altéritique réductique à un ensemble réductique ou réductique leucitique traduit, vers l'aval, l'influence croissante des effets d'un excès d'eau, qui circule plus ou moins facilement et finit par masquer totalement les expressions structurales de la transformation du matériau originel (altération et pédoplasation). C'est donc le passage d'une zone essentiellement altéritique à une zone surtout hydromorphe que souligne ce segment morphopédologique.

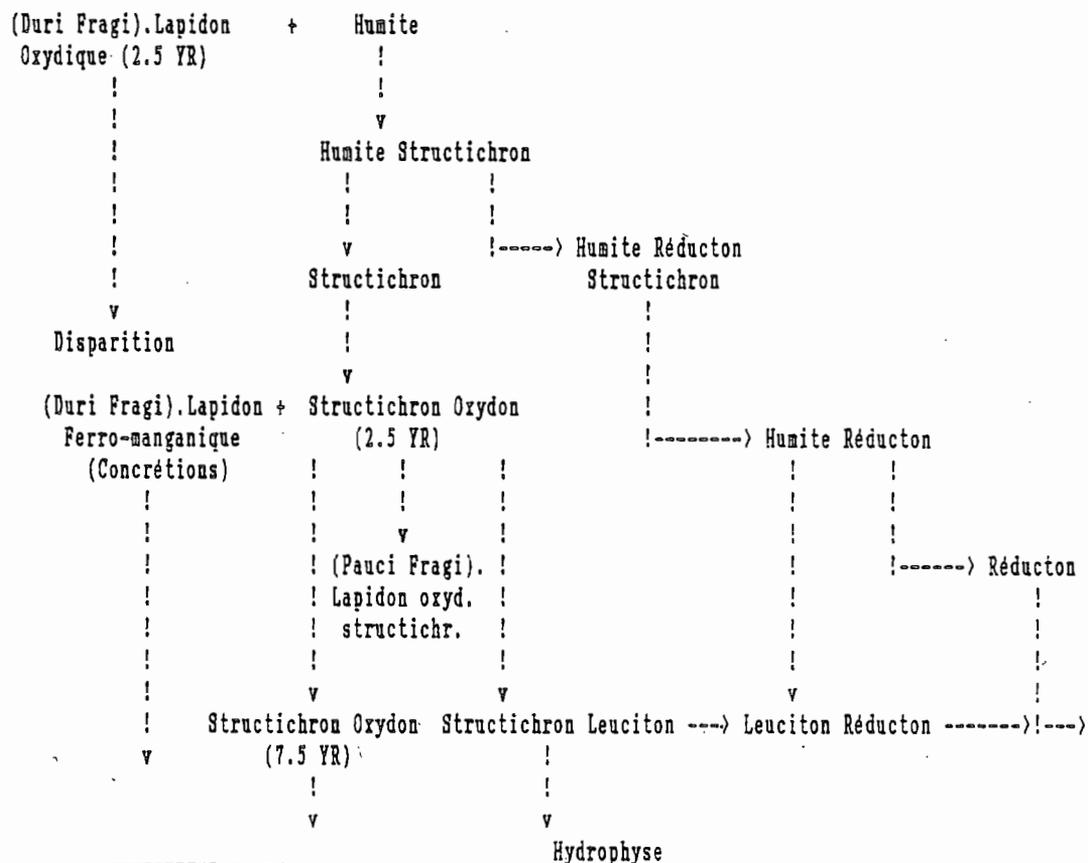
b- Le segment intermédiaire aval

D'une forme identique au précédent, mais beaucoup moins étendu, il peut se caractériser pédologiquement par le schéma suivant, établi à partir de l'analyse des sols MAG 4 et 5.

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE INTERMÉDIAIRE AVAL

Facette topographique : rectiligne concave

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



La caractéristique principale de ce segment concerne la complète disparition des pédotypes stérilitiques. Ce fait était "annoncé" dans le segment précédent (segment aval supérieur) par la diminution progressive du pédotype stérilitique vers l'aval, à la fois en épaisseur et en dureté.

Il faut également noter l'individualisation de plus en plus marquée du pédotype structichron de l'aval vers l'amont, accompagnée d'une accentuation de l'intensité de la couleur, qui passe progressivement de l'ocre jaune à l'ocre rouge et au rouge. C'est à ce niveau qu'apparaît aussi le plus nettement le rôle de structure relais joué par les intergrades (structichron leuciton), (structichron humite réducton) aussi bien verticalement que latéralement. Ils marquent le passage vers des "pédotypes plus simples", structichron vers l'amont ou réducton en profondeur et vers l'aval.

Séquence MAG
 MODELE CONVEEXO-CONCAVE

308

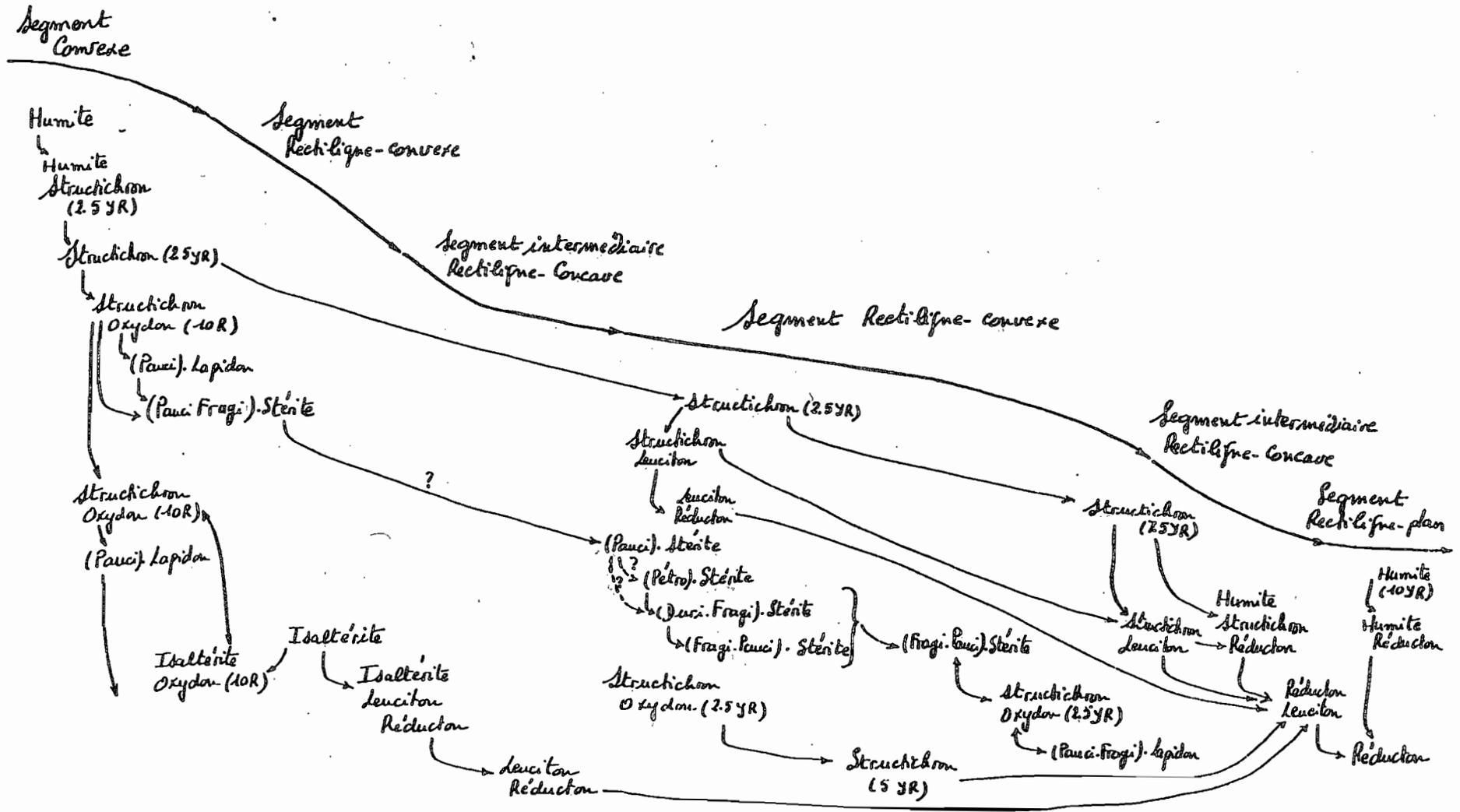


Fig.22 : La séquence morphopédologique (image information).

B- La séquence morphopédologique

Cette analyse des divers segments morphopédologiques révèle donc la présence d'ensembles très différents les uns des autres. Dans certains cas, seuls diffèrent les profils géomorphologiques de leurs enveloppes physiographiques ou le contenu pédologique. La distinction des segments se fait, soit par celle des facettes, soit par celle des sols. Dans d'autres situations, plus complexes, les différences concernent à la fois l'enveloppe physiographique et le contenu pédologique.

C'est ainsi que nous observons deux segments convexes rectilignes de forme pratiquement identique (mais d'extension cependant différente) caractérisés par des contenus sols, qui se distinguent aisément l'un de l'autre. Si nous considérons uniquement les phases meuble et stéritique, le segment le plus à l'amont se définit de façon très simplifiée par la succession (humite structichron), structichron, stérite, altérite alors que le segment le plus à l'aval se caractérise quant à lui par la suite (humite structichron), structichron, (leuciton réducton), stérite, (structichron leuciton réducton). La partie la plus proche du marigot montre une enveloppe physiographique rectiligne et plane, délimitant un contenu-sol identifié par la suite humite, (humite réducton), (réducton leuciton), réducton. Cette zone se distingue donc des précédentes par une enveloppe et un contenu différents.

Ces segments morphopédologiques ne sont cependant pas juxtaposés et nous avons vu le rôle joué par les segments intermédiaires. Ils possèdent des formes identiques (rectiligne-concave) mais des contenus pédologiques faisant la transition entre les segments rectilignes-convexes d'une part et les segments rectiligne-convexe et rectiligne-plan d'autre part.

Cette succession morphopédologique se caractérise, au niveau du contenu sol, par une transformation structurale importante illustrée par un changement complet de pédotypes entre la partie haute et la partie basse de la séquence, ainsi que par la "simplification" de l'organisation des sols. Parallèlement au changement des pédotypes, leur nombre est de plus en plus limité de l'amont vers l'aval (Fig. 22).

L'intervention des structures relais est essentielle pour assurer la continuité de la séquence, qui se fait surtout par l'intermédiaire de pédotypes ou corps naturels intergrades. Nous pouvons ainsi rappeler le rôle des intergrades suivants :

- (structichron oxydon), (Pauci).lapidon (oxydique structichromique), (Pauci).stérite (oxydique structi-

chromique) et oxydique qui matérialisent un passage d'une phase meuble continue à des phases durcies discontinues et continues.

- (structichron humite réducton), (humite réducton) qui marquent le passage d'un système relativement bien drainé à un système engorgé.

- (structichron leuciton), (leuciton réducton) qui identifient des ensembles excédentaires en eau. Le premier se place en milieu drainant et il se crée alors une zone de départ, le second indique la proximité d'ensembles où l'excès d'eau n'est que très difficilement évacué.

- (isaltérite leuciton réducton) qui matérialise le passage d'un ensemble altéritique vers un ensemble hydromorphe. Dans ce système complexe peuvent s'intercaler d'autres intergrades tels que (structichron leuciton), (leuciton réducton) qui soulignent la présence d'autres chemins d'évolution et d'information.

Dans la construction de l'image morphopédologique précédente (Fig. 22) nous n'avons pratiquement pas pris en compte l'existence des diverses formes de lapidons qui ont été décrites. Existe-t-il, entre ces organisations pédologiques durcies discontinues et les différentes facettes topographiques, des relations aussi étroites que celles que nous avons mis en évidence entre les phases meubles et les organisations géomorphologiques ?

Il faut tout d'abord remarquer la présence, dans pratiquement toute la séquence, des mêmes types de lapidons de dureté variable. Mais ce critère de différenciation ne semble pas très significatif, à l'exception toutefois des (Pau-ci).lapidons. Sans prendre en considération la dureté nous avons alors identifié :

- Un lapidon oxydique qui s'exprime par la présence de nodules de différentes couleurs, rouge (10 R et 2.5 YR) et jaune (7.5 YR). Il est présent surtout à la partie supérieure des sols. Il est généralement intégré dans les stérites pour réapparaître en-dessous puis disparaître plus ou moins rapidement.

- Un lapidon altérégolique et oxydique, le plus souvent de couleur jaune (7.5 YR), parfois rouge (2.5 YR). Il relaie vers la profondeur les lapidons jaunes strictement oxydiques qui seraient ainsi, dans cette hypothèse, des reliques très enrichies en oxydes métalliques de l'altérite observé en profondeur.

- Un lapidon stéritique, reste vraisemblable du démantèlement d'un niveau stéritique. Il n'est présent que dans le sol le plus à l'amont de la séquence (MAG 14).

- Un (Pauci).lapidon oxydique et structichromique rouge (7.5 R, 10 R, 2.5 YR) qui peut représenter le passage d'une phase meuble à une phase durcie discontinue, chemin d'information (structichron oxydon) ---> lapidon à l'aval de la séquence et au-dessus des niveaux stérétiques. Il pourrait également relever d'un chemin (altérite oxydon) ---> lapidon dans les parties plus profondes du sol et plutôt à l'amont de la séquence.

- Un lapidon oxydique ferro-manganique matérialisé par des concrétions noires observées uniquement dans les sols de la partie aval de la séquence (segment rectiligne-plan et segment intermédiaire aval).

Les lapidons oxydiques rouges et jaunes et les lapidons altérégoriques sont intégrés de façon plus ou moins nette dans des systèmes stérétiques:

- dans le segment amont convexe et convexe-rectiligne, à la partie supérieure du sol,

- dans le segment aval supérieur rectiligne-convexe, les ensembles stérétiques sont relativement plus profonds.

Il existe donc un net décalage dans le positionnement des niveaux stérétiques de ces deux segments. On peut aussi envisager, malgré leurs mêmes composantes lapidiques, l'existence de deux phases différentes de durcissement intervenant selon toute vraisemblance à des périodes différentes.

Toutefois, du fait de la position identique des ensembles stérétiques<-->lapidons du segment amont et des lapidons des segments qui lui font suite vers l'aval, il est possible d'envisager un passage latéral stérite-->lapidon de l'amont vers l'aval. Les lapidons sont ensuite repris dans un nouvel ensemble stérétique profond des sols du segment aval supérieur rectiligne-convexe.

On note également la disparition brutale de certains lapidons:

- le lapidon stérétique, cantonné au profil MAG 14, apparaissant brusquement au niveau du stérite et se poursuivant jusqu'à la proximité de l'altérite où il disparaît de manière tout aussi soudaine.

- de même, dans le profil MAG 11, toutes les formes de lapidons oxydiques disparaissent complètement entre 160 et 250cm de profondeur pour réapparaître ensuite tout aussi brutalement et être incluses dans le stérite sous-jacent.

Certains lapidons peuvent assez facilement s'interpréter comme des formes relictuelles ayant apparemment évolué "sur place" et pouvant ainsi s'intégrer dans la caractérisation de la séquence morphopédologique (altérite --> lapidon altérégoïque --> lapidon oxydique ou bien les (pauci).lapidons oxydiques et structichromiques). D'autres en revanche, du fait de leur apparition ou disparition brutales, se placent plus difficilement dans cet ensemble morphopédologique limité. Ils matérialisent en fait des transformations géomorphologiques importantes (disparition et fragmentation de certains corps naturels redistribués sous une autre forme dans les "paysages").

Il est donc possible d'établir, dans certaines situations, des relations entre les facettes topographiques et la présence de certains types de lapidons, mais leur niveau de discrimination est relativement faible. Les lapidons n'apportent qu'un complément d'information dans la caractérisation des segments morphopédologiques. L'intérêt essentiel de la présence des lapidons se place à un autre niveau. Quelle que soit la cause invoquée pour expliquer leur présence, ils soulignent presque toujours des discontinuités, des seuils morphopédologiques importants qu'il est très difficile de rapprocher systématiquement d'une facette topographique plutôt que d'une autre. Il semble donc que l'information lapidon ne puisse s'intégrer à l'ensemble image information de la séquence, mais doive être interprétée à une échelle plus petite, "régionale", rassemblant différentes formes de toposéquences qui nous permettraient de mieux caractériser les transformations géomorphologiques régionales.

♦ ♦

Pour conclure,

C'est donc sur cette image que nous terminerons l'analyse de ce premier paysage morphopédologique. Nous retiendrons surtout que cette forme de modelé, rapprochée dans un premier temps des formes convexes (sans être toutefois assimilable à des formes en demi-orange), s'en éloigne sensiblement aussi bien en ce qui concerne le profil géomorphologique qu'en ce qui concerne le contenu pédologique. En effet, les pédotypes stérilitiques ne sont généralement pas aussi nettement exprimés (Collinet, Forget - 1976, 1977; Martin et al - 1981). Il s'agit d'un modelé morphologiquement peu typé, dans lequel se succèdent des facettes topographiques convexe, rectiligne-convexe, rectiligne-concave, rectiligne-plan associées à des contenus-sols (structichromique-stérilitique-altéritique), (structichromique-stérilitique-leucitique réductique) et (humite-humite réducton-réducton leuciton-ré-

ducton). Ce modelé, ou des modelés très proches, se retrouvent dans la majeure partie de la zone bordant le fleuve Oubangui (Beaudou- 1971).

Il faut également insister sur la bonne relation facette topographique-pédotypes meubles ainsi que sur la place de l'information lapidon qui déborde le cadre de la toposéquence et s'inscrit dans une autre échelle.

* *

*

Septième chapitre

EN COTE D'IVOIRE : UNE TOPOSEQUENCE SUR UN MODELE DE PLATEAU CUIRASSE ET LONG VERSANT RECTILIGNE

Cette toposéquence se situe dans le nord de la Côte d'Ivoire entre Boundiali et Korhogo. Pour être plus précis, elle se place à une quarantaine de kilomètres au nord-est de Korhogo (à 2km du village de Kokaha). Cette région de Korhogo fait partie de ce que l'on appelle "les plateaux du Nord". Ils se définissent comme une pénéplaine dont l'altitude varie de 400 à 300m. C'est une région monotone caractérisée par des modelés de deux types :

- Des plateaux sommitaux à rebords boisés, se raccordant à de longs versants rectilignes à faible pente par l'intermédiaire d'un court talus à très forte pente, rectiligne concave.
- Des sommets plan-convexes qui passent peu à peu à des versants convexe-concaves.

La toposéquence que nous allons étudier plus en détail est placée sur le premier type de modelé. Elle se trouve dans la "zone dense", zone à forte densité de population (80 à 100 ha/km²) qui entoure la capitale régionale, Korhogo. La très grande majorité de la population est représentée par les "Sénoufos", excellents agriculteurs qui exploitent au maximum les "paysages". De ce fait, toute végétation "naturelle" a disparu et les seuls arbres encore préservés par endroits, sont les "Karités" (*Butyrospermum paradoxum*), les "Nérés" (*Parkia biglobosa*) et les "Baobabs" (*Adansonia digitata*) qui sont utilisés dans l'alimentation. C'est essentiellement pour cette raison qu'il est délicat d'utiliser les informations de la composante végétation du milieu physique pour aider à définir les "paysages", (Beaudou-Sayol, 1983).

Les séquences de ce type, très fréquentes et caractéristiques de toute cette région nord de la Côte d'Ivoire (Eschenbrenner et Badarello, 1978; Beaudou et Sayol, op. cit.; ...) possèdent une extension variable, toujours assez importante cependant, si on la compare à celle de la séquence centrafricaine du précédent chapitre. Toutefois, l'exemple retenu se place parmi les séquences courtes, inférieures à 1000m. Il est en effet assez habituel de parcourir des toposéquences qui s'étendent sur des distances de l'ordre de 1500m ou plus, depuis le rebord du

Séquence KORB 35
(Région de Korhogo - Nord Côte d'Ivoire)

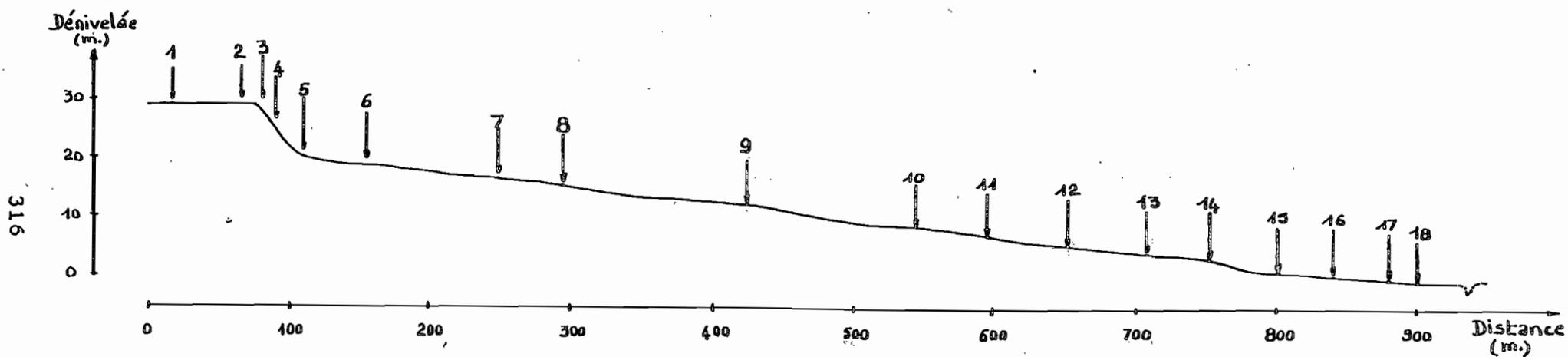


Fig.23 : Profil topographique et localisation des sols étudiés.

plateau. Dans la majorité des cas, la différence se situe principalement dans la partie la plus aval dont l'extension est en général directement rattachée à l'ampleur du cours d'eau qui draine le paysage.

Le plateau peut également montrer de très grandes différences d'extension (Beaudou et Sayol, 1983 - Cartes morpho-pédologiques de Boundiali et Korhogo). La séquence KORB 35 décrit un plateau de faible superficie (la longueur et la largeur sont respectivement voisines de 1500 et 400m).

D'une façon générale, les dénivelées sont relativement faibles et ne dépassent pas 40-50m. Dans cet exemple la dénivelée est légèrement inférieure à 30m. La forme générale est simple, plane, puis rectiligne à faible pente. La seule grande rupture se situe au raccordement de ces deux zones (Fig. 23).

A Korhogo, nous sommes dans un région à climat tropical sub-humide caractérisé par la succession suivante :

- une saison sèche de Novembre à Mai,
- une saison des pluies de Juin à Octobre.

La pluviométrie annuelle moyenne est de l'ordre de 1400mm, les températures de 27°C. L'évaporation, élevée, se place aux environs de 2000mm, l'évapotranspiration potentielle est voisine de 1800mm. Dans l'ensemble, le déficit hydrique est donc relativement important. Par ailleurs, le climat de cette région montre un caractère d'agressivité assez accentué. A cela s'ajoute une protection relativement faible de la surface du sol par la végétation du fait de l'intense activité agricole déjà signalée. Pour toutes ces raisons, le ruissellement est à l'origine de traces d'érosion importantes. Il s'agit souvent d'érosion en nappe, qui se manifeste par un éclaircissement de la couleur de la surface du sol, par la concentration de matériaux lapidiques aréniques, quartzeux, toujours à la surface du sol, et par la mise en relief des touffes de végétation le plus souvent herbacée (gramen). En bas de versant, les traces d'érosion en rigoles et en ravines sont beaucoup plus nombreuses. Les ravines ainsi formées peuvent être assez fortement creusées pour atteindre parfois plus d'un mètre de profondeur.

La végétation de l'ensemble de la région s'organise en structures qualifiées habituellement de "forêt dense sèche", "forêt claire sèche" et "savanes boisées, arborées et arbustives". La toposéquence retenue se place plutôt dans une zone de savane arborée.

De tels paysages supportent des sols essentiellement ferrallitiques, lapidiques et stérilitiques, développés sur des granites à biotite. Ils sont, en général, assez peu profonds sur les plateaux et les versants. Dans la zone de raccordement, les sols sont systématiquement plus épais et moins riches en lapidon.

L'ensemble des données de morphologie des sols relevées sur le terrain fait l'objet de l'annexe 3.

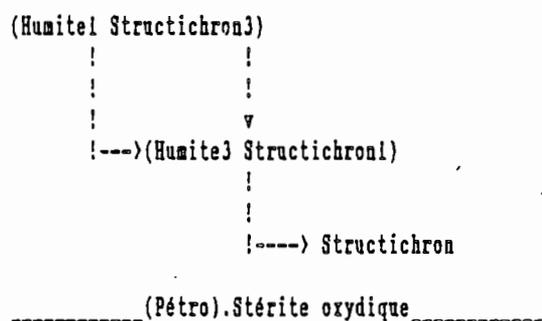
I- L' "IMAGE INFORMATION," DES SOLS
 Les chemins d'information verticaux

Le long de cette toposéquence, nous avons percé 18 fosses pédologiques, KORB 35.1 à KORB 35.18, de l'amont vers l'aval.

A- Les coupes KORB 35.1 à 35.3

Il s'agit de sols ferrallitiques lapidiens et stériliques. Cet ensemble nous donne une assez bonne image de ce type de sol, caractérisé principalement par la présence, à profondeur variable, d'un stérite. L'identification des chemins d'information verticaux est, en apparence, extrêmement simple. Nous devons toutefois traiter séparément deux ensembles de corps naturels élémentaires, ceux rassemblés dans une phase meuble et ceux regroupés dans une phase indurée, continue et discontinue (Fig. 24).

Si nous considérons tout d'abord les corps naturels élémentaires meubles des coupes KORB 35.1 et 35.2 (Fig. 24 A et B), nous pouvons retenir les chemins suivants :



En ce qui concerne les corps naturels élémentaires indurés discontinus, juxtaposés aux pédotypes meubles, il n'existe, dans l'ensemble du sol, qu'un (Péto).Lapidon oxydique, nodulaire et stérilitique. Dans toutes les coupes observées, ce pédotype représente la structure quantitativement dominante de la partie du sol placée au-dessus du stérite.

A des profondeurs extrêmement variables, mais le plus souvent assez faibles, les pédotypes meubles et indurés discontinus disparaissent brutalement. Ils sont remplacés par un pédotype induré continu, le (Péto).Stérite oxydique.

S'il est possible d'envisager, du fait de la similitude de leurs natures, l'existence d'une éventuelle relation entre les pédotypes lapidon et stérite, il faut toutefois

considérer que la brutalité de la limite entre ces deux corps naturels peut également indiquer l'intervention de processus géomorphologiques. Ce premier seuil extrêmement net traduit donc, selon toute vraisemblance, le résultat de l'application, plus ou moins fortement décalée dans le temps, de processus de deux natures, pédogénétique tout d'abord, morphogénétique ensuite.

Une autre caractéristique de ces deux sols s'observe à la partie la plus superficielle des profils. Elle concerne la présence de pédotypes particuliers, matérialisant l'existence de seuils qui n'avaient pas été reconnus dans la séquence centrafricaine, située dans une zone climatique moins contrastée et sans grande saison sèche.

Sur les quelques premiers centimètres des sols, nous décrivons successivement plusieurs structures :

- Un (Péto).lapidon oxydique, nodulaire et stéritique, associé à l'aérophyse.
- Un dermilite (1mm. d'épaisseur), visible entre les éléments du (Péto).lapidon.
- Un bioféron (1cm d'épaisseur), associé au (Péto).lapidon.

Dans cette succession, le dermilite, malgré sa très faible épaisseur, souligne la présence d'un seuil dont l'importance au niveau de la dynamique actuelle de l'eau se révélera déterminante, (Valentin, 1985; Casenave et Valentin, 1987; Collinet, 1988). Ce pédotype matérialise une rupture brutale entre deux domaines de porosité et d'évolution différentes. Nous retrouverons cette situation dans la presque totalité de la toposéquence. La présence du dermilite induit, en ce qui concerne la circulation de l'eau, l'apparition d'une composante latérale pratiquement exclusive. Sous le dermilite, les mouvements de l'eau se font selon les deux composantes verticale et latérale. Pour cette raison, nous pouvons donc dire du dermilite, qui exprime préférentiellement une dimension latérale, que c'est un "pédotype latéral".

Le bioféron, quant à lui, représente une structure temporaire qui marque une activité sporadique de la faune du sol. En règle générale, elle est induite par un accroissement du degré d'humidité du sol, consécutive à une période de pluie, à un arrosage, ... Toutefois cette structure se maintient pendant les périodes de sécheresse et se "fossilise". Nous pouvons en effet reconnaître, dans certains sites, la présence de plusieurs bioférons successifs. Cette remarque est surtout vraie pour les turricules de Vers.

Les coupes KORB 35.1 et 35.2 se caractérisent donc essentiellement par la présence de deux seuils extrêmement

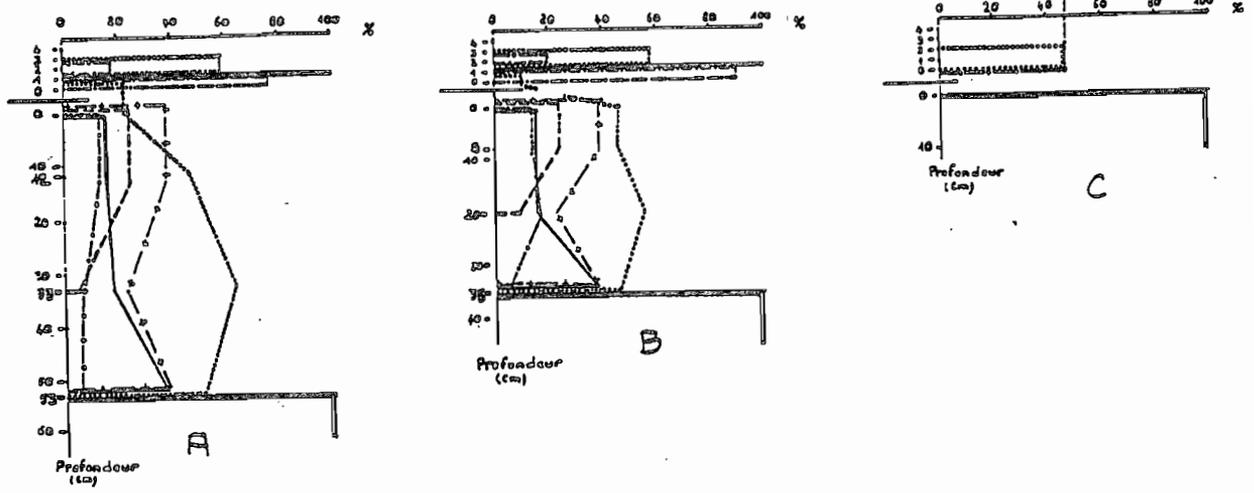


Fig.24 : Les profils structuraux des coupes KORB 35.1, 2 et 3.

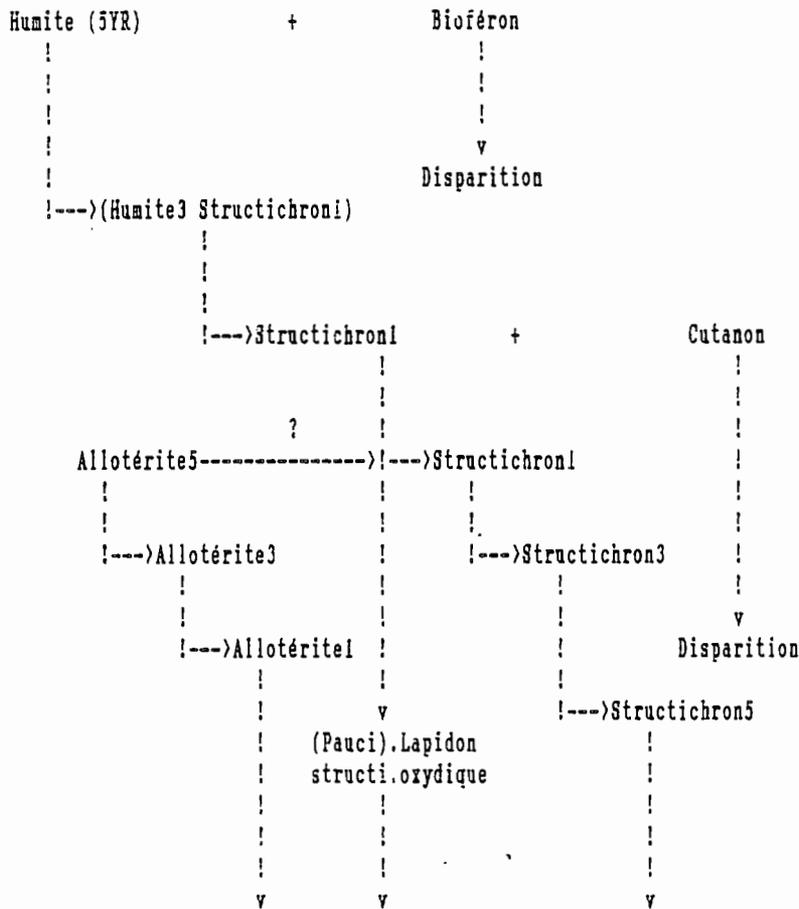
La phase indurée discontinue s'observe dès la surface (associée à l'aérophyse) puis disparaît assez brutalement lorsque l'altérite devient abondant. Il s'agit de (Péto)-lapidon oxydique stéritique -més- à giga-rudite- en surface, -centi- et méso-rudite- ensuite, associé à un (Péto)-lapidon oxydique nodulaire dans le reste du sol. Du fait de leur position respective, il semble logique d'établir une relation directe entre ce (Péto)-lapidon stéritique (et nodulaire) et le (Péto)-stérite présent sur le plateau. Le lapidon provenant alors du démantèlement du stérite positionné au-dessus.

En revanche, la relation pouvant exister entre l'altérite et le structichron n'apparaît pas de façon morphologiquement indiscutable à ce niveau de la séquence. Il est en effet toujours possible de placer, avec une relative facilité, une limite entre ces deux corps naturels élémentaires. Cette constatation tendrait ainsi à confirmer les récentes conclusions d'Eschenbrenner (1987) quant à l'importance de la bioturbation dans les sols ferrallitiques du nord de la Côte d'Ivoire. Ces bouleversements d'origine biologique mettraient en contact direct altérite et structichron en atténuant de façon sensible (ou même en faisant disparaître) la progressivité du passage de l'un à l'autre. Cette progressivité, qui rend délicat le positionnement d'une limite, représente le résultat des transformations à caractères géochimiques et se manifeste, dans de nombreux cas, par la présence de pédotypes intergrades du type (altérite structichron).

Les coupes KORB 35.5, 35.6, 35.7 et 35.8 sont morphologiquement très proches les unes des autres (Fig. 25 B, C, D, E). Elles ne se distinguent du sol précédemment analysé que par la présence, à la partie la plus superficielle, de la succession verticale et/ou latérale d'un lapidon régolique, siliceux, arénique et d'un dermilite continu, d'organisation plus ou moins complexe (dermilite simple et/ou stratifié).

La présence de ces deux corps naturels élémentaires traduit la réalité de mouvements relatifs des particules à la surface du sol. Ils sont évidemment dus au ruissellement des eaux de pluies mais également, dans certaines situations, aux actions éoliennes, tout au moins en ce qui concerne les particules les plus fines (lutite).

Le reste du profil structural peut s'exprimer par les chemins d'information suivants :



La phase indurée discontinue s'observe également dès la surface. Elle rassemble des individus oxydiques de types nodulaire (centirudite) et stéritique. Ces derniers possèdent une organisation pratiquement identique à celle observée pour les individus du lapidon décrit dans le profil KORB 35.4. Ils s'en distinguent toutefois par leurs dimensions beaucoup plus réduites (mésos- à macro-rudite) et par leur distribution. En effet, leur présence est strictement limitée à la partie superficielle du sol.

L'analyse de ces profils structuraux permet de faire plusieurs remarques :

- Il faut signaler tout d'abord, la présence à la surface du sol, du pédotype **bioféron**, structure résultant de l'activité de la faune du sol. Peu abondant, il n'est visible que sur une épaisseur minime.

- Presque toutes les coupes montrent un pédotype **cutanon** formé de ferri-argilanes. Toujours en faible ou très faible quantité, il est associé au le structichron. Ces deux pédotypes évoluent quantitativement de

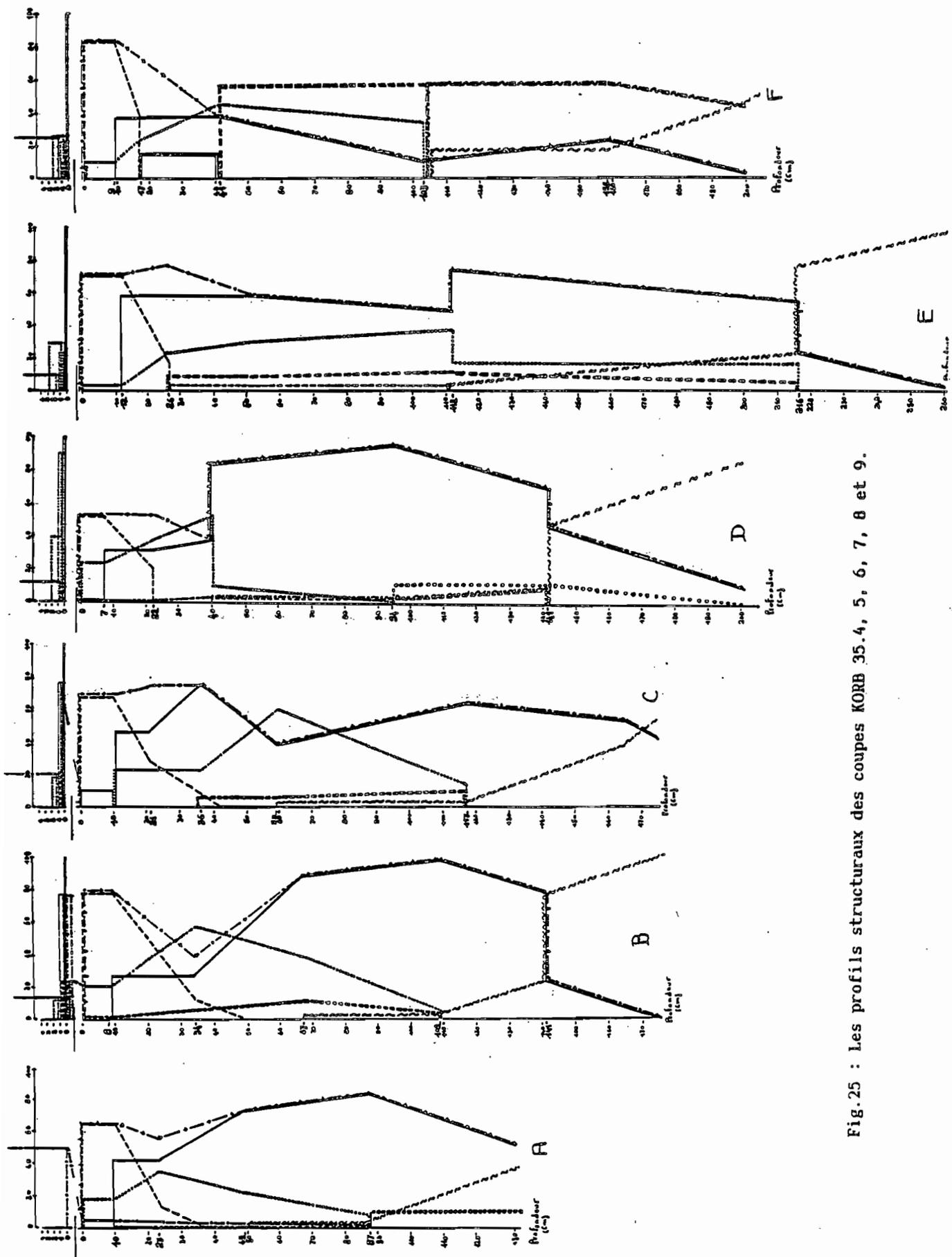


Fig.25 : Les profils structuraux des coupes KORB 35.4, 5, 6, 7, 8 et 9.

façon parallèle. Le cutanon n'a pas été observé en profondeur lorsque le pédotype structichron est très largement supplanté par l'allotérite. Le cutanon est généralement interprété comme le résultat du déplacement (ou de la réorganisation sur place) et du dépôt d'éléments figurés minéraux fins ou très fins (micro-lutites), auxquels s'associent parfois des composés organiques. Dans le cas présent, il s'agit selon toute vraisemblance d'argiles et d'oxydes de fer. Ceci est donc en partie l'indice de mouvements de matière, verticaux et/ou latéraux, à l'intérieur du sol. Malgré une représentation quantitative faible ou même très faible, qui ne permet pas de caractériser un seuil, ce pédotype est cependant l'expression d'une dynamique des éléments significative de ces sols et paysages morphopédologiques.

REMARQUE: La présence du cutanon est en relative contradiction avec l'hypothèse d'un remaniement total du sol par la faune. En effet la formation d'un tel pédotype suppose l'existence de périodes de stabilité des structures du sol. Les deux processus ne s'excluent pas mais suggèrent des "pauses" dans l'activité de la faune dont la durée reste encore à préciser.

- A des profondeurs variables d'un sol à l'autre, on observe un seuil, matérialisé dans toutes les coupes par la présence du lithopédotype allotérite. Cependant, ce corps naturel élémentaire apparaît, dans presque toutes les situations, en faible quantité, relativement haut dans le profil. Son statut demeure inchangé sur une assez grande épaisseur avant de changer brusquement. Cette brutale évolution de la quantité de l'allotérite est particulièrement visible dans les coupes KORB 35.5, 35.7 et 35.8 (Fig. 25 B, D et E). Elle ne s'exprime pas aussi nettement dans les autres coupes (KORB 35.4 et 35.6), mais l'allure générale de la courbe "allotérite" des profils structuraux de ces deux sols se rapproche de celle qui a été décrite et laisse supposer une évolution similaire. Cette distribution en deux niveaux de l'allotérite incite à proposer différentes hypothèses:

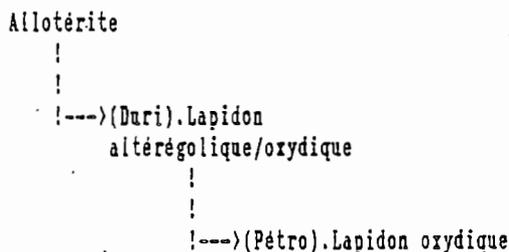
- elle peut être l'indice d'un apport d'éléments rocheux, en faible quantité (entaféron régolique ou altérégolique), sur un topolite, un altétopolite ou même un altérite. L'ensemble ayant été transformé ensuite par la pédogénèse, qui a conduit aux sols que l'on observe aujourd'hui. Quel que soit le type de matériau apporté, sa quantité et son état initial, sa présence implique l'application de processus de nature géomorphologique qui débordent le cadre du profil et même peut-être celui de la toposéquence.

- elle peut être également l'indice d'une zone superficielle plus fortement biopédoturbée, plus ou moins récente. Le niveau d'assez brusque augmentation de la quantité d'allotérite matérialisent la limite inférieure de la pénétration et de l'activité de la faune dans ce type de sol.

Ces deux hypothèses qu'il est possible d'envisager n'ont pas la prétention de répondre au problème posé. D'autres réponses sont vraisemblablement imaginables. Cependant il faut encore signaler qu'elles ne s'excluent pas et peuvent éventuellement s'appliquer l'une après l'autre.

- Du fait de la répartition différente des lapidons oxydiques nodulaire et stéritique, nous pouvons envisager plusieurs hypothèses concernant leur origine :

Comme nous l'avons déjà signalé, le lapidon stéritique semblerait en relation directe avec le stérite présent sur le plateau, en position topographique plus élevée. L'application de processus de démantèlement suivis de déplacements par simple gravité suffirait à expliquer sa présence exclusive à la surface des sols. La présence du lapidon nodulaire pourrait bien entendu se justifier de la même façon, tout au moins pour une partie des individus, en particulier ceux localisés à la surface du sol. Ceux qui s'observent dans les sols auraient été "enfouis" à la suite de bio-pédoturbations. Cependant, l'existence en profondeur, dans la coupe KORB 35.8, d'un lapidon altérégolique, oxydique et ferroxique, nous autorise à envisager l'hypothèse d'un autre chemin d'information qui, partant en profondeur de l'altérite, nous conduit, vers la surface, à un (Péto).lapidon oxydique nodulaire. Nous pouvons le schématiser ainsi :



L'analyse plus détaillée du profil KORB 35.8 révèle également la sensible diminution du lapidon oxydique nodulaire à proximité de la surface, ce qui pourrait confirmer, en partie, la validité de ce chemin d'information.

-Dans toutes les coupes, le lapidon nodulaire disparaît assez brusquement lorsque l'allotérite est en quantité importante. Ce type de courbe, avec des seuils très marqués, suggère l'application de processus ayant un caractère "catastrophique". Peut-être l'application de processus de nature géomorphologique qui marquent de façon très nette les sols en créant la double discontinuité -présence d'allotérite, absence du lapidon- que révèlent les profils structuraux.

- Dans les profils KORB 35.4, 35.5, 35.6 on observe en profondeur la diminution rapide du pédotype structichron. Jointe à l'augmentation tout aussi rapide de l'altérite, elle met également un autre seuil en évidence. Dans les profils KORB 35.7 et 35.8 le seuil précédent (lapidon-allotérite) se superpose à celui que nous venons de caractériser (structichron-allotérite). Dans ce cas nous pouvons parler de seuil triple (lapidon-structichron-allotérite).

- Vers la surface, il est également possible d'envisager la présence d'un autre seuil souligné par la diminution importante et rapide du lapidon nodulaire. Simultanément, le structichron prend une importance plus nette. Cette limite est particulièrement bien marquée dans les coupes KORB 35.7 et 35.8. Elle est moins apparente dans les sols KORB 35.4, 35.5 et 35.6. Malgré cela, si nous envisageons d'expliquer cette distribution du (Péto).lapidon nodulaire par l'application de processus de nature géomorphologique, il semble absolument nécessaire de placer à ce niveau un seuil, dont l'évidence s'atténue à l'aplomb de certains profils. Les variations de netteté d'un tel seuil peuvent éventuellement s'expliquer par la nouvelle primauté des facteurs pédologiques, plus particulièrement la bio-pédoturbation.

- Un dernier seuil, extrêmement net, se place à la surface du sol. Comme précédemment, il se manifeste par la présence du dermilite, ou du couple dermilite/lapidon quartzeux arénique.

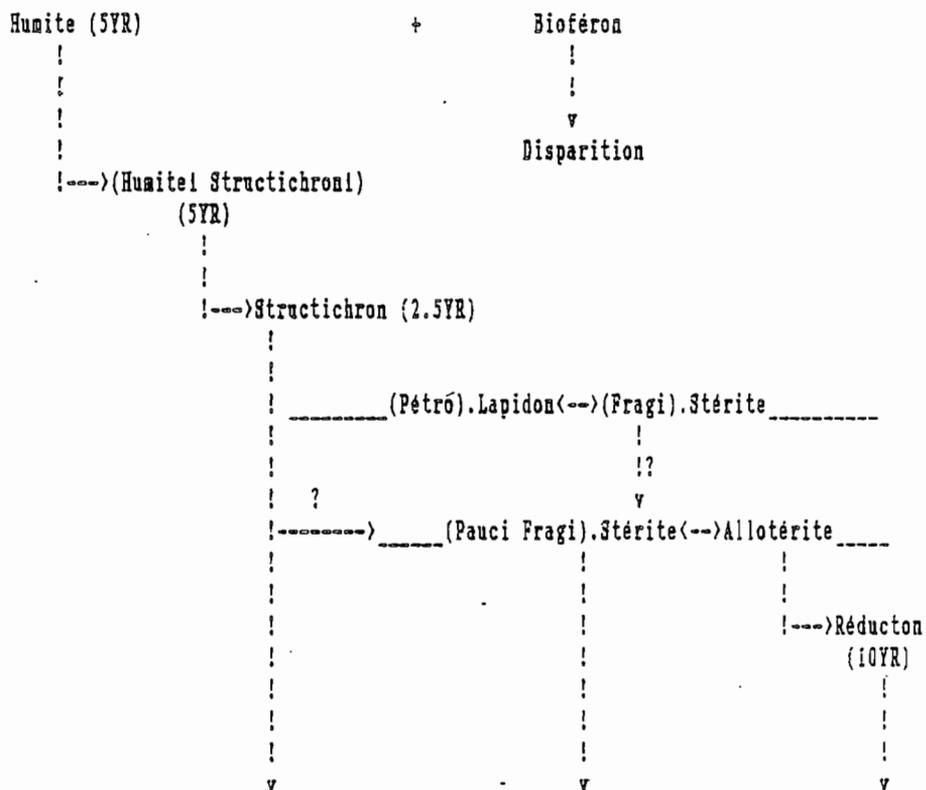
- Une ultime remarque est à faire concernant la présence, tout à fait en profondeur, d'un (Pauci).lapidon oxydique et structichromique (profils KORB 35.6 et 35.7). Nous pouvons le mettre en relation avec le structichron qui, à cet endroit, se rapproche vraisemblablement d'un pédotype intergrade (structichron oxydon).

C- La coupe KORB 35.9

Cette coupe est analysée séparément, car elle possède à la fois des caractères morphologiques proches de ceux des sols que nous venons d'examiner (profils KORB 35.4 à 35.8), et des caractères voisins de ceux des sols que nous présenterons dans le paragraphe suivant (profils KORB 35.10 à 35.15). Cette dualité s'exprime par la présence, en profondeur, du lithopédotype allotérite et du pédotype stérite qui constituent un corps naturel complexe, intergrade, identifié comme un (Pauci Fragi).stérite <--> allotérite), original et spécifique de ce profil (Fig. 25 F).

Comme précédemment il est nécessaire de distinguer phase meuble et phase indurée (continue et discontinue), présentes simultanément dans le sol.

La phase meuble

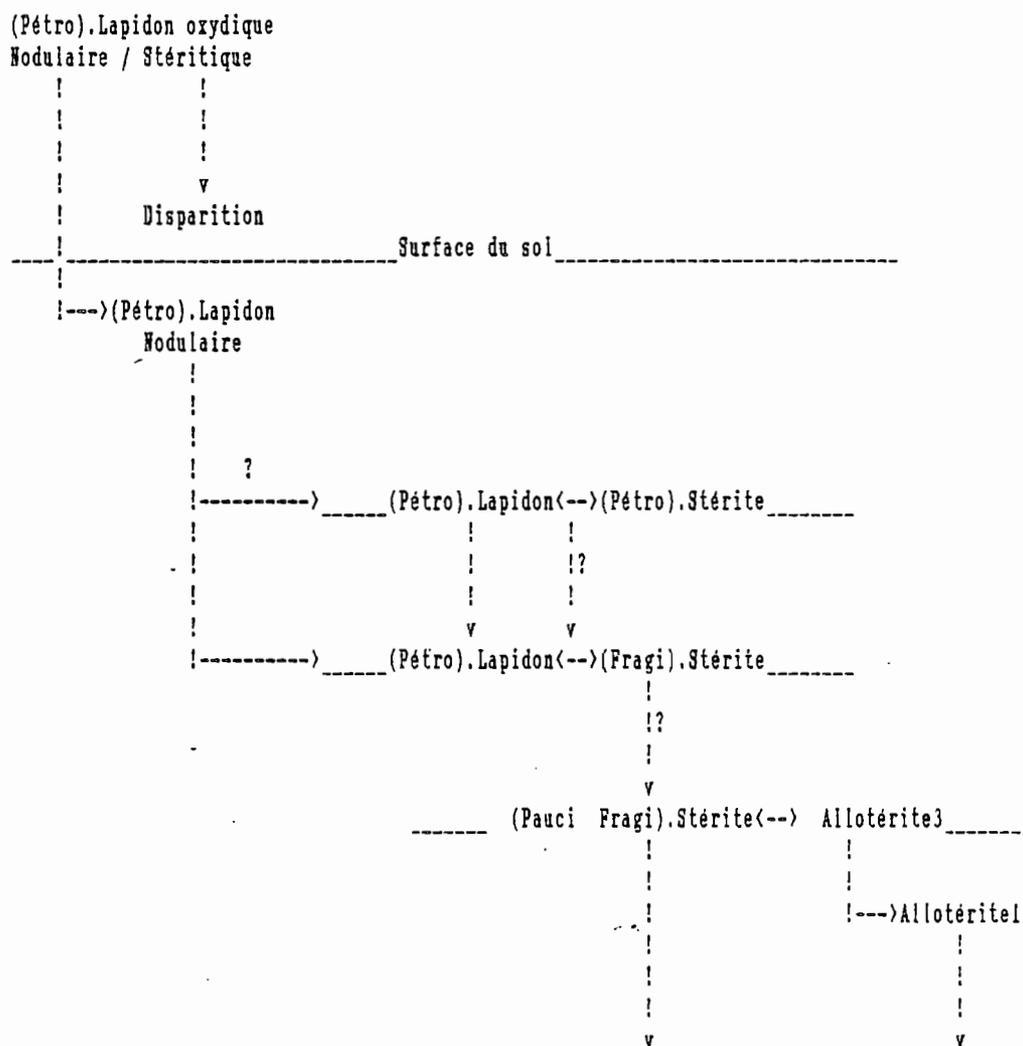


Ce type de chemin d'information, relativement simple, se retrouve fréquemment dans cette région. Il se caractérise par un passage progressif du pédotype humite au pédotype structichron, traduction de la prépondérance de la fraction minérale vers la profondeur. Plus en profondeur, il faut relever la diminution graduelle du structichron et l'apparition du pédotype réducton, indice de l'existence de périodes d'engorgement assez prolongées, qui s'accompagnent de la redistribution des oxydes et hydroxydes métalliques présents dans les phases meubles et indurées. La relation réducton allotérite peut être envisagée. L'allotérite, assez peu représenté sous sa phase meuble, peut donc toutefois être inclus dans les chemins d'information qui conduisent au structichron et au réducton (au moins partiellement). Nous sommes en présence d'un ensemble complexe, dans lequel apparaissent alors toute une série de relations, qui s'établissent entre phase meuble et phase indurée d'une part, entre phase pédoplasmée et phase altérée d'autre part.

Nous remarquons, comme dans les coupes précédentes, la présence du bioféron dans la partie la plus superficielle du sol et dans une fraction d'espace très réduite.

Recherchons maintenant quels chemins d'information nous pouvons faire apparaître afin de caractériser la phase indurée, qui se présente sous les formes continue et discontinue.

La phase indurée



Plusieurs faits sont à retenir d'une telle image.

- La présence d'une rupture structurale nette en profondeur, marquée par la disparition complète et brutale du lapidoxydique nodulaire et de l'ensemble intergrade (stérite <----> lapidoxydique), remplacé par un nouvel ensemble induré, également intergrade (stérite <----> allotérite). Nous sommes donc en présence d'un seuil, qui souligne l'existence de deux systèmes différents, superposés. Le plus superficiel traduit l'application de processus de nature plutôt géomorphologique. Le plus profond, en revanche, exprime le résultat de l'application de processus plus directement rattachés au domaine pédologique. La netteté d'une telle limite laisse penser, encore une fois, qu'il existe, à un moment

donné, un phénomène dont l'effet ou les effets cumulés expriment un résultat de type "catastrophique".

- La présence du lapidon stéritique uniquement en surface est un autre caractère structural, qui matérialise un seuil, identique à celui que nous avons observé dans les profils précédents (Fig. 25). Il faut également noter l'existence de ce pédotype, en quantité extrêmement limitée (niveau de quantification 6), immédiatement au contact du pédotype intergrade (Péto).-stérite<-->(Péto).lapidon.

- Comme dans les situations précédentes, nous retrouvons à la surface du sol la présence de dermilite seul, ou en couple avec un lapidon quartzeux arénique.

Les seuils, que nous avons précédemment fait apparaître, s'observent aussi à cette place, que ce soit celui visualisé par le dermilite, ou celui marqué par la brusque disparition de l'ensemble intergrade (lapidon nodulaire <--> stérite). Mais, fait important, dans cette coupe s'individualisent deux autres seuils, qui laissent présager, vers l'aval de la séquence, l'existence de nouveaux corps naturels indices de nouveaux systèmes de fonctionnement et d'évolution. Il s'agit, tout d'abord, du seuil souligné par le pédotype complexe intergrade (PauciFragi).stérite<--> allotérite, puis de celui, encore mal individualisé, marqué par l'apparition du réducton.

Ce profil semble donc occuper une situation particulière de charnière entre deux ensembles, à l'amont celui que nous venons d'étudier et à l'aval celui que nous allons maintenant aborder.

D- Les coupes KORB 35.10 à KORB 35.15

Nous avons regroupé dans ce paragraphe les sols caractérisés par l'existence, à des profondeurs variables, du pédotype stérite (Fig. 26). Il souligne, bien évidemment, la présence d'un seuil qui n'avait pas été reconnu dans les profils précédents, à l'exception peut être de la coupe KORB 35.9. Malgré cette similitude des éléments de cet ensemble, certaines différences apparaissent, lorsque nous analysons plus en détail les chemins d'information que nous sommes en mesure de faire apparaître.

La phase indurée

(Pétro).Lapidon
nodulaire

!
!
v

Disparition

(Pétro).Lapidon
nodulaire

!
!
!

!--->_____ (Pétro).Lapidon<-->(Pauci Fragi).Stérite _____

!
!
!

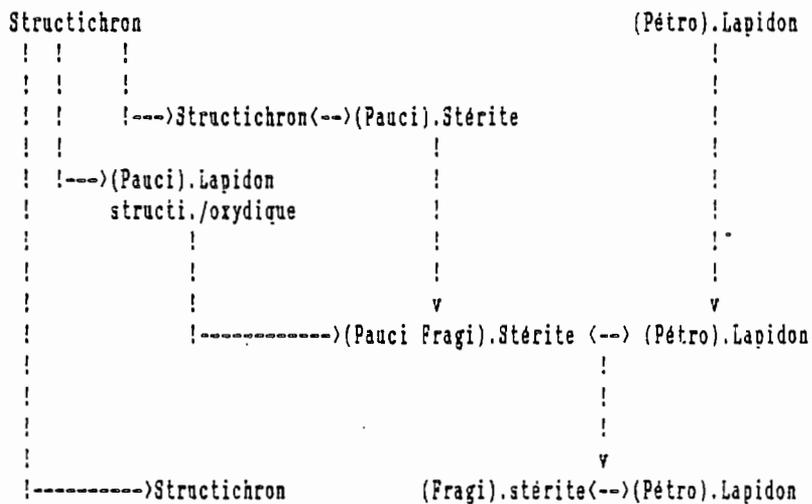
v

v

_____ (Pétro).Lapidon<-->(Fragi).Stérite _____

L'ensemble (Pétro).lapidon<-->(Fragi).stérite possède une organisation légèrement réticulée. Le réseau s'individualise vraisemblablement aux dépens de la phase structichromique, qui paraît devenir de plus en plus oxydique et s'indure assez nettement. On aboutit ainsi à ce corps naturel intergrade complexe, qui traduit ce processus complexe de ségrégation des éléments oxydiques et leur induration plus ou moins marquée.

Nous pouvons rapprocher les chemins d'information des phases meuble et indurée. Ceci nous permet de faire apparaître une nouvelle image, plus complexe, de cette coupe ainsi qu'une meilleure caractérisation des relations pouvant exister entre ces deux phases.



Nous sommes à nouveau en présence d'un schéma proche de ceux qui avaient été évoqués lors de l'analyse de la séquence précédente (paysage convexo-concave).

Il faut remarquer, dans cette coupe, la discontinuité existant dans la distribution verticale du (Pétro).lapidon nodulaire. Présent en surface en faible quantité, il disparaît totalement sur une dizaine de centimètres d'épaisseur pour réapparaître ensuite. Cette interruption, visible au niveau du profil, peut traduire simplement l'hétérogénéité de la distribution latérale de ce pédotype, à l'échelle de la toposéquence et du paysage. Dans cette hypothèse, il n'est donc pas nécessaire de placer un seuil à cet endroit.

Dermilite et (Pétro).lapidon quartzeux arénique sont toujours présents à la surface du sol. Ces deux pédotypes constituent une des constantes des sols que nous avons analysés.

Nous sommes en mesure de caractériser ce profil par deux seuils principaux. Le premier marqué par le dermilite (et le lapidon quartzeux arénique), le second souligné par l'apparition de pédotype intergrade (Pétro).lapidon<-->(Fragi).stérite.

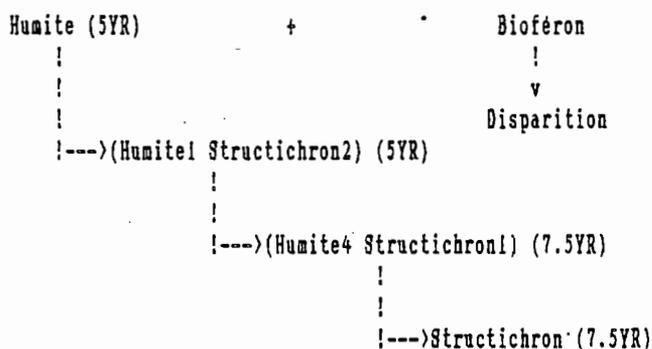
Les profils KORB 35.11 et 35.12 (Fig. 26 B et C), pratiquement similaires, montrent des caractéristiques très proches de celles du profil KORB 35.10. Cette remarque est surtout vérifiée lorsque nous envisageons les seuils. Malgré tout, il existe quelques différences dont les principales concernent :

-l'absence de l'ensemble (structichron<-->(Pauci).stérite),

-la situation du stérite, qui apparaît beaucoup plus près de la surface du sol, dès 40 et 30cm de profondeur.

Les chemins d'information peuvent se présenter ainsi:

La phase meuble



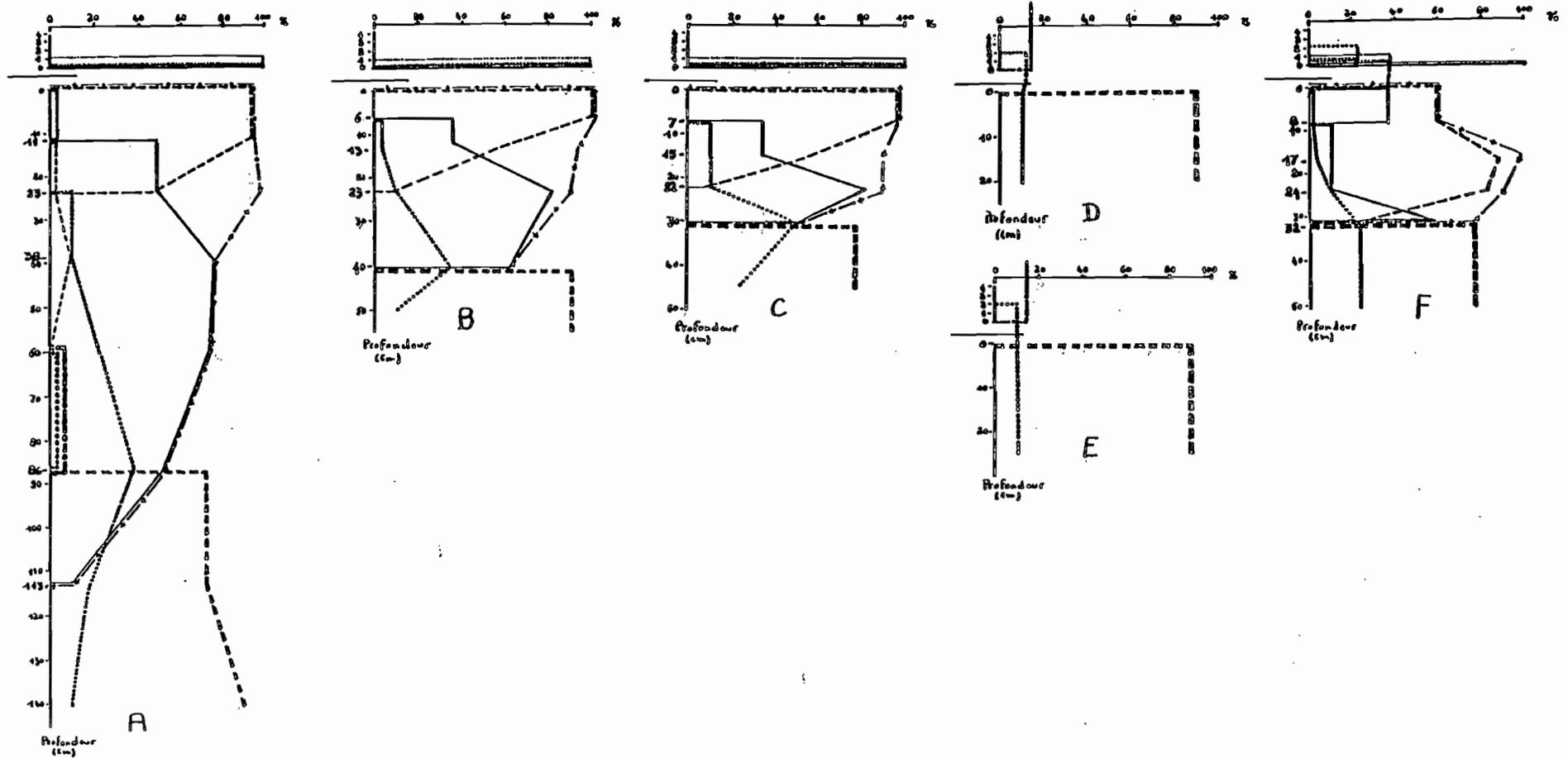
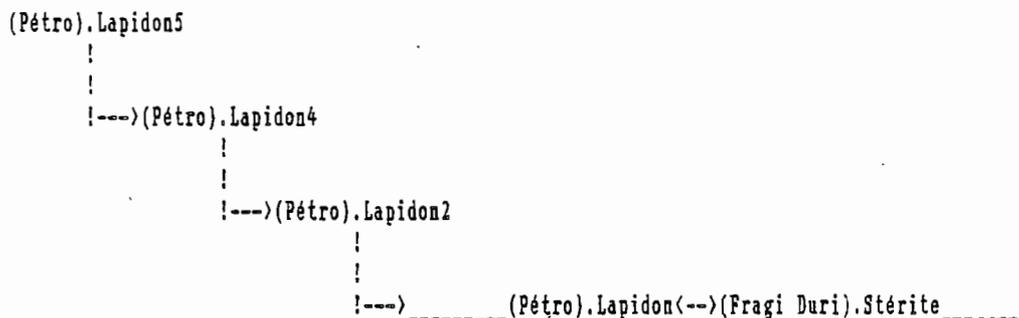


Fig.26 : Les profils structuraux des coupes KORB 35.10, 11, 12, 13, 14 et 15.

La phase indurée

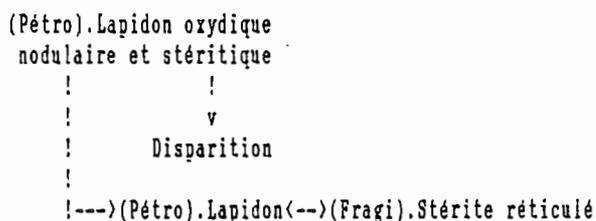


Nous remarquons la disparition du pédotype cutanon, peut-être due à l'irrégularité de la distribution latérale de ce pédotype (hypothèse déjà évoquée à propos de la disparition momentanée du lapidon dans le profil KORB 35.10).

On assiste également à un changement net de la couleur du structichron. Rouge (2.5YR) dans les sols précédents, il devient ici assez nettement ocre-jaune (7.5YR).

Le stérite présente également une organisation réticulée, identique à celle que nous avons déjà décrite. Le réseau relie de façon plus ou moins accentuée les différents éléments du lapidon. Sa présence, comme dans les coupes précédentes, peut s'expliquer par une transformation structichron-oxydon, difficile à reconnaître à l'oeil nu ou même à l'observation microscopique traditionnelle. Une telle transformation peut être admise comme le résultat de l'alternance saisonnière de périodes d'hydratation excessive, permettant des modifications et des réorganisations des minéraux (oxydes et hydroxydes métalliques) aussi bien dans la phase meuble que dans la phase indurée, avec des périodes plus sèches, qui induisent le durcissement des plages oxydiques et structichromiques. Il en résulte l'apparition de pédotypes particuliers, complexes, intergrades, ((structichron oxydon)<-->lapidon<-->stérite) tels que ceux qui viennent d'être identifiés.

Les autres sols de cet ensemble -profils KORB 35.13 et 35.14- montrent des images information extrêmement simplifiées, du fait de la disparition de la phase meuble (Fig. 26 D et E). Elles s'expriment par le chemin d'information suivant :



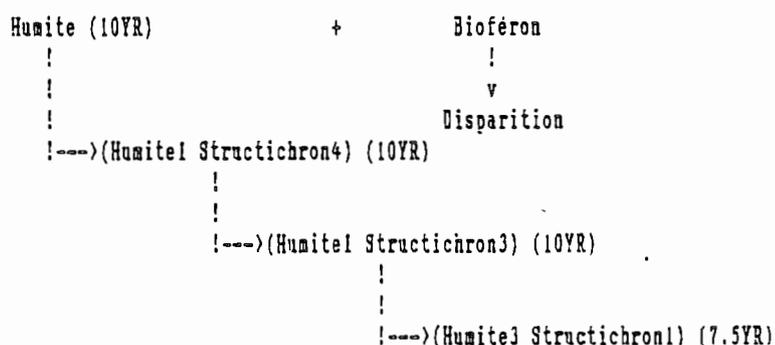
La relation entre les phases indurées discontinues et continues traduit le résultat de processus de dissolution, de démantèlement, de destruction du stérîte. Cette hypothèse est essentiellement justifiée par la présence du lapidon stéritique, pédotype qui n'existait pas dans les autres coupes et dont l'organisation est pratiquement identique à celle du stérîte sous-jacent. On y retrouve en particulier l'aspect réticulé.

La coupe KORB 35.15 (Fig. 26 F) est très proche des coupes KORB 35.11 et 35.12. En surface, nous observons la succession (Pétero).lapidon quartzeux arénique/dermilite à laquelle s'ajoute un (Pétero).lapidon oxydique nodulaire identique à celui du profil KORB 35.14, placé immédiatement avant.

Il faut signaler la présence, en quantité importante, d'un (Pétero).lapidon quartzeux arénique dans la partie superficielle du sol, où il est juxtaposé à l'humite. Un tel lapidon est en général interprété comme le résultat du dépôt, après transport sur une distance plus ou moins longue, des particules siliceuses présentes dans les sols. Cependant, aucune structure caractéristique d'un dépôt n'a été reconnue dans ce profil. On ne peut donc pas parler d'entaféron, ainsi que le voudrait l'interprétation généralement proposée. Ceci peut s'expliquer par l'importance des phénomènes de bio-pédoturbation, qui contribuent à faire disparaître de telles organisations et qui transforment totalement les matériaux déposés.

Nous pouvons identifier deux chemins d'information spécifiques des deux phases présentes :

La phase meuble



La principale différence avec les coupes KORB 35.11 et 35.12 réside dans le changement de couleur de cette phase meuble, qui devient plus nettement jaune. A cela, il faut ajouter la persistance du pédotype humite dans la totalité de la phase meuble au sein d'un intergrade (humite structichron).

Les phases indurées discontinues et continues sont semblables à celles que nous avons décrit dans les coupes précédentes et peuvent se représenter très schématiquement par le chemin suivant:

(Péto).Lapidon oxydique
 nodulaire
 !
 !
 !---> _____(Péto).Lapidon<-->(Fragi).Stérite _____

Le stérite, d'aspect plus nettement réticulé que celui des sols précédents, est également très proche de la surface (32cm).

Pour résumer ce paragraphe, nous pouvons dire que les sols de cet ensemble présentent en fait un profil structural relativement simple. Il peut s'exprimer ainsi :

-présence d'un seuil superficiel marqué par le dermi-
 lite

-présence d'un seuil souligné par un stérite réticulé, visible à l'affleurement dans les coupes KORB 35.13 et 35.14.

-existence d'un bioféron, à la partie la plus superficielle du sol, sur une très faible épaisseur, indice de l'activité apparemment importante de la faune du sol.

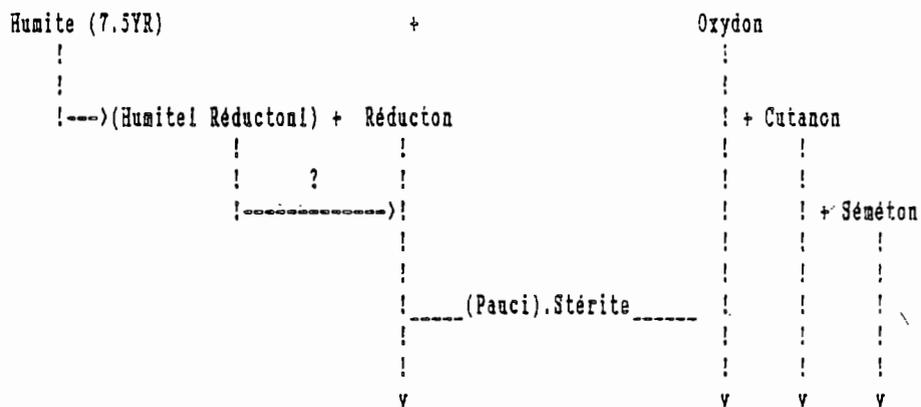
E- Les coupes KORB 35.16 et KORB 35.17

Nous avons regroupé, dans ce paragraphe, des sols qui possèdent non seulement des caractères morphologiques proches de ceux que nous venons de décrire, mais aussi des caractères nouveaux tels que la présence de réducton, de leuciton ou encore celle de lapidon ferro-manganique (concrétions) (Fig. 27). Nous verrons également que l'apparition de ces pédotypes s'accompagne, de façon systématique, de la disparition des pédotypes que nous avons observés dans les sols précédents. C'est le cas en particulier du lapidon oxydique nodulaire.

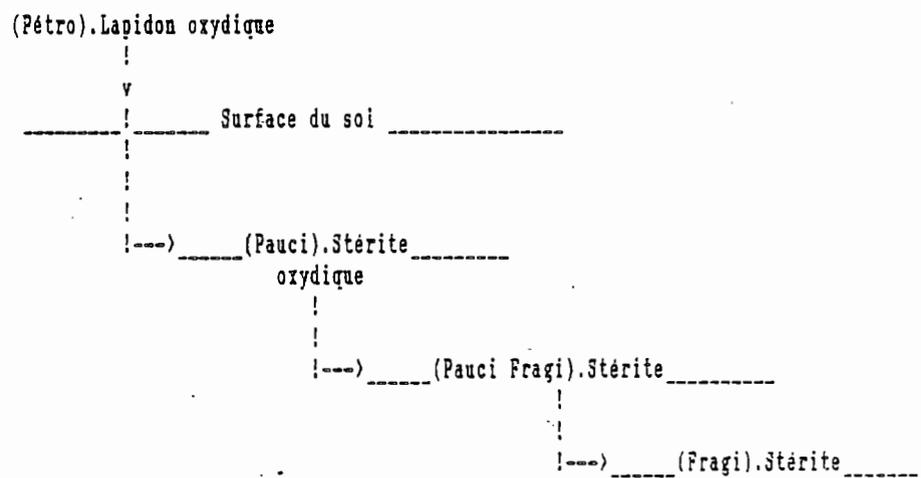
La coupe KORB 35.16 (Fig. 27 A) révèle de façon déjà fort nette ces changements. A la phase meuble habituelle (humite, (humite structichron)), s'ajoutent des pédotypes comme l'oxydon et le réducton ainsi que le séméton. C'est bien là l'indice de l'application de nouveaux processus, dont certains étaient déjà apparus, de manière discrète, dans quelques sols présentés dans les pages précédentes.

Comment se présentent les chemins d'information de ce profil?

La phase meuble



La phase indurée



La phase lapidique est réduite; elle disparaît très rapidement entre la surface du sol et 23cm de profondeur, limite à laquelle s'individualise un (Pauci).stérite fortement réticulé. Il semble en relation avec le pédotype oxydon présent dans la phase meuble.

La juxtaposition des pédotypes oxydon et réducton traduit cette fois, de façon très nette, l'existence de périodes excessivement humides, durant lesquelles l'eau ne circule pas ou circule très difficilement. Elles induisent la différenciation du réducton. La présence de périodes plus sèches est à l'origine de l'individualisation des pédotypes oxydon, souvent en réseau, séméton manganique, ...

En surface, le dermilite et le (péto).lapidon quartzeux arénique sont encore présents.

Un dernier trait morphologique, le pédotype cutanon,

contribue à la caractérisation de cette coupe. Il est visible surtout à la partie inférieure du sol. Exprimé sous forme d'argilanes et de ferri-argilanes, il indique également la réalité des déplacements et des réorganisations de certains éléments figurés très fins (argiles et associations argiles-oxydes métalliques).

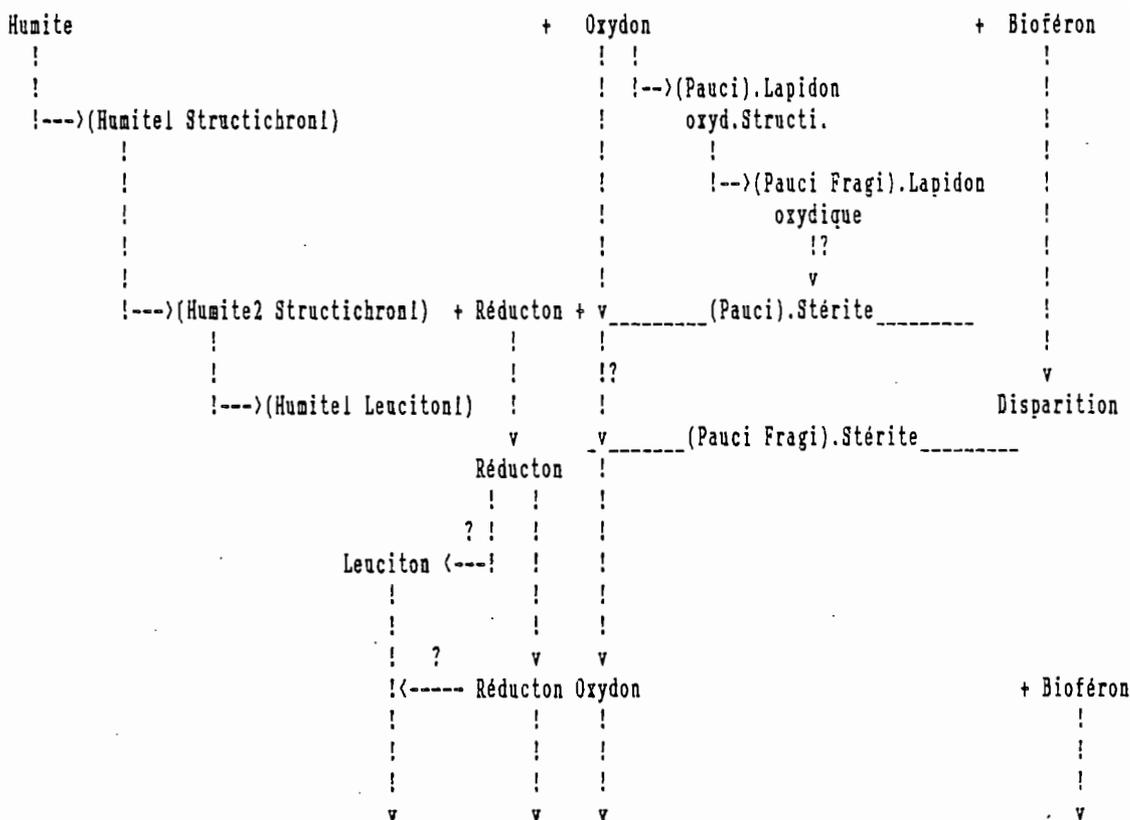
Deux grandes discontinuités marquent ce profil structural :

-la première est celle matérialisée par le dermilite. Elle est identique à celle de tous les profils précédents.

-le seconde est mise en relief par la présence de stérites de dureté variable formant un ensemble relativement complexe d'aspect réticulé. Les mailles du réseau isolent des plages meubles dans lesquelles se placent les pédotypes oxydon, réducton et séméton.

Le profil KORB 35.17 (Fig. 27 B) montre une image information assez semblable à celle que nous venons d'analyser. Toutefois, les chemins d'information qu'il est possible de tracer mettent en évidence quelques différences.

La phase meuble



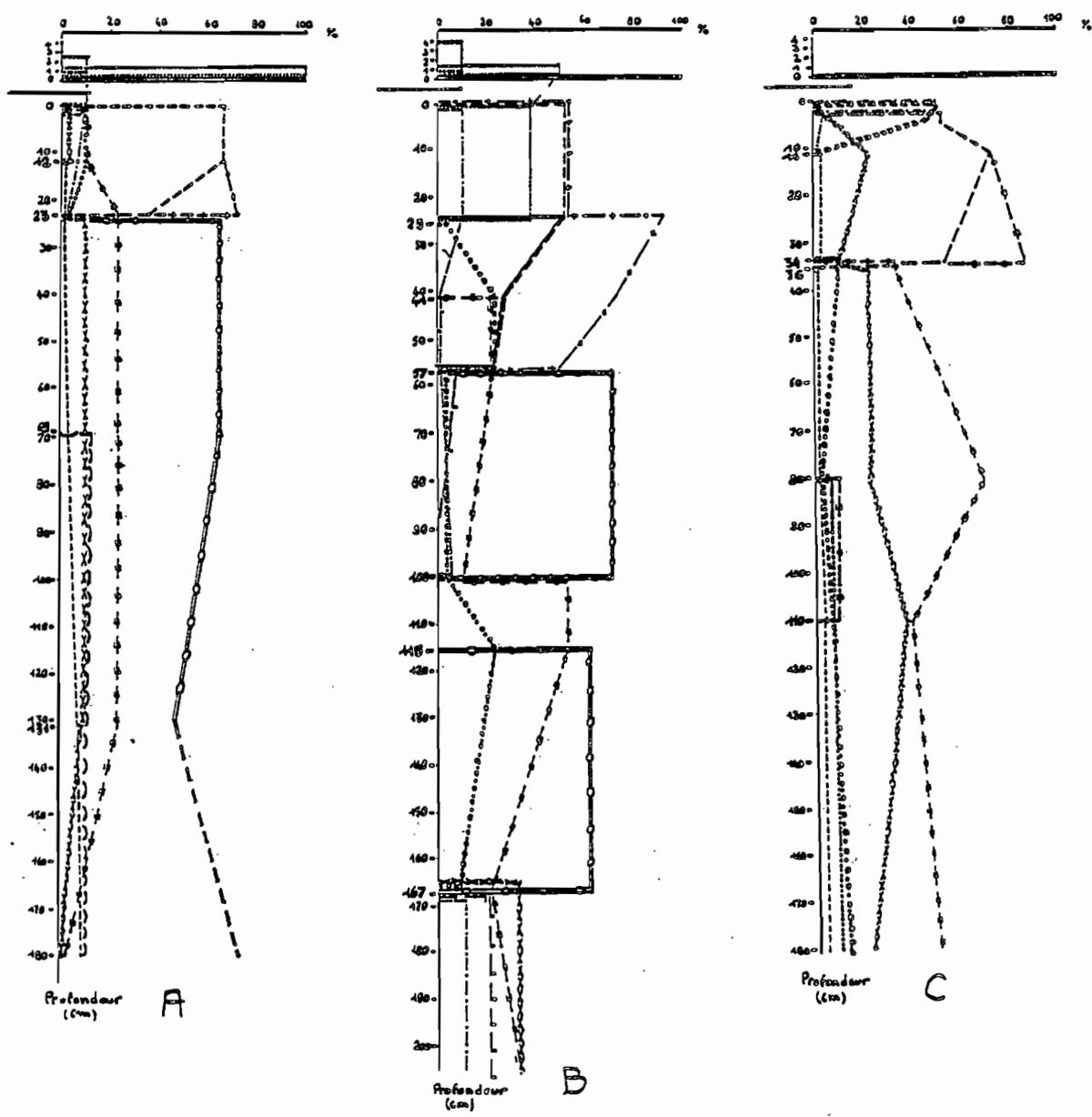
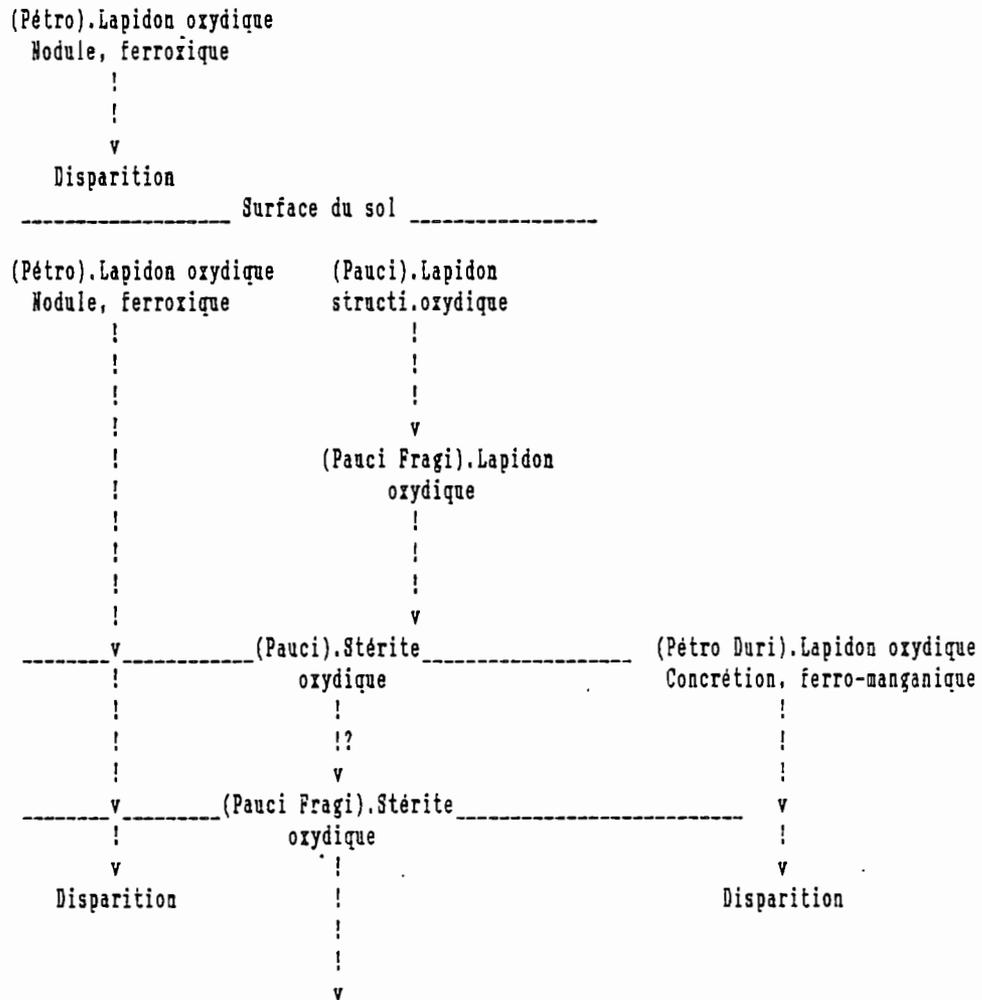


Fig.27 : Les profils structuraux des coupes KORB 35.16, 17 et 18.

La phase indurée



La phase indurée se caractérise par la juxtaposition de deux types de lapidons oxydiques. Le premier est ferroxique. Il se présente sous forme de nodules identiques à ceux des sols précédents. Le second est ferro-manganique. Les individus sont des concrétions et font suite au séméton ferro-manganique du profil KORB 35.16.

En surface, nous observons l'ensemble dermilite-(pétro).lapidon quartzeux arénique. Comme nous l'avons remarqué dans la coupe KORB 35.15, le lapidon quartzeux arénique est également abondant dans les premiers centimètres du sol. C'est encore la preuve de mouvements importants d'éléments figurés suivis selon toute vraisemblance de remaniements (bio-pédoturbation), qui ont fait disparaître toutes les figures morphologiques spécifiques d'un dépôt.

La caractérisation morphologique de ce profil apparaît donc un peu plus complexe que celle du sol KORB 35.16. Les seuils sont plus nombreux et nous sommes capables d'identi-

fier du haut vers le bas de la coupe ceux marqués par la présence de:

- dermilite-(Péto).lapidon quartzeux arénique
- (Pauci).stérite
- réducton
- (Pauci Fragi).stérite
- réducton-leuciton

Nous pouvons cependant simplifier cette organisation en regroupant, dans deux seuils, le (Pauci).stérite et le (Pauci fragi).stérite d'une part, le réducton et le (réducton leuciton), d'autre part. De cette manière, nous retrouvons un schéma structural plus simple, qui rappelle ce que nous venons de voir. En effet, il est vraisemblable que l'alternance stérite-réducton soit due à des irrégularités et indentations de ces ensembles (plus particulièrement de l'ensemble stéritique).

La différence essentielle entre les sols KORB 35.16 et 35.17 se place alors au niveau le plus profond, lorsque les pédotypes leuciton et réducton apparaissent comme les corps naturels dominants du sol. Si ces deux pédotypes sont le résultat de la présence d'un excès d'eau, le réducton est surtout significatif de la présence d'eau ne circulant pas ou très peu. Le leuciton en revanche, indique un mouvement assez facile de l'eau, qui élimine ainsi du paysage un certain nombre d'éléments (figurés ou en solution).

Pour résumer l'analyse de ces deux profils, nous pouvons proposer un profil structural marqué par la présence de trois seuils que soulignent :

- le couple dermilite-lapidon quartzeux arénique en surface
- le (Pauci)-(Pauci Fragi).stérite à moyenne profondeur
- le couple leuciton-réducton en profondeur

Ils marquent l'existence de trois domaines possédant des caractéristiques et des dynamiques particulières.

F- La coupe KORB 35.18

Ce profil se caractérise principalement par l'absence de pédotypes indurés continus (Fig. 27 C). Les seuls pédotypes indurés que nous pouvons reconnaître sont identifiés comme un (Péto Duri).lapidon oxydique, ferro-manganique (concrétions) et ferroxique (nodules). Nous définirons cette coupe surtout à l'aide de la phase meuble, dont l'analyse nous révèle les chemins d'information suivants :

Humite (10YR)	+	Oxydon	
!		!	
!		!	
v		!	
(Humitel Réducton2)		!	+ Cutanon
!		!	!
!		!	!
!		!	v
!	v	!	Disparition
!	Réducton	!	
!		!	Cutanon
v		!	!
(Humitel		!	!
Réducton2)		!	!
!		!	!
v		!	!
Disparition		!	!
		!	!
	v	v	v

En surface, le dermilite est le seul pédotype présent. Il matérialise en fait le seuil unique de cette coupe. En effet, l'ensemble du sol est marqué, pratiquement dès la surface, par la présence du pédotype réducton. Si nous prenons en considération sa quantification, nous sommes alors en mesure de placer, "en pointillé", un second seuil, lorsqu'il devient le corps naturel élémentaire le plus important.

Afin de terminer l'analyse de ce profil structural très simple, nous devons signaler la présence, dans la presque totalité du sol, du pédotype cutanon qui se présente sous forme d'argilanes et de ferri-argilanes.



II- L'"IMAGE INFORMATION" DE LA SEQUENCE

Les chemins d'information latéraux

De la même façon que pour la séquence précédente, celle de Malagamba, nous pouvons caractériser celle-ci d'une manière plus complète en associant données topographiques et données pédologiques. Le relevé topographique nous permet d'identifier un certain nombre de facettes délimitant des espaces, dont le contenu information pédologique est maintenant connu.

Existe-t-il une réelle superposition des limites topographiques et des limites pédologiques, ou, en d'autres termes, est-ce que le contenu-sol des volumes délimités par les facettes est homogène ? Répondre à cette question nous conduit à rechercher

une image information de la toposéquence après avoir, dans un premier temps, caractérisé les différents segments pédologiques.

La figure 28 nous permet de faire apparaître plusieurs facettes topographiques :

- Une facette plane, rectiligne, tabulaire correspondant à la partie la plus haute de la forme. Sa limite avec la facette plus aval est très nettement soulignée par une corniche cuirassée. L'extension et la forme de cette facette sont très variables. Les dimensions peuvent se situer entre quelques dizaines de mètres (buttes résiduelles) et plusieurs kilomètres. La forme peut être circulaire, ovoïde, digitée, amiboïde, ... Les types sont en fait extrêmement diversifiés. Pour cette raison, il est très difficile d'établir une typologie de ces facettes (Beaudou et Sayol, 1980). Cette facette peut être assimilée aux supraèdres présentés par Richard (1985). La surface des facettes est le plus souvent irrégulière. Le profil est plan, plan-concave, plan-convexe, ... et révèle ainsi la présence d'ensellements, de dépressions, ...

- Une facette concave-rectiligne d'extension réduite, variant entre 30 et 50m. Comme nous venons de l'indiquer, la limite amont, souvent rectiligne-verticale, est très nette. La limite aval, en revanche, de profil très légèrement concave, apparaît beaucoup plus progressive. Richard (op.cit.) place ce type de facette parmi les ectaèdres.

- Une très longue facette rectiligne, oblique, de dimensions également variables (de quelques centaines de mètres à plus d'un kilomètre), fait suite à la facette concave-rectiligne. Examiné en détail, son profil est souvent, assez irrégulier. On remarque en effet, l'existence de nombreuses petites ruptures de pente (de l'ordre de la dizaine de centimètres, ou moins), en marches d'escalier, qui rompent une monotonie d'ensemble de la pente. Cette facette correspond aux métaèdres identifiés par Richard (op.cit.).

- Une facette rectiligne-concave, de dimensions réduites, prolonge la grande facette rectiligne. La limite entre ces deux unités est soulignée par une petite rupture de pente, qui correspond en général à une petite corniche cuirassée, suivie d'une légère concavité. La dénivelée faible avoisine le mètre. Nous pouvons assimiler cette facette à un infraèdre.

- Une dernière facette aval, rectiligne-plane, qui se détache assez difficilement de la précédente. C'est encore un infraèdre, qui correspond à la zone alluviale de la toposéquence. Son extension dépend étroitement de l'importance du cours d'eau qui draine le "paysage".

A- Les segments morphopédologiques

Après cette reconnaissance des facettes topographiques et , implicitement, celle des volumes qu'elles délimitent, nous devons en analyser le contenu pédologique associé, afin de définir les segments pédologiques (Fig. 28).

1- LE SEGMENT AMONT RECTILIGNE-PLAN, TABULAIRE

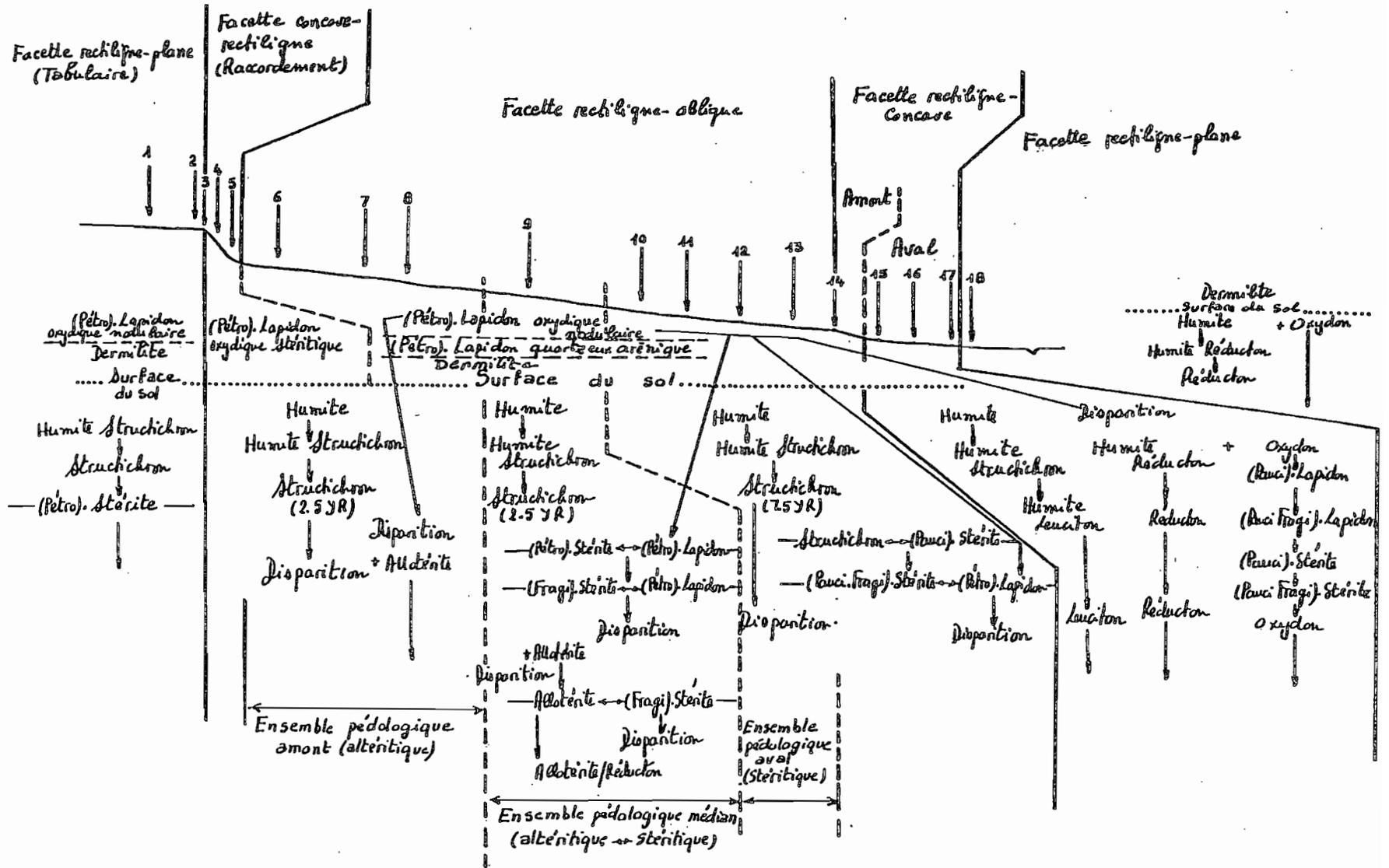
Possédant une morphologie plane, mais irrégulière, cet ensemble peut être caractérisé, en ce qui concerne les sols, par les coupes KORB 35.1, 35.2 et 35.3, qui s'échelonnent du centre du plateau vers sa périphérie. Le profil KORB 35.3 est placé pratiquement à l'aplomb de la corniche. Parfaitement délimité et homogène au niveau des données topographiques, il est indispensable de vérifier s'il existe une homogénéité similaire pour ce qui touche à l'information pédologique.

Une première constatation, très synthétique, permet de qualifier ce segment par l'existence de **sols ferrallitiques lapidiques et stérilitiques**, types de sols qui disparaissent après la rupture de pente, pour être remplacés par des sols, toujours ferrallitiques, mais qui ne sont plus stérilitiques. A ce niveau d'analyse, il existe donc une concordance assez nette entre les données topographiques et pédologiques. Toutes les deux nous offrent la possibilité de délimiter un même volume.

Qu'en est-il si nous procédons à une analyse plus détaillée ? Si nous reprenons nos diverses données sols et que nous nous déplaçons du centre vers la périphérie du plateau (du segment), plusieurs variations apparaissent dans cet ensemble. Elles concernent essentiellement les quantités relatives des divers corps naturels présents. Dans l'exemple choisi, cette hétérogénéité est orientée du centre vers la périphérie, mais les observations de terrain révèlent qu'à cette orientation particulière peut se superposer, dans de nombreux cas, une distribution plus aléatoire, sans direction particulière bien marquée.

Les irrégularités relevées dans le profil topographique (ensellement, légères convexités et/ou concavités, ...) traduisent également cette hétérogénéité de l'organisation structurale des sols présents dans ce segment. Apparemment, les seules constantes pédologiques qu'il soit possible de retenir sont matérialisées par les pédotypes (Péto).stérite et (Péto).lapidon oxydique nodulaire.

Séquence KORB 35



346

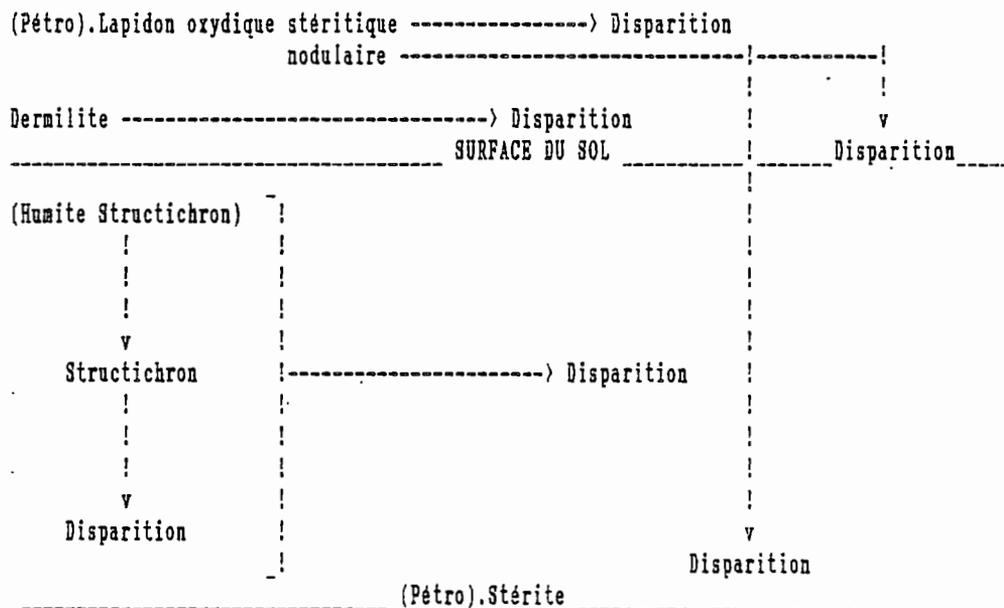
Fig.28 : Les segments morphopédologiques (image information).

L'image information de ce segment se présentera ainsi:

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE AMONT

Facette topographique : rectiligne plane

Contenu pédologique : Centre -----> Périphérie



Le contenu pédologique de ce segment est donc relativement homogène et peut se définir par la suite des corps naturels élémentaires suivants :

- dermilite
- (humite structichron)
- structichron
- (Péto).lapidon
 - . stéritique
 - . nodulaire
- (Péto).stérite

Mais ainsi que nous l'avons déjà précisé, les seules constantes pédologiques sont représentées par les lapidons et le stérite.

2- LE SEGMENT RECTILIGNE-CONCAVE, DE RACCORDEMENT

Très court, ce segment, dit de "raccordement", se remarque surtout par sa pente très forte. Son profil est tout d'abord rectiligne-vertical, puis oblique, enfin concave. La coupe KORB 35.4 nous permet de le caractériser pédologiquement. Il faut noter principale-

ment, la disparition du pédotype stérile. D'autre part, le sol se caractérise par la présence du chemin d'information vertical humite, (humite structichron), structichron qui se termine par la présence du lithopédotype allotérite. Un (Péto).lapidon oxydique stérile est présent à la surface du sol. Il provient, selon toute vraisemblance, du démantèlement du stérile présent dans le segment tabulaire et se répartit sur toute la superficie de la facette avec, cependant, une accumulation préférentielle dans les zones rectiligne-concave et concave.

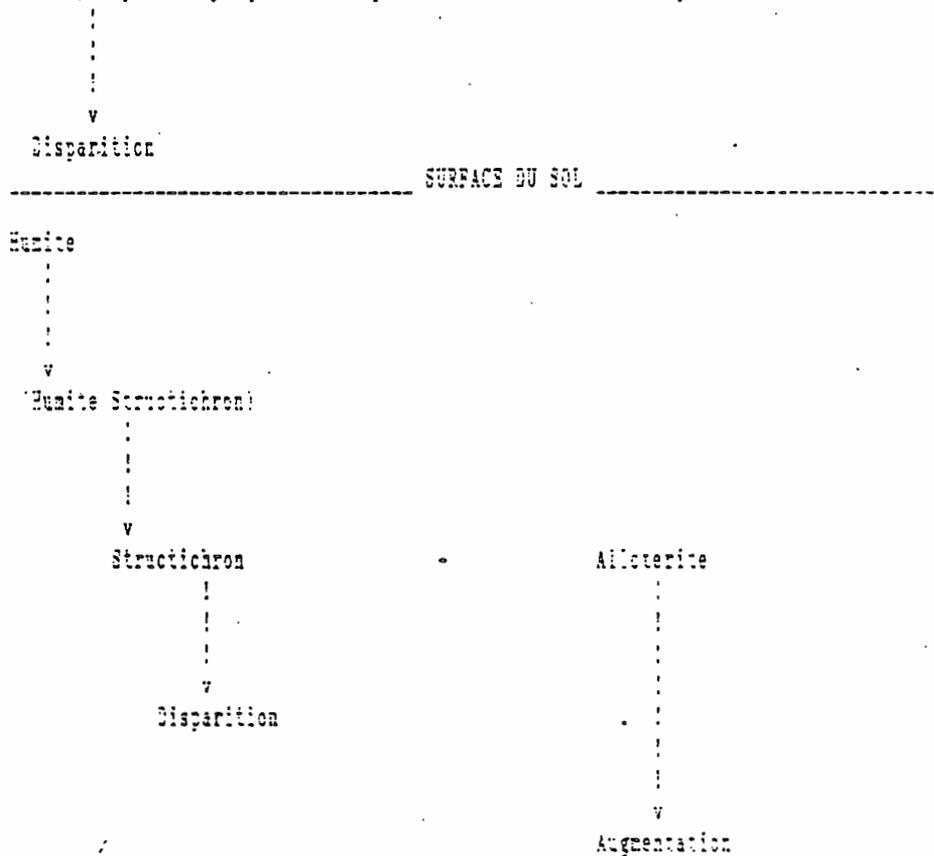
L'information image d'un tel segment peut se présenter de la façon suivante :

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE DE RACCORDEMENT RECTILIGNE-CONCAVE

Facette topographique : rectiligne-concave

Contenu pédologique : Amont -----) Aval

(Péto).lapidon oxydique stérile ----- Augmentation



Nous retrouvons, une fois encore, une bonne superposition des contenus d'information topographique et pédologique, qui permettent de distinguer aisément ce segment du segment amont. Toutefois, afin d'apporter quelques précisions à la caractérisation pédologique du

segment, il faut également signaler l'existence, en profondeur, d'un (Pauci).lapidon oxydique et structichronique qui s'individualise au sein du structichron. En conséquence, le corps naturel élémentaire structichron ne devrait peut-être pas s'interpréter comme un pédotype simple, mais plutôt comme un pédotype intergrade (structichron oxydon). Mais une telle identification est extrêmement délicate à faire sur le terrain, même l'observation microscopique traditionnelle ne permet pas toujours d'apporter une réponse définitive à cette supposition, somme toute assez vraisemblable.

Ce pédotype se retrouvera dans la suite de la toposéquence et prendra de plus en plus d'importance.

3- LE SEGMENT MEDIAN RECTILIGNE-OBLIQUE

Il représente à lui seul plus de la moitié de la longueur de la toposéquence étudiée. Topographiquement assez homogène, présente-t-il, au niveau de son contenu pédologique, la même cohérence ?

Sur ce segment, nous trouvons, de l'amont vers l'aval, les profils KORB 35.5 à 35.14. L'analyse présentée dans les pages précédentes nous a permis de distinguer plusieurs types de sols, ceux illustrés par les coupes KORB 35.5 35.8, puis la coupe KORB 35.9 et enfin l'ensemble des sols KORB 35.10 à 35.14. Bien que différents par un certain nombre de caractères, tous présentent quelques traits morphologiques communs.

-En surface, la superposition (Pétero).lapidon quartzeux arénique-dermilite.

-La succession verticale humite-(structichron humite)-structichron, qui montre cependant, de l'amont vers l'aval, un éclaircissement sensible de la couleur. Elle passe de 2.5YR à 7.5YR.

-La présence, associé aux pédotypes meubles ci-dessus, d'un (Pétero).lapidon oxydique nodulaire.

Dans ce segment, il existe apparemment une diversité pédologique qui ne possède pas son équivalent au niveau topographique. De plus, il faut également signaler une certaine similitude entre le contenu pédologique de la partie amont de ce segment et celui de la partie aval du segment de raccordement.

Pour une même enveloppe physiographique, nous sommes contraints de distinguer plusieurs ensembles pédologiques. Nous caractériserons ainsi, de l'amont vers l'aval, trois ensembles que nous allons maintenant définir.

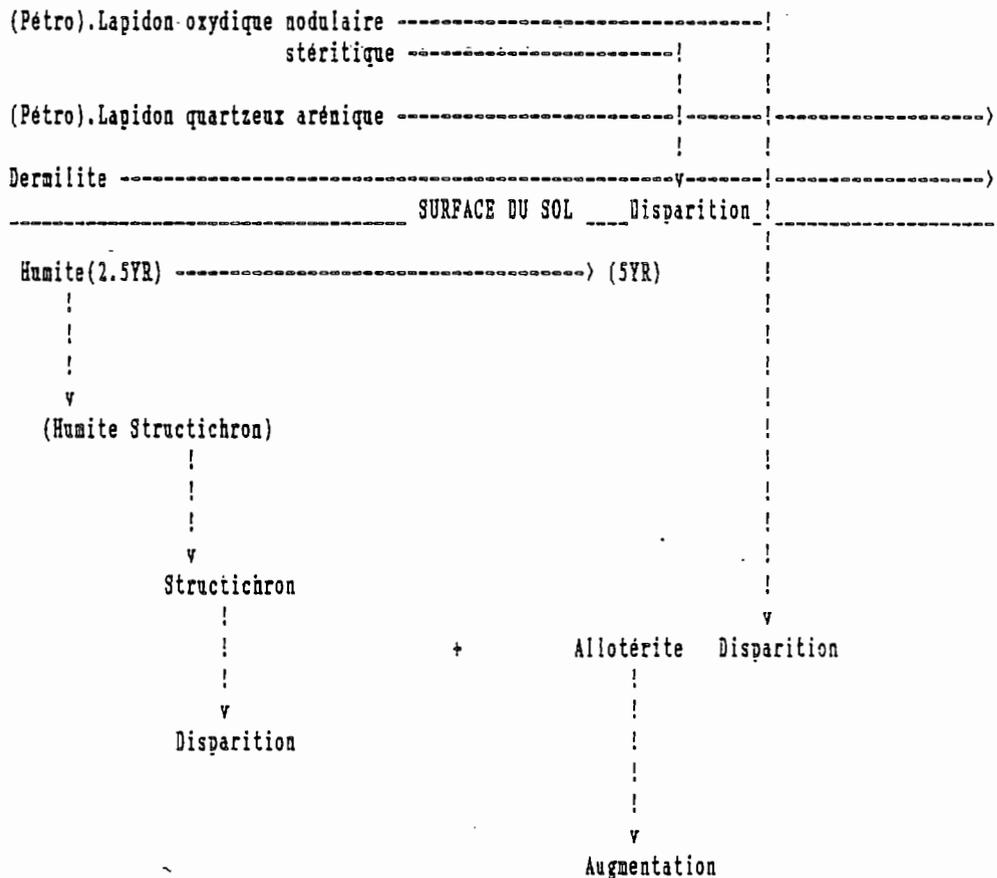
a- L'ensemble pédologique amont altéritique

Il rassemble les sols KORB 35.5 à 35.8. Son image information peut se représenter ainsi :

ENSEMBLE PEDOLOGIQUE AMONT

Topographie : rectiligne faiblement oblique

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



Cet ensemble pédologique se remarque essentiellement par la présence du lithopédotype allotérite, dont la profondeur d'apparition augmente de l'amont vers l'aval. Il se distingue du segment morphopédologique de raccordement par la présence du couple (Péto).lapidon quartzeux arénique-dermilite et par celle du pédotype (Péto).lapidon oxydique nodulaire à la surface du sol. Le reste du schéma structural est identique à celui du segment immédiatement amont (raccordement).

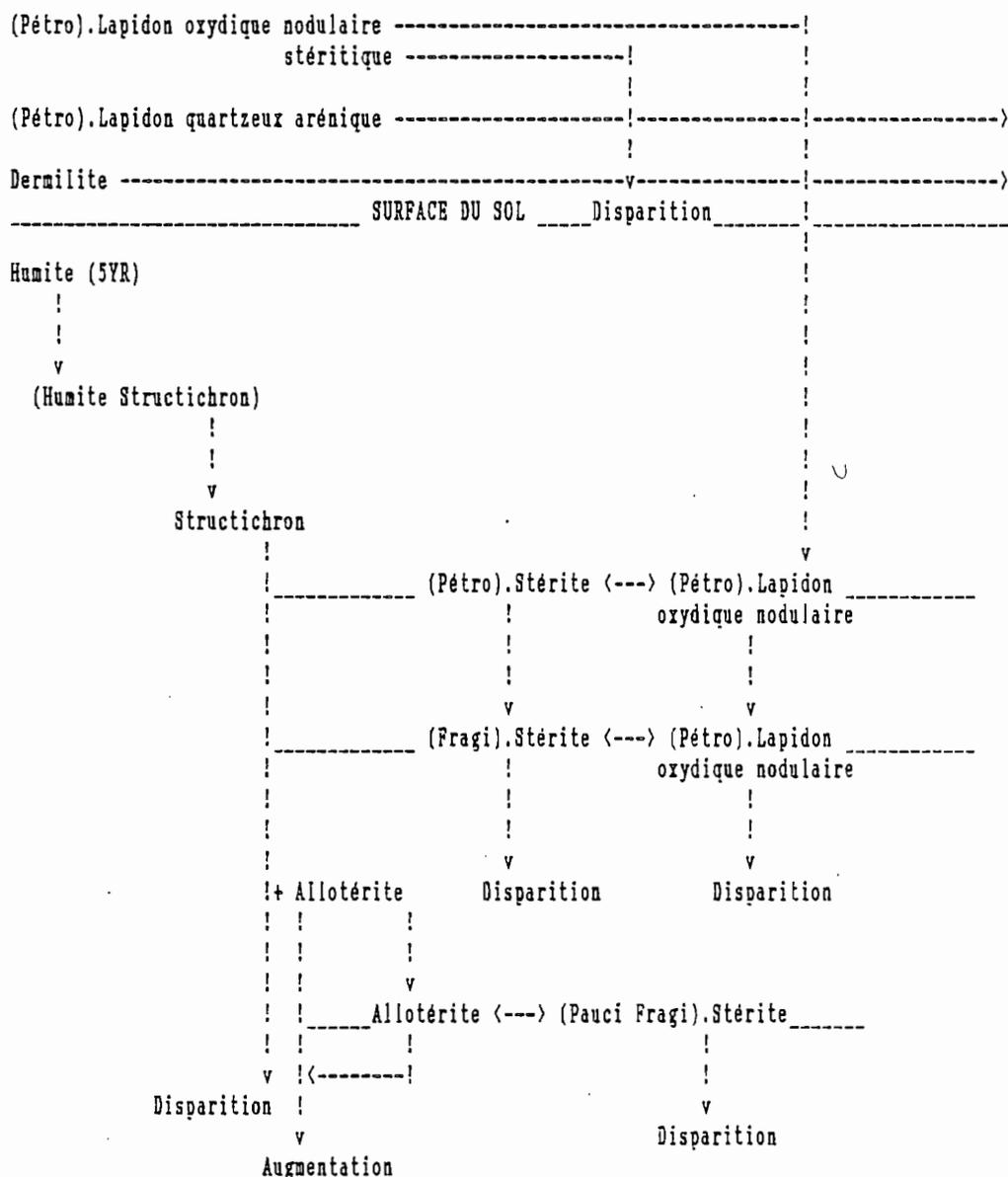
b- L'ensemble pédologique médian stéritique et altéritique

Il peut s'identifier au profil KORB 35.9, qui montre un sol dont l'organisation structurale présente des caractères proches de ceux des segments amont et aval et dont nous pouvons donner l'image information suivante :

ENSEMBLE PEDOLOGIQUE MEDIAN

Topographie : rectiligne faiblement oblique

Contenu pédologique :



Cet ensemble médian se remarque par la présence simultanée d'un stérîte et d'un allotérîte, mais surtout par celle d'un corps naturel élémentaire complexe intergrade (stérîte allotérîte).

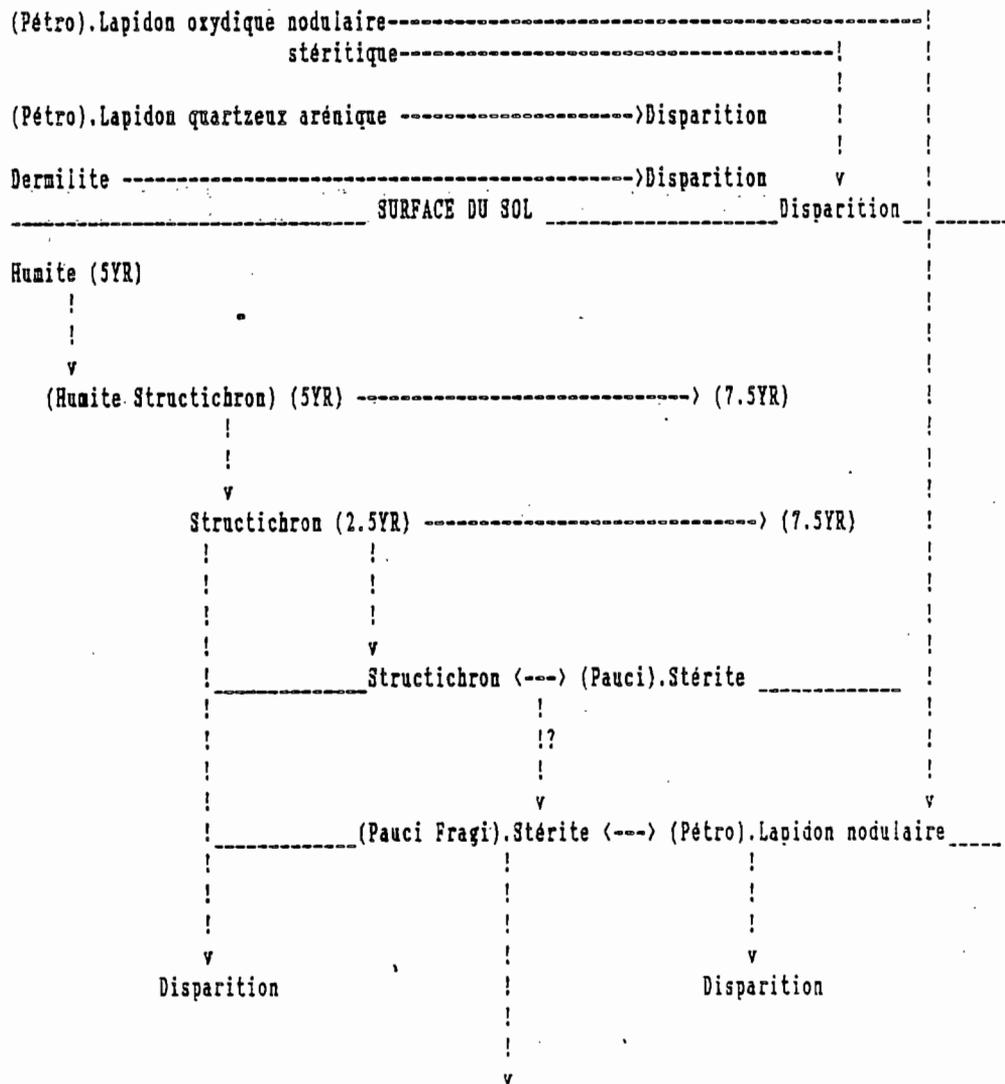
c- L'ensemble pédologique aval stéritique

Nous retrouvons dans cet ensemble les profils KORB 35.10 à KORB 35.14, qui nous offrent la possibilité de construire l'image information suivante :

ENSEMBLE PEDOLOGIQUE AVAL

Topographie : rectiligne faiblement oblique

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



Certains caractères morphologiques de cet ensemble rappellent ceux du segment tabulaire. En effet, cette fraction aval du segment médian est relativement homogène et peut se définir assez simplement par la présence des corps naturels élémentaires, que nous observons de façon systématique :

- dermilite - (Péto).lapidon quartzeux arénique.
- humite - (humite structichron) - structichron.
- (Péto).lapidon oxydique nodulaire.
- (Fragi).stérite <--> (Péto).lapidon.

Le pédotype intergrade (stérite lapidon) représente la structure constante de cet ensemble pédologique et, en fait, de la totalité du segment morphopédologique. En revanche, les variations quantitatives relatives des autres corps naturels élémentaires permettent de visualiser l'hétérogénéité structurale des sols de cet ensemble, celle-ci étant orientée de l'amont vers l'aval. On relève ainsi :

- la diminution rapide des quantités de pédotypes meubles jusqu'à leur complète disparition.
- conjointement, la mise à l'affleurement du pédotype (stérite lapidon)
- le changement de couleur des structichrons, qui passent progressivement du rouge à l'ocre-jaune.

Le segment que nous venons de présenter possède donc une bonne homogénéité topographique, qui nous permet de le délimiter assez facilement. La limite amont se place au niveau où disparaît la concavité du segment morphopédologique de raccordement, la limite aval au niveau d'une rupture de pente, soulignée par une petite corniche irrégulièrement indurée ((Pauci Fragi).stérite).

En revanche, si nous portons notre attention sur le contenu pédologique, nous sommes obligés de distinguer trois ensembles pédologiques qui se définissent chacun par la présence, soit d'un corps naturel élémentaire particulier, soit d'une suite de corps naturels :

- allotérite à l'amont.
- allotérite-stérite-(allotérite stérite) en situation médiane.
- (Fragi).stérite à l'aval.

Contrairement à ce que nous avons vu jusqu'à présent, il n'y a pas ici de strict recouvrement entre les contenus information topographique et pédologique. Nous sommes en présence d'une organisation morphopédologique complexe, dans laquelle il sera extrêmement difficile de faire apparaître, avec précision, la place des limites séparant les ensembles pédologiques. Cette ques-

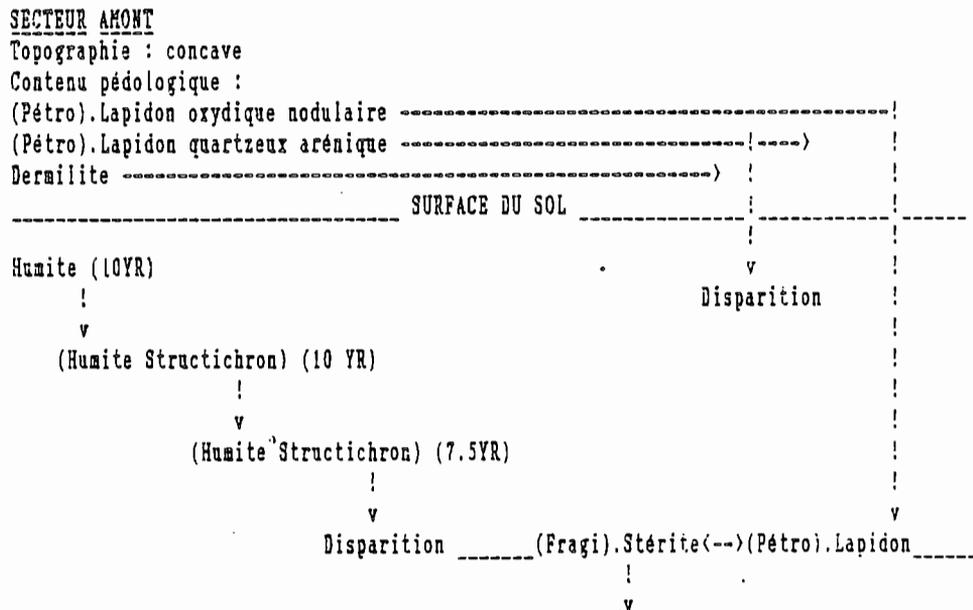
tion n'est pas particulièrement préoccupante dans le cadre d'une première analyse, dont le but principal est d'approcher la compréhension des morphoséquences que nous avons observées. Elle se révélera en revanche de première importance lorsque nous aborderons le problème de la cartographie, donc des limites, ainsi que celui de l'utilisation des sols. Chaque segment, chaque ensemble pédologique possède des contraintes d'utilisation particulières. Par conséquent, connaître leurs extensions latérales devient un de nos "soucis" principaux.

4- LE SEGMENT AVAL SUPERIEUR CONCAVE-RECTILIGNE

Topographiquement, il se caractérise, de l'amont vers l'aval, par la succession d'une courte zone assez nettement concave et d'une zone, plus importante, rectiligne parfois très faiblement concave. Cette différenciation topographique se retrouve au niveau du contenu pédologique et nous sommes ainsi capables de distinguer deux parties à l'intérieur de ce segment.

a- L'amont concave

Ce secteur, extrêmement court (de l'ordre de quelques mètres), montre un profil concave à rectiligne-concave. Le contenu sol est très proche, sinon identique, à celui présenté dans l'ensemble pédologique aval du segment morphopédologique médian. Son image information peut se schématiser ainsi :



Cette partie amont du segment ne s'individualise ici que grâce à la présence d'une entaille peu accentuée, mais cependant très nettement visible. Nous sommes alors dans une situation opposée à celle que nous avons signalé dans le paragraphe précédent. Il existe une différenciation topographique parfaitement caractérisée qui n'est pas associée à un contenu sol spécifique.

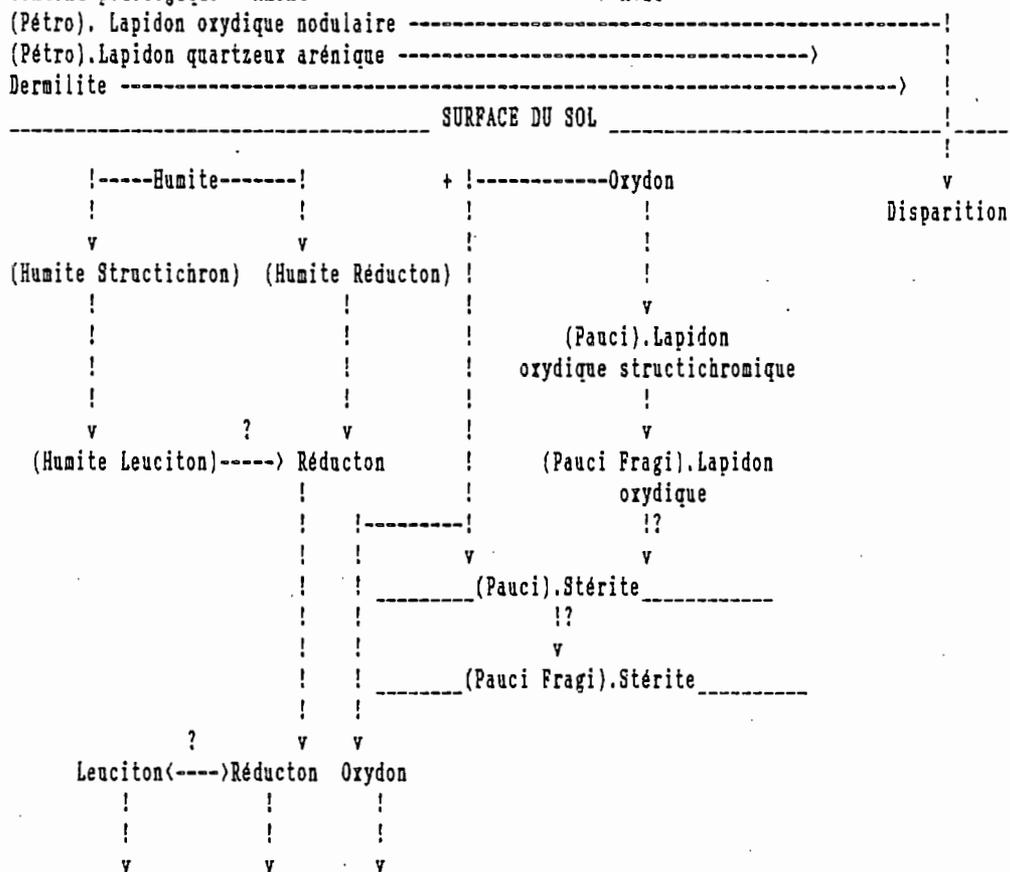
b- L'aval rectiligne-concave

C'est la partie du segment morphopédologique qui possède la plus grande extension. Son profil est rectiligne très faiblement concave et le contenu sol est illustré par les coupes KORB 35.16 et 35.17. Il faut surtout signaler la présence du pédotype réducton associé au pédotype (Fragi).stérite. Cette zone révèle en fait des caractères de transition entre le segment morphopédologique médian rectiligne (ensemble pédologique aval stéritique) et le segment morphopédologique aval inférieur, qui fera l'objet du prochain paragraphe. Quelle image information pouvons-nous retenir ?

SECTEUR AVAL

Topographie : rectiligne-concave

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



Cette partie aval du segment se différencie donc nettement au niveau pédologique. En revanche, il existe une assez bonne continuité topographique entre les deux secteurs de ce segment morphopédologique. L'information pédologique révèle l'apparition, puis la présence en quantités de plus en plus importantes, du pédotype réducton, en juxtaposition avec l'oxydon. Les stériles sont présents mais leur degré d'induration demeure faible ou même très faible. Ce segment annonce en fait le segment suivant et joue le rôle de structure intermédiaire de relais, un peu de la même façon que les segments rectiligne-concaves de la séquence centrafricaine de Malagamba.

5- LE SEGMENT AVAL INFÉRIEUR RECTILIGNE-PLAN

Ainsi que nous l'avons déjà signalé, l'extension latérale de ce segment est extrêmement variable et dépend, pour une large part, du niveau d'ordre du cours d'eau drainant le paysage morphopédologique. Malgré cela, deux constantes demeurent, l'homogénéité du profil topographique et la présence du pédotype réducton fréquemment juxtaposé à l'oxydon. A ceci s'ajoute la disparition du pédotype stérile.

La position du segment dans le paysage morphopédologique implique, de toute évidence, sa forte dépendance des zones amont. Leurs caractéristiques pédologiques influenceront les profils structuraux des sols de ce segment. A la suite de nombreuses observations de terrain effectuées au cours de prospections cartographiques (Beaudou, Sayol - 1980), il faut noter l'importance de la composition texturale du sol qui, selon son profil granulométrique, favorisera ou entravera l'apparition et/ou le développement de certains corps naturels élémentaires. C'est ainsi que le leuciton sera plus fréquent et plus important dans les textures sableuses où il se formera aux dépens du réducton. Si les textures sont plus fines et se rapprochent du pôle lutique, le réducton sera le pédotype dominant, souvent en juxtaposition avec l'oxydon.

La dernière remarque à propos de ce segment concerne la présence presque constante du dermilite. En revanche, le (péto).lapidon quartzeux arénique n'a pas été observé à cet endroit.

B- La séquence morphopédologique

Après avoir fait apparaître et caractérisé les volumes segments morphopédologiques, examinons quelles relations entre eux, le long de la toposéquence. Tous les segments dérivent-ils logiquement les uns des autres, ou bien le

passage de l'un à l'autre se fait-il par rupture brutale dont un évènement "catastrophique" serait responsable ? Si nous considérons la limite très marquée entre le sommet tabulaire et le long versant qui lui fait suite après une courte zone concave de raccordement, nous sommes en droit d'envisager un tel évènement qui affecte à la fois la topographie et le contenu pédologique des volumes.

Cette séquence se différencie très clairement de la séquence centrafricaine, ainsi que l'impliquait sa localisation. Elle s'en démarque par sa topographie, la forme du modelé et, en partie, par le contenu pédologique. Tout cela se traduit par l'existence de ruptures structurales beaucoup plus accentuées, qui se manifestent de diverses manières.

-au niveau de certains contacts topographiques, tels que celui entre le segment amont tabulaire et les segments qui lui font suite,

-au niveau de discordances entre les informations topographiques et pédologiques. C'est ainsi que nous avons été amenés à distinguer plusieurs ensembles pédologiques dans une même enveloppe physiographique ou, inversement, deux enveloppes physiographiques différentes associées à un même contenu pédologique.

Comment pouvons-nous identifier cette toposéquence ?

La phase meuble superficielle, en poches ou absente dans le segment amont tabulaire, est relativement importante dans la zone de raccordement et la partie amont du segment médian. Vers l'aval de ce même segment, sa distribution est plus irrégulière. Malgré cela, on remarque une bonne similitude dans tout l'amont de cette séquence (plateau, zone de raccordement, haut de versant) pour ce qui touche à l'information pédologique. Nous pouvons le caractériser par la suite -humite-(humite structichron)-structichron-, de couleur rouge à l'amont, ocre-jaune à l'aval. Cette suite laisse la place, tout à fait à l'aval, à une autre suite -humite-(humite structichron)-leuciton-réducton- (Fig.29).

Sur la presque totalité du paysage morpho-pédologique, nous observons, associé à cette phase meuble, un (Péto).lapidon oxydique, nodulaire et stéritique en surface, nodulaire uniquement dans le sol. La morphologie des éléments et la distribution de ce corps naturel élémentaire nous conduisent à faire quelques remarques :

-Au sommet, la morphologie des éléments du lapidon s'apparente à celle du stérîte sous-jacent, ainsi que sur la facette de raccordement et la partie amont de la facette médiane. Il existe donc à ce niveau des relations étroites entre stérîte et lapidon, relations de type "géomorphologique" et/ou pédologique qui concourent à mettre en évidence la disparition du stérîte au profit d'un autre corps naturel, le lapidon. Parallèle-

ment, la localisation et la distribution spatiale changent en passant de la zone sommitale tabulaire au versant (partie amont). Le processus géomorphologique se traduit par des effets plus "spectaculaires", tel que la présence d'une corniche cuirassée.

-Vers l'aval de la séquence, la phase lapidique est plus complexe. Elle se compose d'éléments identiques à ceux de l'amont, auxquels s'adjoignent des individus rappelant les stérîtes sous-jacents, vacuolaires et réticulés. La relation précédemment évoquée entre le stérîte de plateau et le lapidon nodulaire s'estompe au fur et à mesure que nous nous éloignons du sommet de la toposéquence. Cependant, une relation de même nature s'établit entre une autre forme de stérîte et un nouveau lapidon.

Les stérîtes observés sont donc de plusieurs types :

-Sur le sommet tabulaire, un (Péto).stérîte complexe, nodulaire, vacuolaire, conglomératique.

-Sur l'aval du versant, un stérîte réticulé souvent juxtaposé aux pédotypes réduction et oxydon. La dureté est moindre. Au niveau des coupes KORB 11 à 14, les stérîtes constituent avec le lapidon des ensembles intergrades en incluant les différents types d'individus. Plus à l'aval, (Pauci et Fragi).stérîtes semblent d'organisation plus homogène, le lapidon ayant disparu.

-A mi-versant, un stérîte conglomératique (relation (structichron oxydon) <--> (Péto).lapidon), puis un (Fragi).stérîte, moins nettement conglomératique mais faiblement réticulé. Leur faisant suite, on observe un corps naturel complexe, intergrade (stérîte allotérite). Là, nous sommes en présence de deux systèmes stéritiques dont l'un semble se raccorder à l'ensemble altéritique, amont mettant ainsi en évidence une relation allotérite-stérîte (Fig. 29).

L'analyse des stérîtes fait donc apparaître plusieurs systèmes séparés par des seuils bien marqués :

-l'ensemble sommital, strictement localisé à la surface tabulaire, dont la destruction produit des éléments qui se retrouvent dans ...

-l'ensemble conglomératique intergrade (stérîte lapidon) de la partie médiane du paysage, suivi de ...

-l'ensemble réticulé aval.

-l'ensemble intergrade (stérîte allotérite), nettement distinct du (stérîte lapidon) situé au-dessus, semble posséder sa propre dynamique. Il existe donc, entre ces

deux systèmes, un seuil assez net qui sépare deux domaines ayant leur propre évolution. Le système stérîte-allotérite, plus profond "évolue sur place", le système lapidon-stérîte, plus superficiel résulte d'une "reprise" éventuelle des éléments provenant du stérîte sommital.

Vers l'aval de la toposéquence, nous remarquons, comme dans l'exemple précédent, une simplification morphologique des sols identifiés par la suite des corps naturels -humite-(humite réducton)-(réducton leuciton)-réducton-. Toutefois, il faut aussi insister sur la présence d'une relation entre les ensembles oxydique/réductique et stéritique. Ces derniers présentent un aspect réticulé caractéristique, dû au durcissement plus ou moins accentué du pédotype oxydon qui forme alors un réseau isolant des plages meubles réductiques. Toute la partie aval de la séquence est donc marquée par cette relation stérîte-oxydon-réducton, ainsi que par l'éclaircissement de la couleur des pédotypes structichron et leur passage à des pédotypes intergrades (leuciton structichron) et (leuciton réducton). Ces liens matérialisent ainsi une dynamique de l'eau (accumulation/évacuation -humidification/dessiccation) qui s'accompagne du départ de certains éléments - le plus souvent après transformation (leuciton)-, de la redistribution des oxydes (réticulation oxydon/réducton) et de leur durcissement (stérîte).

La partie médiane de la séquence est beaucoup plus complexe. On y relève, en effet, la présence simultanée des corps naturels élémentaires réducton, allotérite, stérîte. Ceci tendrait à prouver que cette zone joue en fait le rôle d'une zone charnière, intermédiaire entre les secteurs amont à dominante altéritique, et le secteur aval stéritique et oxydo-réductique.

Un dernier point retiendra également notre attention. Il s'agit de l'existence, à la surface du sol, d'un ensemble dermilite/lapidon quartzeux arénique, dont la présence n'avait pas été signalée dans le paysage morphopédologique centrafricain. Il traduit, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer, l'existence de déplacements et de dépôts des éléments figurés mis en suspension lors des pluies, sur toutes les facettes topographiques à faible ou très faible pente. De telles structures n'existent sur les facettes à fortes pentes (zone de raccordement). Le dermilite, malgré sa très faible épaisseur, matérialise un seuil extrêmement net, qui dirige en grande partie la dynamique superficielle des eaux de pluie (Valentin, 1985; Casenave & Valentin, 1987; Collinet, 1988).

Séquence KORB 35

MODELE TABULAIRE ET LONG VERSANT RECTILIGNE

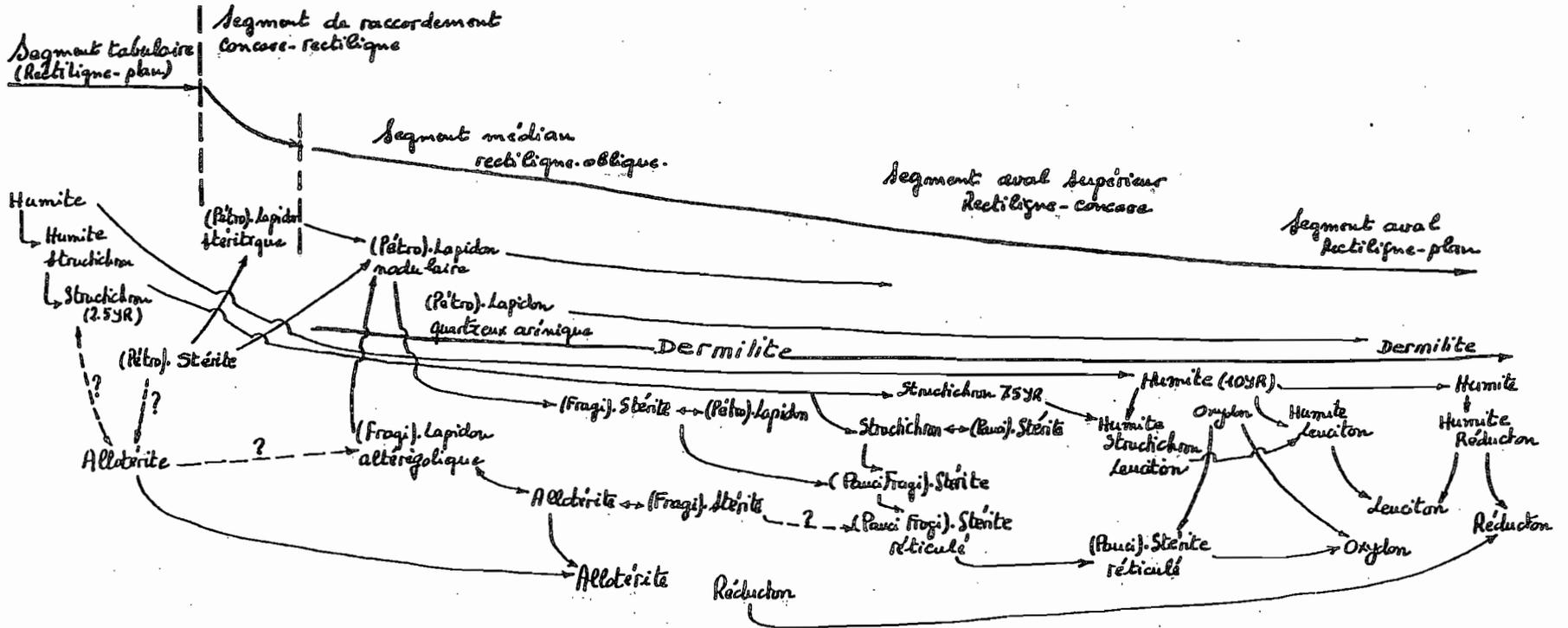


Fig.29 : La séquence morphopédologique (image information).

Il semble ainsi possible d'envisager, dans les segments médian et inférieur, deux types distincts de dynamique :

-Une dynamique très superficielle, commandée par le dermilite, largement dépendante des conditions climatiques "journalières et saisonnières". C'est l'effet d'une pluie, d'une journée de vent, ..., qui se traduisent par l'apparition d'une entaille, d'un dépôt de sable, de celui d'un dermilite, du développement -très temporaire- d'un bioféron dû au réveil de la faune du sol, à la suite de l'augmentation du taux d'humidité, ... Nous retrouvons ici, sur une échelle de temps restreinte, les résultats de l'application de processus à "caractères catastrophiques".

-Une dynamique plus profonde, rattachée à des périodes climatiques longues, très longues, dont l'amplitude et la période de variation contribuent à faire naître un aspect de continuité. Ceci s'exprime par la présence des corps naturels stérile, lapidon, réducton, structi-chron, Malgré une expression d'aspect parfois "catastrophique", leur présence évoque toujours de longues périodes de temps pendant lesquelles se sont accumulés les effets des divers processus mis en cause.

L'existence simultanée de ces deux systèmes et la présence d'un dermilite, qui contrôle la circulation superficielle des eaux de pluies, ne font qu'accentuer leur différence.

♦ ♦

Pour conclure,

Cette toposéquence sera donc caractérisée par la présence de structures, que nous pourrions qualifier de "catastrophiques", résultat de processus qui peuvent avoir des durées d'application très diverses :

-très courtes (échelle de l'heure, de la journée) qui induisent l'apparition de petites ravines, ... de dermilite, bioféron, lapidon quartzeux arénique, ...

-plus longues (échelle de l'année, de la décennie ou plus) lorsque sont présents stérile, lapidon, altérite, structi-chron, ..., corniches, épandages, ...

Cette conclusion implique peut-être une certaine prédominance des processus à caractères morphogénétiques, dont les effets se manifestent, non seulement sur des périodes de temps différentes, mais aussi sur des espaces de dimensions extrêmement variées.

Malgré tout, il est très difficile de retenir une distinction aussi tranchée entre processus morpho- et pédogénétiques. L'inter-relation est en fait la règle générale. Dans ces conditions, il semble plus raisonnable de parler de processus spécifiques du milieu physique dans son ensemble (y compris ceux faisant état des interventions humaines), plutôt que de processus ayant un caractère thématique prononcé.

Elle se caractérise également par l'existence de deux ensembles structuraux, le premier en surface à "évolution rapide", le second en profondeur à "évolution" lente". Le dermélite joue un rôle déterminant à ce niveau, en contrôlant l'écoulement superficiel des eaux de pluies.

Il faut signaler enfin l'absence de concordance stricte entre les volumes délimités par les différentes facettes topographiques et leur contenu pédologique. A une facette peuvent correspondre plusieurs ensembles pédologiques ou, inversement, le même ensemble pédologique peut exister dans deux facettes adjacentes. Pour le cartographe, cette situation pose avec acuité le problème du choix des limites et de l'identification exacte des volumes morphopédologiques.

* *

*

Huitième chapitre

EN NOUVELLE CALEDONIE : UNE TOPOSEQUENCE SUR ROCHE ULTRABASIQUE

La toposéquence est située au sud de Nouméa, dans la région dite de "la Plaine des lacs". Il s'agit d'"une plaine marécageuse perchée" encadrée de glacis en pente faible, inférieure à 10%. Les glacis se raccordent à des chaînons montagneux par l'intermédiaire d'une étroite frange de colluvions de piedmont, de pente plus forte (comprise entre 10 et 25%) et ravinée en "lavakas" (Saos, 1972; in Trescases, 1975). Ces "glacis" sont parfois intensément cuirassés et dominent la plaine de quelques mètres. Ils sont parsemés de dépressions fermées, de dimensions quelque fois assez importantes. Les surfaces cuirassées sont fortement entaillées par des rivières (creeks) qui se terminent en "rias".

Différents traits morphologiques, observés et décrits dans cette région, évoquent des organisations de type karstique. Dépressions assimilables à des "dolines", dolines parfois coalescentes qui forment des bassins représentant de véritables "polje". Tous les mouvements tectoniques récents ont favorisé le développement des processus de type "karstique", essentiellement dans les bassins proches d'exutoires vers la mer.

Le sud néo-calédonien se présente donc comme une région géomorphologiquement très originale, qualifiée de "plaine de fer et de mirages, crevée de météores et de miroirs" (in Trescases, 1975, p.32)

Toute cette région du sud de la Nouvelle Calédonie est soumise à l'action d'un climat tropical à subtropical océanique, caractérisé par une pluviosité abondante, supérieure à 2000mm, et une température moyenne modérée, de l'ordre de 20-23°C. L'évaporation mesurée à l'aide de bacs colorado est de l'ordre de 1000mm par an (Moniod et Mlatac, 1968).

La végétation, extrêmement diversifiée, est également très spécifique de ce milieu. Jaffré (1980), signale la présence de 1500 espèces différentes, dont 60% sont propres à ces zones de péridotites et peuvent être considérées comme indigènes. Dans cette région de la Plaine des lacs, la végétation s'organise en "maquis", structure qui recouvre fort imparfaitement la surface du sol.

Séquence LAC

(Région de la Plaine des Lacs - Sud Nouvelle Calédonie)

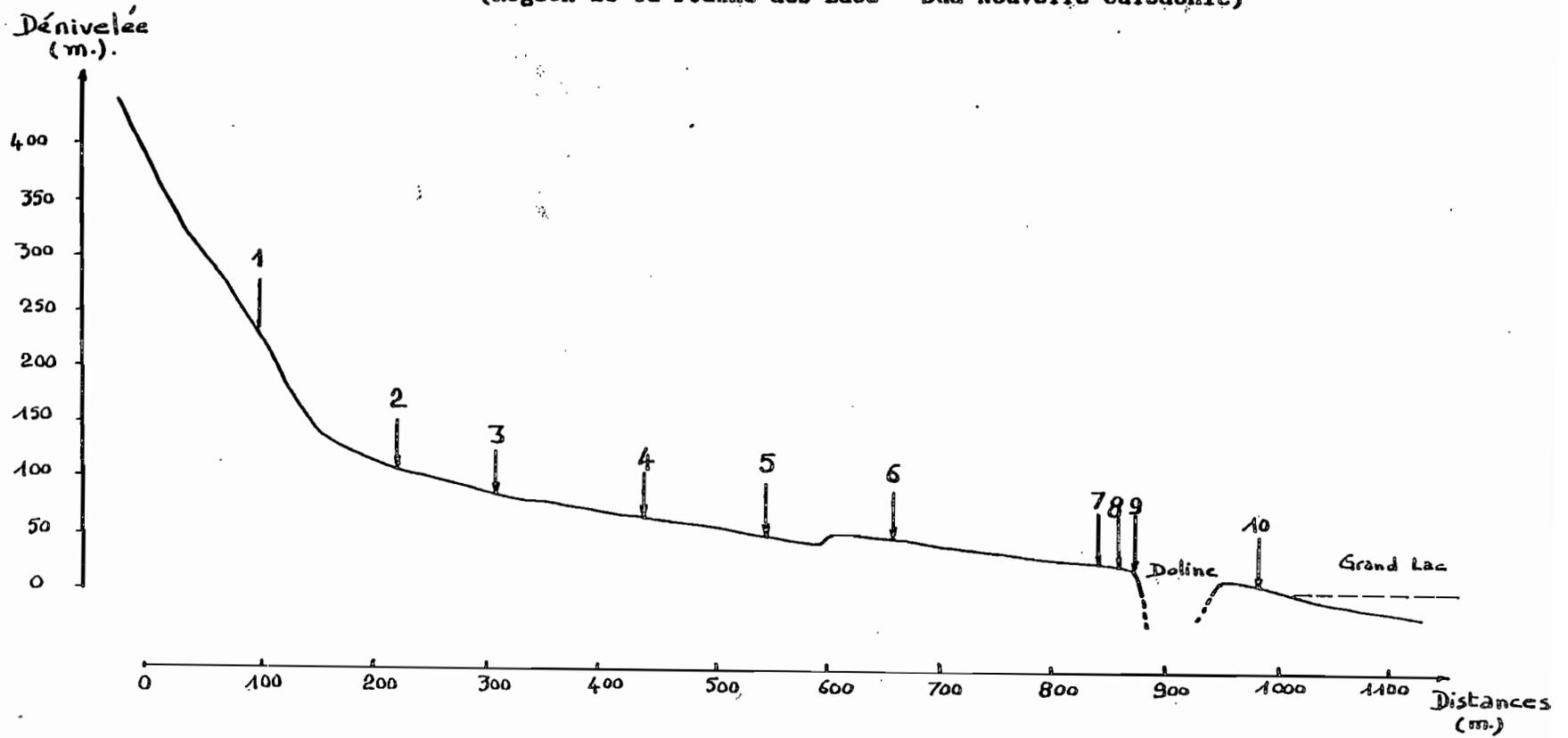


Fig.30 : Profil topographique et localisation des sols étudiés (représentation schématique).

L'aspect particulièrement original du sud néo-calédonien est directement lié à la nature géologique de cette partie du territoire, formé presque uniquement de roches ultrabasiques (péridotites) et plus précisément de "harzburgite", dans le secteur étudié. Cette roche est composée en majeure partie de péridot, orthopyroxènes et spinelle chromifère (Guillon, 1975). Les roches ultrabasiques, pratiquement dépourvues d'aluminium, contiennent en revanche, de très fortes quantités de magnésium et de silicium, éléments solubles dans les conditions de surface, associés à du fer et à des éléments tels que le nickel, le chrome ou encore le cobalt, en quantités anormalement élevées. Ces éléments sont d'ordinaire rangés dans le cortège des éléments en traces (Trescases, op.cit.).

Les sols sont tous ferrallitiques ferritiques (Latham, 1978). Ils se caractérisent par une accumulation relative du fer, par l'absence de minéraux argileux 1:1 et par l'élimination de la silice et du magnésium. Ils sont arrivés au stade ultime de leur évolution géochimique (Latham, op.cit.). Selon cet auteur, les sols ferritiques ne semblent pas "fossilisés". On a observé et analysé des modifications dans la nature et la cristallinité des composés ferritiques, ainsi que des phénomènes actuels d'induration dans les zones de battement de nappe de la Plaine des lacs.

C'est à l'aide des différentes expressions morphologiques du fer que nous distinguerons les divers types de sols ferrallitiques ferritiques présents dans cette toposéquence.

L'ensemble des données relevées sur le terrain a été rassemblé dans l'annexe 4.

♦ ♦

I- L'"IMAGE INFORMATION" DES SOLS

Les chemins d'information verticaux

La séquence, présentée sur la figure 30, est un schéma synthétique qui rassemble des observations faites sur trois toposéquences implantées dans la Plaine des lacs. Afin de mettre en évidence les différents aspects de cette région, nous avons retenu dix coupes pédologiques qui nous ont paru être les plus représentatives des diverses expressions morphologiques des sols de cette région très particulière, "dominée par le fer".

A- La coupe LAC 1

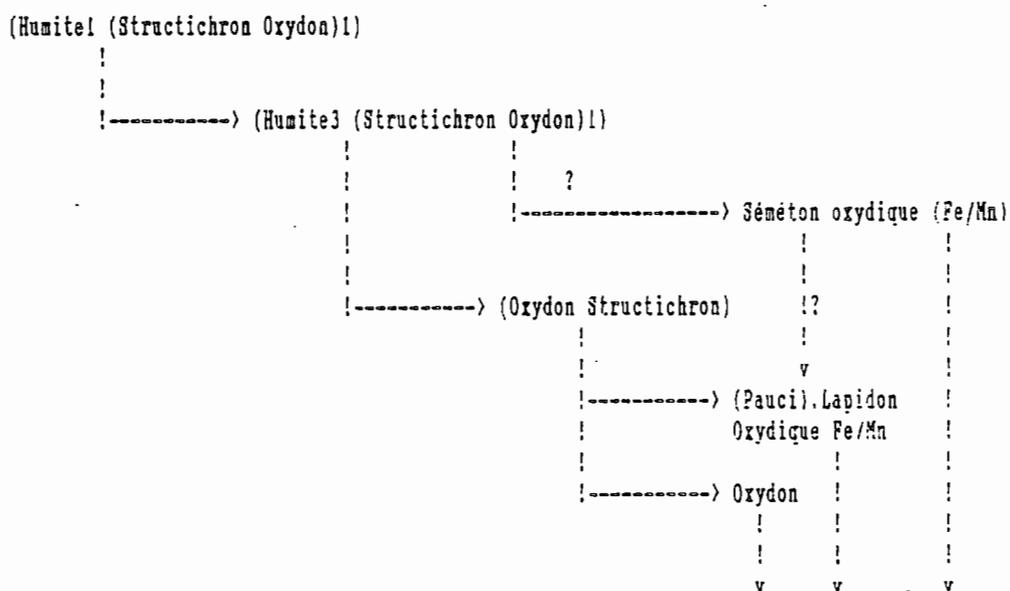
Il s'agit d'un sol ferrallitique ferritique d'organisation très homogène, sans seuil nettement marqué (Fig. 31 A). L'ensemble du sol peut être assimilé à un système de pédotypes intergrades (humite structichron oxydon) auquel

succède un pédotype, également intergrade, (oxydon structichron), juxtaposé en profondeur à un oxydon.

REMARQUE: Sur le terrain, il est très difficile de distinguer le structichron dans cet ensemble. Seules les données analytiques laissent supposer la présence éventuelle de minéraux argileux en très faible quantité. Le pédotype structichron est en fait pratiquement absent dans ce type de sol. Toutefois, il nous a semblé intéressant de signaler qu'il figure dans ce profil, seul endroit de la toposéquence où nous sommes en mesure, à ce stade de l'analyse, de présager son existence.

Il faut également noter un séméton oxydique ferro-manganique, matérialisé sous forme de dendrites dans la presque totalité du sol, à l'exception des cinquante premiers centimètres. En profondeur, un séméton siliceux s'exprime par la présence de petites plaquettes. Ce type de séméton siliceux est extrêmement fréquent dans les sols de cette région formés sur péridotites.

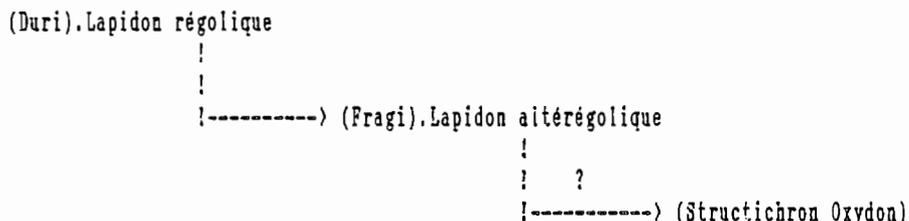
Concernant la phase meuble, le chemin d'information qui permet d'identifier cette coupe peut se traduire ainsi :



Il faut remarquer la possibilité de relations entre le séméton oxydique ferro-manganique d'une part et le (Pauci).-lapidon oxydique, nodulaire, ferro-manganique d'autre part, ainsi qu'entre le pédotype (oxydon structichron) et le (Pauci).lapidon ou même le séméton. Ces corps naturels traduisent l'existence de réorganisations, de concentrations de quelques éléments du sol dont l'origine peut être pédogénétique ou correspondre à un héritage lithologique.

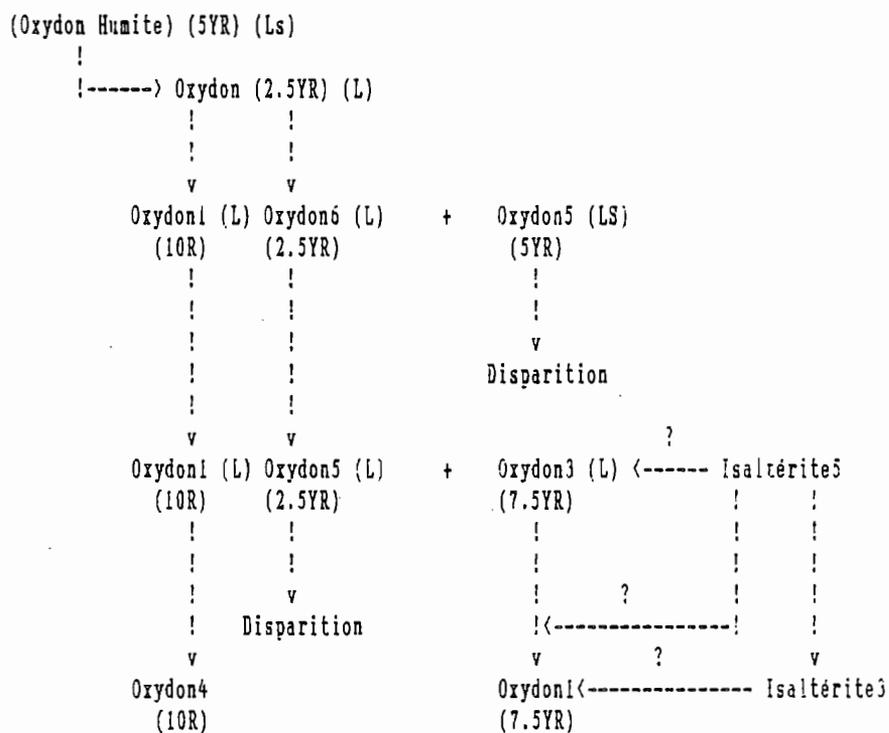
Une dernière caractéristique de ce profil concerne la présence d'un (Duri).lapidon régolique (péridotitique) associé à un (Fragi).lapidon altérégolique (également péridotitique), dans la totalité de la coupe. Nous sommes un présent-

ce d'un chemin d'information qui nous permet de passer d'un terme du lapidon à l'autre. Ce chemin pourrait également se poursuivre jusqu'à la phase meuble (structichron oxydon).



B-Les coupes LAC 2 et LAC 3

La coupe LAC 2 se rapproche structuralement de la coupe LAC 1 (Fig. 31 B), en ce qui concerne la partie meuble de ce sol ferrallitique oxydique ferritique. En effet, nous retrouvons un chemin d'information pratiquement identique au précédent. Toutefois, le caractère structichromique du pédotype intergrade (oxydon structichron) semble avoir plus ou moins totalement disparu (ce que confirment apparemment les analyses totales du sol). C'est donc un pédotype simple, l'**oxydon**, qui a été identifié. Le chemin d'information peut alors se visualiser ainsi :



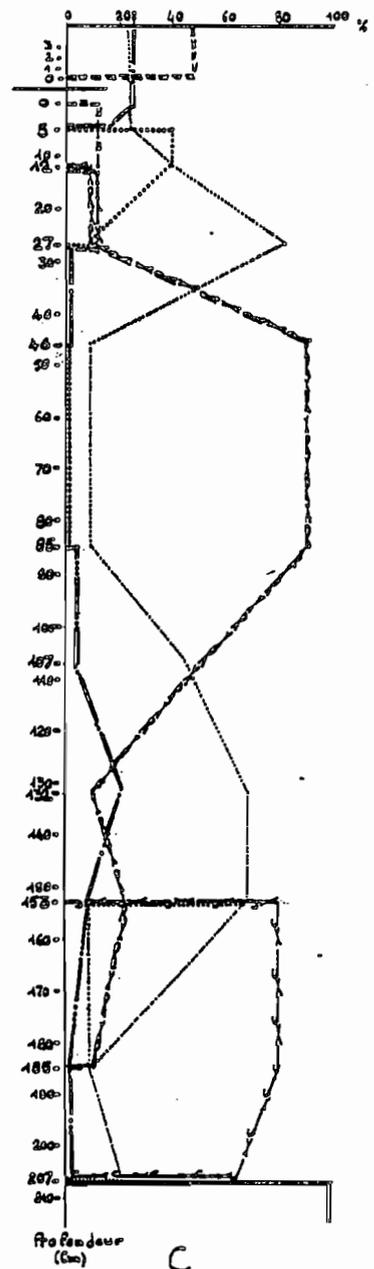
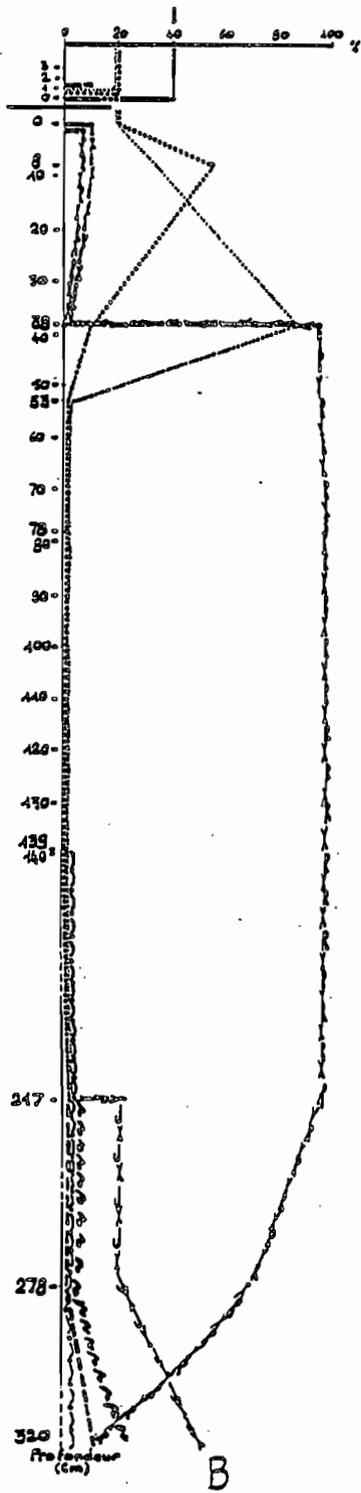
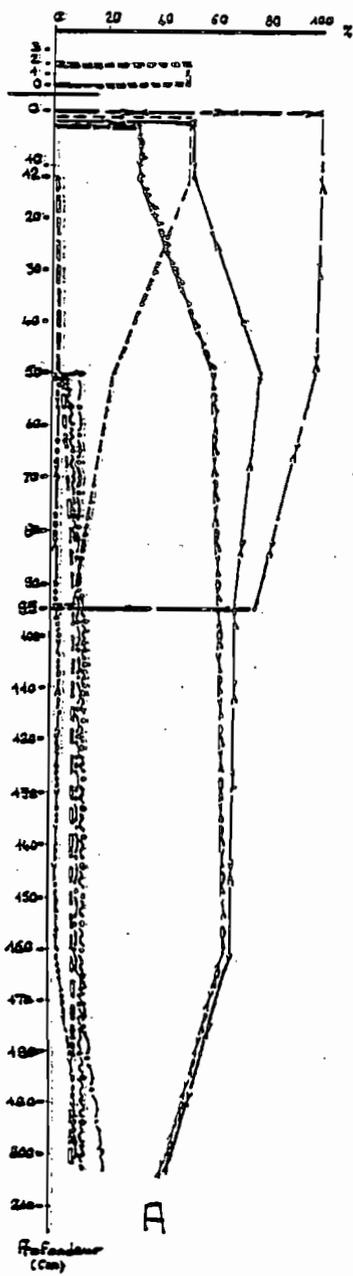
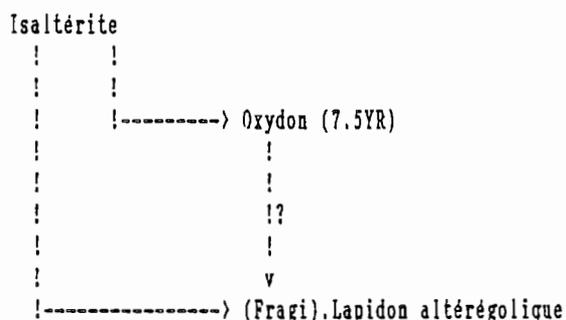


Fig.31 : Les profils structuraux des coupes LAC 1, 2 et 3.

Un des traits morphologiques essentiels de cette coupe réside dans la présence de plusieurs types d'oxydon, facilement identifiables, sur le terrain, par leurs couleurs, rouge vif, rouge violacé et jaune, ainsi que par une légère différenciation texturale. Les oxydons rouges (2.5YR et 10R), qui semblent morphologiquement assez proches, peuvent suivre le même chemin d'information ou des chemins voisins, traduction de petites variations dans les teneurs et/ou dans le degré de cristallinité des oxydes et hydroxydes de fer. L'oxydon jaune (7.5YR), en revanche, exprimerait des différences plus importantes, affectant la nature et le degré de cristallinité de ces oxydes et hydroxydes métalliques. Signalons que son apparition se fait simultanément avec celle de l'isaltérite. La localisation spatiale identique de ces deux corps naturels suggère la possibilité d'inter-relations, créant ainsi un chemin d'information qui rapproche l'isaltérite de l'oxydon jaune. Il existerait ainsi des conditions différentes d'évolution, que nous devrions distinguer de celles ayant abouti aux oxydons rouges. Des études antérieures, géochimiques et minéralogiques conduisent à envisager ce type de chemin d'information (Latham, 1985).

En profondeur, se dessine ainsi l'apparition d'un seuil qui marque le passage d'un oxydon rouge à un oxydon jaune.

D'autre part, la présence simultanée d'un (Fragi).lapidon altérégolique (péridotite) et de l'isaltérite nous offre la possibilité de compléter le chemin d'information, qui se traduira de la façon suivante :



Aussi bien en ce qui concerne la phase meuble, que la phase lapidique régolique et altérégolique, nous nous trouvons dans une situation identique à celle décrite dans le sol précédent. C'est également le cas pour le séméton oxydique, ferro-manganique, qui apparaît à partir de 78cm de profondeur sous forme de punctuations.

L'analyse du profil structural nous révèle toutefois une différence morphologique essentielle entre ces deux coupes de sols ferrallitiques ferritiques. Elle s'exprime par la présence d'un seuil extrêmement net à proximité immédiate de la surface du sol (38cm de profondeur). Il

correspond à la diminution brutale de la quantité du pédotype (Péto).lapidon oxydique, ferroxique, représenté par des nodules de dimensions très diverses mais parmi lesquels prédominent des nodules aréniques (diamètre de l'ordre de 2mm) de forme assez régulièrement arrondie.

A la partie la plus superficielle de la coupe, il existe un (Péto).lapidon oxydique nodulaire très hétérogène arénique, centirudique et stéritique (méso à méga rudique). Les éléments stérétiques méso, macro et méga rudiques apparaissent constitués par la coalescence d'individus plus fins (arénique et centirudique) identiques à ceux de la fraction nodulaire du lapidon. Le ciment qui réunit des individus de petites dimensions est de nature oxydique également. Se produit-il en surface un démantèlement d'un ensemble stéritique nodulaire, microconglomératique, qui engendre ce lapidon ? Ou bien faut-il envisager un cheminement inverse qui aboutit au rassemblement, par un ciment oxydique, des nodules de petites dimensions d'un lapidon originellement homogène, à l'intérieur de nodules de dimensions plus importantes, ce qui conduirait peu à peu à l'apparition d'un stérite microconglomératique ?

Quel que soit le sens de l'évolution, pratiquement impossible à mettre en évidence avec les données en notre possession, les traits morphologiques identiques des nodules aréniques et centirudiques libres ou inclus dans le lapidon stéritique montrent sans ambiguïté la relation existant entre ces deux phases du lapidon.

A partir de 38cm de profondeur, le lapidon arénique et centirudique se maintient en quantité presque insignifiante, inférieure ou égale à 1%, jusqu'au moment où apparaît l'oxydon jaune et l'isaltérite (Fig. 31 B). Il semblerait alors qu'une relation entre le lapidon et l'oxydon puisse exister. Sa nature ne serait pas obligatoirement pédologique, mais plutôt géomorphologique.

L'existence d'un tel seuil, extrêmement marqué, met une nouvelle fois en évidence le résultat de l'application de processus dont les effets (cumulés ou non) présentent un aspect "catastrophique".

La coupe suivante, LAC 3, montre des organisations morphologiques voisines de celles de la coupe LAC 2. Cette constatation est particulièrement vraie pour la partie superficielle du sol, dans laquelle nous retrouvons le seuil précédent, vers 29cm de profondeur, souligné par la brusque diminution de la quantité d'un (Péto).lapidon formé d'individus semblables, en tous points, à ceux du lapidon de la coupe LAC 2 (Fig. 31 C).

D'autres faits, en revanche, tendent à éloigner ce profil du précédent. Il s'agit de seuils supplémentaires :

- entre 85 et 110cm, un seuil souligné par la brusque augmentation de la quantité du (Pétero).lapon, identique à celui de la partie superficielle du sol. Il faut cependant envisager qu' un tel seuil puisse tout simplement représenter des irrégularités dans la distribution latérale spatiale du lapon. Dans cette hypothèse il ne s'agit plus réellement d'un vrai seuil.

-Le passage assez progressif entre un oxydon rouge (2.5YR et 10R) et un oxydon jaune (7.5YR), relevé dans la coupe LAC 2, s'exprime ici de façon beaucoup plus brutale dans la mesure où il est souligné par une diminution plus marquée de la quantité du lapon. L'hypothèse d'une relation entre le (Pétero).lapon et l'oxydon rouge, envisagée lors de l'analyse du profil précédent, se confirmerait assez nettement à cet endroit.

-un dernier seuil apparaît enfin, en profondeur. Il est marqué par un stérite dont l'organisation est différente de celle des éléments stéritiques du lapon de surface.

Ce profil se caractérise donc par la présence de plusieurs seuils très marqués, qui isolent des ensembles morphologiquement différents :

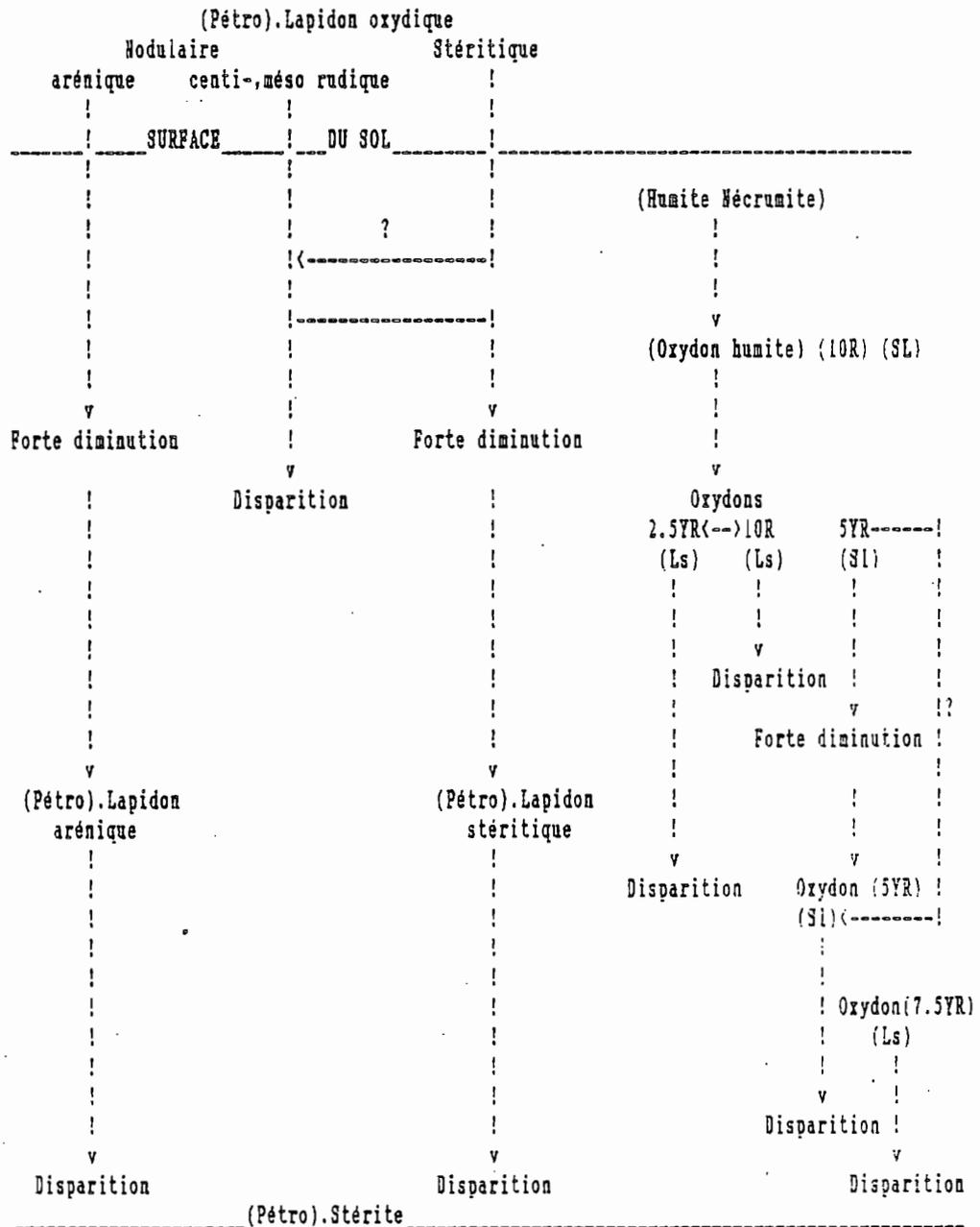
- un ensemble lapidique oxydique de surface
- un ensemble oxydique rouge
- un ensemble lapidique oxydique (identique au précédent)
- un ensemble oxydique jaune
- un ensemble stéritique

Etant donné la netteté des seuils et l'absence apparente de toute progressivité dans le passage d'un ensemble à l'autre, l'impression qui se dégage d'une telle organisation est celle d'une succession d'actions à "caractère catastrophique", qu'il semble plus facile d'attribuer, dans une première analyse, à l'application de "processus de nature géomorphologique" plutôt qu'à celle de "processus de nature strictement pédologique". Cette impression se fait sentir, aussi bien dans les passages phase meuble-phase indurée continue et/ou discontinue, qu'à l'intérieur de la phase meuble oxydique dans laquelle on relève de brusques variations de la granulométrie. D'un oxydon à l'autre, nous passons en effet, d'une texture sablo-limoneuse à une texture limoneuse, ou encore sableuse faiblement limoneuse, ou bien limoneuse faiblement sableuse. Ces différences sont, dans certains cas, directement associées à des variations de couleurs assez sensibles (2.5YR à 5YR par exemple). Les différenciations texturales étaient déjà apparentes dans le précédent sol. Elles s'expriment ici avec beaucoup plus d'ampleur.

Les chemins verticaux d'information de ce profil, sont donc relativement courts et brutalement interrompus. Les relations entre les corps naturels sont assez peu marquées, chacun d'entre eux apparaissant comme le résultat de l'ap-

plication d'un processus particulier. Il semble ainsi qu'il y ait une succession de processus, de nature vraisemblablement identique, mais trop rapprochés dans le temps pour que s'estompent les seuils et que s'installe une évolution "pédogénétique". Cette succession de processus s'est traduite par une plus grande homogénéité à l'intérieur du sol et par des chemins d'information continus. Nous pouvons donner l'image suivante des divers chemins d'information caractéristiques de cette coupe:

Les chemins d'information de la coupe LAC 3

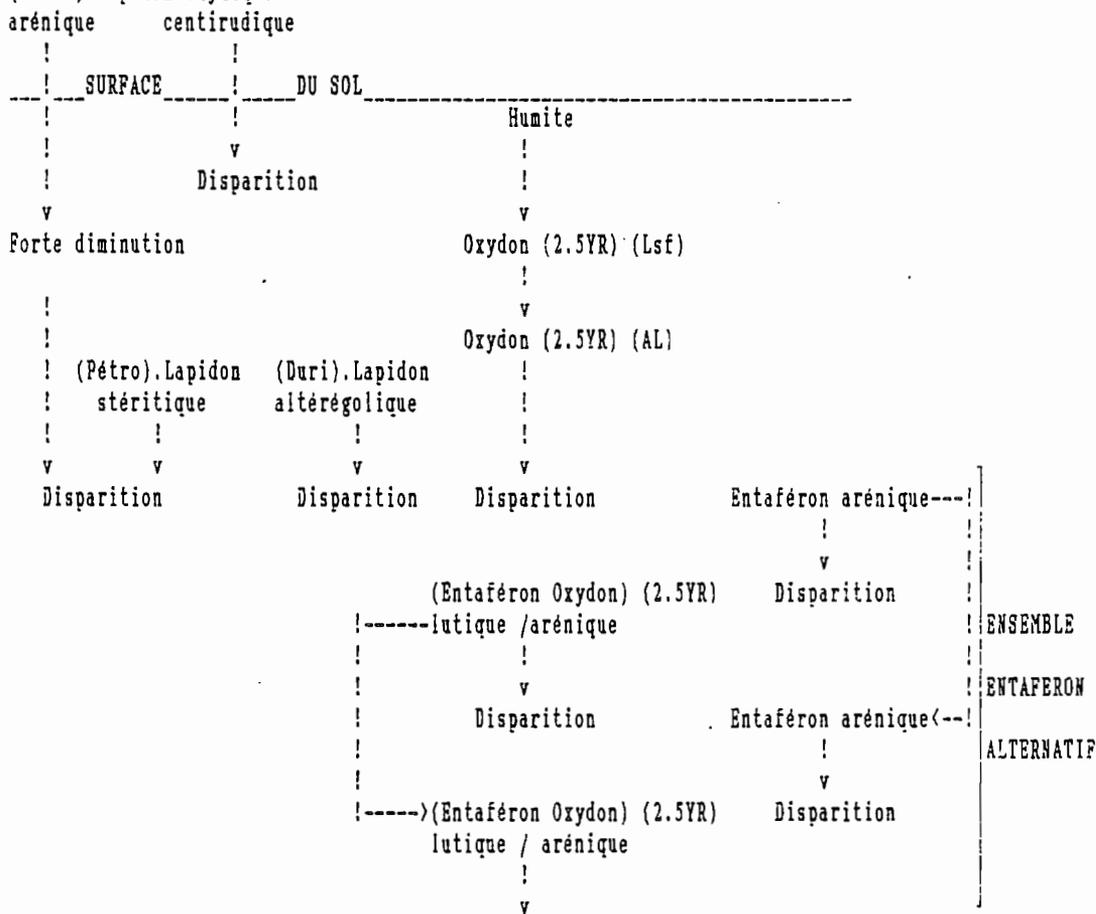


C- Les coupes LAC 4 et LAC 5

Ces deux coupes présentent des profils structuraux voisins, mais assez nettement différenciés de ceux des sols précédents (Fig. 32 A et B). Malgré cela, nous verrons qu'il existe également quelques similitudes entre ces profils et le profil LAC 3 (Fig. 31 C). Elles se localisent essentiellement dans la partie superficielle des sols où nous retrouvons les corps naturels lapidon oxydique, nodulaire (arénique, centi-, mésorudite) et humite (ou (oxydon hHumite)), qui disparaissent brutalement entre 10 et 30cm de profondeur, matérialisant ainsi un premier seuil. Par la suite, nous observons, de façon extrêmement nette, ce que nous avons mis en évidence lors de l'analyse du profil LAC 3. Il s'agit d'une succession de corps naturels apparaissant et disparaissant brusquement, ou, en d'autres termes, une succession de seuils qui sont le résultat de l'application de divers processus ou de diverses phases d'un même processus général, dont l'aspect "catastrophique" est indéniable. Quelles sont les images information de ces deux coupes ?

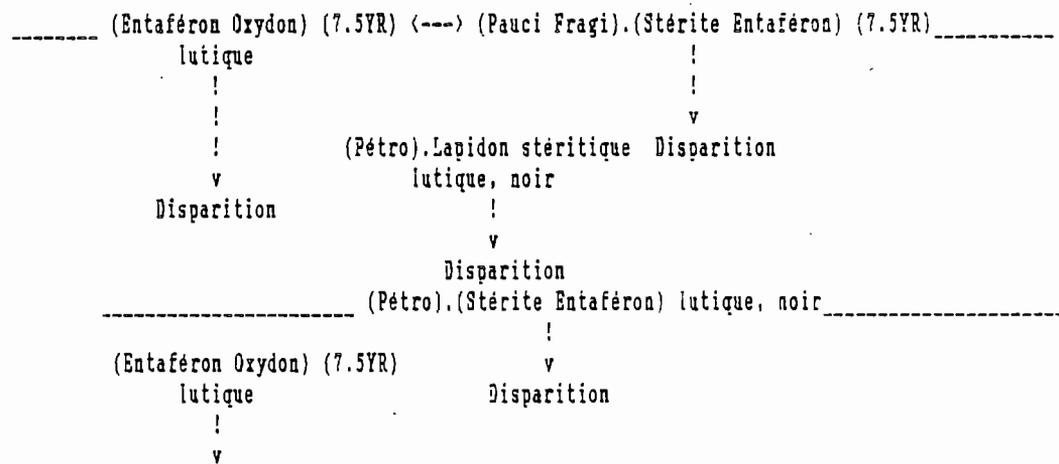
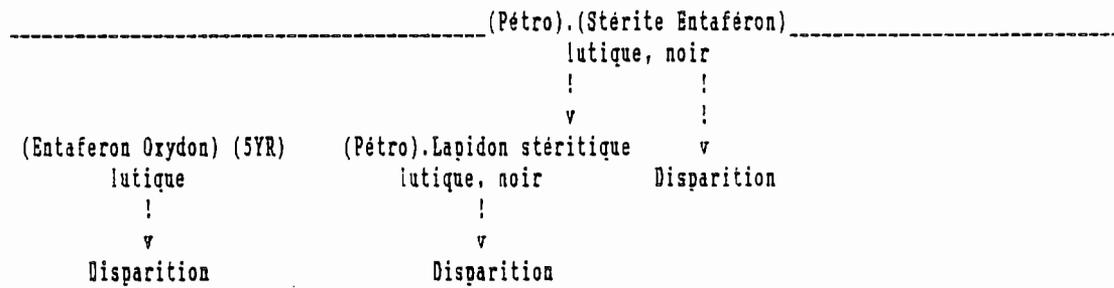
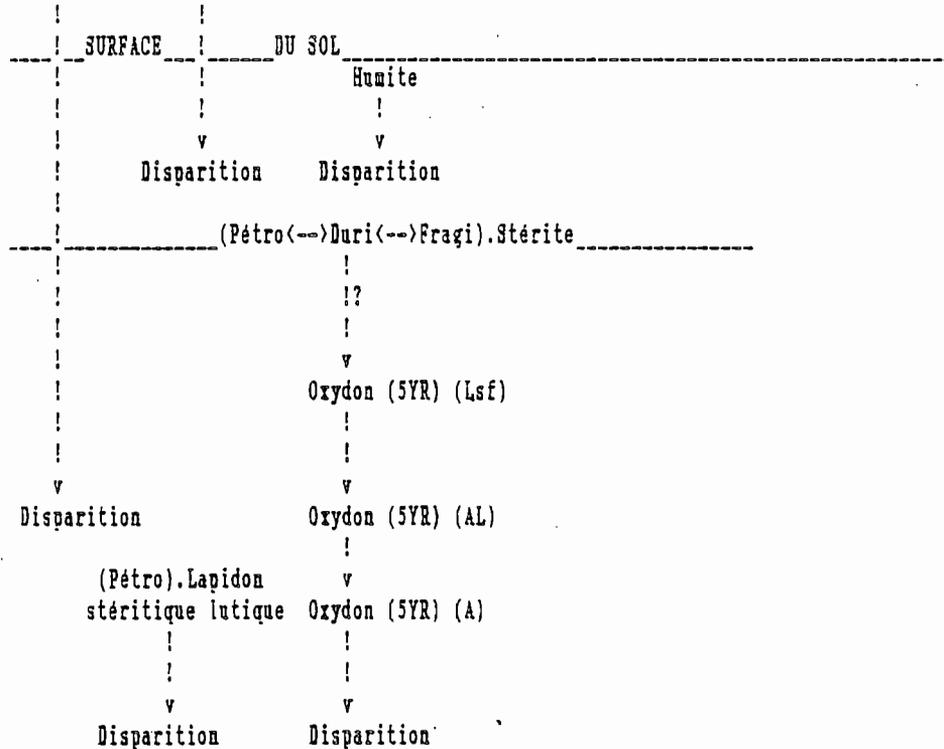
Les chemins d'information de la coupe LAC 4

(Péto).Lapidon oxydique



Les chemins d'information de la coupe LAC 5

(Pétero).Lapidon oxydique
arénique centirudique



En ce qui concerne l'entaféron ou l'intergrade (entaféron oxydon) de granulométrie différente, il s'agit de l'alternance, plus ou moins régulière, de phases d'un même processus. A peine esquissé dans le profil LAC 3 où nous n'avions pas pu reconnaître le corps naturel entaféron, ce processus trouve ici sa pleine expression, aussi bien dans la coupe LAC 4 que dans la coupe LAC 5. Cet ensemble entaférique regroupe plusieurs types de matériaux :

-un entaféron arénique (més-, microarénite), alternant avec un corps naturel intergrade identifié comme (entaféron oxydon) lutique et arénique (microlutite/més-, microarénite4), dans le profil LAC 4 (Fig. 32 A).

-un entaféron ayant subi une induration, formant un corps naturel identifié comme un (Péto).(stérite entaféron) lutique, oxydique, noir, auquel succède un (entaféron oxydon) lutique (microlutite) ocre-rouge puis jaune, dans lequel est dispersé, en lits plus ou moins réguliers, un (Pauci<-->Fragi).(stérite entaféron) jaune, qui semble dériver de l'ensemble (entaféron oxydon) jaune. Cette organisation complexe est visible dans le profil LAC 5 (Fig. 32 B).

Des fragments de (Péto).stérite noirs sont reconnaissables dans l'oxydon qui surmonte les entaférons profonds. Nous l'avons alors caractérisé comme un (Péto).lapidon stéritique en plaquettes.

Les pédotypes oxydons, reconnus à la partie supérieure des coupes, peuvent être éventuellement interprétés comme des entaférons fortement bio-pédoturbés. Les traits morphologiques significatifs de l'entaféron ont alors disparu.

Pour donner une image simplifiée de ces deux profils nous pouvons les représenter par la suite -humite/lapidon, oxydon, entaféron-. Dans le profil LAC 4, ce sont trois ensembles, séparés par deux seuils. Dans le profil LAC 5, il faut ajouter, entre la partie superficielle (humite/lapidon) et l'oxydon, un corps naturel élémentaire complexe, plus ou moins intensément induré, continu, qui révèle certains caractères morphologiques de l'oxydon sous-jacent et englobe divers éléments du lapidon immédiatement supérieur. Ce (Péto<-->Duri<-->Fragi).stérite matérialise un seuil supplémentaire. Toutefois cette succession stérite/oxydon rappelle les ensembles entafériques inférieurs. Mais, l'impossibilité de reconnaître des arrangements de type sédimentaire nous interdit, à ce stade de l'analyse, de parler d'entaféron à son sujet. Si dans cette recherche des chemins verticaux d'information nous sommes astreints à une certaine réserve, nous verrons en revanche, lors de l'analyse latérale, qu'il nous sera possible d'envisager l'existence de chemins d'information reliant les pédotypes oxydon et les corps naturels entaféron.

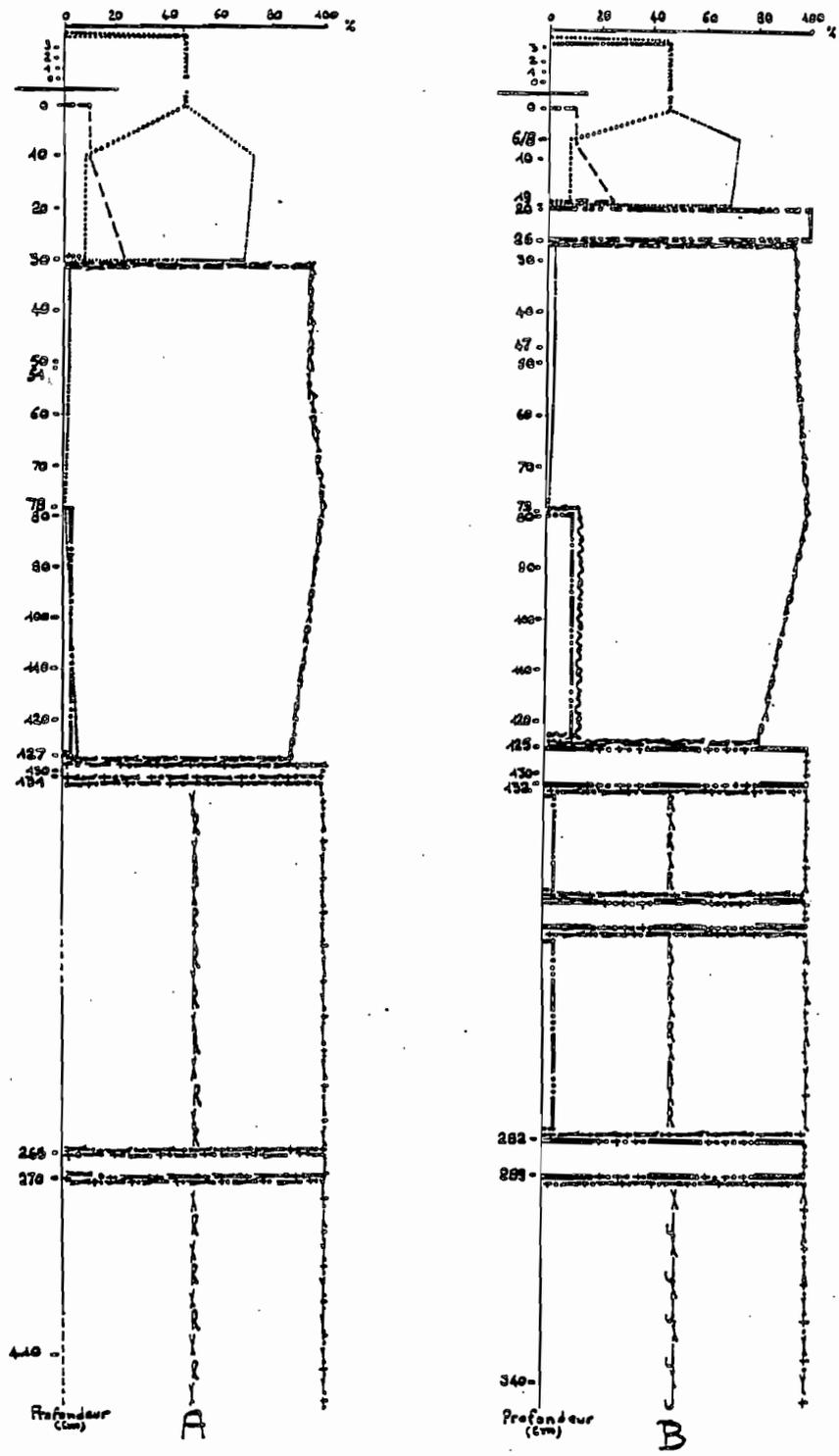


Fig.32 : Les profils structuraux des coupes LAC 4 et 5.

Concernant les points communs entre ces deux sols LAC 4 et LAC 5, il faut encore signaler la présence d'un (Duri Fragi).lapidon altéréologique, immédiatement au-dessus de l'entaféron. Son existence ne fait que confirmer le seuil désigné par l'entaféron. Notons aussi un cutanon (sesquanes ferroxiques) dans la partie supérieure de cet oxydon.

Au chapitre des différences et s'ajoutant à celles que nous avons déjà énoncées, il est nécessaire d'insister sur la coloration nettement jaune (7.5YR) de la coupe LAC 5 et sur celle nettement rouge (2.5YR) de LAC 4. La cause en est à rechercher vraisemblablement dans la nature des oxydes et hydroxydes métalliques, et/ou dans des variations du degré de cristallinité. Cette différence a-t-elle été acquise après le dépôt, ou bien existait-t-elle avant le transport du matériau ? Nous ne pouvons pas répondre à cette question de façon définitive avec nos seules observations de terrain. Remarquons cependant que le sol le plus jaune se place plus à l'aval et possède une texture plus fine. Ces deux faits peuvent intervenir dans la modification des conditions de circulation de l'eau.

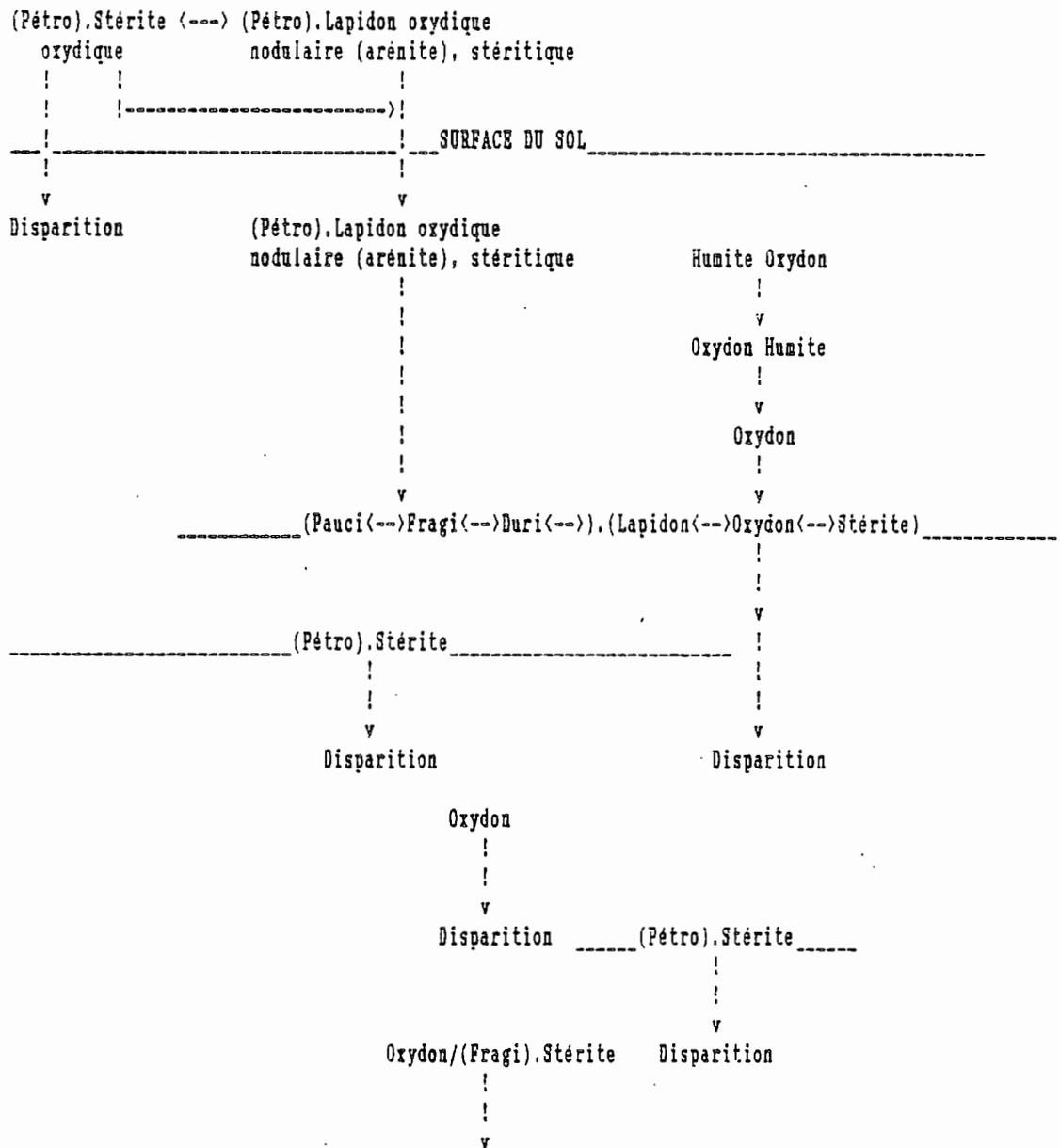
D- Les coupes LAC 6 à LAC 10

Nous avons regroupé, dans ce paragraphe, des sols ferrallitiques ferritiques dont le profil structural est marqué par la présence de stérites, pédotype déjà vu dans la coupe LAC 5. Le profil LAC 8 fait cependant exception, mais possède, en commun avec les autres sols, une partie superficielle très nettement marquée par la présence d'un lapidon oxydique. Ce lapidon, plus ou moins complètement intégré dans un stérite à la surface du sol, disparaît ensuite presque complètement.

Nous retrouvons donc, ici encore, le seuil souligné par la brusque disparition ou la très forte diminution de la quantité du lapidon. Les autres seuils significatifs sont visualisés par la présence ou l'absence de stérite. Il s'agirait donc, une nouvelle fois, d'indices révélateurs de processus à tendance "catastrophique", affectant préférentiellement le domaine géomorphologique.

Si nous regardons plus en détail les profils structuraux des coupes LAC 6 et LAC 7 (Fig. 33 A et B), nous sommes en mesure de caractériser les sols par les chemins d'information suivants :

Les chemins d'information des coupes LAC 6 et LAC 7



Un premier ensemble stéritique, assez peu développé, est visible dès la surface et sa relation avec les (Pétero).lapidons stéritique et nodulaire arénique semble évidente. Cette phase indurée discontinue, présente sans grandes différenciations dans toute la partie supérieure du sol, fait ensuite plus ou moins complètement partie du second ensemble stéritique.

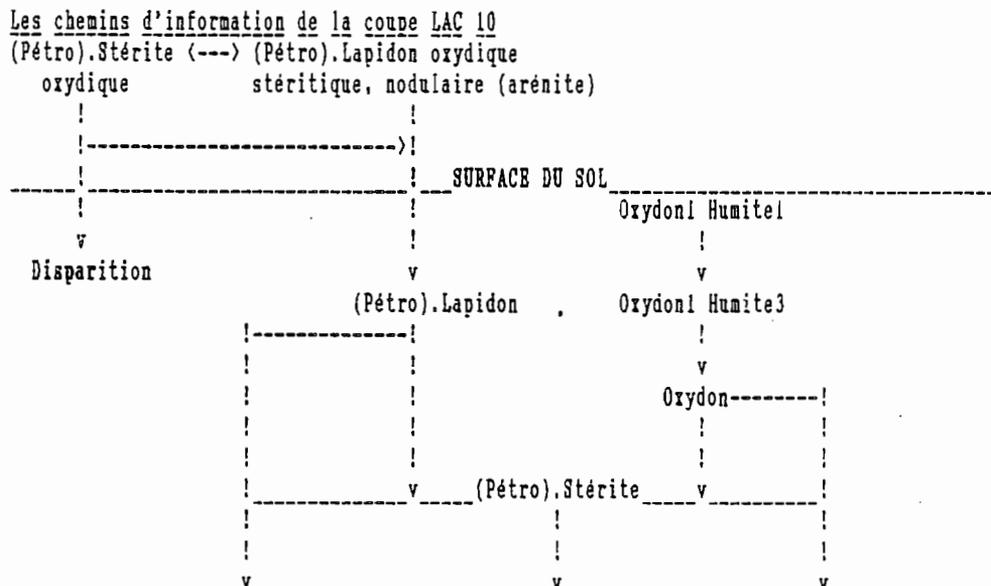
Cette phase inégalement durcie visualise un passage entre les pédotypes meuble (oxydon) et induré (lapidon et stérite), matérialisé par un corps naturel intergrade extrêmement complexe, qui regroupe en fait tous les corps naturels de la partie supérieure du sol. Si ce corps naturel

peut être effectivement assimilé à un seuil, nous pouvons également considérer qu'il représente un des pôles d'un chemin d'information qui suit les relations existant entre phases meubles et indurées. Le seuil ainsi relevé souligne l'existence de deux ensembles possédant des dynamiques et des évolutions apparemment indépendantes. La partie supérieure se caractérise par une mobilité "plus actuelle" des oxydes et hydroxydes métalliques, qui assurent alors les relations entre les divers pédotypes par l'intermédiaire d'un chemin d'information qui suit le degré de dureté, donc l'homogénéité du (Pauci<--->Fragi<--->Duri).stérite.

Plus profondément, on observe un autre ensemble qui débute également par un stérite, différent du précédent et de structure plus homogène, et se poursuit, dans la coupe LAC 7, par un oxydon dont la continuité est plus ou moins régulièrement interrompue par la présence de stérite et de lapidon. Cet ensemble n'est pas sans rappeler celui que nous avons décrit dans le profil LAC 5, mais ici nous ne remarquons pas de traits morphologiques permettant d'identifier un entaféron.

Malgré cela, la similitude des chemins d'information "en marche d'escalier" nous empêche de rejeter a priori, pour le profil LAC 7, l'hypothèse d'un apport, comme pour les sols précédents, LAC 5 et LAC 4.

Bien que sensiblement moins épaisse, la coupe LAC 10 (Fig. 33 E) montre certaines ressemblances avec les deux sols que nous venons d'étudier. Dans ce qu'il est possible d'observer nous retrouvons des chemins d'information verticaux presque identique.



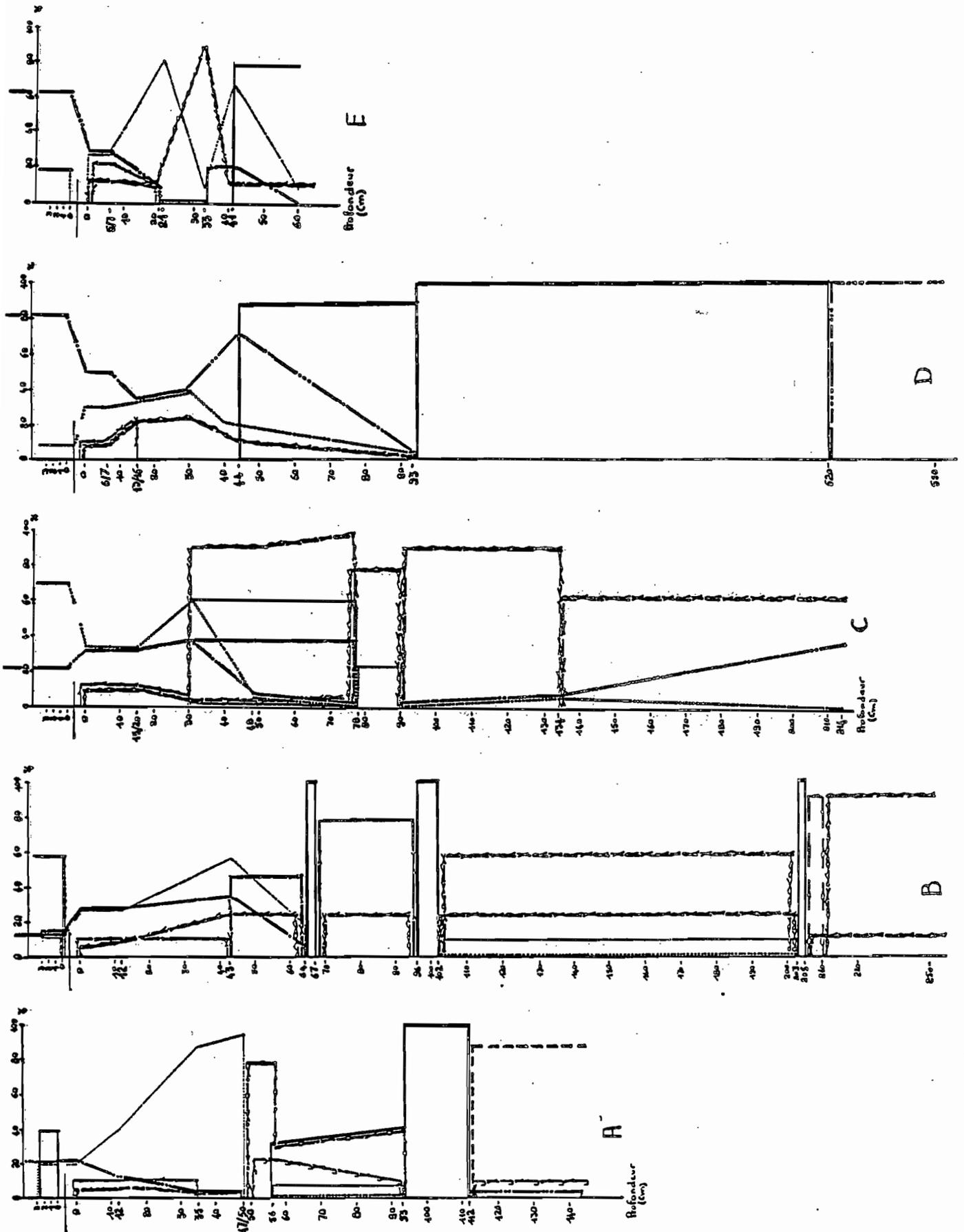


Fig.33 : Les profils structuraux des coupes LAC 6, 7, 8, 9 et 10.

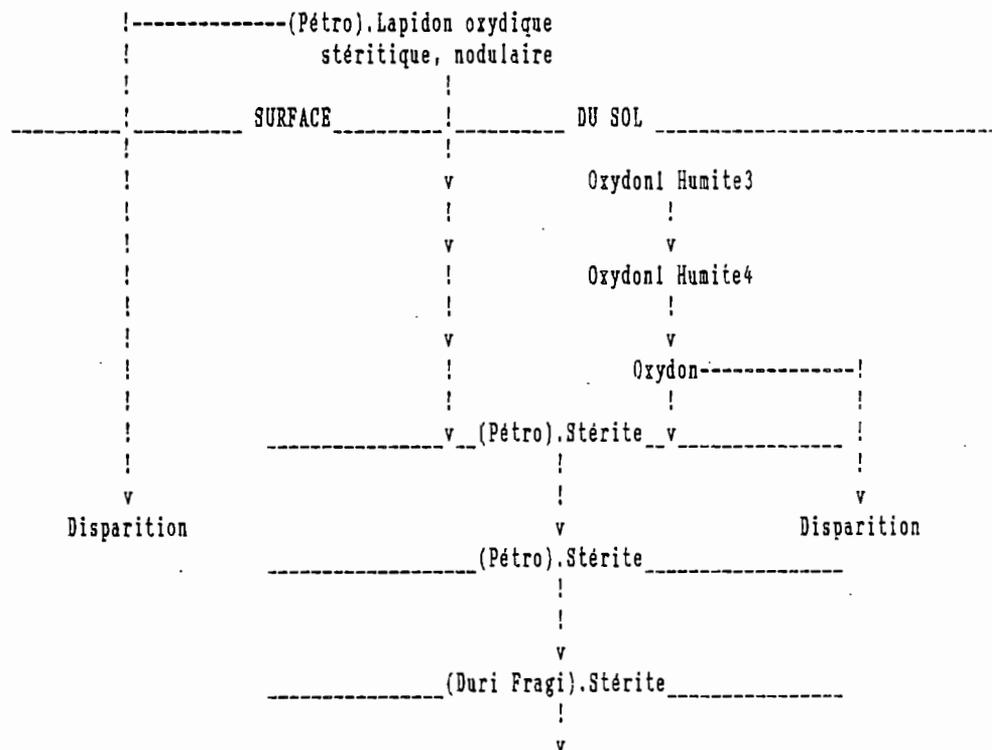
La différence réside essentiellement dans le degré de dureté du stérite, beaucoup plus accentué ici que dans les coupes LAC 6 et LAC 7.

Les deux coupes suivantes, très proches l'une de l'autre, montrent des profils structuraux relativement différents l'un de l'autre, mais également de ceux des coupes précédentes.

La coupe LAC 8 (Fig 33 C) se caractérise par l'absence de seuil stéritique. Toutefois, nous pouvons admettre que le rôle joué par le lapidon ressemble à celui joué par le corps naturel complexe, intergrade (Pauci<-->Fragi<-->Duri).(lapidon<-->oxydon<-->stérite) des sols LAC 6 et LAC 7. Nous retrouvons un ensemble supérieur identifié par la suite -lapidon nodulaire et stéritique-(oxydon humite)-oxydon-. Survient la brusque diminution de l'importance du lapidon. Nous observons alors un ensemble formé en majeure partie d'oxydon rouge, puis ocre-rouge, qui rappelle celui décrit dans le profil LAC 7.

Située en bordure d'une "doline" très profonde, la coupe LAC 9 se caractérise par l'important développement du pédotype stérite. Cependant, la partie supérieure du sol est semblable à ce que nous avons précédemment signalé et nous pouvons donner de cette coupe l'image information suivante :

Les chemins d'information de la coupe LAC 9



L'originalité de ce profil tient essentiellement à l'important développement du stérîte, qui montre une très grande variété de faciès successifs traduisant l'évolution structurale de ce pédotype. Très compact et dur dans la partie la plus proche de la surface, le stérîte devient ensuite de plus en plus caverneux (mais sans montrer d'arrangements particuliers), pour acquérir, dans sa partie la plus profonde, un arrangement feuilleté. Parallèlement, la dureté du stérîte décroît. Nous avons donc, pour identifier cette suite stéritique, deux chemins d'information parallèles. Le premier suit la dureté Pétro-->Duri-->Fragi, le second "la structure" compact-->caverneux-->feuilleté. Tous les deux mettent en évidence les transformations que subit ce corps naturel élémentaire en fonction de la profondeur. Par endroits, dans les zones les plus profondes, nous avons observé la présence d'oxydon. Malgré une évolution et un développement de caractère original, nous retrouvons cependant des schémas d'information qui rappellent, sans ambiguïté, ceux que nous avons déjà décrit dans les paragraphes précédents.

♦ ♦

II- L'"IMAGE INFORMATION" DE LA SEQUENCE Les chemins d'information latéraux

L'analyse des données topographiques de cette séquence nous permet de caractériser plusieurs facettes topographiques, facilement identifiables sur le terrain. Comme pour les exemples antérieurs, nous allons associer, à ce stade de notre cheminement, les données sol et les données de nature topographique, afin de mieux définir les volumes délimités par les facettes topographiques. De la même façon, nous allons également rechercher la "valeur" du degré de correspondance entre les limites topographiques reconnues sur le terrain et les limites de caractère pédologique que nous avons pu relever dans les pages précédentes. Cette correspondance peut être totale ou partielle, ainsi que nous l'avons constaté dans les deux toposéquences africaines.

Plusieurs facettes topographiques se succèdent le long de la séquence et sont illustrées par la figure 34.

- Une facette rectiligne à surface assez irrégulière, parsemée par place de pointements rocheux péridotitiques. Cette facette topographique à très forte pente semble correspondre à la définition des acroèdres (Richard, 1985). Dans le détail le profil se caractérise par une succession irrégulière de zones plan-convexe, plan-concave ou planes, d'extension réduite et sans règles de

distribution particulières. La forme de ces surfaces topographiques est en général ovoïde, allongée. L'irrégularité de la surface de la facette est due en grande partie au résultat de l'érosion de la roche ultrabasique, qui présente des analogies avec certaines formes d'érosion des régions calcaires (lapiez, dolines, ...). Cela se traduit par un front d'altération assez irrégulier, la présence de sols d'épaisseur très variable et celle de pointements rocheux de quelques décimètres à quelques mètres de diamètre, irrégulièrement répartis.

- Une **facette concave**, très peu étendue (quelques dizaines de mètres), en auréole autour de la facette topographique précédente. Selon la terminologie proposée par Richard (op. cit.) il s'agit d'un **ectaèdre**. Ses limites amont et aval, bien visibles, marquent cependant une certaine progressivité dans le passage de cette facette aux facettes qui l'encadrent.

- Une **facette médiane rectiligne-oblique**, de pente assez marquée, qui fait directement suite à la facette concave. Par endroit, cette facette montre une surface légèrement concave et son profil devient ainsi rectiligne-concave. Son extension est assez importante et se place généralement entre 300 et 500 mètres. Sa limite aval avec la facette suivante est assez bien marquée. Si nous nous référons aux types identifiés par Richard (op. cit.) il s'agit d'un **métaèdre**.

- Une **facette rectiligne-oblique**, "tabulaire", facilement identifiable du fait de la présence de nombreuses "dolines", plus ou moins vastes. Les diamètres varient entre une dizaine, plusieurs dizaines ou une centaine de mètres. De même les profondeurs sont extrêmement variables d'une doline à l'autre (un mètre à quelques mètres ou même plus dans certains cas). Le fond de ces dolines est fréquemment rempli d'eau. La limite amont de la facette est assez généralement soulignée par un petit ressaut, le plus souvent cuirassé. Vers l'aval, dans cet exemple, nous passons progressivement à un lac. Cette facette, d'extension approximativement identique à celle de la facette précédente, peut se placer également parmi les **métaèdres**. Toute son originalité tient à son aspect karstique, proche de celui observé dans les régions calcaires, mais plus inhabituel dans les régions ferrallitiques où s'accumulent les oxydes et hydroxydes de fer.

A- Les segments morphopédologiques

Quatre facettes topographiques ont été identifiées le long de cette séquence. Nous devons maintenant caractériser les volumes qu'elles délimitent par leur contenu information pédologique, afin de faire apparaître les segments morphopédologiques spécifiques de ce paysage.

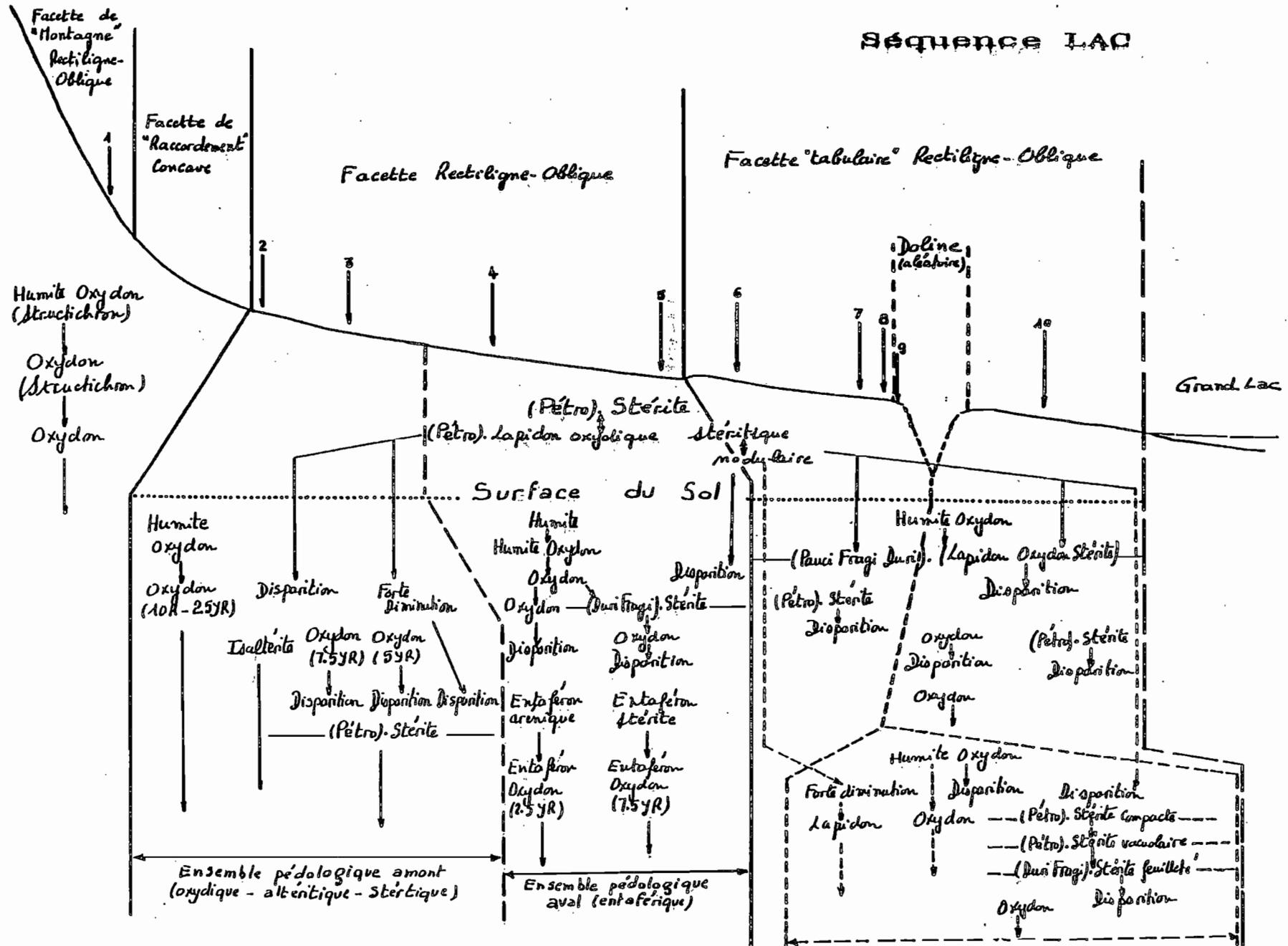


Fig.34 : Les segments morphopédologiques (image information).

1- LE SEGMENT AMONT, "MONTAGNEUX", RECTILIGNE-OBLIQUE ET CONCAVE

L'analyse topographique précédente de la partie haute du paysage nous a permis de mettre en évidence deux facettes topographiques qui se succèdent sans qu'il soit possible de les séparer par une limite parfaitement positionnée. En effet, malgré un changement de forme, cette transformation de la topographie se fait sans rupture nettement marquée. Nous passons ainsi d'une forme rectiligne oblique à une forme concave. De la même façon, vers l'aval, la facette concave passe une nouvelle fois à une forme rectiligne oblique, avec une pente de valeur sensiblement plus faible que celle notée pour la facette amont "montagneuse".

Le segment morphopédologique ainsi identifié, reconnaissable sur le terrain, est cependant quelque peu difficile à délimiter avec précision vers l'aval. Qu'en est-il en ce qui concerne le contenu information sol ?

Afin de le définir, nous avons retenu deux sols. LAC 1 se situe sur la facette rectiligne-oblique montagneuse. LAC 2, sans être réellement intégré dans ce segment, se situe à proximité immédiate de la limite supposée entre les deux segments, sur la facette rectiligne-oblique mais à sa partie la plus amont. Ceci nous a incité à prendre son contenu information en considération pour l'identification de ce segment "montagneux".

Dans les deux cas, nous sommes en présence de sols ferrallitiques oxydiques ferritiques. La fraction meuble ne présente pratiquement pas de variations morphologiques de l'amont vers l'aval, excepté le passage d'un pédotype intergrade (oxydon structichron) à un pédotype simple oxydon. Les phases lapidiques sont plus diversifiées. Ceci peut s'exprimer de façon simplifiée par la présence :

-à l'amont, d'un lapidon régolique et altérégolique (péridotitique),

-à l'aval, d'un lapidon régolique et altérégolique (péridotitique), en profondeur, en relation avec un isaltérite. Dans la partie supérieure du sol, un lapidon oxydique nodulaire très abondant.

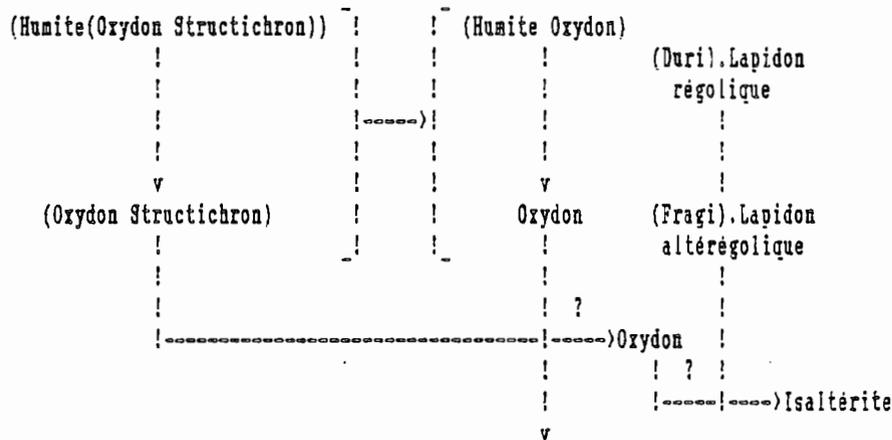
Cette différenciation nous permet ainsi de placer une limite légèrement à l'amont du profil LAC 2, ce qui correspond pratiquement à la disparition de la concavité.

Nous sommes alors en mesure de donner une image information de ce segment.

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE AMONT "MONTAGNEUX"

Facette topographique : Amont -----> Aval
 Rectiligne oblique -----> Concave

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



Ce segment se caractérise donc par un contenu pédologique simple et relativement homogène de l'amont vers l'aval. La seule variation importante concerne l'oxydon, qui devient le pédotype meuble dominant. Toutefois, nous avons déjà signalé qu'établir une distinction, sur le terrain, entre un pédotype intergrade (structichron oxydon) et un pédotype simple oxydon est très difficile, sinon impossible. Seuls les résultats analytiques permettent de trancher avec plus de certitude. La reconnaissance de ce segment se fera donc essentiellement par l'identification d'un chemin d'information topographique, qui suit le passage d'un profil rectiligne-oblique à un profil concave.

2- LE SEGMENT MEDIAN RECTILIGNE-OBLIQUE

Nous venons de signaler la progressivité du passage entre la topographie concave de la partie inférieure du segment amont et la topographie rectiligne-oblique du segment que nous analysons. Cela rend délicat le positionnement d'une limite à cet endroit. Vers l'aval, en revanche, la mise en place d'une limite séparant cette facette de la suivante est beaucoup plus aisé. En effet, pour ce qui concerne l'exemple que nous avons retenu, il existe à mi-pente un léger ressaut, d'une faible ou très faible dénivelée (de l'ordre du mètre) mais facilement identifiable sur le terrain. Ceci nous permet alors de placer, sans trop de difficultés, une limite sur ce versant rectiligne oblique à

pente régulièrement décroissante (Fig. 34). A la différence du segment précédent, nous sommes donc en présence d'un ensemble topographique homogène, parfaitement délimité. Quel en est son contenu pédologique ? Présente-t-il la même homogénéité ?

Sur cette facette topographique, se placent, de l'amont vers l'aval, les coupes LAC 2, LAC 3, LAC 4 et LAC 5. Comme dans le segment amont, tous les sols sont ferrallitiques oxydiques ferritiques. La partie supérieure des sols révèle, ainsi que nous l'avons déjà signalé, la présence constante de lapidons oxydique stéritique et nodulaire, en relation avec un stérîte. Plus profondément, le contenu pédologique se différencie, ce qui nous conduit à distinguer deux ensembles pédologiques à l'intérieur de ce volume (Fig 34).

- L'ensemble amont oxydique, hétérogène, partiellement altéritique dans la partie haute du segment, parfois stéritique dans la partie basse.

- L'ensemble aval entaférique. En effet, les sols de la partie aval du segment se caractérisent par la présence d'un corps naturel entaféron, expression morphologique de l'apport et du dépôt de matériaux d'origine diverse, de granulométries variées, entraînant la reconnaissance d'une stratification plus ou moins régulière.

De ce fait, l'image information de ce segment morphopédologique est relativement complexe et peut se traduire de la façon suivante :

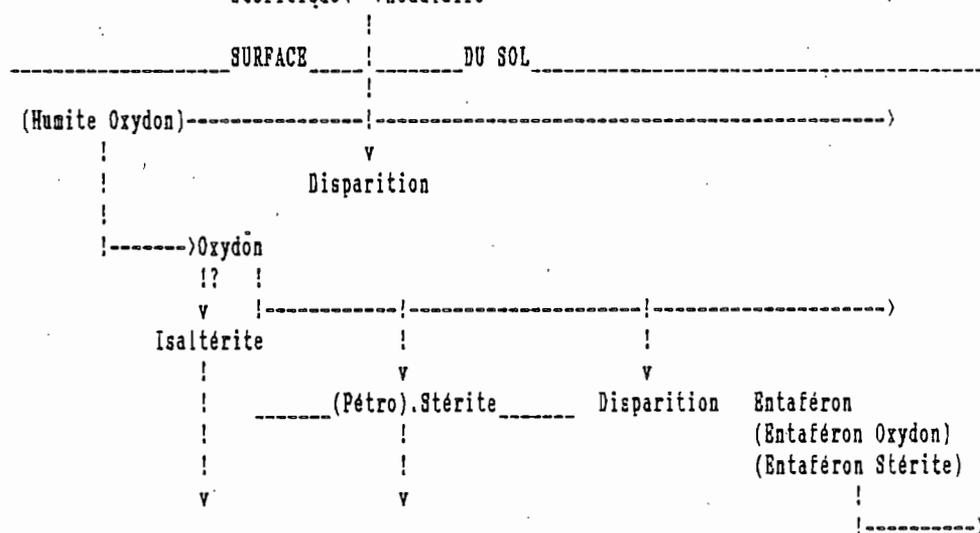
SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE MÈDIAN

Facette topographique : Rectiligne-oblique

Contenu pédologique : Amont----->Aval

(Péto).Stérîte<-->(Péto).Lapidon oxydique

stéritique<-->nodulaire----->



Si les deux pôles pédologiques sont parfaitement identifiés et relativement faciles à reconnaître, placer une limite entre les deux semble, en revanche, beaucoup plus difficile à réaliser. Nous verrons, en effet, que les relations existant entre l'oxydon (amont) et les (entaféron oxydon) aval traduisent un passage très progressif de l'un à l'autre et justifient, en fait, la présence de ces deux corps naturels élémentaires à l'intérieur d'un même segment morphopédologique. Nous retrouvons ici une situation structurale similaire à celle que nous avons mise en évidence dans la séquence centrafricaine MAG, lorsque nous avons reconnu l'existence de segments pédologiques intermédiaires. Mais, dans cet exemple, la ressemblance se limite à l'information pédologique et n'affecte pas l'information topographique. Nous avons un contenu pédologique qui reflète un chemin d'information latéral oxydon-->(oxydon entaféron), à l'intérieur d'un espace dont la surface topographique est homogène.

3- LE SEGMENT INFÉRIEUR TABULAIRE "A DOLINES", RECTILIGNE-OBLIQUE

Il s'agit d'un segment morphopédologique bien défini topographiquement. La limite amont est soulignée, ainsi que nous l'avons dit, par un léger ressaut stéritique. La limite aval correspond, dans cet exemple, à un lac, dans d'autres situations, à un cours d'eau.

Quelques "dolines" brisent, par endroits, la monotonie de cette surface. Leur présence ne justifie cependant pas la création d'un segment morphopédologique particulier limité aux dolines et à leur environnement immédiat.

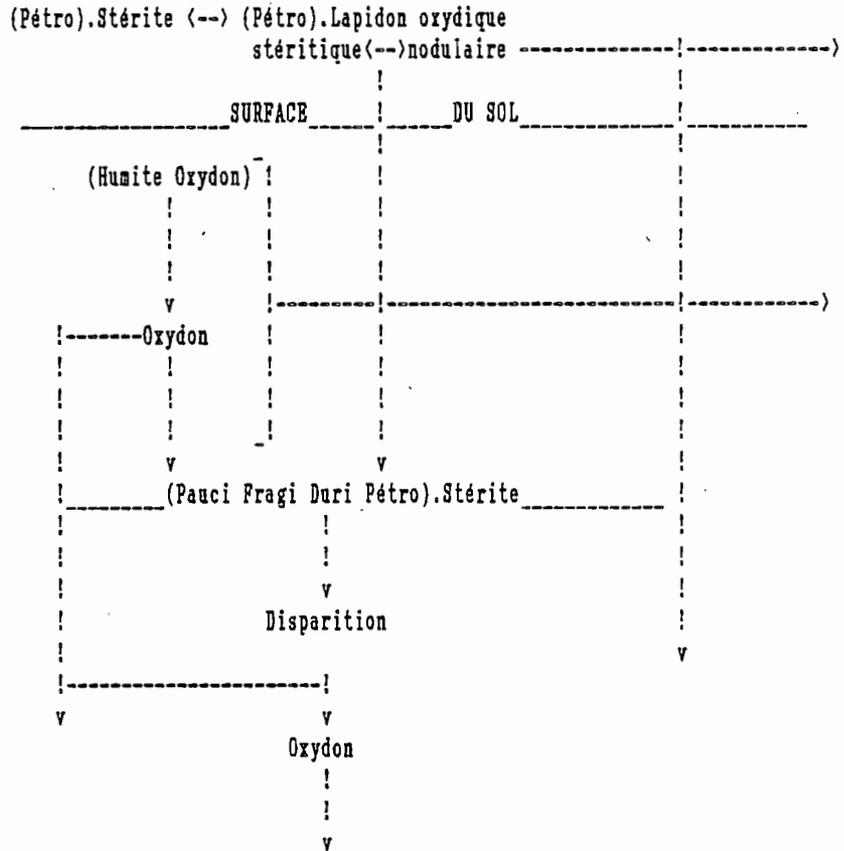
La topographie du segment est en continuité avec celle du segment précédent. Pour identifier pédologiquement le volume, nous nous reporterons aux coupes LAC 6, LAC 7 et LAC 10. Les coupes LAC 8 et LAC 9 caractérisent plus particulièrement une doline. Toutefois, il n'apparaît pas de différences pédologiques fondamentales entre ces sols si ce n'est, peut-être, l'amplitude prise par le stérîte. Ce pédotype montre une grande variété d'organisation interne dans le profil LAC 9. Les sols sont, bien entendu, ferrallitiques oxydiques, ferritiques.

La partie superficielle des sols est identique à celle des exemples précédents. Mais nous remarquons, en profondeur, la présence systématique de stérîtes. Dans certains cas, lorsque nous avons pu descendre sous le stérîte, nous avons observé un pédotype oxydon. L'image information du segment peut être illustrée de la manière suivante :

SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE INFÉRIEUR "A DOLINES"

Facette topographique : Rectiligne-oblique

Contenu pédologique : Amont -----> Aval



Le segment, d'extension assez variable mais toujours relativement importante, se caractérise donc essentiellement par une bonne concordance entre les informations topographiques et pédologiques, ce qui se traduit par une image information simple et homogène de cet ensemble morphopédologique.

B- La séquence morphopédologique.

Comment relier les différents segments morphopédologiques que nous venons d'identifier ? Les données topographiques montrent, dans la partie supérieure de cette séquence, une "bonne continuité" et nous passons de façon relativement insensible -malgré de fortes différences dans les valeurs des pentes- d'un segment amont montagneux à un segment médian rectiligne-oblique. Tout ceci se traduit par un chemin d'information -rectiligne-oblique pente forte-->concave-->rectiligne-oblique pente moyenne-. Vers l'aval, malgré une

Séquence LAC
MODELE "KARSTIQUE" SUR ROCHE ULTRABASIQUE

390

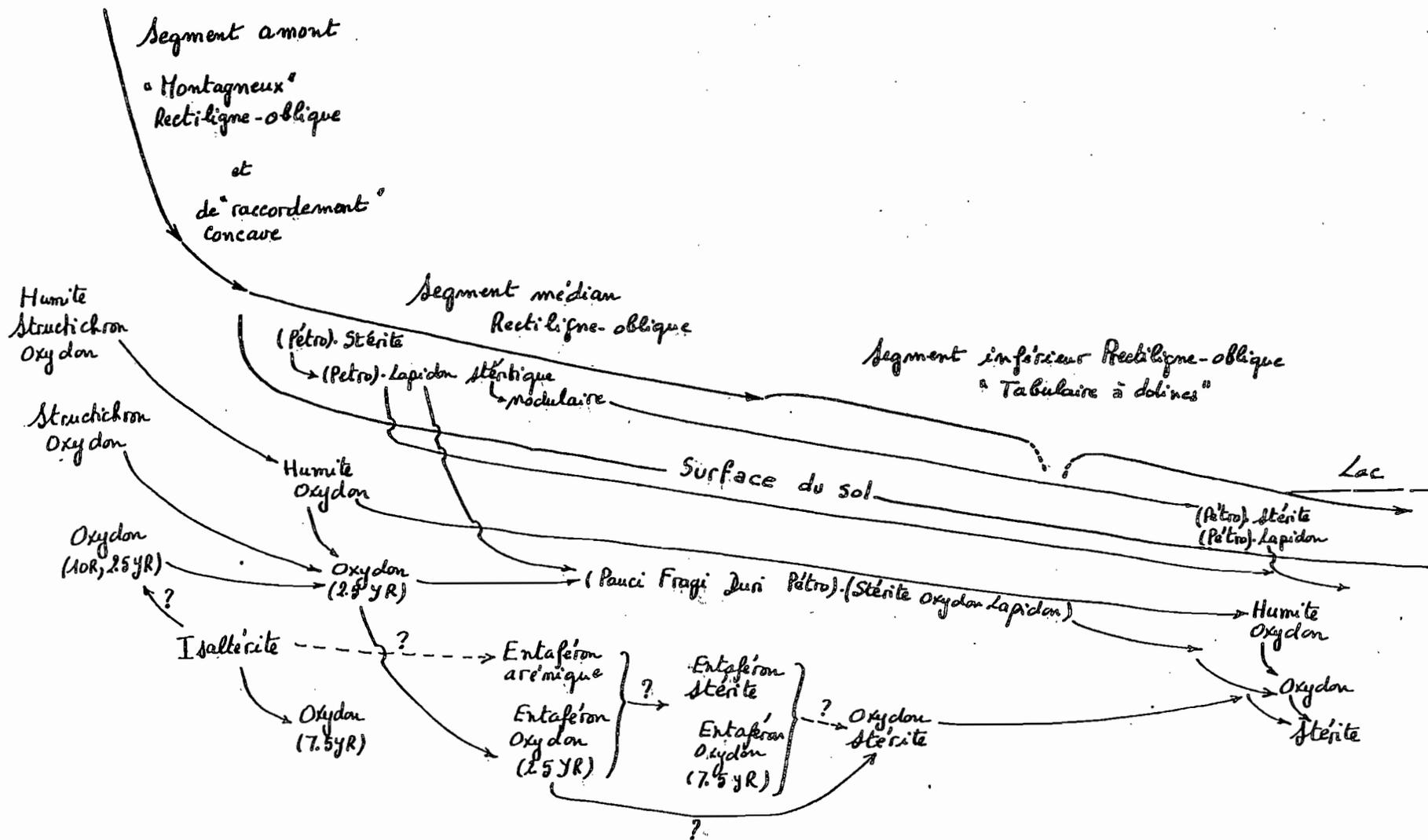


Fig.35 : La séquence morphopédologique (image information).

apparente continuité topographique pour ce qui concerne la pente, il semble exister une "interruption", ou plus exactement, une "modification" du chemin d'information. Elle se manifeste sous la forme d'un seuil, assez peu marqué, qui une fois franchi nous permet de parcourir le segment morphopédologique suivant, tabulaire et "à dolines". Cette fraction du paysage paraît correspondre à un domaine d'"évolution" différent, résultat de l'application de processus à caractères plus "catastrophiques", qui auraient interrompu la continuité du chemin d'information topographique (Fig. 35).

L'analyse pédologique des chemins latéraux d'information met en exergue la grande "homogénéité de cette toposéquence". Dans les séquences précédentes, nous assistions à des transformations importantes entre l'amont et l'aval, comme par exemple le passage d'un pôle structichromique vers un pôle réductique, soit, en d'autres termes, à la disparition de certains corps naturels et à l'apparition de nouveaux corps naturels. Ce passage se faisait par l'intermédiaire de "pédotypes éphémères", localisés avec précision dans le paysage, mais rarement en grandes quantités. Rien de tel n'est aussi nettement visible dans cet exemple du sud néo-calédonien. Il a été fortement marqué, dès l'origine, par la nature du topolite sous-jacent, dont la transformation a conduit à l'individualisation de quelques pédotypes, de composition géochimique pratiquement constante à presque tous les niveaux de la toposéquence.

En effet, le chemin d'information vertical amont, qui se présente sous la forme d'une suite -(humite oxydon)-oxydon-stérîte et lapidon nodulaire et stéritique-, est identique à celui que nous pouvons faire apparaître à l'aval du paysage (Fig. 33). Les pôles extrêmes sont donc semblables. Qu'en est-il de la zone intermédiaire ?

Les analyses géochimiques et minéralogiques ne révèlent aucune différence significative et nous confirment ainsi, à leur niveau d'information, une bonne homogénéité de la toposéquence. En revanche, les données d'analyse structurale font apparaître un chemin d'information latéral, qui s'établit entre les différents corps naturels observés. Il nous permet de suivre, tout au long de la séquence, les relations entre les corps naturels élémentaires dont la présence matérialise une succession de processus ayant affecté et plus ou moins profondément transformé la morphologie du paysage (Fig. 35).

Nous pouvons bâtir un chemin d'information latéral, qui nous mène d'un pôle (oxydon structichron) à un pôle (oxydon stérîte), en passant par une suite plus ou moins régulière d'entaféron, (entaféron oxydon) et (entaféron stérîte). Toute cette suite de corps naturels élémentaires visualise le résultat de processus d'érosion importants -départ, transport, dépôt, reprise de dépôts, ...- qui ont affecté le pédotype oxydon, ou le pédotype intergrade (oxydon structi-

chron). L'entaféron et les diverses formes d'intergrades entafériques représentent les expressions morphologiques des différents dépôts. La nature géochimique et minéralogique de l'oxydon n'a pas été modifiée durant les phases de départ et de transport, mais en revanche, sa structure, son organisation ont été évidemment bouleversés lors de la phase de dépôt. Par la suite, les caractères spécifiques de l'entaféron ont pu être aussi affectés par l'action de la biopédoturbation ou par des mouvements ultérieurs d'éléments ferrugineux en solution. Nous aboutissons alors à l'apparition de corps naturels complexes, intergrades, tels que les (entaféron oxydon) ou les (entaféron stérite). Certains pédotypes oxydons, stérites, décrits à l'aval du paysage, pourraient représenter ainsi le résultat de ces transformations, postérieures aux déplacements et dépôts des matériaux qui sont à l'origine des entaférons. Cette succession de tels processus permet d'expliquer en partie l'aspect homogène du contenu pédologique de ce paysage, malgré l'existence de grands épisodes de transformation.

Un autre système de relations se reconnaît également à la partie la plus superficielle des sols. Il s'exprime par le chemin d'information oxydon-->(Pauci Fragi Duri).(stérite lapidon oxydon). Nous sommes en présence d'un ensemble de dureté variable mettant en évidence les liens qui peuvent exister entre la phase meuble (oxydon) et la phase indurée discontinue. Ce chemin paraît traduire le résultat d'une dynamique relativement "actuelle" des éléments du sol (oxydes et hydroxydes de fer), soit sous forme figurée, soit sous forme ionique.

Nous sommes donc apparemment en présence de deux systèmes pédologiques possédant ou ayant possédé des évolutions différentes.

-Le système superficiel, dont la dynamique est fortement dépendante des conditions climatiques actuelles ou subactuelles.

-Le système profond, dont le caractère ancien a été plus ou moins conservé, semble être apparemment moins tributaire des conditions climatiques existantes. Il s'exprime par la présence des entaférons.

Nous retrouvons donc ici un schéma d'organisation semblable à celui rencontré en Côte d'Ivoire. Cependant, le pédotype dermilite n'a pas été observé de façon systématique dans cette région et, de ce fait, la séparation entre les deux systèmes est vraisemblablement moins rigoureuse que dans la région de Korhogo.

♦ ♦

Pour conclure,

Nous reviendrons quelques instants sur ce modelé karstique en rappelant les schémas proposés par Trescases (1975), afin de situer nos observations avec plus de précision.

Après la mise en place à l'oligocène des massifs de roches ultrabasiques (Guillon, Gonord; 1972) succède une phase d'érosion intense (miocène). Par la suite, les phases d'érosion et d'altération mio-pliocène ont été à l'origine d'une surface d'aplanissement. Du fait de l'altérabilité des péridotites et de l'agressivité du climat, cette surface présente des caractères très particuliers. La roche se comporte comme une roche soluble et l'élimination de la silice et du magnésium laisse sur place un produit essentiellement ferrugineux. D'autre part, la structure de la roche (présence de zones de moindre résistance) oriente également l'altération. Ainsi se crée un réseau souterrain de circulation de l'eau, le long des failles et au contact roche saine-roche altérée, qui facilite le départ de certains éléments, produits de l'altération, vers des poches de dissolution. Il en résulte des effondrements, plus ou moins régulièrement arrondis, comparables aux dolines des pays calcaires. Lorsque l'altération progresse, les dolines s'agrandissent et peuvent se réunir en bassins assimilables aux "poljes". Les ensembles ferrugineux résiduels sont attaqués par l'érosion et transportés vers les parties basses des paysages (colluvionnement-alluvionnement). C'est l'apparition d'entaférons (segment rectiligne-oblique supérieur). Cette évolution engendre de grands bassins à fonds plats, marécageux, dans lesquels s'accumulent les alluvions oxydiques. Le drainage est essentiellement souterrain.

Sur les piedmonts, autour des zones d'accumulation, peut apparaître un cuirassement qui sera plus ou moins détruit par la suite. On assiste ensuite à un soulèvement tectonique qui entraîne la reprise de l'érosion. La création d'un système dense de drainage et l'augmentation de l'aération provoquent un cuirassement important des zones précédemment marécageuses. C'est l'apparition du segment rectiligne-oblique "tabulaire". Ce durcissement accélère le développement du modelé karstique en facilitant les circulations souterraines et le soutirage des éléments de granulométrie fine au contact stérite - entaféron lutique oxydique. De cette façon, de nombreuses dolines se creusent dans les stérites. Ainsi apparaît le segment "à dolines". Ce schéma, très clairement exprimé dans cette région, n'est cependant pas le seul que l'on puisse évoquer et le cuirassement, bien que fréquent, n'est pas la règle générale (in Trescases, 1975, L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale, pp 35-41).

Nous sommes donc en présence d'un paysage marqué par un contenu pédologique géochimiquement très peu différencié, oxydes et hydroxydes de fer avec une très large prédominance de la goëthite sur l'hématite (Trescases, op. cit.; Guillon, 1973; Latham, 1985).

Les évolutions tectonique et géomorphologique ont toutefois permis à différentes structures d'apparaître à partir d'un matériau d'origine relativement homogène et morphologiquement peu diversifié. C'est ainsi que nous pouvons, en définitive, caractériser ce paysage par le chemin d'information structural suivant :

(oxydon structichron)→entaféron→(stérite←→lapidon sté-
ritique et nodulaire)

L'analyse géomorphologique précédente montre que nous pouvons relier ces corps naturels à une série de processus dont ils tirent leur origine :

-(Structichron oxydon)←→oxydon : altération, pédoplasmation et départ de certains éléments.

-entaféron : départ, transport et dépôts.

-stérite : changement des conditions de drainage et d'aération à la suite d'une reprise de l'érosion.

-stérite←→lapidon : système de démantèlement et de formation subactuel.

Cet exemple confirme donc l'importance et l'intérêt d'une véritable analyse structurale s'appuyant sur la bonne identification des corps naturels élémentaires. Ceux-ci, replacés dans leur contexte topographique et géomorphologique, sont les éléments essentiels de la compréhension des paysages.

* *

*

Conclusion

INFORMATION EN MOUVEMENT ?

Pourquoi une telle analyse théorique des données de morphologie des sols et des paysages ? Tenter de comprendre, d'expliquer ce que nous voyons, ce que nous décrivons. Pour cela nous nous sommes principalement attachés à la mise en évidence et à l'étude des relations existantes, ou pouvant exister entre les différents corps naturels élémentaires. C'est la recherche des **CHEMINS D'INFORMATION**. Elle s'est faite en deux temps, selon deux directions. Une direction verticale, coupe après coupe, une direction latérale, du point le plus haut vers le point le plus bas du paysage. La première privilégie les données les plus thématiques, de nature pédologique, la seconde nous amène à prendre en considération les données topographiques, en association avec celles traitant des sols.

Ainsi s'impose l'importance prise par certains corps naturels élémentaires qui peuvent orienter et diriger la dynamique et l'évolution des "paysages", en contrôlant, par exemple, les mouvements de l'eau à la surface et dans les sols. C'est le cas du **dermilite** dans la région nord de la Côte d'Ivoire. Sa présence isole deux domaines qui évoluent indépendamment l'un de l'autre. Le premier, proche de la surface, est caractérisé par une "dynamique journalière", souvent "catastrophique", sur de courtes ou très courtes périodes. Le second, plus profond, peu sensible ou même insensible à ces influences climatiques quotidiennes, évolue et se transforme sur une échelle de temps beaucoup plus longue et concerne, en général, de très vastes domaines. Dans les régions plus humides, le dermilite n'apparaît pas de façon systématique. Il existe donc une relation très nette entre la présence de ce pédotype et le type de climat (Collinet, 1988).

D'autres corps naturels élémentaires, par leur distribution spatiale, représentent les indices de "catastrophes" ayant affecté des espaces beaucoup plus vastes que ceux illustrés par une toposéquence, par un paysage. Il faut plutôt se situer à l'échelle de la région. Les corps naturels, qui permettent d'envisager de telles hypothèses, sont en général les lapidons oxydiques nodulaires et/ou stérétiques, les stérites, les entaférons et tous les intergrades à caractères entafériques marqués. C'est leur présence, leur place relative dans les paysages qui permettent d'identifier les différents domaines géomorphologiques.

Nous avons aussi remarqué d'autres corps naturels élémentaires, le plus fréquemment intergrades, intercalés le long des

chemins d'information. Ils matérialisent, ainsi que nous l'avons signalé, les relations entre des corps naturels élémentaires apparemment "très éloignés" les uns des autres, que ce soit par leurs structures, leurs dynamiques ou encore du fait de la nature très différente des processus qui sont impliqués dans leur apparition. Fréquemment, ces corps naturels se retrouvent dans des ensembles plus vastes, des segments morphopédologiques, que nous avons qualifiés d'intermédiaires, de topographie le plus souvent concave.

C'est donc pour répondre aux diverses interrogations que peuvent soulever la reconnaissance des corps naturels et leur place dans un paysage, la nature des liens qui peuvent s'établir entre eux, la dynamique qu'ils créent, son influence sur l'évolution des paysages, les types de processus qui les ont engendrés, ... que nous avons recherché les chemins d'information. Ils nous permettent de suivre les transformations de ces corps naturels et leurs conséquences sur les structures d'ordre supérieur, en organisant les données selon leur degré de discrimination. Les données utilisées sont pratiquement toutes des données de terrain. Elles peuvent provenir de domaines scientifiques divers (minéralogie, granulométrie, géochimie, topographie, ...), mais les différents chemins d'information qu'elles permettent de construire convergent tous en direction des corps naturels élémentaires.

Cette approche explicative de l'organisation structurale de quelques composantes de notre environnement physique s'appuie sur le concept de corps naturel élémentaire. Elle montre clairement que la recherche des chemins d'information, traduisant les liens qui existent, ont existé ou peuvent exister entre les corps naturels, permet de se déplacer le long des séquences, à l'intérieur des paysages, en organisant, en "structurant" peu à peu les informations que nous possédons. Dans cette phase de l'analyse réellement structurale des données, qui met en exergue le côté dynamique de l'information, nous sommes encore relativement indépendants des notions de limite et d'échelle.

Pour toutes ces raisons, nous proposons de parler d'information en mouvement.

Toutefois, nous avons également remarqué que nous ne pouvions suivre la totalité des chemins d'information sans franchir, à certains moments, des seuils. Ce sont des sites privilégiés qui nous offrent la possibilité de placer, à leur niveau, des limites et d'isoler ainsi des volumes particuliers, les horizons d'une part, les segments et les séquences d'autre part. Tout ceci nous dirige vers un troisième état de l'information que nous aborderons dans les pages suivantes.

C'est en suivant les seuils présents, par exemple, dans une coupe de sol, tout au long d'une toposéquence, et en visualisant leur extension, que nous identifions les horizons, volumes dans lesquels la composante latérale est largement dominante. En re-

vanche, les segments et les séquences, dans le cadre de notre approche, représentent des volumes bornés par des limites transversales qui rassemblent, dans la mesure du possible, des informations pédologiques et topographiques. La mise en évidence de ces volumes morphopédologiques, segments et séquences, confirme encore la réalité des liens qui s'établissent entre les deux types d'information, faits déjà mis en évidence dans de nombreux travaux (Tricart & Kilian, 1978; Eschenbrenner & Badarello, 1978, Beaudou & Sayol, 1980; Girard, 1983; ...).

REMARQUE : Nous avons limité ici notre analyse structurale aux paysages morphopédologiques. Dans la troisième partie, nous esquisserons l'analyse du niveau structural supérieur, celui de la région, en nous appuyant sur des documents cartographiques du nord de la Côte d'Ivoire.

Nous avons ainsi pu constater que, si le changement de forme d'une facette topographique le long d'un toposéquence est presque toujours, l'indice de modifications, de transformations du sol, il faut cependant demeurer très prudent avant toutes tentatives pour définir des types de segments, des types de séquences, ... En effet, nous avons également observé que, dans un volume délimité en surface par une seule facette, pouvaient exister plusieurs ensembles pédologiques. Inversement, nous avons remarqué que deux facettes topographiques différentes étaient susceptibles de s'associer à un seul contenu pédologique. Si dans un système d'information dynamique, ces différenciations n'apparaissent pas de façon concrète et ne représentent pas d'obstacles à la compréhension, elles prennent en revanche toute leur importance lorsqu'il faut, pour des nécessités de communication, d'utilisation, caractériser et délimiter des volumes homogènes ou présenter des types.

Pour répondre à ce besoin, il faut tenter de dégager certaines règles qui président à la hiérarchisation des différents volumes mis en évidence. Il devient indispensable de proposer des schémas d'organisation qui traduisent l'emboîtement des unités de dimensions différentes, d'échelles différentes, caractérisées par un contenu d'information fixe, stable et spécifique. Il est alors nécessaire de faire apparaître des types d'horizons, de segments, de paysages, ..., en gardant toujours en mémoire que la construction de ces typologies ne peut concerner que des espaces géographiquement limités et ne répondre qu'à des questions précises. Afin d'obtenir ce résultat, nous devons nous attacher, non seulement à la recherche d'enveloppes physiographiques en utilisant surtout des données topographiques, mais aussi à fixer leur contenu d'information. L'image obtenue est alors totalement dépendante de la place des limites isolant le volume que nous souhaitons caractériser. En d'autres termes, il est nécessaire de passer d'une information en mouvement, explicative, à une information fixée, outil de communication, qui identifie un objet de dimensions définies. Cette opération impose, de toute évidence, le choix préalable d'une échelle et la mise en place de limites.

Après la première phase de l'analyse structurale des données, celle de l'explication, nous abordons maintenant une seconde phase, celle de la communication. Ce que le naturaliste, géographe et pédologue, vient d'expliquer, il se doit de le transmettre, de le faire connaître, de l'utiliser.

Utiliser ! Ce mot essentiel nous rappelle un de nos objectifs, qui est de répondre du mieux possible aux questions concernant le développement, la mise en valeur, la gestion des paysages. C'est à cet aspect de la communication que nous nous sommes plus précisément intéressés. Les résultats obtenus font l'objet de la troisième partie de cet ouvrage. Pour communiquer ses connaissances aux responsables de la mise en valeur, que ce soit à l'échelle d'une nation, d'une région, ..., d'un champ, le naturaliste possède deux moyens essentiels :

-Le premier, très ancien mais combien indispensable, est celui de la cartographie.

-Le second, plus récent, est celui de la conception de modèles, ou plus modestement de schémas, images encore bien imparfaites du fonctionnement des systèmes que nous pouvons caractériser dans notre environnement.

* *

*

TROISIEME PARTIE

ECHELLE ET LIMITES : L'INFORMATION FIXEE
Communiquer par la cartographie
et les modèles



Dans la première partie nous avons présenté deux modes de "traitement" de l'information collectée sur le terrain. La notion de chemin d'information nous a permis d'identifier des ensembles dynamiques dont la mise en évidence fait surtout appel au concept de corps naturels élémentaires et à leur typologie. Elle nous a offert également la possibilité de comprendre et d'expliquer les structures plus ou moins complexes que nous avons observées et décrites. Pour cela nous avons quelque peu délaissé les méthodes de quantification qui nous permettent de construire des typologies d'horizons et de sols. Ce sera donc l'objet de cette troisième partie.

La quantification des données:
un outil pour caractériser
des horizons, ...

Les capacités de quantification du langage et l'utilisation d'autres formes de données chiffrées, doivent nous aider à bâtir une nouvelle typologie concernant des volumes spatialement définis, les horizons. Pour cela nous nous appuyerons sur des critères tels que l'épaisseur, le mode de succession des horizons, la proportion des différents pédotypes, le niveau de "contrainte" des pédotypes présents, la valeur et la longueur de la pente, etc...

Si certains critères ne présentent aucune difficulté majeure de mesure, d'autres, en revanche, conservent, malgré toute la rigueur de la formalisation mise en oeuvre, un côté subjectif directement rattaché au choix des critères retenus. Le meilleur exemple que nous puissions en donner est celui de l'évaluation du niveau de "contrainte" des pédotypes et des horizons qui fait intervenir l'épaisseur, les proportions des pédotypes, leur localisation, ... D'autre part, ces critères sont bien évidemment liés aux questions posées, au type de développement envisagé, aux contraintes socio-économiques, culturelles, ... Malgré cela nous avons proposé une échelle de valeur qui tente, dans la mesure du possible, de se détacher au maximum de ces dernières exigences qui ne sont pas en relation directe avec les données du milieu physique.

formaliser les
observations de terrain, ...

C'est également à partir de notre expérience de terrain, à la suite de confrontations à des projets ou programmes de mise en valeur, en Afrique comme dans le Pacifique, que nous avons peu à peu établi une méthode de calcul. Les résultats que nous allons exposer ne possèdent donc qu'une valeur régionale et n'ont aucune

prétention à l'universalité. Ils servent essentiellement d'appui, d'illustration à cette méthode. Malgré tout il nous a semblé intéressant de faire part de notre expérience, de faire connaître notre "façon" d'approcher la recherche de réponses aux multiples questions concernant le "développement", la mise en valeur, l'utilisation et la gestion des paysages.

créer de nouvelles
images de toposéquences...

Dans un premier temps, nous nous attacherons à mettre en évidence une nouvelle image information des toposéquences précédentes. Pour obtenir ce résultat, il faut caractériser et définir les volumes privilégiés dont nous avons déjà parlé, les horizons, qui sont tout d'abord identifiés par expertise, sur le terrain. Nous allons donc réutiliser notre information élémentaire, celle concernant les corps naturels, et "travailler" sur les variations de leurs proportions, à l'intérieur d'un volume de référence, afin de créer une typologie des horizons. Des horizons nous passerons alors aux concepts d'apexols et d'infrasols. Horizons, apexols et infrasols nous donneront ainsi une autre image information du sol. C'est ainsi que, progressivement, nous construirons une nouvelle image information des segments et des séquences morphopédologiques en organisant d'une autre manière le contenu information de ces ensembles.

En ce qui concerne les données topographiques, la démarche sera voisine. Lors de l'étude précédente, pour distinguer les facettes et les segments morphopédologiques, nous avons essentiellement privilégié la donnée "forme de la facette". Savoir si une facette était convexe, concave, rectiligne, plane, ... semblait être la meilleure information à retenir pour caractériser segments et séquences géomorphologiques. Cependant, dans l'exemple néo-calédonien, il était déjà pratiquement indispensable de prendre en compte la valeur de la pente, si nous voulions différencier les facettes rectiligne-oblique. Nous avons parlé alors de segment rectiligne-oblique montagneux (forte pente) et de segment médian à pente plus faible. Dans une optique de développement, la primauté du critère forme sera remplacée, dans un premier temps, par celles de la valeur de la pente (exprimée en pour cent ou en degrés) et de la longueur de la facette, . L'expérience montre, en effet, que de leurs valeurs dépend bien souvent la validité d'un projet de développement agricole. Elles représentent, en effet, les facteurs les plus "contraignants", les plus difficiles à contourner lorsque l'on souhaite éviter des engagements financiers excessifs.

construire la
légende des cartes
morphopédologiques...

Que nous apporte donc cette étude exemplaire de toposéquences ? Elle nous permet de représenter, sous une forme condensée et relativement complète, le contenu information des séquences et des segments. Il fait apparaître une estimation chiffrée des éléments de "contraintes" du sol et de la topographie. Nous avons ainsi une **légende** explicitant le "paysage morphopédologique" en termes qui permettent de répondre à certaines questions de développement. Cette légende accompagnera bien sûr une **carte morphopédologique**, dernier maillon de notre chaîne d'information. C'est ce que nous présenterons dans un second chapitre en exposant un exemple de cartographie effectué en Nouvelle Calédonie et en Côte d'Ivoire.

mais aussi édifier des
schémas du fonctionnement
des milieux agricoles.

Il s'agit d'un autre aspect de l'analyse structurale du milieu physique, directement rattaché à son utilisation par les agriculteurs. Nous sommes en mesure, grâce à cette analyse, d'imaginer des modèles ou, plus modestement, des **schémas**. Ils prennent en compte les transformations structurales qui succèdent à un défrichement, à une mise en culture en fonction des techniques et des pratiques culturelles mises en oeuvre, des rotations, etc... Un dernier paragraphe sera consacré à cette facette de l'analyse structurale des données. Nous présenterons, pour cela, un exemple ivoirien qui nous a permis de concevoir ces schémas "fonctionnels" et "prévisionnels" dans lesquels l'intervention humaine est intégrée par l'intermédiaire des corps naturels élémentaires qu'elle génère.

* *

*

Neuvième chapitre

UNE NOUVELLE IMAGE INFORMATION DES SEQUENCES

Nous allons aborder un autre volet de l'analyse structurale des données. Il met en relief une motivation plus "pratique", plus proche du "terrain" et de son utilisation en donnant une nouvelle caractérisation des séquences précédentes.

REMARQUE : L'analyse que nous allons présenter possède un caractère quelque peu "idéal" et théorique du fait de la grande quantité d'observations et de données en notre possession. Les exemples exposés ont pour rôle essentiel d'illustrer la méthode que nous mettons en pratique pour construire les légendes de cartes morphopédologiques. Mais dans la majorité des situations professionnelles, lorsque nous devons réaliser des cartes couvrant de vastes superficies, dans des délais limités, il est évident que la quantité des données collectées sur le terrain sera sensiblement plus réduite. Dans ces conditions l'expertise est privilégiée par rapport à l'analyse.

En appliquant les règles exposées (troisième chapitre, première partie), nous pouvons chiffrer l'importance de chaque corps naturel présent dans les sols et les toposéquences. Elle sera exprimée en pourcentage. Pour chaque profil décrit, ces valeurs sont rassemblées dans un tableau. Tableaux et descriptions sont regroupés dans les annexes 2, 3 et 4 (T.II). Ces règles nous ont permis, dans une première phase explicative, de tracer les profils structuraux des sols. Maintenant, grâce à ces valeurs accompagnant les divers corps naturels élémentaires, nous pouvons faire apparaître et caractériser chaque horizon en fonction des critères retenus. Nous les placerons tout d'abord dans l'un des trois ensembles I (infrasol), A (apexol) ou N (neutre : ni apexol, ni infrasol), puis parmi l'un des quatre groupes d'horizons HH (meuble humique), HM (minéral non humique), HI (contrainte) ou HN (neutre : n'appartenant à aucune des trois catégories précédentes).

Le mode de succession, l'épaisseur des horizons nous permettent alors d'identifier le sol en termes d'apexol et d'infrasol.

♦ ♦

I- LA SEQUENCE CENTRAFRICAINE : MALAGAMBA

Reprenons les différents profils (MAG 1 à 14) de cette séquence et regardons de quelle manière nous pouvons maintenant les caractériser .

Coupe MAG 1

.....
H1 : 0-2cm HH
H2 : 2-16cm HH

=====

H3 : 16-30cm HI (HI4)
H4 : > 30cm HI (HI1)

HUMOAPEXOL Leptique // Réducton / Hydrophyse

Coupe MAG 2

.....
H1 : 0-4cm HH
H2 : 4-23cm HH

H3 : 23-40cm HN

=====

H4 : > 40cm HI (HI1)

HUMOAPEXOL Brachique // Hydrophyse

Coupe MAG 3

.....
H1 : 0-6cm HH

H2 : 6-25cm HM

=====

H3 : 25-53cm HI (HI4)
H4 : 53-75cm HI (HI4)
H5 : > 75cm HI (HI1)

ORTHOAPEXOL Leptique // Réducton / Hydrophyse

Coupe MAG 4

.....
H1 : 0-7cm HH
H2 : 7-30cm HM
H3 : 30-55cm HM

=====

H4 : 55-85cm HI (HI4)

=====

H5 : -85-110cm HM

=====

H6 : > 110cm HI (HI1)

ORTHOAPEXOL Brachique // Réducton // Leuciton // Hydrophyse

Coupe MAG 5

.....
H1 : 0-8cm HH
H2 : 8-30cm HM
H3 : 30-67cm HM
H4 : 67-140cm HM

=====

H5 : 140-190cm HI (HI4)

H6 : > 190cm HI (HI1)

ORTHOAPEXOL Bathique // Réducton / Hydrophyse

Coupe MAG 6

.....
H1 : 0-14cm HH
H2 : 14-30cm HM
H3 : 30-65cm HM
H4 : 65-117cm HM

=====

H5 : 117-148cm HI (HI6)

H6 : 148-190cm HI (HI6)

H7 : 190-210cm HN

H8 : 210-290cm HI (HI4)

ORTHOAPEXOL Pachique // (Lapidon Stérite)-Lapidon /
Réducton

Coupe MAG 7 et 8

.....
H1 : 0-13cm HH

H2 : 13-32cm HM

H3 : 32-76cm HM

H4 : 76-114cm HM

H5 : 114-151cm HM

=====
H6 : 151-189cm HI (HI6)

=====
H7 : 189-220cm HM

H8 : 220-249cm HM

H9 : 249-300cm HM

ORTHOAPEXOL Bathique // Stérite // (Structichron Oxy-
don)-Leuciton

Coupe MAG 9

.....
H1 : 0-12cm HH

H2 : 12-36cm HH

H3 : 36-64cm HM

H4 : 64-146cm HM

=====
H5 : 146-205cm HI (HI2)

H6 : 205-225cm HI (HI4)

H7 : 225-250cm HI (HI6)

=====
H8 : 250-280cm HM

H9 : 280-306cm HM

H10 : 306-349cm HM

=====
H11 : 349-380cm HI (HI7)

ORTHOAPEXOL Bathique // Stérite // (Oxydon Structi-
chron)-Leuciton // (Leuciton Réducton)

Coupe MAG 10

.....
H1 : 0-10cm HH

H2 : 10-26cm HM
H3 : 26-50cm HM
H4 : 50-180cm HM

=====

H5 : 180-235cm HI (HI2)
H6 : 235-260cm HI (HI4)
H7 : 260-282cm HI (HI6)

=====

H8 : 282-320cm HM
H9 : 320-365cm HM
H10 : 365-450cm HM
H11 : 450-560cm HM

ORTHOAPEXOL Bathique // Stérite-Lapidon // (Structi-
chron Oxydon)-(Leuciton Réducton)

Coupe MAG 11

.....
H1 : 0-9cm HH
H2 : 9-33cm HH

H3 : 33-69cm HM

=====

H4 : 69-164cm HI (HI4)

=====

H5 : 164-250cm HM

=====

H6 : 250-320cm HI (HI4)
H7 : 320-430cm HI (HI6)
H8 : 430-570cm HI (HI2)
H9 : 570-590cm HI (HI4)
H10 : 590-605cm HI (HI4)

=====

=====

H11 : 605-630cm HM
H12 : 630-650cm HM
H13 : 650-700cm HM

ORTHOAPEXOL Brachique // Lapidon // Structichron // Lapidon-Stérite // (Structichron Oxydon)-(Leuciton Réducton)

Coupe MAG 12

.....
H1 : 0-7cm HH

H2 : 7-30cm HM

=====

H3 : 30-83cm HI (HI6)

=====

H4 : 83-120cm HM

H5 : 120-150cm HM

H6 : 150-227cm HM

H7 : 227-288cm HM

=====

H8 : 288-587cm HI (HI1)

H9 : 587-670cm HI (HI1)

H10 : 670-772cm HI (HI1)

H11 : 772-1000cm HI (HI1)

ORTHOAPEXOL Leptique // ((Pauci).Stérite Lapidon) // Structichron // Altérite-(Leuciton Réducton)

Coupe MAG 13

.....
H1 : 0-5cm HH

H2 : 5-23cm HM

=====

H3 : 23-50cm HI (HI4)

H4 : 50-196cm HI (HI6)

=====

H5 : 196-272cm HM

H6 : 272-365cm HM

H7 : 365-407cm HM

=====

H8 : 407-657cm HI (HI1)

H9 : 657-765cm HI (HI1)

H10 : 765-940cm HI (HI1)

H11 : 940-1180cm HI (HI1)

ORTHOAPEXOL Leptique // Lapidon-((Pauci).Stérite Lapi-
don) // (Structichron Oxydon) // Altérite-(Leuciton
Réducton)

Coupe MAG 14

.....
H1 : 0-7cm HH

H2 : 7-23cm HM

=====

H3 : 23-52cm HI (HI4)

=====

H4 : 52-85cm HM

=====

H5 : 85-165cm HI (HI6)

H6 : 165-205cm HI (HI6)

=====

H7 : 205-295cm HM

H8 : 295-405cm HM

H9 : 405-473cm HM

H10 : 473-550cm HM

=====

H11 : 550-605cm HI (HI1)

H12 : 605-717cm HI (HI1)

H13 : 717-800cm HI (HI1)

ORTHOAPEXOL Leptique // Lapidon // Structichron //
((Pauci).Stérite Lapidon) // (Structichron Oxydon) //
Altérite-(Leuciton Réducton)

En utilisant ces informations nous pouvons donner une autre image de la séquence morphopédologique. C'est ce qu'illustre la figure 36 qui met essentiellement en évidence la limite apexol/infrasol. Cette donnée nouvelle permet de faire apparaître un découpage différent du modelé. Un autre contenu d'information lui est associé. Il privilégie, dans un premier temps, le concept d'horizon, indissociable ici d'une "analyse latérale" de l'information. Il s'appuie sur la notion d'épaisseur et de profondeur de sol. Toutefois nous verrons qu'il est ensuite indispensable de revenir au concept de corps naturel élémentaire si on souhaite posséder une interprétation plus dynamique. Celle-ci fera apparaître les possibilités d'évolution et de transformation des sols et surtout connaître la nature des travaux préalables à une utilisation du paysage.

1- A l'amont, nous retrouvons le segment convexe et rectiligne-convexe mis en évidence dans le premier chapitre de la troisième partie. Dans cette nouvelle approche, il se caractérise par la présence d'"orthoapexols leptiques". Il s'agit de sols du type HH + HM // HI. Le premier horizon de l'infrasol est un lapidon (HI4), suivi d'un horizon (Pau-ci).stéritique (HI6) à l'aval ou d'un horizon à dominante structichromique (HM) et d'un horizon (Pau-ci).stéritique (HI6) à l'amont. Sous les horizons stéritiques, nous retrouvons des horizons dans lesquels prédominent le pédotype structichron et le lithopédotype altérite, horizons de types HM et HI1.

A ce contenu sol, il faut associer une partie du contenu topographique exprimé par la valeur de la pente et l'extension de la facette topographique. Avec une pente variant de 18 à 34% et une extension latérale de la facette de l'ordre de 60 mètres, ce segment présente peu d'aptitudes à une utilisation agricole.

Cette première constatation est confirmée en partie par la présence d'apexols très peu épais (inférieurs à 30cm). Toutefois la limite inférieure de l'apexol qui s'appuie sur un lapidon peut être sujette à modifications. En effet, les quantités de lapidon varient souvent de façon assez sensible sur des distances parfois très faibles et de fait il est possible que la limite apexol/infrasol se place alors non plus au niveau des horizons à prédominance lapidique mais à celui des horizons (pauci).stéritique. Dans cette situation les orthoapexols seront brachiques (30 à 80cm) d'épaisseur, ce qui représente un caractère moins pénalisant dans l'hypothèse d'une mise en valeur de ce segment. La contrainte essentielle se situe alors au niveau topographique (pente forte et extension latérale limitée).

2- Un segment médian rassemble le segment intermédiaire rectiligne-concave amont et le segment aval supérieur rectiligne-convexe. La topographie de cette zone se caractérise par des valeurs de pente sensiblement moins élevées que dans le segment précédent (13 à 19%) mais qui demeurent cependant encore assez fortes surtout dans la moitié inférieure. Le contenu sol s'exprime par la présence d'"orthoapexols" (HH+HM//HI) qui sont "brachiques" à l'amont et "bathiques" à l'aval. Dans les deux tiers supérieurs du segment, les apexols reposent sur un horizon dans lequel prédomine le pédotype lapidon (HI4). A la suite de cet horizon, nous observons des horizons à prédominance structichromique (HM) puis à nouveau des horizons de type HI4 marqués par la présence de lapidon en grande quantité auxquels font suite des horizons de type HM qui associent leuciton, réducton, structichron et oxydon. Le tiers inférieur du segment se distingue par une limite infrasol/apexol s'appuyant sur un horizon stéritique. Toujours présents, les horizons à lapidon ne sont plus rangés parmi les horizons HI mais parmi les horizons de type HM (structichron dominant par rapport au lapidon). A la suite des horizons stéritiques, nous retrouvons des horizons HM associant comme précédemment leuciton, réducton, oxydon et structichron. Ils surmontent des horizons de type HI4 dans lesquels le pédotype réducton est responsable de ce classement.

Ce segment possède certaines qualités de morphologie des sols et peut-être de topographie (tout au moins à l'amont) qui permettent éventuellement de le retenir dans la première phase d'élaboration d'un projet de mise en valeur. Malgré tout il faut insister sur la faible extension latérale de la partie la moins "contraignante" de ce type de segment qui est de l'ordre de la cinquantaine de mètres. Comme pour le segment précédent, il faut remarquer que la limite infrasol/apexol, située au niveau d'horizons HI lapidiques, peut se déplacer d'un endroit à un autre. C'est le cas entre les parties supérieure et inférieure du segment (Fig. 36).

Cela nous ramène aux remarques précédentes en ce qui concerne l'interprétation du rôle des horizons HI lapidiques. Il faut toujours se montrer réservé lorsqu'il s'agit de placer la limite apexol/infrasol en fonction de ce type d'horizon. Les caractères morphologiques déterminants (quantité, dimensions et dureté) qui permettent de placer les horizons à lapidons dans les horizons de types HI ou HM, éventuellement HH et HN montrent en général un fort degré de variabilité. Produits de démantèlement et/ou d'accumulation, il est souvent difficile d'en dégager des règles précises et répétitives de distribution dans les paysages. Nous verrons apparaître le même type de situation dans la séquence suivante du nord de la Côte d'Ivoire (Fig. 37).

Malgré cette relative imprécision dans le positionnement de la limite apexol/infrasol, nous voyons que dans le

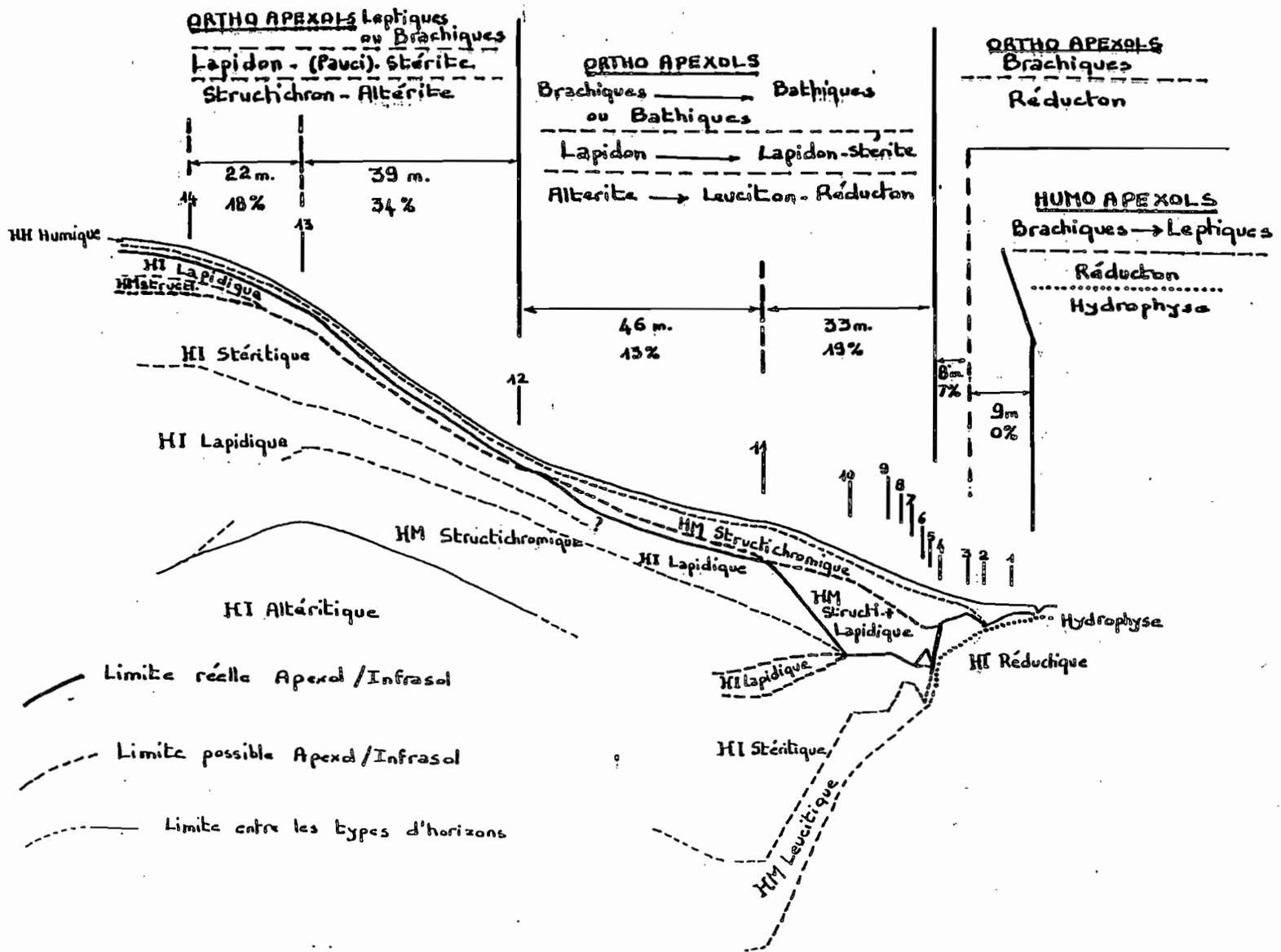


Fig.36 : APEXOL-INFRASOL - Les divers types d'horizons de la séquence centrafricaine de Malagamba (MAG).

segment qui nous intéresse actuellement, cela n'entraîne pas de différences importantes d'interprétation. Les sols seront toujours des orthoapexols mais uniquement bathiques (épaisseur supérieure à 120cm) et non plus brachiques et bathiques. Encore une fois ce sont les informations topographiques qui expriment les "contraintes" les plus importantes. Leur portée est plus aisément généralisable, car elles sont moins sensibles à des variations rapides non localisables.

3- Le dernier segment, tout à fait à l'aval, est extrêmement court (moins de 20 mètres) et se caractérise par deux zones d'extension latérale équivalente, mais de pentes différentes. On relève une valeur de 7% à l'amont et une valeur de 1 à 0% à l'aval à proximité immédiate du marigot. Le premier secteur correspond au segment intermédiaire, rectiligne-concave aval, la seconde au segment aval, rectiligne-plan de la toposéquence. Dans les deux situations, le contenu pédologique se différencie sensiblement de celui des deux segments déjà présentés. La moitié supérieure supporte encore des "orthoapexols brachiques" (HH+HM//HI), la moitié inférieure se caractérise par des "humapexols brachiques et leptiques" (HH//HI). Orthoapexols et humapexols reposent sur des horizons HI4 dans lesquels le pédotype réducton est largement dominant par rapport aux pédotypes leuciton, structichron ou humite. Sous cet horizon se trouve un horizon HI1, l'hydrophyse.

Si les caractéristiques de pente sont globalement satisfaisantes, la valeur de l'extension latérale et l'organisation morphologique des sols représentent en revanche des facteurs importants de contrainte pour une éventuelle utilisation agricole de ce segment. Les sols sont peu profonds du fait de l'existence d'un infrasol de type réductique. D'autre part, le pédotype réducton, bien que moins abondant, est présent dans la presque totalité des apexols et souligne nettement les mauvaises conditions de circulation et d'évacuation de l'eau. L'élimination ou tout au moins la diminution de son "effet de contrainte" risque d'entraîner la mise en place d'investissements assez importants en regard des résultats qu'il est raisonnable d'espérer.

♦ ♦

Nous nous apercevons donc qu'après avoir fait apparaître les types d'horizons il faut impérativement revenir au corps naturel élémentaire et à sa quantification, surtout au niveau de l'infrasol mais également au niveau de l'apexol. En indiquant le ou les types de processus responsables de sa mise en place, il permet de préciser la nature des travaux à prévoir pour minimiser ou éventuellement faire disparaître les "effets de contrainte" qu'il représente ou qu'il peut

représenter. De la même façon, un pédotype peut s'identifier en partie à un fonctionnement induit. Le connaître en qualité mais surtout en quantité offre la possibilité de prévoir le résultat de certaines opérations, de certains apports et d'envisager les améliorations nécessaires à un tel système dynamique.

En effet, si certains pédotypes représentent des inconvénients très difficiles à surmonter ou à contourner (pé-trostérite, isaltérite, entaféron rudique, ...), d'autres, en revanche, peuvent être assez aisément réduits ou même éliminés. C'est le cas, par exemple, du réducton dont l'influence peut être atténuée par la mise en place de systèmes de drainage. L'importance des opérations à prévoir s'appréciera au vu des quantités de réducton, de leur situation dans le sol, etc. Autant de critères quantifiables qui rendent plus faciles la recherche de réponses aux questions posées par la mise en valeur et l'utilisation rationnelle des sols et surtout des paysages. De même, un (Pauci).stérite, voire un (Fragi).stérite sera facilement détruit, en partie ou dans sa totalité, par des actions mécaniques simples et assez peu coûteuses. Ici encore, connaître de façon quantifiée sa dureté, sa localisation dans le sol, son épaisseur, sa nature, sa structure rendront plus précis les modes d'intervention mis en oeuvre.

Nous venons aussi de constater que les réalités topographiques (pente et extension latérale des facettes), en apparence moins sujettes à des variations brutales à l'intérieur d'un même paysage morphopédologique, sont en règle générale beaucoup plus difficiles, sinon impossibles à contourner. Elles nécessitent très souvent la mise en place de capitaux trop importants et la mise en oeuvre de moyens techniques et humains tels, qu'ils apparaissent hors de proportions en comparaison des résultats recherchés. C'est en grande partie ce qui s'observe dans cet exemple.

♦ ♦

II- LA SEQUENCE IVOIRIENNE: KORHOGO

Examinons tout d'abord comment se présente le contenu information des différents sols de cette séquence en termes d'horizons, d'apexol et d'infrasol.

Coupe KORB 35.1

H1	: 2-0cm	HN	(HI4)
H2	: 0-0,2cm	HN	
.....			
H3	: 0,2-1cm	HN	

=====

H4	: 1-12cm	HI	(HI4)
H5	: 12-33cm	HI	(HI4)
H6	: 33-53cm	HI	(HI4)
H7	: > 53cm	HI	(HI1)

ANAPEXOL // (Péto).Lapidon / (Péto).Stérite

Coupe KORB 35.2

H1	: 2-0cm	HN	(HI4)
.....			
H2	: 0-0,1cm	HN	
H3	: 0,1-1cm	HN	
H4	: 1-8cm	HN	(HI4)

=====

H5	: 8-20cm	HI	(HI4)
H6	: 20-35cm	HI	(HI4)
H7	: > 35cm	HI	(HI1)

ANAPEXOL // (Péto).Lapidon / (Péto).Stérite

Coupe KORB 35.3

H1	: 25/2-0cm	HI	(HI1)
.....			
H2	: > 0cm	HI	(HI1)

ANAPEXOL // (Péto).Lapidon / (Péto).Stérite

Coupe KORB 35.4

H1 : 75/5-0cm HI (HI1)

.....
=====

H2 : 0-10cm HH

H3 : 10-23cm HM

H4 : 23-49cm HM

H5 : 49-87cm HM

H6 : > 87cm HM

ANAPEXOL // (Pétero).Lapidon // Structichron / Alloté-
rite

Coupe KORB 35.5

H1 : 20/2-0,2cm HN

.....

H2 : 0,2-0cm HN

H3 : 0-0,1cm HN

H4 : 0,1-8/9cm HH

=====

H5 : 8/9-34cm HI (HI6)

=====

H6 : 34-67cm HM

H7 : 67-109cm HM

H8 : 109-141cm HM

=====

H9 : 141-170cm HI (HI2)

HUMOAPEXOL Leptique // (Pétero).Lapidon // Structichron
// Allotérite

Coupe KORB 35.6

H11 : 15/2-0,2cm HN

.....

H12 : 0,2-0cm HN

H2 : 0-0,1cm HN

H3 : 0,1-10cm HH

H4 : 10-21cm HM

H5 : 21-36cm HM

=====
H6 : 36-59cm HI (HI5)

=====
H7 : 59-117cm HM

H8 : 117-165cm HM

**ORTHOAPEXOL Brachique // (Pétero).Lapidon // Structi-
chron / (Structichron Altérite)**

Coupe KORB 35.7

H11 : 10/2-0,2cm HN (HI5)

H12 : 0,2-0cm HN

.....

H2 : 0-0,1cm HN

H3 : 0,1-7cm HH

H4 : 7-22cm HM

=====
H5 : 22-40cm HI (HI5)

=====
H6 : 40-94cm HM

H7 : 94-141cm HM

=====
H8 : 141-200cm HI (HI2)

**ORTHOAPEXOL Léptique // (Pétero).Lapidon // Structichron
// Allotérite**

Coupe KORB 35.8

H11 : 18/2-0,2cm HN

H12 : 0,2-0cm HN

.....

H2 : 0-0,1cm HN

H3 : 0,1-12cm HH
H4 : 12-26cm HM
H5 : 26-50cm HM
H6 : 50-112cm HM
H7 : 112-216cm HM

=====
H8 : 216-256cm HI (HI2)

ORTHOAPEXOL Bathique // Allotérite

Coupe KORB 35.9

H11 : 20/2-0,2cm HN (HI5)
H12 : 0,2-0cm HN

.....

H2 : 0-0,1cm HN

H3 : 0,1-9cm HH

H4 : 9-17cm HM

=====
H5 : 17-41cm HI (HI5)
H6 : 41-103cm HI (HI5)
H7 : 103-158cm HI (HI6)
H8 : 158-200cm HI (HI6)

ORTHOAPEXOL Leptique // ((Péto).Lapidon (Péto).Sté-rite) / ((Pauci-Fragi).Stérite Allotérite)

Coupe KORB 35.10

H1 : 0,5-0 cm HN

.....

H2 : 0-0,2cm HN

H3 : 0,2-11cm HH

H4 : 11-23cm HH

H5 : 23-38cm HM

H6 : 38-60cm HM

H7 : 60-86cm HN (HI7)

=====

=====

H8 : 86-113cm HI (HI6)
H9 : 113-140cm HI (HI5)

ORTHOAPEXOL Pachique // ((Pauci-Fragi).Stérite (Pé-
tro).Lapidon)

Coupe KORB 35.11

H1 : 0,5-0cm HN
.....

H2 : 0-0,2cm HN

H3 : 0,2-6cm HH
H4 : 6-13cm HH

H5 : 13-23cm HM
H6 : 23-40cm HM

=====

H7 : 40-50cm HI (HI4)

ORTHOAPEXOL Brachique // ((Fragi-Duri).Stérite (Pé-
tro).Lapidon)

Coupe KORB 35.12

H1 : 0,2-0cm HN
.....

H2 : 0-0,1cm HN

H3 : 0,1-7cm HH
H4 : 7-15cm HH

H5 : 15-22cm HM
H6 : 22-30cm HM

=====

H7 : 30-45cm HI (HI4)

ORTHOAPEXOL Brachique // ((Fragi-Duri).Stérite (Pé-
tro).Lapidon)

Coupe KORB 35.13

H1 : 8-0cm HN

.....

H2 : 0-20cm HI (HI4)

ANAPEXOL // ((Fragi).Stérite (Pétero).Lapidon))

Coupe KORB 35.14

H1 : 4-0cm HN

.....

H2 : 0-25cm HI (HI5)

ANAPEXOL // ((Fragi).Stérite (Pétero).Lapidon))

Coupe KORB 35.15

H11 : 3-0,2cm HN

H12 : 0,2-0cm HN

.....

H2 : 0-0,1cm HN

H3 : 0,1-8cm HH

H4 : 8-17cm HH

H5 : 17-24cm HH

H6 : 24-32cm HM

=====

H7 : 32-50cm HI (HI5)

ORTHOAPEXOL Brachique // ((Fragi).Stérite (Pétero).Lapidon))

Coupe KORB 35.16

H11 : 2-0,1cm HN

H12 : 0,1-0cm HN

.....

H2 : 0-0,1cm HN

H3 : 0,1-12cm HH

=====

=====

H4	: 12-23cm	HI	(HI4)
H5	: 23-69cm	HI	(HI7)
H6	: 69-131cm	HI	(HI7)
H7	: 131-180cm	HI	(HI5)

HUMOAPEXOL Leptique // Réducton / ((Pauci-Fragi).Sté-rite Réducton)

Coupe KORB 35.17

H11	: 4-0,1cm	HN	
H12	: 0,1-0cm	HN	
.....			

H2	: 0-0,1cm	HN	
----	-----------	----	--

H3	: 0,1-25cm	HH	
----	------------	----	--

H4	: 25-41cm	HM	
H5	: 41-57cm	HM	

=====

H6	: 57-97/105cm	HI	(HI7)
H7	: 97/105-115cm	HI	(HI4)
H8	: 115-167cm	HI	(HI6)

H9	: 167-200cm	HN	
----	-------------	----	--

ORTHOAPEXOL Brachique // (Pauci).Stérite / Réducton / (Pauci-Fragi).Stérite // (Leuciton Oxydon Réducton)

Coupe KORB 35.18

.....			
H1	: 0-0,1cm	HN	
H2	: 0,1-2cm	HN	

H3	: 2-4cm	HH	
H4	: 4-11cm	HH	
H5	: 11-34cm	HH	

H6	: 34-36cm	HN	(HI4)
----	-----------	----	-------

H7	: 36-80cm	HI	(HI4)
H8	: 80-110cm	HI	(HI4)
H9	: 110-173cm	HI	(HI4)

HUMOAPEXOL Brachique // Réducton

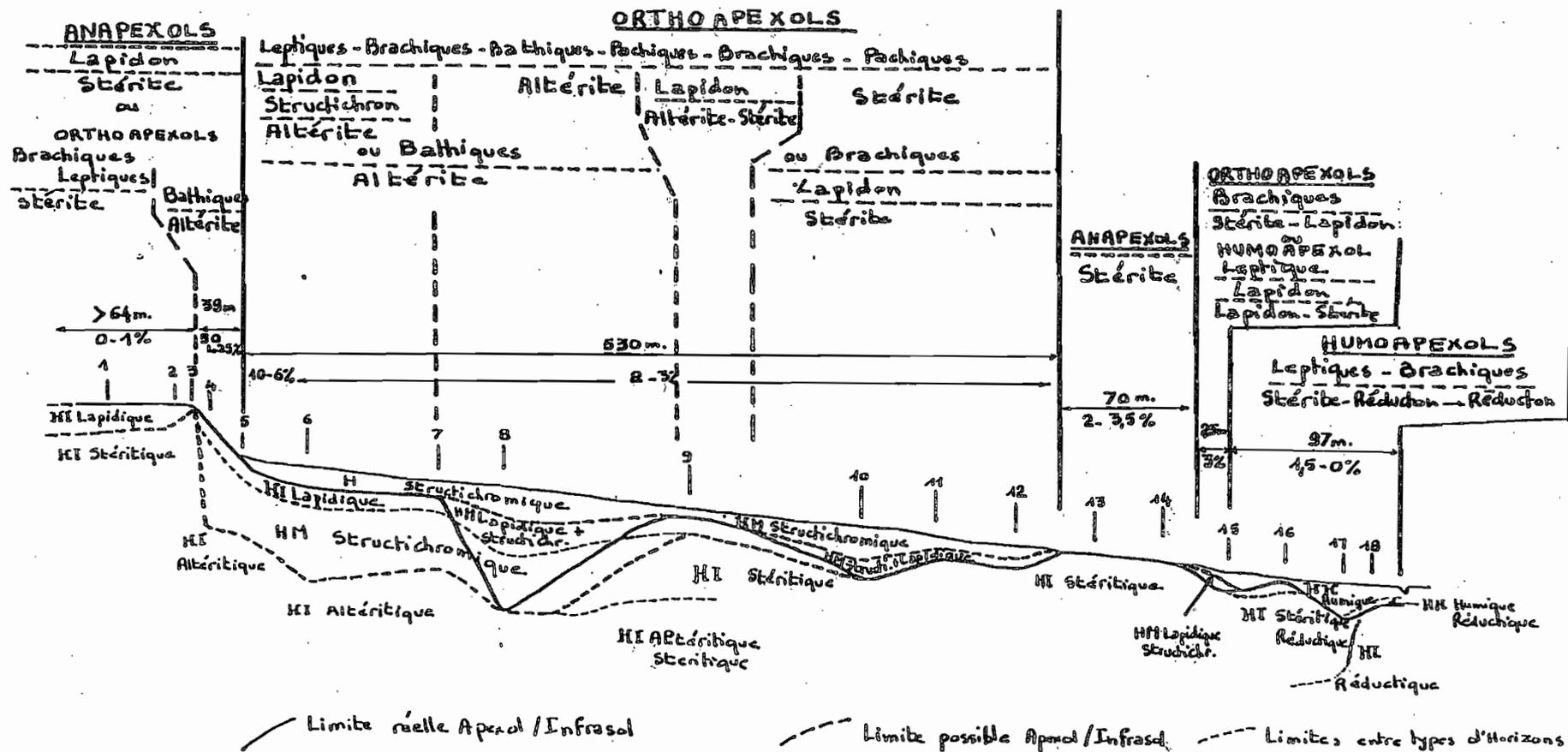


Fig.37 : APEXOL-INFRASOL - Les divers types d'horizons de la séquence ivoirienne de Korhogo (KORB).

La figure 37 représente la nouvelle organisation de cette séquence morphopédologique. Nous pouvons la subdiviser en plusieurs segments d'extensions latérales très différentes.

1- Le plateau -segment amont- à pente nulle, d'extension variable mais relativement importante se définit pédologiquement dans cet exemple par la présence d'"anapexols" (HN aléatoire//HI ou //HI). Les horizons caractéristiques de l'infrasol sont directement à l'affleurement. Leur trait marquant est, dans la majorité des situations, la présence du pédotype lapidon en quantité sensiblement plus importante que les pédotypes humite et structichron auxquels il est le plus généralement associé dans ici. Ces horizons lapidiques reposent sur d'autres, également représentatifs de l'infrasol, mais de nature stéritique. A certains endroits l'infrasol stéritique est directement à l'affleurement, plus particulièrement en bordure de plateau.

Ce segment, malgré des caractéristiques topographiques favorables, semble relativement inapte à une quelconque mise en valeur étant donné la morphologie des sols.

2- Un segment, qui fait suite au plateau et constitue une zone de raccordement avec le long versant à pente douce, se distingue par la présence d'anapexols quelque peu particuliers. En effet, la surface du sol est irrégulièrement constituée d'un horizon marqué par la très grande abondance d'un lapidon fait d'éléments de grandes dimensions en association avec l'aérophyse. C'est de ce fait un horizon de type HI. En-dessous, on retrouve des horizons de type HH et HM dans lesquels sont associés les pédotypes humite, structichron et lapidon. Humite et structichron dominent mais le lapidon demeure assez important, surtout dans les horizons les plus proches de la surface. Plus profondément, les horizons de type HM associent structichron et allotérite. Encore une fois, le problème de la localisation exacte de la limite apexol/infrasol se pose lorsque celle-ci est définie par un horizon HI lapidique. Dans ce cas précis, les calculs nous permettent d'affirmer la présence d'anapexols, mais les horizons qui constituent la partie inférieure du sol sont plutôt caractéristiques de l'apexol. Dans d'autres toposéquences de même type, les sols seront des orthoapexols mais toujours avec des quantités de lapidon appréciables.

D'extension très réduite (39m dans cette séquence) ce segment montre une pente accentuée variant de 50% à l'amont à environ 25% à l'aval. Ces informations topographiques se retrouvent dans toutes les situations et permettent de tempérer l'information qui met en évidence le degré de variabilité important de la quantité du pédotype lapidon. Quelle que soit sa situation, ce segment présente de tels traits topographiques que toute éventualité d'utilisation agricole

ne peut se faire simplement sans envisager d'énormes investissements financiers, qui déborderaient largement le cadre d'un projet de mise en valeur.

3- Un segment très développé, 530 mètres dans cette toposéquence, occupe la majeure partie d'un versant à pente faible (2 à 3%). On note la présence d'une zone centrale dans laquelle prédominent des orthoapexols pachiques et bathiques reposant sur un infrasol marqué par la prépondérance du pédotype altérite. Toutefois, l'ensemble de ce segment est caractérisé pédologiquement par des orthoapexols leptiques et brachiques s'appuyant sur des horizons HI de type lapidique. Ici encore, l'importance du pédotype lapidon détermine la place de la limite apexol/infrasol. Cette limite peut varier sensiblement d'un sol à l'autre, d'une séquence à l'autre ou d'un site à l'autre. La figure 37 montre que le segment peut également se définir par des orthoapexols bathiques reposant sur un infrasol plutôt altéritique à l'amont et par des orthoapexols brachiques et pachiques avec un infrasol stéritique à l'aval. C'est à l'aval que les variations de limite entraînent le moins de modifications de l'image primitive de la toposéquence.

Compte-tenu de ces informations, ce segment représente, en termes de topographie et de pédologie, une zone sur laquelle il est possible de prévoir l'installation de programmes de mise en valeur agricole.

4- A la suite de ce segment, on découvre un nouveau segment d'extension sensiblement plus réduite (70m), toujours à pente faible, mais dans lequel l'infrasol affleure ce qui permet d'identifier des anapexols. L'horizon HI observé à l'affleurement est de type stéritique ce qui enlève à ce segment toute possibilité d'utilisation agricole.

5- Tout à fait à l'aval de la toposéquence, nous pouvons identifier un segment dont le contenu pédologique est représenté par des humoapexols leptiques et brachiques, développés sur un infrasol essentiellement réductique ou stéritique et réductique. Il se place après une très courte zone rectiligne-concave de quelques dizaines de mètres qui fait suite au segment stéritique précédent. Dans cette zone concave, nous relevons la présence d'orthoapexols brachiques reposant sur un infrasol caractérisé par un ensemble intergrade (stérite oxydon réducton). C'est donc un segment de transition. La pente de ce segment est très faible ou même nulle (1,5 à 0%). Son extension, limitée dans cet exemple à une centaine de mètres, est fréquemment plus importante. Dans cette situation topographiquement favorable, c'est au niveau des données pédologiques que se situeront les principales contraintes à la mise en valeur. Elles peuvent se résumer à la présence du pédotype réducton à faible profondeur et parfois à l'existence de réducton intergrade verti-

chron. Ces pédotypes rendent plus délicate l'utilisation agricole de ces segments du fait des conditions de circulation de l'eau et des caractères physiques des sols impliquant la mise en oeuvre de divers travaux d'aménagement.



III- LA SEQUENCE NEO-CALEDONIENNE: LA PLAINE DES LACS

Comme pour les séquences précédentes, nous allons "travailler" sur les données initiales afin de présenter les sols de cette toposéquence en termes d'apexol et d'infrasol.

Coupe LAC 1

H1	: 2-0cm	HN
.....		

H2	: 0-12cm	HH
H3	: 12-50cm	HM
H4	: 50-95cm	HM
H5	: 95-160cm	HM
H6	: 160-200cm	HM

ORTHOAPEXOL Bathique / (Oxydon Structichron)

Coupe LAC 2 (MAD 1)

H1	: 30/15-0cm	HI	(HI2)	!
.....				

H2	: 0-8cm	HN	(HI5)	! HI

H3	: 8-38cm	HI	(HI6)	!

=====				
H4	: 38-53cm	HM		
H5	: 53-78cm	HM		
H6	: 78-139cm	HM		
H7	: 139-217cm	HM		
H8	: 217-278cm	HM		
H9	: 278-320cm	HM		

ANAPEXOL // Lapidon // Oxydon

Coupe LAC 3 (MAD 2)

H1 : 5-0cm HN

 H2 : 0-5cm HN
 H3 : 5-12cm HN (HI5)
 H4 : 12-27cm HN (HI5)

 H5 : 27-46cm HM
 H6 : 46-85cm HM

=====

H7 : 85-107cm HI (HI5)
 H8 : 107-132cm HI (HI5)
 H9 : 132-153cm HI (HI5)

=====

H10 : 153-185cm HM
 H11 : 185-207cm HM

=====

H12 : >207cm HI (HI1)

ANHUMOAPEXOL Pachique // (Péto).Lapidon // Oxydon // (Péto).Stérite

Coupe LAC 4 (MAD 3)

H1 : 4-0cm HN !
 !
 H2 : 0-10 cm HN (HI6) ! HI
 H3 : 10-30cm HI (HI6) !

=====

H4 : 30-51cm HM
 H5 : 51-78cm HM
 H6 : 78-127cm HM
 H7 : 127-131cm HM
 H8 : 131-265cm HM
 H9 : 265-270cm HM
 H10 : 270-410cm HM

ANAPEXOL // Lapidon // (Oxydon Entaféron)

Coupe LAC 5 (MAD 4)

H1	: 4-0cm	HN	(HI6)	-!
.....				
H2	: 0-6/8cm	HN	(HI6)	! HI
H3	: 6/8-19cm	HN	(HI6)	! !
=====				
H4	: 19-26cm	HI	(HI3)	-!
=====				
H5	: 26-47cm	HM		
H6	: 47-79cm	HM		
H7	: 79-125cm	HM		
=====				
H8	: 125-132cm	HI	(HI1)	
=====				
H9.1:		HM		! _____
	132-282cm	+		! HM
H9.2:		HN	(HI6)	! _____
=====				
H10	: 282-289cm	HI	(HI1)	
=====				
H11	: 289-340cm	HM		
ANAPEXOL // ((Péto).Stérite Entaféron) // (Entaféron				
Oxydon) // ((Péto).Stérite Entaféron) // (Entaféron				
Oxydon)				

Coupe LAC 6 (CAL 3)

H1	: 15/10-0cm	HI	(HI1)
.....			

H2	: 0-12cm	HN	(HI5)

H3	: 12-35cm	HI	(HI6)
H4	: 35-47/50cm	HI	(HI6)
H5	: 47/50-56cm	HI	(HI1)
H6	: 56-93cm	HI	(HI3)

H7 : 93-112cm HI (HI1)
H8 : 112-140cm HI (HI5)

ANAPEXOL // (Pétro).Lapidon / (Pauci Pétro).Stérite

Coupe LAC 7 (CAL 2)

H1 : 15/10-0cm HI (HI1)

.....

H2 : 0-12cm HN

H3 : 12-43cm HI (HI5)

H4 : 43-64cm HI (HI5)

H5 : 64-67cm HI (HI1)

H6 : 67-96cm HI (HI3)

H7 : 96-102cm HI (HI1)

=====
H8 : 102-203cm HM

=====
H9 : 203-205cm HI (HI1)

H10 : 205-210cm HN (HI6)

=====
H11 : 210-250cm HM

ANAPEXOL // (Pétro).Lapidon / (Pétro Fragi).Stérite //
Oxydon // (Pétro).Stérite // Oxydon

Coupe LAC 8 (LAC 5)

H1 : 20/10-0cm HI (HI2)

.....

H2 : 0-15/20cm HI (HI2)

H3.1: 15/20-30/90cm HI (HI2)

=====
H4 : 30-48cm HM

H5 : 48-78cm HM

H3.2: 78-90cm HM

H6 : 90-134cm HM

H7 : 134-214cm HM

ANAPEXOL // Lapidon // Oxydon

Coupe LAC 9 (LAC 6)

H1	: 20/10-0cm	HI	(HI2)
.....			
H2	: 0-6/7cm	HI	(HI2)
H3	: 6/7-13/16cm	HI	(HI2)
H4	: 13/16-30cm	HI	(HI2)
H5	: 30-44cm	HI	(HI1)
H6	: 44-93cm	HI	(HI1)
H7	: 93-520cm	HI	(HI1)
H8	: 520-550cm	HI	(HI4)

ANAPEXOL // (Péto).Lapidon / (Péto).Stérite

Coupe LAC 10 (CAL 1)

H1	: 15/10-0cm	HI	(HI2)
.....			

H2	: 0-5/7cm	HN	
H3	: 5/7-21cm	HN	(HI6)

=====

H4	: 21-33cm	HM	

H5	: 33-41cm	HN	(HI6)

=====

H6	: 41-60cm	HI	(HI1)
----	-----------	----	-------

ANAPEXOL // (Péto).Lapidon // Oxydon // (Péto).Stérite

Cette séquence, caractérisée par des sols très riches en (Péto).lapidon oxydique, regroupe principalement des anapexols. D'une façon presque générale, les horizons de type HI sont à l'affleurement. Les teneurs en lapidons sont telles que les autres pédotypes, humites et oxydons, n'interviennent que de façon très secondaire dans la caractérisation des horizons et des sols. Malgré cela il existe, dans cette région, une assez grande variabilité des teneurs en lapidon et si les anapexols prédominent dans cette toposéquence, dans d'autres situations nous observerons plus particulièrement des anhumopexols brachiques, pachiques et/ou bathiques, lorsque le lapidon ne matérialise plus la limite apexol/infrasol. Dans tous les cas, le pédotype humite n'intervient que très faiblement et ne permet presque jamais d'identifier des horizons de type HH. D'autre part, le lapidon est presque systématiquement présent dans la totalité des sols de ces paysages morphopédologiques.

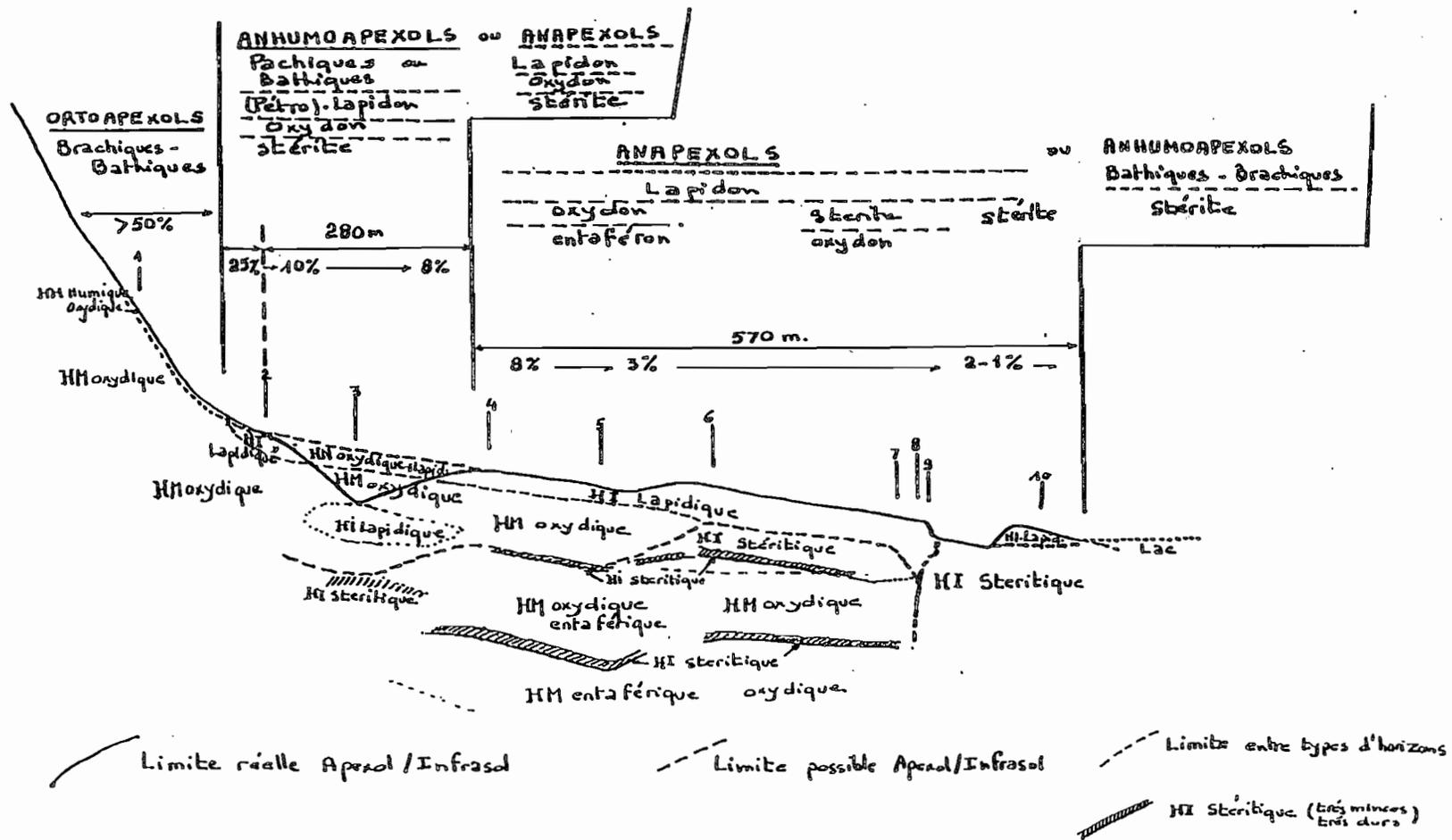


Fig.38 : APEXOL-INFRA SOL - Les divers types d'horizons de la séquence néo-calédonienne de la Plaine des Lacs (LAC).

La figure 38 met en évidence plusieurs segments que nous allons analyser avec plus en détails.

1- L'amont est occupé par un segment d'extension variable, à très forte pente (supérieure à 50%), dans lequel les sols sont du type orthoapexol bathique reposant sur un infrasol dans lequel le lithotype-pédotype altérite est associé au pédotype oxydon (ou oxydon structichron).

2- A la rupture de pente, on observe un segment relativement étendu (280m), à forte pente à l'amont (25%), à pente moins accentuée à l'aval (10 à 8%). Le contenu pédologique est du type anhumoapexol pachique. L'infrasol complexe se distingue par une succession d'horizons HI lapidique, d'horizons HM oxydique et d'horizons HI stéritique. Dans d'autres sites toutefois, comme nous l'avons déjà signalé, la limite apexol/infrasol, peut se placer dès la surface du sol -dans ce cas nous serons en présence d'un anapexol- ou plus profondément -le sol sera alors un anhumopexol bathique-. C'est ce qu'illustre la figure 38.

3- Un nouveau segment se développe ensuite jusqu'au lac (extension latérale supérieure à 500/600 mètres). La pente, sensible, est cependant assez faible (8 à 3%), mais le modelé est généralement très accidenté avec des formes d'érosion rappelant celles caractéristiques des modelés karstiques (dolines, ...). Cette diversité se traduit au niveau des sols par des affleurements soit de lapidon, soit de stérite, soit de formes complexes intergrades entre lapidon et stérite sans que nous puissions dégager une règle générale permettant d'expliquer ou de prévoir cette alternance. Mais nous sommes presque toujours en présence d'anapexols. Dans cette toposéquence, l'horizon de l'infrasol (type HI) affleurant est caractérisé par l'abondance du pédotype lapidon. Sous l'horizon HI lapidique se trouvent des horizons HM (oxydon puis entaféron lutique oxydique) dans la zone amont. Dans la zone aval, nous retrouvons un horizon HI stéritique à la suite de l'horizon HI lapidique. Sous les horizons HI stéritiques, on observe à nouveau des horizons HM (entaféron lutique et arénique, oxydique plus ou moins intergrade avec le pédotype oxydon). Cet entaféron révèle, par endroits, la présence de minces lits de stérite assez fortement durcis dans la majeure partie des cas (intergrades stérite entaféron).

4- La coupe LAC 6 correspond comme nous l'avons vu à une bordure de doline, caractérisée par des pédotypes (Péetro).stérites présents sur de grandes épaisseurs. Rangés parmi les anapexols du fait de l'importance du lapidon dès la surface, les sols peuvent également être regroupés parmi les anhumoapexols bathiques et/ou brachiques lorsque la limite apexol/infrasol se déplace au niveau du (Péetro).sté-

rite ou du (stérite entaféron).Après la doline, nous retrouvons la suite du segment analysé dans le paragraphe 3 immédiatement ci-dessus. La présence de dolines est aléatoire. Elles représentent une organisation particulière sur le versant qui se développe du pied de la montagne jusqu'au lac.



Nous sommes ici devant une séquence un peu particulière que nous pouvons caractériser soit par des anapexols lapidiques, soit par des anhumapexols brachiques à bathiques reposant sur des horizons dans lesquels dominent l'entaféron (lutique, oxydique) ou un corps naturel intergrade (entaféron stérite). Le cas le plus fréquent est représenté par une succession peu organisée, de type mosaïque, d'anapexols lapidiques et d'anhumapexols. Les anhumapexols contiennent toujours le pédotype lapidon oxydique (Fig. 38).



Pour conclure,

Nous venons ainsi de détailler trois séquences morphopédologiques dont les capacités d'utilisation sont très différentes, tout au moins en ce qui concerne l'organisation structurale des sols. Nous n'approfondirons pas ici les aspects chimiques et minéralogiques. Mais nous pouvons rappeler cependant que la toposéquence néocalédonienne est essentiellement constituée d'oxydes de fer. De faibles quantités d'argiles minéralogiques sont malgré tout présentes au niveau le plus amont (coupe LAC 1). Dans ce domaine, les toposéquences africaines sont relativement voisines l'une de l'autre et montrent, à l'inverse, de fortes proportions d'argiles minéralogiques de type 1/1 (kaolinite) dans les horizons HH et HM. Malgré la couleur rouge vif de ces sols, les oxydes métalliques sont peu représentés dans la fraction meuble des sols. Ils se concentrent préférentiellement dans les lapidons et les stérites. De plus, tout à fait à l'aval de la séquence de Korhogo (Côte d'Ivoire), il apparaît des quantités non négligeables d'argiles de type smectitique, trait qui contribue à différencier cette séquence de la séquence centrafricaine.

Si nous avons quelque peu délaissé le concept de corps naturel élémentaire dans cette phase de l'analyse des données, nous ressentons maintenant la nécessité d'y revenir, non seulement pour mieux caractériser les types d'horizons HI, mais également pour préciser l'organisation des horizons de type HH, HM et HN. Ce sont eux qui, par leur nature, la valeur de certains

critères (granulométrie, structure, composition chimique, propriétés physiques, ...), par les processus qu'ils impliquent, dirigeront finalement l'interprétation du paysage morphopédologique en termes d'utilisation et de gestion.

Enfin, il faut également insister sur le fait que la limite apexol/infrasol est une limite dont la place peut varier assez rapidement d'un sol à l'autre, du fait principalement du degré de variabilité élevé des quantités de certains pédotypes et plus spécialement du lapidon. Ceci a été clairement mis en évidence au niveau d'horizons complexes dans lesquels sont associés lapidons et humite, structichron, oxydon ou tout autre pédotype "meuble". C'est également vrai en ce qui concerne les horizons à pédotypes intergrades dans lesquels un des pôles de l'intergrade est un pédotype ou un corps naturel possédant des caractères dits "de contrainte". Dans ces situations, l'analyse précise des profils structuraux prend toute son importance car elle permet de suivre de façon quantifiée une "évolution" ou une "tendance d'évolution" présente dans un sol, dans un segment, dans un paysage. Nous sommes alors en mesure de savoir de quelle façon et à quel endroit agir sur cette information afin d'éliminer, de diminuer ou de contourner l'"effet de contrainte" que représente ce pédotype.

La nouvelle image des toposéquences fait donc apparaître une première limite qui partage le sol en deux ensembles. L'apexol représente la partie supérieure du sol, l'infrasol la partie la plus profonde. L'infrasol, ainsi que nous l'avons vu, peut être un ensemble relativement complexe dans lequel alternent des horizons caractéristiques de cet infrasol et des horizons ordinairement présents dans l'apexol. Cette limite, que nous pouvons placer dans le paysage, est une limite essentiellement latérale qui permet de fixer une partie de l'information pédologique. Ceci doit maintenant se traduire par une carte qui matérialisera d'autres limites -transversales cette fois-. Elles correspondent, dans la majorité des cas, à des variations de l'information topographique (changement de pente, ...) et géomorphologique (transformation de la forme des facettes, des paysages, ...). Nous allons ainsi tracer des cartes de segments, de paysages et parfois de régions morphopédologiques. Les volumes ainsi définis seront caractérisés par une information pédologique et topographique précise. Pour cela, nous utiliserons les informations que nous avons obtenu lors des précédents traitements des données .

* *

*

Dixième chapitre

LES DEMANDES D'INTERVENTION - EXEMPLES DE REPONSE

Depuis quelques dizaines d'années, les interventions demandées aux spécialistes du milieu physique, et plus particulièrement à ceux de la science du sol, se sont progressivement transformées afin de s'adapter aux problèmes de plus en plus complexes du "développement". En effet, ils ne concernent plus uniquement le sol et sa chimie, mais aussi les autres composantes du milieu physique. Tout ceci nous dirige presque naturellement vers une analyse structuraliste du milieu, afin d'intégrer et d'utiliser au mieux la totalité des informations qu'il est possible de recueillir sur le terrain. Nous sommes donc amenés à privilégier, dans une certaine mesure, les informations de terrain par rapport aux informations analytiques traditionnelles. Cette situation, qui peut paraître "en retrait" par rapport aux techniques analytiques utilisées actuellement, permet en réalité de revaloriser la complémentarité des ces approches, en focalisant avec beaucoup plus de précision les analyses géochimiques et minéralogiques sur des objets préalablement mieux définis .



I- LES QUESTIONS

Une des premières questions qui fut posée aux naturalistes et plus particulièrement aux pédologues peut se résumer ainsi :

"Pouvez-vous faire l'étude d'une région (souvent très vaste) et l'inventaire des sols qui s'y trouvent ?

Cette question pouvait même déborder très largement le cadre régional et concerner alors la totalité d'un pays. Pour satisfaire à cette demande, en ce qui concerne la composante sol, les pédologues ont réalisé de nombreuses cartes pédologiques, le plus souvent à petite échelle

(1/200.000 et même 1/500.000). L'information traitant surtout des sols était alors exprimée dans une légende utilisant les concepts et les termes de systèmes de classifications pédologiques très synthétiques, accompagnée de notices qui mettaient l'accent sur une caractérisation physico-chimique des principaux sols reconnus.

Plus tard, la demande s'est un peu précisée, mais sa formulation demeure encore actuellement un peu ambiguë. Elle peut se schématiser par la question suivante :

"Nous souhaitons mettre en valeur une région, (dont la superficie reste à préciser) et pour cela nous aurions besoin d'une carte pédologique pour orienter et justifier nos choix, pouvez-vous la faire ?"

La question n'est plus alors une demande stricte d'inventaire et une utilisation plus rationnelle des informations semble envisagée. Face à cette nouvelle demande, la réponse s'est quelque peu modifiée. Aux cartes pédologiques les pédologues ont ajouté des cartes thématiques (cartes de profondeur de sols, de textures, de teneurs en éléments nutritifs, ...), et des cartes dites d'"aptitudes culturales", de "qualité des terres", ..., qui font intervenir les résultats et les interprétations d'expérimentations agronomiques. Les données pédologiques sont toujours présentées à l'aide de classifications de sols. La quantité des connaissances augmentant, les classifications ont également évolué dans le sens d'une plus grande rigueur et dans celui de l'utilisation d'un plus grand nombre d'informations pour définir les différentes catégories de sols.

Une des classifications les plus élaborées est la "Soil Taxonomy" conçue par des pédologues travaillant aux Etats-Unis. Elle permet de fournir un nombre important d'informations sous une forme relativement synthétique. Sans revenir sur ce que nous avons dit dans la première partie de ce texte il faut toutefois insister sur plusieurs points. Comme tout système de classification celui-ci se caractérise par une grande rigidité car il est régi par le choix impératif de limites qui identifient des profils taxés. D'autre part, comme nous venons de le voir, le degré important de variabilité des sols, non seulement à l'échelle régionale, mais également aux échelles métriques, décamétriques ou hectométriques est tel, qu'il semble pratiquement impossible de prévoir un système de classification global qui permette de placer tous les types de sols, en tenant compte de tous leurs caractères, afin de répondre aux diverses questions concernant le développement. Il est pratiquement obligatoire de morceler la réponse en étudiant des thèmes limités et en abandonnant alors le système de classification.

En parallèle à cette démarche scientifique, on assiste également à une dernière transformation de la question posée. Très modifiée, elle gagne en précision et perd ainsi l'ambiguïté qui la caractérisait précédemment. Elle peut se formuler ainsi :

"Nous souhaitons mettre en valeur une vallée, une plaine, ..., une région (généralement de superficie plus limitée que dans les cas précédents), que devons nous faire, comment pouvons-nous le faire et quels résultats pouvons-nous espérer obtenir ?"

En fait, la question en se précisant a aussi perdu de sa spécificité scientifique. Il apparaît très nettement que la composante sol n'est plus seule en cause. Dans ces conditions, la réponse attendue par les responsables du développement ne peut plus être uniquement pédologique ou uniquement agronomique. Elle doit prendre en compte plusieurs types de données : pédologiques, agronomiques, climatiques, topographiques, ... Il faut donc, dans une certaine mesure, fournir ce que l'on pourrait appeler une **réponse intégrée**. C'est alors que les systèmes basés sur les principes d'une classification, aussi complexes et sophistiqués soient-ils, révèlent leurs limites.

Nous retrouvons ainsi notre préoccupation de départ. Il devient indispensable de mettre en oeuvre d'autres systèmes, plus souples, pouvant utiliser les données provenant de toutes les composantes du milieu physique, décrivant les différentes organisations, les différentes structures de l'environnement et s'appuyant sur un ensemble complexe d'ensembles emboîtés qu'il est possible de transcrire sous forme de typologies. Nous sommes à nouveau confronté à la recherche de typologies, celle des horizons, des sols, des segments et paysages morphopédologiques, ... intégrant de plus en plus de données d'origine différentes. Chaque niveau qui correspond en réalité à une échelle d'observation définie est ainsi caractérisé par une information spécifique. Cette information spécifique peut être pédologique (morphologique et/ou analytique, ...), pédologique et/ou topographique (c'est ce que nous traiterons préférentiellement ici), pédologique et/ou agronomique, ... Toutes les combinaisons sont possibles en fonction des réponses que l'on souhaite fournir pour satisfaire les demandes. A l'usage, cette démarche, qui utilise comme nous l'avons vu le concept de corps naturel élémentaire, se révèle particulièrement souple et permet de faire face à un large éventail de questions.

Nous avons également constaté que la mise en place et l'utilisation d'un tel système dépendent de la parfaite identification des objets que l'on doit analyser. D'autre part, les objets sont eux-mêmes directement liés à l'échelle à laquelle nous devons travailler. Ils sont donc en fait identifiés par une information ou une série d'informations qui découle directement des outils d'observation utilisés. Toutes ces conditions respectées, c'est par le traitement des données, de l'information que nous pouvons bâtir ces diverses typologies, reflets fidèle des différentes

structures emboîtées. Il est alors nécessaire, en premier lieu d'établir des référentiels qui seront des listes de termes et de définitions se rapportant aux objets perçus aux différentes échelles. Ils peuvent être spécifiques des organisations élémentaires présentes dans les sols, dans les ensembles végétaux, ..., (pédotypes, lithotypes, phytotypes, ... et leurs intergrades). Ils peuvent également désigner des ensembles plus complexes tels que les horizons présents dans les sols, (HI, HH, HM, HN), dans le monde végétal, à la surface du sol, ..., tels que les sols eux-mêmes (apexol, infrasol, orthoapexol, ...), ou bien encore des ensembles sol-plante, sol-géomorphologie, sol-géomorphologie-plante, etc... Les vocabulaires peuvent constituer par la suite des langages régis par une même syntaxe qui permette d'organiser et de traiter les informations. C'est donc en recherchant une façon de répondre à cette demande qui nous était faite, en Afrique ou dans le sud-est Pacifique, que petit à petit nous avons imaginé le système présenté ici.

Parmi toutes les questions posées, l'une d'entre elles nous intéresse plus particulièrement. Sous-entendue en fait dans la demande précédente, elle concerne plus directement l'utilisation et la gestion des paysages. Quelles cultures doit-on mettre en place, quelles techniques culturales appliquer ? La fraction d'espace concernée est bien plus réduite que précédemment car il s'agit, le plus souvent, d'exploitations familiales. Les transformations structurales du milieu sont extrêmement marquées et, en général, de type "catastrophique". Cela se traduit par la disparition brutale de certaines composantes, l'apparition, tout aussi rapide, de nouvelles structures, etc... Nous pouvons noter :

- la disparition de la végétation lors du défrichage,
- l'installation de nouvelles espèces végétales (plantations et adventices),
- les modifications cycliques de la surface du sol et ses conséquences sur les conditions de drainage,
- l'apparition et la disparition soudaine de corps naturels élémentaires,
- les apports d'eau supplémentaires par divers systèmes d'irrigation;
- etc...

En règle générale, les réponses qui ont été données à ces questions traitent des problèmes agronomiques ou agrochimiques et concernent donc plus particulièrement la plante. Il semble intéressant d'aborder un autre aspect, plus "écologiste", mais surtout plus structuraliste des réponses qui peuvent renseigner les utilisateurs. Cette autre forme de solution est indispensable si nous désirons conserver et

protéger le milieu physique que nous utilisons. Connaître et prévoir les transformations structurales d'un espace cultivé sont indispensables à sa bonne gestion.



II- LES CARTES MORPHOPÉDOLOGIQUES ET LEURS LEGENDES : UNE PREMIÈRE FORME DE RÉPONSE

La question posée, simple en apparence, implique en fait une réponse complexe, intégrée, aussi bien au niveau de sa conception que de sa réalisation. Le pédologue ne pourra pas faire uniquement un simple inventaire des sols, il faudra qu'il prévoie également, vers l'aval, le passage et l'utilisation des informations par les responsables du développement. A l'amont, il faudra qu'il puisse faire usage de toutes les données et en particulier celles concernant la géomorphologie, le climat, la géologie, la végétation, ... De la même façon, l'agronome ne pourra conduire ses expérimentations uniquement en fonction de la plante. Il devra considérer d'une part les caractéristiques édaphiques et structurales du sol et d'autre part concevoir de quelle manière les spécialistes des disciplines "aval" interviendront ultérieurement, ... Ainsi se constituera une chaîne de connaissances scientifiques et techniques homogènes où les passages et les relais se feront de façon insensible. Cette image schématisée en fait un système de typologies, de structures emboîtées, se déduisant les unes des autres, de proche en proche, ainsi que nous l'avons déjà évoqué dans les premières pages de ce volume. C'est, en fait, une autre forme de chemin d'information le long duquel se succède une série de haltes, représentées par les types, structures privilégiées, identifiées par une information fixée. On comprend alors parfaitement le rôle prépondérant joué par l'information, sa collecte, son traitement, son transfert et sa capacité d'adaptation aux différentes échelles d'analyse. Nous retrouvons encore une fois cette question essentielle : quel outil choisir pour aboutir à ce résultat ? Un vocabulaire ? Un code mathématique ? En fait une combinaison des deux, c'est à dire un langage, vocabulaire et syntaxe dont nous avons longuement discuté précédemment. Si un tel langage est essentiel pour la saisie, le traitement et la communication des données et des résultats, il peut être utile cependant, de revenir à une forme moins spécialisée de langage, pour transmettre les informations à caractère très "pratique".

Pour illustrer tout ceci, nous allons exposer plusieurs types de réponses toutes exprimées sous forme de cartes.

**A- Les cartes morphopédologiques à moyenne échelle :
Inventaire et synthèse.**

Il s'agit, en général, de cartes à l'échelle du 1/100.000 ou 1/200.000. Cartes d'inventaire, cartes de synthèse, ces deux documents ne répondent pas exactement aux mêmes demandes et les méthodes mises en oeuvre pour leur réalisation sont différentes.

- La carte d'inventaire se fait, le plus souvent, après prospections et collectes de données sur le terrain. Le nombre des observations et des descriptions est étroitement dépendant de l'échelle de restitution choisie au préalable. Le but de telles cartes est de recenser et de caractériser les principales organisations morphopédologiques existant dans un secteur donné. Les différentes structures -segments et séquences en particulier- ont d'abord été identifiées sur les cartes topographiques, sur les images aériennes et sur le terrain. Ici également, l'observateur effectue une expertise qui met en oeuvre sa connaissance et son expérience. La suite de la démarche est identique à celle que nous avons exposée précédemment pour les sols. Il faut identifier le contenu information de ces volumes de référence et ainsi les caractériser, en justifiant ou en modifiant la place des limites qui isolent cette partie du paysage.

- La carte de synthèse, en revanche, ne procède pas directement d'une démarche de terrain. Elle utilise, dans la mesure du possible, les documents cartographiques existants, à même échelle (carte d'inventaire) ou à plus grande échelle, et tente de faire apparaître de nouvelles unités cartographiques et de nouvelles images information, adaptées à l'échelle choisie. Bénéficiant d'une quantité de données en général importante, la légende de la carte de synthèse sera plus complète, "ira plus loin" que celle de la carte d'inventaire. Elle répond plus directement à une demande de développement, d'utilisation des paysages et de mise en valeur, mise en valeur qui ne concerne plus de petits secteurs mais s'étend à des ensembles régionaux beaucoup plus vastes.

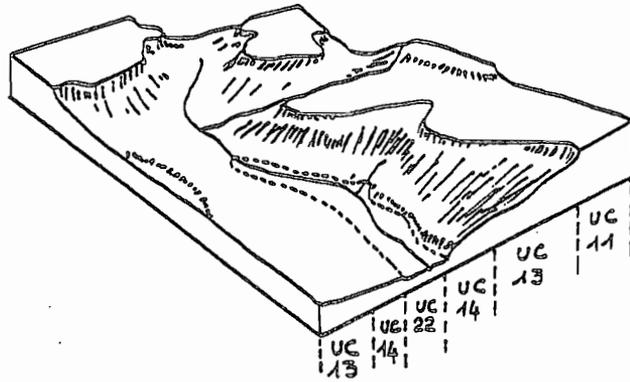
**1- UNE CARTE D'INVENTAIRE A L'ECHELLE DU 1/200.000 :
KORHOGO**

Dans toute cette région, nous avons mis en évidence différents types de paysages, caractérisés tout d'abord par leurs formes, leurs modelés différents. Chacun d'eux peut être schématisé par un profil topo-

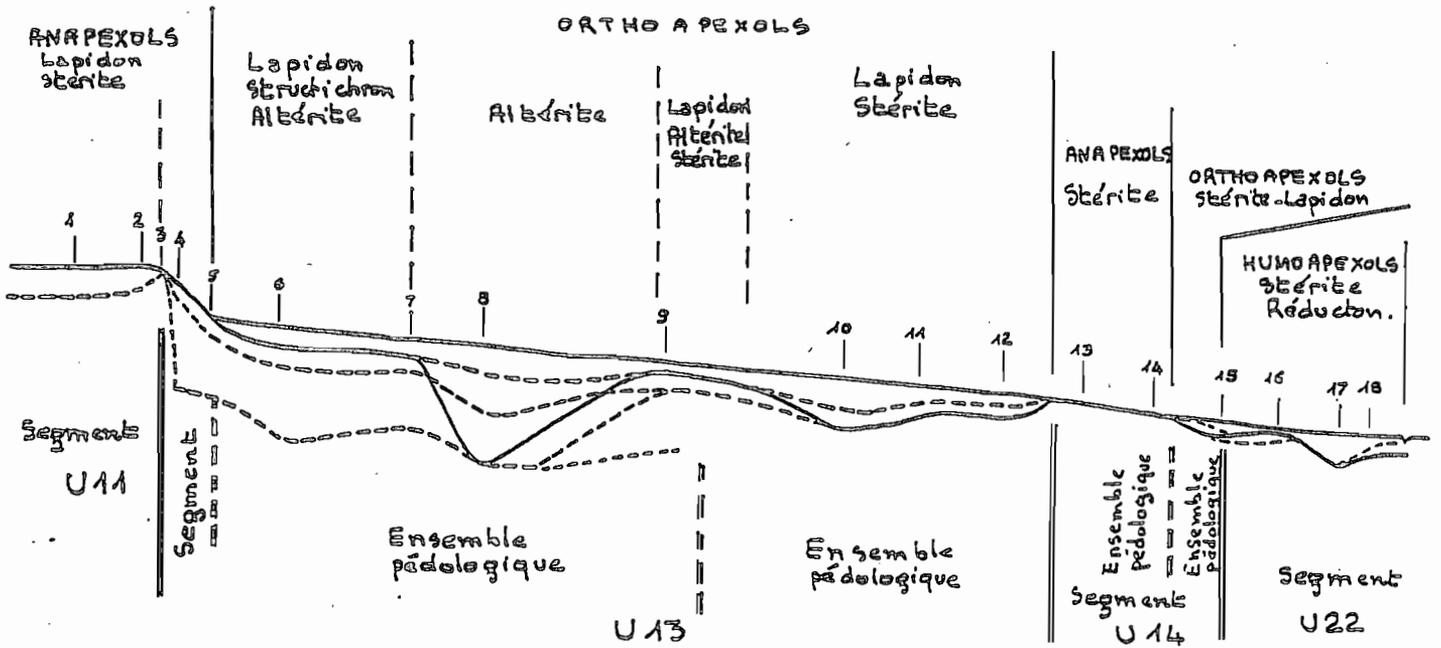
graphique et un bloc diagramme (Beaudou, Sayol - 1980 : Etude pédologique de la Région de Boundiali-Korhogo). Ce mode de représentation est illustré par la figure 39. Sur ce degré carré de Korhogo nous reconnaissons ainsi :

- Le paysage de plateaux et de témoins cuirassés et longs versants rectilignes (Fig. 39). Dans l'étude précédente des toposéquences ce paysage correspond à la séquence KORB 35.
- Le paysage de plateaux et de témoins cuirassés partiellement démantelés et longs versants rectilignes.
- Le paysage de collines légèrement convexes ou plan-convexes.
- Le paysage d'inselberge et de massifs de roches leucocrates.
- Le paysage de collines à sommets irréguliers riches en affleurements rocheux et versants rectilignes.
- Le paysage de collines à sommets irréguliers, partiellement rocheux et versants convexes.
- Le paysage de croupes sub-aplanies convexes-concaves.
- Le paysage de croupes sub-aplanies convexes.
- Le paysage de croupes sub-aplanies convexes-concaves avec affleurements de roches mélanocrates.
- Le paysage de massifs de roches mélanocrates.
- Le paysage de collines à sommets sub-aplanis, à versants convexes riches en affleurements rocheux leucocrates et bas de versants concaves.

Ainsi que le montre la figure 39, le paysage est subdivisé en unités cartographiques identifiées, le plus souvent, à l'aide des facettes topographiques qui permettent de placer des limites. Nous avons vu que ces limites peuvent correspondre avec celles d'un contenu pédologique, mais la règle est loin d'être absolue. Il arrive également que l'analyse du paysage nous conduise à tracer les contours d'une unité cartographique qui n'est pas identifiée par une facette topographique. Aucun trait topographique marquant ne souligne l'existence d'un segment particulier et les seules différences remarquables se placent au niveau du sol, ainsi que nous l'avons vu lors de l'étude de la séquence KORB 35. Ces situations nous ont conduit à



Bloc Diagramme du Paysage de Plateaux cuirassés
(Extrait de la légende de Korhogo)
(BEAUDEU & SAYOL, 1980)



La séquence morphopédologique KOR 35.
Segments, Ensembles pédologiques, Unités cartographiques.

Fig.39 : Un exemple de paysage ivoirien (Korhogo) - Plateaux et témoins cuirassés, longs versants rectilignes.

distinguer deux types de limites entre les unités cartographiques (Beaudou, Collinet - 1977) :

- Des limites nettes : Le passage d'une unité cartographique ou d'un segment à l'autre est souligné par des modifications dans la topographie de la forme (du modèle). Il s'agit de ressauts, de ruptures de pente, de points d'inflexion, etc..., traits aisément reconnaissables aussi bien sur le terrain que sur image aérienne ou carte topographique.

- Des limites conjecturées : Le passage d'une unité cartographique ou d'un segment à l'autre n'est pas directement relié à un accident de la topographie. Il faut alors recourir à une méthode basée sur l'analyse des fréquences moyennes des extensions latérales de chaque segment ou ensemble pédologique pour placer les limites. Nous aurons par exemple un segment situé entre le tiers supérieur et le tiers inférieur du versant, ou encore entre la mi-pente et le tiers inférieur, etc...

Tous ces résultats ont été rassemblés sur deux types de cartes :

- La carte des segments pédologiques accompagnée d'une légende des unités cartographiques (Fig. 40 et 41). Compte tenu de ce que nous avons vu dans les pages précédentes, cette carte est en fait une carte des **segments morphopédologiques**.

- La carte des paysages morphopédologiques avec une légende plus synthétique de chaque paysage (Fig. 42 et 43). Cette seconde carte représente, en réalité, un **niveau structural d'ordre supérieur au précédent qui se construit à partir des segments morphopédologiques**. C'est, en fait, une carte beaucoup plus proche de ce que nous avons appelé carte de synthèse que d'une carte d'inventaire. Toutefois, elle a été établie, non seulement à l'aide de la carte des segments, mais aussi avec celle des données de terrain relevées au cours de la même prospection et nous la considérons plutôt comme une carte d'inventaire qui recense les différents types de paysages présents dans cette région.

Regardons tout d'abord avec un peu plus de détails l'unité cartographique 11 correspondant à la carte des segments (Fig. 41) :

Il s'agit du sommet tabulaire du paysage de plateaux et témoins cuirassés. Ce paysage est le plus représenté dans cette région. Il occupe, en effet, 33,3% de la superficie de la coupure de Korhogo. Il se localise principalement sur les 3/4 ouest du degré carré.



Fig.40 : Extrait de la carte des segments pédologiques - Feuille de Korhogo à 1/200.000 (Beaudou, Sayol - 1979).

Ensembles Pédologiques	Morphologie des sols	Apexols	Infrasols	Situation
ENSEMBLE 1: Les plateaux sont occupés par des sols ferrallitiques fortement modulaires (démanchément des stérites). Les stérites sont visibles aussi bien à l'affaïssement qu'à des profondeurs supérieures à 150cm.				
• Sols Ferrallitiques modulaires (ferroxy) stéritiques	• ANAPEXOLS : Pétrostérites et Lapidons affaïssants • ORTHOAPEXOLS : Leptiques : Brun-rouge Brachiques : brun-rouge, rouge-brunâtre et rouge	• Humite/Lapidique (Fe). Sableux, anguclode/phase grumocclode • Humite/Lapidique (Fe). Sableux, anguclode/phase grumocclode • Humite Structichron/Lapidique (Fe) • Structichron/Lapidique (Fe) argileux - anguclode/phase améropaucicclode.	Lapidon Stérite	Sommet d'interfluve (Plateaux plans, ou légèrement ondulés et bulles témoins) • "Haut glaciaire"
ENSEMBLE 2: Il se compose essentiellement de sols ferrallitiques meubles et profonds, sans induration visible à moins de 200cm. Les modules (sesquioxides) sont absents ou bien en très faibles quantités. La texture de certains sols est parfois nettement sableuse. Les variations texturales sont peut être à rapprocher de celles de la nature du sous-bassement géologique.				
• Sols Ferrallitiques meubles, profonds, parfois sableux	• ORTHOAPEXOLS : Brachiques Pachiques Bathiques Brun-rouge, rouge brunâtre et rouge (Les sols sableux sont sensiblement plus clairs).	• Humite/Lapidique (Fe). Sableux ou argileux, Amérode/phase psammocclode • Humite Structichron • Structichron - Sableux, sablo-argileux, argileux - Phase lapidique (Fe) aléatoire - Amérode.	Structichron Altérite Structichron	- id -
ENSEMBLE 3: A la surface des plateaux existent des dépressions plus ou moins étendues où l'eau ne s'évacue que très difficilement. Les sols, en partie ferrallitiques, assez épais, parfois sableux montrent des traces d'engorgement. (Taches, induration, ...) La partie centrale de la dépression est occupée par des sols hydromorphes. Cet ensemble est peu fréquent et d'extension limitée.				
• Sols Ferrallitiques hydromorphes	• ORTHOAPEXOLS : Leptiques Brachiques gris-brunâtre, ocre rouge et jaune brunâtre, ocre rouge et jaune	• Humite/phase Lapidique (Fe) argileux et sableux. Amérode ou psammocclode/phase grumoanguclode • Humite Structichron/Phase Lapidique • Structichron/Phase Lapidique (Fe) argileux, à sableux - amérode à phase angu paucicclode	Oxydo/Réduction (Fragi). Stérite Lapidon/Oxydon/Réduction	- id - Dans de légères déclivités.
• Sols Hydromorphes	• HUMOAPEXOLS : Leptiques Brachiques noir, gris-noir, gris-beige et beige	• Mélanumite et Humite/phases Oxydique et Réductrice/phase Lapidique (Fe/Mn-Concrétions) sableux et argileux - amérode	Réduction Oxydon/Réduction/ Stérite	

Fig.41 : Extrait de la légende de la carte des segments pédologiques - Feuille de Korhogo à 1/200.000 (Beaudou, Jayol - 1973).

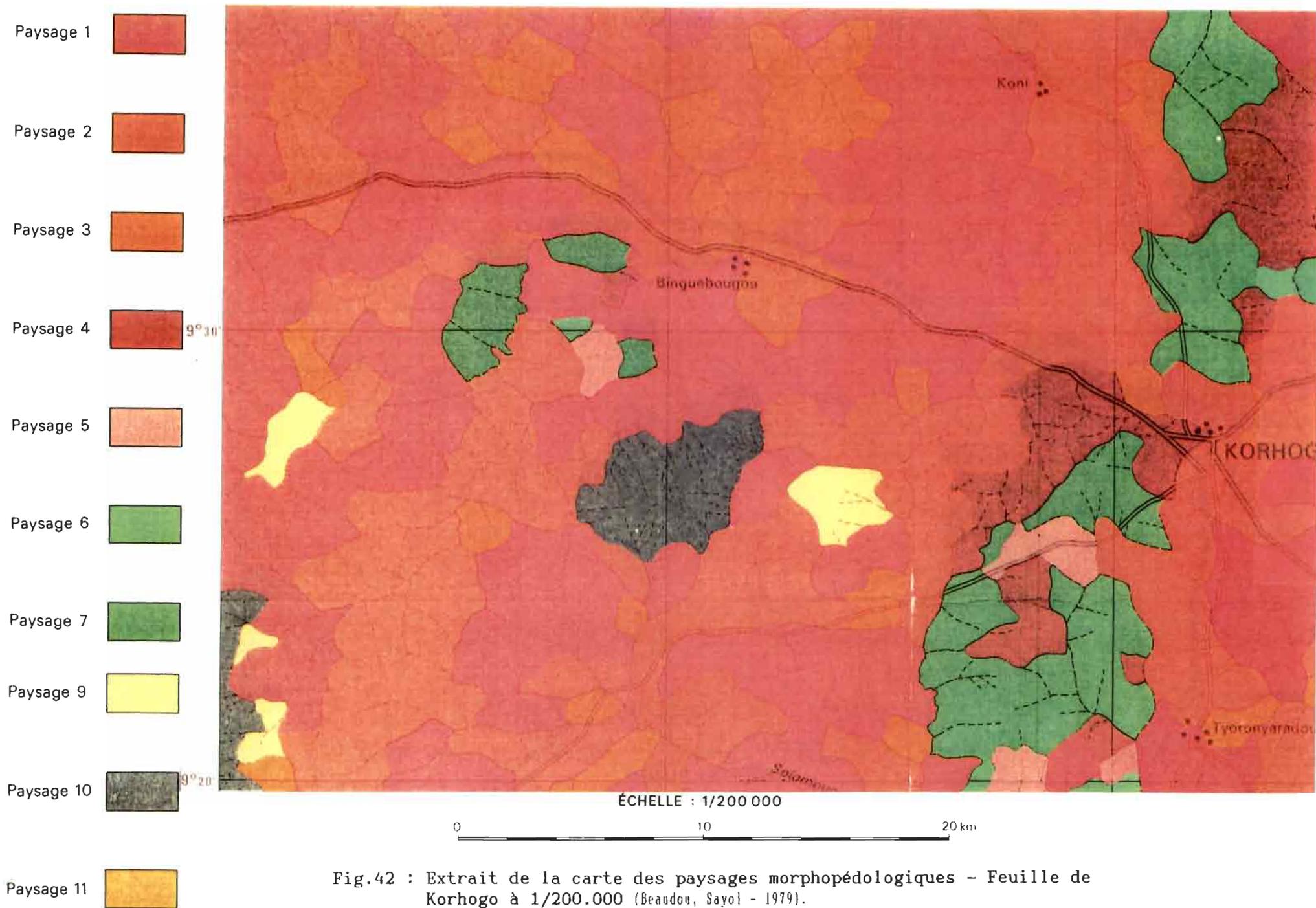


Fig.42 : Extrait de la carte des paysages morphopédologiques - Feuille de Korhogo à 1/200.000 (Beaudou, Sayol - 1979).

Géomorphologie - Topographie								Pédologie					Botanique	
Surface (m ² - %)	Dénivelée (m)	Unités de carte - UC	Extension (ha ou m)	Ensembles pédologiques	Modèle	Pente (%)	Drainage externe	Morphologie des sols	Drainage interne	Rétention en eau	Lapidon (%)	Profondeur stérile Topolite	Type de Végétation	
032 km ² (3,3% ville de Korhogo)	20-50 Moyenne 30-35	Sommet d'interfluve (UC 11)	3 catégories 5-20ha 80-120ha 200-500ha	Plateau Lapideux Stéritique	Plan	0-2	Moyen à Lent	• ANAPEXOLS : Stérite • ORTHOPEXOLS Leptiques, Brachiques : Stérite	Faible à nul	Très faible du mille	30 à 74,55	0-80cm	Savane arborescente à arborescente	
								• ORTHOPEXOLS Leptiques, Brachiques : Lapidon • ANAPEXOLS : Lapidon	Bon	Bonne	30 à 74,55	/		
				Plateau Strudichomique	Plan	0-2	Moyen à Lent	• ORTHOPEXOLS Brachiques, Pachiques, Bathiques ; Strudichon Altérite.	Bon	Très Bonne	0-15	/	Savane arborescente à Gaiées	
					Plateau Réductif	Légerement Concave	1-3	Lent à Très Lent	• ORTHOPEXOLS Leptiques, Brachiques : Oxydon/Réduction/Alfagi, Stérite • HUMOPEXOLS Leptiques, Brachiques : Réduction	Faible à Très faible	Bonne à Très Bonne	0-15	25-80 cm	Savane herbacée et arborescente
		Haut de versant (UC 13)	300 à 800	Zone record. Lapideux Alti/Strudich.	Rectiligne Concave	25-50	Rapide	• ANAPEXOLS : Lapidon/Strudichon • ORTHOPEXOLS Bathiques : Altérite	Bon	Bonne	15-740 0-15	/	Savane boisée	
				Amont Lapideux Alti/Strudich.	Rectiligne Oblique	2.5	Moyen	• ORTHOPEXOLS Leptiques, Brachiques, Pachiques, Bathiques : Altérite ou Lapidon/Altérite	Bon	Bonne	0-74,55	/	Savane arborescente	
				Aval Lapideux Stéritique	Rectiligne oblique	2.5	Moyen	• ORTHOPEXOLS Pachiques, Brachiques : Lapidon / Stérite • ANAPEXOLS : Stérite	Bon	Bonne	30-45/55	0-80cm	Savane arborescente	
		Bas de versant (UC 14)	100 à 400	Amont Stéritique	Rectiligne oblique	2.5	Moyen	• ANAPEXOLS : Stérite • ORTHOPEXOLS Leptiques, Brachiques : Stérite	Faible	Faible moyenne	0-15	0-80cm	Savane arborescente à herbacée	
				Aval Lapideux Stéritique Réductif	Rectiligne Concave	3-6	Moyen à Lent	• ORTHOPEXOLS Brachiques : Lapidon / Stérite • HUMOPEXOLS Leptiques : Lapidon / Stérite / Réduction	Faible	Moyenne	0-15	0-80cm	Savane herbacée	
		Plaine alluviale	100 à 700	Réductif	Plan	0-1	Lent à Très Lent	• HUMOPEXOLS Leptiques, Brachiques : Réduction	Faible	Bonne	/	/	Savane herbacée	

Fig.43 : Extrait de la légende de la carte des paysages morphopédologiques -
Feuille de Korhogo à 1/200.000 - Paysage 1, Plateaux et témoins
cuirassés (Beaudou, Sayol -1979).

Ce segment morphopédologique, ainsi que nous l'avons déjà montré, se caractérise par une limite très nette, soulignée par un fort ressaut cuirassé. La corniche possède une hauteur variant entre un et plusieurs mètres. La pente de la facette (du segment) est pratiquement nulle. Sa surface est en général plane mais peut aussi présenter de légères ondulations. L'analyse pédologique de ce segment, sur plusieurs plateaux, a permis de mettre en évidence trois ensembles pédologiques inégalement représentés.

- Un ensemble stéritique et lapidique très largement dominant (80 à 90% de la superficie). Dans la majorité des cas il occupe la totalité du segment comme dans l'exemple KORB 35.

- Un ensemble structichromique (5 à 15/20% de la superficie). Il est pratiquement toujours observé sur les plateaux de grande extension.

- Un ensemble (Fragi).stéritique/Oxydo/réductique et réductique. Toujours de très faible importance, sa présence est exceptionnelle. Il n'a été décrit que sur les plateaux les plus grands.

Dans cette légende sont donc rassemblés plusieurs niveaux d'information qui suivent l'emboîtement des structures et correspondent aux volumes suivants :

+L'horizon : avec les corps naturels élémentaires qui le composent ainsi que certaines caractéristiques telles que la texture, la "structure" des pédotypes meubles ou encore la couleur.

+Le sol : présenté de deux façons différentes :

- la première, structurale, met l'accent sur l'apexol et l'infrasol, ainsi que sur les horizons qui les composent.

- la seconde fait appel aux termes de classification des sols (Classification CPCS).

Pour accompagner la figure 42, extrait de la carte des paysages morphopédologiques de Korhogo, nous citerons, comme exemple, la légende du paysage 1 (plateaux et témoins cuirassés). Elle se partage en trois volets principaux :

- Le premier concerne essentiellement le paysage et ses caractéristiques topographiques :

- + la superficie
- + la dénivelée
- + les unités cartographiques
- + l'extension des unités cartographiques

- + les ensembles pédologiques
- + le modelé
- + la pente
- + le drainage externe estimé

- Le second se rapporte plus particulièrement au contenu pédologique :

- + le type de sol
- + le drainage interne (estimé)
- + la capacité de rétention en eau (estimée)
- + le pourcentage de lapidon
- + la profondeur de la limite apexol/infrasol lorsqu'elle est soulignée par un stérile ou un topolite.

- Le troisième présente la végétation de façon très simplifiée.

Le paysage morphopédologique est alors identifié en faisant appel à différents types de données :

- celles traitant du sol : elles s'expriment essentiellement par l'intermédiaire des concepts d'apexol et d'infrasol. On leur adjoint, dans la mesure du possible, quelques caractéristiques estimées, concernant la dynamique de l'eau.

- celles exprimant les traits essentiels de la topographie (pente, dénivelée, forme des facettes,...).

- celles caractérisant la végétation.

Nous retrouvons donc, dans cette légende, la succession des volumes que nous avons précédemment mis en évidence lors de l'analyse des toposéquences (premier chapitre). Ces différents volumes emboîtés se déduisent les uns des autres de la manière suivante :

. Le paysage

- !
 - !--> Les segments (unités cartographiques)
 - +la végétation
 - +les facettes
 - !
 - !--> -la forme
 - la pente
 - +les sols
 - !
 - !--> -apexol
 - infrasol
 - !
 - !--> horizons
 - !
 - !--> corps naturels

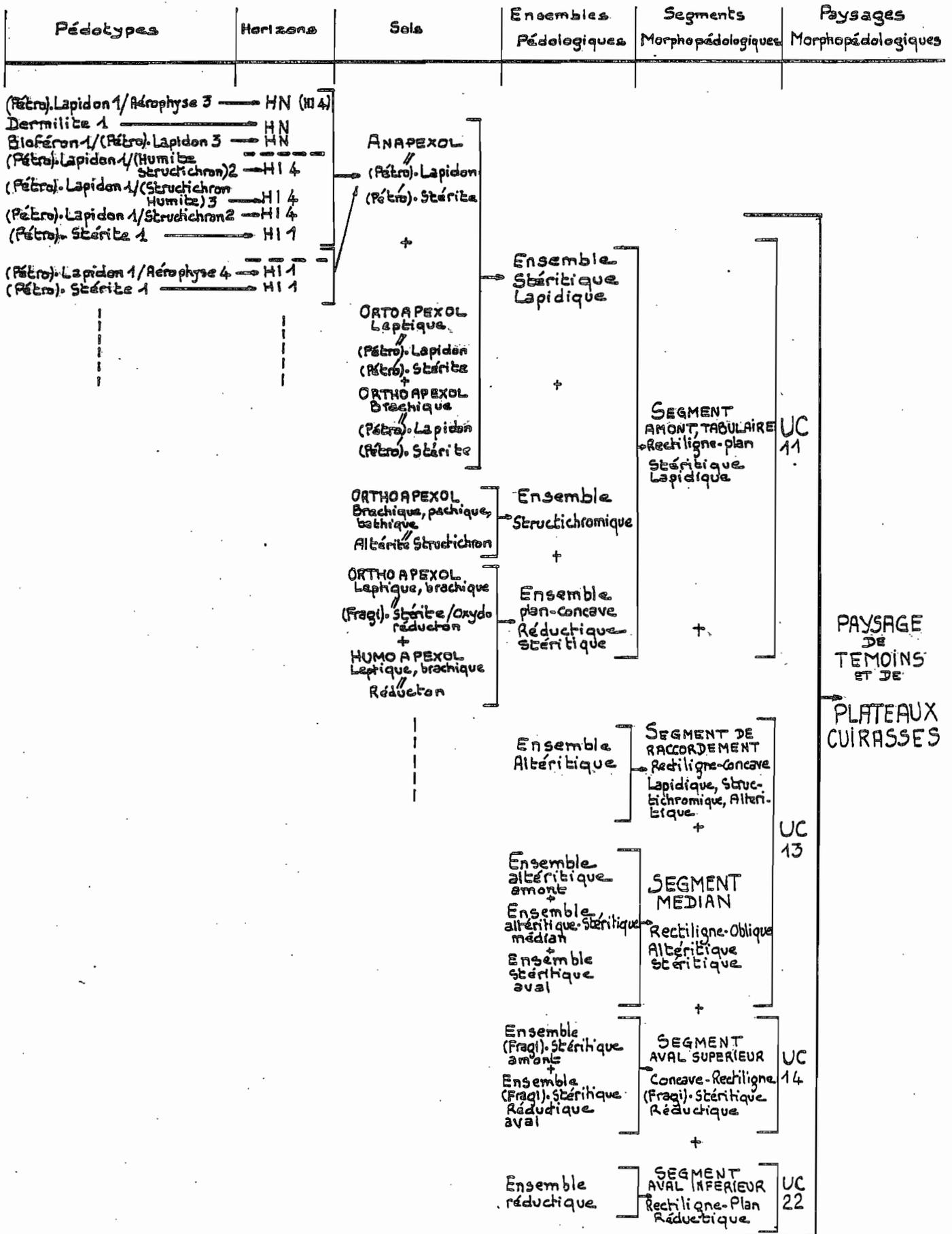


Fig.44 : Image information structurale du paysage de plateaux et témoins cuirassés de Korhogo.

Horizons et corps naturels élémentaires, "premières structures" reconnues sur le terrain et qui ont permis en grande partie de construire cette légende, n'apparaissent plus à ce niveau de l'analyse structurale. Les schémas, présentés dans l'introduction (Fig. 1) et illustrant l'évolution de la part prise par chacune des structures du milieu physique dans la caractérisation des paysages, trouvent ici leur confirmation.

REMARQUE : Il faut également insister sur la présence d'un volume "partiellement artificiel", l'unité cartographique, dont nous avons déjà parlé. Ce volume nous est, en fait, imposé par l'échelle de restitution choisie. Mais le choix de ses limites nous autorise, dans la plupart des cas, à confondre unité cartographique et segment morphopédologique. Toutefois, dans certaines situations, lorsque les segments morphopédologiques n'ont qu'une extension très limitée, nous sommes contraints de rassembler plusieurs segments à l'intérieur d'une seule unité cartographique (cf unité 13, fig 44).

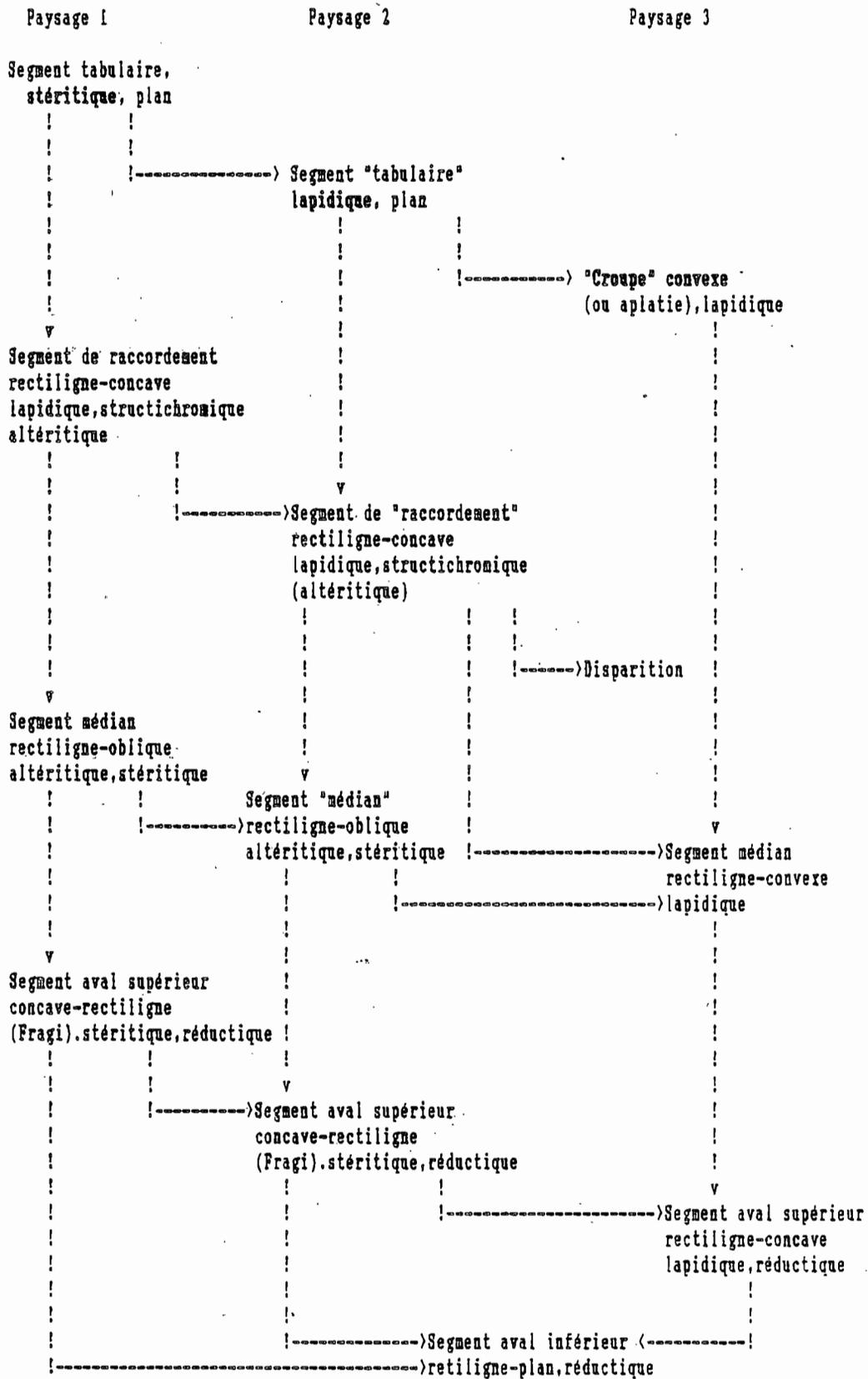
Nous pouvons maintenant donner une image-information du paysage. C'est une image fixée, sur laquelle tous les volumes existent, du corps naturel élémentaire jusqu'au paysage, en passant successivement par l'horizon, le sol, l'ensemble pédologique, le segment. Chacun d'entre eux est caractérisé par une information précise et spécifique ainsi que le montre la figure 44.

Le schéma que nous avons présenté de façon théorique dans la première partie de cet ouvrage (cf paragraphe "les chemins d'information", p.253), se trouve ainsi vérifié par cet exemple réel du nord de la Côte d'Ivoire.

Nous pourrions mener notre analyse structurale plus avant et compléter le schéma de la figure 44 par une dernière colonne. Il existe, en effet, des relations assez étroites entre divers paysages représentés sur les cartes (Fig. 40 et 42), ainsi que le prouvent les informations géomorphologiques, topographiques et pédologiques. Il est ainsi possible de rapprocher :

- le paysage de plateaux et de témoins cuirassés (et longs versants rectilignes). Paysage 1
- le paysage de plateaux et de témoins cuirassés partiellement démantelés (et longs versants rectilignes). Paysage 2
- le paysage de collines légèrement convexes ou plan-convexes. Paysage 3

Ces trois paysages permettent d'identifier une région -volume d'ordre supérieur- que nous pourrions caractériser par les chemins d'information (information en mouvement) suivants :



Cette région est identifiée par le passage d'un modelé tabulaire suivi d'un versant rectiligne à un modelé de colline plan-convexe à versant rectiligne-convexe. Son contenu pédologique passe de stéritique à lapidique (oxydique, stéritique et nodulaire). Nous pourrions la qualifier, plus simplement, de région de plateaux stéritiques et de collines plan-convexes lapidiques. Il s'agit maintenant d'une information fixée, qualifiant un type de région par des informations de pédologie et de géomorphologie. Ceci illustre bien le besoin de fixer l'information pour communiquer le résultat de l'analyse des relations entre les paysages. Pour caractériser le type, nous utilisons ainsi une quantité d'information réduite, spécifique, qui s'applique strictement à ce volume et ne doit plus être modifiée.

En suivant un raisonnement analogue, nous sommes également en mesure de rassembler, dans une autre région, les paysages suivants :

- d'inselberge et de massifs de roches leucocrates
- de collines à sommets irréguliers, riches en affleurement rocheux leucocrates et versants rectilignes
- de collines à sommets irréguliers, partiellement rocheux (leucocrates) et versants convexes
- de croupes subaplanies convexes-concaves

D'autres possibilités sont offertes et d'autres chemins d'information peuvent être envisagés, à partir desquels nous arriverons à d'autres types de régions, tous identifiés par une image information fixe.



C'est donc par l'intermédiaire de la légende de la carte que s'exprime l'analyse structurale du milieu. Cette constatation confirme ainsi l'importance du rôle joué par l'information dans une telle approche. Pour caractériser les différentes structures que nous avons mises en évidence ou observées, nous employons une information fixée, très différente de celle utilisée dans l'analyse des toposéquences pour lesquelles nous ne recherchions pas de types.

La caractérisation des ensembles structuraux fait largement appel au concept de corps naturel élémentaire. Mais celui-ci perd progressivement de son importance en tant qu'élément d'information unique pour partager ce rôle avec d'autres informations provenant d'autres domaines scientifiques. Cela apparaît de façon sensible dès que sont identi-

fiés les segments morphopédologiques et s'accentue lorsqu'il s'agit de paysages ou de régions.

Le but des cartes d'inventaire n'est pas de répondre à des questions précises de développement, mais plutôt de rassembler, sous une forme condensée et facile à exploiter, les informations qui permettront d'orienter, par la suite, les recherches vers ces réponses. Les cartes d'inventaire et leur légende représentent en fait, des images, des modèles de l'organisation générale de certaines composantes du milieu physique qui se traduisent par une succession de structures, de types emboîtés. Si nous replaçons, sur ces ensembles structuraux spatialement délimités, les divers chemins d'information que nous pouvons mettre en évidence, nous obtenons un premier schéma "fonctionnel" de ces unités.

2- UNE CARTE INTEGREE A L'ECHELLE DU 1/200.000 : LA NOUVELLE CALEDONIE

A la suite d'une demande du Territoire de Nouvelle Calédonie concernant l'élaboration, dans des délais très brefs, d'un document devant permettre d'établir de grands projets régionaux de développement agricole et agro-pastoral, nous avons été amené à rechercher une forme de réponse facile à exploiter par les responsables du développement et contenant un maximum de données. Les impératifs de temps et la présence de nombreux documents cartographiques à grande échelle nous ont dirigé, tout naturellement, vers une carte de synthèse à l'échelle du 1/200.000 qui nous permettait de "couvrir" l'ensemble du Territoire par un nombre limité de documents. Une telle réalisation concernait donc les chercheurs habitués aux inventaires (géologue, botaniste, géomorphologue, pédologue), les chercheurs qui conduisent des expérimentations (agronomes, phytopathologistes, entomologistes, ...), les praticiens de terrain qui guident et conseillent les agriculteurs et enfin, les agriculteurs eux-mêmes. Nous étions donc en face d'une très grande quantité de données d'origines très variées et qui concernaient des domaines scientifiques aussi bien que techniques.

De quelle manière présenter les résultats et sur quels principes se baser pour construire une réponse intégrée et homogène ? Le plus simple consistait à rassembler les données édaphiques du milieu et de certaines plantes dont la culture était envisagée, puis de les confronter aux moyens que nous possédions de palier les différentes contraintes attachées au milieu physique et aux plantes. Ces différents moyens étaient à la fois le résultat d'expérimentations et de l'expérience. Pour achever ce travail il était indispensable de

rapprocher tout cela des impératifs socio-économiques définis par les responsables du développement.

L'application de ces principes nous a permis de réaliser très rapidement une carte morphopédologique intégrée de la Nouvelle Calédonie à l'échelle de 1/200.000. Un extrait en est présenté sur la figure 45. Pour accompagner cette carte, nous avons conçu une légende comportant deux volets :

- Le premier se rapporte aux caractéristiques morphologiques et structurales de certaines composantes du milieu physique (Fig. 46 et 47).
- Le second a trait aux possibilités d'utilisation des paysages en fonction de certaines filières agricoles ou agro-pastorales (Fig. 50 et 51).

a- La légende morphopédologique

Nous présenterons, à titre d'exemple, deux unités cartographiques. Etant donné l'importance du rôle joué en Nouvelle Calédonie par la nature des roches dans la détermination du modelé des paysages et de leur contenu pédologique, nous avons choisi cette composante pour désigner les unités cartographiques. Celles-ci rassemblent assez fréquemment plusieurs types de paysages.

+ Unité 1 : Ensemble morphopédologique sur roches basiques (flysch et calcaire) (Fig. 46).

Dans cette unité nous distinguons deux sous-ensembles (selon le type de roche) :

. Sur flysch : Un paysage convexe à convexo-concave dans lequel nous avons discerné deux cas en fonction des extensions différentes de leurs versants.

-le premier est formé de deux segments :

. = A l'amont (segment A) :
la pente est très forte, convexe
les sols sont peu ou très peu épais. Il s'agit d'humopexols et d'orthoapexols leptiques sur altérite et/ou sur calcoalteite (sols bruns, sols peu évolués)

= A l'aval (segment B) :
la pente est plus faible, convexo-concave
les sols sont plus profonds et deux ensembles pédologiques s'individualisent selon de la forme de la pente :

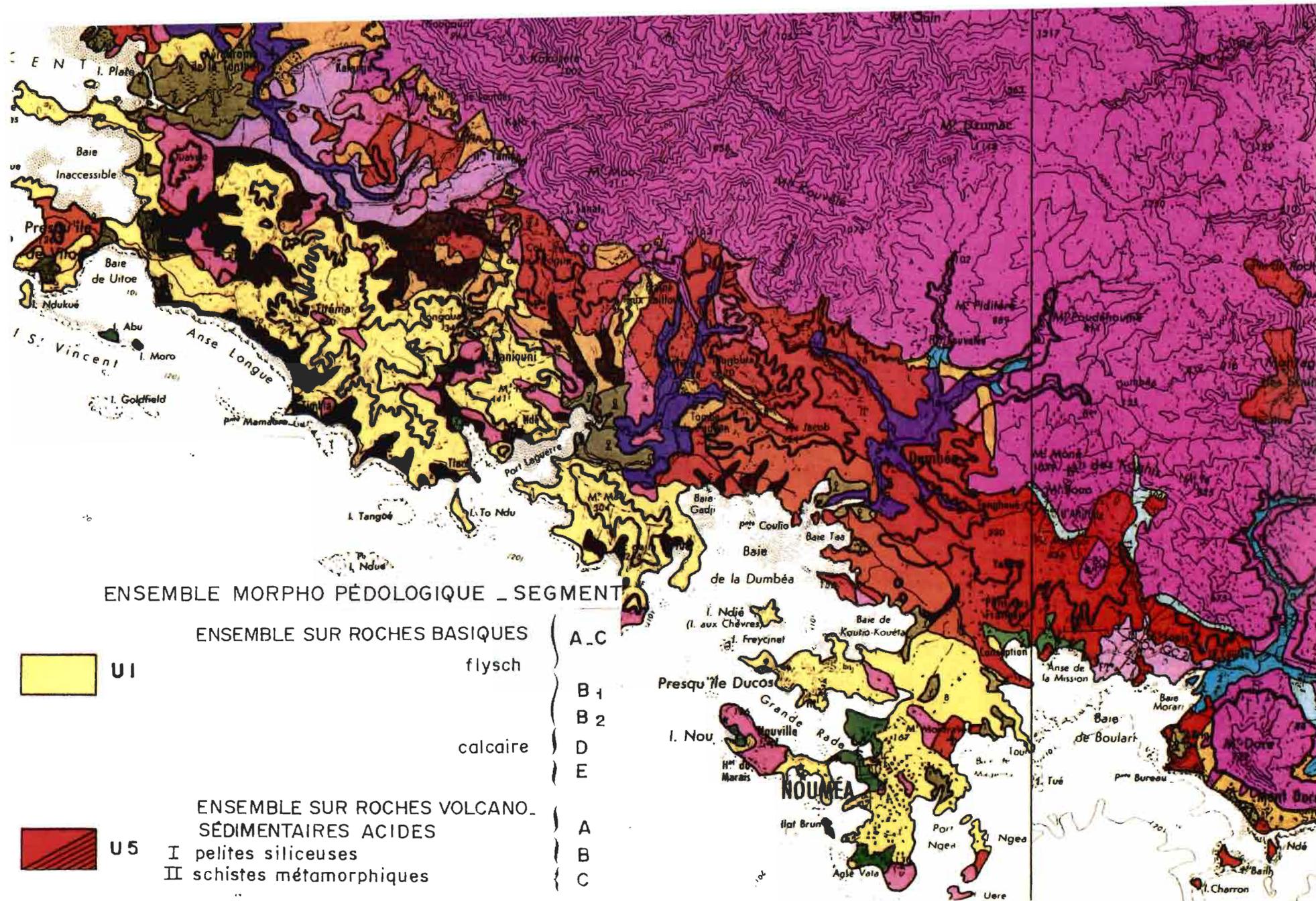


Fig.45 : Extrait de la carte morphopédologique de Nouvelle Calédonie à 1/200.000 (Podwojewski, Beaudou - 1987).

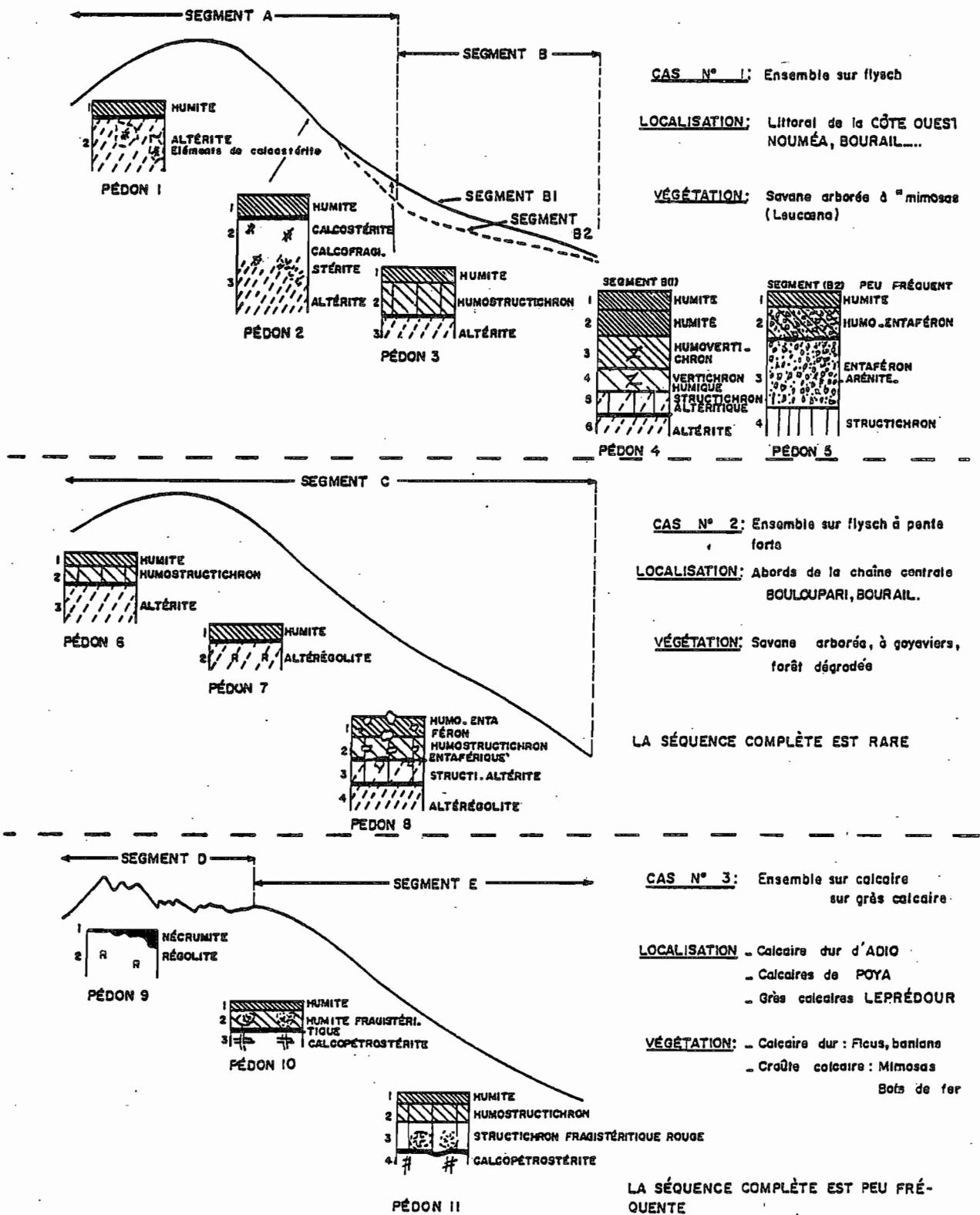
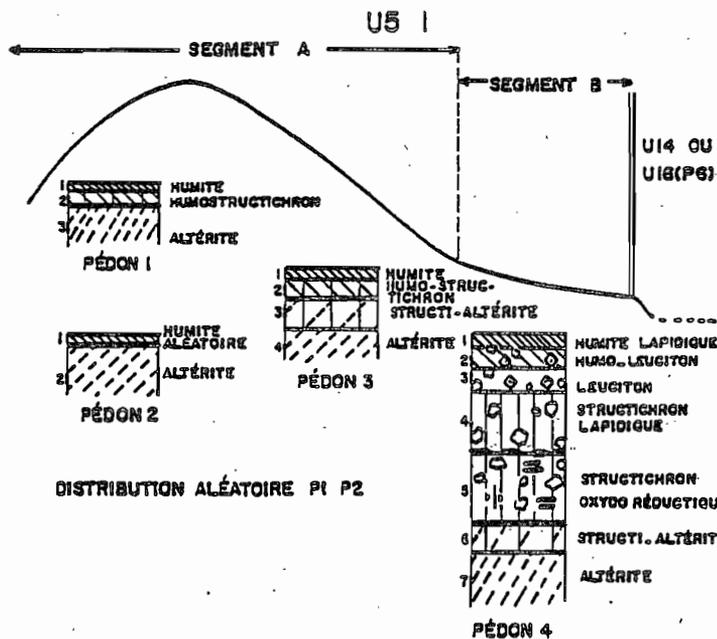


Fig.46 : Extrait de la légende de la carte morphopédologique de Nouvelle Calédonie - Unité 1 : les segments et les paysages (Podwojewski, Beaudou - 1987).



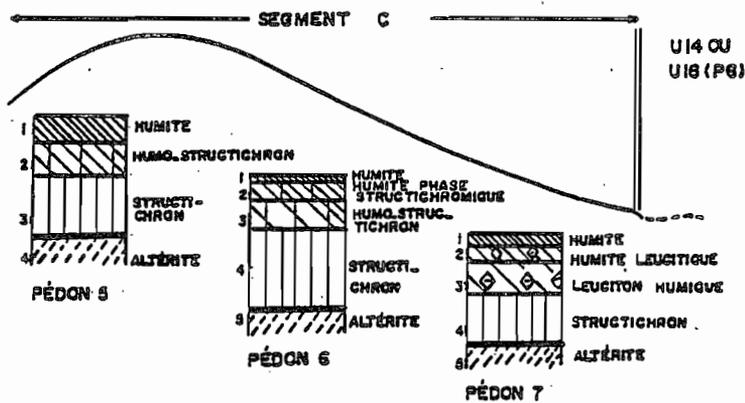
CAS N° 1 : Collines à pentes fortes sur les formations à charbon et les paltes siliceuses

LOCALISATION : Ensemble du territoire

VÉGÉTATION : Savane à niaoulis souvent rabaugrés à nombreuses fougères

PÉDON 4 : SOUVENT ALÉATOIRE

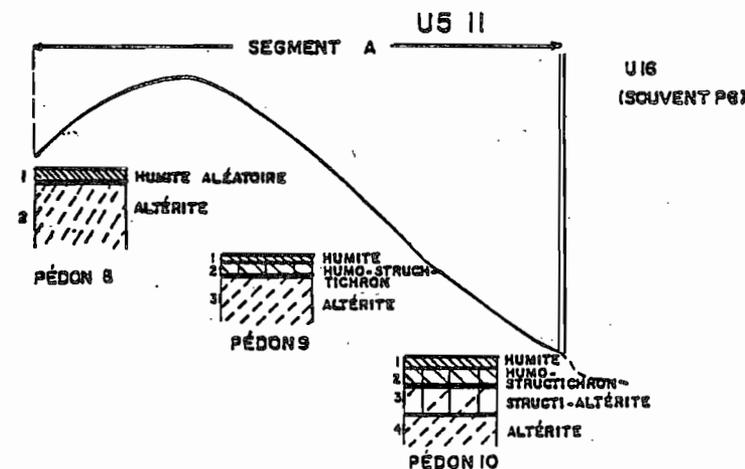
PARFOIS ON NOTE LA PRESENCE DU SEGMENT C ENTRE LES SEGMENTS A ET B



CAS N° 2 : Collines à pentes régulières régulières sur formations à charbon et volcano sédimentaire anté Permien

LOCALISATION : Cet ensemble morphopédologique est associé aux ensembles des unités U5 I et U5 II

VÉGÉTATION : Savane à niaoulis, à nombreuses fougères



CAS N° 3 : Collines à pentes fortes très érodées sur prisme sédimentaire indifférencié

LOCALISATION : NORD CALÉDONIEN, région de OUGÉOA, BOAT PASS, TIABET

VÉGÉTATION : Savane à niaoulis, avec goyaviers, parfois mimosas, nombreux lantanas

PÉDON 8 : LE PLUS FRÉQUENT

Fig.47 : Extrait de la légende de la carte morphopédologique de Nouvelle Calédonie - Unité 5 : les segments et les paysages (Podwojewski, Beaudou - 1987).

♦ pente régulièrement décroissante : orthoapexols brachiques et pachiques, vertiques sur altérite (segment B1) (sols bruns, bruns vertiques et vertisols).

♦ pente à décroissance brusque : humoapexols et/ou orthoapexols brachiques sur entaféron arénique (segment B2) (sols peu évolués colluviaux).

-le second, d'extension beaucoup plus limitée, se caractérise par la présence d'un segment unique, convexe ou convexe faiblement concave, identique au segment A du premier cas.

.Sur calcaire : un paysage d'extension beaucoup plus limitée qui se caractérise par un seul type formé de deux segments :

= A l'amont (segment D)

une surface à pente faible, très irrégulière, avec de nombreux affleurements calcaires

les sols sont de deux types :

♦ anapexols sur topolite (lithosol)

♦ humoapexols leptiques sur topolite (entre les affleurements rocheux) (rendzines)

= A l'aval (segment E)

la pente est forte, rectiligne concave

les sols sont plus profonds. Il s'agit d'orthoapexols brachiques et pachiques (parfois vertiques) sur (Pé- tro).stérite calcique (sols fersiallitiques).

Pour compléter la légende morphopédologique, le tableau 4 rappelle les principales caractéristiques topographiques.

	RISQUE D'INONDATION	PENTE %	SENSIBILITE A L'EROSION	PIERROSITE DE SURFACE	DRAINAGE EXTERNE	EPAISSEUR DU SOL	DEGRE DE VARIABILITE
Segment A	NUL	FORTE >30%	FORTE	FAIBLE A NULLE	RAPIDE	FAIBLE 10-30 cm	FAIBLE
Segment B	NUL	MOYENNE 5 - 15%	MOYENNE	FAIBLE A NULLE	RAPIDE	MOYENNE 40-80+	MOYEN A ELEVE
Segment C	NUL	FORTE >30%	FORTE	MOYENNE A FORTE	RAPIDE	FAIBLE 20-40 cm	FAIBLE
Segment D	NUL	NULLE A TRES FORTE 0->30%	FORTE	VARIABLE SOUVENT TRES FORTE	RAPIDE	FAIBLE A NULLE 0-20	ELEVEE
Segment E	NUL	FORTE >30%	FORTE	FAIBLE A NULLE	RAPIDE	FAIBLE 20-50%	MOYEN

Tableau 4 : Les principales caractéristiques topographiques et morphologiques des types de segments de l'unité 1 (Podwojewski, Beaudou - 1987).

Le tableau 5 apporte quelques données analytiques. Ces informations chimiques ne concernent que quelques sols et leurs horizons les plus significatifs. Elles ne sont mentionnées qu'à titre indicatif afin d'aider à une première sélection des sols. Le nombre d'analyses effectuées est beaucoup trop limité pour que les résultats puissent avoir une signification générale. D'autres analyses doivent être impérativement réalisées avant tout projet d'utilisation des sols.

	TEXTURE	pH	M.O. %	N %	C/N	P ₂ O ₅ %	Ca ⁺⁺ mé/100g	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺	T	S/T %	Ca Mg	Ca+Mg K	Na/ T	Al/ Al+S
P1.1	S.a.l.	6,2	3,9	1,7	13	0,7	19	9	0,6	0,2	-	29	SAT	2,1	47	<1	-
p3.1	A.l.s.	6,3	6,3	2,4	15	0,4	24	15	0,6	0,2	-	50	82	1,6	65	<1	-
p3.2	A.l.s.	6,5	3,8	1,5	14	0,3	25	16	0,3	0,4	-	50	85	1,6	>100	<1	-
p4.1	A.l.s.	6,6	6,3	2,3	16	0,6	30	18	0,8	0,3	-	55	90	1,7	60	<1	-
p4.2	A.	7,7	2,0	0,7	16	0,3	28	24	0,2	2,2	-	61	89	1,2	>100	3,6	-
p4.3	A.	8,3	1,3	0,5	15	0,2	21	27	0,1	4,0	-	56	94	0,8	>100	7,1	-
p4.4	A.A.	8,6	-	-	-	-	20	27	0,1	5,1	-	55	95	0,7	>100	9,3	-
p5.1	S.a.l.	7,6	4,9	2,0	14	0,9	24	11	1,7	0,3	-	35	SAT	2,2	20	<1	-
p5.2	S.A.	7,3	1,6	0,8	11	0,6	23	11	0,3	0,3	-	35	SAT	2,1	>100	<1	-
p5.3	S.A.	7,1	0,5	0,3	10	0,5	19	10	0,1	0,4	-	30	SAT	1,9	>100	1,3	-
p8.1	L.A.S.	6,3	6,4	2,3	16	0,5	13	2,2	0,5	0,3	-	24	70	5,9	30	1,2	-
p8.2	A.l.s.	6,3	2,9	1,3	13	0,3	16	4,5	0,2	0,5	-	31	74	3,5	>100	1,6	-
p8.3	A.	6,6	2,2	1,2	10	0,2	22	5,2	0,2	0,6	-	35	87	4,2	>100	1,7	-
p9.1	-	7,3	6,1	2,9	12	3,6	21	3,7	1,9	0,5	-	20	SAT	5,7	13	2,6	-
p11.1	A.l.s.	7,2	13	7,7	11	2,1	40	3,7	0,3	0,2	-	53	83	11	>100	<1	-
p11.2	A.	7,7	3,2	2,5	8	1,3	31	2,5	0,5	0,3	-	40	88	12	67	<1	-
p11.3	A.	8,0	1,9	1,6	7	1,0	42	3,7	0,3	0,3	-	30	SAT	11	>100	1	-

Tableau 5 : Quelques données analytiques des principaux types de sols et d'horizons de l'unité I (Podwojewski, Beaudou - 1987).

Les caractères chimiques marquants des sols peuvent se résumer ainsi :

- les sols ont un pH faiblement acide à basique
- le complexe d'échange est saturé en bases
- le rapport Ca/Mg est supérieur à 1
- les teneurs en potassium échangeable et en phosphore total sont faibles

Toutes les informations que nous venons de détailler sont visualisées sur la figure 46. Elle donne une image schématique du paysage et positionne les segments identifiés par un type de sol (plusieurs lorsqu'il existe plusieurs ensembles pédologiques). La limite infrasol/apexol est marquée par un trait plus fort. Chaque horizon est décrit par un corps naturel élémentaire dominant. Nous retrouvons, encore une fois, une suite de structures, de types emboîtés.

REMARQUE : les figurés utilisés dans les différentes légendes morphopédologiques des cartes de Nouvelle Calédonie sont rassemblés sur la figure 48.

+ Unité 5 : Ensemble morphopédologique sur roches volcanosédimentaires acides et sur schistes métamorphiques (Fig. 47).

Deux sous-ensembles ont été distingués en fonction du type de roche :

.Sur formation à charbon et pélites siliceuses.

Deux types de paysages apparaissent :

-Collines à forte pente :

= A l'amont (segment A)

la pente convexe-rectiligne est très forte

l'érosion est intense

l'épaisseur des sols, très variable, est généralement faible, parfois nulle. Nous observons :

♦ anapexols sur altérite (régosols)

♦ humoapexols leptiques sur altérite (sols peu évolués d'érosion)

♦ orthoapexols leptiques à pachiques et bathiques sur altérite (sols bruns acides et fersiallitiques)

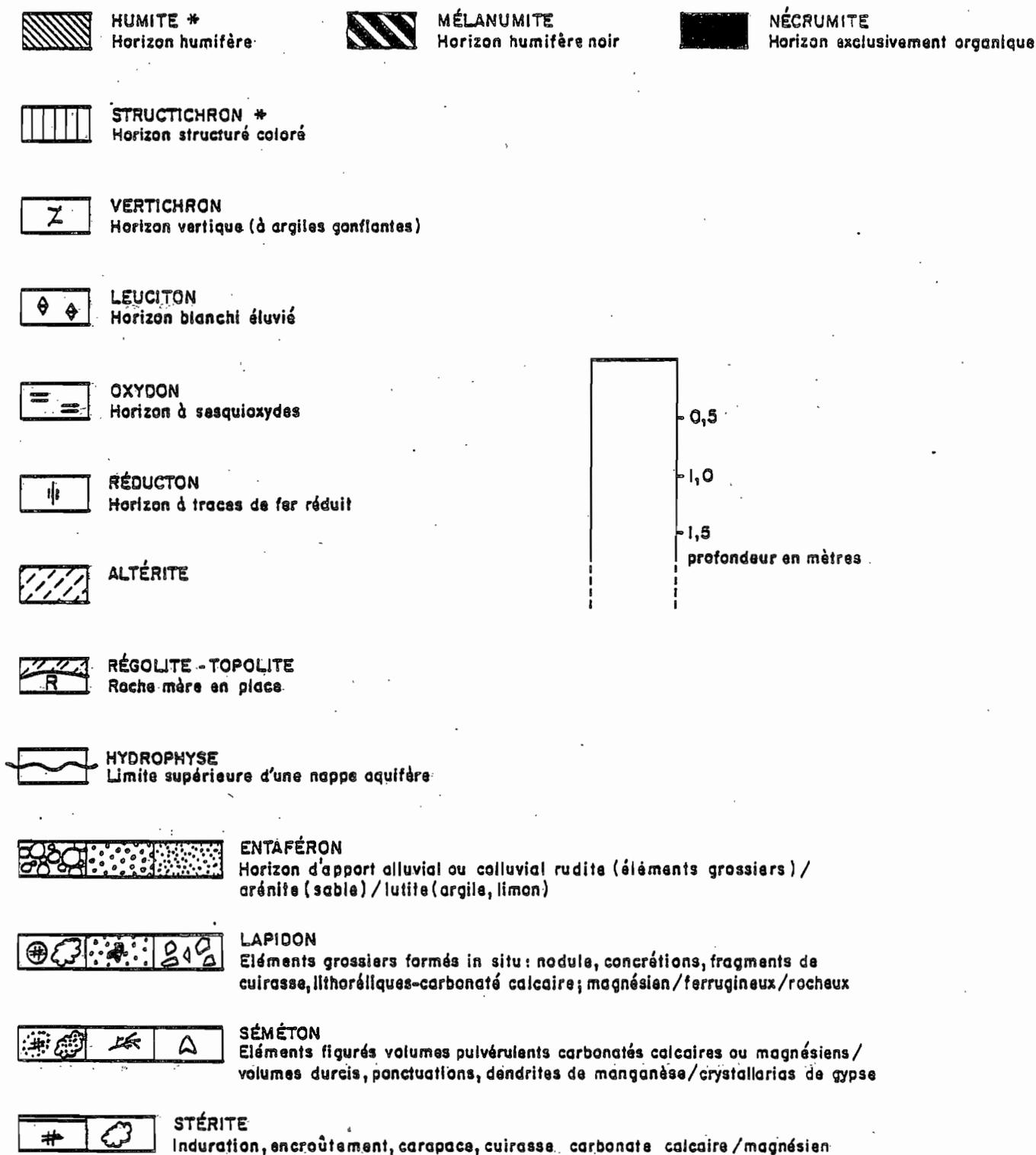
= A l'aval (segment B)

la pente concave est sensiblement plus faible

le lessivage est intense

les sols sont relativement épais et nous observons :

♦ orthoapexols leptiques à pachiques, leucitiques sur altérite (sols fersiallitiques lessivés)



* L'augmentation de l'écart des hachures correspond à une diminution de leur importance

Fig.48 : Liste des figurés utilisés pour les légendes morphopédologiques (cf Fig.46, 47 et 53).

- Collines à pentes régulières, rectilignes (segment C)

= A l'amont (ensemble pédologique représenté par les pédon 5 et 6)

la pente convexe à convexe-rectiligne est accentuée
l'érosion est encore sensible
les sols sont moyennement épais :

♦ orthoapexols brachiques sur altérite (sols bruns acides, sols fersiallitiques)

= A l'aval (ensemble pédologique représenté par le pédon 7)

la pente rectiligne faiblement concave est encore assez marquée
les sols sont moyennement épais :

♦ orthoapexols brachiques à pachiques, leucitiques (sols fersiallitiques lessivés)

. Sur roches volcano-sédimentaires acides

Deux types de paysages apparaissent :

- sur roches anté-permiennes : paysage identique à celui décrit sur la figure 47 (cas n°2)

- sur schistes métamorphiques triasiques et éocène inférieur

= A l'amont (ensemble pédologique représenté par les pédon 8 et 9)

la pente, convexe et convexe-rectiligne, est accentuée
l'érosion est importante
les sols sont très peu épais :

♦ anapexols sur altérite (sols régosoliques)

♦ humoapexols leptiques sur altérite (sols peu évolués d'érosion)

= A l'aval (ensemble pédologique représenté par le pédon 10)

la pente, rectiligne-oblique, est assez forte
l'érosion est importante
les sols sont d'épaisseur variable, mais toujours assez faible :

♦ orthoapexols leptiques à pachiques sur altérite (sols bruns acides, sols fersiallitiques)

Toutes ces informations se retrouvent sous forme graphique sur la figure 47 (les figurés utilisés sont explicités par la figure 48).

Le tableau 6 rassemble quelques informations analytiques. Les caractères chimiques les plus marquants de ces sols peuvent se résumer ainsi :

- le pH est acide ou très acide
- le taux d'aluminium échangeable est élevé et les risques de toxicité aluminique sont importants
- le complexe d'échange est fortement désaturé en bases
- les valeurs du rapport Ca/Mg sont comprises entre 0.1 et 1

	TEXTURE	pH	M.O. %	N %	C/N	P ₂ O ₅ %	Ca ⁺⁺ mg/100g	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺⁺⁺	T	S/T %	Ca Mg	Ca+Mg K	Na% T	Al% Al+S
p1.1	A.l.s.	5.0	3	2	11	0.3	0.08	0.7	0.2	0.2	-	18	7	0.1	4	1.5	-
p1.2	A.	4.8	0.9	1	4	0.3	0.03	0.3	0.1	0.08	2	18	3	0.1	3	<1	60
p3.1	S.a.	5.4	4.0	2	14	0.6	3	1	0.2	0.05	-	11	46	2	25	<1	-
p3.2	S.a.	5.4	2.0	0.9	12	0.6	2	1	0.2	0.08	-	7	50	2	20	1	-
p3.3	S.a.	4.6	0.8	0.4	11	0.4	0.7	1	0.05	0.09	0.5	5	40	0.6	40	1.5	20
p3.4	A.s.	4.2	0.6	0.6	6	0.3	0.4	2	0.02	0.3	5.5	11	30	0.2	>100	3	63
p3.5	A.A.	4.4	-	-	-	-	0.03	3	0.08	0.4	16	22	16	0.02	40	2	82
p4.1	A.l.s.	4.7	2.5	2	9	0.4	0.9	3	0.3	0.1	6	25	20	0.3	15	<1	55
p4.2	A.	4.3	1.2	2	4	0.4	0.2	2	0.2	0.2	11	19	14	0.08	11	<1	81
p4.3	A.l.s.	4.8	0.4	2	2	0.4	0.1	1	0.08	0.2	14	20	9	0.1	18	1	89
p6.1	S.a.l.	6.1	4	1	17	0.3	3	4	0.2	0.3	-	13	51	0.8	25	2	-
p6.2	L.A.S.	5.2	1	0.8	11	0.2	1	3	0.09	0.5	5	15	31	0.4	45	3	-
p6.3	A.l.s.	5.0	1	0.9	7	0.1	0.4	4	0.08	0.8	11	22	23	0.1	54	4	68
p6.4	A.	5.2	0.7	0.9	4	0.1	0.3	6	0.2	1	18	32	26	0.04	30	5	68
p7.1	L.A.S.	4.9	4	1	17	0.5	3	3	0.3	0.08	4	22	30	0.8	21	<1	40
p8.1	L.a.s.	6.0	4	2	15	0.5	6	4	1	0.7	-	14	65	1.3	10	5	-
p8.2	L.a.s.	5.4	2	1	12	0.4	2	4	0.5	0.8	-	17	44	0.5	12	5	-
p8.3	L.a.s.	5.9	-	-	-	0.5	2	5	0.4	1.2	-	18	51	0.3	16	7	-

Tableau 6 : Quelques données analytiques des principaux types de sols et horizons de l'unité 5 (Podwojewski, Beaudou - 1987).

Le tableau 7 regroupe et résume les informations concernant la morphologie des différents types de segments que nous avons mis en évidence à la suite de cette analyse structurale.

	RISQUE D'INONDATION	PENTE %	SENSIBILITE A L'EROSION	PIERROSITE DE SURFACE	DRAINAGE EXTERNE	EPAISSEUR DU SOL	DEGRE DE VARIABILITE
Segment A	NUL	FORTE 30%	FORTE	MOYENNE A ELEEVE	RAPIDE	FAIBLE A NULLE 0-40	FAIBLE
Segment B	NUL	MOYENNE 5 - 15%	FAIBLE	MOYENNE A ELEEVE	RAPIDE	ELEEVE >100	MOYEN
Segment C	NUL	MOYENNE A FORTE 10->30%	MOYENNE	MOYENNE	RAPIDE	MOYENNE 40-60 cm	MOYEN

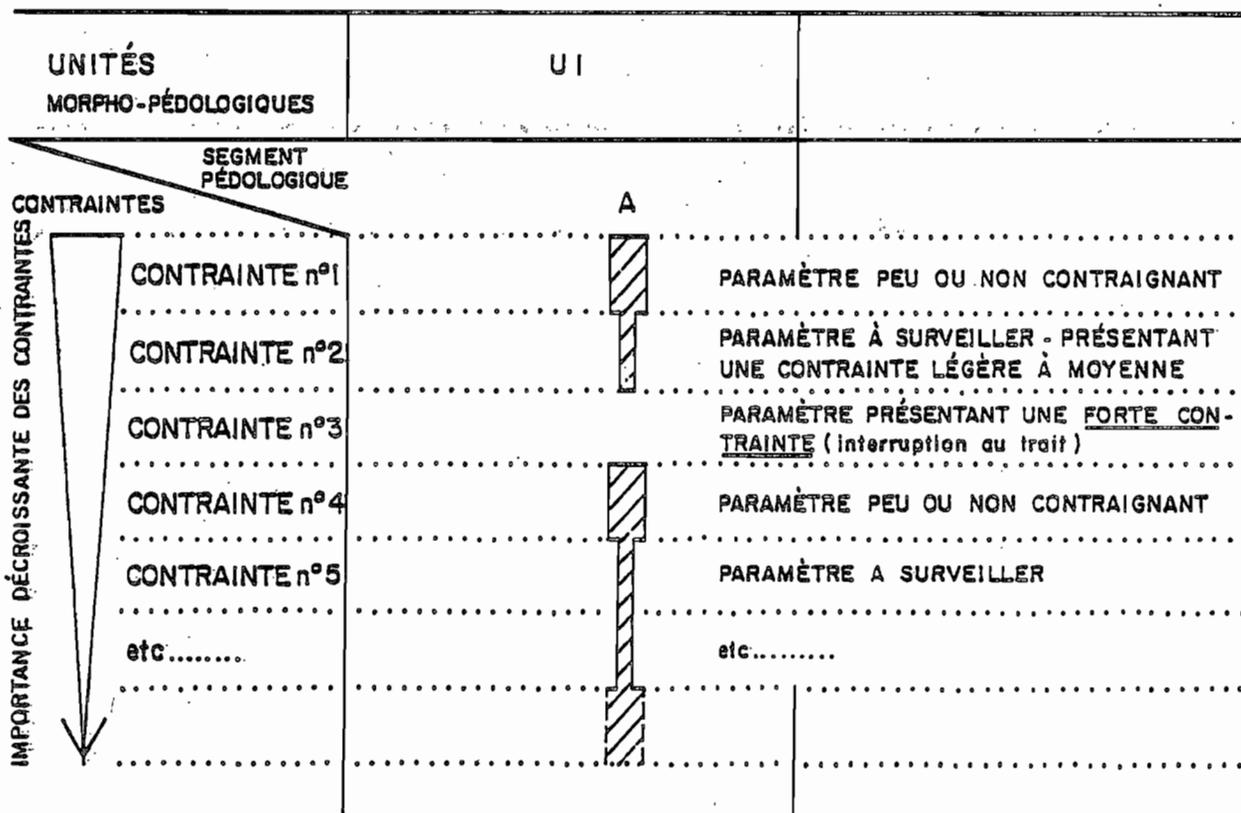
Tableau 7 : Les principales caractéristiques topographiques et morphologiques des types de segments de l'unité 5 (Podwojewski, Beaudou - 1987).

Afin de compléter ce document, il reste à présenter le second volet de la légende qui concerne l'utilisation possible des paysages en fonction des filières agronomiques choisies.

b- La légende d'utilisation des paysages

Cette légende est le résultat de la confrontation des données morphopédologiques avec celles qui identifient les contraintes édaphiques des différentes cultures envisagées. Pour chaque filière, les contraintes ont été rangées par ordre d'importance décroissante par les différents spécialistes de ces cultures, appartenant au Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et à la Direction de l'Economie Rurale (DIDER) de Nouvelle Calédonie. Les résultats sont présentés sous une forme graphique explicite par la figure 49. Nous avons admis que l'intensité de la contrainte variait en sens inverse de la largeur du graphe.

Nous illustrerons cette analyse par deux exemples, celui du café et celui des arbres fruitiers :



Il a été admis que lorsque dans un segment pédologique, les contraintes de pente et d'épaisseur de sol étaient trop fortes, elles entraînaient automatiquement l'abandon de tout projet d'utilisation prioritaire de cette zone.

Fig.49 : La représentation des possibilités d'utilisation des paysages (Podwojewski, Beaudou - 1987).

+ La caféiculture (Fig. 50)

-Les contraintes climatiques : Elles représentent le premier niveau de contrainte

. La pluviométrie :
entre 1500 et 1700 mm, 75 jours maximum de sécheresse (arabica)
supérieure à 700 mm en continu (robusta)

. L'hygrométrie :
70 à 80% maximum (arabica)
85 à 95% maximum (robusta)

. La température :
minimum : 7 à 9°C, maximum : 31°C (arabica)
minimum : 15°C, maximum : 33°C (robusta)

. Le vent :
il faut éviter la bande côtière (10km de large) du fait de l'action défoliante des embruns salés.

- Les contraintes "paysagiques" : elles représentent le second niveau de contrainte

. L'inondation :
durée maximum : 4 à 5 jours avec décrue lente pour limiter les risques d'érosion
submersion : du tronc (30cm) : pas de risques majeurs
totale (3m) : inférieure à 48 heures

. La pente : inférieure à 15%

- Les contraintes liées au sol : C'est le troisième niveau de contrainte

. Les contraintes "physiques"

= Epaisseur : supérieure à 30cm (idéale : > 80cm)
= Texture : argilo-sableuse à argilo-limono-sableuse (% argile inférieur à 40%)
= Drainage interne : rapide (pas d'hydromorphie au dessus de 50cm)
= Eléments grossiers : teneur inférieure à 20%

. Les contraintes "chimiques"

= pH : compris entre 4.5 et 6.5
= C/N : entre 10 et 12
= Na et Mg : excès préjudiciables
= Teneur en bases : > 15mé/100g et rapports équilibrés

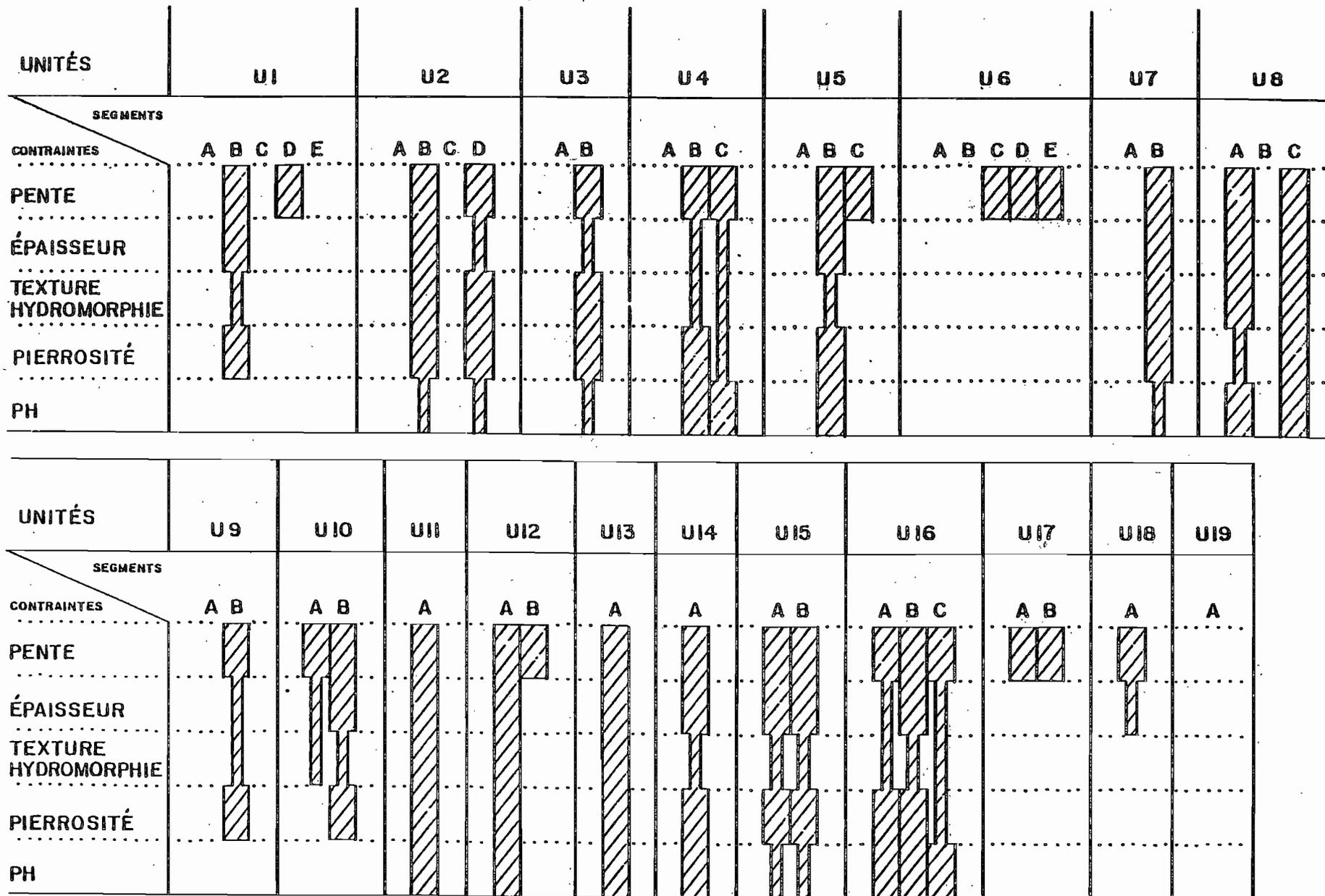


Fig.50 : Les diagrammes d'utilisation des paysages pour la caféiculture
(Podwojewski, Beaudou - 1987).

. Les valeurs optimales des teneurs en éléments fertilisants

- = N > 2.5%
- = P205 assimilable > 0.15%
- = K échangeable > 1.5 mé/100g

Les conditions climatiques étant supposées satisfaisantes, nous avons établi une liste des contraintes, rangées par ordre de difficulté décroissante. Elle s'établit ainsi :

-pente - épaisseur du sol - texture - hydromorphie - pierrosité - pH-

Les autres contraintes chimiques qui peuvent être compensées par des apports de fertilisants n'apparaissent pas sur cette liste. Chaque contrainte est alors confrontée aux données de la légende morphopédologique précédente. Si nous considérons, à nouveau, l'unité 1 :

- Segment A :

- . pente : > 30%
-----> élimination du segment
- . épaisseur : humoapexols et orthoapexols leptiques, < 30cm
-----> élimination du segment
- . texture : sableux faiblement argilo-limoneux, % A < 40%
-----> peu de contraintes
- . hydromorphie : pas de réducton
-----> pas de contrainte
- . pierrosité : pas de lapidon
-----> pas de contrainte
- . pH : 6.2
-----> pas de contrainte

les deux premiers critères éliminent définitivement ce segment

- Segment B :

- . pente : 5-15%
-----> pas de contrainte
- . épaisseur : orthoapexols brachiques et pachiques, 30-120cm
-----> pas de contrainte
humapexols brachiques, 30-80cm
-----> peu de contrainte à contrainte moyenne
- . texture : argileux faiblement limono-sableux ou argileux,
% A >ou= 40%
-----> contrainte moyenne
- . hydromorphie : pas de réducton, présence de vertichron
-----> contrainte faible à moyenne
- . pierrosité : pas de lapidon
-----> pas de contrainte
- . pH : >6.5
-----> élimination du segment

Ce segment peut donc être utilisé à condition de corriger le pH.

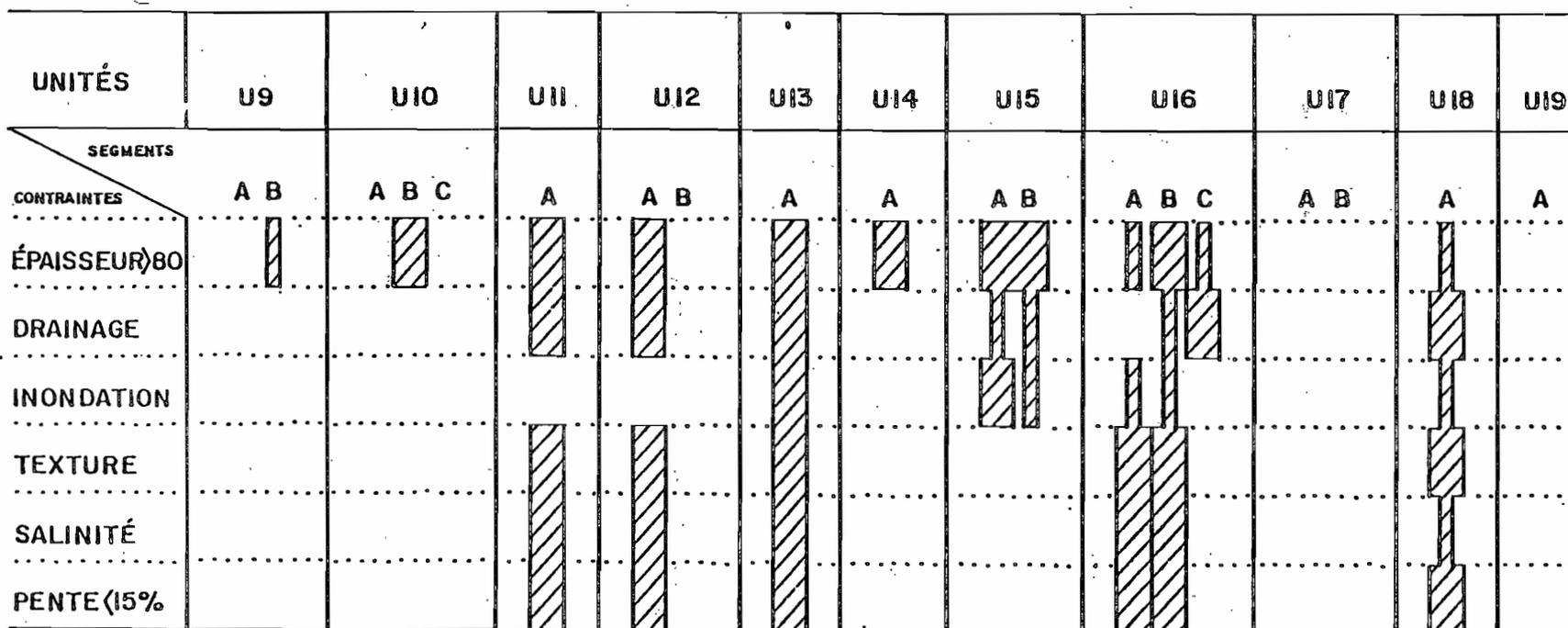
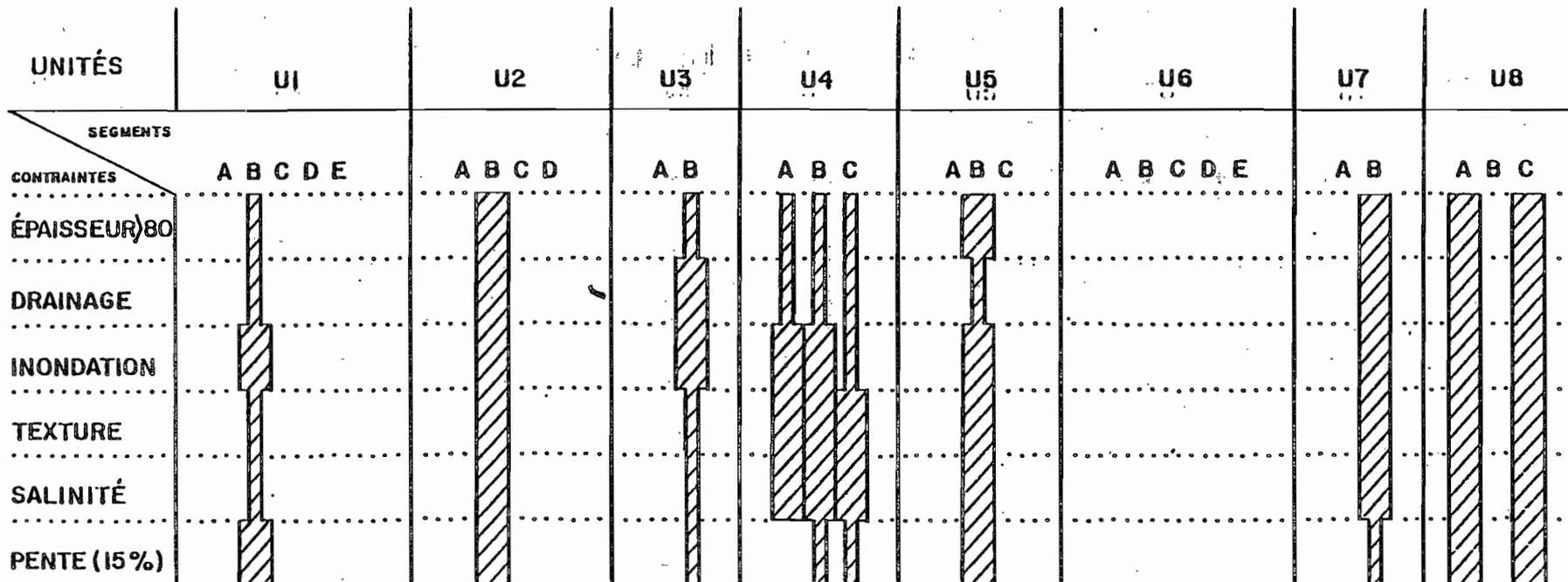


Fig.51 : Les diagrammes d'utilisation des paysages pour l'arboriculture fruitière (Podvojevski, Beaudou - 1987).

Pour tous les segments, nous pouvons procéder de la façon suivante :

-exclusion des apexols leptiques, pour répondre au critère profondeur et prévision d'un niveau de contrainte moyen pour les apexols brachiques

-exclusion des sols avec pédotype réducton entre 0 et 60cm, à un niveau de quantification compris entre 1 et 4, pour répondre au critère hydromorphie et prévision d'un niveau de contrainte faible à moyen pour les sols à pédotype vertichron (hydromorphie, texture)

-exclusion des sols à pédotype lapidon entre 0 et 60cm, à un niveau de quantification compris entre 1 et 3, pour satisfaire au critère pierrosité.

La figure 50 illustre ces résultats pour l'ensemble des unités cartographiques.

+ L'arboriculture fruitière (Fig. 51)

Les contraintes :

- . épaisseur : > 80cm
- . drainage : rapide
- . inondation : zones inondables à proscrire
- . pas de texture argileuse, encore moins vertique. Il faut éviter les textures sableuses ou toute autre texture ne permettant pas de retenir les éléments nutritifs
- . salinité : pas de sodium
- . pente : < à 15% si on souhaite mécaniser

Afin de répondre à ces conditions, il est nécessaire de :

-rechercher les apexols pachiques ou bathiques (épaisseur)

-rechercher les apexols sans réducton ni vertichron entre 0 et 80cm ou bien des apexols possédant ces pédotypes à des niveaux de quantification compris entre 4 et 6, avec un risque moyen à faible de contrainte (drainage, inondation, texture)

-éviter la présence de leuciton et d'oxydon, pédotypes à textures sableuse et/ou limoneuse qui ne retiennent que très peu les éléments nutritifs

-éviter les sols contenant des entaférons alluviaux (risques d'inondation). La présence des corps naturels élémentaires intergrades (entaféron humite), (entaféron structichron) peut être acceptée avec un niveau moyen de contrainte

-éviter les sols dans lesquels le séméton (efflorescences salines) est présent

De la même façon, les filières reboisement, céréaliculture et pâturages artificiels ont été étudiées.



Nous constatons, encore une fois, l'importance prise par la reconnaissance et la quantification des corps naturels élémentaires pour répondre à des questions extrêmement spécialisées. C'est un des moments privilégiés d'utilisation de ce concept. En effet, en identifiant ces structures et en ayant recours à la connaissance attachée aux termes qui les désignent, nous pouvons, dès la phase de terrain, jouer pleinement notre rôle d'expert. Certains corps naturels élémentaires expriment souvent des contraintes ou des risques de contraintes élevés qu'il est difficile d'éviter. Les processus qui les ont mis en place sont longs, anciens, répétitifs, ... Estimer leurs proportions permet de pondérer le niveau de cette contrainte. D'autres, en revanche, matérialisent des risques plus facilement maîtrisables. Ils correspondent à des processus qui s'appliquent durant des périodes plus courtes et n'affectent que la partie la plus superficielle du sol. D'autres, enfin, sont l'indication d'une absence totale de contrainte. Quels qu'ils soient, leur présence peut et doit intervenir dans le choix des techniques culturales à mettre en oeuvre, ainsi que nous le verrons dans le paragraphe suivant. Souvent plus faciles à gérer, les caractéristiques analytiques interviennent ultérieurement, après un premier choix de secteur à mettre en valeur. Le rôle de ces données est d'indiquer avec plus de précision les principales caractéristiques agrochimiques des sols avant la mise en place d'une culture.

Aux indications fournies par les corps naturels s'ajoutent celles des structures topographiques et géomorphologiques (pente, extension latérale, forme, superficie des facettes topographiques, présence de zones d'érosion, d'accumulation, ...). Lorsqu'elles représentent une contrainte, celle-ci est à un niveau très élevé qui, le plus souvent, exclut de façon définitive, des segments ou des paysages entiers d'un projet de mise en valeur.

La reconnaissance des structures naturelles et l'analyse structurale des paysages représentent donc un moyen privilégié de répondre à toutes ces questions de développement. Elles révèlent l'existence de contraintes très difficiles ou impossibles à contourner et priment, à ce stade d'intervention, les méthodes analytiques plus traditionnelles et plus coûteuses. Ces dernières ne mettent en évidence que les entraves à la mise en valeur les plus facilement contrôlables.

B- Les cartes morphopédologiques à grande échelle : Proches de la mise en valeur

Ce sont des cartes réalisées, le plus fréquemment, à des échelles de 1/50.000 ou 1/25.000. Elles répondent à des demandes beaucoup plus précises, régionalement mieux localisées que celles des cartes précédentes. Dans de telles études, ce n'est plus la région, ni même le paysage que nous cherchons à caractériser, mais plutôt le segment et surtout les structures de niveaux inférieurs. L'accent sera donc mis sur le sol et l'horizon.

Compte tenu de la définition de l'horizon que nous avons proposée, les corps naturels élémentaires vont encore une fois jouer le rôle déterminant dans cette nouvelle analyse structurale du milieu et dans la caractérisation de ces volumes.

Pour illustrer cette approche nous présenterons rapidement la carte morphopédologique de Tontouta (Nouvelle Calédonie) à l'échelle de 1/50.000 dont un extrait est proposé sur la figure 52. La carte est accompagnée de deux légendes. La première présente les caractères structuraux des sols. Ils s'expriment par l'identification précise des horizons, mis en évidence tout d'abord par expertise, puis validés par le traitement des données (Fig. 53). La seconde expose un certain nombre de données de chimie et de fertilité des sols et des horizons. Elle ne sera pas présentée ici.

A ce niveau d'analyse, l'accent est donc essentiellement mis sur les corps naturels élémentaires et leurs proportions relatives (Fig. 53) ainsi que sur les caractéristiques analytiques d'un certain nombre d'horizons, reconnus comme unités morphologiques caractéristiques de segments et/ou de paysages morphopédologiques (unités cartographiques).

C'est ainsi que, pour le paysage 3 de collines à crêtes aiguës et pentes fortes, issues de roches sédimentaires siliceuses à bancs de phtanites, accompagné du paysage de plaines issues de dépôts alluviaux, nous avons pu retenir une suite d'horizons que nous assimilerons à leur formule structurale simplifiée. Elle s'exprime simplement par les corps naturels élémentaires présents. Les horizons peuvent faire partie de l'apexol lorsque les corps naturels dominants sont de type humite, leuciton, structichron, ... Ils sont suivis de la lettre (A). Ils peuvent être rangés dans l'ensemble infrasol lorsque que le réducton, lapidon, stérite, altérite, ... représentent les corps naturels principaux. Ils sont suivis de la lettre (I).

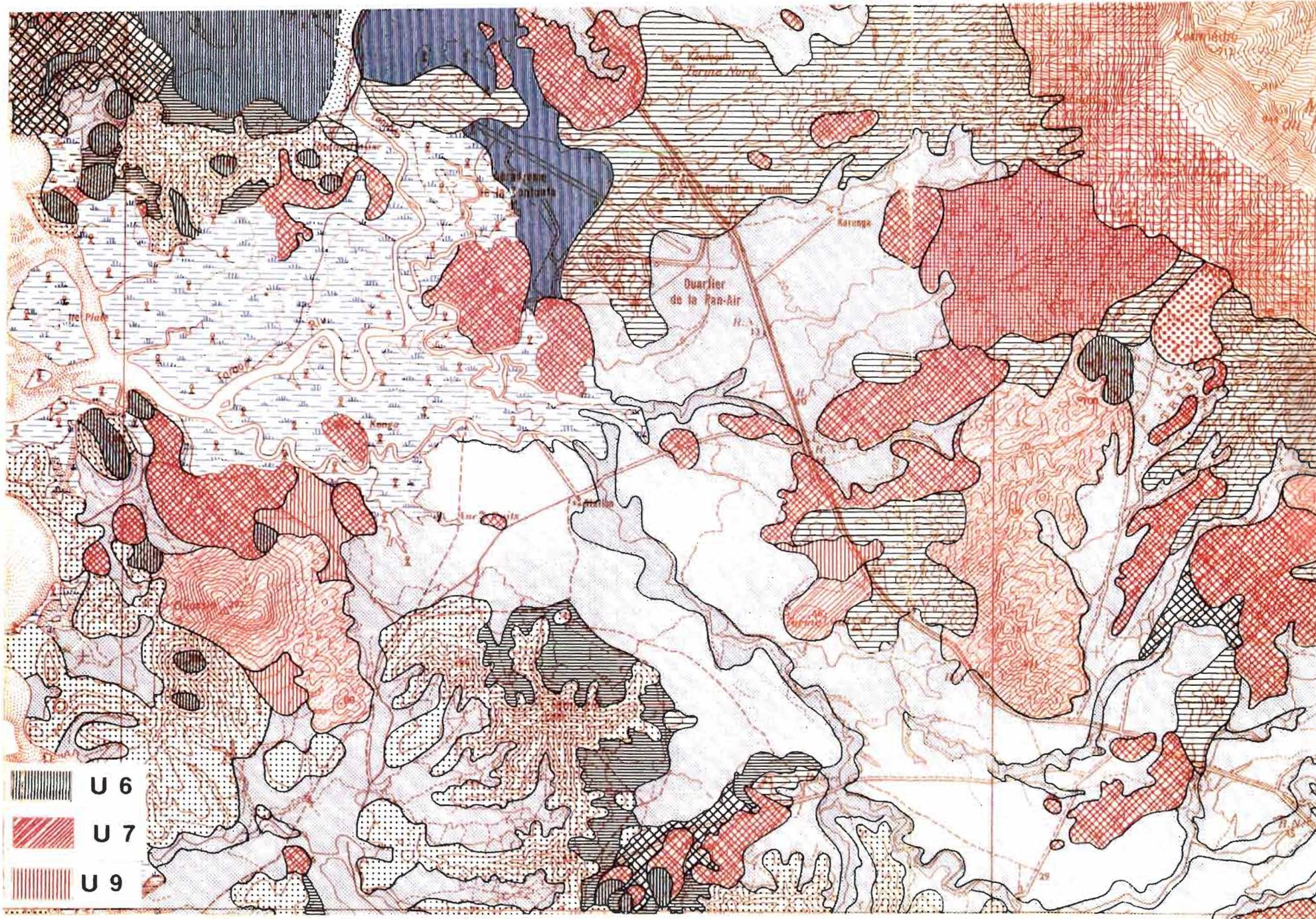


Fig.52 : Extrait de la carte morphopédologique de Tontouta (Nelle Calédonie)
à 1/50.000 (Beaudou, Promaget, Podwojewski, Bourdon - 1983).

PAYSAGE DE COLLINES A CRETES AIGUES, PENTES FORTES, ISSUES DE ROCHES SEDIMENTAIRES SILICEUSES A BANCS DE PHTANITES PAYSAGE DE PLAINES ISSUES DE DEPOTS ALLUVIAUX															
UNITE CARTOGRAPHIQUE ou SEGMENT MORPHOPÉDOLOGIQUE	CLASSIFICATION C.R.C.S	MORPHOLOGIE DES SOLS													
<p>U6</p>	<p>PEDON 1 Sol minéraux bruts non climatiques d'érosion - Lithosols</p> <p>PEDON 2 Sols peu évolués non climatiques d'érosion - Lithiques</p> <p>PEDON 3 Sols peu évolués non climatiques d'érosion - Lithiques.</p>	<p>PEDON 1 ANAPEXOL Topolite (Ca) affleurant</p> <p>PEDON 2 HUMOAPEXOL Leptique Humite/lapidaire (Ca/Si) Topolite (Ca)-Fragi)-Sterite</p> <p>PEDON 3 HUMOAPEXOL Leptique Humite/lapidaire (Ca/Si) Lépton/Lapidon (Si) - - - /Humique Topolite (Ca)-Fragi)-Sterite</p>													
<table border="1"> <tr> <td>PENTE</td> <td>EROSION</td> <td>DRAINAGE ETIENNE</td> <td>ROCHE</td> <td>MINÉRALISÉ</td> </tr> <tr> <td>Forte à faible</td> <td>Forte</td> <td>Rapide</td> <td>Calcaire</td> <td>Elevée</td> </tr> </table>	PENTE	EROSION	DRAINAGE ETIENNE	ROCHE	MINÉRALISÉ	Forte à faible	Forte	Rapide	Calcaire	Elevée					
PENTE	EROSION	DRAINAGE ETIENNE	ROCHE	MINÉRALISÉ											
Forte à faible	Forte	Rapide	Calcaire	Elevée											
<p>U7</p>	<p>PEDON 1 Sols ferrallitiques non désaturés modaux - Peu développés</p> <p>PEDON 2 Sols ferrallitiques désaturés lessivés à "A2 podzolique"</p> <p>PEDON 3 Sols ferrallitiques désaturés Lessivés Hydromorphes</p>	<p>PEDON 1 ORTHOAPEXOL Leptique Brachique Humite/lapidaire (Si) Lapidon (Si) /Humique Lépton Structichron humique Lapidaire (Si) /altérite Topolite Altérite</p> <p>PEDON 2 ORTHOAPEXOL Brachique Humite/lapidaire (Si) Lépton humique /phase oxydique aléatoire Structichron/lapidaire (Si) /phases oxydique/altérite aléatoires Topo altérite</p> <p>PEDON 3 ORTHOAPEXOL Brachique Humite/lapidaire (Si) /phase oxydique Humolépton/oxydique Structichron /phase réductrice Oxydo/Réduction Réduction Topo altérite</p>													
<table border="1"> <tr> <td>PENTE</td> <td>EROSION</td> <td>DRAINAGE ETIENNE</td> <td>ROCHE</td> <td>MINÉRALISÉ</td> </tr> <tr> <td>Forte</td> <td>Forte</td> <td>Rapide</td> <td>Alumineuse</td> <td>Moyenne</td> </tr> </table>	PENTE	EROSION	DRAINAGE ETIENNE	ROCHE	MINÉRALISÉ	Forte	Forte	Rapide	Alumineuse	Moyenne					
PENTE	EROSION	DRAINAGE ETIENNE	ROCHE	MINÉRALISÉ											
Forte	Forte	Rapide	Alumineuse	Moyenne											
<p>U9</p>	<p>Sols lessivés "A2 podzolique" Hydromorphes</p>	<p>ORTHOAPEXOL Leptique Brachique Humite /lapidaire (Si) Lépton humique (Pauv)-Sterite (Si)/ phase Humostructichrome Oxydo/Réduction</p>													
<table border="1"> <tr> <td>PENTE</td> <td>EROSION</td> <td>DRAINAGE ETIENNE</td> <td>ROCHE</td> <td>MINÉRALISÉ</td> </tr> <tr> <td>Moyenne à forte</td> <td>Moyenne</td> <td>Rapide</td> <td>Alumineuse</td> <td>Faible</td> </tr> </table>	PENTE	EROSION	DRAINAGE ETIENNE	ROCHE	MINÉRALISÉ	Moyenne à forte	Moyenne	Rapide	Alumineuse	Faible					
PENTE	EROSION	DRAINAGE ETIENNE	ROCHE	MINÉRALISÉ											
Moyenne à forte	Moyenne	Rapide	Alumineuse	Faible											
U3 - U4 : CF Paysage 1															

Fig.53 : Extrait de la légende de la carte morphopédologique de Tontouta (Nelle Calédonie) - Unités 6,7 et 9 : les segments et les sols (Beadou, Fromaget, Podwojewski, Bourdon - 1983).

- U 7 : Humite (A)
 Humo leuciton ou leuciton humique (A)
 Structichron humique (A)
 Structichron/lapideux siliceux (A)
 Structichron altéritique (A)
- Oxydo/réducton (I)
 Réducton (I)
 Altérite (I)
- U 9 : Humite (A)
 Leuciton humique (A)
 Leuciton (A)
- (Pauci).stérite (Si)/phase structichromique (I)
 Oxydo/réducton (I)
- U 3 : Mélanumite (A)
 Humite (A)
 Verti humite (A)
- Entaféron vertichron (I)
 Entaféron vertichron gypse (I)
 Entaféron vertichron calcaire (I)
 Entaféron vertichron magnésium (I)
 Entaféron vertichron manganèse (I)
 Entaféron vertichron manganèse/gypse (I)
 Entaféron vertichron gypse/calcium (I)
 Entaféron vertichron manganèse/magnésium (I)
 Entaféron vertichron calcaire/manganèse (I)
- U 4 : Mélanumite vertique (A)
 Humite (A)
 Humite entaféron (A)
 Entaféron humique vertique (A)
- Entaféron (I)

Nous avons ainsi la liste des types d'horizons reconnus dans ces différentes unités catographiques. Pour préciser leur caractérisation, une suite de valeurs et/ou de traits morphologiques les accompagnent. Elle concerne :

- l'épaisseur de l'horizon
- la proportion de lapidon lorsque ce pédotype n'est pas dominant (moins de 50%)
- la texture
- la drainage interne estimé, estimation qui s'appuie sur la texture, la structure, la présence et la proportion de certains corps naturels (réducton, leuciton)
- la réserve en eau (expression utilisée pour exprimer la différence entre les valeurs de pF 2.5 et pF 4.2)
- le pH (H2O)
- le pourcentage de matière organique qui permet de mieux caracté-

riser les corps naturels simples, humite et mélanumite ou les intergrades dans lesquels ils interviennent. Les teneurs en carbone et en azote sont également précisées.

- la quantité de cations "échangeables" (Ca, Mg, K, Na, Al) et la somme des bases (S)
- la valeur de la capacité d'échange (T) et le taux de saturation
- les teneurs en phosphore (P205) total et "assimilable"
- les teneurs en sels solubles
- toute une série de rapports dits de "fertilité" (Ca/T, Ca/Mg, Ca+Mg/K, Mg/K, Argile%/Al+S, N/P205 total, Na/T, ...)

Ces dernières caractéristiques, chiffrées, sont rassemblées sur un tableau (deuxième légende). Toutefois, de telles valeurs ne représentent qu'une indication des caractères physico-chimiques d'un horizon. L'expérience montre, en effet, que ces données possèdent un degré de variabilité extrêmement élevé. A cela, il faut ajouter que les échantillons prélevés et analysés ne concernent que de très petits volumes et qu'il est alors souvent périlleux d'étendre ces résultats à de grands espaces. Malgré ces réserves et lorsque cela est possible, une répétition des prélèvements et des analyses permet de délimiter des domaines de variation de ces valeurs. Cette indication semble plus utile à connaître que des valeurs absolues concernant un endroit très précis, avant de décider d'un premier choix de terrain. Ces valeurs extrêmes sont indiquées sur la légende des "caractères édaphiques" et encadrent une valeur moyenne. Tous ces résultats sont ensuite estimés en termes de "contraintes". Nous ne développerons pas ici cet aspect agrochimique qui est présenté dans de nombreux documents cartographiques (Beaudou & al, 1983 - Podwojewski & Bourdon, 1985 - Blavet & Bourdon, 1987 - Fromaget & Beaudou, 1986 -...).

A toutes ces informations de nature pédologique et agro-pédologique, très largement prépondérantes, nous avons adjoint des informations concernant la topographie et la géomorphologie (pente, extension et superficie des facettes, du segment, ...). Ainsi que nous l'avons déjà signalé, leur prise en compte est essentielle, car de leur interprétation peut dépendre, avant d'examiner les données sol, l'acceptation ou le rejet d'un secteur à mettre en exploitation.

Nous retrouvons la conclusion du paragraphe précédent. Les données de morphologie représentent l'information la moins "changeante", que ce soit pour les horizons, les sols ou les segments et les paysages. Il est donc tout naturel de définir les types par leur intermédiaire. C'est le fait essentiel qui ressort de cette présentation des cartes à grande échelle. Par un traitement le plus rigoureux possible de l'information attachée aux corps naturels élémentaires, nous avons pu mettre en évidence une suite de types d'horizons représentative d'une suite de types de sols qui sont eux-mêmes l'image de segments et de paysages présents dans un secteur défini. Le transfert d'une telle série d'informa-

tion à un autre secteur ne peut et ne doit s'envisager qu'avec la plus grande prudence. Pour terminer ce paragraphe, il faut signaler que l'on peut rechercher des correspondances entre les données édaphiques des plantes cultivées et celles des sols et paysages. C'est une utilisation naturelle des documents qui se fait de la même façon que nous l'avons exposé en présentant la carte de synthèse à 1/200.000 de Nouvelle Calédonie.

♦ ♦

Pour résumer cette étude de cartographie à différentes échelles, nous pouvons insister sur les points suivants :

- Aux cartes à 1/200.000 d'inventaire sont associées des typologies de segments, de paysages et de régions.

- Aux cartes à 1/50.000, 1/25.000, ... sont associées des typologies d'horizons, de sols et de segments. A cela nous pouvons ajouter les graphes d'utilisation des sols (cf carte de synthèse).

- Les cartes intégrées à 1/200.000 procèdent de deux démarches, du fait de leur mode de réalisation qui utilise surtout des documents existants, à grande ou petite échelle. Dans leurs légendes nous aurons donc des typologies de tous ces différents volumes, des horizons aux paysages et régions. Cependant, les informations concernant les volumes les plus petits -horizons et sols- seront quelque peu simplifiées.

Nous insisterons également sur l'importance essentielle des concepts structuraux qui assurent une certaine pérennité à ces documents. Ils représentent des informations relativement peu variables dont nous connaissons le plus souvent l'origine et dont nous pouvons suivre les évolutions et les transformations dans le temps en fonction de certaines interventions. C'est ce qui sera traité dans le paragraphe suivant.

♦ ♦

III- LES SCHEMAS FONCTIONNELS ET PREVISIONNELS UNE AUTRE FORME DE REPONSE

Les cartes et légendes morphopédologiques peuvent être assimilées à des schémas, des images qui fixent une information et identifient ainsi, de façon définitive, des structures présentes dans le milieu physique : horizons, sols, segments, paysages, régions. Cette suite de types reflète l'organisation spatiale par une série de "clichés instantanés". En appliquant le principe des chemins d'information qui suivent les relations entre et à l'intérieur de ces structures, nous sommes en mesure d'ajouter un aspect dynamique à ces images, par l'intermédiaire d'une information en mouvement, ainsi que nous l'avons exposé précédemment.

Plaçons nous maintenant dans une situation plus particulière, celle d'un champ cultivé et tentons de suivre, dans le temps, les effets des pratiques culturelles sur les corps naturels élémentaires. Nous allons prendre, du même endroit, une série d'images échelonnées sur l'année qui nous permettront de construire, non plus des cartes, mais des schémas visualisant les transformations structurales de cet espace au cours d'une période précise. Cette image exprime une dynamique temporelle des structures liée à l'application des pratiques culturelles. Bien que traduisant une suite d'états, le schéma que nous construisons est une forme fixée de l'information, expression d'un type d'évolution lié à des interventions précises qui se déroulent selon un calendrier parfaitement défini.

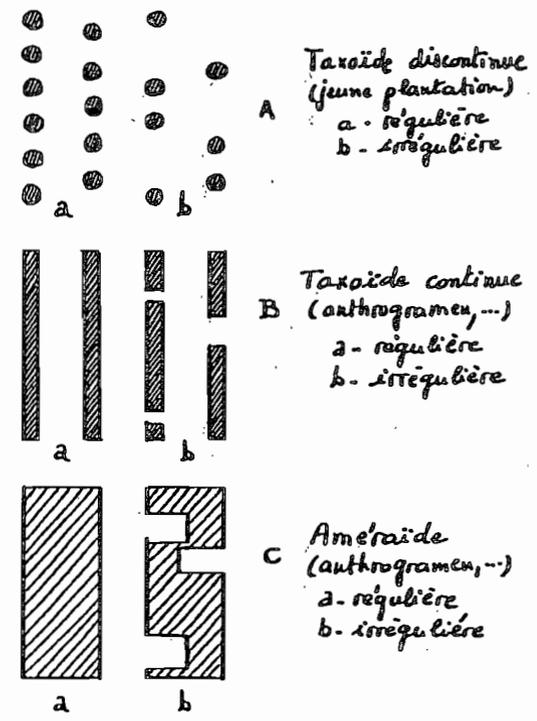
Pour cela, nous avons étudié différents exemples de champs en culture semi-mécanisée, dans le centre de la Côte d'Ivoire (Beaudou, de Blic - 1978). Afin d'établir les schémas "fonctionnels" et "prévisionnels", nous avons donc observé et décrit ces champs, à des instants bien précis, pour obtenir notre succession de "clichés", images structurales qui reproduisent l'organisation des corps naturels élémentaires au niveau d'un "profil cultural" (Hénin & al, 1969).

Dans ce milieu soumis aux actions des agriculteurs, il existe des corps naturels assez différents de ceux présents dans le milieu physique "non utilisé". Ils résultent avec plus ou moins d'évidence de la mise en valeur. Nous avons distingué :

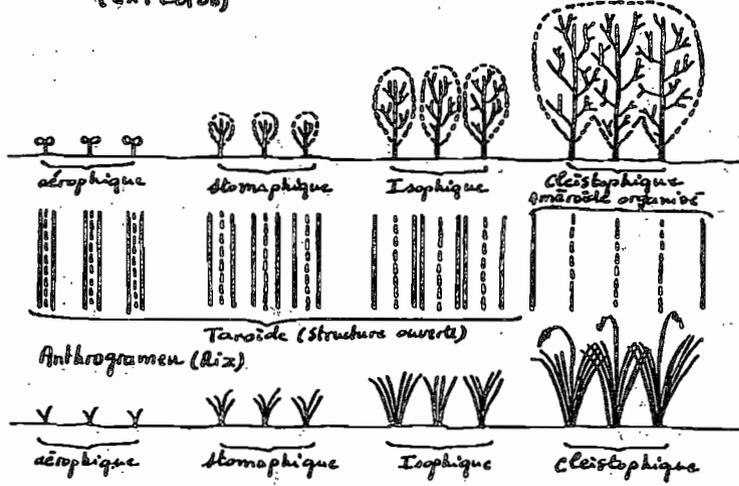
-des organisations anthropiques directement liées à l'action de l'homme. Le nom du corps naturel élémentaire est précédé du préfixe anthro. Nous parlerons par exemple d'anthrogramen, anthrokortode, ... Il s'agit presque toujours des phytotypes aériens cultivés.

-des organisations anthropiques indirectement liées à l'action de l'homme. Le nom du corps naturel est précédé du préfixe allo (allogramen, allorhizagé, ...). Ce sont les plantes adventices.

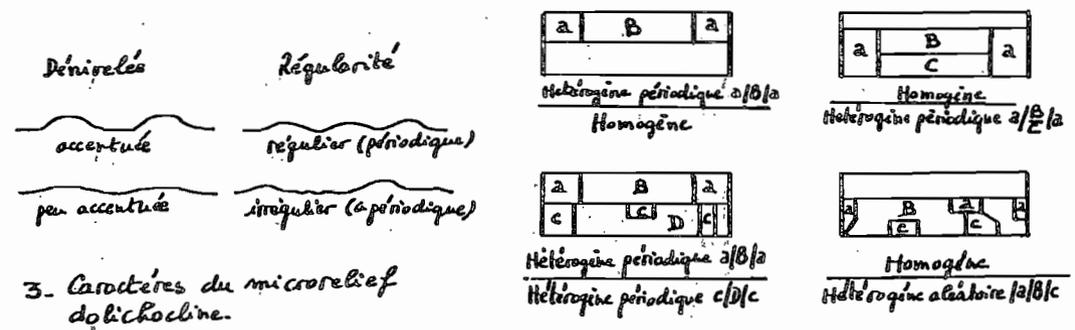
Anthropophyse à Anthropal'physe
(ex: Coton)



1. Continuité et régularité des structures végétales.



2. Evolution de la structure au niveau du feuillage en fonction du cycle végétatif.



4. Schématisation de quelques types de différenciation dans les aréolites.

Fig.54 : Schémas des organisations observées dans les milieux cultivés du centre ivoirien (Beaudou, de Blic - 1978).

Dans un suivi cultural, il est également nécessaire de prendre en considération d'autres caractéristiques liées plus spécialement à l'organisation spatiale des corps naturels élémentaires qui évolue avec le temps. Si la composante végétale (phytotypes) exprime ces modifications temporelles de façon spectaculaire, nous verrons que la composante sol (pédotypes) en porte aussi les traces.

En ce qui concerne la végétation, nous avons caractérisé les plantations en lignes par un terme structural - **Taxoïde** -. Cette organisation, **ouverte**, peut être **continue** dans le cas de feuillages jointifs dans une même bande de végétation. Elle peut être **discontinue** lorsque les feuillages ne sont pas jointifs, toujours sur une même bande de végétation (Fig. 54.1 et 2). Lorsque les feuillages sont jointifs, non seulement à l'intérieur d'une même bande de végétation, mais également d'une bande à l'autre, nous utiliserons le terme de structure - **Améroïde** - qui traduit l'existence d'une organisation **fermée**. C'est l'expression d'une continuité et la disparition de la périodicité (disparition du corps naturel aérophyse). Quel que soit le type structural, il est important de signaler les "manquants". Cela s'exprime par la notion d'**irrégularité** et de **régularité** (Fig. 54.1).

Le suivi du cycle végétatif se matérialise par la modification du rapport air/feuillage. On assiste à une diminution progressive de la composante "aérophyse" au profit des "phytotypes aériens" (paliphyse, graophyse, kortophyse, ...) (Fig. 54.2). Cela se traduit par les termes **aérophique** (0-5% de végétation), **clarophique** (5-25% de végétation), **stomaphique** (25-50%), **isophique** (50-75%), **cleïstophique** (75-100%).

Au niveau de la surface du sol, nous décrirons également l'alternance de billons et d'interbillons (ou de sillons), par le terme structural de **dolichocline**. Cette organisation sera **accentuée** ou **non accentuée** en fonction de la valeur de la dénivelée, et aussi **régulière** (périodique) ou **irrégulière** (apériodique) selon l'implantation des billons (Fig. 54.3).

En ce qui concerne le sol, nous retrouvons également les effets de l'application des techniques culturales. Ils sont particulièrement remarquables sur les 15 à 30 premiers centimètres. La première transformation est bien entendu exprimée par la présence du pédotype (anthropédotype) **arumite** (cf p. 61). Le passage des engins, les conditions d'humidité du sol, ... peuvent induire, dans ce pédotype, des différenciations latérales. Les arumites seront alors **homogènes**, **hétérogènes périodiques**, **apériodiques** ou **aléatoires** (Fig. 54.4).

Pour terminer ce rappel de quelques termes utilisés plus spécialement dans les descriptions de milieux cultivés, il faut signaler que la plupart de ces organisations sont **temporaires**. Quelques unes toutefois, surtout dans le sol, peuvent avoir une certaine pérennité et, de ce fait, jouer un rôle non négligeable lors d'une utilisation continue. Nous pouvons citer, à titre d'exemple, l'apparition de tassements, l'enfouissement irrégulier de déchets végétaux avec comme conséquence, l'apparition de po-

ches de nécrophytion et/ou nécrumite parfois associés à du réducton, ...

En appliquant ces concepts, nous avons effectué une série d'observations échelonnées tout au long d'un cycle cultural. Le traitement de ces données nous a permis d'obtenir une suite d'images que nous avons ensuite associées, en recherchant les relations entre les évolutions des corps naturels élémentaires (apparition, disparition, variations des proportions, ...) et l'application des pratiques culturales. Dans un premier temps, nous sommes arrivés à construire un schéma fonctionnel, ensemble d'informations fixées, représentatif d'un type cultural (Fig. 55). Sur ce schéma, chaque bloc est une image structurale du sol, de la surface du sol ou de la culture à un moment donné. Les flèches qui relient ces ensembles traduisent les relations entre ces structures. Elles peuvent correspondre à l'application d'un processus particulier (labour, pulvérisage, sarclage, ...) ou bien à une transformation naturelle d'une des composantes du milieu (croissance des végétaux par exemple). Comment lire ce schéma ?

A- Un exemple de schéma "fonctionnel"

Après la récolte et avant le labour, le champ possède une certaine organisation sol-surface et sol-végétation que diverses opérations agricoles vont profondément bouleverser. C'est l'état initial représenté par les blocs 1S, 1C et 1F de la figure 55. Le sol est hétérogène et se caractérise par un arumite complexe. Les restes de végétation sont abondants et assurent encore une bonne protection de la surface du sol, en association avec une végétation adventice (allogramen). La surface du sol est en partie recouverte par un nécrophytion foliacé, sous lequel on observe successivement un lapidon siliceux arénique, un dermilite et un bioféron humique.

Le labour à plusieurs conséquences :

-la transformation de l'arumite. Si ce labour est fait dans des conditions satisfaisantes d'humidité du sol, l'hétérogénéité verticale et latérale du sol disparaît. Nous créons alors un arumite homogène angu-aroclode (2S).

-les corps naturels présents à la surface du sol disparaissent totalement (2F). Si après le labour se produisent quelques précipitations, il apparaît à nouveau, à la surface du sol, un lapidon siliceux arénique et un dermilite (4F).

-la végétation et les restes de végétation du cycle précédent disparaissent plus ou moins complètement (2C). Toutefois, nous retrouvons le phytotype allogramen ainsi que le nécrophytion dans le sol (2S) et à la surface du sol

(3F). Le nécrophytion va évoluer dans le temps et se transformer dans le sol (2S à 7S) comme à sa surface (3F, 6F). Cette évolution se traduit, à la surface du sol, surtout par une diminution de la quantité de nécrophytion, dans le sol, par un passage vers un intergrade (nécrophytion nécrumite) avant d'aboutir à un nécrumite. Après cette opération, une végétation adventice peut se développer à nouveau (allogramen). Peu dense, elle forme des touffes dispersées à la surface du champ (3C). Sa présence limite le développement du dermilite et du lapidon sableux arénique en cas de pluies.

Le pulvérisage, qui suit le labour après une période plus ou moins longue, provoque :

-une différenciation verticale de l'arumite (intervention dans de mauvaises conditions d'humidité) avec un léger compactage de la partie inférieure (4S).

-la disparition du gramen qui avait repoussé après le labour et donc un nouvel apport de matière végétale au sol et à sa surface (4C, 4S et 6F).

-la disparition des corps naturels de la surface du sol (5F).

Dans cet exemple, le semis des graines de cotonnier est intervenu dans des conditions d'humidité trop élevées. Cette opération n'affecte que le sol. Cela provoque l'apparition de tassements sous le passage des roues du tracteur avec pour conséquence une différenciation latérale périodique de l'arumite supérieur (5S). Dans ce premier stade, la période de l'arumite est de type a/B/a. Par la suite, le développement des systèmes racinaires (rhizagé rhizophyse) de l'anthro-néophytion et prophyse et leur répartition sont à l'origine d'un nouveau type d'arumite périodique (Fig.55 6S, 7S et 8S).

Le sarclage pratiqué par la suite n'affectera que la surface du sol et, à un degré moindre, la végétation. Cela se traduit par :

-la disparition de l'allogramen avec comme conséquence l'apparition d'un nécrophytion.

-l'apparition d'une différenciation latérale, billons de sarclage/interbillons, qui touche le micromodelé et l'anthrophytotype (structure taxoïde) (Fig. 55 5C à 10C).

-à la suite de l'enfouissement partiel du nécrophytion se développe un ensemble bioféron humique, continu/nécro

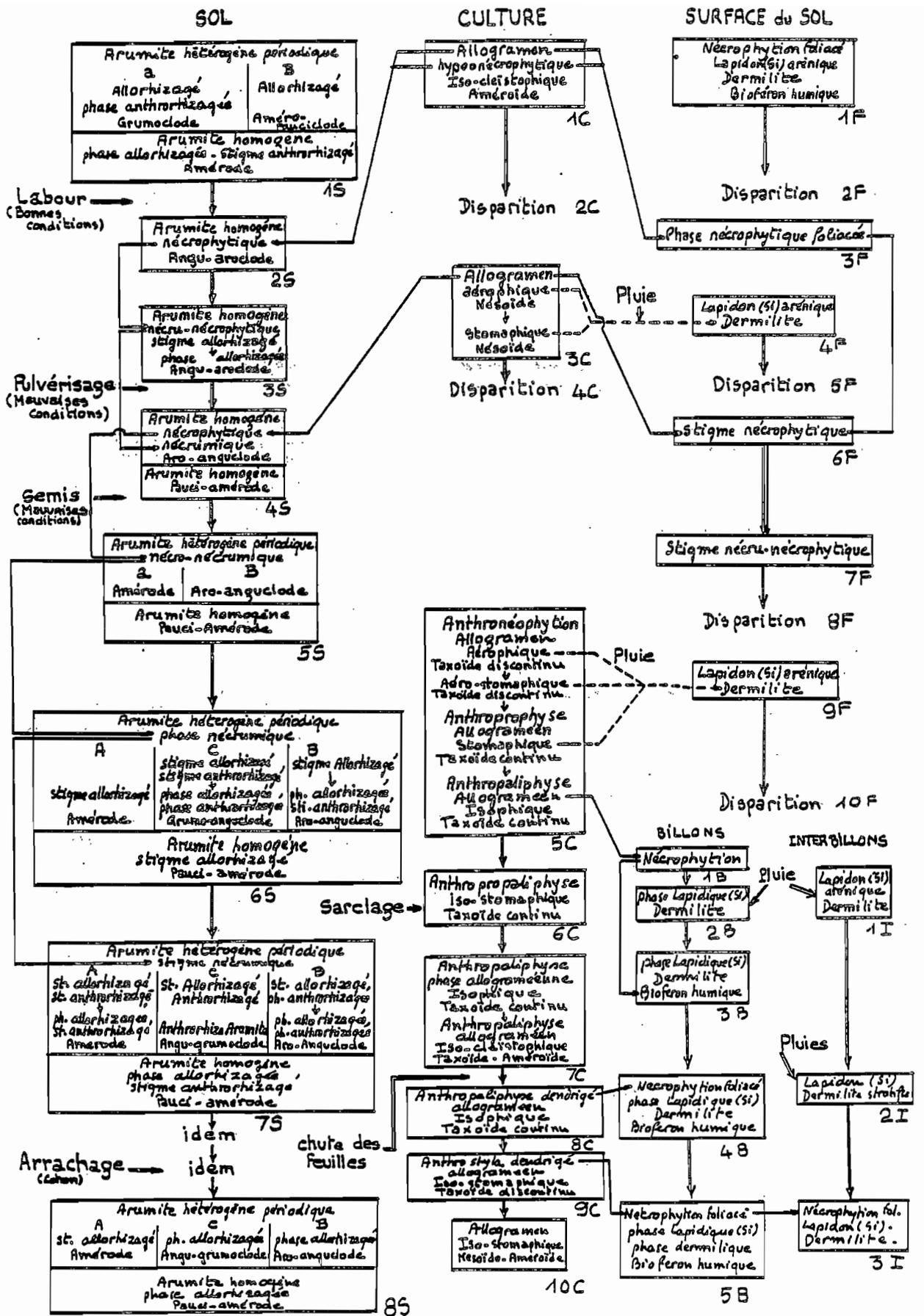


Fig.55 : Un exemple de schéma "fonctionnel" (d'après Beaudou, de Blic-1978).

phytton qui traduit le réveil de l'activité de la faune du sol (3B à 5B).

-en cas de pluies, leur action se traduit différemment sur les billons (dermilite discontinu) et les interbillons (dermilite continu, stratifié associé à un lapidon arénique siliceux) (Fig. 55 2B à 5B, 1I à 3I).

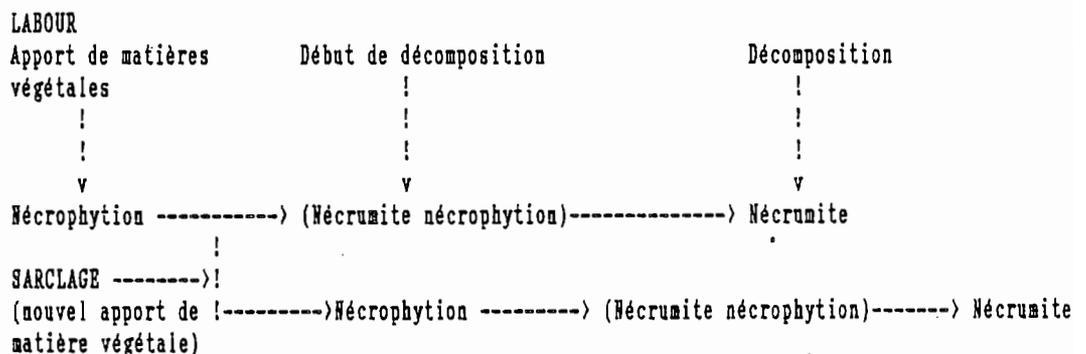
En fin de cycle cultural, la chute des feuilles et l'arrachage des cotonniers modifient une dernière fois ce complexe sol/plante avec pour résultat :

- la disparition de l'anthrorhizagé.
- la formation d'un nécrophytton ligneux et foliacé
- le développement de l'allogramen.

Nous venons d'observer l'impact des interventions humaines sur l'évolution des corps naturels élémentaires. Certains d'entre eux subissent en outre des transformations "naturelles" qui se traduisent de façon moins brutale, moins spectaculaire.

La composante végétation :

Les différentes pratiques agricoles ont provoqué l'apparition d'un nécrophytton. Que devient-il au cours de ce cycle ?



Par la suite, le processus d'humification, peu affecté par les travaux du sol si ce n'est dans le sens d'une accélération, s'exprime par une diminution progressive de la quantité de nécrumite qui passe du niveau 3 au niveau 6 (3S à 7S), puis disparaît(8S).

La partie aérienne des plantes (anthro- et allo-phyto-
type) se développe. Cela se traduit de deux manières diffé-
rentes :

-le passage d'un néophyton à un paliphyse (culture de
coton).

-la variation des proportions relatives allogramen/an-
thropaliphyse. Elles sont équivalentes en début de
cycle. Puis nous observons la diminution progressive de
l'allogramen, sa disparition après sarclage et enfin sa
réapparition, en faible quantité, à la fin du cycle.

-Le développement des phytotypes aériens s'inscrit
également au niveau de leur structure (passage de ta-
xoïde à améroïde puis taxoïde) et du rapport air/feuil-
lage. Celui-ci évolue ainsi : aérophique-clarophique-
stomaphique-isophique-cléistophique

Tous les intergrades entre ces différents types exis-
tent au cours du cycle végétatif. Ce schéma est quelque peu
idéal car il ne traduit pas la présence de manquants, ni
celle d'irrégularités dans le développement des plantes.
Cette évolution de la "structure" des phytotypes aériens,
qui traduit le "degré de protection de la surface du sol",
peut avoir des conséquences importantes au niveau des
transformations qui l'affectent lors des pluies.

Le sol :

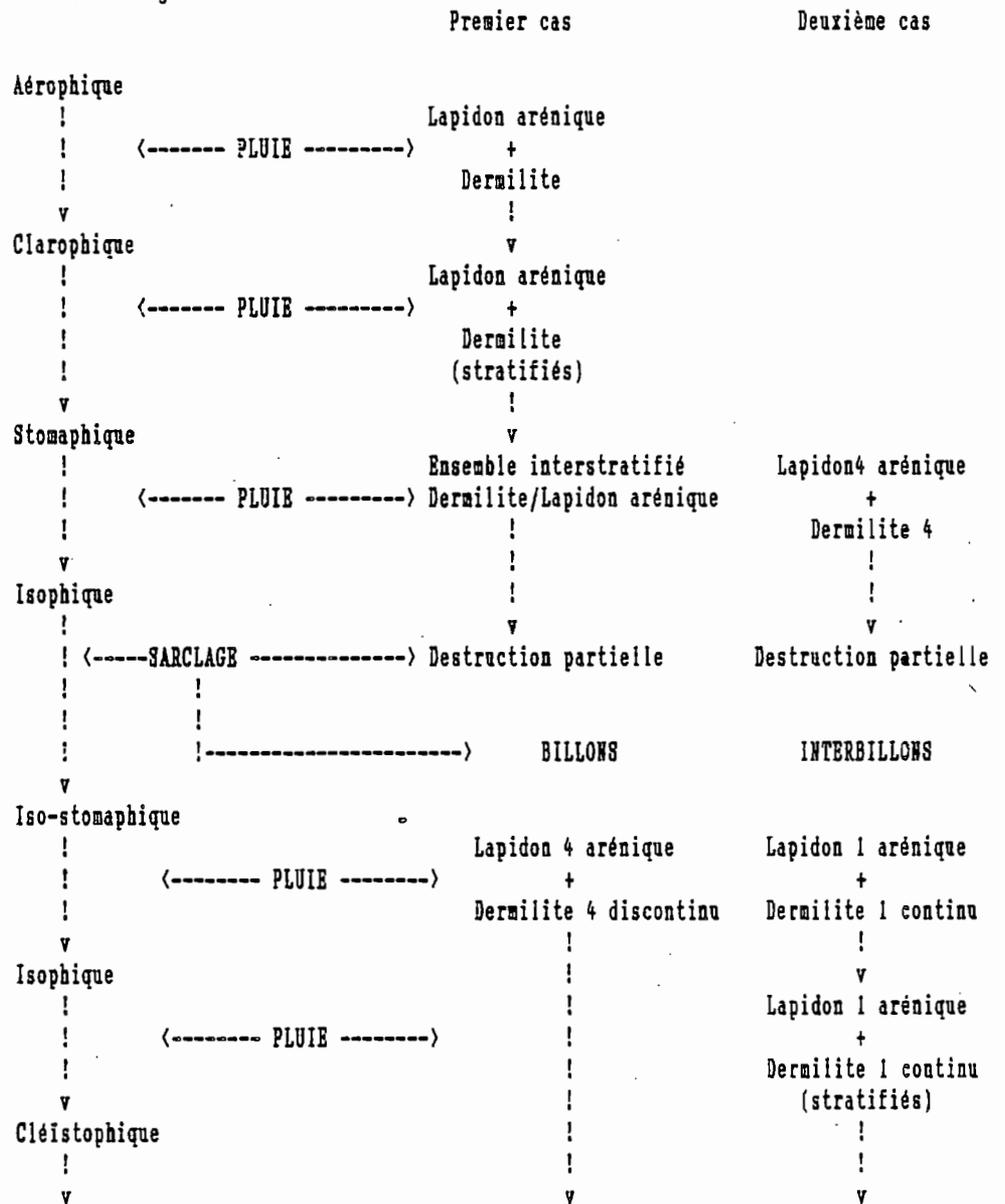
Les transformations les plus marquantes résultent du
passage des différents engins agricoles qui créent, ainsi
que nous l'avons vu, des organisations périodiques. Elles
s'expriment par l'intermédiaire de la "structure" des pédo-
types meubles. On note ainsi une succession latérale de
structures de type amérode/grumoanguclode/aroanguclode. La
zone amérode correspond à des tassements, la zone grumoan-
guclode est associée à l'anthrorhizagé, tandis que la
structure aroanguclode est à mettre en relation avec la
présence de l'allorhizagé. Cette dernière zone représente
également la limite de l'espace prospecté par l'anthrorhiza-
gé qui est en faible ou très faible quantité.

La surface du sol :

Le labour provoque l'apparition d'un micromodelé irrég-
ulier (arocline) qui n'est absolument pas protégé. Les
premières pluies seront donc à l'origine de l'apparition de
dermilite et de lapidon siliceux arénique dans les parties
en dépression. Le pulvérisage fait disparaître ces corps
naturels. Entre pulvérisage et semis, le même schéma peut
s'envisager mais, après le semis, la structure de la végéta-
tion intervient et le modèle se complique sensiblement :

"Structure" de la végétation

Surface du sol



Ces phénomènes de micro-érosion et micro-sédimentation sont également à l'origine de la destruction progressive du micromodelé arocline.

Le suivi des relations entre les différents corps naturels et l'analyse des résultats de l'intervention humaine sur ces structures montrent qu'il existe, dans le temps et dans l'espace, des interactions importantes entre pédotypes et phytotypes. Il est utile, afin de répondre aux questions que peuvent se poser des agriculteurs, de connaître et de prévoir non seulement le fonctionnement de ces différentes interactions, mais aussi dans quelles conditions et à quel moment elles interviennent pour générer de nouveaux corps

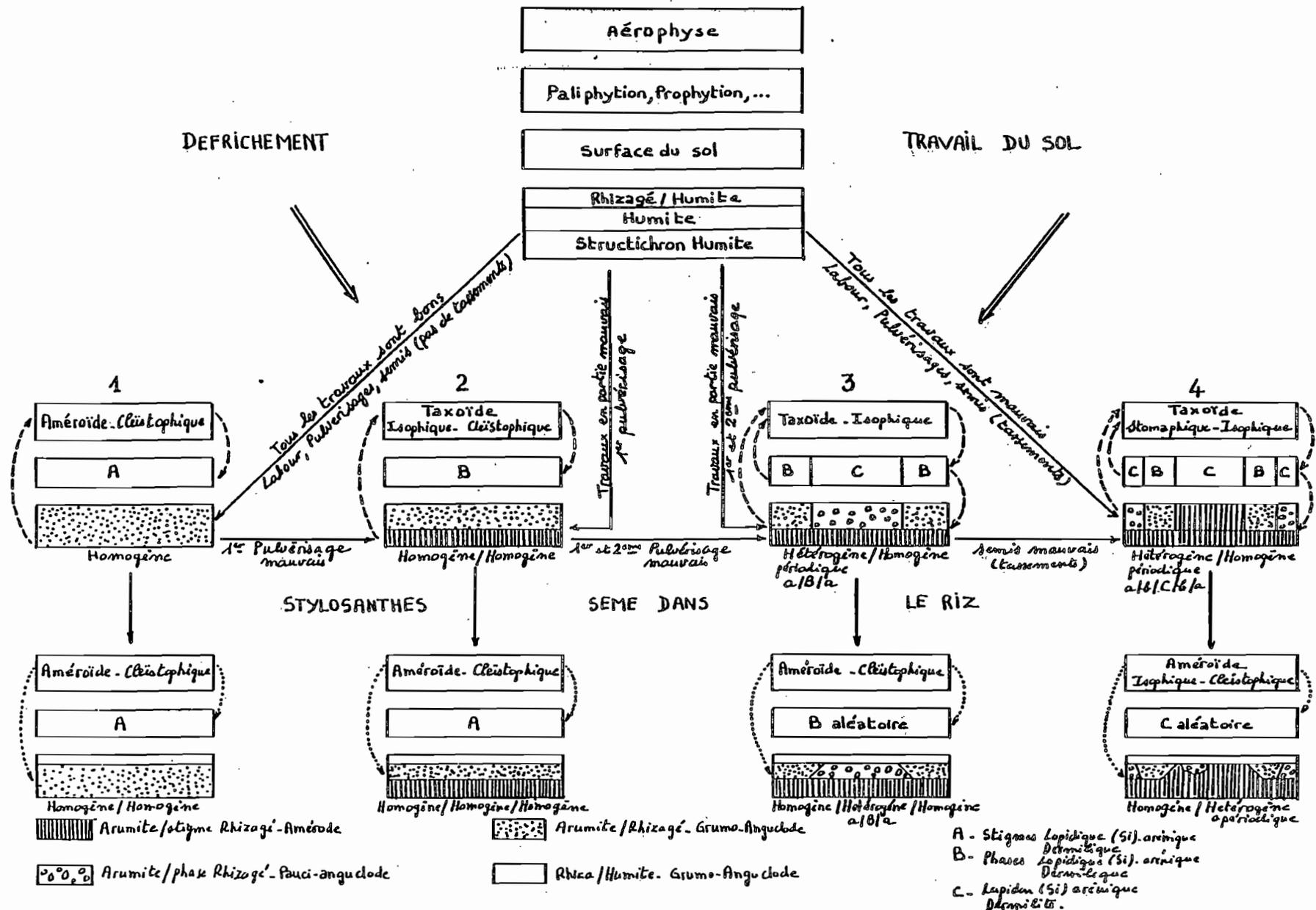


Fig.56 : Un exemple de schéma "prévisionnel" (d'après Beaudou, de Blic-1978).

naturels ou pour transformer les corps naturels existants. Cela revient à mettre en évidence, dans la dynamique d'une interaction, le niveau à partir duquel elle devient contraignante pour l'ensemble du système. Cette démarche nous permet de construire un autre type de schéma, plus théorique, qui envisage les différentes transformations d'un milieu soumis aux interventions agricoles et que nous avons qualifié de schéma "prévisionnel".

B- Un exemple de schéma "prévisionnel"

Dans ce type de schéma, nous insisterons plus spécialement sur les interventions humaines et leurs "qualités". Elles seront, en effet, à l'origine de certaines organisations dont la présence déclenchera tout un ensemble de réponses, aussi bien au niveau du type de développement des anthrophytotypes qu'à celui de la dynamique superficielle de l'eau (Fig. 56).

En partant d'une situation unique, il est possible, par la mise en culture, d'aboutir à des situations très différentes les unes des autres (situations 1, 2, 3 et 4). En utilisant les informations précédentes, il est possible de prévoir dans quelles conditions nous obtiendrons ces diverses réponses (Fig. 56).

Selon la qualité du labour qui suit un défrichement, nous allons créer des arumites différents :

- homogène
- homogène/homogène
- hétérogène a/B/a périodique/homogène
- hétérogène a/b/C/b/a périodique/homogène

Après un labour accompli dans des conditions satisfaisantes (arumite homogène), il est toujours possible, par des interventions ultérieures pratiquées dans de mauvaises conditions, de provoquer l'apparition d'arumites hétérogènes. C'est ce qui est indiqué sur la figure 56.

Cette hétérogénéité des arumites aura une influence directe sur la structure des phytotypes. Elle sera améroïde/cléïstophique dans le meilleur cas et taçoïde/stomaphique dans la situation la plus défavorable.

De la même façon, le type structural des phytotypes induira l'apparition de certains corps naturels à la surface du sol, en quantité plus ou moins importante. Dermilite 5 et lapidon 5 arénique lorsque la structure est améroïde, dermilite et lapidon arénique 1 lorsque la structure est taçoïde/stomaphique. De tels pédotypes interviendront en retour sur le développement de la végétation en dirigeant la dynamique de l'eau. C'est ce qu'illustrent les flèches en

pointillés de la figure 56.

Si la présence de ces corps naturels est remarquable, c'est surtout leur importance, leur proportion, qui conditionnera la mise en oeuvre des interactions. Ainsi dans la situation 3 de la figure 56, la différenciation latérale de l'arumite est suffisamment accentuée pour induire l'apparition de la structure taxoïde/isophique de l'anthrophytotype. Cette structure traduit la présence d'un seuil au niveau de l'arumite. D'une façon identique, la structure taxoïde/isophique conduit à l'apparition d'un dermilite continu qui est l'expression morphologique du seuil existant au niveau de la composante végétale du système. Chaque nouvelle structure, qui apparaît dans une des composantes, matérialise le franchissement d'un seuil présent dans une autre composante.

Pour compléter ce schéma, nous avons envisagé l'implantation de Stylosanthes à la suite des cultures précédentes. Après deux ou trois années de prairie, il apparaît de nouvelles différenciations structurales, quelles que soient les situations de départ. Le nouveau phytotype acquiert en se développant une structure améroïde/cléistophique qui arrête l'évolution des pédotypes présents à la surface du sol. Ils deviennent relictuels. Cette structure favorise, en revanche, une nouvelle différenciation verticale de l'arumite qui estompe sensiblement l'hétérogénéité latérale préexistante. Nous sommes ici en présence d'un seuil qui peut, simultanément, favoriser une certaine dynamique et en inhiber totalement une autre.

♦ ♦

Nous avons abordé ici un nouvel aspect de l'analyse structurale de notre environnement. Nous avons fait appel aux mêmes concepts et respecté les mêmes principes que nous pouvons brièvement rappeler :

-reconnaissance et caractérisation des corps naturels élémentaires, estimation de leurs proportions relatives. C'est le stade de la collecte des données, de l'information libre.

-mise en évidence de chemins d'information qui permettent de passer d'un état à un autre, d'une image à une autre, d'un instant à un autre. C'est le stade de l'organisation des données, de l'information en mouvement.

-recherche de types cultureux qui s'expriment par une suite de types d'horizons, de sols, de végétation, de surface du sol, de micromodelés, ... Ils sont les images de structures qui se sont succédées, dans le temps. Tout ceci se traduit par des schémas fonctionnels et prévisionnels qui se définissent non seulement par leur structure mais surtout par

leur succession tout au long d'un cycle ou de plusieurs cycles de mise en culture. C'est la stade de l'information fixée sur lequel nous avons plus particulièrement insisté dans ce paragraphe.



Pour conclure,

Que ce soit pour réaliser une carte à l'échelle du 1/200.000, une carte plus précise à l'échelle du 1/50.000, 1/25.000 ou pour construire le schéma fonctionnel ou prévisionnel d'un champ, le concept de corps naturel élémentaire joue un rôle essentiel. C'est en effet par son intermédiaire que sont édifiés les volumes d'ordre supérieur dans lesquels nous plaçons notre information afin de caractériser les types d'horizons, de sols, de segments, de paysages, etc...

Bien sûr, le corps naturel n'apparaîtra pas de la même manière dans une légende de carte à 1/25.000 ou 1/50.000 privilégiant les horizons et les sols, que dans une légende de carte à 1/200.000 décrivant surtout les segments, les paysages ou les régions. Dans la première, il représentera l'élément d'information essentiel. Dans la seconde, il ne sera plus qu'un qualificatif, parmi d'autres, de la région ou du paysage.

Ainsi, dans la légende de la carte morphopédologique de Tontouta à 1/50.000, nous trouvons une analyse structurale détaillée des sols. Elle s'exprime par les descriptions précises des corps naturels qui identifient les différents types d'horizons. Si nous prenons l'exemple de l'unité 3, nous avons caractérisé neuf types de sols qui se distinguent les uns des autres par la structure de leur infrasol. Celui-ci peut être un :

- (entaféron vertichron) lutique
- (entaféron vertichron) lutique, sémétique (crystallarias de gypse)
- (entaféron vertichron) lutique, sémétique (calcaire), lapidique (nodulaire, calcaire)
- (entaféron vertichron) lutique, lapidique (nodulaire, magnésien), sémétique (magnésien)
- (entaféron vertichron) lutique, sémétique (dendrites de manganèse)
- (entaféron vertichron) lutique, sémétique (dendrites de manganèse, crystallarias de gypse)
- (entaféron vertichron) lutique, lapidique (nodulaire, calcaire), sémétique (calcaire et crystallarias de gypse)
- (entaféron vertichron) lutique, lapidique (nodulaire, calcaire et magnésien), sémétique (dendrites de manganèse)

-(entaféron vertichron) lutique, lapidique (nodulaire, calcaire, manganésifère), sémétique (calcaire)

A cela s'ajoutent bien évidemment les différences reconnues dans l'apexol qui se caractérise par la suite humite ou mélanumite-vertichron, soit sous forme de pédotypes simples, soit participant à des intergrades. Associés à ces pédotypes meubles, nous trouvons différents types de lapidons qui se distinguent par les natures et les quantités de leurs éléments.

En revanche, sur la légende des paysages de la carte au 1/200.000 de Korhogo, les corps naturels qui ont permis de faire apparaître les structures sols, segments et paysages ne sont plus cités que pour caractériser d'un mot les sols, éléments d'un ensemble plus important. Dans l'unité 11, par exemple, ils permettent de qualifier des ensembles de "plateau, lapidique, stérétique, réductique, formés d'anapexols sur stérite, d'orthoapexols brachiques sur lapidon, etc... Cette information se situe dans une structure beaucoup plus vaste, identifiée par toute une série d'informations :

-géomorphologique : paysage de plateau et long versant rectiligne formé d'un sommet d'interfluve plan, d'un haut de versant rectiligne-concave, etc...

-topographique : pente 0-2%, 50-25%, etc...
longueur de la facette : 300 à 800m, superficie : 80 à 120ha, etc...

-botanique : savane arbustive à arborée, savane boisée, forêt galerie, etc...

-pédologique : orthoapexols leptiques sur stérite, orthoapexols bathiques sur structichron et altérite, etc...

Dans un schéma fonctionnel (ou prévisionnel) son importance sera encore plus marquée. En effet, dans la majorité des cas, nous ne travaillons que sur les premières dizaines de centimètres du sol où s'observent les principales transformations et nous ne prenons en compte que les corps naturels. Dans ces espaces particuliers, il est d'ailleurs très fréquent d'assimiler un corps naturel à un horizon. Ceci qui explique que dans de nombreuses situations nous ne considérerons que les évolutions et les transformations de certaines caractéristiques de ces corps naturels élémentaires. Il s'agit, le plus souvent de la "structure" des pédotypes meubles ou des phytotypes, de la texture, etc...

L'analyse de ces espaces peu étendus se distingue encore plus nettement de celle effectuées au cours de cartographies, si l'on considère l'apport de la dimension temporelle à la dimension spatiale qui était la seule dont on étudiait l'organisation. Il est en effet relativement plus difficile de suivre, dans le temps, les transformations qui affectent l'organisation de grands espaces que celles d'un champ. La nécessité d'effectuer des

observations nombreuses et répétées représentait, jusqu'à une époque relativement récente, une contrainte majeure que l'apport des images satellitaires a permis de surmonter. Il est donc possible d'entreprendre des analyses comparables à celles que nous venons d'exposer et de suivre dans le temps l'évolution structurale de grandes régions. Plusieurs études sont en cours actuellement sur ce thème qui permet d'associer des données radiométriques et des données structurales quantifiées (Beaudou, Poncet, Triboulet - 1988).

* *

*



Conclusion

INFORMATION FIXEE ?

Que ce soit pour réaliser les cartes morphopédologiques ou les schémas fonctionnels et prévisionnels, nous avons cherché, tout au long de cette troisième partie, à placer des limites. Elles isolent et définissent, sur les cartes, des volumes, identifiés tout d'abord par leur enveloppe physiographique. Dans la construction des schémas, il ne s'agit plus de partager l'espace mais le temps. Les limites séparent alors, soit de grandes périodes qui correspondent à la totalité des cycles culturels, soit des intervalles plus courts, compris entre les diverses interventions qui s'échelonnent tout le long du cycle culturel. A la suite de ces partitions, il faut caractériser les volumes ou les périodes de temps par un contenu d'information.

Pour placer les limites nous utilisons, dans les deux cas, un certain nombre de repères qui sont, en général, matérialisés par l'apparition ou la disparition de certains corps naturels.

-Lors d'un suivi culturel, les limites sont presque évidentes et correspondent à des interventions dont les effets sont spectaculaires car elles transforment brutalement et totalement les organisations préexistantes.

-Au cours d'une cartographie, quel qu'en soit l'échelle, les limites que nous plaçons se superposent, le plus souvent, à des traits morphologiques particuliers. Ils correspondent pratiquement toujours à des transformations topographiques nettes, facilement identifiables sur le terrain, sur les images aériennes ou sur les cartes topographiques.

Malgré cette "aide", choisir la place d'une limite, choisir une échelle (spatiale ou temporelle) relève, dans la majorité des cas, d'une décision teintée d'arbitraire. Son positionnement dépend essentiellement des objectifs à atteindre mais est aussi tributaire de certaines "considérations pratiques ou techniques" de représentation graphique.

Dans l'exemple cartographique, nous avons vu que les limites se situaient à différents niveaux :

- l'horizon - le sol - le segment - le paysage - la région -

Nous avons également souligné que certaines étaient "plutôt" latérales (horizon), d'autres "plutôt" transversales (séquences, segments,...).

Quoi qu'il en soit, ces limites matérialisent l'existence de structures particulières. A chaque type de structure correspond une information précise, stable et spécifique. En d'autres termes, nous sommes amenés à rechercher des types :

- type d'horizons
- type de sols
- type de segments
- type de paysages
- type de régions

chacun caractérisé spatialement par son enveloppe physiographique et par son contenu information.

Nous aurons ainsi, par exemple (UC 11, Korhogo), des sols,

-orthoapexols brachiques- (épaisseur de l'apexol comprise entre 30 et 80cm)

formés par,

un -apexol-

lui-même caractérisé par la suite d'horizons de type,

-HH- : humite/lapideuse (nodules); sableux; anguclode.

-HM- : (humite structichron)/lapideuse (nodules); argileux; anguclode.

-HM- : structichron/lapideuse (nodules); argileux; anguclode.

et par

un -infrasol-

formé d'horizons de type,

-HI- lapideuse/stérilité.

Ce type de sol, associé à d'autres types de sols comme des

-anapexols- constitués par des horizons de type,

-HI- stérilité affleurant.

Caractérise un type de

-segment tabulaire-

Le segment tabulaire ainsi défini en association avec un

-segment rectiligne-oblique

.pente de 10 à 3%, longueur de la facette supérieure à 500m, ...

.orthoapexols sur lapidon/structichron/stérite
.orthoapexols sur altérite
.orthoapexols sur lapidon/(altérite stérite)
.orthoapexols sur lapidon/stérite

-segment rectiligne-oblique

.pente de 2-3.5%, longueur de la facette inférieure à 100m, ...

.anapexols sur stérite
.orthoapexols sur stérite/lapidon

-segment rectiligne-plan

.pente de 0-1%, longueur de la facette supérieure à 100m, ...

.humapexols sur stérite/réducton

caractérise un type de paysage.

De même, un schéma prévisionnel et/ou fonctionnel représente un type de cycle cultural, ou bien, si nous détaillons l'analyse, une succession de types qui identifie de façon définitive les diverses interventions pratiquées au cours de ce cycle.

Dans tous les cas, nous pouvons dire que placer des limites équivaut à définir des typologies. Ce qui signifie qu'un volume, une période, seront donc définis, pour eux-mêmes, dans l'absolu afin de constituer des structures de référence, et non plus de façon relationnelle ainsi que nous l'avons fait lorsque nous recherchions les chemins d'information (information en mouvement). La structure de référence permet alors de transmettre un ensemble de connaissances que peuvent utiliser, par exemple, les responsables du développement ou encore les praticiens de la mise en valeur. C'est donc le moyen de communiquer, de passer de la "recherche" à la "pratique".

C'est dans ce sens que nous parlons d'information fixée.

* *

*

CONCLUSION GENERALE

APPREHENDER, COMPRENDRE, COMMUNIQUER



Appréhender, comprendre, communiquer : trois mots pour résumer une démarche, celle d'un naturaliste qui doit transmettre son expérience et ses résultats.

APPREHENDER -la saisie, l'information libre.

Reconnaître, décrire, constitue bien sûr la première étape de toute approche naturaliste. Pour cette raison nous avons postulé, à une échelle d'observation particulière, -l'échelle de terrain-, la présence d'objets, d'organisations simples, les **UNITES de BASE du SYSTEME D'INFORMATION**. Elles sont assimilées en premier lieu à un contenu scientifique, à une quantité d'information non finie, qui peut évoluer et possède en fait sa propre dynamique. L'observation de terrain a fait également apparaître la quasi-impossibilité de fixer à l'avance les dimensions de l'enveloppe d'un corps naturel qui peuvent varier, si nous nous référons à une surface, de quelques millimètres carrés à plusieurs mètres, dizaines ou même centaines de mètres carrés.

Les unités de base du système d'information, expressions morphologiques résultant de l'application de multiples processus bio-physico-chimiques, nous offrent la possibilité de rassembler sous un **NOM** qui les identifie, une quantité d'information, un ensemble de connaissances, par définition sans limites. Il est donc parfaitement possible, à tous moments, d'ajouter à chaque nouvelle information l'acquis précédent, produit de l'observation, de l'analyse et de l'interprétation. La définition de l'unité de base se confirmera, se précisera ou sera peut-être partiellement infirmée. Quoi qu'il en soit, le concept lui-même ne sera pas fondamentalement transformé car il est d'essence morphologique et correspond à des structures réellement présentes dans le milieu physique.

La mobilité incessante des données "à l'intérieur" des structures est une des caractéristiques principales du concept d'unité de base (ou de corps naturel), à la fois **enveloppe et contenu scientifique**, soumis en permanence à des transformations qualitatives et/ou quantitatives de son information.

Les corps naturels élémentaires que nous avons reconnus et les termes que nous avons proposés pour les désigner ne sont donc pas caractérisés par de strictes définitions. Au contraire, nous avons tenté, pour chacun d'entre eux, de regrouper sous les différents noms proposés la plus grande quantité possible d'informations. Informations qui permettent, bien sûr, de reconnaître les corps naturels élémentaires avec une certaine sécurité, une certaine "fiabilité", mais qui traitent également de leurs caractéristiques morphologiques macro- et microscopiques et, dans la mesure du possible, de leurs propriétés physico-chimiques. Si quelques critères de reconnaissance doivent être pratiquement "fixés", le plus grand nombre, en revanche, est sujet à des

variations sensibles d'un endroit à un autre.

Il faut également évoquer une autre propriété attachée à ce concept et aux mots qui le désignent. Il s'agit du rôle joué par les corps naturels comme véhicule de l'information. Les termes du vocabulaire proposé n'ont pas besoin d'être associés à d'autres mots à l'intérieur d'une phrase ou d'une périphrase pour exprimer quelque chose de précis. Cette remarque rejoint ce que nous avons déjà dit précédemment. Humite, structichron, entaféron, ... ne sont pas uniquement des mots mais traduisent surtout la présence d'une structure naturelle et son contenu d'information.

Reconnaître, identifier les corps naturels élémentaires c'est aussi la possibilité de décrire un objet et de le caractériser par un ensemble de données. Le faire à l'aide d'un vocabulaire précis atténue déjà l'aspect littéraire de ces descriptions. Malgré cela, la description ne sera pas complète si elle n'exprime pas également la notion de quantité ainsi qu'une certaine image des relations installées entre les structures reconnues. La description des corps naturels élémentaires ne doit pas être uniquement littéraire mais aussi quantifiée et relationnelle. C'est le rôle de la syntaxe. VOCABULAIRE et SYNTAXE représentent donc les deux aspects d'un langage structuré qui permet simultanément de restituer l'organisation du milieu, de notre environnement physique immédiat et d'envisager ou de proposer, de façon induite, des explications concernant le comportement, la dynamique, les transformations.

Cette première étape, qui nous permet de rassembler les données sans aucune contrainte de limites, d'échelle d'espace ou de temps, donc de dimensions, fait appel à une forme d'information particulière, une information libre.

Nous avons donc construit un outil qui nous permet de satisfaire au premier terme de notre devise : saisir, appréhender de façon homogène et structurée les données identifiant les éléments de base qui participent, à des degrés divers, à l'organisation des diverses composantes du milieu.

♦ ♦

COMPRENDRE -les relations, l'information en mouvement.

Les corps naturels et leur cortège d'informations ont été reconnus, décrits et localisés. Comment s'organisent-ils dans les paysages ? Quelles règles président à leur distribution ? Quel-

les dépendances s'installent entre eux ? Voici quelques questions auxquelles il est nécessaire de répondre pour comprendre l'organisation des diverses composantes qui participent à la construction des paysages.

Pour cela nous nous sommes attachés à mettre en évidence les relations pouvant exister entre tous les objets que nous avons décrits, les corps naturels élémentaires, structures les plus simples présentes à l'"intérieur d'un paysage", à notre échelle d'observation.

Nous observons par exemple, à la partie supérieure d'une coupe de sol un humite brun puis un structichron rouge, dans sa partie la plus profonde un corps naturel complexe (structichromique oxydique)/réductique. A l'amont d'un paysage, nous décrivons fréquemment un structichron rouge alors qu'à l'aval nous serons en présence d'un leuciton et d'un réducton. Existe-t-il des liens entre le structichron rouge et le réducton, entre l'humite et le complexe (structichron oxydon)/réducton ? Pour les découvrir, il faut organiser l'information verticalement et latéralement et rechercher s'il existe des structures qui permettent de "passer" progressivement d'un corps naturel à un autre, aussi "éloignés" soient-ils par leur organisation, leurs caractères morphologiques, les processus qui les ont mis en place ou les dynamiques que leur présence implique.

Dans un autre domaine, nous avons décrit des paysages centrafricains caractérisés par une facette topographique convexe à l'amont et une facette rectiligne-plan à l'aval. Le passage de l'une à l'autre se fait par une succession de facettes, de formes diverses, plus ou moins planes, convexes ou concaves. Mais à ces facettes sont rattachés des sols, des pédotypes. Existe-t-il encore une fois, des relations directes entre ces facettes, leur forme, leur situation dans le paysage et les pédotypes ?

Pour répondre en partie à ces questions, nous possédons notre collection de données, notre information libre et quantifiée rassemblée sur le terrain. Il faut l'organiser, suivre et représenter, par exemple, les modifications qui affectent les corps naturels élémentaires. Nous nous sommes ainsi intéressé aux variations quantitatives de chacun des corps naturels et nous les avons traduites sous forme de profils structuraux. Pour les coupes de sols, il s'agit avant tout d'un suivi vertical, pour les segments et les séquences, d'un suivi latéral.

La recherche des relations ne s'est pas limitée à cet aspect quantitatif. Nous avons également pris en compte le côté qualitatif, descriptif, qui rejoint en réalité le problème de l'identification des corps naturels et précède bien souvent la mise en place de la quantification. Ainsi nous reconnaissons, pour un même type de corps naturel, des variations de couleurs, de tex-

ture, de structure, de forme des éléments, de composition, ... Un structichron sera rouge, jaune, beige et/ou sableux, sablo-argileux, argileux, ... Un lapidon sera oxydique, altéritique oxydique, altéritique, régolique, ...

Le dernier aspect pris en considération concerne celui du changement d'état des corps naturels élémentaires. C'est ainsi que nous observons un structichron, un structichron phase leucitique, un structichron leuciton, un leuciton structichromique, un leuciton, ... ou encore un passage structichron rouge, jaune, beige, structichron réductique, réducton. D'autres transformations concernent plus particulièrement le passage d'un état meuble à un état induré ou inversement. Cela se traduit par la présence d'(oxydon structichron), de (pauci).lapidon structichromique et oxydique, de (fragi).lapidon oxydique (nodulaire), (duri).lapidon, ... Nous avons également décrit des transformations qui affectent la continuité des pédotypes. Il s'agit par exemple du passage d'un lapidon (pédotype discontinu) vers un stérîte (pédotype continu).

De même dans un paysage multiconvexe, nous observons, entre la facette amont convexe et une facette médiane rectiligne-convexe, une facette rectiligne-concave. Une facette identique est présente entre une zone rectiligne-convexe et une zone rectiligne-plane, ...

Toutes ces données nous ont permis de tracer des graphes, images information des sols, des segments ou des paysages, dont l'analyse nous permet de dégager deux faits essentiels :

- La présence de corps naturels élémentaires, de segments et/ou de paysages intergrades de transition. Ils matérialisent les chemins qui permettent de suivre le passage d'un structichron rouge à un (oxydon réducton) puis à un (fragi).stérîte, le passage d'un segment convexe stéritique à un segment plan-convexe réductique, d'un pédotype induré discontinu à un pédotype induré continu ou encore d'un pédotype meuble à un pédotype induré continu ou discontinu. Ces structures intergrades, souvent délicates à reconnaître et à caractériser, sont donc les éléments essentiels de la compréhension des relations qui peuvent exister entre les structures "simples".

- La présence de seuils. Ils correspondent, soit à la disparition ou à l'apparition brutale de certaines structures, soit à une augmentation progressive de la quantité d'un corps naturel aux dépens des autres, à l'intérieur d'un volume de référence parfaitement délimité. Ils apparaissent donc de façon plus ou moins brusque mais, dans tous les cas, les seuils visualisent et délimitent des domaines structuraux différents, aussi bien en ce qui concerne leurs caractéristiques morphologiques que dynamiques.

Ainsi, dans le nord de la Côte d'Ivoire, nous avons identifié un dermilite. Ce pédotype, présent à la surface du sol sur une épaisseur extrêmement faible, conditionne malgré tout la dynamique des eaux superficielles dans la presque totalité du paysage. Il isole ainsi deux domaines évoluant différemment :

- Le premier, tout à fait en surface, soumis aux fluctuations climatiques "quotidiennes", ainsi qu'aux diverses interventions humaines, évolue par de brusques modifications structurales à caractère temporaire marqué.

- Le second, profond, est indifférent à ces perturbations intenses, mais très brèves, qui affectent les premiers centimètres du sol. Il évolue sur de grandes périodes et exprime la pérennité de certaines structures qui caractérisent les grandes évolutions morphopédogénétiques.

De la même façon, certains corps naturels élémentaires sont les témoins des transformations paysagiques profondes. Il s'agit, le plus souvent, des entaférons ou des lapidons. Ils se transforment peu à peu sous l'influence des phénomènes de biopédoturbation et des chemins d'information reliant entaférons, structichrons, oxydons et humites comme en Nouvelle Calédonie, stérites et lapidons comme dans la région de Korhogo. De telles structures permettent de reconstituer -en partie tout au moins- l'histoire de ces paysages ou de ces régions.

Toute cette phase consiste donc à organiser les données, à les placer les unes par rapport aux autres, à construire des **CHEMINS D'INFORMATION** qui vont se développer au fur et à mesure de notre progression dans l'ensemble des données. Ces chemins qui suivent les variations quantitatives et/ou les changements de nature d'une même organisation, les changements d'état métamorphosant un corps naturel en un autre, ou encore le passage d'un pédotype à un horizon, d'un horizon à un sol, d'un sol à un segment, d'un segment à un paysage, ... sont entrecoupés de seuils, traces des principales étapes qui ont abouti à l'organisation actuelle du paysage.

Cette analyse structurale et relationnelle transforme l'information précédente et la canalise. Elle était libre sans aucune contrainte, elle coule maintenant selon des directions définies en se calquant sur les relations qui existent ou ont existé entre certains traits morphologiques des corps naturels, entre les corps naturels, entre les corps naturels et la topographie, ... C'est une information en mouvement -dans l'espace et dans le temps- qui permet de se déplacer le long d'une chaîne de données, passant ainsi d'un pédotype, phytotype à un paysage en franchissant toute une suite de seuils, sans qu'il y ait rupture de cette chaîne.

Dans ce monde dynamique, relationnel, l'information est

pratiquement indépendante des notions de limites et d'échelle. Dans ces conditions, il est souvent difficile de transmettre et de valoriser ce qui est acquis. En effet, l'utilisation d'une connaissance exige la présence de repères, de limites qui isolent des espaces de référence, images fixées d'une structure ou d'un état.



COMMUNIQUER -les typologies, l'information fixée.

A tous moments nous sommes amenés à placer des limites que ce soit dans le domaine de la vie courante ou dans celui de notre activité professionnelle, qu'il s'agisse d'un objet usuel, commun ou d'un horizon, d'un sol, d'un segment, d'un paysage. Cette opération structuraliste, que nous effectuons "naturellement", presque "sans y penser", nous engage pour toute la suite de notre démarche. C'est en réalité d'une expertise qui fait intervenir notre expérience, notre "savoir faire". Le naturaliste délimite "a priori" des ensembles dont les dimensions sont pratiquement imposées par la nature des questions formulées et par les techniques d'observation et d'analyse. Le choix d'une échelle est donc dicté par ces deux conditions auxquelles s'ajoutent, -dans le cas de réponses cartographiques-, les contraintes de dessin.

Ainsi, dès la première étape, lors de la description de terrain et de la saisie des données, nous avons fait appel à notre "pouvoir d'expert" en identifiant des horizons. Ce sont des volumes parfaitement positionnés qui nous permettent de situer les corps naturels élémentaires et d'estimer leurs proportions relatives à l'intérieur d'un volume de référence. Cette façon d'agir se répète lorsqu'il faut décrire les facettes topographiques ou les paysages.

Mais par la suite, toute expertise doit être justifiée. Pour cela il est nécessaire de définir les volumes reconnus par leur contenu d'information. Celui-ci doit être spécifique afin de valider la place des limites. Nous faisons alors un "va et vient" permanent entre une expertise de terrain et sa validation par le traitement des données qu'elle permet de collecter. Cette démarche qui consiste à identifier tout d'abord un objet, une organisation puis à le caractériser par la description de ses traits morphologiques et/ou analytiques, revient à rechercher des types et à bâtir des typologies.

L'intérêt que nous avons porté au deuxième volet de notre tryptique, -comprendre-, nous a conduit à délaisser quelque peu

cet aspect de l'analyse structurale qui consiste à placer des limites. Nous avons, en fait, privilégié le contenu par rapport à l'enveloppe ou, en d'autres termes, le corps naturel élémentaire par rapport à l'horizon.

Après avoir saisi les données, organisé l'information et expliqué la présence et la localisation des structures reconnues dans les paysages, il faut "faire connaître" ces résultats et surtout, les utiliser ou donner les moyens de les utiliser. Pour cela, le moyen apparemment le mieux adapté consiste à mettre en évidence ces types -à différentes échelles adaptées aux questions posées- et ensuite à "structurer" le milieu d'une manière différente afin de répondre aux besoins d'utilisation des paysages.

Partant des corps naturels élémentaires, la première étape consiste donc à faire apparaître des types d'horizons. Le principe retenu ici s'appuie sur la notion de "contrainte" qui est attachée à certains corps naturels et qui varie en fonction du niveau de quantification, de la localisation (profondeur), de l'épaisseur, etc... En suivant quelques règles simples, nous avons ainsi retenu quatre types principaux d'horizons, HH, HM, HN et HI. A l'intérieur de ce classement, qui répond à des préoccupations "très pratiques", il est possible de construire d'autres typologies d'horizons qui prendront plus particulièrement en compte les corps naturels présents et leurs proportions relatives. C'est ce que nous ferons dans un stade ultérieur, afin de mieux caractériser les types de sols par une définition plus précise des horizons qui les composent.

La deuxième étape consiste à passer des types d'horizons aux types de sols. Pour y arriver, toujours dans une hypothèse de mise en valeur, nous avons défini les concepts d'apexol et d'infrasol. Cela nous permet de placer les sols dans quatre types de sols, selon la structure de l'apexol. Nous parlerons ainsi d'anapexols, d'humapexols, d'orthoapexols ou d'anhumapexols. Les trois derniers types sont eux-mêmes divisés en sous-types, en fonction de l'épaisseur de l'apexol (leptique, brachique, pachique, bathique).

En poursuivant notre démarche, nous identifions des types de segments qui seront caractérisés par la forme d'une facette, sa pente, son extension, les types de sols qui lui sont associés, etc ... Puis des types de paysages formés par la succession de différents types de facettes, elles-mêmes caractérisées par les types de pentes, de sols, etc

Peu à peu, nous construisons donc une nouvelle image du paysage destinée à répondre aux besoins du développement. Cette image sera associée à la représentation, en plan, de ces divers ensembles pour constituer les cartes et légendes morphopédologiques. Ces documents représentent en effet le meilleur moyen de

valorisation et de communication que possède le naturaliste, car il permet de rassembler, sous une forme très concise, une importante quantité de données ainsi que leur localisation spatiale. Les cartes représentent de vastes modèles dont les limites fixent l'information dans une succession de typologies emboîtées. Les moyens d'exploitation ultérieurs de cette information sont nombreux. Nous avons cité, à titre d'exemple, l'hypothèse de l'implantation de quelques types de culture. En confrontant les diverses caractéristiques des paysages aux caractéristiques édaphiques de ces cultures, nous sommes en mesure de faire un premier choix de segments ou de paysages à retenir pour leur implantation. L'échelle de la carte n'est pas impérativement fixée. Elle dépend, elle aussi, des questions qui nous sont soumises. De cette façon, les cartes peuvent être d'inventaire, de synthèse, de mise en valeur, selon l'échelle et/ou les méthodes retenues pour leur réalisation.

Il reste, pour achever cette étude, à considérer l'aspect temporel de l'évolution des paysages. Nous l'avons abordé par l'intermédiaire des suivis cultureux qui nous ont permis de construire des modèles, des schémas fonctionnels et prévisionnels. Ils identifient des types cultureux, caractérisés par une succession d'images d'un champ, images prises à des intervalles de temps correspondant aux interventions culturelles.

Pour nous conformer au dernier volet de notre tryptique, nous avons dû modifier encore une fois l'information. Le besoin de communiquer a fait apparaître la nécessité de placer des limites, de rechercher des structures, des types de référence, que nous avons caractérisés par une information fixée, spécifique de chaque structure.

* *

*

EPILOGUE

UN REGARD VERS L'AVENIR :
De la saisie au traitement
des données, la recherche
de l'automatisation.



Afin d'aider à la gestion du milieu nous avons, au cours des pages précédentes, présenté une méthode permettant de saisir les données, de les organiser, de les utiliser et enfin de transmettre les résultats aux différents responsables de la mise en valeur. Elle privilégie l'analyse structurale des données de morphologie des sols, de la végétation, de la topographie, etc... et des paysages, en d'autres termes, nous avons donc choisi de valoriser les données de terrain. Accessibles à tous elles sont "faciles" à collecter, peuvent être quantifiées et permettent ainsi, en utilisant une démarche rigoureuse et formalisée, de construire graphes et images des sols, segments et paysages.

Dans cette approche, nous avons insisté sur le fait que la plupart des observations dépendent, en premier lieu, d'une expertise qu'il faut ensuite confirmer. Il subsiste et subsistera donc toujours une nuance d'empirisme dans le travail du naturaliste de terrain. C'est pour tenter de l'atténuer que nous avons proposé une méthode qui soit la plus rigoureuse possible et dont les diverses étapes se déduisent logiquement, "automatiquement" les unes des autres. Nous avons vu, en effet, que l'analyse structurale permet de caractériser, par leur contenu d'information, des organisations naturelles d'ordre régulièrement croissant, de l'horizon à la région, en passant par le sol, le segment et le paysage. L'organisation et la structuration des données géo-pédologiques permettent de construire toute une série de typologies emboîtées qui apparaissent "naturellement" les unes à la suite des autres. Un type, correspondant à une échelle, se caractérise en partie par l'information spécifique du niveau immédiatement inférieur : l'horizon par les corps naturels élémentaires, le sol par les horizons, le segment par les sols, le paysage par les segments, la région par les paysages, ...

Mais pour trouver toute sa rigueur et son efficacité, une telle méthode se doit de suivre des règles qui gèrent l'utilisation d'un nombre élevé de renseignements, concernant des milieux variés, recueillis par des observateurs différents. Cette "diversité" nécessite donc de systématiser et de formaliser la collecte des données et leur traitement ultérieur. Nous avons essayé d'y parvenir. Du fait même de sa formalisation, c'est une procédure qui se révèle assez "lourde" à mettre en oeuvre dans les conditions habituelles de travail. En effet, pratiquée "à la main", la répétition obligatoire des opérations de saisie et de calculs, la construction de graphes et d'images qui en découle, deviennent très rapidement des tâches longues et fastidieuses.

Cette stratégie permet de répondre, avec suffisamment de précision, à des questions concernant le développement, aussi bien à l'échelle d'une région ou même d'un pays qu'à celle d'un champ. Toutefois, la présentation en demeure exemplaire et, pour conférer à la méthode une plus grande efficacité, il faut envisager une nouvelle étape. Le principal problème qui apparaît concerne la "lenteur" de l'analyse. Pour le palier tout en accroissant le nombre de données rassemblées sur le terrain, l'emploi d'autres techniques est inévitable.

Du fait de la nature même de nos objets et de l'analyse que nous avons pratiquée nous sommes obligés d'adjoindre aux moyens traditionnels de l'analyse des données l'utilisation d'autres concepts. Les problèmes qui nous sont posés et qui concernent, en particulier, la "génération de règles" sont issus de l'intelligence artificielle. C'est donc vers cette spécialité que nous nous sommes tournés. En effet, le "but du jeu" est de trouver, dans un premier temps, une méthode pour générer des règles qui permettent, lorsque nous connaissons les corps naturels composant par exemple un sol, d'en déduire le type de sol. Dans une seconde étape, il faut étendre l'étude à la totalité du paysage et créer des règles qui révéleront les segments, les paysages et les régions. Ce travail s'éloigne de l'analyse de données classique. Il faut plutôt faire appel à une nouvelle discipline, celle de l'analyse des données symboliques qui emprunterait :

- à l'intelligence artificielle son souci d'interprétabilité et celui de rester le plus possible fidèle à l'intuition humaine et à sa démarche conceptuelle.

- à l'analyse des données traditionnelle ses techniques éprouvées, efficaces et souples ainsi que ses capacités à visualiser les structures mises en évidence (Roy - 1987).

Une opération comme celle-ci ne peut être le seul fait du naturaliste. Dans ce contexte il n'interviendra qu'en thématicien et devra rechercher de nouvelles compétences en mathématique, intelligence artificielle et informatique. C'est donc d'un APPEL qu'il s'agit dans cet épilogue. Appel qui s'adresse à divers spécialistes pour construire un outil informatique d'aide au développement, de la saisie à l'interprétation des données, à la recherche de règles et à la modélisation structurale des composantes paysagiques et des paysages. Pour cela deux phases principales sont à envisager :

- la saisie informatisée des données. Elle doit se faire, sur ordinateur dès la phase de prospection de terrain. Les moyens techniques actuels nous permettent de la réaliser. C'est le moyen de faire disparaître, non seulement toute saisie sur fiches, cahiers, ... , mais aussi de limiter les risques d'erreur ou de perte d'information lors de transferts et de manipulations (passage de la fiche de description aux fichiers, ...).

- le traitement des données. Il commence par l'identification exhaustive des corps naturels élémentaires d'une séquence, d'un groupe de séquences. Il se poursuit par le calcul des proportions des divers corps naturels présents et le tracé automatique des profils structuraux. Une phase ultérieure de recherche, permettra la mise en évidence des types d'horizons, de sols (identification des apexols et infrasols), puis la recherche automatique des organisations d'ordre supérieur (segments, paysages, régions) afin d'approcher la caractérisation morphopédologique de la séquence en termes d'utilisation et de gestion des sols et des paysages.

C'est dans cette direction que nous nous sommes engagés. Bien que cette recherche soit encore très incomplète, nous avons cependant pensé qu'il fallait exposer, dès à présent, les premiers résultats que nous avons obtenus. Ils ont trait à la phase de saisie informatisée des données de morphologie des sols, de végétation, de topographie, de micromodelé, de géomorphologie, etc... et se traduisent par un logiciel de terrain qui permet une saisie structurée de toutes ces informations. Tout au long de l'opération, des fichiers d'aide à la description s'affichent à l'écran et autorisent un non-spécialiste à collecter un maximum d'informations.

LA SAISIE DES DONNEES

La première opération consiste à identifier les corps naturels élémentaires. Ils sont ensuite localisés (reconnaissance d'horizons avec leurs limites supérieures et inférieures) et quantifiés. La saisie se fait à l'aide d'un "code" -les cinq premières lettres du nom du corps naturel, suivies d'un chiffre, de 1 à 6, qui représente la classe de quantification-. Pour illustrer ceci nous décrivons :

- LAPID1, STRUC2, SEMET5, pour lapidon, structichron, sémé-
ton.
- HUMIT1STRUC3 pour un intergrade (humite structichron).

La suite de la description consiste à caractériser chaque corps naturel ainsi identifié et quantifié. En ce qui concerne les pédotypes et autres corps naturels du sol, nous suivons les principes de description de la pédologie traditionnelle qui s'inspirent de fiches de description et de glossaires :

- glossaire de pédologie, description des horizons (1969)
- glossaire de pédologie, description de l'environnement (1971)
- fiche dite "Tunisie" (Viellefond, Girard et coll. - 1980)
- fiches "STIPA" (Bertrand & al - 1984, Bonneric & al - 1985)

Ces fiches tiennent compte des normalisations proposées par les pédologues francophones (ACCT, 1979).

En utilisant DBASEIII, nous avons construit un logiciel de saisie qui fonctionne sur microordinateur compatible IBM. Nous l'avons utilisé sur le terrain avec des microordinateurs portatifs TOSHIBA T1200. Conçu par des pédologues, le logiciel comprend deux grands domaines de description (annexe 1) :

- l'environnement

- + les caractères généraux (toponymie, latitude, longitude, ...)
- + la géomorphologie
- + la géologie

- + le micromodelé (description structurale identique à celle des autres corps naturels)
- + l'hydrologie
- + la végétation (description structurale par corps naturel)
- + l'occupation des terres

- les sols

Après avoir placé les limites de l'horizon qui identifie le volume de référence à l'intérieur duquel se font description et quantification, nous décrivons les corps naturels les uns après les autres. Chaque corps naturel ou groupe de corps naturels possède un schéma de description particulier. A ce jour nous avons ainsi retenu :

- + le groupe humite, oxydon, structichron, leuciton, réducton, vertichron
 - + le nécrumite
 - + le groupe nécrophytion, téphralite
 - + le groupe cryptagé, rhizagé, rhizophyse
 - + l'entaféron
 - + l'hydrophyse
 - + l'aérophyse
 - + le topolite
 - + l'altérite (allotérite, isaltérite)
 - + le stérite
 - + le lapidon
 - + le domabion
 - + le cutanon
 - + le dermilite
 - + le séméton
 - + l'écluton
- + les phytotypes

La liste peut se compléter si d'autres corps naturels sont identifiés. De la même façon, les questionnaires peuvent évoluer, certaines questions méritant d'être prises en considération, d'autres, au contraire, d'être supprimées. Tous les schémas de description avec la liste des questions et des réponses sont présentés dans l'annexe 1.

Cette application a été construite de la façon suivante :

LES FICHIERS

Deux grands types de fichiers ont été nécessaires :

1-Le fichier QUESTION qui comprend les zones suivantes :

- une clé de 30 caractères permettant de relier les questions les unes aux autres (CLE).
- l'intitulé de la question sur 35 caractères. Celui-ci est inscrit dans le fichier sous sa forme ultérieure d'édition. Sur l'écran il apparaîtra toujours en majuscules (INTITULE).

- la "nature" de la question codée avec 1 caractère. La nature peut être celle d'un titre (T), celle d'une réponse codée (C) ou celle d'une réponse libre (L), (NATURE).
- la longueur de la réponse avec 2 caractères numériques. Cette longueur est comprise entre 1 et 30 (LGREPON)
- un format de réponse codée avec 1 caractère. Ce format sera :
 - "A" pour une réponse alphanumérique.
 - "N" pour une réponse numérique.
 - "C" pour une réponse concernant la couleur (code Munsell). C'est à dire 8 caractères (code Munsell), un tiret, un espace et 20 caractères pour son expression en langage courant.
 - "X" pour une réponse numérique avec deux décimales.
 - "D" pour une date exprimée successivement par le mois, le jour et l'année. (FMREPON)
- un nombre d'itération avec 2 caractères (NBITE)
- un nombre d'itération minimum avec 2 caractères numériques (ITEMIN)
- un type d'itération codé avec 1 caractère "N" lorsque cette itération est "normale" (TYPEITE)
- une zone de 30 caractères donnant la clé de la question suivante (QUESTSUIV)
- un code exprimé par 1 caractère pour indiquer s'il est possible de reprendre ce chapitre pour l'inclure dans un autre fichier (DOS)
- un code exprimé par 1 caractère pour indiquer la possibilité de reprendre l'horizon et l'inclure dans un autre fichier (NOHOR)
- une zone de 8 caractères qui permet, pour la question qui est posée, d'exécuter un programme spécifique dont le nom est dans cette zone (SPECIAL)
- une zone de 8 caractères permettant, pour la question posée, d'afficher sur les quatre dernières lignes de l'écran, une aide à la saisie grace au programme dont le nom figure dans cette zone (AFFISPEC)
- un code de 1 caractère indiquant si les minuscules sont acceptées dans la réponse (MINUS)
- une zone de 2 caractères numériques qui indique la colonne d'édition, soit question, soit réponse (COL)
- une zone de 5 caractères qui seront édités soit avant la question, soit avant la réponse (CARAVA)
- une zone de 5 caractères qui seront édités soit après la réponse, soit après la question (CARAPR)
- un code de 1 caractère ("O" ou "N") qui signale que la question sera ou ne sera pas éditée (IMP)

-un code de 3 caractères permettant de remplacer le texte de la question par un autre texte. Ce code est relié à un fichier texte (TXT)

-un code de 1 caractère ("O" ou "N") indiquant l'édition de la réponse (IMPREPO)

-un code de 2 caractères qui signale le nombre de lignes à mettre en blanc avant l'édition de la question et de la réponse (LIGNEAVA)

2-Le fichier des REPONSES qui comprend les zones suivantes :

-une clé de 30 caractères permettant de relier la réponse à sa question

-une zone de 30 caractères où s'inscrit la réponse en clair

-une zone de 10 caractères contenant le code de la réponse

-une zone de 30 caractères donnant la clé de la question suivante

-une zone de 1 caractère ("O" ou "N") indiquant si le code réponse et la réponse sont affichés à l'écran

-un code de 1 caractère permettant le classement de certaines réponses

3-Le fichier des textes qui comprend les zones suivantes :

-un code de 3 caractères relié au fichier question

-un zone de 50 caractères réservée au texte proprement dit

4-Le fichier des résultats avec les zones suivantes :

-une zone de 6 caractères réservée au numéro de la description (du fichier)

-un numéro aléatoire qui permet de classer le fichier malgré les itérations possibles sur trois caractères numériques

-une zone de 30 caractères donnant la clé de la question

-la réponse "en clair" sur 30 caractères

-un code réponse sur 10 caractères

Les fichiers sont ensuite triés de la manière suivante :

-Question : clé de la question

-Réponses : clé, code de tri et code réponse
clé, code réponse

-Résultat : dossier, numéro aléatoire et clé de la question

-Texte : Code texte

Quelques observations sur les fichiers méritent d'être présentées :

-Il faut noter qu'il existe deux fichiers des réponses, le premier concerne l'"environnement", le second traite des sols.

-la nature de la question est "L". Le programme affiche l'intitulé de la question et fait appel au programme indiqué dans la zone programme d'affichage d'aide (si cette zone est remplie). Il lit ensuite la réponse par l'intermédiaire du programme GETREP. La réponse est réaffichée. Un enregistrement est créé dans le fichier provisoire. On va à la question suivante indiquée par la question qui vient d'être traitée. Si la question suivante = FIN le fichier provisoire est fermé et les enregistrements sont ajoutés au fichier résultats. Retour au menu général.

-la nature de la question est "C". Dans ce cas le programme affiche l'intitulé de la question et fait appel au programme AFFIREP afin d'afficher les diverses réponses possibles. La réponse est lue par l'intermédiaire du programme GETREP. La réponse donnée est vérifiée par l'intermédiaire du programme VERIFREP avant d'être réaffichée. La suite du processus est identique à celle des paragraphes précédents (création d'un enregistrement provisoire, puis on va à la question suivante indiquée par VERIREP. Si verirep = FIN le fichier est fermé et ajouté au fichier résultats puis retour au menu général).

ITE001 et ITER001 : le nombre maximum d'itérations est de 7. Au cours de la lecture de la question proposée par le programme précédent plusieurs situations peuvent se présenter :

-la zone de dossier demandée contient le code "0". Dans ce cas le programme appelle le programme DEMDOS puis passe à la question suivante indiquée par DEMDOS.

-Le nombre d'itérations est supérieur à 1. Le programme appelle alors ITEnnn si le code d'itération est à "N", ou ITERnnn si le code d'itération est différent. Il passe ensuite à la question suivante signalée par le programme appelé. Le programme vérifie le changement réel de question.

-la nature de la question est "T". Le programme affiche alors l'intitulé de la question et crée un enregistrement provisoire. Il va à la question suivante indiquée à la fin de la question traitée. Si la question suivante = FIN le programme laisse agir le programme qui l'a appelé.

-la nature de la question est "L". Le programme affiche la question. La suite est identique à ce qui est décrit pour QUEST001 réponse "L". Quand la question suivante = FIN le programme laisse la place au programme qui l'a appelé.

-la nature de la question est "C". Le programme affiche l'intitulé de la question et fait appel aux programmes AFFIREP (affichage des réponses possibles), GETREP (lecture de la réponse choisie), VERIFITE (vérification de la réponse) puis suit le déroulement habituel. Si la question suivante = FIN le programme laisse agir le programme qui l'a appelé.

Le programme ITER001 se différencie de ITE001 par le stockage préalable de toutes les réponses. Par la suite chaque réponse donnée subit le même traitement que lors de l'utilisation de ITE001.

GETREP : Ce programme lit la réponse donnée sous le format existant dans le fichier question. C'est ce programme qui après utilisation d'une touche de fonction permet d'appeler les programmes suivants :

- RETOUR pour la touche F10
- MODIF pour la touche F3
- SAUVE pour la touche F9
- Pour la touche F2 le programme met une variable mémoire à "0" afin d'accepter une réponse "vide".

RETOUR : Ce programme réaffiche depuis le début, toutes les questions et les réponses du fichier provisoire. A la fin il réaffiche les réponses par AFFIREP et revient au programme GETREP.

AFFIREP : Ce programme lit toutes les réponses possibles à une question donnée et affiche celles-ci sur les lignes 20 à 24 de l'écran. Une fois la réponse choisie ce programme laisse la place au programme qui l'a appelé.

SAUVE : Ce programme permet de sauvegarder les réponses déjà saisies au cours de la description en transférant le fichier provisoire dans le fichier résultat. Le fichier provisoire est alors vide. On retourne ensuite au programme en cours.

MODIF : Ce programme permet de modifier les réponses aux questions qui viennent d'être posées. Il affiche la page précédente et pose une question qui admet trois réponses possibles :

- "N" : pas de modifications de la page. dans ce cas le programme affiche la page précédente et revient à la question.

- "F" : pour fin de modifications. Le programme réaffiche la question en cours et revient au programme GETREP.

- "O" : pour modifications de la page. dans ce cas le programme demande le numéro de la ligne à modifier (entre 7 et 17). Il demande ensuite si l'opérateur souhaite annuler la question et la réponse. Si oui, on détruit la question et la réponse du fichier provisoire et on réaffiche la page de modification. Si non on affiche les réponses possibles puis on lit la nouvelle réponse. Après vérification le fichier provisoire est modifié et la page de modifications réaffichée.

VERIFREP : Ce programme permet de vérifier la réponse entrée au clavier. Si celle-ci n'existe pas au fichier des réponses, un message est affiché et demande de saisir à nouveau une réponse par l'intermédiaire du programme appelant. En fait ce programme gère une variable qui correspond à "N" à l'entrée et à "O" en sortie lorsque la réponse est correcte. Si la variable F2 est à "O", ce programme accepte qu'il n'y ait pas de réponse.

VERIFITE : Ce programme permet de vérifier la réponse entrée au clavier de la même façon que précédemment. Mais en plus de la vérification il contrôle le nombre d'itérations et accepte de ne pas avoir de réponse si le nombre minimum d'itérations est respecté.

TITRE : Programme qui permet l'affichage en haut de l'écran des chapitres, sous-chapitres et paragraphes.

RECHCOL : Recherche la colonne d'affichage de l'intitulé de la question en fonction de son niveau.

xxxx001 ou **xxxx002** : Il s'agit de programmes spéciaux appelés pour traiter des cas particuliers. Ils sont au nombre de quatre :

-le premier concerne la quantification des intergrades en tant qu'itération normale. On lit les réponses en fonction d'un format donné dans le programme lui-même.

-le second concerne le cas de la quantification des intergrades en tant qu'itération spéciale. On lit les réponses en fonction d'un format donné dans le programme lui-même et

ensuite on effectue un traitement identique au programme ITER001 (les réponses données ayant été conservées).

-le troisième, identique au premier, mais ne concerne pas les intergrades.

-le quatrième, identique au second ne concerne pas les intergrades.

En plus du traitement identique à ITER001, on fait également appel à un programme VERIxxxx, dans lequel xxxx est identique à celui de xxxx001 ou xxxx002. Ce programme est appelé pour quantification lorsque l'itération mène à une question suivante.

VERIxxxx : Il s'agit de programmes appelés par xxxx001 ou xxxx002 qui permettent de retrouver la question suivante pour chacune des quantifications.

xxxxAIDE : Programmes spéciaux appelés lors d'affichages spécifiques.

TEXTE : Programme qui permet la mise à jour du fichier texte à éditer en remplacement des questions. Il permet soit la modification, soit l'ajout, soit l'annulation.

EDTEXTE : Programme qui permet l'édition du fichier texte.

DEMOS : C'est un programme qui permet de récupérer les enregistrements d'un autre fichier. Il rajoute les enregistrements concernés au fichier provisoire et met en place la question suivante.

CODEEDIT : Offre la possibilité de mettre à jour les codes édition contenus dans le fichier des questions.

MAJREP : Concerne la mise à jour des réponses ainsi que l'ajout de réponses. Il affiche les questions par page et demande si l'opérateur souhaite avoir la page précédente, la page suivante ou si les modifications sont achevées. En cas de modifications, il demande le numéro de ligne et appelle le programme MAJREP2. Il réaffiche ensuite la page. En cas de fin tous les fichiers sont réindexés.

MAJREP2 : Ce programme permet la mise à jour des réponses ainsi que l'ajout de réponses. Il affiche les réponses à la question choisie dans le programme MAJREP et demande si l'on veut la page précédente, la page suivante, s'il y a modifications ou ajout. En cas de modifications il demande le numéro de la ligne, puis demande si on souhaite annuler cette possibilité de réponse. Si oui, la réponse est annulée. Si non il demande de faire la modification directement sur la ligne concernée. Il réaffiche ensuite la page. En cas d'ajout, il demande de faire cet opération en bas de page et réaffiche la page avec l'enregistrement ajouté. En cas de fin il laisse la place au programme MAJREP.

EDIT001 : Permet l'édition des profils sans préparations spéciales. L'édition concerne uniquement les questions et les réponses.

EDIT002 : Permet l'édition du questionnaire en imprimant d'une part les questions et d'autre part les réponses acceptées.

EDIT003 : Edition des descriptions. EDIT003A met en place les quantifications, EDIT003B place les corps naturels dans les horizons.

MAJQUEST : Permet la mise à jour du fichier questionnaire.

MODIF001 : Permet de modifier les profils déjà entrés.

Ce programme de saisie des données est utilisé sur le terrain . Sa structure sera certainement modifiée par la suite en fonction des impératifs qui seront créés par la mise en place des programmes de traitements des données.

LE TRAITEMENT DES DONNEES

Cette phase est actuellement en cours de préparation et une première recherche a fait l'objet d'un rapport de DEA (Roy - 1987). Cette analyse des données symboliques doit comporter plusieurs étapes qui font suite à la saisie des données. Il s'agit, après avoir reconnu et quantifié les corps naturels, de faire apparaître de façon automatique les horizons (avec une restructuration éventuelle qui confirmera ou infirmera l'expertise de terrain), les sols, les segments et les paysages.

La poursuite des travaux dans cette direction nous conduira vraisemblablement à imaginer un nouveau langage plus formel, plus symbolique, mieux adapté aux techniques informatiques. Les résultats que nous venons de présenter ne sont donc qu'une étape dans l'analyse structurale du milieu physique. Elle se place entre la perception très synthétique, intuitive des organisations naturelles et l'analyse qui permet de reconstruire à partir des données de terrain certaines structures du milieu physique. La première fait appel à un langage possédant un fort caractère de communication, la seconde, en revanche, demande la mise en oeuvre d'un autre type de langage, très symbolique, plus "mathématique", plus précis mais difficile à conserver lorsqu'il s'agit de communiquer les résultats.

* *

*

BIBLIOGRAPHIE

1. ———

- 1963-1967
CPCS - Classification des sols
ENSA Grignon - 87p. Multigr.
- 1969
Glossaire de Pédologie. Description des horizons en vue du traitement informatique.
ORSTOM - Initiations et Documentations Techniques - 82p.
- 1971
Glossaire de Pédologie - Description de l'environnement en vue du traitement informatique.
Informatique et Biosphère (association) - 173p.
- 1974
Méthodes modernes de géologie de terrain : T.1- Principes d'analyses sédimentologiques.
Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production du pétrole et du gaz naturel.
Ed. Technip, 97p., ISBN 2-7108-0255-4.
- 1975
Soil Taxonomy : A basic system of soil classification for making and interpreting soils surveys.
Soil Conservation Service - USDA - Agricultural Handbook n°436.
- 1978
Normalisation et échange de données pédologiques par ordinateur.
ACCT, 192p.
- 1978
Groupe de travail sur la nomenclature des horizons de sols.
Bull. AISS n° 31, 7-10.
- 1979
Normalisation et échange de données pédologiques par ordinateur.
ACCT, 192p.
- 1979
Proposition pour un format de transmission de données sol.
ACCT, 91p.
- 1980
Soils with variable charge.
Ed. by B. KG. Theng - Soil Bureau - DSIR - Lower Hutt - 448p.
- 1983
Soils : An Australian viewpoint
CSIRO - Academic Press - 928p.

- ALEXANDRE (D.Y.) - 1977
Essai de définition morphologique de la plantule.
ORSTOM Adiopodoumé, 9p. multigr.
- ALLEN (V.T.) - 1932
Petrographic studies bearing on the genesis and morphology of Illinois soils.
Proc. II Intern. Cong. Soil Sci., Moscow, comm. V, 113-117.
- ALTENMULLER (H.J.) - 1956
Mikroskopische Untersuchung einiger Loss-Boden-Typen mit Hilfe von Dunnschlieffen.
Z-Pfl. Ernähr. Dung., Bodenkunde, 72, 152-167.
- AUBERT (G.) - 1949
Observations sur le rôle de l'érosion dans la formation des cuirasses latéritiques.
C.R. Conf. Afr. Sols, Part.2, in "Bull. Agr. Congo Belge", 4, 1383-1386.
- AUBERT (G.) - 1963
Soils with ferruginous or ferrallitic crusts of tropical regions.
Soil Sci., 95, 235-242.
- AUBERT (G.) - 1965
La classification pédologique utilisée en France.
Pédologie Sympos. Intern., 3, Class. Sols, 25-26.
- AUBERT (G.), BOULAINÉ (J.) - 1980
La pédologie.
PUF, Coll. "Que Sais-je ?", 127p.
- AUBERT (G.), GIRARD (M.C.) - 1978
Vocabulaire de l'environnement pédologique tropical.
ACCT, 81p.
- BABEL (U.) - 1971
Gliederung und Beschreibung des Humusprofils in mitteleuropäischen Wäldern.
Geoderma, 5, 297-324.
- BABEL (U.) - 1975
Micromorphology of soil organic matter
In "Gieseking J.E., Ed., Soil component, Vol. 1, Organic component", 369-473.
- BACHELIER (G.) - 1963
La vie animale dans les sols.
ORSTOM Paris, Init. & Doc. Tech., n°3, 279p.
- BAL (L.) - 1973
Micromorphological analysis of soils. Lower levels in the organization of organic soil materials.
Ph.D Thesis State Univ. Utrecht. The Netherlands Soil Survey Papers n°6, Netherlands Soil Survey Institute, Wageningen, 174p.

- BARRAT (B.C) - 1964
A classification of humus forms and microfabrics of temperate grasslands.
J. Soil Sci., 15, 342-356.
- BARRAT (B.C) - 1969
A revised classification and nomenclature of microscopic soil materials with particular reference to organic components.
Geoderma, 2, 257-271.
- BAVER (L.D.) - 1956
Soil physics, Third Edition.
J. Wiley & sons Ed., 5, Soil structure, 123-198.
- BEAUDET (G.), MAURER (G.), RUELLAN (A.) - 1967
Le quaternaire marocain : observations et hypothèses nouvelles.
Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn., IX, 4, 269-309.
- BEAUDOU (A.G.) - 1971
Sols rouges et beiges. Etude d'une séquence sur quartzite en pays ferrallitique forestier (R.C.A.).
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., IX, 2, 149-187.
- BEAUDOU (A.G.) - 1972
Expression micromorphologique de la microagrégation et de l'illuviation dans certains horizons de sols ferrallitiques centrafricains et dans les sols hydromorphes associés.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., X, 4, 357-371.
- BEAUDOU (A.G) - 1974
Les mouvements d'argile dans certains sols ferrallitiques centrafricains.
Proc. Xth Intern. Cong. Soil Sci., Moscow, VIII, 247-255.
- BEAUDOU (A.G.) - 1975
La microagrégation dans les sols.
In "Encyclopedia of Earth Science", Part VI, Soil Sciences, Finckl Ed.
- BEAUDOU (A.G.) - 1977
Note sur la quantification et le langage typologique.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 35-41.
- BEAUDOU (A.G.) - 1980
Le langage typologique : un moyen de représenter le milieu naturel et de traiter l'information.
Actes du colloque Informatique et Biosphère d'Abidjan, 131-154.
- BEAUDOU (A.G.), BLIC (Ph. de) - 1978
Etude typologique du complexe sol-plante en culture intensive semi-mécanisée dans le centre ivoirien.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XVI, 4, 375-396.

- BEAUDOU (A.G.), CHATELIN (Y.) - 1977
 Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques. Typologie et cartographie en milieu ferrallitique.
 Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 1, 3-18.
- BEAUDOU (A.G.), CHATELIN (Y.) - 1978
 La pédoplasmation dans certains sols ferrallitiques rouges de savane en Afrique Centrale.
 XIth Intern. Cong. Soil Sci., Edmonton.
- BEAUDOU (A.G.), CHEVAL (M.) - 1980
 Notice explicative des cartes pédologiques de République Centrafricaine à l'échelle de 1/200.000. Feuilles de BAMBARI, BIANGA, MOBAYE, BANGASSOU, RAFAI.
 ORSTOM, Bangui, 127p. multigr.
- BEAUDOU (A.G.), COLLINET (J.) - 1977
 La diversité des volumes pédologiques cartographiables dans le domaine ferrallitique africain.
 Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 19-34.
- BEAUDOU (A.G.), BLIC (Ph. de), CHATELIN (Y.), COLLINET (J.), FILLERON (J.C.), GUILLAUMET (J.L.), KAHN (F.), KOLI bi ZUELI, RICHARD (J.F.) - 1978
 Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu naturel (tropiques humides).
 ORSTOM, Trav. & Doc. n° 91, 143p.
- BEAUDOU (A.G.), FROMAGET (M.), GUICHARD (E.) - 1987
 Analyse des organisations micro- et macro-structurales dans certains sols ferrallitiques centrafricains issus de roches basiques.
 In "Micromorphologie des sols", Thème 2, 119-124, Proc. VIIth Intern. Working Meeting Soil Micro., Paris, July 1985.
- BEAUDOU (A.G.), FROMAGET (M.), PODWOJEWSKI (P.), BOURDON (E.) - 1983
 Etude morphopédologique de la région de Tontouta à 1/50.000.
 ORSTOM, Nouméa, 31p. multigr., 2 cartes, 2 légendes.
- BEAUDOU (A.G.), FROMAGET (M.), PODWOJEWSKI (P.), BOURDON (E.), BLAVET (D.) - 1983
 Cartographie typologique des sols - Méthodologie.
 ORSTOM - SRT, Nouméa, 31p. multigr.
- BEAUDOU (A.G.), LATHAM (M.) - 1983
 La soil taxonomy : un système unique pour le Pacifique ? (Forum de Suva-Fiji-1981).
 Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XX, 1, 79-85.
- BEAUDOU (A.G.), PONCET (Y.), TIBOULET (C.) - 1988
 Image et Terrain : Approche quantifiée de l'organisation des paysages pour l'exploitation des données spatiales. Un exemple au Nord Cameroun avec SPOT. Paysages agricoles sous parc arboré.
 26th Intern. Geogr. Cong., Sydney (à paraître).

- BEAUDOU (A.G.), SAYOL (R.) - 1979
 Etude pédologique de la région de BOUNDIALI-KORHOGO (Côte d'Ivoire).
 Cartographie et typologie sommaire des sols.
 ORSTOM, Notice Explicative n°84 (4 cartes), 47p.
- BEAUDOU (A.G.), SAYOL (R.) - 1979
 Etude pédologique de la région de BOUNDIALI-KORHOGO (Côte d'Ivoire).
 Méthodologie, Typologie détaillée (morphologie, caractères analytiques).
 ORSTOM, Trav. & Doc. n° 112, 281p.
- BELINGA (S.E.) - 1972
 L'altération des roches basaltiques et le processus de bauxitisation
 dans l'Adamaoua (Cameroun).
 Thèse Doc. Sci. Paris, 571p.
- BELL (L.C.), GILLMAN (G.P.) - 1978
 Surface charge characteristics and soil olution composition of highly
 weathered soils.
 In "C.S. Andrew & E.J.Kamprath (Ed.). Mineral nutrition of legumes in
 tropical and subtropical soils. CSIRO.", Melbourne, 37-57.
- BERNIER (B.) - 1975
 Vue d'ensemble de la classification des humus forestiers.
 In "Manuel de la description des sols sur le terrain." Révision 1978.
 Système d'informatique des sols canadiens, 3, 1, 3-17.
- BERTALANFFY (L. von) - 1973
 Théorie générale des systèmes.
 Dunod, 296p.
- BERTHOIS (L.) - 1975
 Les roches sédimentaires. 1- Etude sédimentologique des roches me-
 ules.
 Doin Ed., 278p.
- BERTRAND (G.) - 1968
 Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique.
 Rev. Géogr. Pyr. et Sud-Ouest, XXXIX, 3, 249-272.
- BERTRAND (R.), FALIPOU (P.), LEGROS (J.P.) - 1984
 Notice pour l'entrée des données des descriptions et analyses de sols
 en banque de données. Réseau international de traitement de données
 sols (STIPA) (système de transfert de l'information pédologique et
 agronomique).
 ACCT, 136p.
- BIGHAM (J.M.), GOLDEN (D.C.), BOWEN (L.H.), BUOL (S.W.), WEED (S.B.) - 1978
 Iron oxydes mineralogy of well drained ultisols and oxisols. : I-
 Characterization of iron oxides in soil clays by Mössbauer spectroscopy,
 X-Ray diffractometry and selected chemical techniques.
 Soil Sci. Soc. Am. J., 42, 816-825.

- BIGHAM (J.M.), GOLDEN (D.C.), BUOL (S.W.), WEED (S.B.), BOWEN (L.H.) - 1978
Iron oxydes mineralogy of well drained ultisols and oxisols : II-
Influence on colour, surface area and phosphate retention.
Soil Sci. Soc. Am. J., 42, 825-830.
- BLANFORD (W.T.) - 1859
Note on the laterite of Orissa.
Mem. Geol. Surv. India, 1, 280-294.
- BLAVET (D.) - 1985
Etude pédologique du plateau de Tango (Secteur sud-est).
ORSTOM, Nouméa, 100p. Multigr., 1 carte à 1/10.000, 2 légendes.
- BLAVET (D.), BOURDON (E.) - 1984
Etude morphopédologique de la vallée de la ponérihouen à 1/25.000.
ORSTOM, Nouméa, 43p. multigr., 1 carte, 2 légendes.
- BLAVET (D.), BOURDON (E.) - 1987
Notice explicative sur l'étude pédologique de la vallée de la Foa.
Cartes à l'échelle de 1/25.000.
ORSTOM, Nouméa, 224p. multigr.
- BLIC (Ph. de) - 1979
Micromorphologie de la partie supérieure des sols en zone de culture
semi-mécanisée dans le centre ivoirien.
ORSTOM, Adiopodoumé, 58p. Multigr.
- BLOOMFIELD (C.) - 1950
Some observations on gleying.
J. Soil Sci., 2, 205-211.
- BLOOMFIELD (C.) - 1951
Experiment on the mechanism of gley formation.
J. Soil Sci., 2, 196-211.
- BLOOMFIELD (C.) - 1952
The distribution of iron and aluminium oxides in gley soils.
J. Soil Sci., 2, 167-171.
- BLOOMFIELD (C.) - 1963
Mobilisation phenomena in soils.
Rep. Rothamstead Exp. St. for 1963, 226-239.
- BOCQUIER (G.) - 1973
Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad.
Interprétation biogéodynamique.
ORSTOM, Mém. n°62, 350p.
- BOCQUIER (G.), MULLER (J.P.), BOULANGE (B.) - 1984
Les latérites. Connaissances et perspectives actuelles sur les méca-
nismes de leur différenciation.
In "Livre Jubilaire du cinquantenaire", AFES, Paris, 123-138.

- BOISSEZON (P. de), MOUREAUX (C.), BOCQUEL (G.), BACHELIER (G.) - 1973
 Les sols ferrallitiques. T.IV. La matière organique et la vie dans les
 sols ferrallitiques.
 ORSTOM, Paris, Init. & Doc. techn. n°21, 146p.
- BONIFAS (M.) - 1959
 Contribution à l'étude géochimique de l'altération latéritique.
 Mem. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., 17, 159p.
- BONNEAU (M.), LEVY (G.) - 1979
 Assemblage et organisation physique des particules.
 In "Pédologie 2 : Les constituants et propriétés physiques du sol."
 Bonneau (M.), Souchier (B.), 234-250, Masson Ed., 459p.
- BONNEAU (M.), SOUCHIER (B.) - 1979
 Pédologie 2 : Les constituants et propriétés du sols.
 Masson Ed. 459p.
- BONNERIC (P.), NAVARRO (R.), FALIPOU (P.) - 1985
 Notice pour la gestion informatique des banques de données, STIPA.
 ACCT, 81p., Annexes.
- BONVALLOT (J.), BOULANGE (B.) - 1970
 Note sur le relief de la région de Bongouanon (Côte d'Ivoire).
 Cah. ORSTOM, sér. Géol., II, 2, 171-183.
- BOUILLON (A.), KIDIERI (S.) - 1964
 Répartition des termitières de *Bellicositermes bellicosus* rex Grassé
 et Noirot dans l'Ubangui d'après photos aériennes et les corrélations
 écologiques qu'elles révèlent.
 In "Etude sur les termites africains.", UNESCO, Masson Ed., Paris,
 373-377.
- BOULAINÉ (J.) - 1957
 Etude des sols de la plaine du Chélib.
 Thèse Sci., Alger, Serv. Et. Sci., Alger, 582p.
- BOULAINÉ (J.) - 1969
 Sol, pédon, génon, concepts et définitions.
 Sci. du Sol, n°2, 31-40.
- BOULAINÉ (J.) - 1975
 Géographie des sols.
 Coll. Sup., PUF, Paris, 200p.
- BOULAINÉ (J.) - 1978
 Les unités cartographiques en pédologie. Analyse de la notion de
 génon.
 Sci. du Sol, n°1, 15-29.
- BOULAINÉ (J.) - 1980
 Pédologie appliquée.
 Masson, Paris, 220p.

- BOULAINÉ (J.) - 1981
Exemple de démarche cartographique dans le cas d'une couverture pédologique complexe.
Sols, n°1, 13-17.
- BOULAINÉ (J.) - 1982
Remarques sur quelques notions élémentaires de pédologie. 1. Pédon, profil et sol. 2. Les horizons. 3. La variabilité latérale des sols.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XIX, 1, 29-41.
- BOULANGE (B.) - 1984
Les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leurs transformations, leur distribution et l'évolution du modelé.
ORSTOM, Paris, Trav. & Doc. n°175, 364p.
- BOULANGE (B.), DELVIGNE (J.), ESCHENBRENNER (V.) - 1973
Description microscopique, géochimique et minéralogique des faciès cuirassés des principaux niveaux géomorphologiques de Côte d'Ivoire.
Cah. ORSTOM, sér. Géol., 5, 1, 59-82.
- BOULET (R.) - 1972
Modalités d'action du lessivage dans les sols tropicaux développés sur granites (Haute-Volta). Etude micromorphologique.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., X, 4, 321-342.
- BOULET (R.) - 1978
Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatiques.
ORSTOM, Mém. n°85, 272p.
- BOULET (R.), HUMBEL (F.X.), LUCAS (Y.) - 1982
Analyse structurale et cartographie en pédologie.
I- Prise en compte de l'organisation bi-dimensionnelle de la couverture pédologique.
II- Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle des couvertures pédologiques.
III- Passage de la phase analytique à une cartographie générale synthétique.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XIX, 4, 309-353.
- BOULVERT (Y.) - 1983
Carte pédologique de la République Centrafricaine à 1/1.000.000.
ORSTOM, Paris, Not. Expl. n°100, 126p., 2 cartes.
- BOULVERT (Y.) - 1986
Carte phytogéographique de la République Centrafricaine à 1/1.000.000.
ORSTOM, Paris, Not. Expl. n°104, 131p., 2 cartes.
- BOULVERT (Y.) - 1986
Carte oro-hydrographique de la République Centrafricaine à 1/1.000.000.
ORSTOM, Paris, Not. Expl. n°106, 118p., 2 cartes.

- BOWDEN (J.W.), POSNER (A.M.), QUIRK (J.P.) - 1980
 Adsorption and charging phenomena in variable charge soils.
 In "Soils with variable charge.", Ed. BGK Theng, Soil Bureau-DSIR,
 Lower Hutt, 146-166.
- BOYER (P.) - 1969
 Les effets de l'implantation des termitières de *Bellicositermes* sur le
 configuration des sols de savane en République Centrafricaine.
 Bull. Muséum Hist. Nat., T.41, 3, 789-800.
- BOYER (P.) - 1973-1975
 Action de certains termites constructeurs sur l'évolution des sols
 tropicaux.
 I- Les termites et le sol.
 II- Etude particulière de trois termitières de *Bellicositermes* et de
 leur action sur les sols tropicaux.
 III- Les différents aspects de l'action de *Bellicositermes* sur les
 sols tropicaux.
 Ann. Sci. Nat. Zool., Paris, sér. 12, 15, 329-498 & sér. 12, 17, 273-
 504.
- BRABANT (P.) - 1982
 Carte pédologique du Cameroun. Feuille de Béré à 1/100.000. Cartes de
 contraintes édaphiques à 1/100.000.
 ORSTOM, Paris, Not. Expl. n°75.
- BRABANT (P.), GAVAUD (M.) - 1985
 Les sols et ressources en terre du Nord Cameroun (Provinces du Nord et
 de l'Extrême-Nord). Cartes à 1/500.000.
 Ed. ORSTOM, Paris, Not. Expl. n°103.
- BREWER (R.) - 1960
 Cutans : their definition, recognition and classification.
 J. Soil Sci., 11, 280-292.
- BREWER (R.) - 1964 & 1976
 Fabric and mineral analysis of soils.
 R.E. Krieger Publishing Company, Huntington, New-York, 482p.
- BREWER (R.) - 1979
 Relationships between particle size fabric and other factors in some
 australian soils.
 Austr. J. Soils Res., 17, 01, 13.
- BREWER (R.), COVENTRY (R.) - 1977
 Some aspects of genesis of a Red Earth profile in Townsville (Queen-
 sland).
 CSIRO, Austr., Div. Soil Techn. Pap., n°32, 21p.
- BREWER (R.), PAWLUK (S.) - 1975
 Investigations of some soils developed in Hummocks of the canadian
 subartic and southern artic regions. I: Morphology and micromorpholo-
 gy.
 Can. J. Soil Sci., 55, 301-319.

- BREWER (R.), SLEEMAN (R.J.) - 1960
Soils structure and fabric : their definition and description.
J. Soil Sci., 11, 172-185.
- BREWER (R.), SLEEMAN (R.J.) - 1963
Pedotubules : Their definition, classification and interpretation.
J. Soil Sci., 14, 156-166.
- BREWER (R.), SLEEMAN (R.J.) - 1964
Glaebules : Their definition, classification and interpretation.
J. Soil Sci., 15, 66-78.
- BRUN (J.J.) - 1978
Etude de quelques humus forestiers aérés acides de l'est de la France.
Thèse Univ. Nancy, 1, 118p., annexes.
- BULLOCK (P.), FEDOROFF (N.), JONGERIUS (A.), STOOPS (G.), TURSINA (T.) - 1985
Handbook for soil thin section description.
Wayne Research Publ., 152p.
- BUOL (S.W.), HOLE (F.D.) - 1961
Clay skin genesis in Wisconsin soils.
Soil Sci. Soc. Proc., 25, 377-379.
- CAILLEUX (A.), TRICART (J.) - 1959
Initiation à l'étude des sables et des galets.
Centre de Doc., Univ. Paris.
- CASENAVE (A.), VALENTIN (C.) - 1987
Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration.
ORSTOM Adiopodoumé, 143p. multigr.
- CHATELIN (Y.) - 1974
Les sols ferrallitiques. T.3- L'altération.
ORSTOM, Paris, Init. & Doc. Techn., n°24, 114p.
- CHATELIN (Y.) - 1979
Une épistémologie des sciences du sol.
ORSTOM, Paris, Mém. n°88, 151p.
- CHATELIN (Y.), MARTIN (D.) - 1972
Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques.
Cah. ORSTOM sér. Pédol., X, 1, 25-44.
- CHATELIN (Y.), BEAUDOU (A.G.) - 1978
Proposition pour une nouvelle méthode de description et de cartographie des sols. Le cas des sols ferrallitiques.
Edmonton, XIth Intern. Cong. Soil Sci.

- CHATELIN (Y.), RICHARD (J.F.), LENEUF (N.) - 1982
 Modèles verbaux et transdisciplinarité dans l'étude des sols et des paysages (tropiques humides). 1ère Partie : Essai critique en fonction de l'analyse des systèmes.
 Cah. ORSTOM sér. Pédol., XIX, 1, 51-63.
- CHATELIN (Y.), RICHARD (J.F.), LENEUF (N.) - 1982
 Modèles verbaux et transdisciplinarité dans l'étude des sols et des paysages (tropiques humides). 1ère Partie : Essai critique pour une approche matérialiste.
 Cah. ORSTOM sér. Pédol., XIX, 1, 65-78.
- CHAUVEL (A.) - 1977
 Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées.
 ORSTOM, Paris, Trav. & Doc., n°62, 532p.
- CHAUVEL (A.), PEDRO (G.) - 1978
 Sur l'importance de l'extrême dessiccation des sols (ultra-dessiccation) dans l'évolution pédologique des zones tropicales à saisons contrastées.
 C.R. Acad. Sc. Paris, T.286, sér.D, 1581-1584.
- CHETELAT (E. de) - 1938
 Le modelé latéritique de l'ouest de la Guinée française.
 Rev. Géogr. Phys. et Géol. dyn., XI, 1, 120p.
- CHEVERRY (C.), FROMAGET (M.), BOCQUIER (G.) - 1972
 Quelques aspects micromorphologiques de la pédogénèse des polders conquis sur le Lac Tchad.
 Cah. ORSTOM, sér. Pédol., X, 373-387.
- COLLINET (J.) - 1969
 Contribution à l'étude des "Stones Lines" dans la région du Moyen Ogooué (Gabon).
 Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VII, 1, 3-42.
- COLLINET (J.) - 1988
 Comportements hydrodynamiques et érosifs des sols de l'Afrique de l'Ouest. Evolution des matériaux et des organisations sous simulation de pluies.
 Thèse ULP, Strasbourg, 513p. multigr., annexes.
- COLLINET (J.), FORGET (A.) - 1976
 Carte pédologique de reconnaissance. Feuille Boué nord-Mitzic sud à 1/200.000.
 ORSTOM, Not. expl. n°63, 160p.
- COLLINET (J.), FORGET (A.) - 1977
 Carte pédologique de N'Dendé à 1/200.000.
 ORSTOM, Not. expl. n°70, 117p.

- COLLISON (J.D.), THOMPSON (D.B.) - 1982
Sedimentary structures.
George Allen & Unwin, 194p.
- COQUE (R.) - 1977
Géomorphologie.
A. Colin Ed., Coll. U, 429p.
- COUDRAY (J.) - 1977
Recherches sur le néogène et le quaternaire marin de Nouvelle Calé-
donie.
Fondation Singer Polignac, 8, 276p.
- D'HOORE (J.) - 1954
L'accumulation des sequioxydes libres dans les sols tropicaux.
Publ. INEAC, sér. sci., 62, 132p.
- DABIN (B.) - 1985
Les sols tropicaux acides.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XXI, 1, 7-19.
- DALRYMPLE (J.B.) - 1962
Some micromorphological implications of time as a soil forming factor,
illustrated from sites in south eastern England.
Z. Pfl. Ernähr. Dung. Bodenkunde, 98, 232-239.
- DELECOUR (F.) - 1980
Essai de classification pratique des humus.
Pédologie, XXX, 2, 225-241.
- DELVIGNE (J.) - 1965
Pédogenèse en zone tropicale. La formation des minéraux secondaires en
milieu ferrallitique.
Mem. ORSTOM, n°13, 177p.
- DEMOLON (A.) - 1966
Principes d'agronomie. T.1 - Dynamique du sol.
Ed. Dunod, Paris, 520p.
- DERRUAU (M.) - 1958
Précis de géomorphologie.
Masson Ed., 395p.
- DERRUAU (M.) - 1969
Les formes du relief terrestre. Notion de géomorphologie.
Masson Ed., 120p.
- DUCHAUFOR (Ph.) - 1960
Précis de pédologie.
Masson Ed., 438p.
- DUCHAUFOR (Ph.) - 1976
Atlas écologique des sols du monde.
Masson Ed., 178p.

- DUCHAUFOR (Ph.) - 1977
Pédologie 1 - Pédogénèse et Classification.
Masson Ed., 477p.
- DUCHAUFOR (Ph.), SOUCHIER (B.) - 1979
Pédologie 2 - Constituants et Propriétés physiques.
Masson Ed., 459p.
- DUMANSKY (J.), SAINT ARNAUD (R.J.) - 1966
A micropedological study of eluvial horizons.
Can. J. Soil Sci., 46, 287-292.
- DURAND (J.H.) - 1959
Les sols rouges et les croûtes en Algérie.
Serv. Et. Sci., Alger, 188p.
- DURAND (J.H.) - 1963
Les croûtes calcaires et gypseuses en Algérie : Formation et âge.
Bull. Soc. Géol. Fr., 7, V, 959-968.
- EHRART (H.) - 1951
Sur le rôle des cuirasses termitiques dans la géographie des régions tropicales.
C.R. Acad. Sci., T.223, 966-968.
- EHWALD (E.) - 1958
Die Einteilung der Waldhumusformen.
Forst. Stand. Landvirt. BMBH, Hilstrup bei Münster, 23-30.
- EL-SWAIFY (S.A.) - 1980
Physical and mechanical properties of oxisols.
In "Soils with variable charges.", BKG Theng, Ed., 303-324.
- ELLISON (W.D.) - 1954
Mechanisms of water erosion.
C.R. Vth Congr. Int. Soil Sci., Léopoldville, p.380.
- ESCHENBRENNER (V.) - 1987
Les glébules des sols de Côte d'Ivoire. Nature et origine en milieu ferrallitique. Modalités de leur concentration. Rôle des termites.
Thèse Sci., Univ. Bourgogne, 2T., 498p., 282p.
- ESCHENBRENNER (V.), BADARELLO (L.) - 1978
Etude pédologique de la région d'Odienné (Côte d'Ivoire). Cartes des paysages morphopédologiques.
ORSTOM, Paris, Not. Expl. n°74.
- ESCHENBRENNER (V.), GRANDIN (G.) - 1970
La séquence des cuirasses et ses différenciations entre Agnibelekrou et Diebigou (Haute Volta).
Cah. ORSTOM, sér. Géol., II, 2, 205-245.

- ESWARAN (H.) - 1979
 Micromorphology of oxisols.
 Proc. 2nd Intern. Soil Class. Workshop, Part1, Malaysia, 61-64. F.H.
 Beinroth, S. Paramanathan Ed., Land dev. Dept., Bangkok.
- ESWARAN (H.), TAVERNIER (R.) - 1980
 Genesis and classification of oxisols.
 In "Soils with variable charges.", B.G.K. Theng Ed., Ch. 21.
- FAUCK (R.) - 1972
 Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique occidentale.
 Mem. ORSTOM, n°61, 257p.
- FAY (A.H.) - 1920
 Glossary of the mining and mineral industry.
 US Bur. Mines Bull., 95, 754p.
- FEDOROFF (N.), DE KIMPE (C.R.), PAGE (F.), BOURBEAU (G.) - 1981
 Essai d'interprétation des transferts sous forme figurée dans les
 podzols du Québec méridional à partir de l'étude micromorphologique
 des profils.
 Géoderma, 26, 25-45.
- FILLERON (J.C.) - 1978
 La diagnose de la surface du sols, sa signification dynamique.
 In "Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu
 naturel (Tropiques humides)." ORSTOM Trav. & Doc., n°91, 143p.
- FITZPATRICK (E.A.) - 1971
 Pedology. A systematical approach to soil science.
 Oliver & Boyd, Edinburgh.
- FOURNIER (F.) - 1956
 Les formes et les types d'érosion du sol par l'eau en A.O.F.
 C.R. Acad. Agric. Fr., 42, 215-221.
- FOX (R.L.) - 1980
 Soils with variable charge : Agronomic and fertility aspects.
 In "Soils with variable charges.", B.G.K. Theng Ed., Soil Bureau-DSIR,
 Lower Hutt, 195-224.
- FRIEDLAND (V.M.) - 1974
 Structure de la couverture pédologique.
 Géoderma, 12, 35-41.
- FRISTCH (E.) - 1984
 Les transformations d'une couverture ferrallitique en Guyane
 française.
 Thèse 3ème cycle, Paris, ORSTOM, 190p.
- FROMAGET (M.), BEAUDOU (A.G.) - 1985
 Analyse micromorphologique et évolution des sols développés en milieu
 siliceux (Nouvelle Calédonie).
 ORSTOM, Nouméa, 8p. multigr.

- FROMAGET (M.), BEAUDOU (A.G.) - 1986
Etude morphopédologique des îles Wallis, Futuna et Alofi à 1/40.000.
ORSTOM, Nouméa, 44p. multigr., 2 cartes, 4 légendes.
- FROMAGET (M.), BEAUDOU (A.G.), LE MARTRET (H.) - 1983
Carte morphopédologique de Canala-Nakéty à 1/50.000.
ORSTOM, Nouméa, 29p. multigr., 2 légendes.
- GAUCHER (G.) - 1968
Traité de pédologie agricole. Le sol et ses caractéristiques agronomiques.
Dunod Ed., 578p.
- GAVAUD (M.) - 1968
Les sols bien drainés sur matériaux sableux du Niger. Essai de systématique régionale.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VI, 227-307.
- GAVAUD (M.) - 1977
Essai sur la classification génétique des sols.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 1, 63-88.
- GAVAUD (M.), RIEFFEL (J.M.), MULLER (J.P.) - 1975
Les sols de la vallée de la Bénoué de Lagdo au confluent du Faro (1/25.000).
ORSTOM, Yaoundé, 4 Tomes.
- GERASIMOVA (M.I.) - 1970
Some characteristics of gley formations in acid forest soils and their nomenclature.
Pochv., 7, 14-21.
- GILE (L.H.), PETERSON (F.F.), GROSSMAN (R.B.) - 1965
The "K Horizon" : a master soil horizon of carbonate accumulation.
Soil Sci., 99, 2, 74-82.
- GILLMAN (G.P.) - 1979
A proposed method for the measurement of exchange properties of highly weathered soils.
Aust. J. Soil Res., 17, 129-139.
- GILLMAN (G.P.), UEHARA (G.) - 1980
Charge characteristics of soils with variable and permanent charges minerals. II- Experimental.
Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 252-255.
- GIRARD (M.C.) - 1976
La classification automatique : formalisation de la pensée pédologique. Compte rendu de la réunion du groupe de travail : Traitement des données pédologiques.
Inf. & Biosph., Paris.
- GIRARD (M.C.) - 1979
Analyse des types de données pédologiques pour la cartographie.
Coll. Inf. & Biosph., Abidjan, 89-106.

- GIRARD (M.C.) - 1983
 Recherche d'une modélisation en vue d'une représentation spatiale de la couverture pédologique. Application à une région de plateaux jurassiques de Bourgogne.
 INA, Paris-Grignon, Sols, n°12, 430p.
- GRANDIN (G.) - 1968
 Les niveaux cuirassés de la région de Blafo-Gueto.
 W.A.S.A., Abidjan, 8-13 avril, 14p. multigr.
- GRANDIN (G.) - 1976
 Aplatissements cuirassés et enrichissements des gisements de manganèse dans quelques régions de l'Afrique de l'ouest.
 Mem. ORSTOM, n°82, 275p.
- GRANDIN (G.), DELVIGNE (J.) - 1969
 Les cuirasses de la région birrimienne volcano-sédimentaire de Toumoudi: jalons de l'histoire morphologique de la Côte d'Ivoire.
 C.R. Acad. Sci., Paris, 269, sér.D, 1474-1477.
- GRASSE (P.) - 1949
 Traité de zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie. T.IX.
 Masson Ed., 1117p., Paris.
- GREENLAND (D.J.), HAYES (M.B.H.) - 1978
 The chemistry of soils constituents.
 J. Wiley & Sons, 469p.
- GUILLAUMET (J.L.), KAHN (F.) - 1978
 Les diagnoses de la végétation.
 In "Recherches d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu naturel (Tropiques humides).", ORSTOM, Trav. & Doc., n°91, 143p.
- GUILLAUMET (J.L.), KAHN (F.) - 1979
 Description des végétations forestières tropicales. Approche morphologique et structurale.
 Candollea, 34, (1), 109-131.
- GUILLOM (J.H.) - 1973
 Les massifs péridotitiques de Nouvelle Calédonie. Modèle d'un appareil ultrabasique stratiforme de chaîne récente.
 ORSTOM, Paris, Mem. n°76, 120p.
- GUILLOM (J.H.), GONORD (H.) - 1972
 Premières données radiométriques concernant les basaltes de Nouvelle Calédonie. Leurs relations avec les grands événements de l'histoire géologique de l'arc mélanésien interne au cénozoïque.
 C.R. Acad. Sci., Paris, sér. B, T.275, 309-312.
- GUILLOM (J.H.), TRESCASES (J.J.) - 1972
 Carte géologique à l'échelle du 1/50.000 et notice explicative de la feuille de Prony.
 BRGM, Paris, 38p.

- HALLE (F.), OLDEMAN (R.A.A) - 1970
 Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux.
 Masson, Monographie de Bot. et de Biol. végétale, n°6, 178p.
- HALLE (F.), OLDEMAN (R.A.A.), TOMLINSON (P.B.) - 1978
 Tropical trees and forests. An architectural analysis.
 Springer., Verlag, Berlin, Heidelberg, New-York, 441p.
- HAMBLIN (W.K.) - 1982
 The earth's dynamic systems.
 Burgess Publishing Company, 529p.
- HARRISON (J.B.) - 1933
 The katamorphism of igneous rocks under tropical conditions.
 Hardy Ed., London, 79p.
- HENIN (S.) - 1938
 Etude physico-chimique de la stabilité structurale des terres.
 Monographie, CNRA, 52-54, Paris.
- HENIN (S.) - 1976
 Cours de physique du sol. T.I.
 ORSTOM, Init. & Doc. Techn. n°28.
- HENIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.) - 1969
 Le profil cultural. L'état physique du sol et ses conséquences agronomiques.
 Masson Ed., 332p.
- HENIN (S.), MONNIER (G.), COMBEAU (A.) - 1958
 Méthode pour l'étude de la stabilité structurale des sols.
 Ann. Agron., sér.A, 9, (1), 73-92.
- HOLE (F.D.) - 1961
 A classification of pedoturbations and some other processes and factors of soil formation in relation to isotropism and anisotropism.
 Soil Sci., 19, 375-377.
- ISBELL (R.) - 1979
 Low activity clay alfisols, ultisols and oxisols in tropical Australia and New-Guinea.
 Proc. 2nd Int. Soil Class. Workshop. Part I, Malaysia. F.H. Beinroth and S. Paramanathan Ed. Land Dev. Dept., Bangkok, 123-154.
- JAFFRE (T.) - 1980
 Etude écologique du peuplement végétal des sols dérivés de roches ultrabasiqes en Nouvelle Calédonie.
 ORSTOM, Paris, Trav. & Doc. n° 124, 273p.
- JENIK (J.), SEN (D.N.) - 1964
 Morphology of roots system in trees. A proposal for terminology.
 Intern. Bot. Congr., Abstracts of papers, Edimburgh, 393-394.

- JOHNSON (W.D.) - 1963
The pedon and polypedon.
Soil Sci. Am. Proc., 27, 2, 212-215.
- JONGERIUS (A.), RUTHERFORD (G.K.) - 1979
Glossary of soil micromorphology.
Wageningen. Centre for agricultural publishing and documentation,
137p.
- JONGERIUS (A.), SCHOONDERBEEK (D.), JAGER (A.), KOWALINSKI (St.) - 1972
Electro-optical soil porosity investigation by means of quantimet-B
equipment.
Géoderma, 7, n°3/4, 177-198 et the Microscope, p.243.
- KAHN (F.) - 1977
Analyse structurale des systèmes racinaires des plantes ligneuses de
la forêt tropicale dense humide.
Candollea, 32, (2), 321-358.
- KAHN (F.) - 1978
Les diagnoses de la végétation.
In "Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu
naturel. (Tropiques humides)." ORSTOM, Trav. & Doc., n°91, 143p.
- KAHN (F.) - 1983
Architecture comparée des forêts tropicales humides et dynamique de la
rhizosphère.
Thèse, USTL, Montpellier, 426p.
- KALOGA (B.) - 1976
Contribution à l'étude du cuirassement : Relations entre les gravil-
lons ferrugineux et leur matériau d'emballage.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XIV, 4, 299-319.
- KARPACHEVSKI (L.O.) - 1960
Micromorphological investigation of the processes of leaching and
podzolisation of soils under forest.
Pochvovedenie, n°5, 43-52.
- KELLOG (C.E.) - 1949
Soil classification, introduction.
Soil Sci., 67, 77-80.
- KEMP (J.F.) - 1927
A handbook of rocks.
D. van Nostrand Co., Amsterdam.
- KILIAN (J.) - 1972
Les inventaires morphopédologiques.
Agro. trop., XXVII, n°9, 930-939.
- KILIAN (J.) - 1974
Etude du milieu physique en vue de son aménagement. Conceptions de
travail. Méthodes cartographiques.
Agro. trop., n°2 et 3, 141-153.

- KING (D.) - 1979
 Conception et réalisation d'un logiciel de gestion et d'interrogation
 de la banque de données pédologiques.
 Bull. I. & B., n°10, Paris, 5-32.
- KING (L.C.) - 1962
 The morphology of the earth.
 Oliver & Boyd, London, 699p.
- KUBIENA (W.L.) - 1938
 Micropedology.
 Coll. Press Inc. Ames., Iowa.
- KUBIENA (W.L.) - 1948
 Entwicklungslehre des Bodens.
 Springer Verlag, Wien.
- KUBIENA (W.L.) - 1953
 The soils of Europe.
 Th. Murby & Co., London, 318p.
- KUBIENA (W.L.) - 1970
 Micromorphological features of soils geography.
 Rutgers Univ. Press, New-Brunswick.
- LACROIX (A.) - 1913
 Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont
 associés.
 Nouv. Arch. Museum, 5, 255-356.
- LACROIX (A.) - 1934
 Les phénomènes d'altération des roches silicatées alumineuses des pays
 tropicaux - Leurs conséquences au point de vue minier.
 Publi. Bur. Et. Géol. & Min. Colon., Paris, 295-320.
- LAMOTTE (M.), ROUGERIE (G.) - 1962
 Les apports allochtones dans la genèse des cuirasses ferrugineuses.
 Rev. Géomorph. Dyn., XIII, n°10, 11 & 12, 145-160.
- LAPORTE (G.) - 1962
 Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog.
 IRSC, Brazzaville, 149p. multigr.
- LATHAM (M.) - 1986
 Altération et pédogenèse sur roches ultrabasiqes en Nouvelle Calédo-
 nie. Genèse et évolution des accumulations de fer et de silice en
 relation avec la formation du modelé.
 ORSTOM, Paris, Etudes et Thèses, 331p.
- LATHAM (M.), QUANTIN (P.), AUBERT (G.) - 1978
 Etude des sols de la Nouvelle Calédonie. Nouvel essai sur la classifi-
 cation, la caractérisation, la pédogenèse et les aptitudes des sols en
 Nouvelle Calédonie. Carte pédologique de la Nouvelle Calédonie à

1/1.000.000. Carte d'aptitudes culturales et forestières des sols de la Nouvelle Calédonie à 1/1.000.000.
ORSTOM, Paris, Not. expl. n°78.

LEE (K.E.), WOOD (T.G.) - 1971

Termites and soils.

Academic Press, London & New-York, 251p.

LELONG (E.) - 1969

Nature et genèse des produits d'altération des roches cristallines sous climat tropical humide (Guyane française).

Sci. de la Terre, Mem., 14, 188p.

LENEUF (N.) - 1959

L'altération des granites calco-alcalins et des granodiorites en Côte d'Ivoire forestières et les sols qui en sont dérivés.

Thèse Fac. Sci., Paris, 212p.

LEPRUN (J.C.) - 1971

Premières observations sur des toposéquences à amont cuirassé en Haute-Volta orientale. Rôle de la pédogenèse dans la destruction des cuirasses et le façonnement du modelé.

Bull. Liaison Thème B, ORSTOM, 2, 39-53.

LEPRUN (J.C.) - 1972

Cuirasses ferrugineuses autochtones et modelé des bas reliefs des pays cristallins de Haute-Volta orientale.

C.R. Acad. Sci., Paris, 275, D, 1207-1210.

LEPRUN (J.C.) - 1977

Géochimie de la surface et formes du relief. La dégradation des cuirasses ferrugineuses. Etude et importance du phénomène pédologique en Afrique de l'Ouest.

Sci. Géol. Bull., 30, 265-273.

LEPRUN (J.C.) - 1979

Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Genèse, transformations, dégradation.

Mem. n°58, ULP-CNRS, 224p.

LEVEQUE (A.) - 1979

Pédogenèse sur socle granitogneissique du Togo. Différenciation des sols et remaniements superficiels.

Trav. & Doc. n°108, ORSTOM, Paris, 224p.

MAGLIONE (G.) - 1976

Géochimie des évaporites et silicates néoformés en milieu continental confiné. Les dépressions intermédiaires du Tchad.

ORSTOM, Paris, Trav. & Doc., n°50, 335p.

MAIGNIEN (R.) - 1958

Le cuirassement des sols en Guinée (Afrique occidentale).

Mem. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., n°16, 249p.

- MAIGNIEN (R.) - 1969
Manuel de prospection pédologique.
Init. & Doc. Techn., n°11, ORSTOM, Paris, 132p.
- MANICHON (H.) - 1982
Influence des systèmes de culture sur le profil cultural : Elaboration d'une méthode de diagnostic basée sur l'observation morphologique.
Thèse Doc. Ing., INA, Paris-Grignon, 2T., 214p. & 97p. multigr.
- MARTIN (D.) - 1972
Choix d'une notation des horizons de sols ferrallitiques.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., X, 1, 45-58.
- MARTIN (D.), CHATELIN (Y.), COLLINET (J.), GUICHARD (E.), SALA (G.H.) - 1981
Les sols du Gabon. Pédogenèse, répartition et aptitudes. Cartes à 1/200.000.
ORSTOM, Not. Expl., n°92, 66p.
- MATTSON (S.) - 1930
In Duchaufour, 1970.
Soil Sci., 30, 459-495 & 31, 57-77.
- MICHEL (P.) - 1969
Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie. Etude géomorphologique.
ORSTOM, Mém. n°63, 752p., 3 Tomes.
- MILLOT (G.), BONIFAS (M.) - 1955
Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latérisation et de bauxitisation.
Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., 8, 3-10.
- MONIOD (F.), MLATAC (N.) - 1968
Régimes hydrologiques de la Nouvelle Calédonie. T.1 & 2.
ORSTOM, Nouméa, 295p. multigr.
- MONNIER (G.) - 1966
Le concept de sol et son évolution.
Sci. du Sol, n°1, 89-111.
- MONNIER (Y.) - 1968
Les effets des feux de brousse sur une savane préforestière de Côte d'Ivoire.
Et. Eburnéennes, IX, 260p.
- MONNIER (Y.) - 1981
La poussière et la cendre.
ACCT, Paris, 260p.
- MOREAU (R.) - 1981
Matériaux superficiels et paléogénèse dans la région de Marrakech (Maroc).
ORSTOM, Paris, Trav. & Doc. n°139, 273p.

- MORRISON (J.) - 1980
Variable charge soils in Fiji : A review.
Fiji Agric. J., 42, (2), 37-44.
- MOTOMURA (S.), YAMANAKA (K.) - 1963
Studies on the gley formation in soils. Part 3 : Relationship between ferrous iron formation and nitrogen metabolism.
Soil Sci. and Plant Nutr., 9, 1, p.41.
- MOTOMURA (S.), YAMANAKA (K.) - 1963
Studies on the gley formation in soils. Part 4 : Development of reduced soil colour in relation to ferrous iron.
J. Sci. Soil Manure, 34, 11, 428-432.
- MULLER (D.), BOCQUIER (G.), NAHON (D.), PAQUET (H.) - 1980
Analyses des différenciations minéralogiques et structurales d'un sol ferrallitique à horizon nodulaire du Congo.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XVIII, 2, 87-109.
- MULLER (J.P.) - 1972
Etude macromorphologique de sols ferrallitiques appauvris en argile du Gabon.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., X, 1, 25-43.
- MULLER (J.P.) - 1974
Morphologie des horizons supérieurs de sols ferrallitiques du Gabon (Appumites et Epistructichrons dyscrophes).
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XII, 3/4, 277-287.
- MULLER (J.P.) - 1977
Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques à l'amont des modelés convexes (centre Cameroun). Aspects morphologiques.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 3, 239-257.
- MULLER (J.P.) - 1977
La microlyse plasmique et la différenciation des épipédons dans les sols ferrallitiques rouges du centre Cameroun.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 4, 345-359.
- MULLER (J.P.) - 1978
La séquence verticale d'organisation des horizons meubles ferrallitiques au Cameroun. Variations en latitude en fonction du pédoclimat et de l'âge des sols.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XVI, 1, 73-82.
- NAHON (D.) - 1979
Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal occidental et en Mauritanie. Systèmes évolutifs. Géochimie, structures, relais et coexistences.
Soc. Géol., Mém. n°44, Strasbourg, 232p.
- NAHON (D.) - 1979
Cuirasses siliceuses ou silcrètes nickelifères dans les profils de roches ultrabasiques de Côte d'Ivoire. Rôle des épigénies.
Sci. Géol. Bull., 32, (4), 189-197.

- NIKIFOROFF (C.C.) - 1941
Morphological classification of soil structure.
Soil Sci., 52, 193-211.
- NYE (P.H.) - 1955
Some soil forming processes in the humide tropics. IV : The action of
the soil fauna.
J. Soil Sci., 6, 13-83.
- OLDEMAN (R.A.A.) - 1974
L'architecture de la forêt guyanaise.
ORSTOM, Paris, Mém. n° 73, 204p.
- PALETSKAYA (L.N.), LAVROV (A.P.), KOGAN (S.I.) - 1958
Pore formation in takyr crust.
Soviet Soil Sci., 3, 245-250.
- PARFITT (R.L.) - 1980
Chemical properties of variable charge soils.
In "Soils with variable charge." Ed. B.G.K. Theng, Soil Bureau-DSIR,
167-194.
- PARIS (J.P.) - 1981
Géologie de la Nouvelle Calédonie. Un essai de synthèse.
Mém. BRGM n°113, 278p., 2 cartes.
- PEDRO (G.) - 1986
La science des sols en France.
Ed. ORSTOM, Paris, 335p.
- PEDRO (G.), CHAUVEL (A.) - 1973
Sur la nature et l'importance relative des principaux mécanismes
intervenant dans le lessivage pédologique.
C.R. Acad. Sci., Paris, D, T.277.
- PEDRO (G.), LUBIN (J.C.) - 1968
Sur l'évolution des gels alumino-siliciques en milieu lessivé. Influ-
ence de la nature des agents d'altération sur l'édification de boeh-
mite ou de gibbsite au sein des produits éluviaux.
Ann. Agron., 19, (3), 294-347.
- PETTIJOHN (F.J.) - 1949
Sedimentary rocks.
Harper & Row Ed.
- PETTIJOHN (F.J.) - 1957
Sedimentary rocks. 2nd Edition.
Harper Bros Publishers.
- PETTIJOHN (F.J.) - 1975
Sedimentary rocks.
Harper & Row Publishers, 627p.

PIAS (J.) - 1970

Les formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et les sols qui en dérivent.

ORSTOM, Paris, Mém. n°43, 407p.

PODWOJEWSKI (P.), BEAUDOU (A.G.) - 1987

Carte morphopédologique de la Nouvelle Calédonie à 1/200.000. 1) Avant-propos. 2) Légende de la carte. 3) Possibilités d'utilisation du milieu.

ORSTOM, Nouméa.

PODWOJEWSKI (P.), BOURDON (E.) - 1984

Carte morphopédologique de la vallée de la Tiwaka à 1/25.000.

ORSTOM, Nouméa, 44p. multigr., 1 carte, 2 légendes.

PODWOJEWSKI (P.), BOURDON (E.) - 1985

Carte morphopédologique des vallées de la Tchamba-Yahoué à 1/25.000.

ORSTOM, Nouméa, 44p. multigr., 1 carte, 2 légendes.

PODWOJEWSKI (P.), BOURDON (E.), BLAVET (D.) - 1986

Carte pédologique de la station Méténesel de la Baie de Lambubu (Malekula-Vanuatu) à 1/10.000.

ORSTOM, Nouméa, 4 cartes, 2 légendes.

POSNER (A.M.) - 1964

Titration curves of humic acids.

Trans. 8th Intern. Congr. Soil Sci., Bucarest, 2, 161-173.

POSS (R.) - 1982

Etude morphopédologique de la région de Katiola (Côte d'Ivoire). Carte des paysages et des unités morphopédologiques. Feuille Katiola à 1/200.000.

ORSTOM, Not. expl. n°94, 142p., 2 cartes.

POUGET (M.) - 1980

Les relations sol-végétation dans les steppes algéroises.

ORSTOM, Paris, Trav. & Doc. n°116.

RAYNER (J.H.) - 1966

Classification of soils by numerical methods.

The J. of Soil Sci., 17, 1, 79-92.

REINECK (H.E.), SINGH (I.B.) - 1975

Depositional sedimentary environments with reference to terrigenous clastics.

Springer Verlag, 349p.

RICE (C.M.) - 1954

Dictionary of geological terms.

Edwards Bros., Ann Arbor, Michigan.

RICHARD (J.F.) - 1985

Le paysage, analyse et synthèse. Contribution méthodologique à l'étude des milieux tropicaux (Savanes et forêts de Côte d'Ivoire).

Thèse, Univer. Paris VII, 438p.

- RICHARD (J.F.), KAHN (F.), CHATELIN (Y.) - 1977
Vocabulaire pour l'étude du milieu naturel (Tropiques humides).
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XV, 1, 43-62.
- RICHARD (J.F.), TEMPLE (A.) - 1979
Révision des diagnostics typologiques.
Doc. Travail, ORSTOM Adiopodoumé, 14p. Multigr.
- ROOSE (E.J.) - 1976
Contribution à l'étude de l'influence de la médofaune sur la pédogénèse actuelle en milieu tropical.
ORSTOM Adiopodoumé, 55p. multigr.
- ROOSE (E.J.) - 1981
Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale.
ORSTOM, Paris, Trav. & Doc. n°130, 569p.
- ROSS & al. - 1985
Transformation of vermiculite to pedogenetic mica by fixation of potassium and ammonium in six years field manure application experiment.
Can. J. Soil Sci., 65, 599-603.
- ROUGERIE (G.), BONVALLOT (J.) - 1978
Les reliefs rocheux de la savane de Lamto (Côte d'Ivoire).
Et. Geogr. Louis Papy, Bordeaux, 9p.
- ROY (L.) - 1987
Antipyrames et génération de règles : de l'analyse des données à l'intelligence artificielle.
DEA, MASE, Univ. Paris IX-Dauphine, 39p. multigr., annexe.
- RUPELLAN (A.) - 1971
Contribution à la connaissance des sols des régions méditerranéennes. Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya (Maroc oriental).
Mem. ORSTOM n°54, 302p.
- RUPELLAN (A.), DELETANG (J.) - 1967
Les phénomènes d'échanges de cations et d'anions dans les sols.
ORSTOM, Paris, Init. & Doc. Techn., n°5, 123p.
- SEGALEN (P.) - 1964
Le fer dans les sols.
ORSTOM, Paris, Init. & Doc. Techn., n°4, 150p.
- SEGALEN (P.) - 1969
Le remaniement des sols et la mise en place de la stone line en Afrique.
Cah. ORSTOM, sér. Pédol., VII, 1, 113-132.
- SEGALEN (P.) - 1973
L'aluminium dans les sols.
ORSTOM, Paris, Init. & Doc. Techn., n°22, 281p.

- SELLEY (R.C.) - 1973
Ancient sedimentary environments.
Cornell Univ. Press, 224p.
- SELLEY (R.C.) - 1976
An introduction to sedimentology.
Academic Press, 408p.
- SLEEMAN (J.R.) - 1963
Cracks, peds and their surfaces in some soils of the Riverine Plain,
N.S.W.
Aust. J. Soil Res., 1, 91-102.
- STOOPS (G.), JONGERIUS (A.) - 1975
Proposal for a micromorphological classification of soils materials.
I: A classification of the related distributions of fine and coarse
particles.
Géoderma, 13, 189-199.
- TARDY (Y.) - 1969
Géochimie des altérations. Etudes des arènes et des eaux de quelques
massifs cristallins d'Europe et d'Afrique.
Mem. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., 31, 199p.
- TOUTAIN (F.) - 1974
Etude écologique de l'humification dans les hêtraies acidiphiles.
Thèse Doc. Etat, Nancy, 1, 114p.
- TRESCASES (J.J.) - 1975
L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone
tropicale. Formation des gisements nickelifères de Nouvelle Calédonie.
ORSTOM, Paris, Mém. n°78, 259p.
- TRICART (J.) - 1962
L'épiderme de la terre. Esquisse d'une géomorphologie appliquée.
Masson Ed., Coll. Evolution des Sciences, 167p.
- TRICART (J.) - 1974
Le modelé des régions chaudes. Forêts et Savanes.
SEDES, Paris, 2ème Ed., 345p.
- TRICART (J.) - 1981
Précis de Géomorphologie. 3 - Géomorphologie climatique.
SEDES, Paris, 313p.
- TRICART (J.), CAILLEUX (A.) - 1965
Traité de géomorphologie.
SEDES, Paris, T.1, 306p. et T.5, 322p.
- TRICART (J.), KILIAN (J.) - 1978
L'éco-géographie.
Maspéro, Paris, 326p.

- UEHARA (G.), GILLMAN (G.P.) - 1980
 Charges characteristics of soils with variable and permanent charges minerals. I : Theory.
 Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 250-252.
- UEHARA (G.), KENG (J.) - 1975
 Management implications of soil mineralogy in Latin America.
 In "Soils Management in tropical America." E. Bornemisza & A. Alvaredo Ed., North Carolina State Univ. Raleigh, N.C, 351-362.
- VALENTIN (C.) - 1985
 Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de régions subdésertiques. Dynamique de formation et conséquences sur l'économie de l'eau.
 ORSTOM, Paris, Coll. Etudes & Thèses, 259p.
- VAN WAMBEKE (A.) - 1966
 Soils bodies and soil classification.
 Soils & Fertilizers, 29, 6, 507-510.
- VIZIER (J.F.) - 1974
 Contribution à l'étude des phénomènes d'hydromorphie. Recherche de relations morphogénétiques existant dans un type de séquence de sols hydromorphes peu humifères du Tchad.
 1ère Partie : Etude des caractères morphologiques et analytiques des sols de la séquence de Gole.
 2ème Partie : Dynamique de l'eau et du fer dans les sols de la séquence.
 3ème Partie : Conclusions.
 Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 2, 3/4, 171-206, 211-265.
- VIZIER (J.F.) - 1983
 Etude des phénomènes d'hydromorphie dans les sols des régions tropicales à saisons contrastées. Dynamique du fer et différenciation des profils.
 ORSTOM, Paris, Trav. & Doc. n°165, 294p.
- WAEGERMANS (G.) - 1952
 Latérites pisolithiques et scoriacées.
 Bull. Agr. Congo Belge, n°2, 16p.
- WALTHER (J.) - 1915
 Laterit in Wetsaustralien.
 Z. Deutsch. Geol. Gesellsch., 67 B, 4, 113-140.
- WIRTHMANN (A.) - 1967
 Die Reliefentwicklung von Neukaledonien in Tagungsbericht und Wissenschaftliche Abhandlungen.
 Deutscher Geographentag Bochum., 232-335.
- WIRTHMANN (A.) - 1970
 Zur Geomorphologie des Peridotite auf Neukaledonien.
 Tübinger Geographische Studien, n°34, 191-201.

ZAKHAROV (S.A.) - 1927

Achievements of russian science in morphology of soils.
Russ. Pedol. Investigations, II, Acad. Sci? USSR.

* *

*

LISTE DES FIGURES

1. Le rôle des diverses composantes du milieu physique dans la caractérisation des différentes organisations.....	8
2. Structures emboîtées, seuils et méthodes d'études dans le milieu physique.....	14
3. Schéma simplifié de l'organisation du milieu physique - La place de la composante-sol (Exemple du sud néo-calédonien).....	18
4. Description schématique de la composante-sol.....	26
5. Coupe LAC 2 - Corps naturels élémentaires et horizons (l'importance des corps naturels est traduite par la dimension des caractères).....	38
6. Analyse des relations en fonction des outils d'observation.....	46
7. Schéma de la transformation des données en fonction de l'échelle (niveau d'observation).....	48
8. Evaluation des aires relatives de deux corps naturels élémentaires.....	192
9. Le "PROFIL STRUCTURAL", horizons et seuils - suivi vertical relatif de pédotypes (LAC 6).....	202
10. Cible de saisie quantifiée des corps naturels élémentaires.....	204
11. Essai de représentation en trois dimensions de la distribution verticale des pédotypes (coupe LAC 2).....	206
12. Images "dessinée" et "quantifiée" d'un sol ferrallitique centrafricain (MAG 7).....	238
13. Quantités des divers corps naturels élémentaires présents dans un sol ferrallitique centrafricain (MAG 7).....	240
14. Profil topographique et localisation des sols étudiés.....	276
15. Les figurés utilisés pour représenter les corps naturels élémentaires dans les schémas des profils structuraux.....	278
16. Les figurés utilisés pour représenter les corps naturels élémentaires dans les schémas des profils structuraux.....	279

17. Les profils structuraux des coupes MAG 1, 2 et 3.....	280
18. Les profils structuraux des coupes MAG 4 et 5.....	284
19. Les profils structuraux des coupes MAG 6, 7/8, 9 10 et 11.....	290
20. Les profils structuraux des coupes MAG 12, 13 et 14.....	294
21. Les segments morphopédologiques (image information).....	300
22. La séquence morphopédologique (image information).....	308
23. Profil topographique et localisation des sols étudiés.....	316
24. Les profils structuraux des coupes KORB 35.1, 2 et 3.....	320
25. Les profils structuraux des coupes KORB 35.4, 5, 6, 7, 8 et 9....	324
26. Les profils structuraux des coupes KORB 35.10, 11, 12, 13, 14 et 15.....	334
27. Les profils structuraux des coupes KORB 35.16, 17 et 18.....	340
28. Les segments morphopédologiques (image information).....	346
29. La séquence morphopédologique (image information).....	360
30. Profil topographique et localisation des sols étudiés (représentation schématique).....	364
31. Les profils structuraux des coupes LAC 1, 2 et 3.....	368
32. Les profils structuraux des coupes LAC 4 et 5.....	376
33. Les profils structuraux des coupes LAC 6, 7, 8, 9 et 10.....	380
34. Les segments morphopédologiques (image information).....	384
35. La séquence morphopédologique (image information).....	390
36. APEXOL-INFASOL - Les divers types d'horizons de la séquence centrafricaine de Malagamba (MAG).....	414
37. APEXOL-INFASOL - Les divers types d'horizons de la séquence ivoirienne de Korhogo (KORB).....	424
38. APEXOL-INFASOL - Les divers types d'horizons de la séquence néo-calédonienne de la Plaine des Lacs (LAC).....	432
39. Un exemple de paysage ivoirien (Korhogo) - Plateaux et témoins cuirassés , longs versants rectilignes.....	444
40. Extrait de la carte des segments pédologiques - Feuille de Korhogo à 1/200.000.....	446

41. Extrait de la légende de la carte des segments pédologiques - Feuille de Korhogo à 1/200.000.....	447
42. Extrait de la carte des paysages morphopédologiques - Feuille de Korhogo à 1/200.000.....	448
43. Extrait de la légende de la carte des paysages morphopédologiques - Feuille de Korhogo à 1/200.000 - Paysage 1, Plateaux et témoins cuirassés.....	449
44. Image information structurale du paysage de plateaux et témoins cuirassés de Korhogo.....	452
45. Extrait de la carte morphopédologique de Nouvelle Calédonie à 1/200.000.....	458
46. Extrait de la légende de la carte morphopédologique de Nouvelle Calédonie - Unité 1 : les segments et les paysages.....	459
47. Extrait de la légende de la carte morphopédologique de Nouvelle Calédonie - Unité 5 : les segments et les paysages.....	460
48. Liste des figurés utilisés pour les légendes morphopédologiques (cf Fig.46, 47 et 53).....	464
49. La représentation des possibilités d'utilisation des paysages....	468
50. Les diagrammes d'utilisation des paysages pour la caféiculture...	470
51. Les diagrammes d'utilisation des paysages pour l'arboriculture fruitière.....	472
52. Extrait de la carte morphopédologique de Tontouta (Nelle Calédonie) à 1/50.000.....	476
53. Extrait de la légende de la carte morphopédologique de Tontouta (Nelle Calédonie) - Unités 6,7 et 9 : les segments et les sols...	477
54. Schémas des organisations observées dans les milieux cultivés du centre ivoirien.....	482
55. Un exemple de schéma "fonctionnel".....	486
56. Un exemple de schéma "prévisionnel".....	490

* * *

*

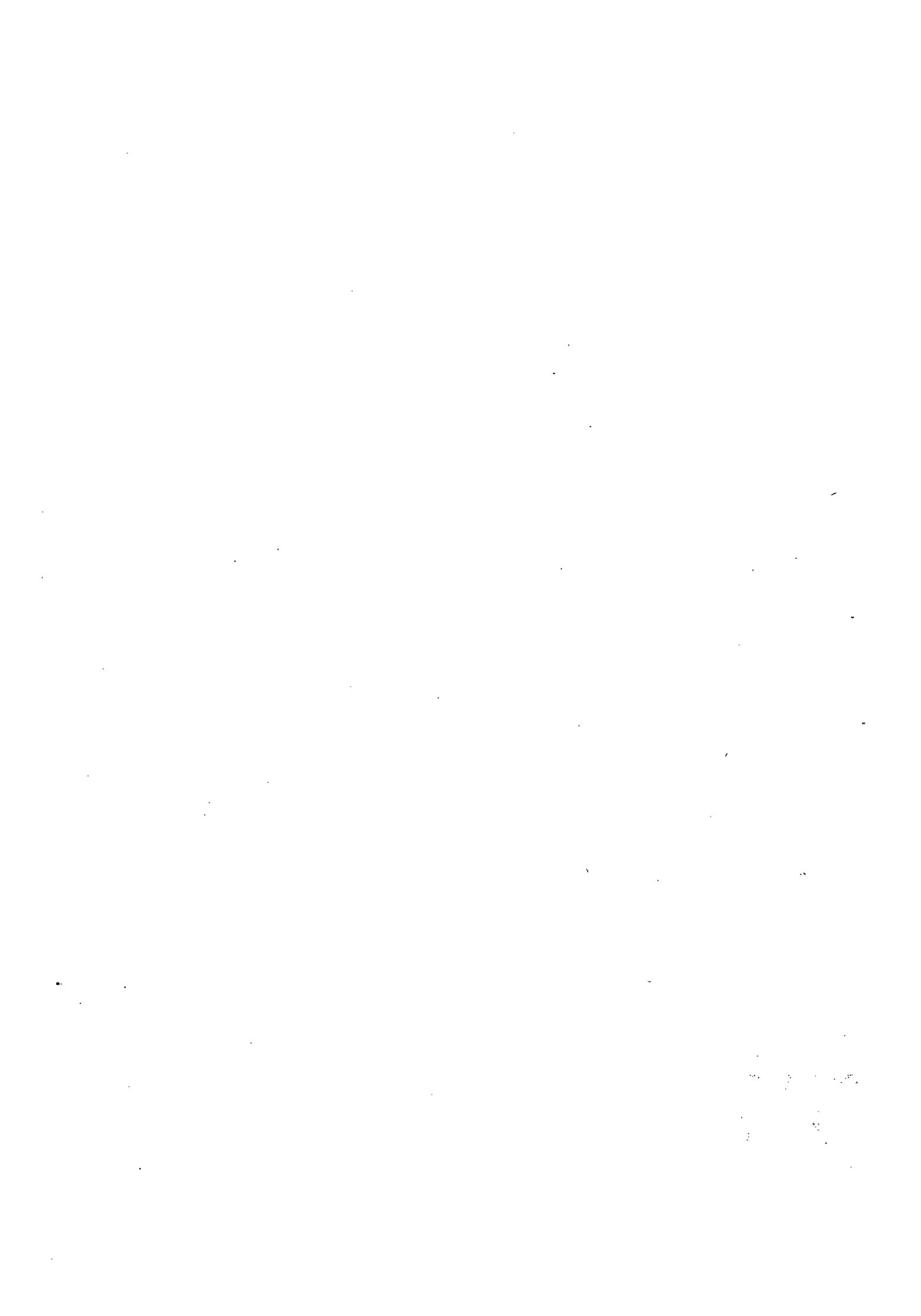


Table des matières

Tome 1

SOMMAIRE.....	I
LES CORPS NATURELS ET LEURS PARAGRAPHERS.....	V
AVANT-PROPOS.....	VII
RESUME.....	XIII
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE	
LANGAGE ET STRUCTURE : L'INFORMATION LIBRE	
identifier, saisir et traiter les données.....	11
I- LES UNITES DE BASE DU SYSTEME D'INFORMATION	
Identification et recherche d'un vocabulaire.....	13
Premier chapitre	
LES ORGANISATIONS ELEMENTAIRES DU MILIEU PHYSIQUE.....	25
I- Les horizons.....	27
A- Définition. Les principaux types d'horizons.....	27
B- De l'horizon au corps naturel élémentaire.....	35
II- Les corps naturels élémentaires.....	40
A- Comment définir un corps naturel élémentaire ?.....	40
B- Les relations entre corps naturels élémentaires.....	41
1- La relation de juxtaposition.....	41
2- La relation d'"intergradation".....	42
3- Que représentent ces relations ?.....	44
4- Les limites entre les corps naturels.....	49
Pour conclure,	50

Deuxième chapitre

Le langage : UN VOCABULAIRE

L'OUTIL POUR IDENTIFIER LES CORPS NATURELS ELEMENTAIRES.....	53
I- Les pédotypes.....	53
A- Les pédotypes "meubles".....	55
1- Les humites.....	56
a- Le mélanumite.....	60
b- L'arumite.....	61
2- Le leuciton.....	64
3- Le structichron.....	68
4- L'oxydon.....	78
5- Le réducton.....	81
6- Le vertichron.....	85
7- La "structure" des pédotypes meubles.....	88
a- Historique rapide.....	88
b- La structure du sol.....	91
c- Les types structuraux.....	95
B- Les pédotypes "indurés".....	102
1- Les lapidons : pédotypes indurés discontinus.....	102
2- Les stérites : pédotypes indurés continus.....	118
C- Les pédotypes "biologiques".....	129
1- Le bioféron.....	129
2- Le domabion.....	134
D- Les pédotypes de "dépôt".....	136
1- Le cutanon.....	136
2- Le dermilite.....	140
3- Le séméton.....	145
E- Les pédotypes de "transformation".....	149
1- L'écluton.....	149
2- Le téphralite.....	151
II- Les phytotypes.....	152
A- Les phytotypes du sol.....	153
1- Le rhizagé.....	153
2- Le rhizophyse.....	154
3- Le cryptagé.....	155
B- Les phytotypes "aériens".....	155
1- Le phorophytion.....	155
2- Le phycophytion.....	155

3- Le mycophytion.....	156
4- Le bryophytion.....	156
5- Le ptéridophytion.....	156
6- Le gramophytion.....	156
7- Le kortophytion.....	157
8- Le néophytion.....	157
9- Le pénéphytion.....	157
10- Le prophytion.....	157
11- Le monophytion.....	158
12- Le nanophytion.....	158
13- Le paliphytion.....	158
14- Le pléiophytion.....	159
15- L'épiphytion.....	159
III- Les intergrades phytotypes-pédotypes.....	160
A- Un pédophytotype.....	160
1- Le nécrophytion.....	160
B- Un phytopédotype.....	162
1- Le nécrumite.....	162
IV- Les lithotypes.....	167
A- Un lithotype "sédimentaire récent".....	168
1- L'entaféron.....	168
B- Un autre lithotype.....	173
1- Le topolite.....	173
V- Un intergrade lithotype-pédotype : l'altérite.....	174
A- Un pédolithotype.....	178
1- L'isaltérite.....	178
B- Un lithopédotype.....	179
1- L'allotérite.....	179
VI- Les corps naturels "conducteurs".....	179
A- L'eau.....	180
1- L'hydrophyse.....	180
B- L'air.....	181
1- L'aérophyse.....	181
Pour conclure,	182
PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES.....	Hors texte

II- LA SAISIE ET LE TRAITEMENT DES DONNEES	
Formalisation et recherche d'une syntaxe.....	183
 Troisième chapitre	
Le langage : UNE SYNTAXE	
L'OUTIL POUR SAISIR, TRAITER ET RESTITUER.....	187
I- Présentation et caractères.....	187
II- La quantification.....	189
A- Le principe.....	190
B- Les règles d'écriture.....	195
1- La juxtaposition de corps naturels élémentaires...	195
2- L'intergradation de corps naturels élémentaires...	196
III- L'intérêt de cette méthode de description : communication et traitement des données.....	200
IV- Un premier exemple de traitement des données : Les notions d'apexol et d'infrasol.....	207
A- L'apexol.....	208
1- L'anapexol.....	209
2- L'humapexol.....	209
3- L'orthoapexol.....	211
4- L'anhumapexol.....	213
B- L'infrasol.....	215
 Quatrième chapitre	
LA SAISIE DES DONNEES.....	221
I- La saisie traditionnelle de l'information.....	223
II- La saisie structurée et quantifiée de l'information.....	227
 Cinquième chapitre	
L'UTILISATION DES DONNEES DE MORPHOLOGIE DES SOLS.....	237
I- Les chemins d'information.....	241
II- Vers une typologie des horizons.....	247
A- Le calcul des quantités respectives de chaque corps naturel élémentaire.....	247
B- L'identification des horizons.....	251
1- Les ensembles de corps naturels élémentaires.....	251
2- Les types d'horizons.....	253
a- Les horizons de type HI.....	254
b- Les horizons de type HH.....	258

c- Les horizons de type HS.....	259
d- Les horizons de type HN.....	259
Pour conclure,	262
CONCLUSION.....	265

DEUXIEME PARTIE

LES CHEMINS D'INFORMATION : L'INFORMATION EN MOUVEMENT

Etude de toposéquences de sols en Afrique tropicale et en Nouvelle Calédonie.....	269
---	-----

Sixième chapitre

EN CENTRAFRIQUE : UNE TOPOSEQUENCE SUR MODELE CONVEXO-CONCAVE.....	275
---	------------

I- L'"image information" des sols :

Les chemins d'information verticaux.....	277
--	-----

A- Les coupes MAG 1 à MAG 3.....	277
----------------------------------	-----

B- Les coupes MAG 4 et MAG 5.....	282
-----------------------------------	-----

C- Les coupes MAG 6 à MAG 11.....	286
-----------------------------------	-----

D- Les coupes MAG 12 à MAG 14.....	293
------------------------------------	-----

II- L'"image information" de la séquence :

Les chemins d'information latéraux.....	296
---	-----

A- Les segments morphopédologiques.....	299
---	-----

1- Le segment amont convexe et rectiligne-convexe.....	299
--	-----

2- Le segment aval supérieur rectiligne-convexe.....	302
--	-----

3- Le segment aval inférieur rectiligne-plan.....	304
---	-----

4- Les segments intermédiaires rectilignes-concaves.....	305
--	-----

a- Le segment intermédiaire amont.....	306
--	-----

b- Le segment intermédiaire aval.....	306
---------------------------------------	-----

B- La séquence morphopédologique.....	309
---------------------------------------	-----

Pour conclure,	312
----------------------	-----

Septième chapitre

EN COTE D'IVOIRE : UNE TOPOSEQUENCE SUR MODELE DE PLATEAU

CUIRASSE ET LONG VERSANT RECTILIGNE.....	315
---	------------

I- L'"image information" des sols :

Les chemins d'information verticaux.....	318
--	-----

A- Les coupes KORB 35.1 à KORB 35.3.....	318
--	-----

B- Les coupes KORB 35.4 à KORB 35.8.....	321
--	-----

C- La coupe KORB 35.9.....	327
D- Les coupes KORB 35.10 à 35.15.....	330
E- Les coupes KORB 35.16 et KORB 35.17.....	337
F- La coupe KORB 35.18.....	342
II- L'"image information" de la séquence	
Les chemins d'information latéraux.....	343
A- Les segments morphopédologiques.....	345
1- Le segment amont rectiligne-plan, tabulaire.....	345
2- Le segment rectiligne-concave, de raccordement.....	347
3- Le segment médian rectiligne-oblique.....	349
a- L'ensemble pédologique amont altéritique.....	350
b- L'ensemble pédologique médian stéritique	
et altéritique.....	351
c- L'ensemble pédologique aval stéritique.....	352
4- Le segment aval supérieur concave-rectiligne.....	354
a- L'amont concave.....	354
b- L'aval rectiligne-concave.....	355
5- Le segment aval inférieur rectiligne-plan.....	356
B- La séquence morphopédologique.....	356
Pour conclure,	361
Huitième chapitre	
EN NOUVELLE CALEDONIE : UNE TOPOSEQUENCE SUR ROCHES ULTRABASIQUES...	363
I- L'"image information" des sols	
Les chemins d'information verticaux.....	365
A- La coupe LAC 1.....	365
B- Les coupes LAC 2 et LAC 3.....	367
C- Les coupes LAC 4 et LAC 5.....	373
D- Les coupes LAC 6 et LAC 10.....	377
II- L'"image information" de la séquence	
Les chemins d'information latéraux.....	382
A- Les segments morphopédologiques.....	383
1- Le segment amont, "montagneux", rectiligne-	
oblique et concave.....	385
2- Le segment médian rectiligne-oblique.....	386
3- Le segment inférieur tabulaire "à dolines",	
rectiligne-oblique.....	388

B- La séquence morphopédologique.....	389
Pour conclure,	393
CONCLUSION.....	395

TROISIEME PARTIE

ECHELLE ET LIMITES : L'INFORMATION FIXEE

Communiquer par la cartographie et les modèles.....	399
---	-----

Neuvième chapitre

UNE NOUVELLE IMAGE INFORMATION DES SEQUENCES.....	405
---	-----

I- La séquence centrafricaine : Malagamba.....	406
II- La séquence ivoirienne : Korhogo.....	417
III- La séquence néo-calédonienne : La Plaine des Lacs.....	427
Pour conclure,	434

Dixième chapitre

LES DEMANDES D'INTERVENTION : EXEMPLES DE REPONSE.....	437
--	-----

I- Les questions.....	437
II- Les cartes morphopédologiques et leurs légendes : une première forme de réponse.....	441
A- Les cartes morphopédologiques à moyenne échelle : Inventaire et synthèse.....	442
1- Une carte d'inventaire à l'échelle du 1/200.000 : Korhogo.....	442
2- Une carte intégrée à l'échelle du 1/200.000 : La Nouvelle Calédonie.....	456
a- La légende morphopédologique.....	457
b- La légende d'utilisation des paysages.....	467
B- Les cartes morphopédologiques à grande échelle : Proches de la mise en valeur.....	475
III- Les schémas fonctionnels et prévisionnels : une autre forme de réponse.....	481
A- Un exemple de schéma "fonctionnel".....	484
B- Un exemple de schéma "prévisionnel".....	491
Pour conclure,	493
CONCLUSION.....	497

CONCLUSION GENERALE	
APPREHENDER, COMPRENDRE, COMMUNIQUER.....	501
EPILOGUE	
UN REGARD VERS L'AVENIR : De la saisie au traitement des données, la recherche de l'automatisation.....	511
BIBLIOGRAPHIE.....	525
LISTE DES FIGURES.....	555
TABLE DES MATIERES.....	559



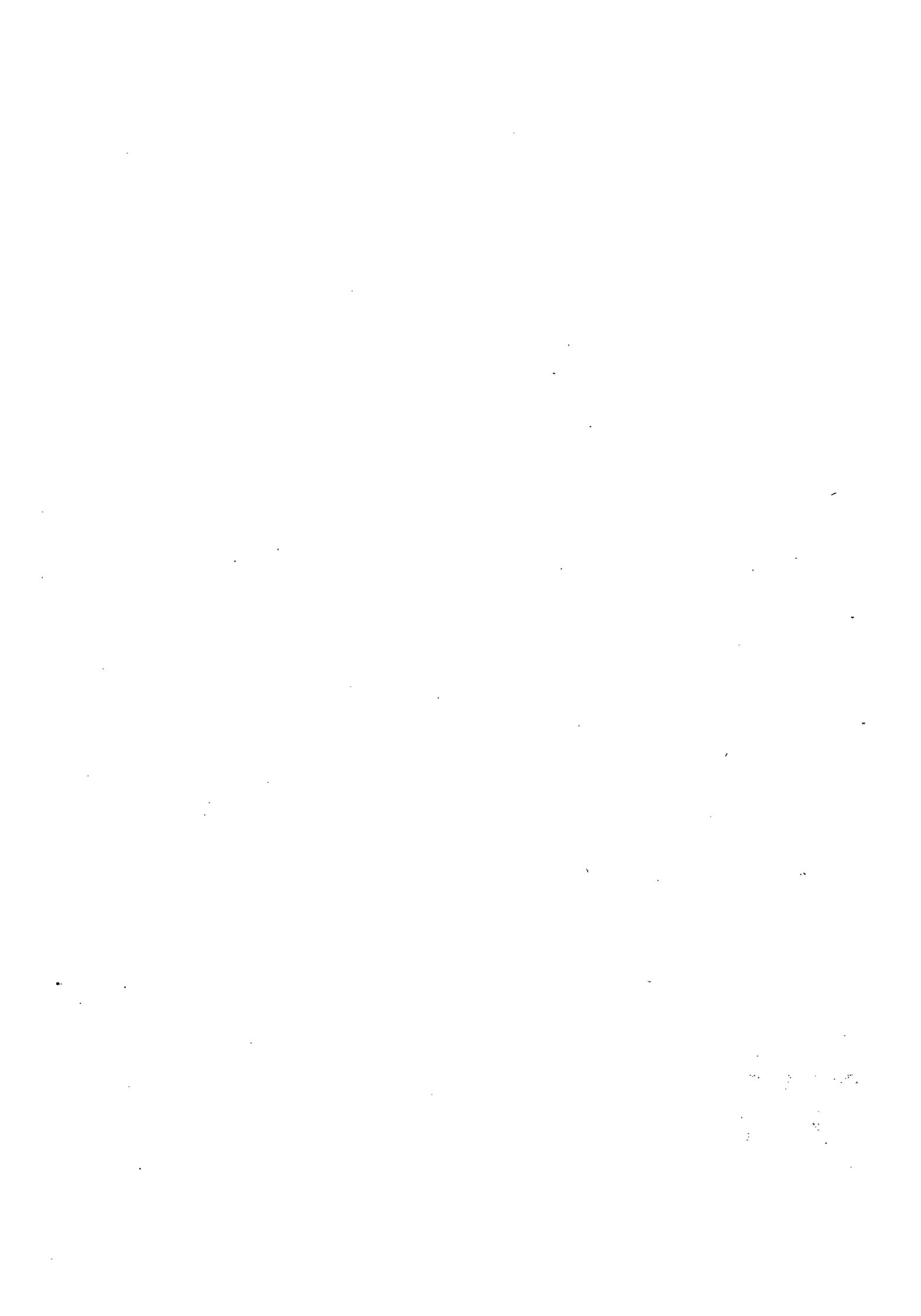
Tome 2

Annexe 1

Légendes des figurés.....	3
Les figurés des profils structuraux.....	7

Annexe 2

Les données de morphologie des sols . Séquence MAG Région de Bangassou (République centrafricaine).....	9
I- La description morphologique des sols.....	11
Coupe MAG 1.....	11
Coupe MAG 2.....	12
Coupe MAG 3.....	12
Coupe MAG 4.....	14
Coupe MAG 5.....	17
Coupe MAG 6.....	19
Coupes MAG 7 et 8.....	23
Coupe MAG 9.....	29
Coupe MAG 10.....	34
Coupe MAG 11.....	39
Coupe MAG 12.....	45
Coupe MAG 13.....	49
Coupe MAG 14.....	54
II- Les expressions quantifiées et graphiques des sols.....	61



**RECHERCHE D'UN SYSTÈME D'INFORMATION
POUR LE MILIEU PHYSIQUE**

**UNE MÉTHODE DE SAISIE ET DE TRAITEMENT DES DONNÉES
GÉO-PÉDOLOGIQUES APPLIQUÉES AUX RÉGIONS TROPICALES**

Alain G. BEAUDOU

**TOME 2
(annexes)**

UNIVERSITE DE PARIS I

UFR DE GEOGRAPHIE

Alain G. BEAUDOU

RECHERCHE D'UN SYSTEME D'INFORMATION
POUR LE MILIEU PHYSIQUE

Une méthode de saisie et de traitement des données
géo-pédologiques appliquées aux régions tropicales

MEMOIRE

Présenté à l'Université de Paris I
pour l'obtention
de la thèse de Doctorat d'Etat en Géographie

Soutenu le 17 Décembre 1988 devant la Commission d'Examen

JURY :

Roger COQUE	Président, Professeur à l'Université de Paris I
Gaston BEAUDET	Rapporteur, Professeur à l'Université de Paris I
Alain GODARD	Professeur à l'Université de Paris I
Noël LENEUF	Professeur à l'Université de Dijon
Alain RUELLAN	Professeur à l'ENSA de Rennes
Yvon CHATELIN	Directeur de Recherches à l'ORSTOM

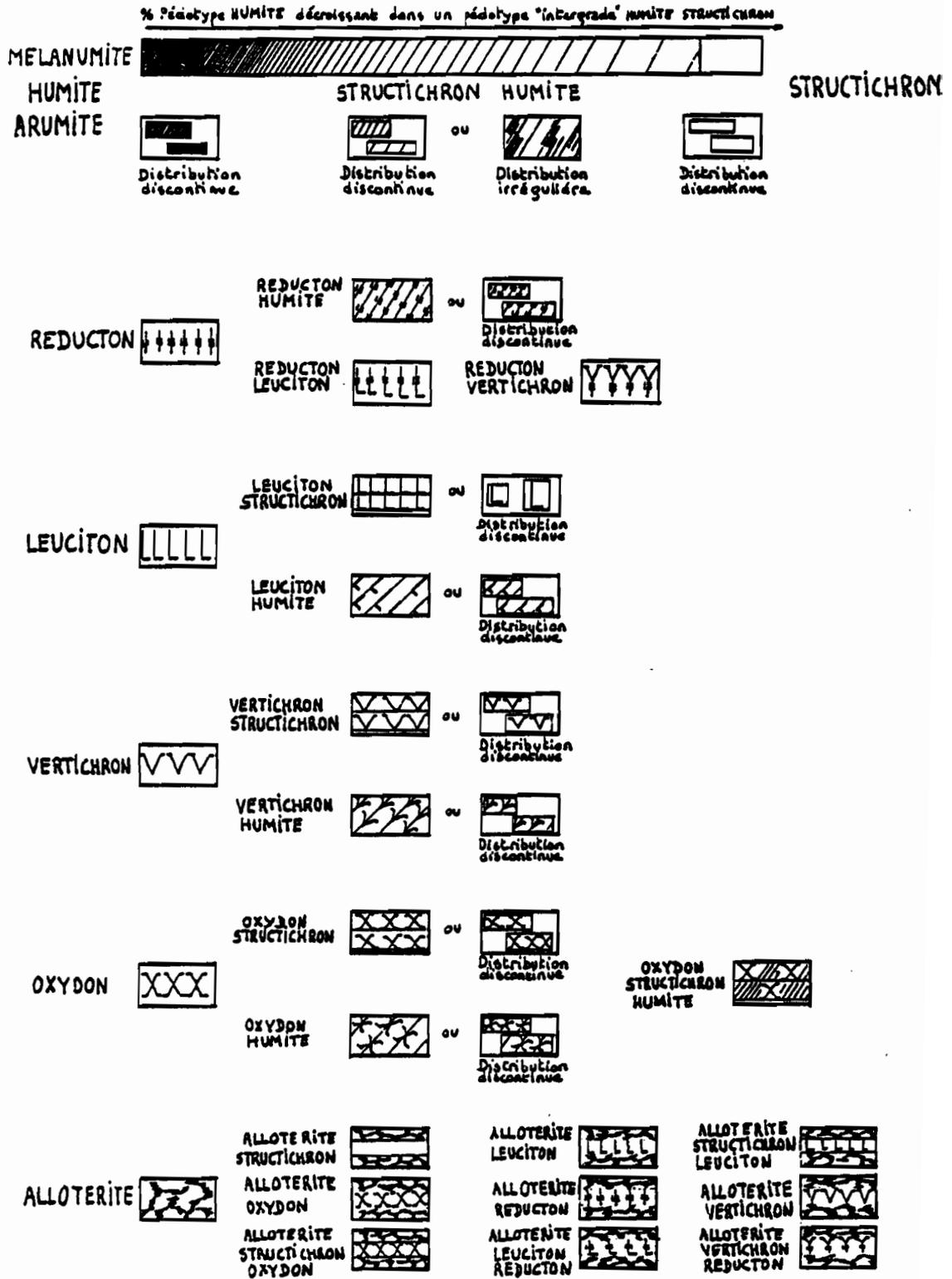
SOMMAIRE

Annexe 1	
Légende des figurés	3
Annexe 2	
Les données de morphologie des sols. Séquence MAG	9
Annexe 3	
Les données de morphologie des sols. Séquence KORB	85
Annexe 4	
Les données de morphologie des sols. Séquence LAC	157
Annexe5	
Le schéma de description automatique du milieu physique	209

ANNEXE 1

LEGENDES DES FIGURES

LÉGENDE DES FIGURÉS



		RUDITE			ARENITE	
		Retro-Duri	Fragl	Pucci	Retro-Duri	Fragl - Pucci
LAPIDON	OXYDIQUE					
	STERITIQUE					
	REGOLIQUE-Si					
	REGOLIQUE "ACIDE"					
	REGOLIQUE "METAMORPHIQUE"					
	REGOLIQUE "BASIQUE"					
	REGOLIQUE "ULTRABASIQUE"					
	ALTEREGOLIQUE					
	ALTEREGOLIQUE OXYDIQUE					
	CARBONATE-Ca-					
CARBONATE-Mg-						
STERITE	OXYDIQUE					
	SILICEUX					
	CARBONATE-Ca-					
	CARBONATE-Mg-					
	EVAPORITIQUE					
	STERITE ENTAPERON (Lutite)					

	LUTITE	ARENITE	LUTITE ARENITE	LUTITE ARENITE RUDITE	RUDITE
ENTAFERON					
ENTAFERON-HUMITE ENTAFERON HUMITE STRUCTICHRON					
ENTAFERON STRUCTICHRON					
ENTAFERON VERTICHRON					
ENTAFERON VERTICHRON HUMITE					
ENTAFERON STRUCTICHRON VERTICHRON					
ENTAFERON OXYDON					
ENTAFERON OXYDON HUMITE					
ENTAFERON STRUCTICHRON OXYDON					
ENTAFERON REDUCTON					
ENTAFERON REDUCTON HUMITE					
ENTAFERON REDUCTON LEUCITON					
ENTAFERON REDUCTON VERTICHRON					
ENTAFERON LEUCITON					
ENTAFERON LEUCITON HUMITE					
ENTAFERON STRUCTICHRON LEUCITON					

	'ACIDE'	'METAMORPHIQUE'	'BASIQUE'	'ULTRABASIQUE'		
ISALTERITE						
ISALTERITE STRUCTICHRON						
ISALTERITE OXYDON						
ISALTERITE STRUCTICHRON OXYDON						
ISALTERITE LEUCITON						
ISALTERITE STRUCTICHRON LEUCITON						
ISALTERITE REDUCTON						
ISALTERITE LEUCITON REDUCTON						
ISALTERITE VERTICHRON						
ISALTERITE VERTICHRON REDUCTON						
TOPOLITE						
ECLUTON		TEPHRALITE	HYDROPHYSE	ANZA 48 ANIZOPHYSE CRYPTAGE		
NECROPHYTON		NECRUMITE	NECRUMITE HUMITE			
SEMETON		et/ou	et/ou	et/ou	et/ou	et/ou
	Crystallines	Efflorescence	Dendrites Pseudomyceliums	Plaquettes (silice)	Ponctions	Pellicules
DERMILITE		et/ou	et/ou	DOMABION	et/ou	
	'Vésiculaires'	'Strainité'	'Simple'	Termitières	Fourmillières	
BIOFERON		et/ou	et/ou	CUTANON	et/ou	
	Tubules	Copropodes	'Continu'	'Simple'	'Composé'	

Les Figurés des Profils "STRUCTURAUX"

Pédotypes meubles

-----	Humite
=====	Humite Struchichron
->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Humite Oxydon
----->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Humite Struchichron Oxydon
-----+-----+-----+-----+	Humite Réduction
----- ----- ----- -----	Humite Leuciton
-----+-----+-----+-----+	Humite Réduction Struchichron
=====	Struchichron
=====	Struchichron rouge (10R, 2,5YR, 5YR)
----->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Struchichron jaune (7,5YR, 10YR, 2,5Y, 5Y)
----->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Struchichron Oxydon
----->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Oxydon rouge (10R, 2,5YR, 5YR)
----->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Oxydon jaune (7,5YR, 10YR)
----->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Oxydon
----- ----- ----- -----	Leuciton
----- ----- ----- -----	Leuciton Struchichron
----- ----- ----- -----	Leuciton Struchichron rouge (10R, 2,5YR, 5YR)
----- ----- ----- -----	Leuciton Struchichron jaune (7,5YR, 10YR)
-----+-----+-----+-----+	Leuciton Réduction
-----+-----+-----+-----+	Réduction
-----+-----+-----+-----+	Humite + Struchichron
----->>>>>>>>>>>>>>>>>>	Vertichron.

Pédotypes indurés continus : STÉRITES

=====	(Péto) Stérite
.....	(Duri) Stérite
=====	(Péto Duri) Stérite
-----	(Fragi) Stérite
-----	(Duri Fragi) Stérite
=====	(Pauvi) Stérite
=====	(Fragi Pauvi) Stérite
=====	(Pauvi Fragi) Stérite Lapidon
=====	(Péto) Stérite Oxydon
=====	(Pauvi) Stérite Oxydon Lapidon
=====	(Duri) Stérite Lapidon Oxydon
=====	(Fragi) Stérite Oxydon Lapidon
=====	(Péto) Stérite Entaféron
=====	(Pauvi) Stérite Entaféron
=====	Stérite Allotérite

Pédotypes indurés discontinus : LAPIDONS

.....	(Pétero) Lapidon régolique (Arenite)
-----	(Pétero) Lapidon régolique (Rudite)
-----	(Pétero), (Pétero Juri) Lapidon oxydique (Fe) - Arenite
.....	(Pétero), (Pétero Juri) Lapidon oxydique (Fe) - Rudite
.....	(Pétero), (Pétero Juri) Lapidon oxydique (Fe) - Rouge (10R, 2.5 et 5JR)
.....	(Pétero), (Pétero Juri) Lapidon oxydique (Fe) - Jaune (7.5 et 10JR)
.....	(Duri Fragi) Lapidon oxydique (Fe) - Rouge (10R, 2.5 et 5JR)
.....	(Duri Fragi) Lapidon oxydique (Fe) - Jaune (7.5 et 10JR)
.....	(Fragi), (Fragi Paucei), (Paucei) Lapidon oxydique (Fe) - Rouge (10R, 2.5 et 5JR)
.....	(Fragi), (Fragi Paucei), (Paucei) Lapidon oxydique (Fe) - Jaune (7.5 et 10JR)
.....	(Paucei), (Paucei Fragi) Lapidon oxydion, Structichron
.....	(Paucei), (Paucei Fragi) Lapidon oxydion
.....	(Pétero), (Pétero Juri) Lapidon oxydique (Fe) - Stéritique
.....	(Paucei), (Paucei Fragi), (Fragi) Lapidon oxydique (Fe)
.....	(Fragi), (Fragi Juri), (Duri), (Duri Pétero) Lapidon oxydique (Fe/Mn)
.....	(Pétero), (Duri Pétero), (Duri) Lapidon régolique - oxydique
.....	(Pétero), (Pétero Juri), (Duri) Lapidon régolaltéritique oxydique (Fe)
.....	(Fragi Juri) Lapidon régolaltéritique oxydique (Fe)
.....	(Paucei), (Paucei Fragi), (Fragi) Lapidon régolaltéritique oxydique (Fe)
.....	(Pétero), (Duri Pétero), (Duri) Lapidon régolaltéritique oxydique (Fe) - Rouge
.....	(Pétero), (Duri Pétero), (Duri) Lapidon régolaltéritique oxydique (Fe) - Jaune
.....	(Paucei), (Paucei Fragi), (Fragi) Lapidon régolaltéritique oxydique (Fe) - Rouge
.....	(Paucei), (Paucei Fragi), (Fragi) Lapidon régolaltéritique oxydique (Fe) - Jaune

Autres corps naturels élémentaires

(Pédotypes - Phytotypes - Lithotypes - Pédotypes Lithotypes - Pédotypes Phytotypes - ...)

=====	Dermilite
-----	Bioféron
-----	Cutanon
~~~~~	Séméton
.....	Séméton oxydique
.....	Séméton siliceux
.....	Nécrophyton - Nécrumite
+++++	Topolite (acide)
+++++	Topolite (basique, ultra basique)
+o+o+o+o+o+	Entaféron (rudite)
+o+o+o+o+o+	Entaféron (arenite)
+++++	Entaféron (lutite)
+++++	Entaféron Oxydion (lutite)
~~~~~	Isaltérite
~~~~~	Isaltérite Structichron
~~~~~	Isaltérite Structichron Oxydion
~~~~~	Isaltérite Leuciton Réduction
~~~~~	Isaltérite Oxydion
~~~~~	Allotérite
-----	Nécrumite Humite

**ANNEXE 2**

--

**LES DONNEES DE MORPHOLOGIE DES SOLS**  
**Séquence MAG (Région de Bangassou -**  
**République centrafricaine)**



# Séquence MAG

Région de Bangassou -Centrafrique-

## I- LA DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS

### COUPE MAG 1

0-2 cm : H 1

-----  
(Humitel Structichron2)1  
-5YR 3.5/2

2-16 cm : H 2

-----  
(Humitel Structichron1)1  
-5YR 4.5/2

(Humitel Réducton2)5  
-7.5YR 4/0

(Péto).Lapidon6  
-Régolique  
  Siliceux  
  .Arénite

16-30 cm : H 3

-----  
(Réducton1 Humite4)1  
-10YR 5/2

(Structichron1 Oxydon1)5  
-5YR 5/5

(Pauci).Lapidon3  
-(Oxydique1 Structichromique1)1  
  Ferroxique  
  .centirudite  
  5YR 5/5  
  NODULES

>30 cm : H 4

-----  
Hydrophysel

HUMOAPEXOL leptique // REDUCTON / hydrophyse

COUPE MAG 2

0-4 cm : H 1

-----  
Humitel  
-10YR 3/2

(Péto).Lapidon5  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénite

4-23 cm : H 2

-----  
(Humitel Réducton3)1  
-10YR 4.5/1

(Péto).Lapidon4  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénite

(Structichron1 Oxydon3)5  
-5YR 3/5

23-40 cm : H 3

-----  
(Réducton1 Leuciton1)1  
-2.5Y 6.5/0

(Structichron1 Oxydon3)4  
-7.5YR 5/7

(Péto).Lapidon5  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénite

>40 cm : H 4

-----  
Hydrophyse

HUMOAPEXOL brachique // HYDROPHYSE

COUPE MAG 3

0-6 cm : H 1

-----  
Humitel  
-5YR 3/2

(Péto).Lapidon5  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénique

6-25 cm : H 2

-----  
(Structichron1 Humite3)1  
-5YR 4/3

(Péto).Lapidon5  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénite

(Fragi<-->Pauci).Lapidon5  
-(Oxydique1 Structichronique1)1  
Ferroxique  
.Arénite  
.Centirudite  
7.5YR 5/7 (1)  
2.5YR 3/6 (3)  
MODULES

(Duri).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Arénite  
.Centirudite  
CONCRETIONS

(Structichron1 Oxydon1)5  
-7.5YR 6/6

25-53 cm : H 3

-----  
(Réducton1 Humite3)1  
-10YR 4.5/1

(Fragi<-->Pauci).Lapidon4  
-(Oxydique1 Structichronique1)1  
Ferroxique  
.Arénite  
.Centirudite  
2.5YR 3/6 (1)  
7.5YR 5/7 (4)  
MODULES

(Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Arénite  
.Centirudite  
CONCRETIONS

(Structichron1 Oxydon1)6  
-10YR 6/6

53-75 cm : H 4

-----  
Réducton1

-7.5YR 4.5/0

(Structichron1 Oxydon1)4

-7.5YR 6/7

(Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Structichronique1)1

Ferroxique

.Arénite

.Centirudite

7.5YR 5/7 (1)

2.5YR 3/6 (5)

NODULES

(Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferro-manganique

.Centirudite

.Arénite

CONCRETIONS

>75 cm : H 5

-----  
Hydrophyse1

ORTHOAPEXOL leptique // REDUCTON / Hydrophyse

COUPE MAG 4

0-7 cm : H 1

-----  
Humitel

-7.5YR 3/1

(Structichron1 Humite3)6

-7.5YR 4/4

(Fragi<—>Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Structichronique1)1

Ferroxique

.Arénite

2.5YR 3/6 (1)

7.5YR 5/7 (1)

NODULES

(Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferro-manganique

.Arénite

CONCRETIONS

7-30 cm : H 2

-----  
(Structichron1 Humite3)1  
-7.5YR 5/3

Structichron5  
-7.5YR 5/6

(Péto).Lapidon5  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénite

(Fragi<—>Pauci).Lapidon5  
-(Oxydique1 Structichronique1)1  
Ferroxique  
.Arénite  
.Centirudite  
2.5YR 3/6 (1)  
7.5YR 5/7 (1)  
NODULES

(Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Arénite  
CONCRETIONS

(Fragi).Lapidon6  
-Régolique1/Oxydique4  
Siliceux/ferroxique  
.Centirudite

Bioféron5  
-Humique  
Tubules  
Copropèdes

30-55 cm : H 3

-----  
(Structichron1 Humite3 Réducton3)1  
-7.5YR 5.5/1.5

(Péto).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénite

(Pauci<—>Fragi).Lapidon5  
-(Oxydique1 Structichronique1)1  
Ferroxique  
.Arénite  
.Centirudite  
2.5YR 3/6 (1)  
7.5YR 5/7 (1)  
NODULES

(Duri).Lapidon4  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Arenite  
.Centirudite  
CONCRETIONS

Structichron5  
7.5YR 5/6

(Structichron1 Oxydon1)5  
-2.5YR 4/6

55-85 cm : H 4

---

(Réducton1 Humite3)1  
-10YR 4.5/1

(Fragi<—>Pauci).Lapidon6  
-(Oxydique1 Structichronique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Arenite  
2.5YR 3/6 (1)  
7.5YR 5/7 (1)  
NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Centirudite  
.Arenite  
CONCRETIONS

(Fragi).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

((Pauci).Lapidon<-->(Oxydon Structichron))4  
(Oxydique1 Structichron1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10YR 5/6 (1)  
5YR 5/6 (1)  
NODULES

85-110 cm : H 5

---

(Leuciton1 Réducton2)1  
-10YR 6.5/1

(Pauci<—>Fragi).Lapidon5  
-Altérégolique5  
.Centirudite

-Régolique4  
Siliceux  
.Centirudite  
-(Oxydique1 Structichronique1)  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 4/4 (1)  
5YR 3/4 (1)  
MODULES

(Structichron1 Oxydon4)6  
-7.5YR 5.5/6

(Structichron1 Leuciton1)6  
-10YR 6/3

>110 cm : H 6

-----  
Hydrophyse1

ORTHOAPEXOL brachique // REDUCTON // LEUCITON // HYDROPHYSE

COUPE MAG 5

0-8 cm : H 1

-----  
(Humite1 Structichron2)1  
-7.5YR 4/2.5

(Fragi<—>Pauci).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique (1)  
.Arénite  
.Centirudite  
2.5YR 3/6  
MODULES  
Ferro-manganique (2)  
.Arénite  
.Centirudite  
CONCRETIONS

3-30 cm : H 2

-----  
(Structichron1 Humite4)1  
-7.5YR 4/4

Structichron5  
-7.5YR 5/5

(Fragi<—>Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique (1)  
.Arénite  
.Centirudite  
2.5YR 3/6

NODULES  
Ferro-manganique (2)  
.Arenite  
.Centirudite  
CONCRETIONS

(Fragi).Lapidon6  
-Régoique1  
Siliceux  
.Centirudite

30-67 cm : H 3

---

(Structichron1 Humite5)1  
-7.5YR 4/4

(Structichron1 Humite4)2  
-7.5YR 4/3

Structichron5  
-7.5YR 5/5

(Duri<-->Fragi).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Arenite  
2.5YR 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Centirudite  
.Arenite  
CONCRETIONS

(Fragi).Lapidon6  
-Régoique1  
Siliceux

(Pauci<-->Fragi).Lapidon6  
-(Oxydique1 Structichronique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

67-140 cm : H 4

---

(Structichron1 Leuciton2)1  
-7.5YR 6/3

(Structichron1 Oxydon3)4  
-7.5YR 5/8

(Pauci).Lapidon5  
-(Oxydique1 Structichronique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
MODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
CONCRETIONS  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

140-190 cm : H 5

-----  
(Leuciton1 Réducton1)1  
-10YR 6/1

(Structichron1 Oxydon4)5  
-7.5YR 5/6

>190 cm : H 6

-----  
Hydrophyse1

ORTHOAPEXOL bathique // REDUCTON / Hydrophyse

COUPE MAG 6

0-14 cm : H 1

-----  
(Humite1 Structichron2)1  
-5YR 4/3

(Péto).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arénite

(Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Arénite  
2.5YR 3/6  
MODULES

(Fragi).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

14-30 cm : H 2

-----  
(Structichron1 Humite3)1  
-5YR 4/3.5

Structichron5  
-5YR 5/4

(Péto).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arenite

(Duri<—>Fragi).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arenite  
.Centirudite  
2.5YR 3/6  
NODULES

(Fragi).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

30-65 cm : H 3

-----  
(Structichron1 Humite5)1  
-5YR 4.5/5

Structichron5  
-5YR 5/5

(Péto<—>Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
2.5YR 3/6 (1)  
10R 3/3 (1)  
NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

(Fragi).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

65-117 cm : H 4

-----  
Structichron1

-5YR 5.5/6

(Structichron1 Leuciton3)5

-2.5YR 6/4.5

(Péto<—>Duri).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 3/6

10R 3/3

NODULES

(Fragi<—>Duri).Lapidon5

-(Altéréologique/oxydique3)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 6/7

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régologique

Siliceux

.Centirudite

117-148 cm : H 5

-----  
(Structichron1 Oxydon2)1—>3

-2.5YR 4.5/6

(Structichron1 Leuciton3)4

-2.5YR 6/5

(Péto<—>Duri).Lapidon3—>1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Arenite

2.5YR 3/6 (1)

10R 3/3 (1)

NODULES

(Fragi<—>Duri).Lapidon4—>3

-(Altéréologique/oxydique3)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 6/7

NODULES

(Fragi).Lapidon5

-Régologique

Siliceux

.Centirudite

148-190 cm : H 6

-----  
(Pauci).Stéritel <-->(Pétro<-->Duri).Lapidon1)1

-Oxydique

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 3/6 (1)

10R 3/3 (i)

NODULES

(Fragi<-->Duri).Lapidon3

-(Altérégologique/Oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 6/7

NODULES

(Fragi).Lapidon5

-Régologique

Siliceux

.Centirudite

190-210 cm : H 7

-----  
(Structichron1 Oxydon1)3

-2.5YR 4.5/6

(Leuciton1 Réducton2)4-->1

-10YR 8/1

Structichron4

-7.5YR 5.5/6

(Pétro<-->Duri).Lapidon2-->6

-Oxydique

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 3/6 (1)

10R 3/3 (i)

NODULES

(Fragi<-->Duri).Lapidon4-->6

-(Altérégologique/Oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 6/7

NODULES

(Fragi).Lapidon4

-Régologique

Siliceux

.Centirudite

210-290 cm : H8

-----  
(Réducton1 Leuciton2)1

-10YR 6.5/1

(Structichron1 Oxydon4)3

-2.5YR 4.5/6

(Fragi).Lapidon4

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

(Pauci<-->Fragi).Lapidon6

-(Oxydique Structichronique2)1

Ferroxique

.Centirudite

.Arénite

10YR 4/4

NODULES

ORTHOAPEXOL pachique // (STERITE LAPIDON) / Lapidon / Réducton

COUPES MAG 7 et MAG 8

0-13 cm : H 1

-----  
(Humite1 Structichron1)1

-5YR 4/3

(Péto).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Arénite

(Duri).Lapidon5

-Oxydique

Ferroxique

.Arénite

.Centirudite

10R 3/4

NODULES

Fragi<-->Duri).Lapidon6

-Oxydique

Ferroxique

.Arénite

.Centirudite

5YR 4/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

13-32 cm : H 2

-----  
(Structichron1 Humite4)1

-5YR 4/3,5

Structichron5

-5YR 5/5

(Fragi).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Arénite

10R 3/4

NODULES

(Fragi<—>Duri).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Arénite

5YR 4/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

32-76 cm : H 3

-----  
Structichron1

-5YR 5/6

(Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénite

.Centirudite

10R 3/4

NODULES

(Fragi<—>Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Arénite

5YR 4/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

76-114 cm : H 4

-----  
Structichron1

-2,5YR 5/6

(Structichron1 Leuciton3)4

-10YR 7/6

(Leuciton1 Réducton3)4

-10YR 7/1

(Pauci).Lapidon5

-(Oxydique! Structichronique!)1

Ferroxique

.Arenite

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon6

-Oxydique!

Ferroxique

.Arenite

.Centirudite

10R 4/6

NODULES

(Fragi<-->Duri).Lapidon6

-(Altérégolique!/Oxydique3!)1

Ferroxique

.Centirudite

7,5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique!

Siliceux

.Centirudite

114-151 cm : H 5

-----  
(Structichron1 Oxydon1)1

-2,5YR 3/6

(Structichron1 Leuciton4)4

-10YR 7/6

(Leuciton1 Réducton3)4-->3

-10YR 7/1

(Pauci-->Fragi).Lapidon4

-(Oxydique! Structichronique!)1

Ferroxique

.Centirudite

.Arenite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Arenite

.Centirudite

10R 4/6

NODULES

(Fragi<—>Duri).Lapidon6

-(Altéréologique/Oxydique3)1

Ferroxique

.Centirudite

7,5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Réologique1

Siliceux

.Centirudite

151-189 cm : H 6

-----  
(Pauci<—>Fragi).Stéritel

-Lapidiquel

(Fragi<—>Duri).Lapidon

+ Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Arenite

(10R 3/6)1

(10R 4/6)4

NODULES

+ (Altéréologique/Oxydique3)1

Ferroxique

.Centirudite

7,5YR 5/6

NODULES

-Oxydique4

Ferroxique

(Leuciton1 Réducton3)4

-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)5

-2,5YR 3/6

(Structichron1 Leuciton3)6

-10YR 7/6

(Fragi).Lapidon6

-Réologique1

Siliceux

.Centirudite

**Séméton6**

-Oxydique  
Ferroxique  
PLACAGES

189-222 cm : H 7

-----  
(Structichron1 Oxydon1)3  
-2,5YR 3/6

(Leuciton1 Réducton3)3  
-10YR 7/1

(Structichron1 Leuciton3)3  
10YR 4/6

(Fragi<-->Duri).Lapidon3

-(Oxydique1/Altérégologique4)1

Ferroxique  
.Centirudite  
7,5YR 5/6  
NODULES

-Oxydique1

Ferroxique  
.Centirudite  
10R 4/6  
NODULES

(Fragi).Lapidon4

-Régologique1  
Siliceux  
.Centirudite

**Séméton6**

-Oxydique  
Ferroxique  
PLACAGES

222-249 cm : H 8

-----  
(Leuciton1 Réducton4)1  
-10YR 8/1

(Structichron1 Oxydon2)4  
-2,5YR 3/6

Structichron3  
-5YR 5/6

(Fragi<-->Duri).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique  
.Centirudite  
7,5YR 5/6 (1)  
10R 4/6 (2)  
NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

Séméton6

-Oxydique

Ferroxique

PLACAGES

249-300 cm : H 9

-----  
(Leuciton1 Réducton4)1

-10YR 8/1

(Structichron1 Leuciton3)5

-10YR 6/8 et 5/7

(Structichron1 Oxydon2)5

-2,5YR 3/6

Structichron4

-5YR 6,5/2,5

(Fragi<—>Duri).Lapidon4

-Oxydique

Ferroxique

.Centirudite

.Arenite

7,5YR 5/6 (1)

10R 4/6 (2)

MODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

(Péto).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Arenite

Séméton6

-Oxydique

Ferroxique

PLACAGES

ORTHOAPEXOL bathique // STERITE // LEUCITON OXYDON REDUCTON /  
Leuciton

COUPE MAG 9

0-12 cm : H 1

-----

Humite1

-2.5YR 2.5/2

(Péto).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Arénite

(Péto<—>Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 3/6

NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

12-36 cm : H 2

-----

(Humite1 Structichron1)1

-2.5YR 3/3

(Structichron1 Humite4)5

-5YR 4/4

(Péto<—>Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 3/6

NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

36-64 cm : H 3

-----

(Structichron1 Humite4)1

-2.5YR 4/4

Structichron5

-5YR 4/5

(Péto<—>Duri).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon5

-(Altérégologique3/Oxydique1)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régologique1

Siliceux

.Centirudite

64-146 cm : H 4

-----  
Structichron2

-2.5YR 4/6

(Structichron1 Leuciton3)3

-10YR 6/4

(Péto<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon3

(Altérégologique1/Oxydique1)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régologique1

Siliceux

.Centirudite

146-205 cm : H 5

-----  
(Péto<—>Duri).Stérite1

-Oxydique

Ferroxique

(Leuciton1 Réducton3)4

-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)4  
-10R 4/6

(Péto<-->Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
10R 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon6  
-(Altéréologique/Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

205-225 cm : H 6  
-----

(Duri<-->Fragi).Stéritel  
-(Oxydique Structichronique)1  
Ferroxique

Structichron4  
-10YR 6.5/6

(Leuciton1 Réducton3)4  
-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)4  
-10R 4/6

(Péto<-->Duri).Lapidon4  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
10R 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon6  
(Altéréologique/Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

225-250 cm : H 7  
-----

(Pauci<-->Fragi).Stérite2  
-(Oxydique Structichronique)1  
Ferroxique

(Leuciton1 Réducton3)3  
-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)4  
-10R 4/6

Structichron5  
-10YR 6.5/6

(Péto<—>Duri).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon5  
-(Altéréologique2/Oxydique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

250-280 cm : H 8

-----  
(Leuciton1 Réducton3)2  
-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)3  
-10R 4/6

Structichron5  
-10YR 6.5/6

(Péto<—>Duri).Lapidon2  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon5  
-(Oxydique1/Altéréologique5)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

280-306 cm : H 9

-----  
(Leuciton1 Réducton3)2  
-10YR 7/1

Structichron2  
-10YR 6.5/6

(Structichron1 Oxydon1)3  
-10R 4/6

**(Pétro<—>Duri).Lapidon5**

**-Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**(Duri).Lapidon6**

**-(Oxydique1/Altéréologique5)1**

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

**306-349 cm : H 10**

**(Leuciton1 Réducton1)1**

**-10YR 7/1**

**Structichron3**

**-10YR 6.5/6**

**(Structichron1 Oxydon1)5**

**-10R 3/6**

**(Duri<—>Fragi).Lapidon6**

**-Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

**(Fragi).Lapidon5**

**-Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**(Pauci).Lapidon6**

**-(Oxydique1 Structichronique1)1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**349-380 cm : H 11**

**(Leuciton1 Réducton1)1**

**-10YR 7/1**

**Structichron5**

**-10YR 6/6**

**(Structichron1 Oxydon1)5**

**-10R 4/6**

(Duri<—>Fragi).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Structichronique1)1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

ORTHOAPEXOL bathique // STERITES //LEUCITON OXYDON STRUCTICHRON  
/ Réducton Leuciton

COUPE MAG 10

0-10 cm : H 1

-----  
(Humitel Structichron3)1

-2.5YR 4/4 .

(Pétro).Lapidon6

-Régo1ique1

Siliceux

.Arénite

(Pétro<—>Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 3/6

NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

10-26 cm : H 2

-----  
(Humite2 Structichron1)1

-2.5YR 3/4

(Structichron1 Humite5)5  
-5YR 4.5/4

(Péto<—>Duri).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferrorique  
.Centirudite  
2.5YR 3/6  
MODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferrorique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
MODULES

26-50 cm : H 3  
-----

(Structichron1 Humite4)1  
-2.5YR 4/4

Structichron5  
-5YR 4/5

(Péto<—>Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferrorique  
.Centirudite  
10R 3/6  
MODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon5  
-(Altéréologique3/Oxydique1)1  
Ferrorique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
MODULES

(Fragi).Lapidon6  
-Régologique1  
Siliceux  
.Centirudite

50-180 cm : H 4  
-----

Structichron2  
-2.5YR 4/6

(Structichron1 Leuciton3)3  
-10YR 6/4

(Péto<—>Duri).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferrorique  
.Centirudite

10R 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon3  
(Altérégologique/Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

(Fragi).Lapidon6  
-Régologique  
Siliceux  
.Centirudite

180-235 cm : H 5

-----  
(Pétro<—>Duri).Stérite1  
-Oxydique  
Ferroxique

(Leuciton1 Réducton3)5  
-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)3  
-10R 4/6

(Pétro<—>Duri).Lapidon4  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
10R 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon6  
-(Altérégologique/Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

235-260 cm : H 6

-----  
(Duri<—>Fragi).Stérite2  
-(Oxydique Structichronique)1  
Ferroxique

Structichron4  
-10YR 6.5/6

(Leuciton1 Réducton3)5  
-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)3  
-10R 4/6

(Péto<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon5

(Altéréologique/Oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

260-282 cm : H 7

---

(Pauci<—>Fragi).Stérite2

-(Oxydique1 Structichronique)1

Ferroxique

(Leuciton1 Réducton3)4

-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)3

-10R 4/6

Structichron5

-10YR 6.5/6

(Péto<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon5

-(Altéréologique2/Oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

282-320 cm : H 8

---

(Leuciton1 Réducton3)2

-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)2

-10R 4/6

Structichron5

-10YR 6.5/6

(Péto<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon5

-(Oxydique1/Altéréologique5)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

320-365 cm : H 9

---

Structichron1

-10YR 6.5/6

(Leuciton1 Réducton3)3

-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)3

-10R 4/6

(Péto<—>Duri).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon6

-(Oxydique1/Altéréologique5)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

365-450 cm : H 10

---

(Leuciton1 Réducton1)1

-10YR 7/1

Structichron4

-10YR 6.5/6

(Structichron1 Oxydon1)4

-10R 3/6

(Duri<—>Fragi).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Structichronique1)1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

450-560 cm : H 11

-----

(Leuciton1 Réducton1)1

-10YR 8/1

Structichron5

-10YR 6/6

(Structichron1 Oxydon1)4

-10R 4/6

(Duri<-->Fragi).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Structichronique1)1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

ORTHOAPEXOL bathique // STERITES //LEUCITON OXYDON STRUCTICHRON  
/ Réducton Leuciton

COUPE MAG 11

0-9 cm : H 1

-----

Humitel

-2.5YR 3/1

(Péto) .Lapidon6

-Régolique  
Siliceux  
.Arénite

(Péto<—>Duri) .Lapidon6

-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
IOR 3/6  
NODULES

(Fragi<—>Duri) .Lapidon6

-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

9-33 cm : H 2

-----  
(Humite1 Structichron1)1

-1.5YR 3/3

(Structichron1 Humite4)5

-1.5YR 4/4

(Péto<—>Duri) .Lapidon6

-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
IOR 3/6  
NODULES

(Fragi<—>Duri) .Lapidon6

-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

33-69 cm : H 3

-----  
(Structichron1 Humite4)1

-2.5YR 4/4

Structichron5

-5YR 4/5

(Péto<—>Duri) .Lapidon5

-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
IOR 3/6  
NODULES

**(Duri<-->Fragi).Lapidon5**

-**(Oxydique1/Altérégologique3)1**

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

**(Fragi).Lapidon6**

-**Régologique1**

Siliceux

.Centirudite

69-164 cm : H 4

-----  
**(Pédro<-->Duri).Lapidon2**

-**Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**(Duri<-->Fragi).Lapidon3**

-**(Oxydique1/Altérégologique2)1**

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

**Structichron2**

-2.5YR 4/6

164-250 cm : H 5

-----  
**Structichron1**

-2.5YR 4/6

**(Fragi).Lapidon4**

-**Régologique1**

Siliceux

.Centirudite

250-320 cm : H 6

-----  
**(Pédro<-->Duri).Lapidon1**

-**Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**(Duri).Lapidon4**

-**(Altérégologique1/Oxydique1)1**

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

Structichron3

-2.5YR 4/6

(Structichron1 Leuciton3)4

-10YR 6/4

(Fragi).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

320-430 cm : H 7

---

(Fragi).Stéritel

-Oxydique

Ferroxique

(Structichron1 Leuciton3)3

-10YR 6/4

Structichron4

-2.5YR 4/5

(Péto<—>Duri).Lapidon5

-Oxydique

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon5

-(Altérégolique/Oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

430-570 cm : H 8

---

(Péto<—>Duri).Stéritel

-Oxydique

Ferroxique

(Leuciton1 Réducton3)4

-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)4

-10R 4/6

(Péto<—>Duri).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon6

-(Altéréologique/Oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

570-590 cm : H 9

-----  
(Duri<—>Fragi).Stérite2

-Oxydique1

Ferroxique

Structichron4

-10YR 6.5/6

(Leuciton1 Réducton3)5

-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)3

-10R 4/6

(Péto<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Duri).Lapidon5

-(Altéréologique/Oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

590-605 cm : H10

-----  
(Pauci<—>Fragi).Stérite2

-(Oxydique1 Structichronique)1

Ferroxique

(Péto<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Leuciton1 Réducton3)4  
-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)3  
-10R 4/6

Structichron5  
-10YR 6.5/6

(Duri).Lapidon5  
-(Oxydique1/Altéréologique2)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

605-630 cm : H 11

-----  
(Leuciton1 Réducton3)3  
-10YR 7/1

(Structichron1 Oxydon1)1  
-10R 4/6

Structichron5  
-10YR 6.5/6

(Péto<—>Duri).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

(Duri).Lapidon5  
-(Oxydique1/Altéréologique5)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

630-650 cm : H 12

-----  
Structichron1  
-10YR 6.5/6

(Leuciton1 Réducton1)3  
-10YR 8/1

(Structichron1 Oxydon1)3  
-10R 4/6

(Péto<—>Duri).Lapidon  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite

10R 3/6  
NODULES

650-700 cm : H 13

-----  
(Leuciton1 Réducton1)1  
-10YR 8/1

Structichron3  
-10YR 6/6

(Structichron1 Oxydon1)5  
-10R 3/6

(Duri<—>Fragi).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

(Fragi).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

(Pauci).Lapidon6  
-(Oxydique1 Structichromique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

ORTHOAPEXOL brachique // LAPIDON // STRUCTICHRON // LAPIDON /  
Stérite // STRUCTICHRON LEUCITON OXYDON REDUCTON

COUPE MAG 12

0-7 cm : H 1

-----  
Humitel  
-2.5YR 3/2

(Péto<—>Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

7-30 cm : H 2

-----  
(Structichron1 Humite2)1

-2.5YR 3/4

(Péto<-->Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

10R 3/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

30-83 cm : H 3

-----  
((Pauci<-->Fragi).Stérite1<-->Lapidon2)1

-(Oxydique1 Structichronique1)1

Ferroxique

-Lapidique2

(Péto<-->Duri).Lapidon1

+Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

10R 3/6

NODULES

(Duri<-->Fragi).Lapidon2

+Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 6/6

NODULES

+(Oxydique1 Altérégolique1/Structichronique3)2

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6

NODULES

Structichron3-->2

-2.5YR 4/6

(Fragi).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

83-120 cm : H 4

-----  
Structichron1

-2.5YR 4/6

**(Pétro<—>Duri).Lapidon4**

**-Oxydique1**

Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

**(Fragi<—>Duri).Lapidon3**

**-Oxydique1**

Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 6/6  
NODULES

**-(Oxydique1 Altérégolique1/Structichronique3)2**

Ferroxique  
.Centirudite  
2.5YR 5/6  
NODULES

**(Fragi).Lapidon5**

**-Régolique1**

Siliceux  
.Centirudite

120-150 cm : H 5

**Structichron1**

-2.5YR 4/6

**(Fragi<—>Duri).Lapidon4—>6**

**-(Altérégolique1 Oxydique1)1**

Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 6/6 (1)  
2.5YR 6/6 (1)  
NODULES

**(Fragi).Lapidon5**

**-Régolique1**

Siliceux  
.Centirudite

150-227 cm : H 6

**(Structichron1<—>(Structichron1 Oxydon1)1)1**

-2.5YR 4/6  
-10R 4/6

**(Fragi<—>Duri).Lapidon6**

**-(Altérégolique1 Oxydique1)1**

Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 6/6  
NODULES

(Fragi).Lapidon5—>4

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

227-288 cm : H 7

-----  
(Structichron1 Oxydon1)1

-10R 3/6

Isaltérite4—>2

7.5R 7/7

(Fragi).Lapidon5

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

(Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Structichronique1)1

Ferroxique

.Centirudite

10R 4/6

NODULES

288-587 cm : H 8

-----  
Isaltérite1

-7.5R 7/7

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)2)4

-10R 6/2

(Structichron1 Oxydon1)4

-10R 4.5/6

(Fragi).Lapidon6

-Régolique

Siliceux

.Centirudite

(Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Altéritique1)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5R 3/6

NODULES

587-670 cm : H 9

-----  
Isaltérite1

-7.5R 6.5/6

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)3)2

-10R 8/2

(Isaltérite1 (Oxydon Structichron)1)4  
-10R 3/6

(Pauci).Lapidon6  
-(Oxydique1 Altéritique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5R 3/6  
MODULES

(Fragi).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

670-772 cm : H 10  
-----

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)3)1  
-10YR 8/2

(Isaltérite1 (Structichron Oxydon)2)4  
-10R 3/6

Structichron6  
-2.5YR 4.5/6

(Pauci).Lapidon6  
-(Oxydique1 Altéritique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5R 3/6  
MODULES

772-1000 cm : H 11  
-----

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)2)1  
-10YR 8/2

(Pauci).Lapidon5  
-(Oxydique1 Altéritique1)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5R 3/6  
MODULES

ORTHOAPEXOL Leptique // (PAUCI).STERITE LAPIDON //STRUCTICHRON //  
ALTERITE LEUCITON REDUCTON

COUPE MAG 13

0-5 cm : H 1  
-----

(Humite1 Structichron3)1  
-2.5YR 2/3

**Bioféron5**

-Hauique

Tubules

(Péto<—>Duri).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

IOR 3/6

NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

5-23 cm : H 2

(Structichron1 Humite2)1

-2.5YR 3/3

**Bioféron6**

-Hauique

Tubules

(Péto<—>Duri).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

IOR 3/6

NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

23-50 cm : H 3

(Péto<—>Duri).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

IOR 3/6

NODULES

-(Altérégolique1/Oxydique1)1

Ferroxique

.Centirudite  
2.5YR 4/6  
NODULES

**(Duri<-->Fragi).Lapidon3**

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

**Structichron3**

-2.5YR 3/6

**(Fragi).Lapidon6**

-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

**50-196 cm : H 4**

-----  
**((Pauci<-->Fragi).Stéritel<-->Lapidon3)1**

-(Oxydique1 Structichromique1)1  
Ferroxique  
-Lapidiq3  
(Péto<-->Duri).Lapidon1  
+Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES  
+(Altérégolique1/Oxydique1)3  
Ferroxique  
.Centirudite  
2.5YR 4/6  
NODULES  
(Duri<-->Fragi).Lapidon3  
+Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES  
(Fragi).Lapidon6  
+Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite  
.Arénite

**Structichron4**

-2.5YR 3.5/6

**196-272 cm : H 5**

-----  
**Structichron1**

-2.5YR 3.5/6

**(Pétro<—>Duri).Lapidon2**

**-Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**-(Altérégologique/Oxydique)2**

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6 (1)

7.5YR 5/6 (2)

NODULES

**(Fragi).Lapidon6**

**-Régologique1**

Siliceux

.Centirudite

272-365 cm : H 6

**Structichron1**

-2.5YR 3/6

**(Pétro<—>Duri).Lapidon4**

**-Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**-(Altérégologique/Oxydique)2**

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6 (2)

7.5YR 5/6 (1)

NODULES

**(Fragi).Lapidon6**

**-Régologique1**

Siliceux

.Centirudite

365-407 cm : H 7

**(Structichron1 Oxydon1)1**

-10R 4/6

**Isaltérite4**

-7.5YR 5/6

**(Pauci).Lapidon5**

**(Oxydique1 Structichronique1)1**

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

407-657 cm : H 8

---

Isaltérite1

-7.5YR 5/6

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)3)2

-10YR 6/3

(Structichron1 Oxydon1)4

-10R 4/6

(Pauci).Lapidon6

-(Oxydique1 Altériteque1)1

Ferroxique

.Centirudite

7.5R 5/6

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

657-765 cm : H 9

---

Isaltérite1

-7.5YR 5/6

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)2)2

-10YR 6/3

(Structichron1 Oxydon1)5

-10R 4/6

(Pauci).Lapidon6

-(Altériteque1 Oxydique2)1

Ferroxique

.Centirudite

10R 4/6

NODULES

(Fragi).Lapidon

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

765-940 cm : H 10

---

Isaltérite1

-7.5YR 5/6

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)2)1  
-10YR 6/3

(Isaltérite1 Oxydon1)4  
-7.5R 3/6

940-1180 cm : H 11

-----  
Isaltérite1  
-5YR 5/6

((Réducton Leuciton)1 Isaltérite3)3  
-10YR 6/3

(Isaltérite1 Oxydon1)4  
-7.5R 3/6

Réducton4  
-10YR 6/6

ORTHOAPEXOL leptique // LAPIDON / Stérite // STRUCTICHRON OXYDON  
// ALTERITE LEUCITON REDUCTON

COUPE MAG 14

0-7 cm : H 1

-----  
(Humite1 Structichron3)1  
-2.5YR 2/3

Bioféron5  
-Humique  
Tubules

(Péto<—>Duri).Lapidon6  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon6  
Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
7.5YR 5/6  
NODULES

7-23 cm : H 2

-----  
(Structichron1 Humite3)1  
-2.5YR 3.5/3

**Bioféron6**

-Humique

Tubules

**(Pétro<—>Duri).Lapidon5**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

**(Duri<—>Fragi).Lapidon5**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

7.5YR 5/6

NODULES

**(Fragi).Lapidon6**

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

23-52 cm : H 3

-----

**(Pétro<—>Duri).Lapidon1**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

-(Altérégolique1/Oxydique1)2

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6 (1)

7.5YR 5/6 (2)

NODULES

**Structichron3**

-2.5YR 3/6

**(Fragi).Lapidon6**

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

52-85 cm : H 4

-----

**Structichron1**

-2.5YR 3/6

**(Pétro<—>Duri).Lapidon3**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES  
-(Altérégoïque/Oxydique)2  
Ferroïque  
.Centirudite  
2.5YR 4/6 (1)  
7.5YR 5/6 (2)  
NODULES

(Fragi).Lapido6  
-Régolique  
Siliceux  
.Centirudite

85-165 cm : H 5

-----  
(Pauci<—>Fragi).Stérite1<—>Lapido3)1  
-(Oxydique Structichronique)1  
Ferroïque  
-Lapidoïque3  
(Péto<—>Duri).Lapido1  
+Oxydique  
Ferroïque  
.Centirudite  
.Mésorudite  
10R 3/6  
NODULES  
+(Altérégoïque/Oxydique)1  
Ferroïque  
.Centirudite  
2.5YR 4/6 (1)  
7.5YR 5/6 (2)  
NODULES  
+Stéritique4  
Ferroïque  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES  
(Fragi).Lapido6  
+Régolique  
Siliceux  
.Centirudite

Structichron4  
-2.5YR 3.5/6

165-205 cm : H 6

-----  
(Pauci<—>Fragi).Stérite1-->4<—>Lapido1)1  
-(Oxydique Structichronique)1  
Ferroïque  
-Lapidoïque  
(Péto<—>Duri).Lapido1  
+Oxydique  
Ferroïque  
.Centirudite  
10R 3/6

NODULES

+(Altérégoïquel/Oxydiquel)i

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6 (1)

7.5YR 5/6 (2)

NODULES

+Stéritique5

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

NODULES

(Fragi).Lapidon6

+Régoliquel

Siliceux

.Centirudite

**Structichron3**

-2.5YR 3.5/6

205-295 cm : H 7

-----  
(Structichron1 Oxydon1)1

-10R 3.5/6

(Pétro<—>Duri).Lapidon1

-Oxydiquel

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

-(Altérégoïquel/Oxydiquel)2

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6 (1)

7.5YR 5/6 (2)

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régoliquel

Siliceux

.Centirudite

295-405 cm : H 8

-----  
(Structichron1 Oxydon1)1

-10R 3.5/6

(Pétro<—>Duri).Lapidon2

-Oxydiquel

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

-(Altérégologique/oxydique)1

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6 (1)

7.5YR 5/6 (2)

NODULES

-Stéritique5

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régologique

Siliceux

.Centirudite

405-473 cm : H 9

-----  
(Structichron1 Oxydon1)1

-10R 3/6

(Pétro<—>Duri).Lapidon4

-Oxydique

Ferroxique

.Centirudite

10R 3/6

NODULES

-(Altérégologique/Oxydique)4

Ferroxique

.Centirudite

2.5YR 4/6 (1)

7.5YR 5/6 (2)

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

NODULES

(Fragi).Lapidon6

-Régologique

Siliceux

.Centirudite

473-550 cm : H 10

-----  
(Structichron1 Oxydon1)1

-10R 3/6

(Pétro<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique

Ferroxique  
.Centirudite  
10R 3/6  
MODULES  
-(Altérégoïquel/oxydique)5  
Ferroxique  
.Centirudite  
2.5YR 4/6 (1)  
7.5YR 5/6 (1)  
MODULES  
-Stéritique  
Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
MODULES

(Fragi).Lapidon  
-Régolique  
Siliceux  
.Centirudite

550-605 cm : H 11

-----  
Isaltérite1  
-7.5YR 5/6

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)3)3  
-10YR 6/3

Structichron3  
-2.5YR 4/6

(Duri<—>Fragi).Lapidon6  
-(Altérégoïquel/Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
10R 4/6  
MODULES

605-717 cm : H 12

-----  
Isaltérite1  
-7.5YR 5/6

(Isaltérite1 (Réducton Leuciton)3)2  
-10YR 6/3

(Isaltérite1 Oxydon1)3  
-7.5R 3/6

Structichron  
-2.5YR 4/6

717-800 cm : H 13

-----  
Isaltérite2

-5YR 5/5

(Isaltérite1 (Leuciton Réducton)1)2  
-10YR 7/3

(Isaltérite1 Oxydon1)3  
-7.5R 3/6

ORTHOAPEXOL leptique // LAPIDON // STRUCTICHRON // STERITE  
LAPIDON // STRUCTICHRON OXYDON // ALTERITE LEUCITON REDUCTON

* *  
*

## II- LES EXPRESSIONS QUANTIFIEES ET GRAPHIQUES DES SOLS

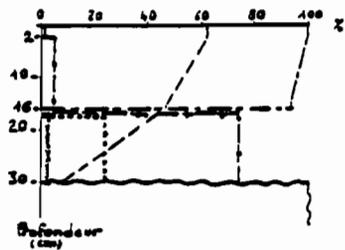
Dans ce paragraphe sont regroupés, pour chaque observation, les valeurs en pour cent de chaque corps naturel élémentaire, le profil structural et une image dessinée de chaque profil.

H1 H2 H3 H4 H5 H6 H7 H8 H9 H10 H11 H12 H13	LAPIDONS											STERITES																								
	(Pétri)-(Pétri Duri). Lapidons (Duri.)							(Fragi)-(Duri Fragi). Lapidons					(Pauci)-(Fragi Pauci). Lapidons				Struchichon Oxidation Struchichon	Humite	Humite Réduction	Résiduen	Leuciton Réduction	Leuciton.	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxyden Struchichron	Oxyden	Struchichon Humite Réduction	Isaltérite	Isaltérite Struchichron	Isaltérite Oxyden	Isaltérite Leuciton Réduction	Isaltérite Struchichron Oxyden	Bioferon	Hydrophaze
	Régolique (Si)	Oxydique (Fe)	Altrégolique Oxydique (Fe)	Sébrique	Oxydique Minifé (Constitutions)	Régolique Si	Oxydique (Fe)	Rouge	Jaune	Régolique Si Oxydique Fe	Oxydique Minifé	Altrégolique Oxydique (Fe)	Rouge	Jaune	Altrégolique	Altrégolique Oxydique (Fe)							Struchichon Oxydique (Fe)	Rouge												
																				38		100														
																				48		96														
												23																								

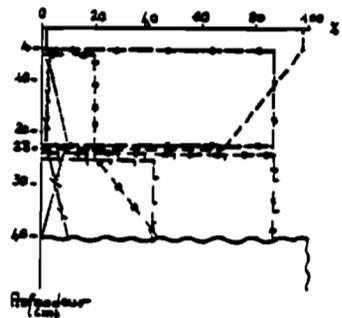
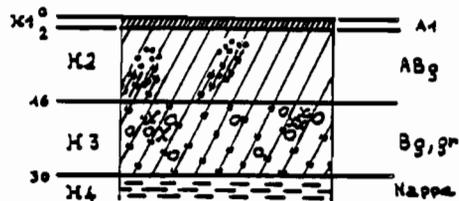
	LAPIDONS														STERITES																												
	(Pétre)-(Pétre Duri). Lapidons (Duri.)								(Fragi)-(Duri Fragi). Lapidons						(Paucl)-(Fragi Paucl). Lapidons																												
	Régolique (Al)		Oxydique (Fe)		Albérégolique Oxydique (Fe)		Sébitique	Oxydique MnFe (combustions)	Régolique Sl	Oxydique (Fe)		Régolique Sl Oxydique Fe	Oxydique MnFe	Albérégolique Oxydique (Fe)	Struchichron Oxydique (Fe)		Sébitique (Paucl Fragi) Sébitite (Fragi)	Sébitite (Paucl Fragi) Sébitite (Pétre Juri) Sébitite (Paucl Fragi) Sébitite Lapidon	Oxydation Lapidon Struchichron	Humite	Humite Réducton	Réducton	Leuciton Réducton	Leuciton	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydation Struchichron	Oxydation	Struchichron Humite Réducton	Isalbérite	Isalbérite Struchichron	Isalbérite Oxydation	Isalbérite Leuciton Réducton	Isalbérite Struchichron Oxydation	Bioferon	Hydrophylac					
	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune				Rouge	Jaune				Rouge	Jaune									Rouge	Jaune													Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	
	H1	3																		97																							
H2	10																		(67)	87	(20)					(4.5)																	
H3	3																				(43.5)	87	(43.5)			(7)																	
H4																																									100		
H5																																											
H6																																											
H7																																											
H8																																											
H9																																											
H10																																											
H11																																											
H12																																											
H13																																											



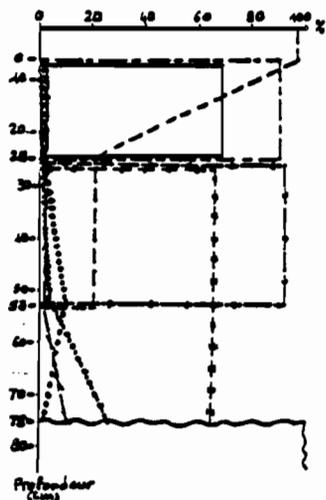
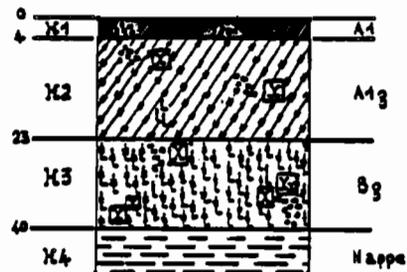




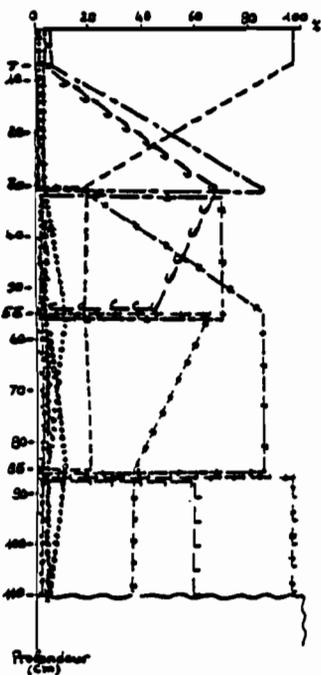
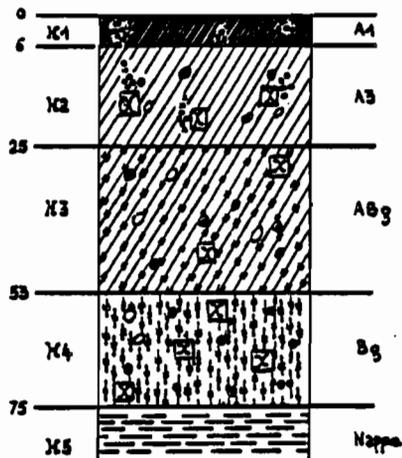
Coupe MAG 1



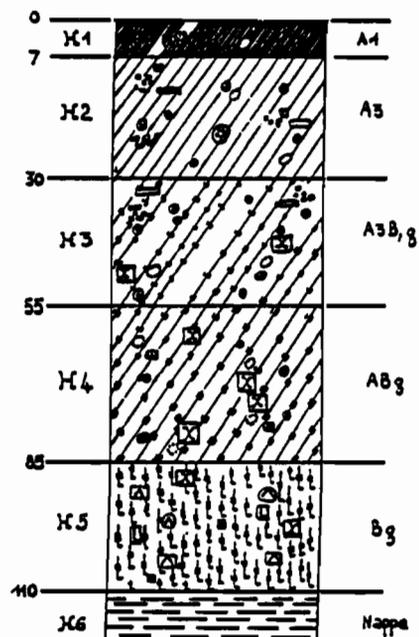
Coupe MAG 2



Coupe MAG 3

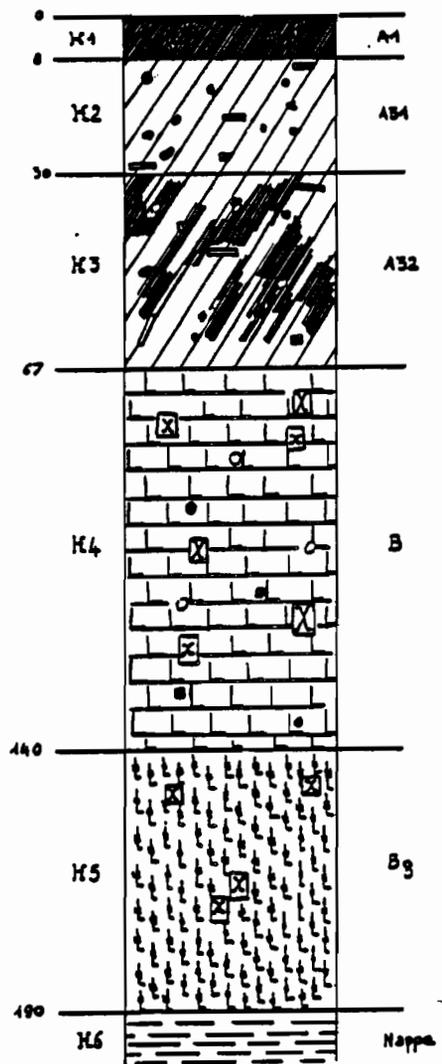
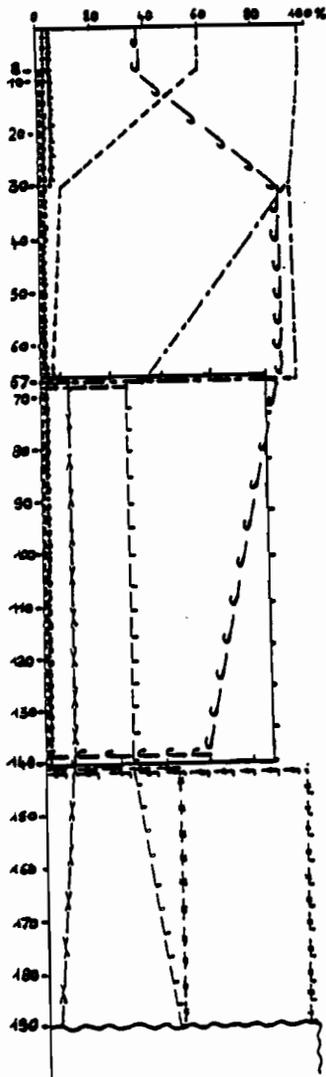


Coupe MAG 4



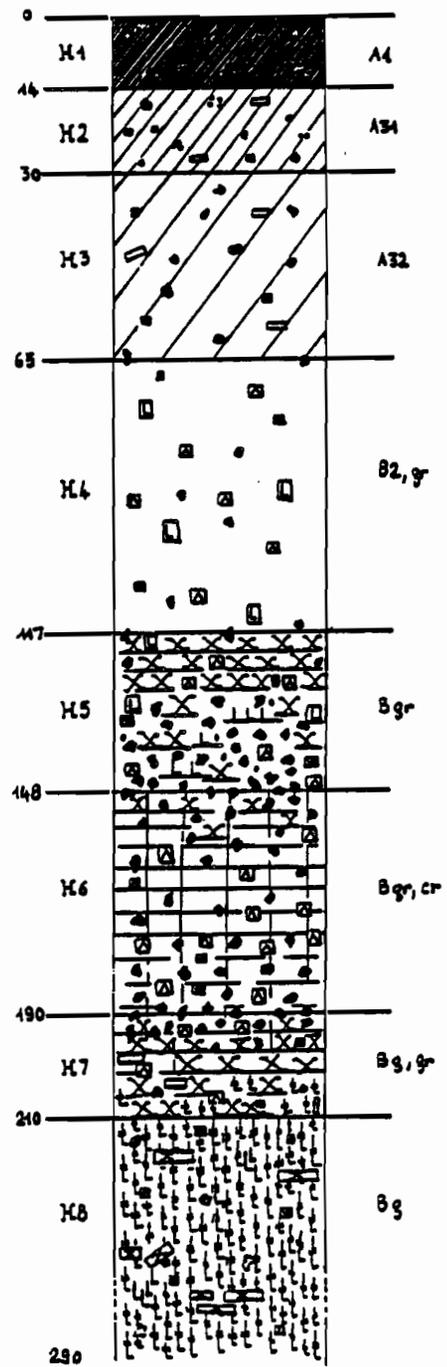
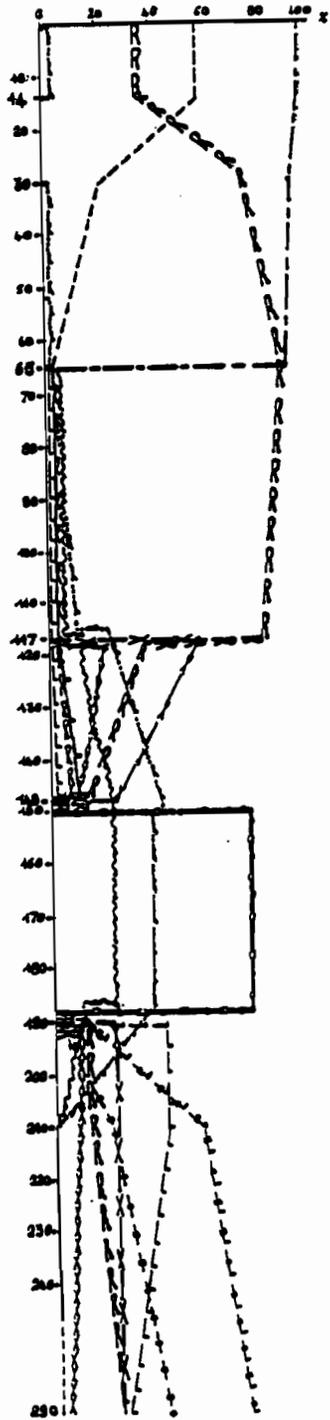
LAPIDONS																	STERITES																																	
(Pétri)·(Pétri Duri). Lapidons (Duri). (Petro)								(Fragl). Lapidons (Duri Fragi).							(Paucl). Lapidons (Fragi Paucl).																																			
Régolique (Sl)		Oxydique (Fe)		Albéroléique Oxydique (Fe)		Stéritique	Oxydique Mn/Fe (Lenticulions)	Régolique Sl	Oxydique (Fe)		Régolique Sl Oxydique Fe	Oxydique Mn/Fe	Albéroléique Oxydique (Fe)	Struchichron Oxydique (Fe)		Rouge	Jaune	Albéroléique	Albéroléique Oxydique (Fe)	Isaltérite (Fragi).	Stérite (Duri Fragi).	Stérite (Pétri Jori).	Stérite (Paucl Fragi).	Lapidon Lapidon	(Paucl). Lapidon Oxydon Struchichron	Humite	Humite Réduction	Réduction	Leuciton Réduction	Leuciton.	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydon Struchichron	Oxydon	Struchichron Humite Réduction	Isaltérite	Isaltérite Struchichron	Isaltérite Oxydon	Isaltérite Leuciton Réduction	Isaltérite Struchichron Oxydon	Bioferon	Hydrophyse						
Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune				Rouge	Jaune				Rouge	Jaune																Rouge	Jaune													Rouge	Jaune	Rouge	Jaune		
H1									2		1														(60)											(37)	97													
H2								1	2		1														(9)										3 (84)	93														
H3			1				1	1			1				1										(6)											(89)	38 97													
H4								1.5			1.5				3													(32)						(60)	84															
H5																												(485)	97	(485)		(2)			10 3	(2)	(1)													
H6																																															100			
H7																																																		
H8																																																		
H9																																																		
H10																																																		
H11																																																		
H12																																																		
H13																																																		

# Coupe MAG 5



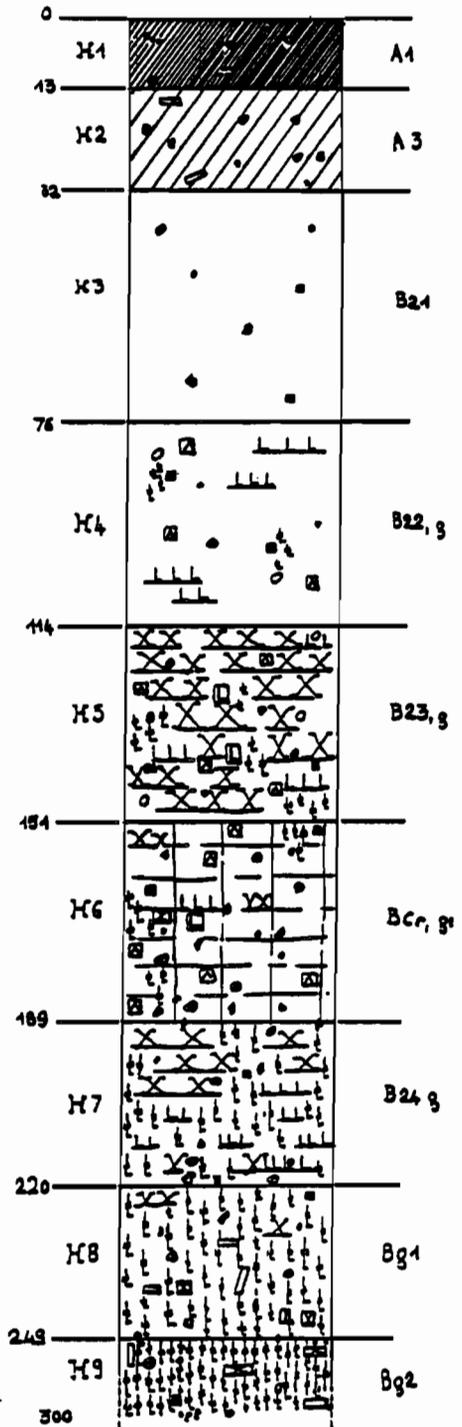
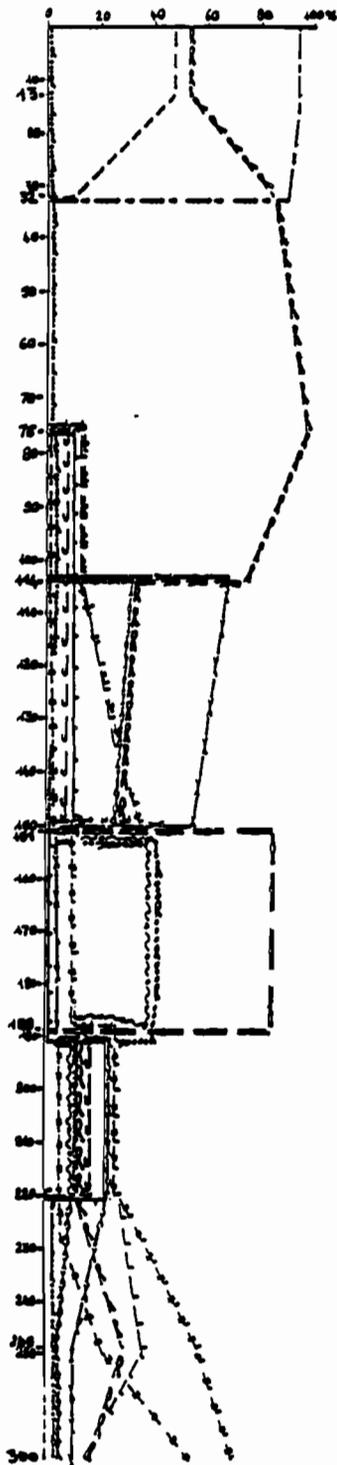
H4	LAPIDONS														STERITES																																								
	(Petro)- (Petro Duri). Lapidons (Durl).						(Fragi)- (Duri Fragi). Lapidons						(Pauci)- (Fragi Pauci). Lapidons					Strechichron		Humitez		Réducton	Leuciton Réducton	Leuciton	Strechichron		Humitez strechichron	Strechichron Leuciton	Oxydon Strechichron	Oxydon	Strechichron Humitez Réducton	Isaltérite	Isaltérite Strechichron	Isaltérite Oxydon	Isaltérite Leuciton Réducton	Isaltérite Strechichron Oxydon	Dioféron	Hydrophysae																	
	Régolique (Si)		Oxydique (Fe)		Albitéropique Oxydique (Fe)		Sbérilitique		Oxydique Mn/Fe (Contributions)		Régolique Si		Oxydique (Fe)		Régolique Si Oxydique Fe		Oxydique Mn/Fe		Albité régolique Oxydique (No)		Strechichron Oxydique (Fe)	(Pauci-Fragi)- Stérilite (Fragi)	(Duri-Fragi)- Stérilite	(Petro Duri)- Stérilite	(Pauci-Fragi)- Stérilite Lapidon	(Pauci)- Lapidon Oxydon Strechichron	Humitez	Humitez Réducton	Réducton	Leuciton Réducton	Leuciton	Rouge	Jaune	Humitez strechichron	Strechichron Leuciton	Oxydon Strechichron	Oxydon	Strechichron Humitez Réducton	Isaltérite	Isaltérite Strechichron	Isaltérite Oxydon	Isaltérite Leuciton Réducton	Isaltérite Strechichron Oxydon	Dioféron	Hydrophysae										
	Aréniq	Rouge	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Régolique	Oxydique	Régolique	Oxydique	Régolique	Oxydique	Régolique	Oxydique	Régolique	Oxydique	Albité	Albité	Albité	Albité	Rouge	Jaune	Albité	Albité	Albité	(Pauci)-	Humitez	Humitez	Réducton	Leuciton	Leuciton	Rouge	Jaune	Humitez	Strechichron	Oxydon	Oxydon	Strechichron	Isaltérite	Isaltérite	Isaltérite	Isaltérite	Isaltérite	Dioféron	Hydrophysae										
	1	3					1		1	3																59					36		95																						
H2	1					1	3																		(21)					3	74		92																						
H3		3				1	3																		(3)					3	87		8																						
H4		10				1				3																		(05)	80			3																							
H5		23 43				1				10 23																		(2)	10 23			10	26 23	(24) (44)																					
H6		(37)				3				23										(37)																																			
H7		38 1				10				10 1																	(4) (24)	10 56	(6) (35)	(14)	10			22	(44)																				
H8						10																1					(41)	66	(25)	(20.5)			23	(25)																					
H9																																																							
H10																																																							
H11																																																							
H12																																																							
H13																																																							

# Coupe MAG 6



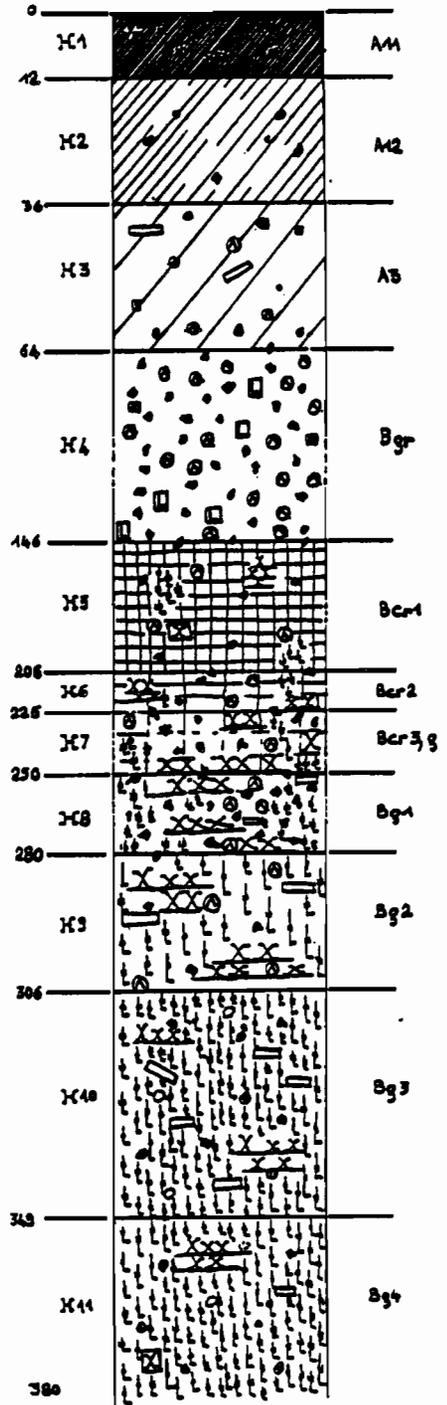
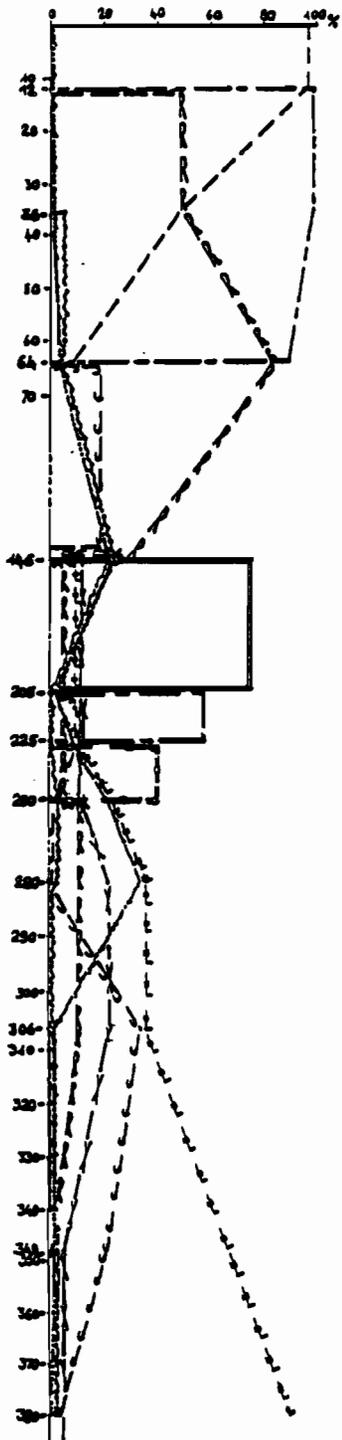
LAPIDONS														STERITES																																									
(Péto-Duri). Lapidons										(Fragi-Duri). Lapidons				(Paucl-Fragi). Lapidons				Strechichron	Humite	Humite Réducton	Réducton	Leuciton Réducton	Leuciton	Strechichron		Humite Strechichron	Strechichron Leuciton	Oxydon Strechichron	Oxydon	Strechichron Humite Réducton	Isaltérite	Isaltérite Strechichron	Isaltérite Oxydon	Isaltérite Leuciton Réducton	Isaltérite Strechichron Oxydon	Bioféron	Hydrophase																		
Régolique (St)		Oxydique (Fe)		Altérogolique Oxydique (Fe)		Sibérique	Oxydique Mn/Fe (Contributions)		Régolique St		Oxydique (Fe)		Régolique St Oxydique Fe		Oxydique Mn/Fe		Altérogolique Oxydique (Fe)		Strechichron Oxydique (Fe)	Rouge	Jaune	Altérogolique	Altérogolique Oxydique (Fe)	(Paucl-Fragi) Stérite (Fragi)	(Duri-Fragi) Stérite	(Péto-Duri) Stérite	(Paucl-Fragi) Stérite Lapidon	(Paucl) Lapidon Oxydon Strechichron	Humite	Humite Réducton	Réducton	Leuciton Réducton	Leuciton	Rouge	Jaune	Humite Strechichron	Strechichron Leuciton	Oxydon Strechichron	Oxydon	Strechichron Humite Réducton	Isaltérite	Isaltérite Strechichron	Isaltérite Oxydon	Isaltérite Leuciton Réducton	Isaltérite Strechichron Oxydon	Bioféron	Hydrophase								
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																														19	20	21	22	23	24	25	26
H1	1		3						1	1																	(47)							(47)		94																			
H2			3						1	3																	(9)						3	(61)		90																			
H3			1						1	1																							97																						
H4			1						1																				(25)	10	(75)	74	(7.5)			10																			
H5			1						1																			(2.5)	10	(8.5)	33.5	(9)		10	67	(33.5)																			
H6			8						1	(38)																		(2.5)	10	(7.8)	(4.5)	(0.7)		1	3	(1.5)																			
H7									8	11.5																		(5.5)	23	(23)	(11.5)	(17.5)		23	23	(11.5)																			
H8									1	4	6																	(5.5)	55	(49.5)	(6)	23				10	(4)																		
H9									1	4	6																	(7)	71	(64.5)	(2)	10	(2.5)		3	10	(1)																		
H10																																																							
H11																																																							
H12																																																							
H13																																																							

# Coupes MAG 7 et MAG 8



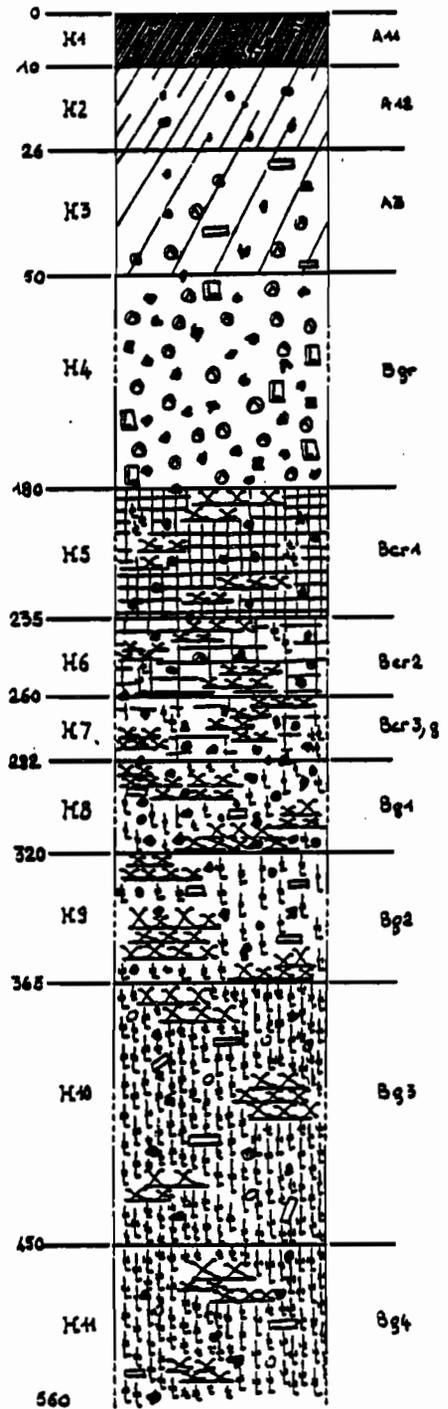
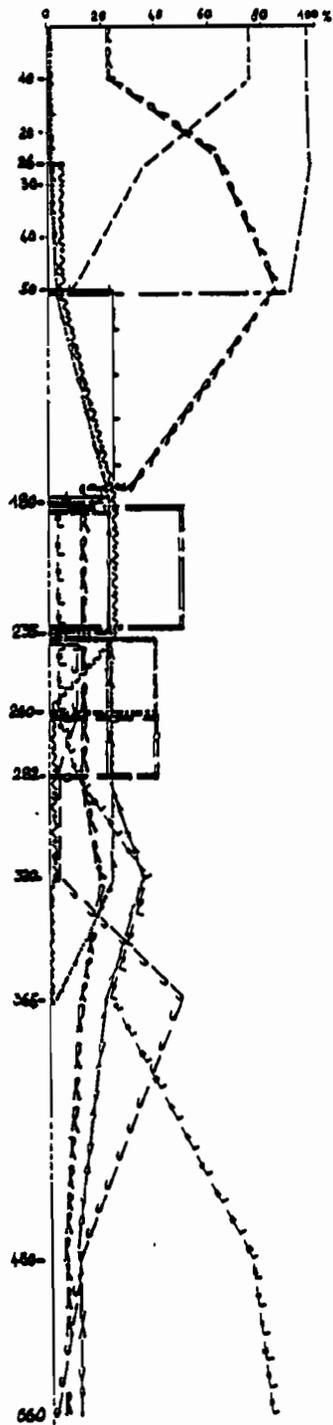
		LAPIDONS												STERITES																																				
		(Pétri)- (Pétri Duri)- Lapidons (Duri)-						(Fragi)- (Duri Fragi)- Lapidons						(Fauci)- (Fragi Fauci)- Lapidons																																				
		Régolique (Si)		Oxydique (Fe)		Alternégolique (Fe)		Sébritique	Oxydique Minffe (Contributions)	Régolique St		Oxydique (Fe)		Régolique St Oxydique Fe	Oxydique Minffe	Alternégolique Oxydique (Fe)	Struchichron Oxydique (Fe)		Sébritique (Fragi)	Sébritique (Pétri Fragi)	Sébritique (Pétri Jun)	Sébritique (Fauci Fragi)- Lapidon	(Fauci)-Lapléam Oxydon Struchichron	Humite	Humite Réduction	Réduction	Leuciton Réduction	Leuciton	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydon Struchichron	Oxydon	Struchichron Humite Réduction	Isalbérite	Isalbérite Struchichron	Isalbérite Oxydon	Isalbérite Leuciton Réduction	Isalbérite Struchichron Oxydon	Bioferon	Hydrophylac								
		Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune			Rouge	Jaune	Rouge	Jaune				Rouge	Jaune											Rouge	Jaune													Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune		
H1	1		1									1										97																												
H2			1									1										47.5 (0.5)					47.5 (2.5)		95																					
H3			3							1												(9)					(81) 3		90																					
H4			23							1																(5)	30	(48)		23																				
H5			3									1															(7.5)	(5)						10	(5)															
H6			10									1									59						(7.5)	(5)	10				10	(5)																
H7			23									3														(5)	23	(18)	(5)	3			10	(5)																
H8			35.5									3														(8)	35.5	(27.5)	(4.5)	3			23	(4.5)																
H9			3									1														(8.5)	36.5	(28)	(4.5)	36.5			23	(4.5)																
H10												3	1													(34.5)	69	(34.5)	(4.5)	23			3	(4.5)																
H11												1	1													(45.5)	94	(45.5)	(4.5)	3			3	(4.5)																
H12																																																		
H13																																																		

# Coupe MAG 9



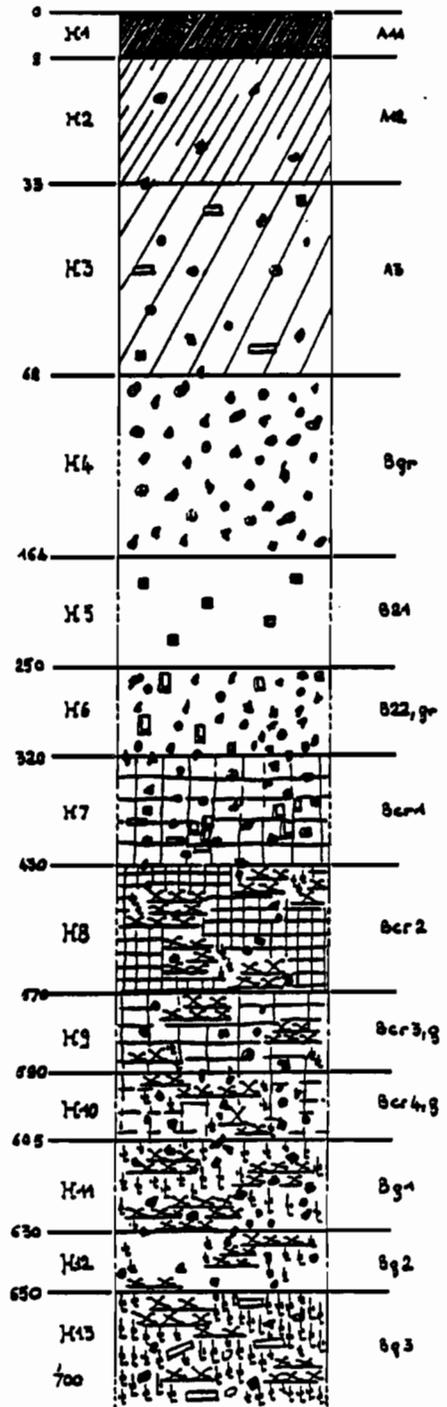
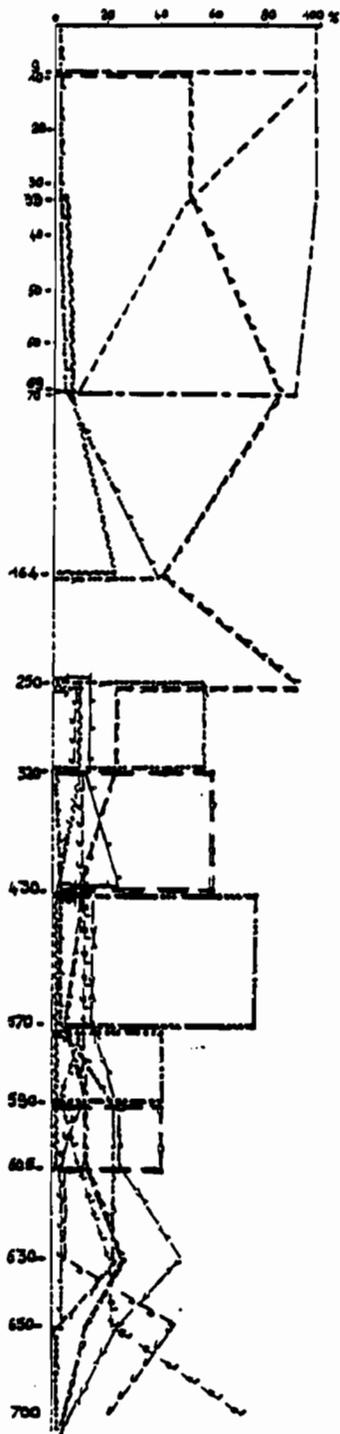
	LAPIDONS																STERITES																																									
	(Péto-)(PétoDuri). Lapidons (Durl-)						(Fragi)- (Duri Fragi). Lapidons						(Paucl)- (Fragi Paucl). Lapidons				Humite Réduction	Réduction	Leuciton Réduction	Leuciton.	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydon Struchichron	Oxydon	Struchichron Humite Réduction	Isaltérite	Isaltérite Struchichron	Isaltérite Oxydon	Isaltérite Leuciton Réduction	Isaltérite Struchichron Oxydon	Bioféron	Hydrophyes																								
	Régolique (Si)		Oxydique (Fe)		Albitrégolique Oxydique (Fe)		Sbitique	Oxydique Mn/Fe (Emchéfions)	Régolique St	Oxydique (Fe)		Régolique St Oxydique Fe	Oxydique Mn/Fe	Albitrégolique Oxydique (Fe)	Struchichron Oxydique (Fe)						Rouge	Jaune													Albitrégolique	Albitrégolique Oxydique (Fe)	(Paucl-Fragi) Stérite (Fragi)	(DuriFragi) Stérite	(Péto Duri) Stérite	(Fragi Fragi) Stérite Lapdon	(Paucl) Lapdon Oxydon Struchichron	Humite	Rouge	Jaune	Struchichron	Humite	Struchichron	Oxydon	Struchichron	Oxydon	Struchichron	Isaltérite	Isaltérite	Isaltérite	Isaltérite	Isaltérite	Bioféron	Hydrophyes
	Aranique	Rodique	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune				Rouge	Jaune				Rouge	Jaune																																										
H1	1		1								1																														(75)									(22)	97							
H2			1																			1				(36)								(59)	95																							
H3			3					1				3													(9)									(84)	90																							
H4			23					1				23																(5)	30	(18)		23																										
H5								1				23																(1)	3	(2)	(45)		23	(45)																								
H6			23									3																(1)	3	(2)	(45)	10	23	(45)																								
H7			23									3								38								(25)	10	(75)	(45)	3	23	(45)																								
H8			23									3																(8)	35.5	(27.5)	(48)	3	35.5	(47.5)																								
H9			3									1																(5)	23	(48)	(45)	50	23	(45)																								
H10			:							3	1									1							(37.5)	75	(37.5)	(5)	10	10	(5)																									
H11										3	1									1							(44)	82	(44)	(5)	3	10	(5)																									
H12																																																										
H13																																																										

# Coupe MAG 10



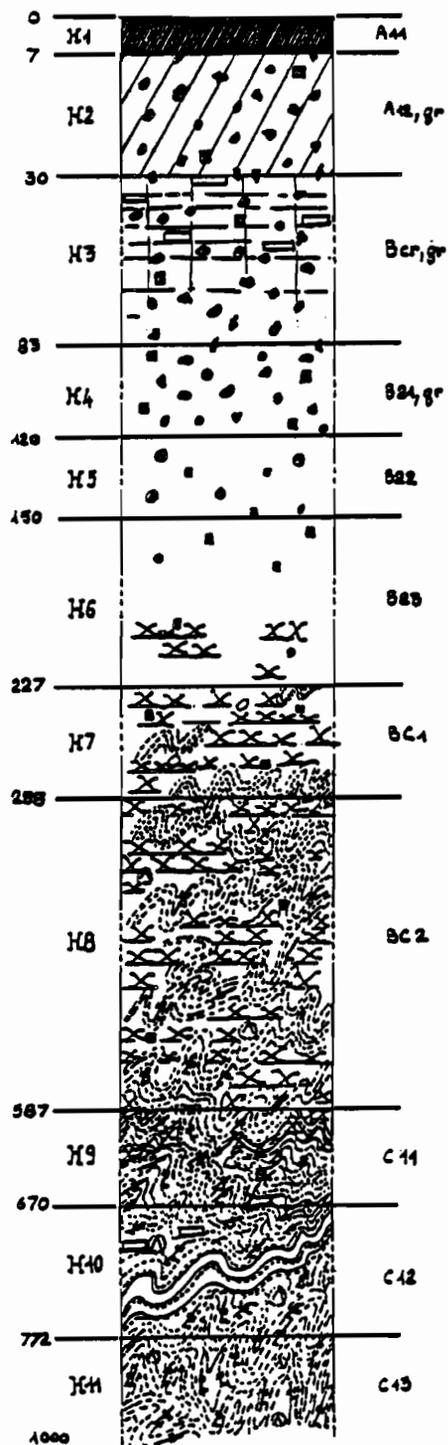
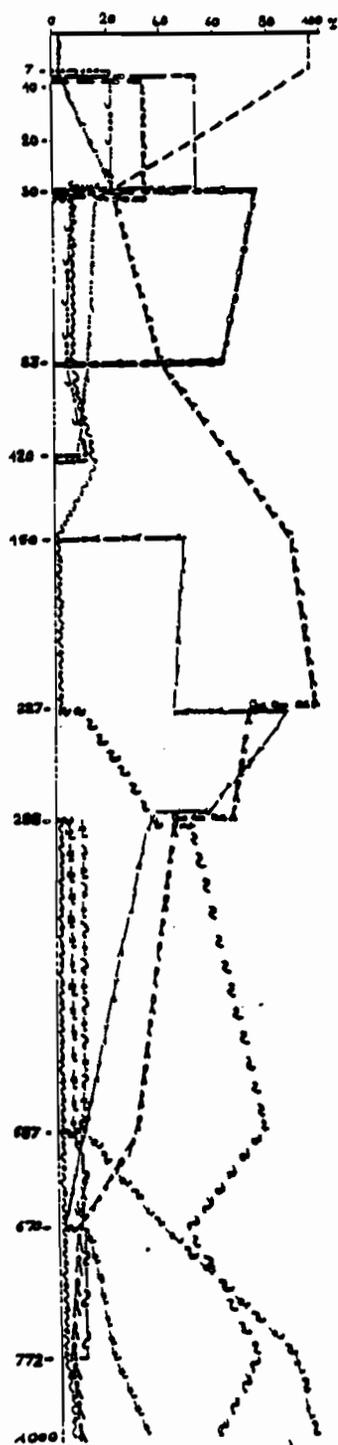
	LAPIDONS															STERITES																													
	(Péto)- (Péto Durt). Lapidons (Durt).					(Fragi)- Lapidons (Durt Fragi).					(Pauci)- Lapidons (Fragi Pauci).					Struchichron	Humite	Humite Réduction	Réduction	Leuciton Réduction	Leuciton	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydon Struchichron	Oxydon	Struchichron Humite Réduction	Isalbérite	Isalbérite Struchichron	Isalbérite Oxydon	Isalbérite Leuciton Réduction	Isalbérite Struchichron Oxydon	Bioferon	Hydrophyse										
	Régolique (Si)		Oxydique (Fe)		Albérolitique Oxydique (Fe)	Séribitique	Oxydique Mnffe (constitutions)	Régolique Sl	Oxydique (Fe)		Régolique Sl Oxydique Fe	Oxydique Mnffe	Albérolitique Oxydique (Fe)	Struchichron Oxydique (Fe)		Albérolitique	Albérolitique Oxydique (Fe)	(Pauci-Fragi) Séribite (Fragi)	(Pauci-Fragi) Séribite (Fragi)	(Réto Jun) Séribite (Fragi)	(Pauci-Fragi) Séribite Lapidon	(Pauci) Lapidon Oxydon Struchichron	Humite	Humite Réduction	Réduction	Leuciton Réduction	Leuciton	Rouge	Jaune	Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydon Struchichron	Oxydon	Struchichron Humite Réduction	Isalbérite	Isalbérite Struchichron	Isalbérite Oxydon	Isalbérite Leuciton Réduction	Isalbérite Struchichron Oxydon	Bioferon	Hydrophyse				
H1	1		1							1												97																							
H2			1																			47.5 (0.5)					47.5 (2.5)		9.5																
H3			3					1														3					3		90																
H4			38.5																								38.5																		
H5								10																				90																	
H6			56		10			1																			(2.5) 23	(7.5)		10															
H7			3		3			1												60								(11.5) 10	(11.5)		23														
H8			3		1																					(2.5)	10	(7.5)	(5)			10	(5)												
H9			23		3																					(0.5)	3	(2.5)	(11.5)	10		23	(11.5)												
H10			23	:	3																					(2.5)	10	(7.5)	(11.5)	3		23	(11.5)												
H11			23	3																						(5)	23	(18)	(24)	3		48	(24)												
H12			3	3																						(11.5)	23	(11.5)	(11.5)	48		23	(11.5)												
H13								1	1													1					(35.5)	71	(35.5)	(11.5)	23		3	(11.5)											

# Coupe MAG 11



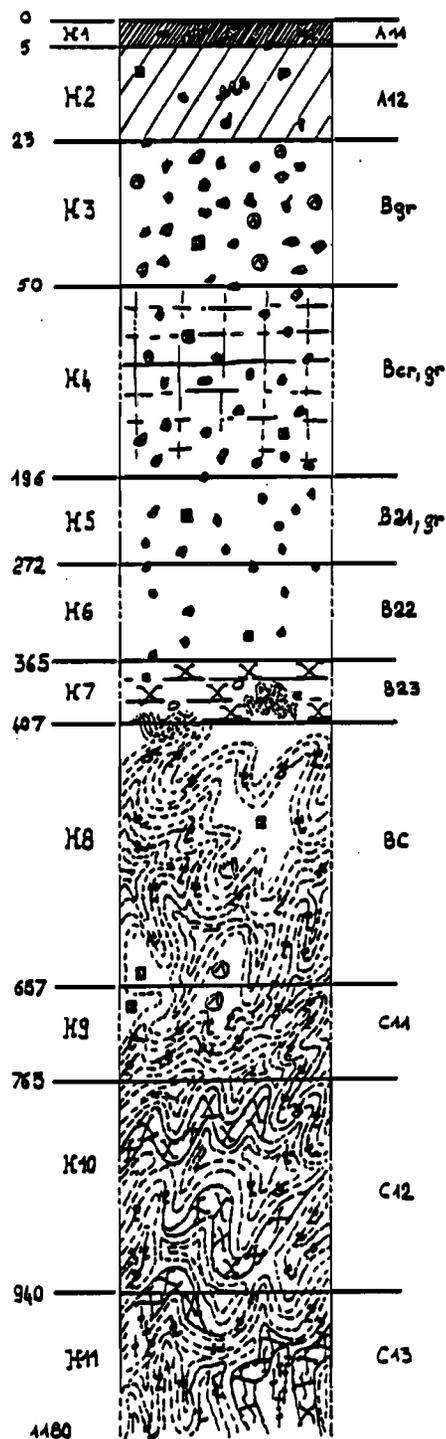
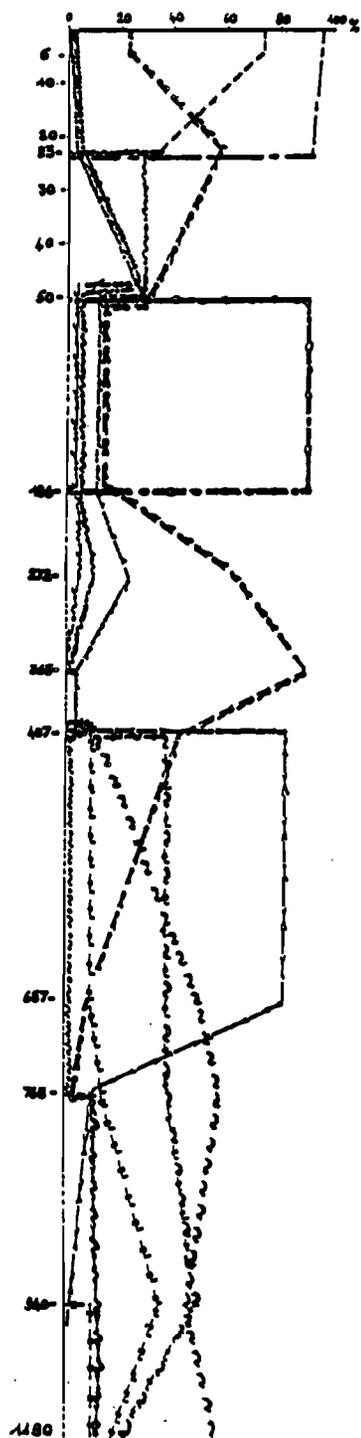
	LAPIDONS													STERITES																																							
	(Pétri)- (Pétri Duri). Lapidons (Duri).						(Fragi)- (Duri Fragi). Lapidons					(Pauci)- (Fragi Pauci). Lapidons																																									
	Régolique (Si)		Oxydique (Fe)		Albérogolique Oxydique (Fe)		Oxydique Mn/Fe (Carnéliens)	Régolique Si	Oxydique (Fe)		Régolique Si Oxydique Fe	Oxydique Mn/Fe	Albé régolique Oxydique (Fe)	Struchichron Oxydique (Fe)		Albé régolique (Fe)	Albé régolique Oxydique (Fe)	Albé régolique (Fe)	Albé régolique Oxydique (Fe)	Struchichron (Fragi)	Struchichron (Duri Fragi)	Struchichron (Pétri Juni)	Struchichron (Fragi Fragi)	Lapidon	Humite	Humite Réducton	Réducton	Leuciton Réducton	Leuciton	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxyden Struchichron	Oxyden	Struchichron Humite Réducton	Isaltérite	Isaltérite Struchichron	Isaltérite Oxyden	Isaltérite Leuciton Réducton	Isaltérite Struchichron Oxyden	Bioferon	Hydrophyse										
	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune			Rouge	Jaune				Rouge	Jaune															Rouge	Jaune													Rouge	Jaune	Rouge	Jaune						
Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune																																						
H1			3																						97																												
H2			23				1	23																		(20)																											
H3			(48) (45)				1	(5,5) (4)																																													
H4			10				3	44,5																																													
H5							3																																														
H6							3 10					1																																									
H7							3						1																																								
H8							1									1																																					
H9							1									1																																					
H10			:													1																																					
H11																																																					
H12																																																					
H13																																																					

# Coupe MAG 12



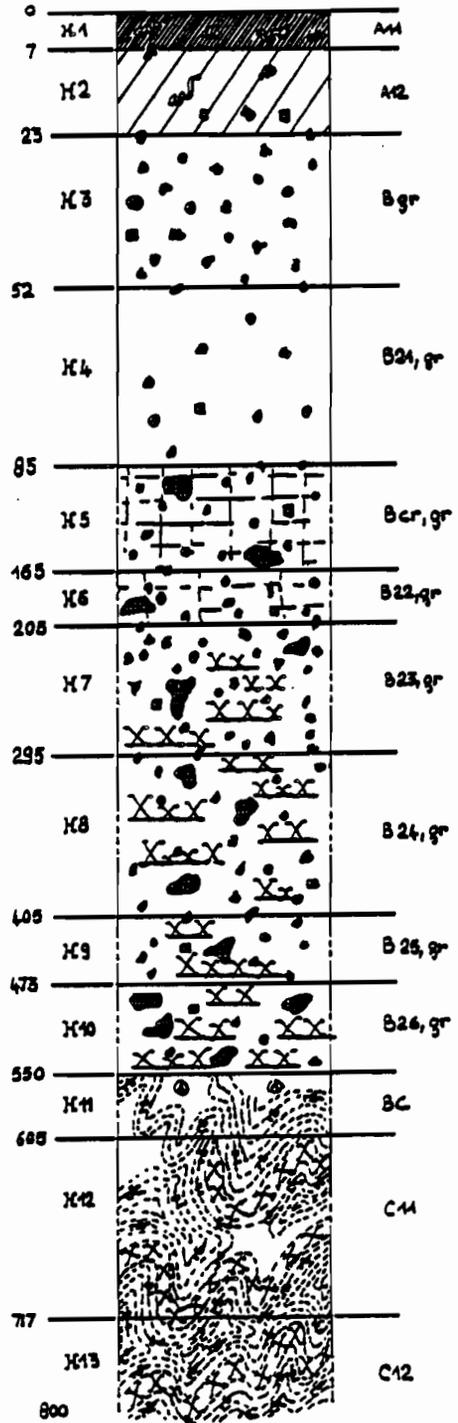
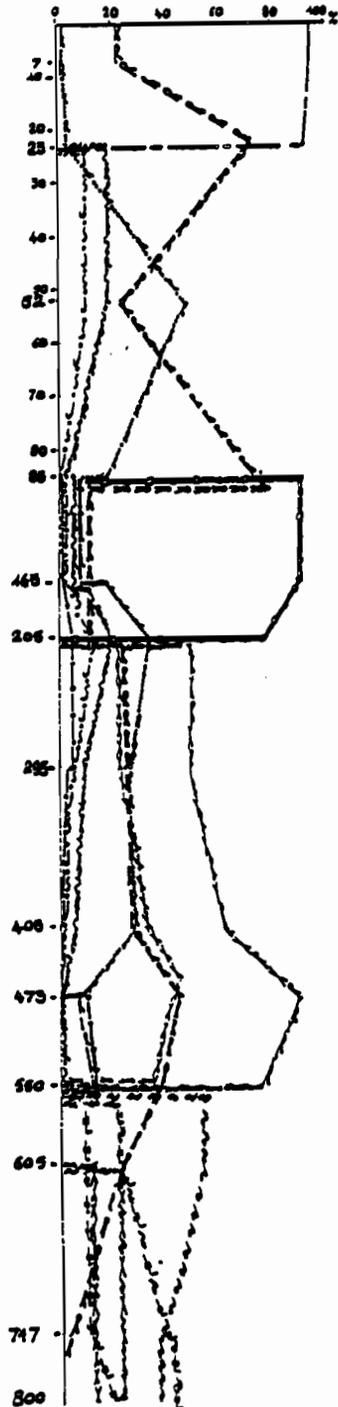
	LAPIDONS														STERITES																																
	(Péto)-(Péto Duri). Lapidons (Duri).						(Fragi)-(Duri Fragi). Lapidons						(Paucl)-(Fragi Paucl). Lapidons																																		
	Régolique (Si)		Oxydique (Fe)		Albérogolique Oxydique (Fe)		Régolique St		Oxydique (Fe)		Régolique St		Albérogolique Oxydique (Fe)		Struchichron Oxydique (Fe)		(Paucl-Fragi)-Sibérite	(Duri-Fragi)-Sibérite	(Péto Juni)-Sibérite	(Paucl-Fragi)-Sibérite Lapidon	(Paucl)-Lapidon Oxydon Struchichron	Humite	Humite Réduction	Réducton	Leuciton Réduction	Leuciton.	Struchichron		Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydon Struchichron	Oxydon	Struchichron Humite Réduction	Isalbérite	Isalbérite Struchichron	Isalbérite Oxydon	Isalbérite Leuciton Réduction	Isalbérite Struchichron Oxydon	Bioferon	Hydrophylae							
	Aréniq	Rodique	Rouge	Jaune	Rouge	Jaune	Sibérite	Oxydique Mn/Fe (Concrétions)	Régolique St	Rouge	Jaune	Régolique St	Oxydique Fe	Oxydique Mn/Fe	Albérogolique Oxydique (Fe)	Rouge	Jaune	Albérogolique	Albérogolique Oxydique (Fe)	(Paucl-Fragi)-Sibérite (Fragi)	(Duri-Fragi)-Sibérite	(Péto Juni)-Sibérite	(Paucl-Fragi)-Sibérite Lapidon	(Paucl)-Lapidon Oxydon Struchichron	Humite	Humite Réduction	Réducton	Leuciton Réduction	Leuciton.	Rouge	Jaune	Humite Struchichron	Struchichron Leuciton	Oxydon Struchichron	Oxydon	Struchichron Humite Réduction	Isalbérite	Isalbérite Struchichron	Isalbérite Oxydon	Isalbérite Leuciton Réduction	Isalbérite Struchichron Oxydon	Bioferon	Hydrophylae				
H1			1							1														(73)					(22)																		
H2			3					1		3														(35)					(57)																		
H3			265		265			1		23																		23																			
H4			(4)		(5)			(4)		(4)									(69)				90					10																			
H5			24		9	5		1																				64																			
H6			6		1.5	1.5		1																				89																			
H7								3							3													(42)					84	(42)			10										
H8								1										1										(9)					10	(5)			50	(29)			38						
H9								1										1										(14)					3	(45)			57	(24)			38						
H10																												(35)								(5)		45	(45)			45					
H11																												10								(5)		57	(40)			10	45				
H12																																															
H13																																															

# Coupe MAG 13





# Coupe MAG 14



**ANNEXE 3**

---

**LES DONNEES DE MORPHOLOGIE DES SOLS**  
**Séquence KORB (Région de Korhogo -**  
**République de Côte d'Ivoire)**



## Séquence KORB

Région de Korhogo -Côte d'Ivoire-

### I- LA DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS

#### COUPE KORB 35.1

2-0 cm : H 1

-----  
(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique3

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

Aérophyse3

0-0,2 cm : H 2

-----  
Dermilite1

-Simple

Continu

0,2-1 cm : H 3

-----  
Bioféron1

-Hunique

Continu

-5YR 3/2

(Péto).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

1-12 cm : H 4

---

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique3

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

-Régolique5

Siliceux

.Centirudite

(Humite1 Structichron3)2

-5YR 3/3

12-33 cm : H 5

---

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique3

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

-Régolique5

Siliceux

.Centirudite

(Structichron1 Humite3)3

-2.5YR 3/4

Bioféron5

-Humique

Tubules

Copropèdes

-5YR 3/2

33-53 cm : H 6

---

(Péto).Lapidon 1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Centirudite  
.Mésorudite  
-Régolique5  
Siliceux  
.Centirudite

**Structichron2**  
-2.5YR 4/8

**Bioféron5**  
-Humique  
Tubules  
Copropèdes  
-5YR 3/3

>53 cm : H 7  
-----

**(Pétro).Stérite1**  
-Oxydique1  
Ferroxique

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON / (Pétro).Stérite

COUPE KORB 35.2

2-0 cm : H 1  
-----

**(Pétro).Lapidon1**  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
MODULES  
-Stéritique3  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite

**Aérophyse3**

0-0.1 cm : H 2  
-----

**Dermilite1**  
-Simple  
Continu

0.1-1 cm : H 3

---

**Bioféron1**

-Humique

Continu

-5YR 3/2

**(Péto).Lapidon4**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

1-8 cm : H 4

---

**(Péto).Lapidon1**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

-Régo1ique

Siliceux

.Centirudite

**(Humitel Structichron3)2**

-5YR 3/3

8-20 cm : H 5

---

**(Péto).Lapidon1**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique3

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

-Régo1ique5

Siliceux

.Centirudite

**(Structichron1 Humite2)3**

-2.5YR 3/4

**Bioféron5**

-Humique

Tubules  
Copropèdes  
-5YR 3/2

20-35 cm : H 6  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
MODULES  
-Stéritique4  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
-Régo1ique5  
Siliceux  
.Centirudite

Structichron2

-2.5YR 4/8

Bioféron5

-Humique  
Tubules  
Copropèdes  
-5YR 3/2

>35 cm : H 7  
-----

(Péto).Stérite

-Oxydique1  
Ferroxique

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON / (Péto).Stérite

COUPE KORB 35.3

25/2-0 cm : H 1  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
MODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite

.Mégarudite

**Aérophyse4**

>0 cm : H 2  
-----

(Pétro).Stérite1  
-Oxydique1  
Ferroxique

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON / (Pétro).Stérite

**COUPE KORB 35.4**

70/5-0 cm : H 1  
-----

(Pétro).Lapidon1  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
.Mégarudite  
.Gigarudite

**Aérophyse1**

0-10 cm : H 2  
-----

Humitel  
-2.5TR 3.5/3

(Pétro).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Stéritique3  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite

(Rhizophyse1 Rhizagé2)4

Bioféron5  
-Humique  
Copropédes  
Tubules  
-2.5TR 3/2

10-23 cm : H 3

---

(Structichron1 Humite3)1

-2.57R 3/5

(Péto).Lapidon2

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

-Régolique5

Siliceux

.Centirudite

Cutanon5

-Ferriargilanes

-Argilanes

(Rhizagé1 Rhizophysel)5

23-49 cm : H 4

---

Structichron1

-10R 4/6

(Péto).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

-Régolique6

Siliceux

.Centirudite

Cutanon5

-Ferriargilanes

-Argilanes

48-87 cm : H 5

---

Structichron1

-10R 4/6

**(Péto).Lapidon4**

**-Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

**-Stéritique5**

Ferroxique

.Mésorudite

**Allotérite5**

**Cutanon5**

**-Ferriargilanes**

**87-130 cm : H 6**

---

**Structichron1**

**-10R 4/6**

**Allotérite2**

**(Pauci).Lapidon4**

**-(Structichronique1 Oxydique1)1**

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

**-10R 4/6**

**ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON // Structichron // ALLOTERITE**

**COUPE KORB 35.5**

**20/2-0 cm : H 11**

---

**(Péto).Lapidon3**

**-Oxydique1**

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

**-Stéritique1**

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

**Aérophyse1**

0-0.1 cm : H 12

---

(Pétero).Lapidon1  
-Régolique1  
  Siliceux  
  .Arénite

Nécrophytion3

0.1-0.15/0.2 cm : H 2

---

Dermilitel  
-Simple  
-Stratifié  
  Continu

0.15/0.2-1/2 cm : H 3

---

Bioféron1  
-Humique  
  Continu  
-5YR 3/3

(Pétero).Lapidon3  
-Oxydique1  
  Ferroxique  
  .Centirudite  
  NODULES

1/2-8/9 cm : H 4

---

Humitel  
-5YR 4.5/3.5

(Pétero).Lapidon3  
-Oxydique1  
  Ferroxique  
  .Centirudite  
  NODULES  
-Régolique4  
  Siliceux  
  .Centirudite

8/9-34 cm : H 5

---

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferrorique

.Centirudite

NODULES

-Régolique4

Siliceux

.Centirudite

(Structichron1 Humite3)2

-2.5YR 4/5

34-67 cm : H 6

---

Structichron1

-2.5YR 4/7

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferrorique

.Centirudite

NODULES

-Régolique3

Siliceux

.Centirudite

67-109 cm : H 7

---

Structichron1

-2.5YR 4/6

(Péto).Lapidon4

-Oxydique1

Ferrorique

.Centirudite

NODULES

-Régolique1

Siliceux

.Centirudite

Allotérite5

109-141 cm : H 8

---

Structichron1

-2.5YR 4/6

Allotérite5—>3

141-170 cm : H 9  
-----

Allotéritel

Structichron3—>5  
-2.5TR 4/6

HUMOAPEXOL Leptique // (PETRO).LAPIDON // Structichron // ALLOTE-  
RITE

COUPE KORB 35.6

15/2-0 cm : H 11  
-----

Aérophysel

(Péto).Lapidon2  
-Oxydique

Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

-Stéritique

Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite

0-0.1 cm : H12  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Régolique

Siliceux  
.Arénite

Nécrophytion3

0.1-0.15 cm : H 2  
-----

Dermilitel

-Simple  
-Stratifié  
Continu

0.15-10 cm : H 3  
-----

Humitel  
-5YR 3/2.5

(Péto).Lapidon4  
-Régolique  
Siliceux  
.Arenite

Rhizophyse3

10-21 cm : H 4  
-----

(Structichron1 Humite2)1  
-2.5YR 3/5

(Péto).Lapidon3  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

Bioféron5  
-Hémique  
Tubules

21-36 cm : H 5  
-----

Structichron1  
-2.5YR 4/6

(Péto).Lapidon3  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

Cutanon5  
-Ferriargilanes

36-59 cm : H 6  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

-Régolique4  
Siliceux  
.Centirudite

Structichron2  
-2.5YR 4/6

Cutanon4  
-Ferriargilanes

59-117 cm : H 7  
-----

Structichron1  
-2.5YR 4/6

(Péto).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
MODULES  
-Régolique2  
Siliceux  
.Centirudite

Cutanon4  
-Ferriargilanes

Allotérite5

117-168 cm : H 8  
-----

Structichron1  
-2.5YR 4/6

Allotérite2

(Pauci).Lapidon4  
-(Structichronique! Oxydique!)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
MODULES

ORTHOAPEXOL Brachique // (PETRO).LAPIDON // Structichron /  
(Structichron altérite)

COUPE KORB 35.7

10/2-0 cm : H 11  
-----

(Pétero).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique3

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

Aérophyse2

Domabion4

0-0.1 cm : H 12  
-----

(Pétero).Lapidon1

-Régolique1

Siliceux

.Arenite

Nécrophytion4

0.1-0.15 cm : H 2  
-----

Dermilitel

-Simple

-Stratifié

Continu

0.15-7 cm : H 3  
-----

Humitel

-2.5YR 3.5/3

(Pétero).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

(Rhizophyse1 Rhizagé2)3

Cutanon6

-Ferriargilanes

**Bioféron6**

-Humique  
Tubules  
-5YR 3/3

7-22 cm : H 4  
-----

(Structichron1 Humite2)1  
-2.5YR 3.5/5

(Péto).Lapidon2  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

(Rhizophyse1 Rhizagé2)4

Cutanon6  
-Ferriargilanes

22-40 cm : H 5  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Réolique4  
Siliceux  
.Centirudite  
.Mésorudite

Structichron2  
-2.5YR 4/7

Cutanon5  
-Ferriargilanes

40-94 cm : H 6  
-----

Structichron1  
-2.5YR 4/7

(Péto).Lapidon4-->6  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

(Duri).Lapidon5  
-(Altéréologique/Oxydique5)1  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES

Cutanon5—>6  
-Ferriargilanes

94-141 cm : H 7  
-----

Structichron1  
-1.5TR 4/7

(Duri).Lapidon4  
-(Altéréologique/Oxydique5)1  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES

(Pauci).Lapidon4  
-(Structichronique/Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

Cutanon4  
-Ferriargilanes

141-200 cm : H 8  
-----

Allotérite1

Structichron1—>4  
-1.5TR 4/7

(Pauci).Lapidon5  
-(Structichronique/Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

ORTHOAPEXOL Leptique // (PETRO).LAPIDON // Structichron // ALLO-  
TERITE

COUPE KORB 35.8

18/2-0 cm : H 11  
-----

Aérophysel

(Pétro).Lapidon2

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique3

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

0-0.1 cm : H 12  
-----

Aérophysel

(Pétro).Lapidon3

-Régolique1

Siliceux

.Arénite

Nécrophytion4

0.1-0.2 cm : H 2  
-----

Dermilitel

-Simple

-Stratifié

Continu

0.2-12 cm : H 3  
-----

Humitel

-2.5YR 3/3

(Rhizophysel Rhizagé2)3

(Pétro).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

Bioféron5

-Humique

Tubules  
-5YR 2.5/3

12-26 cm : H 4  
-----

(Structichron1 Humite3)1  
-2.5YR 3/5

(Péto).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

26-50 cm : H 5  
-----

Structichron1  
-2.5YR 4/6

(Péto).Lapidon2  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Régolique3  
Siliceux  
.Centirudite

Cutanon5  
-Ferriargilanes

50-112 cm : H 6  
-----

Structichron1  
-2.5YR 4/6

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Régolique3  
Siliceux  
.Centirudite

Cutanon5  
-Ferriargilanes

112-216 cm : H 7  
-----

Structichron1

-2.5YR 4/6

(Péto).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Régolique3

Siliceux

.Centirudite

Allotérite5-->3

216-256 cm : H 8  
-----

Allotérite1

Structichron3-->5

-2.5YR 4/6

ORTHOAPEXOL Bathique // ALLOTÉRITE

COUPE KORB 35.9

20/2-0 cm : H 11  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Mésorudite

.Macrorudite

Aérophysel

0-0.5/1 cm : H 12  
-----

Aérophysel

(Péto).Lapidon3

-Régolique1

Siliceux

.Arénite

**Nécrophytion4**

0.5/1-1.1 cm : H 2

---

**Dermilitel**

-Simple  
-Stratifié  
Continu

1.1-9 cm : H 3

---

**Humitel**

-5YR 3/3

**(Pétro).Lapidon4**

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

**Bioféron5**

-Humique  
Tubules  
-5YR 2/2.5

9-17 cm : H 4

---

**(Humitel Structichron1)1**

-5YR 4/3.5

**(Pétro).Lapidon3**

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

**Bioféron5**

-Humique  
Tubules  
-5YR 2/3

17-41 cm : H 5

---

**(Pétro).Lapidon2**

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

-Stérite5  
Ferroxique  
.Mésorudite  
-Régolique4  
Siliceux  
.Centirudite

Structichron2  
-2.5YR 4.5/6

((Péto).Lapidon1 <—> (Péto).Stérite1)3  
-Oxydique1  
Ferroxique

41-103 cm : H 6  
-----

((Péto).Lapidon2 <—> (Fragi).Stérite1)1  
-Oxydique1  
Ferroxique

Structichron4  
-2.5YR 4.5/6

103-158 cm : H 7  
-----

((Pauci<—>Fragi).Stérite1 <—> Allotérite3)1

Structichron3  
-2.5YR 4.5/6

(Péto).Lapidon5  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

158-200 cm : H 8  
-----

((Pauci<—>Fragi).Stérite1 <—> Allotérite1)1

Réducton4  
-10YR 7/1

Structichron5  
-2.5YR 4.5/6

(Péto).Lapidon6  
-Régolique1  
Siliceux  
.Centirudite

ORTHOAPEXOL Leptique // ((PETRO).LAPIDON - (PETRO).STERITE) //  
((Pauci-Fragi).Stérite - Allotérite)

COUPE KORB 35.10

0.5-0 cm : H 1  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Régolique1  
Siliceux  
.Arenite

0-0.2 cm : H 2  
-----

Dermilite1  
-Stratifié  
Continu

0.2-11 cm : H 3  
-----

Humite1  
-5YR 3/2

(Péto).Lapidon5  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NOBULES

Bioféron5  
-Humique  
Tubules  
-5YR 3/2

11-23 cm : H 4  
-----

(Humite1 Structichron1)1  
-5YR 4/4

Cutanon5  
-Ferriargilanes

23-38 cm : H 5  
-----

Structichron1  
-2.5YR 5/6

(Péto).Lapidon4

-Oxydique

Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

Cutanon4

-Ferriargilanes

Bioféron5

-Humique

Tubules

-5YR 3/3

38-60 cm : H 6

-----  
Structichron1

-2.5YR 4.5/8

(Péto).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

Cutanon5

-Ferriargilanes

60-86 cm : H 7

-----  
(Structichron1 <—> (Pauci).Stérite4)1

-2.5YR 4.5/8

(Péto).Lapidon2

-Oxydique1

Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

(Pauci).Lapidon5

-(Oxydique Str(Structichron1) <—> (Pauci).Stérite4)1

Ferroxique

.Centirudite  
NODULES

86-113 cm : H 8

-----  
((Fragi<—>Pauci).Stérite1 <—> (Péto).Lapidon4)1

-Oxydique1

Ferroxique

Structichron4

-2.5YR 4.5/8

(Péto).Lapidon4

-Oxydique

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

113-140 cm : H 9

-----

((Fragi).Stérite1 <—> (Péto).Lapidon4)1

-Oxydique

Ferroxique

ORTHOAPEXOL Brachique // ((FRAGI-DURI).STERITE - (PETRO).LAPIDON)

COUPE KORB 35.11

0.5-0 cm : H 1

-----

(Péto).Lapidon1

-Réolique

Siliceux

.Arénite

0-0.2 cm : H 2

-----

Dermilite1

-Stratifié

Continu

0.2-6 cm : H 3

-----

Humite1

-5YR 3/3

6-13 cm : H 4

-----

(Humite1 Structichron2)1

-5YR 4/4

(Péto).Lapidon5

-Oxydique

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

Bioféron5

-Humique  
Tubules  
-5YR 3/3

13-23 cm : H 5  
-----

(Structichron1 Humite4)1  
-7.5YR 5/6

(Péto).Lapidon4

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Régolique5  
Siliceux  
.Centirudite  
.Mésorudite

23-40 cm : H 6  
-----

Structichron1

-7.5YR 6/6

(Péto).Lapidon2

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Régolique4  
Siliceux  
.Centirudite

>40 cm : H 7  
-----

((Fragi<—>Duri).Stérite1 <—> (Péto).Lapidon4)1

-Oxydique1  
Ferroxique

ORTHOAPEXOL Brachique // ((FRAGI-DURI).STERITE - (PETRO).LAPIDON)

COUPE KORB 35.12

0.2-0 cm : H 1  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Régolique1  
  Siliceux  
  .Arénite

0-0.1 cm : H 2  
-----

Dermilite1  
-Stratifié  
  Continu

0.1-7 cm : H 3  
-----

Humite1  
-5YR 3/3

Bioféron5  
-Humique  
  Tabules  
-5YR 2.5/2

7-15 cm : H 4  
-----

(Humite1 Structichron2)1  
-5YR 4/4

(Péto).Lapidon4  
-Oxydique1  
  Ferroxique  
  .Centirudite  
  NODULES  
-Régolique5  
  Siliceux  
  .Centirudite

15-22 cm : H 5  
-----

(Structichron1 Humite4)1  
-7.5YR 5/6

(Péto).Lapidon4  
-Oxydique1  
  Ferroxique

.Centirudite  
NODULES  
-Régolique4  
Siliceux  
.Centirudite  
.Mésorudite

22-30 cm : H 6  
-----

Structichron1  
-7.5YR 6/6

(Pétro).Lapidon1  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Régolique4  
Siliceux  
.Centirudite

>30 cm : H 7  
-----

((Fragi<—>Duri).Stérite1 <—> (Pétro).Lapidon3)1  
-Oxydique1  
Ferroxique

ORTHOAPEXOL Brachique // ((FRAGI-DURI).STERITE - (PETRO).LAPIDON)

COUPE KORB 35.13

8-0 cm : H 1  
-----

Aérophysel

(Pétro).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Mésorudite

0-20 cm : H 2  
-----

((Duri<—>Fragi).Stérite1 <—> (Pétro).Lapidon4)1  
-Oxydique1

Ferroxique

ANAPEXOL // ((FRAGI-DURI).STERITE - (PETRO).LAPIDON)

COUPE KORB 35.14

4-0 cm : H 1  
-----

Aérophysel

(Pétro).Lapidon3

-Oxydique2

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Mésorudite

0-25 cm : H 2  
-----

((Duri<—>Fragi).Stéritique1 <—> (Pétro).Lapidon4)1

-Oxydique1

Ferroxique

ANAPEXOL // ((FRAGI-DURI).STERITE - (PETRO).LAPIDON)

COUPE KORB 35.15

3-0.2 cm : H 11  
-----

Aérophysel

(Pétro).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

0.2-0 cm : H 12  
-----

Aérophysel

(Pétro).Lapidon2

-Régolique1

Siliceux

.Arénite

0-0.1 cm : H 3

---

**Dermilitel**

- Simple
- Stratifié
- Continu

0.1-8 cm : H 4

---

**Humitel**

- 10YR 3/2

**(Péto).Lapidon2**

- Régoique
- Siliceux
- .Arenite
- Oxydique5
- Ferroxique
- .Centirudite
- NODULES

**Bioféron5**

- Humique
- Tubules
- 10YR 2/2

8-17 cm : H 4

---

**(Humitel Structichron4)1**

- 10YR 3/3

**(Péto).Lapidon5**

- Oxydique
- Ferroxique
- .Centirudite
- NODULES

17-24 cm : H 5

---

**(Humitel Structichron3)1**

- 10YR 4.5/2.5

**(Péto).Lapidon4**

- Oxydique
- Ferroxique
- .Centirudite
- NODULES

24-32 cm : H 6  
-----

(Structichron1 Humite3)1  
-7.5TR 4.5/4

(Péto).Lapidon3  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

>32 cm : H 7  
-----

((Fragi).Stérite1 <—> (Péto).Lapidon3)1.  
-Oxydique  
Ferroxique

ORTHOAPEXOL Brachique // ((FRAGI).STERITE - (PETRO).LAPIDON)

COUPE KORB 35.16

2-0.1 cm : H 11  
-----

Aérophysel

(Péto).Lapidon4  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

0.1-0 cm : H 12  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Régolique  
Siliceux  
.Arénite

0-0.1 cm : H 2  
-----

Dermilitel  
-Simple  
-Stratifié  
Continu

0.1-12 cm : H 3

---

Humitel

-7.5YR 3/2

(Péto).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

Bioféron4

-Humique

Tubules

-10YR 3/2

Réducton3

-5Y 5/1

Oxydon5

-5YR 4/4

12-23 cm : H 4

---

(Humitel Réducton1)1

-7.5YR 3/2

(Péto).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

Bioféron5

-Humique

Tubules

-10YR 3/2

Réducton3

-5Y 5/1

Cutanon6

-Argilanes

-Ferriargilanes

23-69 cm : H 5

---

(Pauci).Stéritel

-Oxydique1

Ferroxique

Réducton3

-5Y 5/1

Oxydon4

-5YR 5/4

Cutanon5

-Argilanes

-Ferriargilanes

69-131 cm : H 6

---

(Pauci<—>Fragi).Stérite1

-Oxydique1

Ferroxique

Réducton3

-5Y 5/1

Oxydon4

-5YR 5/4

Cutanon4

-Argilanes

-Ferriargilanes

Séméton4

-Oxydique

Ferro-manganique

131-180 cm : H 8

---

(Fragi).Stérite1

-Oxydique

Ferroxique

Séméton4

-Oxydique

Ferro-manganique

Cutanon4

-Argilanes

Ferriargilanes

Oxydon5

-5YR 5/4

Réducton5

-5Y 5/1

HUMOAPEXOL Leptique // REDUCTON / (Pauci-Fragi).Stérite - Réducton

COUPE KORB 35.17

4-0.1 cm : H 11

---

Aérophysel

(Pétero).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

0.1-0 cm : H 12

---

Aérophysel

(Pétero).Lapidon1

-Régolique1

Siliceux

.Arénite

0-0.1 cm : H 2

---

Dermilitel

-Simple

-Stratifié

Continu

0.1-25 cm : H 3

---

Humitel

-10YR 3/2

(Pétero).Lapidon2

-Régolique1

Siliceux

.Arénite

Bioféron4

-Humique

Tubules

-10YR 3/3

Oxydon6

-5YR 5/6

25-41 cm : H 4  
-----

(Humitel Structichron1)1  
-10YR 4/2

(Pétro).Lapidon5  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

(Pauci).Lapidon5—>3  
-(Structichronique1 Oxydique)1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

Bioféron6  
-Humique  
Tubule  
-10YR 3/2

41-57 cm : H 5  
-----

(Structichron1 Humite2)1  
-10YR 5/3

(Pauci<—>Fragi).Lapidon3  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

(Pétro).Lapidon5.  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES

Réducton3  
-5Y 5/1

Bioféron6  
-Humique  
Tubules  
-10YR 3/2

57-97/105 cm : H 6  
-----

(Pauci).Stéritel  
-Oxydique

Ferroxique

Réducton4

-5Y 5/1

(Humitel Leuciton1)4

-10YR 6.5/2

Bioféron5

-Humique

Tubules

-10YR 3/2

(Pétro<—>Duri).Lapidon5

-Oxydique1

Ferro-manganique

.Centirudite

CONCRETIONS

(Pétro).Lapidon5

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

97/105-115 cm : H 7

---

Réducton1

-5Y 5/1

(Pétro<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

Ferro-manganique

.Centirudite

CONCRETIONS

(Pétro).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Régolique5

Siliceux

.Centirudite

115-167 cm : H 8

---

(Pauci<—>Fragi).Stéritel

-Oxydique

Ferroxique

**Réducton3**

-5Y 5/1

**(Pétro<—>Duri).Lapidon4**

-Oxydique1

Ferro-manganique

.Centirudite

CONCRETIONS

**(Pétro).Lapidon5**

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Régo1ique1

Siliceux

.Centirudite

**Oxydon6**

-5YR 5/6

176-200 cm : H 9

**Réducton2**

-5Y 5/1

**Oxydon2**

-5YR 5/6 - 2.5YR 4/6

**Leuciton3**

-10YR 8/2

**Bioféron4**

-Humique

Tubuies

-10YR 4/2

ORTHOAPEXOL Brachique // (PAUCI).STERITE / Réducton / (Pauci-Fragi).Stérite // (Leuciton Oxydon Réducton)

**COUPE KORB 35.18**

0-0.1 cm : H 1

**Dermilitel**

-Simple

Continu

0.1-2 cm : H 2

-----  
Bioféron1

-Humique

Continu

-10YR 4/3

Nécrophytion1

2-4 cm : H 3

-----  
Humitel

-10YR 4.5/2

Nécrophytion1

Bioféron5

-Humique

Tubules

Copropèdes

-10YR 4/3

Oxydon5

-5YR 6/6

4-11 cm : H 4

-----  
Humitel

-10YR 4.5/2

Oxydon3

-5YR 6/6

Nécrophytion5

Bioféron5

-Humique

Tubules

-10YR 4/3

11-34 cm : H 5

-----  
(Humitel Réducton2)1

-10YR 3.5/1

Oxydon4

-5YR 5.5/6 - 7.5YR 4.5/4

Cutanon5  
-Ferriargilanes  
-Argilanes

34-35 cm : H 6  
-----

Réducton1  
-H4/

Oxydon3  
-7.5YR 5.5/5

(Pétro<—>Duri).Lapidon4  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Centirudite  
CONCRETIONS

35-80 cm : H 7  
-----

Réducton1  
-H4/

Oxydon3  
-7.5YR 5.5/5

(Pétro<—>Duri).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferro-manganique  
.Arénite  
CONCRETIONS

(Pétro).Lapidon5  
-Régolique1  
Siiceux  
.Arénite

Cutanon6  
-Ferriargilanes  
-Argilanes

80-110 cm : H 8  
-----

Réducton2  
-H5.5/

Oxydon2  
-7.5YR 5/8

(Péto<—>Duri).Lapidon4

-Oxydique1

+Ferro-manganique1

.Centirudite

CONCRETIONS

+Ferroxique1

.Centirudite

NODULES

(Réducton1 Humite2)4

-10YR 4/1

Cutanon5

-Ferriargilanes

-Argilanes

110-173 cm : H 9

-----

Réducton1

-15.5/

Oxydon3

-7.5YR 5/8

(Péto<—>Duri).Lapidon3

-Oxydique1

+Ferro-manganique1

.Centirudite

CONCRETIONS

+Ferroxique1

.Centirudite

NODULES

Cutanon5

-Ferriargilanes

-Argilanes

HUMOAPEXOL Brachique // REDUCTON

* *

*



## II- LES EXPRESSIONS QUANTIFIEES ET GRAPHIQUES DES SOLS

Dans ce paragraphe sont regroupés, pour chaque observation, les valeurs en pour cent de chaque corps naturel élémentaire, le profil structural et une image dessinée de chaque profil.



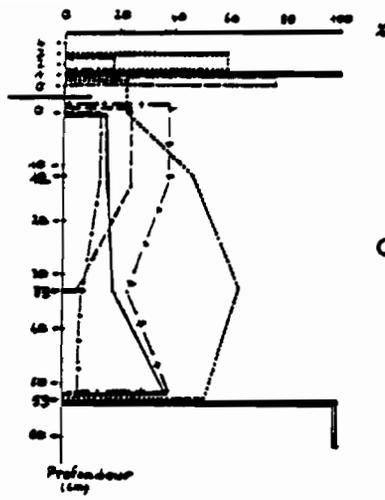
Les Corps Naturels Élémentaires : EXPRESSION QUANTITATIVE (%)

COUPE KORB 35. 2

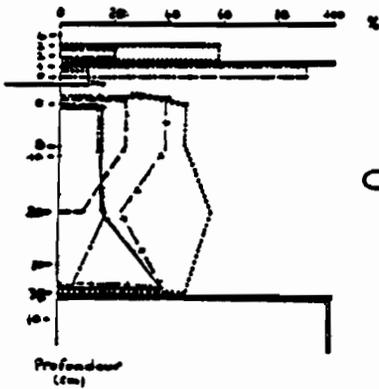
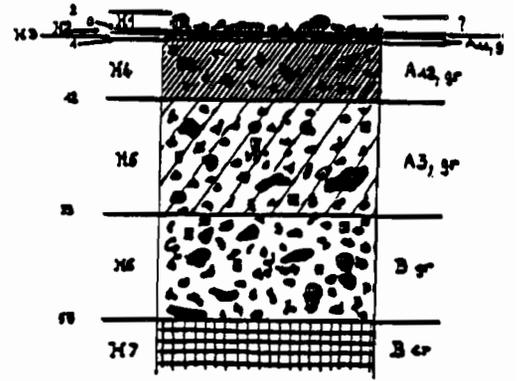
	LAPIDONS						STÉRITES																										
	(Pétero).Lapidon			(Pétero)uril Lapidon			Humite	Humite Leuciton	Leuciton	Réducton	Réducton Humite	Structichron	Structichron Humite	Oxydon	Allobérite	Dermilite	Bioféron	Cutanon	Séméton	Nécrophyton	Rhizophyse Rhizagé	Domaïlon	Aérophyse										
	Oxydique.Fe	Stérite	Régolique		Oxydique.Fe Nodules	Oxydique.Mn/Fe Constéctions																		Duri).Lapidon altérégolique	(Fauci) Fragil).Lapidon oxydique (Fe)	(Fauci).Lapidon struchromique.Fe	(Fauci).Stérite	(Fauci).Stérite Structichron	(Fauci) Fragil).Stérite	(Fauci) Fragil).Stérite Allobérite	(Fauci) Fragil).Stérite (Pétero).Lapidon	(Fragil).Stérite	(Fragil).Stérite (Pétero).Lapidon
			Arénique	Rudique																													
H1 1	59	18																															
H1 2																																	
H2																100																	
H3	10																																
H4	46	14		2											(24)																		
H5	55	17		2											(9)																		
H6	47	6		6																													
H7																																	
H8																100																	
H9																																	
																										23							



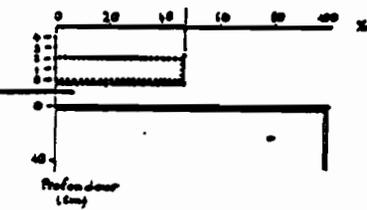
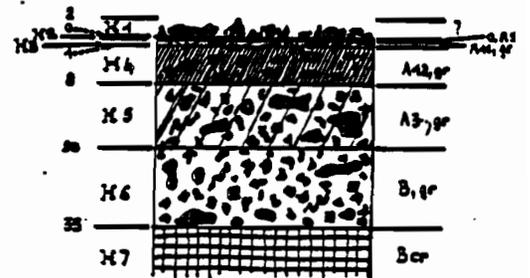




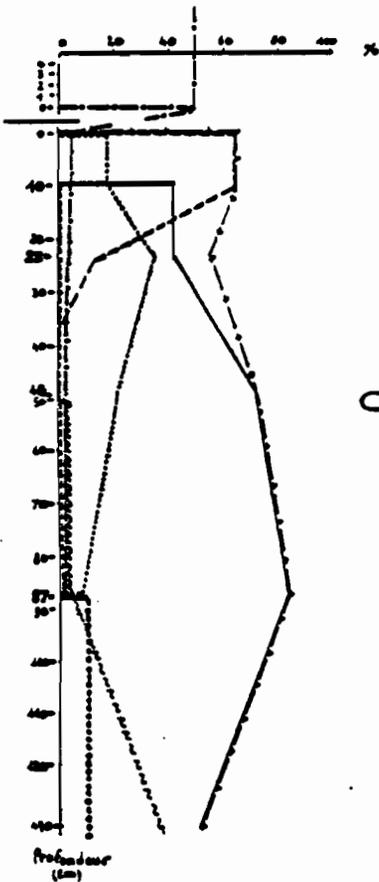
Coupe KORB 35.1



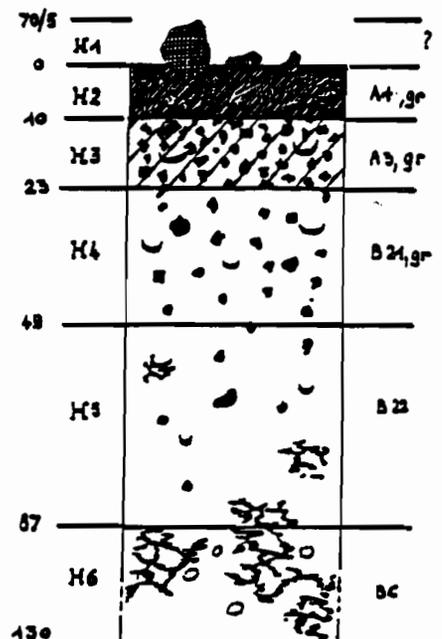
Coupe KORB 35.2



Coupe KORB 35.3

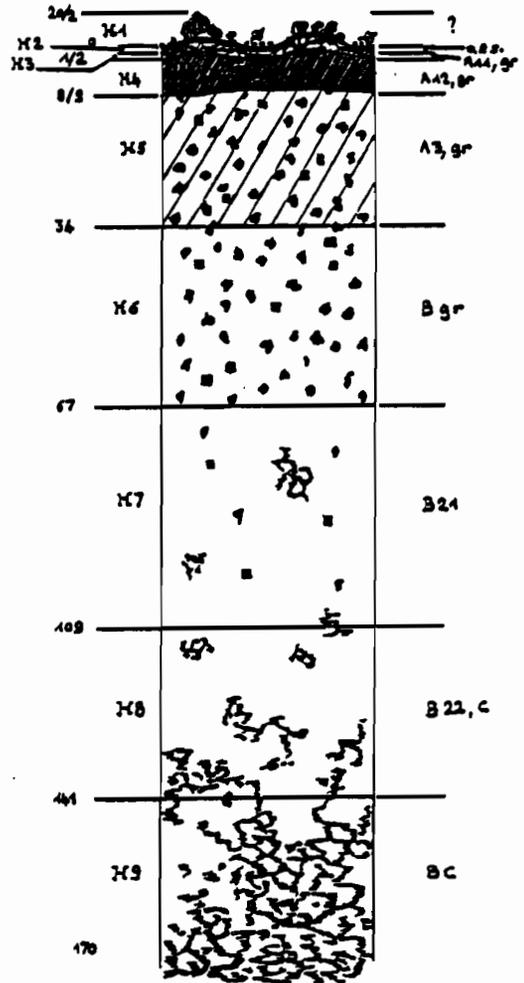
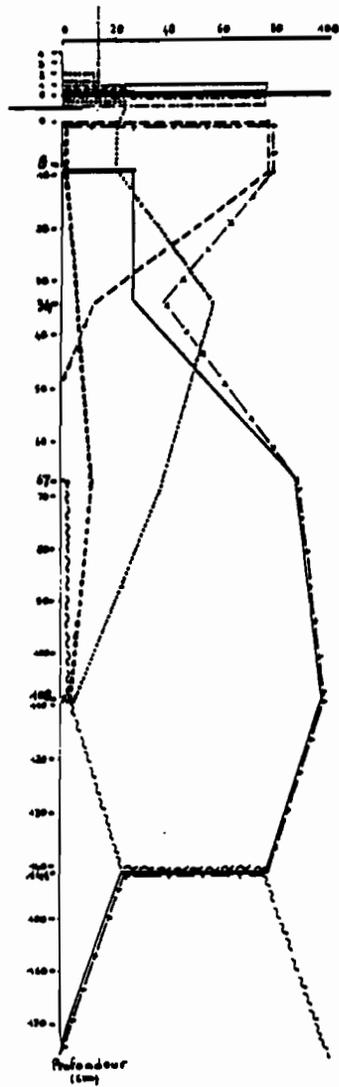


Coupe KORB 35.4





# Coupe KORB 35.5



Les Corps Naturels Élémentaires : EXPRESSION QUANTITATIVE (%)

COUPE KORB 35.6

135

	LAPIDONS							STÉRITES																										
	(Péto).Lapidon			(Péto).Lap. Lapidon				Humite	Humite Leuciton	Leuciton	Réduction	Réduction Humite	Struchichron	Struchichron Humite	Oxydon	Allobérite	Dermilite	Bioféron	Cutanon	Séméton	Nécrophyton	Rhizophyse Rhizaga	Domabion	Aérophyse										
	Oxydique-Fe	Stéribique	Régolique		Oxydique-Fe Nodules	Oxydique-Mn/Fe Concrétions	(Duri).Lapidon altéré régolique																		(Péto).Lapidon oxydique (Fe)	(Péto).Lapidon Struchichromique-Fe	(Péto).Stérite	(Péto).Stérite Struchichron	(Péto).Stérite	(Péto).Stérite Allobérite	(Péto).Stérite Lapidon	(Péto).Stérite Lapidon	(Péto).Stérite	(Péto).Stérite Lapidon
			Arénique	Rudique																														
H1 ₁	49	19																																
H1 ₂			77																	23														
H2																																		
H3			10																															
H4	23																																	
H5	23																																	
H6	47		5																															
H7	14		9																															
H8								10																										
H9																																		

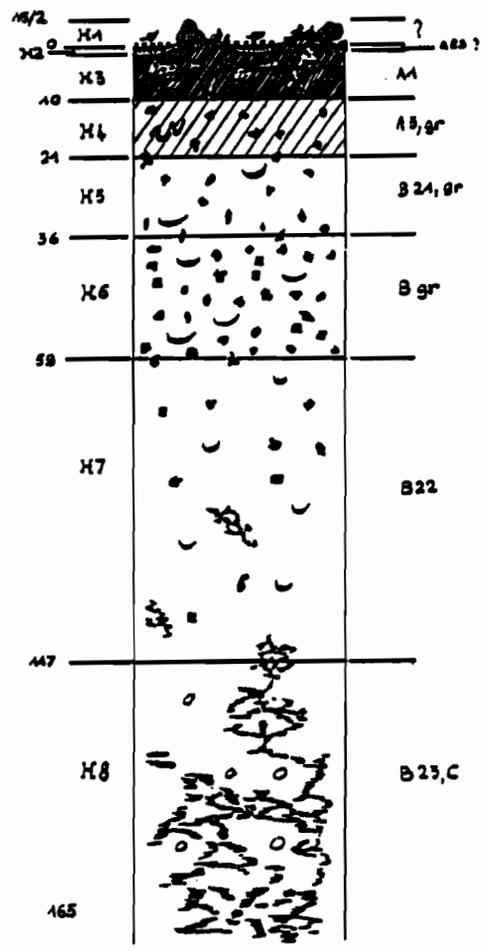
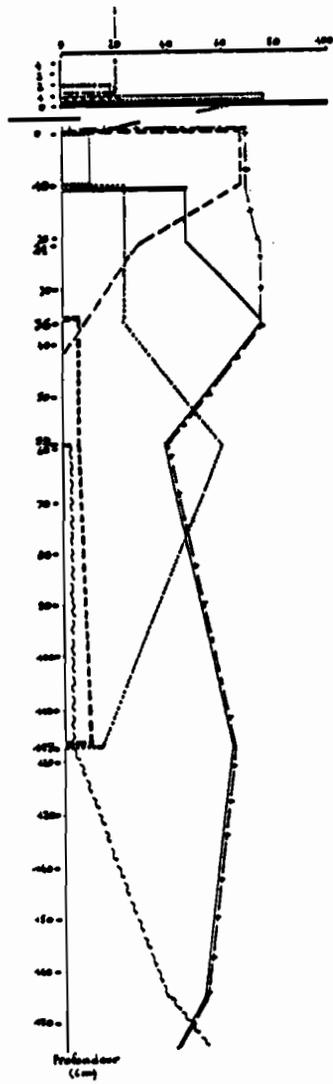
62

67  
(28)

74

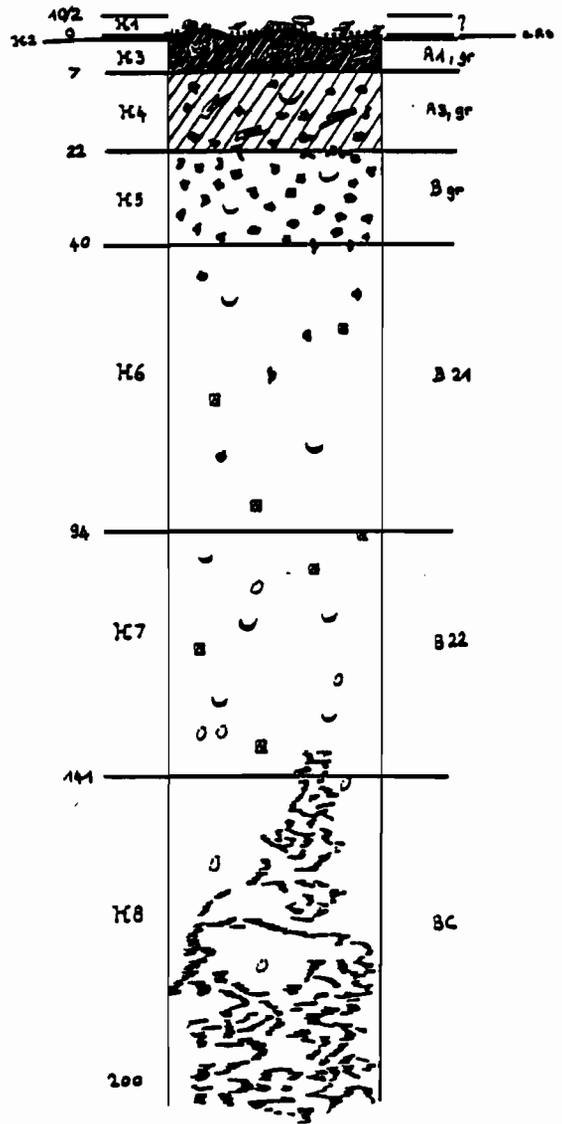
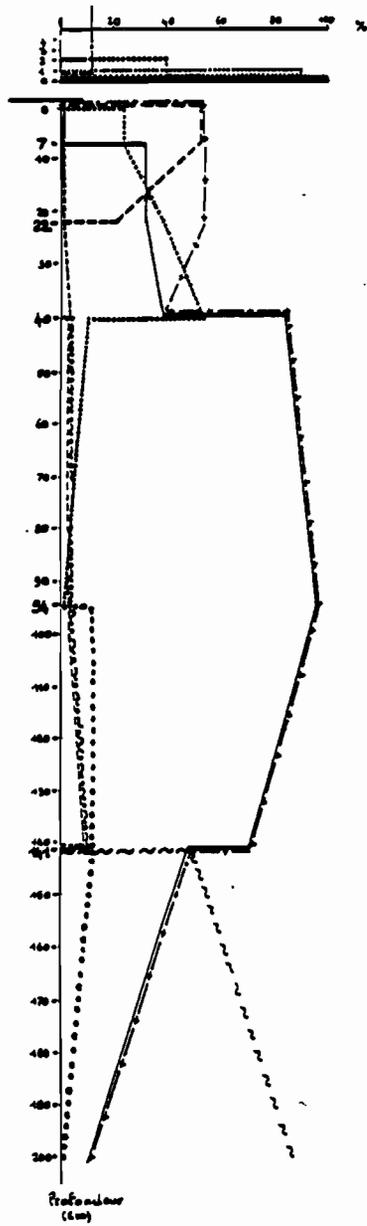
38

# Coupe KORB 35.6



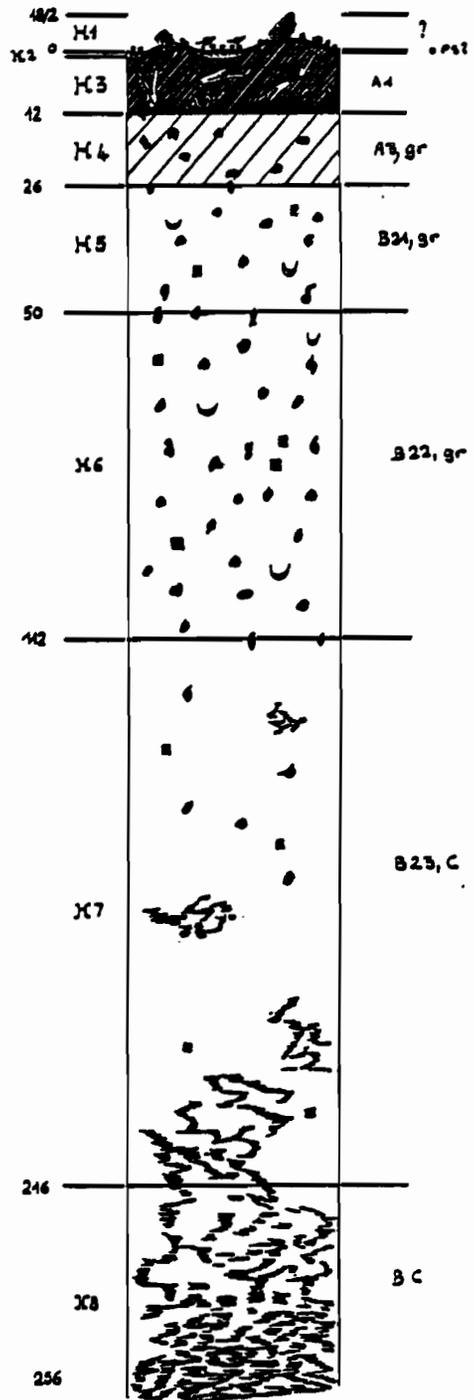
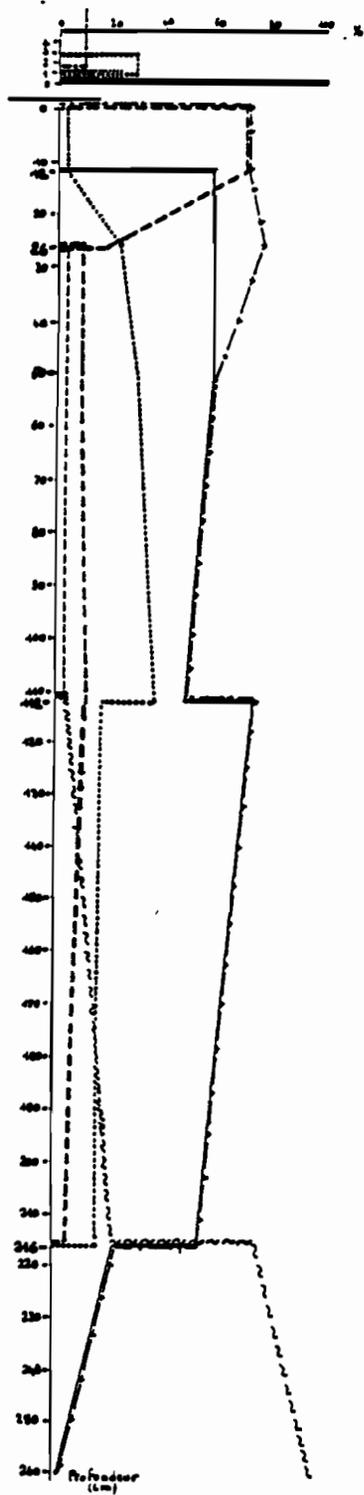


# Coupe KORB 35.7



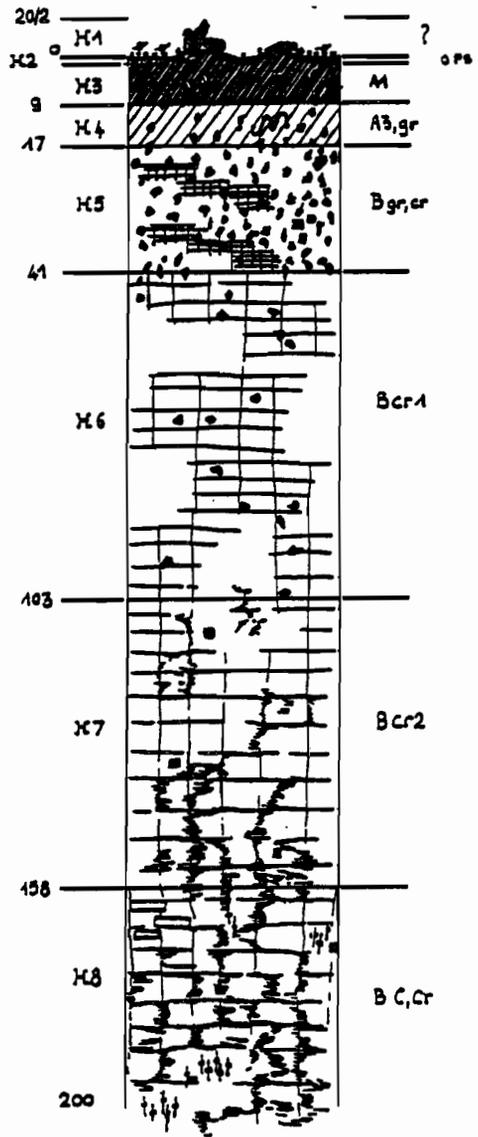
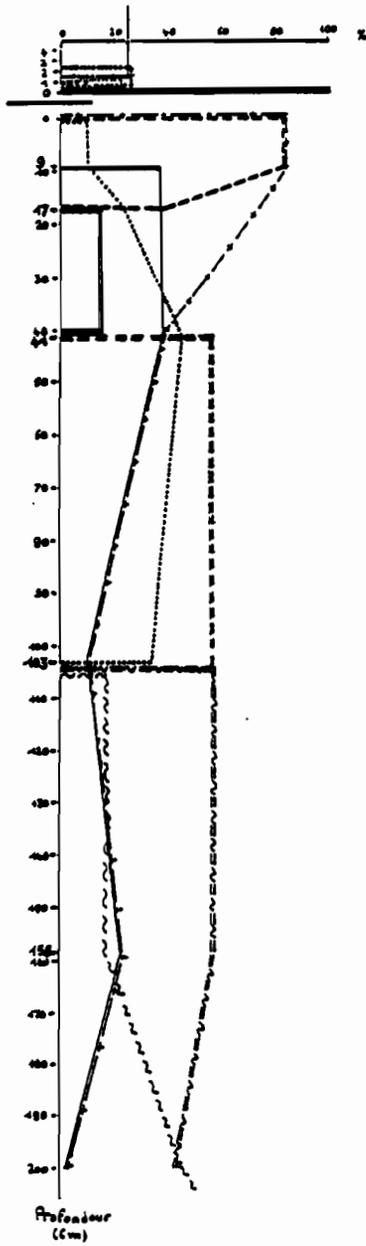


# Coupe KORB 35.8





# Coupe KORB 35.9

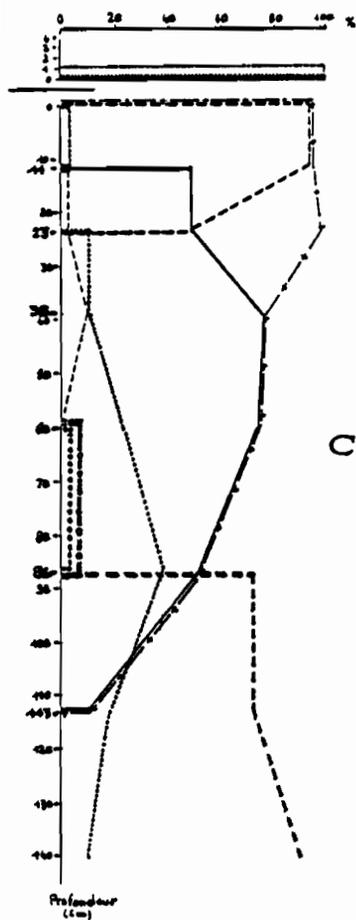




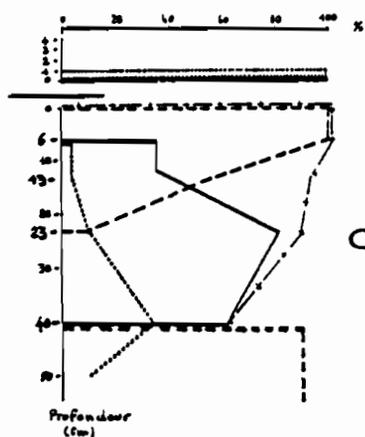
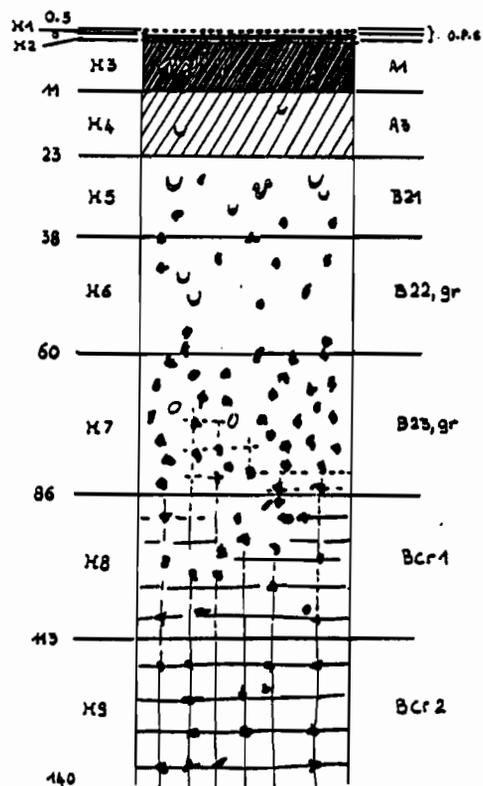
Les Corps Naturels Élémentaires : EXPRESSION QUANTITATIVE (%)

COUPE KORB 35. 11

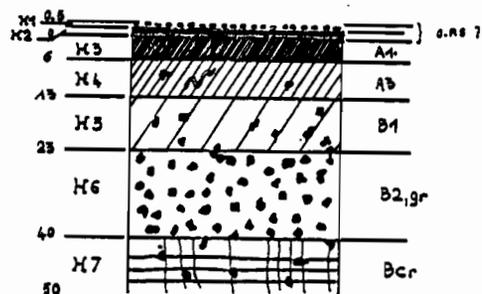
	LAPIDONS						STÉRITES																																
	(Pétero).Lapidon				(Pétero).Lapidon																																		
	Oxydique.Fe	Stéritique	Arénique	Rudique	Oxydique.Fe Nodules	Oxydique.Mn/Fe Concrétions	(Duri).Lapidon altéré/éolique	(Pauç) Frag).Lapidon	(Pauç).Lapidon struchchromique.	(Pauç).stéríte	(Pauç).stéríte struchichron	(Pauç) Frag).stéríte	(Pauç) Frag).stéríte Allobéríte	(Pauç) Frag).stéríte (Pétero).Lapidon	(Frag).stéríte	(Frag).stéríte (Pétero).Lapidon	(Duri) Frag).stéríte (Pétero).Lapidon	(Pétero).stéríte	(Pétero).stéríte (Pétero).Lapidon	Humite	Humite Leuciton	Leuciton	Réducton	Réducton Humite	Struchichron	struchichron Humite	Oxydon	Allotéríte	Dermilite	Bioféron	Cutanon	Séméton	Nécrophytion	Rhizophyse Rhizaga	Domabion	Aérophyse			
H1 ₁			100																																				
H1 ₂																																							
H2																												100											
H3																																							
H4	3																				100																		
H5	9.5			0.5																	(58)				(36)	<u>94</u>				3									
H6	34			4																	(9)				(84)	<u>90</u>													
H7 (40)																									62														
H8																																							
H9																																							



Coupe KORB 35.10



Coupe KORB 35.11

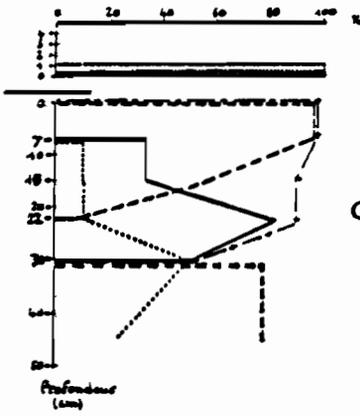




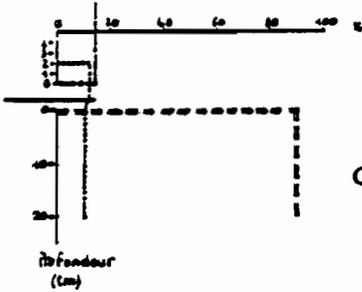
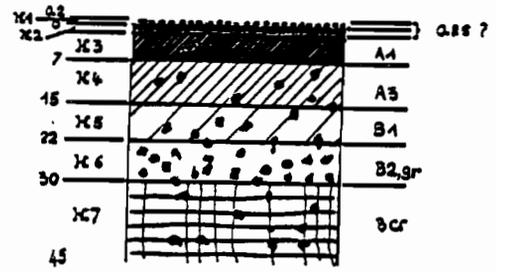




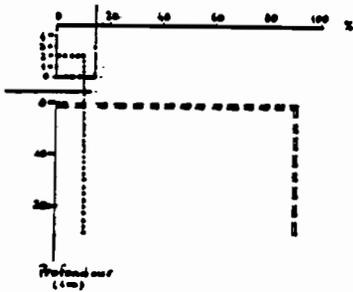




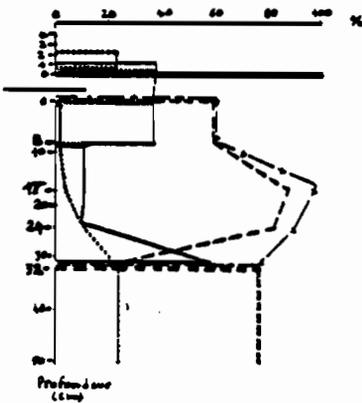
Coupe KORB 35.12



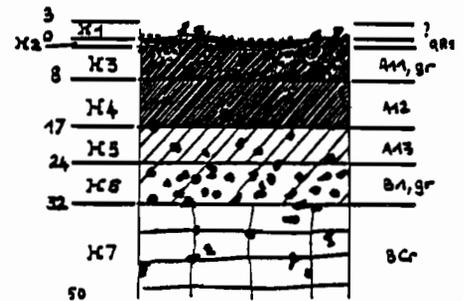
Coupe KORB 35.13



Coupe KORB 35.14

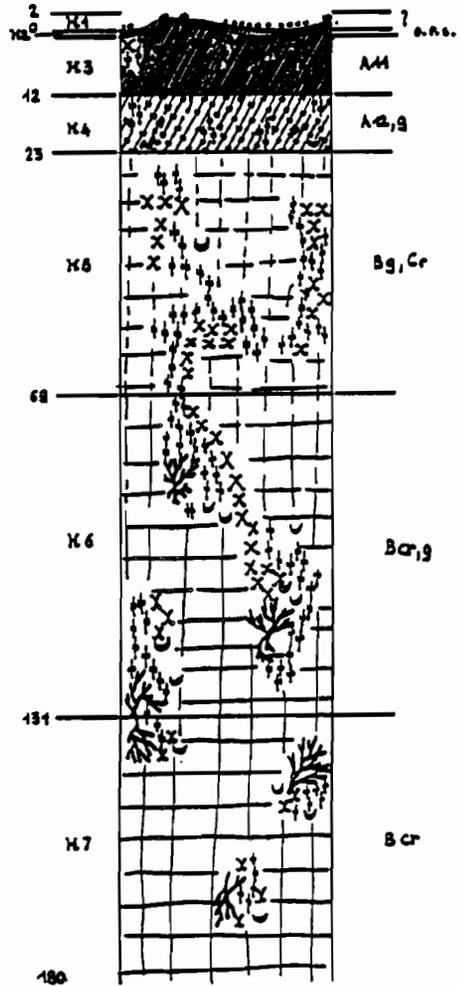
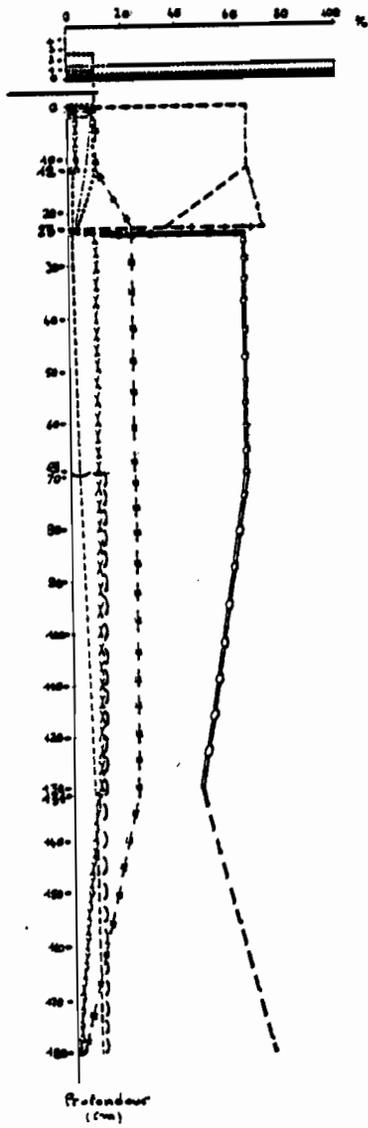


Coupe KORB 35.15



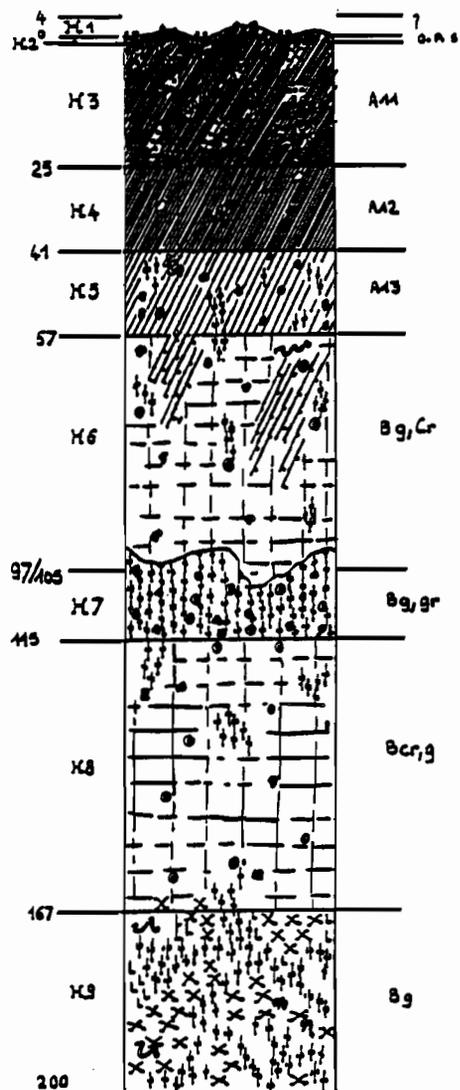
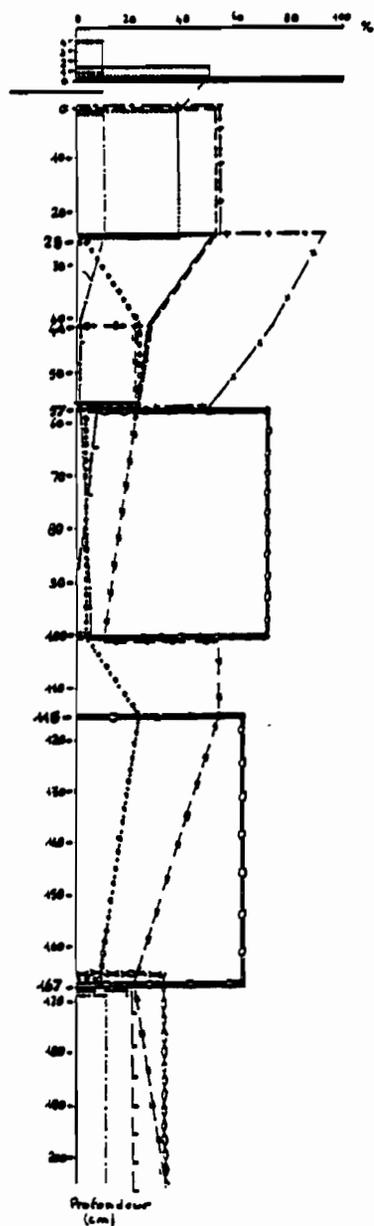


# Coupe KORB 35.16





# Coupe KORB 35.17



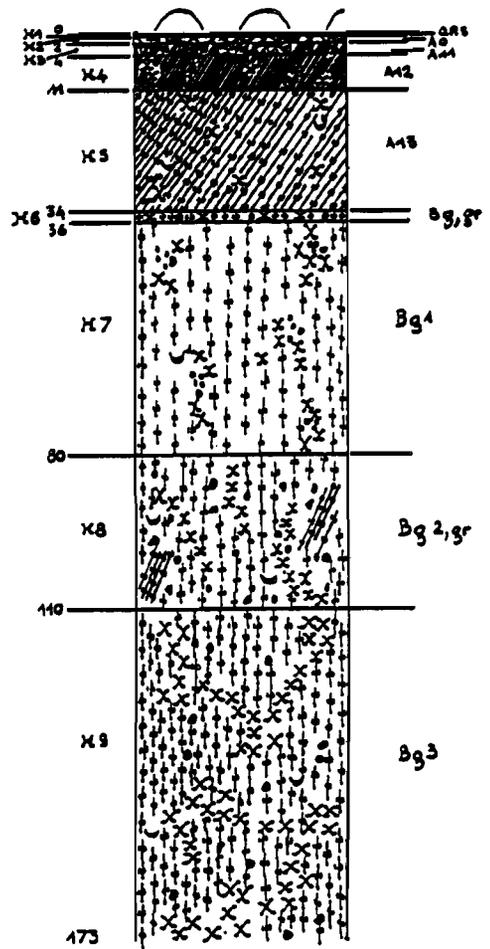
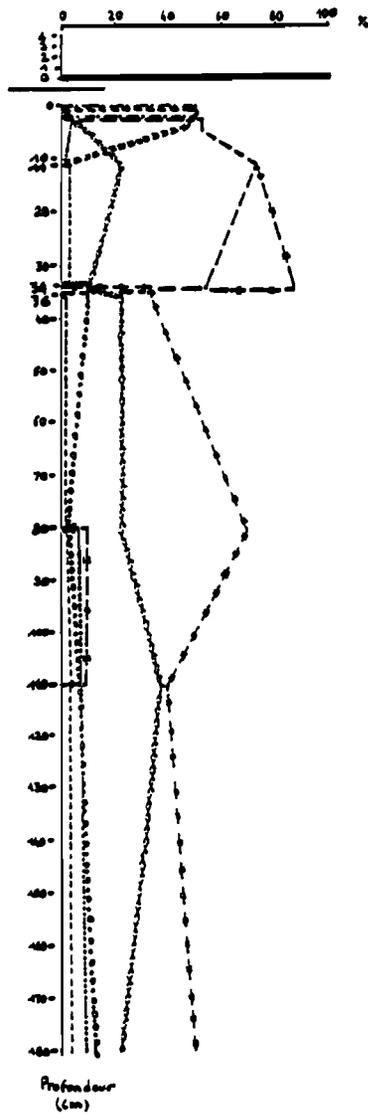
Les Corps Naturels Élémentaires : EXPRESSION QUANTITATIVE (%)

COUPE KORB 35.18

151

	LAPIDONS								STÉRITES																											
	(Pétero).Lapidon				(Pétero)un Lapidon				Humite	Humite Leuciton	Leuciton	Réducton	Réducton Humite	Structichron	Structichron Humite	Oxydon	Allobérite	Dermilite	Bioféron	Cutanon	Séméton	Nécrophyton	Rhizophyse Rhizage	Domabion	Aérophyse											
	Oxydique.Fe	Stéritique	Régolique		Oxydique.Fe Nodules	Oxydique.Hn/Fe Concrétions	(Duri).Lapidon altéré régolique	(Pauç) Fragil).Lapidon oxydique (Fe)																		(Fauci).Lapidon struchchromique.H	(Buci).Stérite	(Pauç).Stérite Structichron	(Pauç) Fragil).Stérite	(Pauç) Fragil).Stérite Allobérite	(Pauç) Fragil).Stérite (Pétero).Lapidon	(Fragil).Stérite	(Fragil).Stérite (Pétero).Lapidon	(Duri) Fragil).Stérite (Pétero).Lapidon	(Pétero).Stérite	(Pétero).Stérite (Pétero).Lapidon
	Arénique	Rudique																																		
H1 ₁																	100																			
H1 ₂																																				
H2																		50			50															
H3										47							3	3			47															
H4										74							23	3			3															
H5										(54)			(33)	87			40		3																	
H6					10								67				23																			
H7		3			3								70				23			1																
H8				5	5					(4)			39 (6)	10			38			3																
H9				9	14								51				23			3																

# Coupe KORB 35.18



**ANNEXE 4**

---

**LES DONNEES DE MORPHOLOGIE DES SOLS**  
**Séquence LAC (Région de la Plaine**  
**des Lacs - Nouvelle Calédonie)**



## Séquence LAC

Région de la Plaine des Lacs -Nouvelle Calédonie-

### I- LA DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS

#### COUPE LAC 1

2-0 cm : H 1

-----  
Nécrophytion1

Aérophysel

0-12 cm : H 2

-----  
(Humitel (Oxydon1 Structichron2)1)1  
-5YR 3/3  
-Limoneux argileux

12-50 cm : H 3

-----  
((Oxydon1 Structichron3)1 Humite3)1  
-5YR 4/4  
-Limoneux argileux

(Duri).Lapidon6

-Régolique1  
Péridotite  
.Macrorudite

50-95 cm : H 4

-----  
((Oxydon1 Structichron4)1 Humite4)1  
-5YR 4/5  
-Limoneux argileux

Séméton4

-Oxydique1  
Ferro-manganique  
DENDRITES

(Duri).Lapidon4

-Régolique1  
Péridotite  
.Mésorudite  
.Macrorudite

**(Fragi).Lapidon5**

-Altérégoïquel  
Péridotite  
.Mésorudite

**(Pauci).Lapidon6**

-(Oxydique Structichronique5)1  
Ferro-manganique  
.Centirudite  
NODULES

**95-160 cm : H 5**

---

**(Oxydon1 Structichron5)1**

-5YR 6/4  
-Limoneux argileux

**Séméton4**

-Oxydique  
Ferro-manganique  
DENDRITES

**(Duri).Lapidon4**

-Régolique  
Péridotite  
.Mégarudite  
.Gigarudite

**(Fragi).Lapidon4**

-Altérégoïquel  
Péridotite  
.Mésorudite  
.Macrorudite

**(Pauci).Lapidon5**

-Oxydique  
Ferro-manganique  
.Centirudite  
NODULES

**160-200 cm : H 6**

---

**(Oxydon1 Structichron5)1**

-5YR 5/6  
-Limoneux argileux

**Séméton3**

-Oxydique  
Ferro-manganique  
DENDRITES  
-Siliceux5  
Plaquettes

**(Duri).Lapidon4**

**-Régolique1**

Péridotite  
.Mégarudite  
.Gigarudite

**(Fragi).Lapidon4**

**-Altérégolique1**

Péridotite  
.Mésorudite  
.Macrorudite

**(Pauci).Lapidon4**

**-Oxydique1**

Ferro-manganique  
.Centirudite  
NODULES

**Oxydon5**

-10R 3/6  
-Limoneux

ORTHOAPEXOL bathique / (Oxydon Structichron)

COUPE LAC 2

35/15-0 cm : H 1

-----  
**(Péto).Lapidon1**

**-Oxydique1**

Ferroxique  
.Arénite  
.Centirudite  
NODULES

**Nécrophytion4**

**Aérophyse4**

0-8 cm : H 2

-----  
**(Péto).lapidon1**

**-Oxydique1**

Ferroxique  
. (Centirudite - Mésorudite)1  
. (Arénite)2  
NODULES

**(Oxydon1 Humite3)4**

-5YR 3/4  
-Limoneux faiblement sableux

Nécrophytion6

8-38 cm : H 3

-----  
(Pétro).lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.(Centirudite - Mésorudite)4

.(Arénite)1

NODULES

(Oxydon1 Humite3)4

-5YR 3/4

-Limoneux sableux

38-53 cm : H 4

-----  
Oxydon1

-2.5YR 3/6

-Limoneux sableux

(Pétro).lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.(Centirudite)4

.(Arénite)1

NODULES

53-78 cm : H 5

-----  
Oxydon1

-2.5YR 4/6

-Limoneux

(Pétro).lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.(Centirudite)1

.(Arénite)1

NODULES

78-139 cm : H 6

-----  
Oxydon1

-10R 4/4

-Limoneux

Oxydon6

-2.5YR 4/6

-Limoneux

**(Péto).lapidon6**

-Oxydique

Ferroxique

.(Centirudite)1

.(Arénite)1

NODULES

**Séméton6**

-Oxydique

Ferro-manganique

PONCTUATIONS

139-217 cm : H 7

---

**Oxydon1**

-10R 4/4

-Limoneux

**Oxydon5**

-2.5YR 4/6

-Limoneux

**Oxydon5**

-5YR 4/4

-Limoneux sableux

**(Péto).lapidon5**

-Oxydique

Ferroxique

.(Centirudite)1

.(Arénite)1

NODULES

**Séméton6**

-Oxydique

Ferro-manganique

PONCTUATIONS

217-278 cm : H 8

---

**Oxydon1**

-10R 4/4

-Limoneux

**Oxydon3**

-7.5YR 4/4

-Limoneux

**Isaltérite5**

-Péridotite

**Séméton5**

-Oxydique

Ferro-manganique

**Séméton5**

-Oxydique

Ferro-manganique  
PONCTUATIONS

**(Fragi).Lapidon6**

-Altérégoïquel

Péridotite  
.Centirudite

278-320 cm : H 9

---

**Oxydon1**

-7.5YR 5/6  
-Linoneux

**Oxydon4**

-10R 4/4  
-Linoneux

**Isaltérite3**

-Péridotite

**(Fragi).Lapidon4**

-Altérégoïquel

Péridotite  
.Centirudite  
.Mésorudite

**ANAPEXOL // LAPIDON // Oxydon**

**COUPE LAC 3**

50-0 cm : H 1

---

**(Péto).Lapidon1**

-Oxydique

Ferroïque  
.Arénite  
NODULES

-Stéritique

Ferroïque  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES

**Nécrophytion1**

**Aérophyse4**

0-5 cm : H 2

-----  
(Rhizophyse Rhizagé)1

(Pétro).Lapidon2

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénite

.Centirudite

NODULES

-Stéritique2

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

(Nécrumite Humite)4

-2.5YR 3/3

-Limoneux

Nécrophytion6

5-12 cm : H 3

-----  
(Pétro).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénitel

.(Centirudite-Mésorudite)1

NODULES

(Rhizophyse Rhizagé)4

(Nécrumite Humite)4

-2.5YR 3/3

-Limoneux

12-27 cm : H 4

-----  
(Pétro).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénitel

.Centirudite4

NODULES

(Oxydon1 Humite3)4

-10R 2/2

-Sableux Limoneux

.Micro- Méso- Arénite/Lutite

27-46 cm : H 5

---

Oxydon1

-2.5YR 3/4

-Sableux faiblement limoneux

.Micro- Méso- Arénite/Lutite

(Péto).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénite

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

46-85 cm : H 6

---

Oxydon1

-2.5YR 3/4

-Limoneux faiblement sableux

.Lutite/Micro- Méso- Arénite

Oxydon3

-10R 4/8

-Limoneux faiblement Sableux

Réticulé

Oxydon5

-5YR 4/4

-Sableux faiblement Limoneux

Réticulé

(Péto).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénitel

.Centirudite5

NODULES

85-107 cm : H 7

---

Oxydon1

-2.5YR 3/6

-Limoneux faiblement sableux

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénite

NODULES

-Stéritique4  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES

107-132 cm : H 8  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénite  
NODULES

-Stéritique3  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES

Oxydon4  
-5YR 4/4  
-Sableux faiblement limoneux

132-153 cm : H 9  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénite  
NODULES

-Stéritique4  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES

Oxydon3  
-5YR 4/6  
-Sableux faiblement limoneux

153-185 cm : H 10  
-----

Oxydon1  
-7.5YR 4/4  
-Limoneux faiblement sableux

Oxydon4  
-5YR 4/4  
-Sableux faiblement limoneux

(Pétro).Lapidon4

-Oxydique1

Ferrorique

.Arenite

NODULES

-Stéritique4

Ferrorique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

185-207 cm : H 11

Oxydon1

-7.5YR 3/4

-Limoneux faiblement sableux

(Pétro).Lapidon3

-Oxydique1

Ferrorique

.Arenite

NODULES

-Stéritique4

Ferrorique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

Cutanon4

-Sesquanes

Ferrorique

>207 cm : H 12

(Pétro).Stérite1

-Oxydique

Ferrorique

ANHUMOAPEXOL pachique // (PETRO).LAPIDON // Oxydon //

(PETRO).STERITE

COUPE LAC 4

4-0 cm : H 1

(Pétro).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique  
.Arénitel  
. (Centirudite/Mésorudite)1  
NODULES

**Aérophyse4**

0-10 cm : H 2  
-----

**(Pétro).Lapidon1**

-Oxydique1

Ferroxique  
.Arénitel  
.Centirudite4  
NODULES

**(Rhizophyse Rhizagé)4**

**Humite4**

-2.5YR 2/2

10-30 cm : H 3  
-----

**(Pétro).Lapidon1**

-Oxydique1

Ferroxique  
.Arénitel  
.Centirudite4  
NODULES

**Humite3**

-2.5YR 2/2

30-51 cm : H 4  
-----

**Oxydon1**

-2.5YR 3/3

-Limoneux faiblement sableux fin  
. (Mésio-Macro)Lutite/(Micro-Mésio)Arénite

**(Pétro).Lapidon5**

-Oxydique1

Ferroxique  
.Arénite  
NODULES

**Cutanon5**

-Sesquanes

Ferroxique

51-78 cm : H 5

---

Oxydon1

-2.5TR 4/4

-Argilo-limoneux

.(Mésio-Micro)Lutite/(Macro)Lutite

(Pétro).Lapidon6

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénite

NODULES

78-127 cm : H 6

---

Oxydon1

-2.5TR 4/7

-Argilo-limoneux

.Micro-Lutite/(Mésio-Macro)Lutite

(Pétro).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénite

NODULES

-Stéritique2

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

(Duri<—>Fragi).Lapidon5

-Altéréologique1

127-131 cm : H 7

---

Entaféron1

-Arénitel

(Mésio-Macro)Arénite

-Oxydique

Ferroxique

131-265 cm : H 8

---

(Entaféron1 Oxydon1)1

-2.5TR 5/4

-Lutitel

Micro-lutite

-Arénite5

(Micro-Mésio)Arénite

-Oxydique  
Ferroxique

265-270 cm : H 9  
-----

Entaféron1

-Arenitel  
(Meso-Macro)Arenite  
-Oxydique  
Ferroxique

270-410 cm : H 10  
-----

(Entaféron1 Oxydon1)1

-2.5YR 5/4  
-Latitel  
Micro-lutite  
-Arenite4  
(Micro-Meso)Arenite  
-Oxydique  
Ferroxique

ANAPEXOL // LAPIDON // (Oxydon Entaféron)

COUPE LAC 5

4-0 cm : H 1  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique  
Ferroxique  
.Arenitel  
(Centirudite/Mésorudite)1  
NODULES

Aérophyse4

0-6/8 cm : H 2  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique  
Ferroxique  
.Arenitel  
.Centirudite4  
NODULES

**Humite4**

-2.5YR 2/2

(Rhizagé Rhizophyse)4

6/8-19 cm : H 3

-----

(Pétro).Lapido1

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénitel

.Centirudite4

NODULES

**Humite3**

-2.5YR 2/2

19-26 cm : H 4

-----

(Pétro<—>Duri<—>Fragi).Stéritel

-Oxydique

Ferroxique

26-47 cm : H 5

-----

Oxydon1

-5YR 3/3

-Linoneux faiblement sableux fin

.(Mésio-Macro)Lutite/(Micro-Mésio)Arénite

(Pétro).Lapido5

-Oxydique1

Ferroxique

.Arénite

NODULES

Cutanon5

-Sesquanes

Ferroxique

47-79 cm : H 6

-----

Oxydon1

-5YR 4/4

-Argilo-Linoneux

.Micro-Lutite/(Macro-Mésio)Lutite

**(Péto).Lapidon6**

-Oxydique  
Ferroxique  
.Arenite  
NODULES

79-125 cm : H 7  
-----

**Oxydon1**

-5YR 4/6  
-Argileux  
.Micro-Lutite

**(Péto).Lapidon4**

-Stéritique  
Ferroxique  
.Meso-rudite  
NODULES

**(Duri<—>Fragi).Lapidon4**

-Altéréologique

125-132 cm : H 8  
-----

**(Péto).(Stérite Entaféron)1**

-Oxydique  
Ferroxique  
-Lutite

132-282 cm : H 9.1  
-----

**(Entaféron1 Oxydon1)1**

-5YR 4/4  
-Lutitel  
Argileux (microlutite)  
-Oxydique  
Ferroxique

**(Péto).Lapidon5**

-Stéritique  
Ferroxique  
.Meso-rudite  
NODULES

**(Fragi).Lapidon6**

-Stéritique  
(Stérite Entaféron)  
Ferroxique

: H 9.2  
-----

(Pauci<—>Fragi).(Stérite Entaféron)1

-Latitel  
-Oxydique  
Ferroxique

282-289 cm : H 10  
-----

(Pétro).(Stérite Entaféron)1

-Latitel  
-Oxydique  
Ferroxique

289-340 cm : H 11  
-----

(Entaféron1 Oxydon1)1

-7.5YR 5/8  
-Latitel  
Argileux (microlutite)  
-Oxydique  
Ferroxique

ANAPEXOL // ((PETRO).STERITE ENTAFERON) // (Entaféron Oxydon) //  
((PETRO).STERITE ENTAFERON) // (Entaféron Oxydon)

COUPE LAC 6

15/10-0 cm : H 1  
-----

(Pétro).Stérite2

-Oxydique1  
Ferroxique

(Pétro).Lapidon2

-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénitel  
NODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES

Nécrophytion4

Aérophyse4

0-12 cm : H 2

---

(Pétero).Lapidon1

-Oxydique1

Ferrorique

.Arénitel

NODULES

-Stéritique1

Ferrorique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

(Rhizophyse Rhizagé)2

(Humitel Oxydon1)4

-5YR 3/4

-Limoneux faiblement sableux

12-35 cm : H 3

---

(Pétero).Lapidon1

-Oxydique1

Ferrorique

.Arénitel

NODULES

-Stéritique4

Ferrorique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

(Humite3 Oxydon1)4

-5YR 3/4

-Limoneux faiblement sableux

35-47/50 cm : H 4

---

(Pétero).Lapidon1

-Oxydique1

Ferrorique

.Arénitel

NODULES

-Stéritique5

Ferrorique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

Oxydon5

-5YR 4/4

-Limoneux faiblement sableux

47/50-56 cm : H 5  
-----

(Pauci<->Fragi<->Duri).(Lapidon<->Oxydon<->Stérite)1

-Oxydique  
Ferroxique  
-10R 3/6

Oxydon3

-7.5YR 4/4  
-Limono-argileux  
Réticulé

56-93 cm : H 6  
-----

(Pauci<->Fragi<->Duri).(Lapidon<->Oxydon<->Stérite)1->2

-Oxydique  
Ferroxique  
-10R 3/6

(Pétro).Stérite1->2

-Oxydique  
Ferroxique

Oxydon3->4

-7.5YR 4/4  
-Limono-argileux  
Réticulé

(Pétro).Lapidon6

-Oxydique  
Ferroxique  
.Arénitel  
.Centirudite4  
NODULES

Oxydon6

-5YR 4/4  
-Limoneux faiblement sableux

93-112 cm : H 7  
-----

(Pétro).Stérite1

-Oxydique  
Ferroxique  
-Noir

112-140 cm : H 8  
-----

(Fragi).Stéritel  
-Oxydique  
Ferroxique

Oxydon4  
-7.5YR 3/4  
-Limono-argileux

(Péto).Lapidon5  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON / (Pauci Péto).Stérite

COUPE LAC 7

15/10-0 cm : H 1  
-----

(Péto).Stéritel  
-Oxydique  
Ferroxique

(Péto).Lapidon3  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénitel  
NODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES

Nécrophytion4

Aérophyse4

0-12 cm : H 2  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénitel

.Centirudite  
NODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
.Mégarudite  
NODULES

(Rhizophyse Rhizagé)2

(Humite1 Oxydon1)4  
-5YR 3/3  
-Limoneux faiblement sableux

12-43 cm : H 3  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Arénitel  
.Centirudite  
NODULES  
-Stéritique2  
Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES

(Humite3 Oxydon1)4  
-5YR 3/4  
-Limoneux faiblement sableux

43-64 cm : H 4  
-----

(Fragi).(Lapidon<->Oxydon<->Stérite)1  
-Oxydique  
Ferroxique  
-10R 3/6  
Réticulé

Oxydon3  
-5YR 4/4  
-Limoneux faiblement sableux

(Péto).Lapidon3  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Arénitel  
.Centirudite  
NODULES  
-Stéritique3  
Ferroxique

.Mésorudite  
NODULES

64-67 cm : H 5  
-----

(Péto).Stérite1  
-Oxydique  
Ferroxique

67-96 cm : H 6  
-----

(Péto<->Duri<->Fragi).(Stérite<->Oxydon)1  
-Oxydique  
Ferroxique  
-10R 3/6

Oxydon3  
-5YR 4/4  
-Limoneux faiblement sableux  
Réticulé

96-102 cm : H 7  
-----

(Péto).Stérite1  
-Oxydique  
Ferroxique

102-203 cm : H 8  
-----

Oxydon1  
-5YR 4/4  
-Limoneux faiblement sableux

Oxydon3  
-10R 4/8  
-Argilo-limoneux

(Péto).Stérite4  
-Oxydique  
Ferroxique

(Péto).Lapidon4  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénitel  
.Centirudite4  
NODULES

203-205 cm : H 9  
-----

(Péto).Stéritel  
-Oxydique  
Ferroxique

205-210 cm : H 10  
-----

(Pauci<->Fragi).Stéritel  
-Oxydique  
Ferroxique

Oxydon4  
-10R 4/6  
-Argilo-limoneux

210-250 cm : H 11  
-----

Oxydon1  
-5YR 4/4  
-Limoneux faiblement sableux

Oxydon4  
-10R 4/6  
-Argilo-limoneux

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON / (Péto Fragi).Stérite // Oxydon //  
(PETRO).STERITE // Oxydon

COUPE LAC 8

20/10-0 cm : H 1  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique3  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES

Aérophyse4

0-15/20 cm : H 2

---

(Pétero).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique  
.Mésorudite

.Macrorudite  
NODULES

(Rhizophyse Rhizagé)3

(Humite3 Oxydon1)4

-5YR 3/3

-Limoneux faiblement sableux

15/20-30/78 cm : H 3.1

---

(Pétero).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique  
.Arenite  
.Centirudite  
.Mésorudite

NODULES

-Stéritique2

Ferroxique  
.Macrorudite  
.Mégarudite

NODULES

(Humite4 Oxydon1)5

-5YR 3/4

-Limoneux faiblement sableux

78-90 cm : H 3.2

---

Oxydon1

-5YR 4/6

-Limono-sableux

(Pétero).Lapidon3

-Oxydique1

Ferroxique  
.Arenite

NODULES

30-48 cm : H 4

---

Oxydon1

-2.5YR 3/5

-Limoneux faiblement sableux

(Péto).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Macrorudite

NODULES

48-78 cm : H 5

---

Oxydon1

-2.5YR 3/6

-Limoneux faiblement sableux

(Péto).Lapidon5

-Oxydique2

Ferroxique

.Mésorudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Macrorudite

NODULES

78-134 cm : H 6

---

Oxydon1

-2.5YR 3/6

-Limoneux faiblement sableux

(Péto).Lapidon4

-Oxydique1

Ferroxique

.Mésorudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Macrorudite

.Mégarudite

NODULES

134-214 cm : H 7  
-----

Oxydon1

-5YR 4/8

-Limoneux faiblement sableux

(Péto).Lapidon2

-Oxydique5

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Macrorudite

.Mégarudite

NODULES

Cutanon5

-Sesquanes

Ferroxique

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON // Oxydon

COUPE LAC 9

20/10-0 cm : H 1  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique4

Ferroxique

.Centirudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Macrorudite

.Mégarudite

NODULES

Aérophyse4

0-6/7 cm : H 2  
-----

(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

NODULES

-Stéritique  
Ferroxique  
.Macrorudite  
NODULES

(Rhizophyse Rhizagé)4

(Humite3 Oxydon1)4  
-SYR 3/3  
-Limoneux faiblement sableux

6/7-13/16 cm : H 3  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES  
-Stéritique  
Ferroxique  
.Macrorudite  
NODULES

(Humite4 Oxydon1)3  
-SYR 3/4  
-Limoneux faiblement sableux

13/16-30 cm : H 4  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES  
-Stéritique  
Ferroxique  
.Macrorudite  
NODULES

Oxydon3  
-SYR 4/6  
-Limono-sableux

30-44 cm : H 5  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique3  
Ferroxique

.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Macrorudite  
NODULES

Oxydon4  
-5YR 4/6  
-Limono-sableux

44-93 cm : H 6  
-----

(Péto).Stérite1  
-Oxydique  
Ferroxique

(Péto).Lapidon4  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Centirudite  
NODULES  
-Stéritique1  
Ferroxique  
.Mésorudite  
.Macrorudite  
NODULES

Oxydon5  
-5YR 4/6  
-Limono-sableux

93-520 cm : H 7  
-----

(Péto).Stérite1  
-Oxydique  
Ferroxique  
Caverneuse

520-550 cm : H 8  
-----

(Duri<->Fragi).Stérite1  
-Oxydique  
Ferroxique  
Caverneuse  
Feuilletée

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON / (Péto).Stérite

COUPE LAC 10

15/10-0 cm : H 1

-----  
(Péto).Lapidon1

-Oxydique3

Ferroxique

.Arenite

.Centirudite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Macrorudite

.Mégarudite

NODULES

Nécrophytion4

Aérophyse4

0-5/7 cm : H 2

-----  
(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Arenite

NODULES

-Stéritique1

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite

. NODULES

(Rhizophyse Rhizagé)3

(Humitel Oxydon1)3

-SYR 3/3

-Limoneux faiblement sableux

5/7-21 cm : H 3

-----  
(Péto).Lapidon1

-Oxydique1

Ferroxique

.Arenite

NODULES

-Stéritique4

Ferroxique

.Centirudite

.Mésorudite  
NODULES

(Humite3 Oxydon1)4  
-5YR 3/4  
-Limoneux faiblement sableux

21-33 cm : H 4  
-----

Oxydon1  
-5YR 5/4  
-Limono-sableux

(Péto).Lapidon4  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénitel  
.Centirudite4  
NODULES

33-41 cm : H 5  
-----

(Péto).Lapidon1  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénite  
NODULES  
-Stéritique3  
Ferroxique  
.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES

Oxydon4  
-2.5YR 3/4  
-Limono-sableux

41-60 cm : H 6  
-----

(Péto).Stéritel  
-Oxydique  
Ferroxique

(Péto).Lapidon4  
-Oxydique1  
Ferroxique  
.Arénite  
NODULES  
-Stéritique4  
Ferroxique

.Centirudite  
.Mésorudite  
NODULES

Oxydon4  
-5YR 3/4  
-limono-sableux

ANAPEXOL // (PETRO).LAPIDON // Oxydon // (PETRO).STERITE

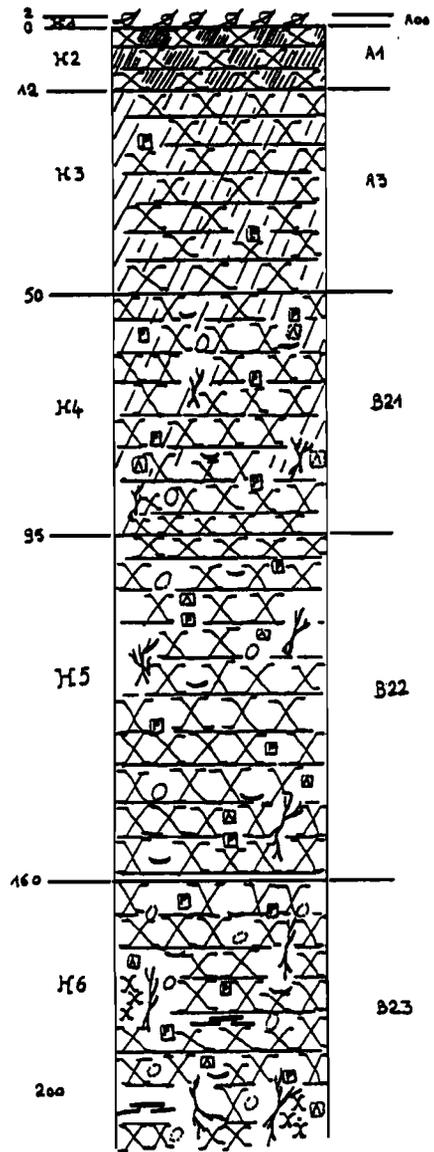
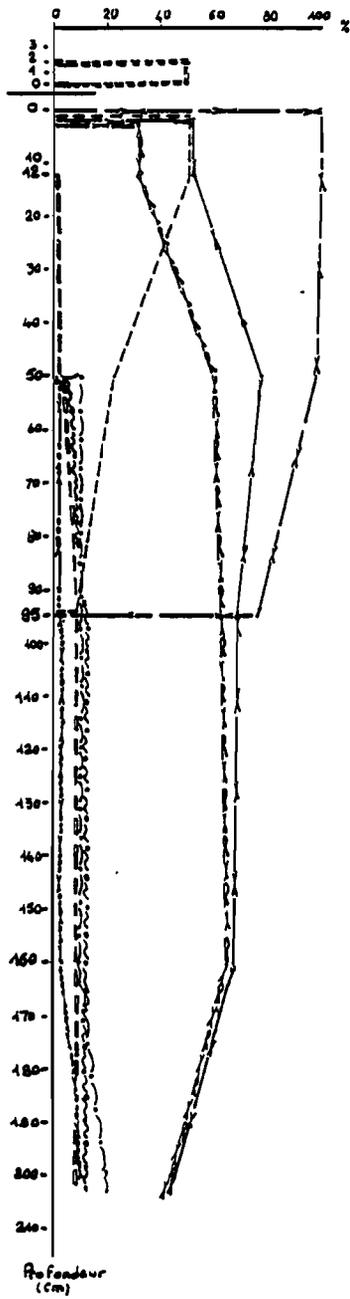
* *  
*

## II- LES EXPRESSIONS QUANTIFIEES ET GRAPHIQUES DES SOLS

Dans ce paragraphe sont regroupés, pour chaque observation, les valeurs en pour cent de chaque corps naturel élémentaire, le profil structural et une image dessinée de chaque profil.

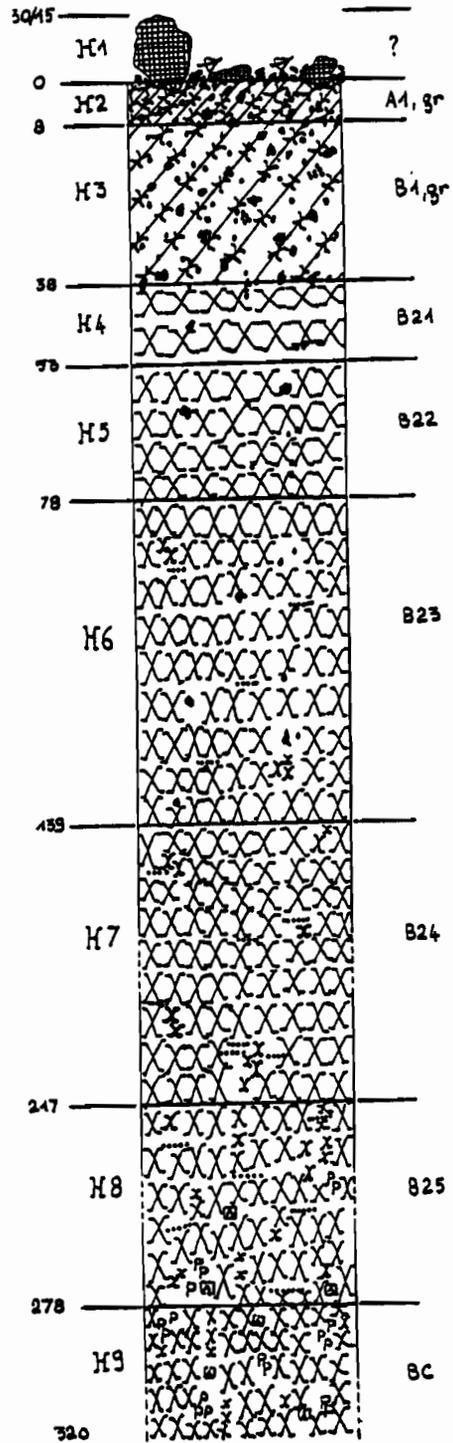
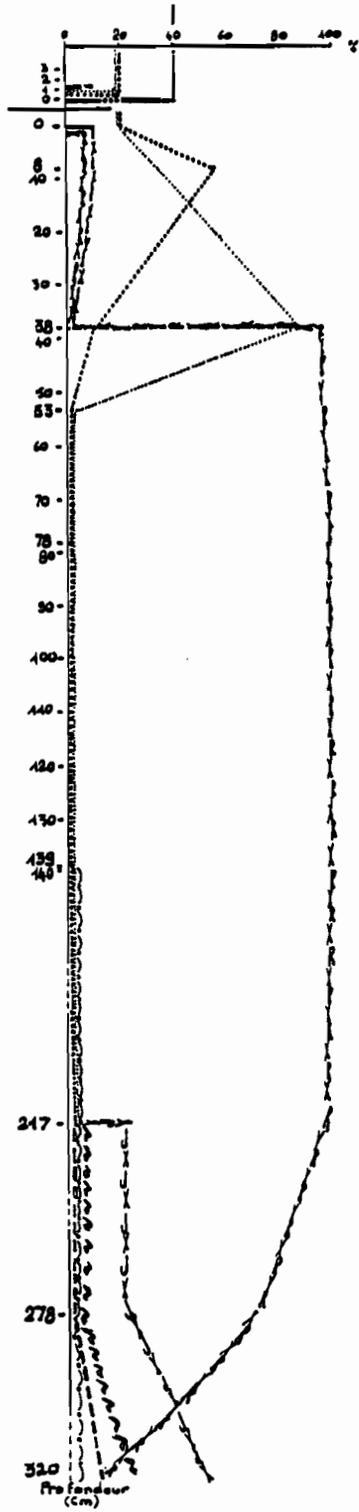


# Coupe LAC 1



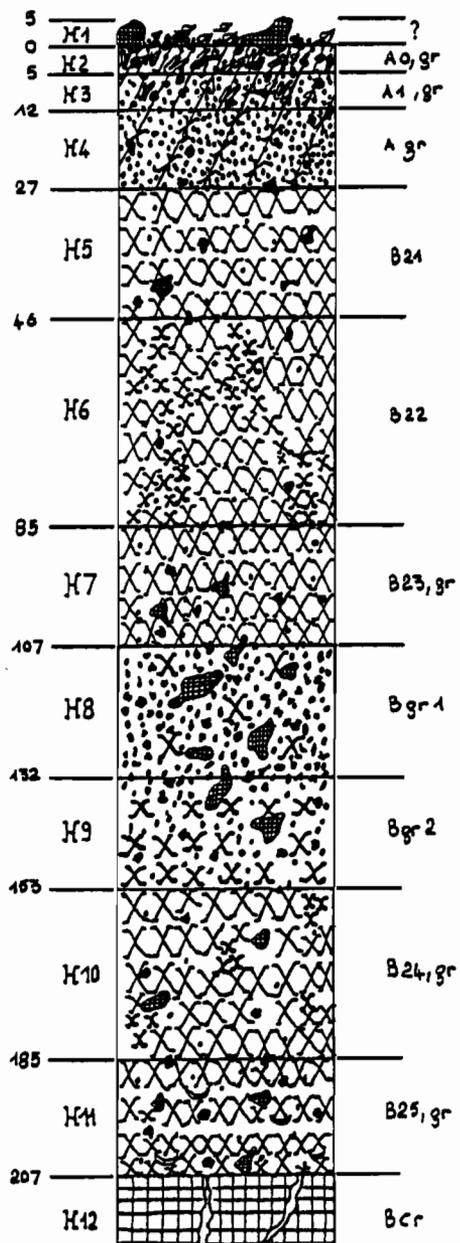
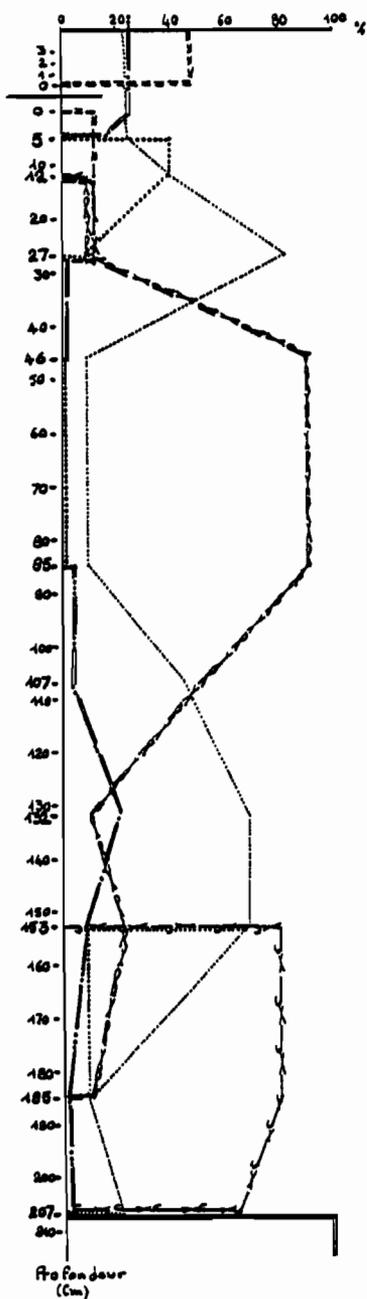


# Coupe LAC 2



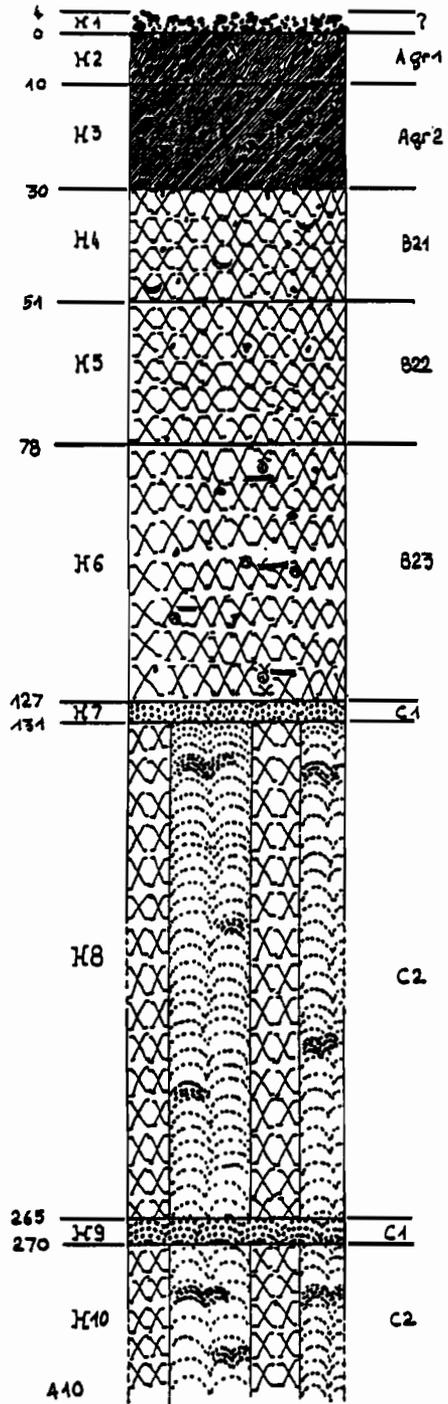
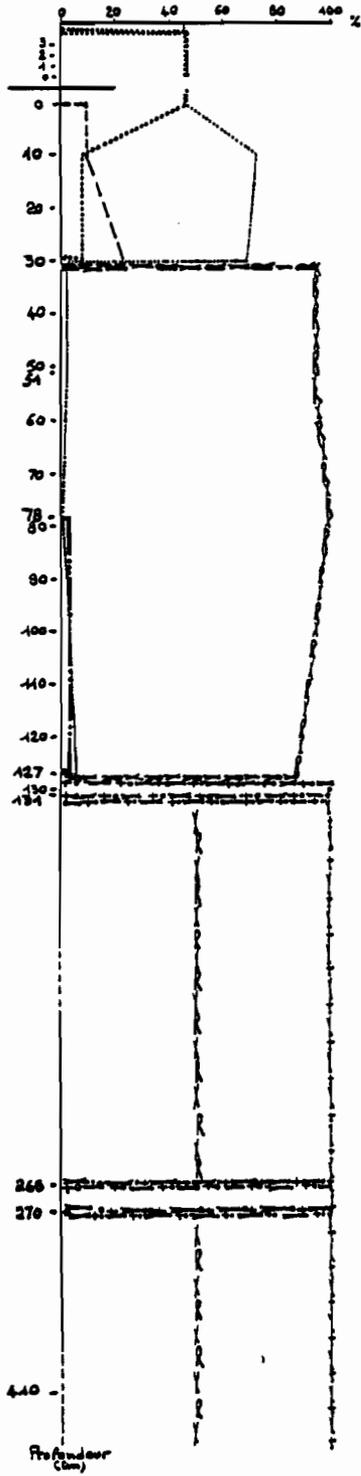


# Coupe LAC 3



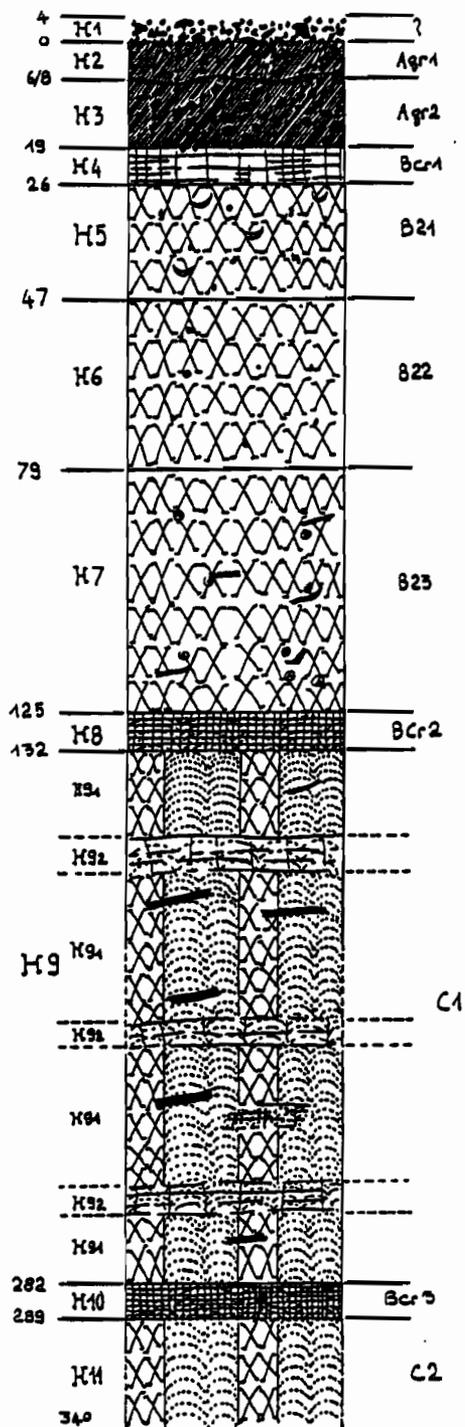
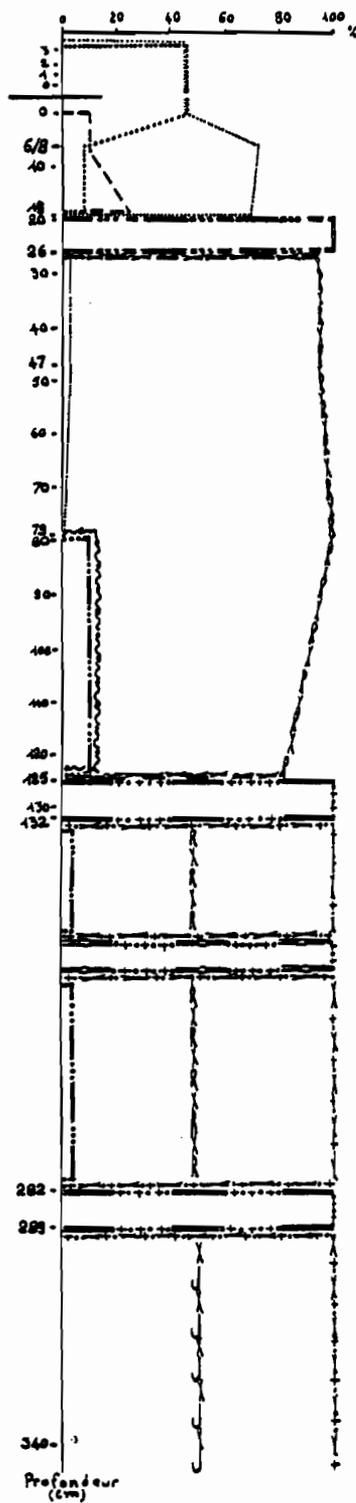


# Coupe LAC 4



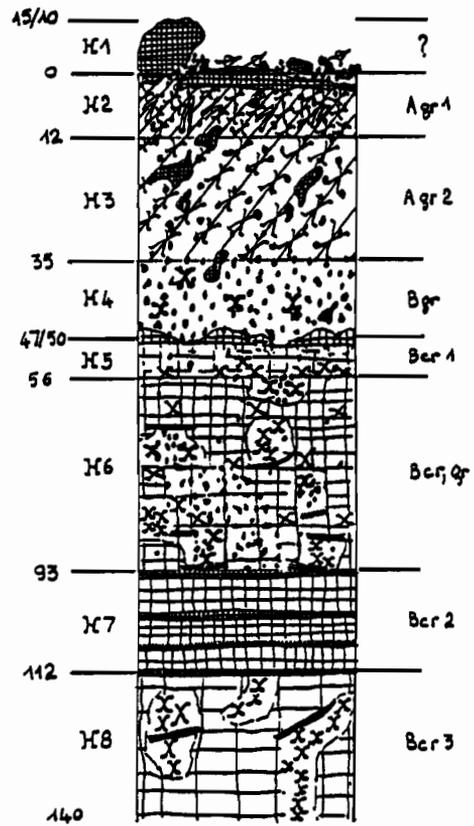
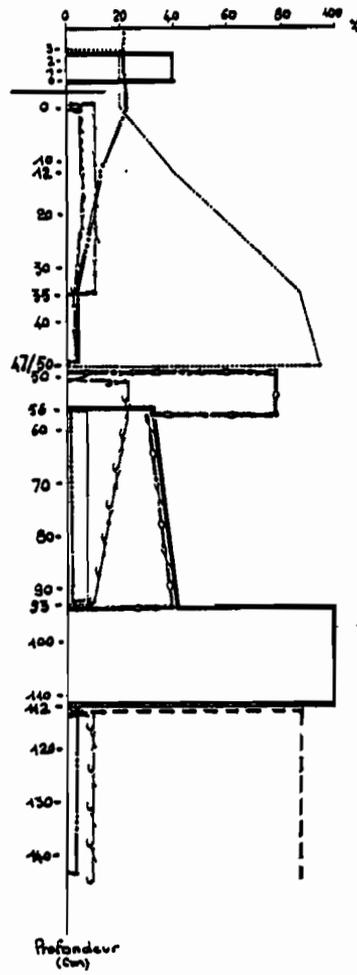


# Coupe LAC 5



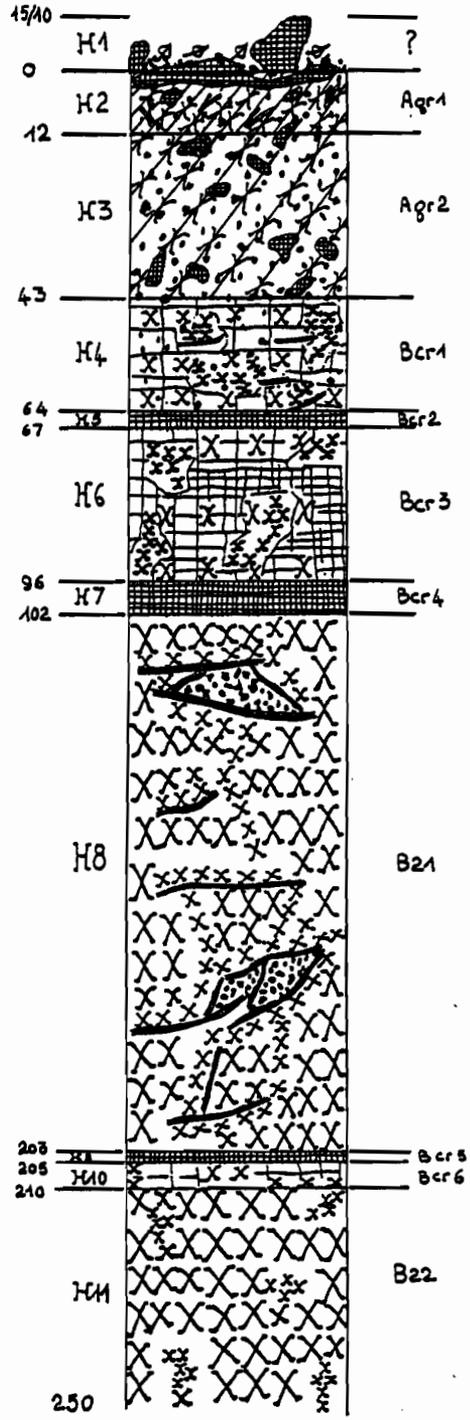
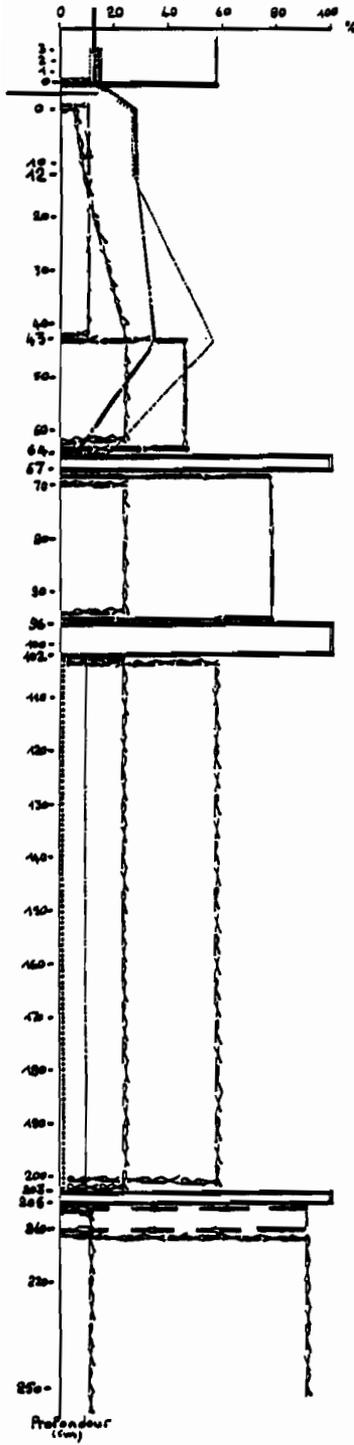
	LAPIDONS							STERITES							Sémélon		Entaféron		Oxydon				Aerophysé														
	(Pé tro).			Duri-Fragil (Fragil)	(Pau ci)-	* Simples *				* Intergrades *			oxydique	Siliceux	Lutite	Arénite	7.5 YR	5 YR	2.5 YR	10 R	Entaféron Oxydon	Oxydon Structichron		Structichron	Humite Oxydon Structichron	Humite Oxydon	Humite	Nécromite Humite	Nécrophytion	Cutanon (Seaque)	Isaltérite	Anilage Rhizophyse	Isaltérite.				
	Arénite	Rudite	Stéritique			(Duri). Lapidon régalique	Albé négalique	stéritique	Oxydique	Oxydique Structichronique	(Pé tro). Stérite	(Rétro-Duri-Fragil)-Stérite																						(Fragil)-Stérite	(Pau ci. Fragil)-Stérite	Stérite Oxydon (Pé tro).	(Fragil-Duri)-Stérite
				Oxydique	Rudite								Stéritique	(Duri). Lapidon régalique	Albé négalique	stéritique	Oxydique	Oxydique Structichronique	(Pé tro). Stérite	(Rétro-Duri-Fragil)-Stérite	(Fragil)-Stérite	(Pau ci. Fragil)-Stérite		Stérite Oxydon (Pé tro).	(Fragil-Duri)-Stérite	(Fragil)	(Pé tro).	(Fragil-Bau ci)									
	Oxydique	Rudite	Stéritique			(Duri). Lapidon régalique	Albé négalique	stéritique	Oxydique	Oxydique Structichronique	(Pé tro). Stérite	(Rétro-Duri-Fragil)-Stérite																	(Fragil)-Stérite	(Pau ci. Fragil)-Stérite	Stérite Oxydon (Pé tro).	(Fragil-Duri)-Stérite	(Fragil)	(Pé tro).	(Fragil-Bau ci)		
H1				20									20					40																			
H2	40		12																(5)								10	(5)					30				
H3.1	07		3																(7)								10	(3)									
H3.2																																					
H4	94		3																																		
H5													77																								
H6	9	1						33 33.5					33 33.5						23 10		4																
H7								100																													
H8			3							87									10																		
H9.1																																					
H9.2																																					
H10																																					
H11																																					
H12																																					

# Coupe LAC 6



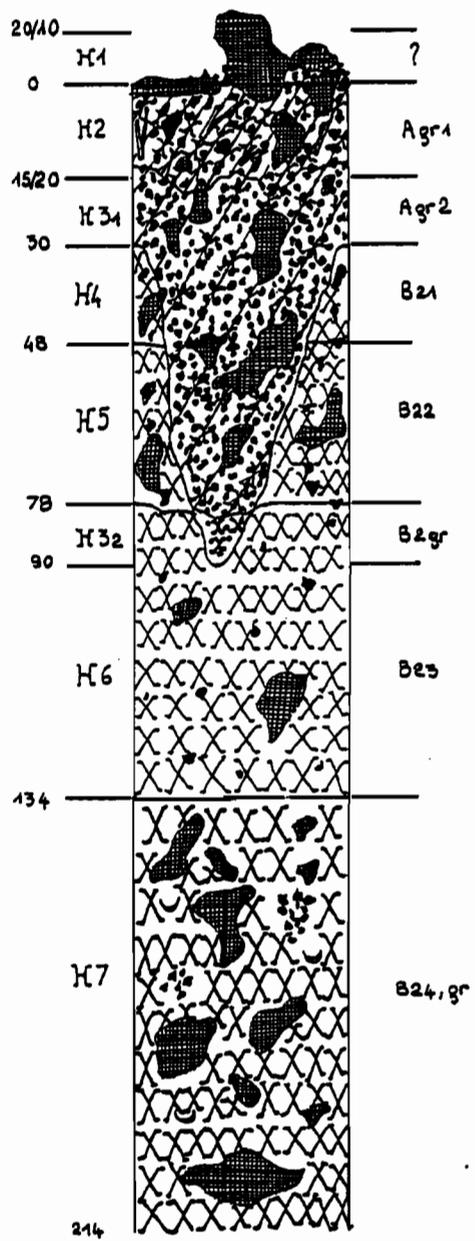
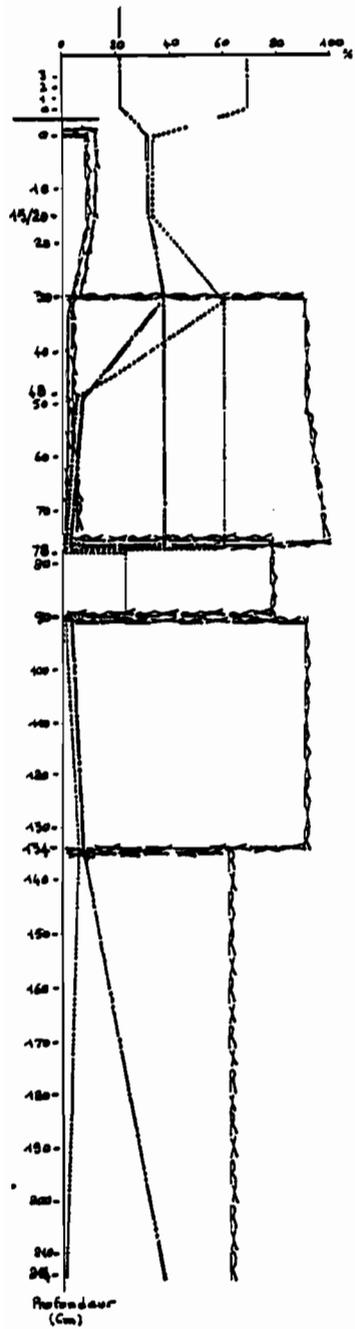


# Coupe LAC 7



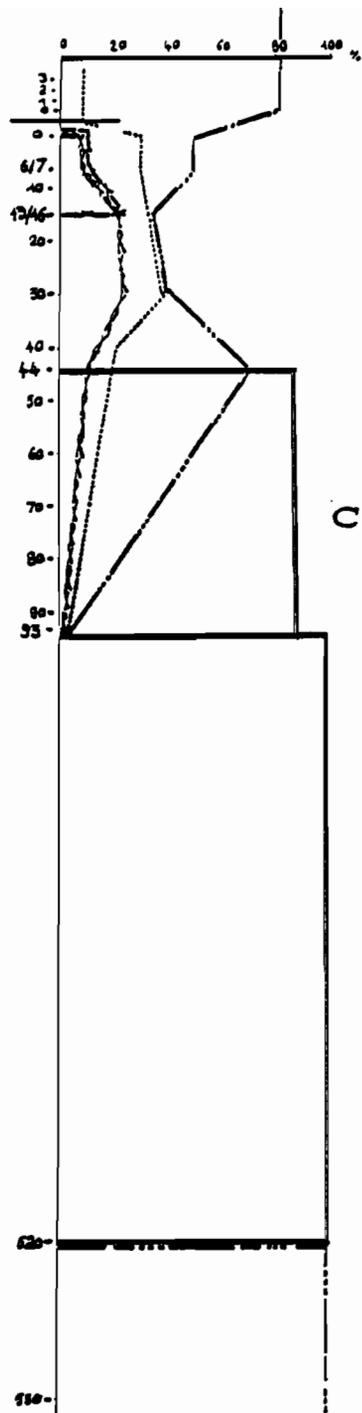


# Coupe LAC 8

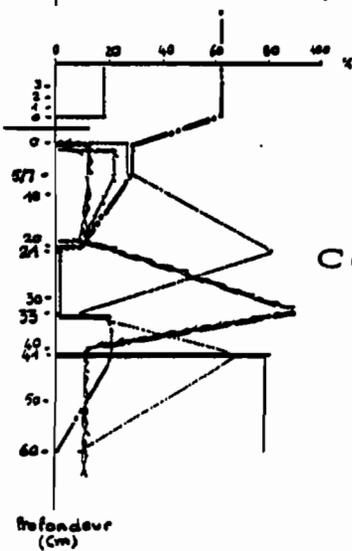




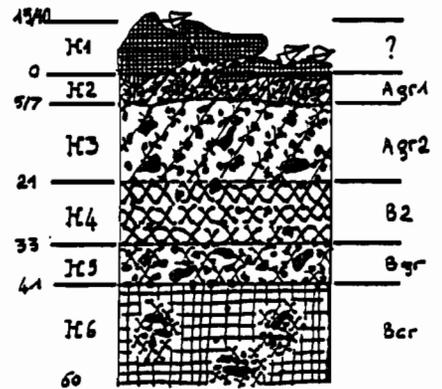
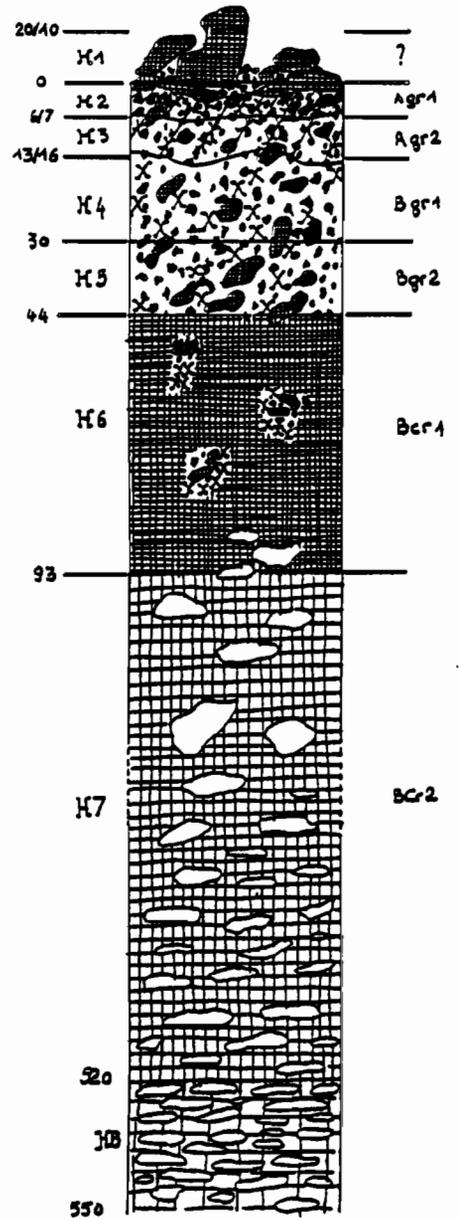
	LAPIDONS							STERITES							Séméton		Entaféron		Oxydon				Aerophyse														
	(Péto.)		Oxydique	Stéribique	(Duri.) Lapidon régolique	(Fragi.)		(Pau.)	"Simples"				"Intergrades"			oxydique	Siliceux	Lutite	Arenite	7.5 YR	5 YR	2.5 YR		10 R	Entaféron Oxydon	Oxydon Struchichron	Struchichron	Humite Oxydon Struchichron	Humite Oxydon	Humite	Nécrumite Humite	Nécrophytion	Cutanon (Seaque)	Isaltérite	Anizage Rhizophyse	Isaltérite.	
	Arenite	Rudite				Alb. régolique	stéribique		Oxydique	Oxydique Struchichronique	(Péto.) Stérite	(Péto.) Duri-Fragi Stérite	(Fragi.) Stérite	(Pau.) Fragi Stérite	Stérite Oxydon (Péto.)																						(Pau.) Duri-Fragi Stérite
H1		18	62																																	10	
H2	27		27																																		
H3.1	81		9																																		
H3.2																																					
H4	9	1																																			
H5	69		21																																		
H6	9		1							80																											
H7																																					
H8																																					
H9.1																																					
H9.2																																					
H10																																					
H11			:																																		
H12																																					



Coupe LAC 9



Coupe LAC 10



**ANNEXE 5**

---

**LE SCHEMA DE DESCRIPTION AUTOMATIQUE  
DU MILIEU PHYSIQUE.**



QUESTIONNAIRE.

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP BOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
profil	Titre									
ressise totale sa/ sol	Titre									
caracteres generaux	Titre									
asse (format mm/jj/aa)						NON	NON			
Latitude	Libre	2	Alpha			NON	NON			
Longitude	Libre	2	Alpha			NON	NON			
topogrese	Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
non obser.ateur	Libre	20	Alpha			NON	NON			
ENVIRONNEMENT	Titre									
GEOGRAPHOLOGIE	Titre									
description	Titre									
Topographie Générale :	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Paysage de plaine, Paysage de plateau, Paysage de plateau cuirassé, Paysage de vallée, Paysage de montagne aigüe, Paysage de montagne émousée, Paysage de collines, Paysage de croupes, Paysage inselberge,	A B C D E F G I J
complement topographie generale	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		ondulé, crêtes, pics, parsemé de collines, parsemé de dépressions,	A B C D E
voisinage	Codee	1	Alpha			NON	NON		Dominant un paysage de Dominé par un paysage de Voisin d'un paysage de	A B C
type paysage avoisinant	Codee	1	Alpha			NON	NON		plaine. plateau. plateau cuirassé. vallée. montagne aigüe. montagne émousée. collines. croupes. inselberge.	A B C D E F G H I
Dénivelée :	Libre	4	Num			NON	NON			
Type de relief :	Codee	1	Alpha			NON	NON			
type de relief residual	Codee	1	Alpha			NON	NON		Relief résiduel Glacis Résultant d'action éolienne Résultant d'action fleviatile Résultant d'action littorale Résultant action biogène marin Résultant d'action karstique Résultant d'action volcanique Action en domaine chaud et sec Déplacements sur les versants  (coupole) (butte témoin)	A B C D E F G H I J  A B

QUESTIONNAIRE

Page : 2

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									(butte témoin cuirassée)	C
									(surface d'aplanissement)	D
									(côtes de baleine)	E
									(chicots)	F
									(chaos)	G
									(plaques)	H
type de glacis	Codee	1	Alpha			NON	NON		(d'ablation)	A
									(coluvial)	B
									(d'épandage)	C
									(cuirassé)	D
type d'action éolienne	Codee	1	Alpha			NON	NON		(chablis)	A
									(cuvette de déflation)	B
									(dépôts éoliens)	C
									(lunette)	D
									(dunes)	E
type d'action fluviale	Codee	1	Alpha			NON	NON		(cône de déjection)	A
									(plaine alluviale)	B
									(plaine épandage débordement)	C
									(bourrelet alluvial)	D
									(levée de berge)	E
									(bras mort)	F
									(terrasses)	G
									(cuvette de décantation)	H
type d'action littorale	Codee	1	Alpha			NON	NON		(falaise)	A
									(plage surélevée)	B
									(cordon littoral)	C
									(lombolo)	D
									(flèche littorale)	E
									(vasière)	F
									(accum. de débris coquillier)	G
									(accum. de débris corralien)	H
									(lagune éxondée)	I
									(mangroves)	J
type d'action biogène marine	Codee	1	Alpha			NON	NON		(atolls)	A
									(atolls surélevés)	B
type d'action karstique	Codee	1	Alpha			NON	NON		(lapiez)	A
									(doline ferrugineuse)	B
									(doline)	C
									(polje)	D
									(karst calcaire)	E
									(karst péridotique)	F
type d'action volcanique	Codee	1	Alpha			NON	NON		(planâze)	A
									(coulée de lave)	B
									(cône volcanique)	C
									(cratère)	D
									(champs de scories)	E
									(nappe de cendres)	F
									(caldeira)	G
									(lahar)	H

QUESTIONNAIRE

LIGELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
type d'action domaine cadastré	Codee	1	Alpha			NON	NON		(sabbha) (chott)	A B
type de déplacements sur versant	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		(éboulis) (terrasses) (coulées boueuses) (coulées de solifluxion) (cones d'éboulis) (mouvements de masses) (loupes de glissement) (niches de décollement) (ravins) (ravineaux) (colluvionnement)	A B C D E F G H I J K
emplacement profil sur la forme	Codee	1	Alpha			NON	NON		au fond au pied au 1/3 inférieur à mi pente au 1/3 supérieur au sommet périphérie au sommet centre au centre en bordure en raccord. avec forme voisine	A B C D E F G H I J
Pente :	Libre	2	Num			NON	NON			
Facette topographique :	Titre									
longueur :	Libre	4	Num			NON	NON			
morphologie longitudinale	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON			
regularite	Codee	1	Alpha			NON	NON		A replat, Concave, Convexe, Rectiligne, Complexe,	A B C D E
Elements rocheux sur la facette	Codee	1	Alpha			NON	NON		régulier. irrégulier.	A B
importance en pourcentage type d'elements rocheux	Libre Codee	2 1	Num Alpha			NON NON	NON NON		Non Oui.	N D
dimension de l'element en a de nature	Libre Libre	4 25				NON NON	NON NON		en plaque en chaos en chicots en blocs épars en dos de baleine en affleurements ruiniformes	A B C D E F
Erosion actuelle :	Titre									
importance	Codee	1	Alpha			NON	NON		nulle faible moyenne	A B C

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	N° ITE	TYPE ITE	RECUP	DEBBIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPOSE EN CLAIR	REPOSE CODES
TYPE d'écoulement	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON		NON		forte	D
										en dalle en dalle ravinante. en ravines. en rigoles. en écaille. éolienne.	A B C D E F
Aspect général : importance	Titre Codee	1	Alpha			NON		NON		nulle faible moyenne forte	A B C D
type d'apport	Codee	1	Alpha			NON		NON		par ruissellement. submersion. fluviale. marin. éolien. éboulis.	A B C D E F
Situation du profil sur facette	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON		NON		sur la zone concave sur la zone convexe sur la zone plane sur la zone complexe entre les affleurements près des affleurements sur la partie supérieure sur la partie inférieure sur la partie médiane	A B C D E F G H I
GEOLOGIE description Roches :	Titre Titre Codee	1	Alpha			NON		NON		crystalline grenue volcanique massive volcanique meuble métamorphique sédimentaire cohérent sédimentaire meuble	A B C D E F
caractère chimique	Codee	1	Alpha			NON		NON		acide. alcaline. basique. ultrabasique. salin. acide et alcalin.	A B C D E F
complément de description Roches divers (4x30c)	Titre Libre Titre Libre	30	Alpha			NON		NON			
MICRONODELE description	Titre Libre	30	Alpha	4	Normale	NON		NON			
micromodelle et quantification	Titre Codee	5	Alpha	3	Normale	NON		NON	MICR001	Anastoclinae Artéclinae	ANAST ARTEC

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP BOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									Bathoclinae Dictyocline Dolichocline Isocline Kélecline Mastoclinae Scalocliae	BATHO DICTY DOLIC ISOCL KELEC MASTO SCALO
compléments de description autres (4*30c)	Titre Titre Libre	30	Alpha	4	Normale	NON	NON			
HYDROLOGIE description écoulement d'eau	Titre Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		cours d'eau permanent cours d'eau intermittent sans cours d'eau	A B C
REGIME HYDRIQUE commentaires (4*30c)	Titre Titre Libre	30	Alpha	4	Normale	NON	NON			
VEGETATION description formation végétale nom de la formation (3*30c)	Titre Titre Titre Titre Libre	30	Alpha	3	Normale	NON	NON			
taxons dominants (4*30c)	Titre Libre	30	Alpha	4	Normale	NON	NON			
description structurale siraie	Titre Codee	1	Alpha	6	Normale	NON	NON			
									Strate N° 1 : Strate N° 2 : Strate N° 3 : Strate N° 4 : Strate N° 5 : Strate N° 6 :	1 2 3 4 5 6
hauteur de la siraie en metres phytotypes et quantification	Libre Codee	4 5	Alpha	4	Speciale	NON NON	NON NON	PHYT001		
									Bryophytion Epiphytton Gramophytton Kortophytton Monophytton Mycophytton Néophytton Paliphytton Pénéphytton Phorophytton Phycophytton Pliéophytton Prophytton Ptéridophytton	BRIOP EPIPH GRAMO KORTO MONOP MYCOP NEOPH PALIP PENEP PHORO PHYCO PLEIO PROP PTERI
taxons dominants	Libre	30	Alpha			NON	NON			
taxons dominants (suite)	Libre	30	Alpha			NON	NON			
structure de cette siraie	Titre									
structure et quantification	Codee	5	Alpha	4	Normale	NON	NON	VEGE001	Acloide, Aéroide,	ACLOI AEROI

QUESTIONNAIRE

Page : 6

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP BOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
densité d. couvert vegetal	Codee	1	Alpha			NON	NON		Hemiclorde, Mésoide, Phlogoide, Taxoide.	HEMIC MESOI PHLOG TAXOI
									oligophique. oligoclarophique. clarophique. claroisophique. isophique. isotomaphique. stomaphique. stomacéistophique. cléistophique.	A B C D E F G H I
commentaires état de la végétation (2*30c)	Titre Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
infos. complémentaires (2*30c)	Titre Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
OCCUPATION DES TERRES description type d'utilisation.	Titre Titre Codee		Alpha			NON	NON		Aucune utilisation. Utilis. urbaine & villageoise. Utilisation forestière. Utilisation pastorale, Utilisation agricole, Utilis. agricole & pastorale, Utilis. agricole & forestière, Utilis. pastorale, forestière.	A B C D E F G H
edif. anthropique environnement type de modification (suite)	Titre Libre	30	Alpha			NON	NON			
Ancienneté de l'occupation.	Codee	1	Alpha			NON	NON			
									inconnue, très récente (< 3 ans), récente (3 à 10 ans), ancienne (10 à 30 ans), très ancienne (> 30 ans).	A B C D E
continue	Codee	1	Alpha			NON	NON		Continue. Discontinue.	A B
systeme de culture	Codee	1	Alpha			NON	NON		Monoculture Polyculture	A B
mode cultural	Codee	1	Alpha			NON	NON		intensive. extensive. itinerante.	A B C
type de culture (2*30c)	Titre Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
travaux de sol liste des préparations (2*30c)	Titre Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
assainissement	Codee	1	Alpha			NON	NON		Pas d'assainissement.	N

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP COSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
type d'assainissement: (2*30c)	Titre								Avec assainissement	0
irrigation	Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
	Codee	1	Alpha			NON	NON			
type d'irrigation (2*30c)	Titre								Pas d'irrigation.	N
Engrais :	Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON		Avec irrigation	0
	Codee	1	Alpha			NON	NON			
informations engrais (2*30c)	Titre								Pas d'apports.	N
Pesticides, herbicides :	Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON		Avec apports	0
	Codee	1	Alpha			NON	NON			
info. pesti/herbicides (2*30c)	Titre								Pas d'apports.	N
commentaires cultures (4*30c)	Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON		Avec apports	0
	Codee	1	Alpha			NON	NON			
LE SOL	Titre									
description du sol	Libre	30	Alpha	4	Normale	NON	NON			
horizon	Codee	2	Alpha	15	Normale	NON	NON			
								N° 1		1
								N° 2		2
								N° 3		3
								N° 4		4
								N° 5		5
								N° 6		6
								N° 7		7
								N° 8		8
								N° 9		9
								N° 1		01
								N° 2		02
								N° 3		03
								N° 4		04
								N° 5		05
								N° 6		06
								N° 7		07
								N° 8		08
								N° 9		09
								N° 1		1
								N° 10		10
								N° 11		11
								N° 12		12
								N° 13		13
								N° 14		14
								N° 15		15
								N° 2		2
								N° 3		3
								N° 4		4
								N° 5		5
								N° 6		6
								N° 7		7
								N° 8		8
								N° 9		9

# QUESTIONNAIRE

Page : 8

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
repense numero horizon	Titre									
limites	Titre									
limite superieure en cm	Libre	4	Alpha			NON	NON			
limite inferieure en cm	Libre	4	Alpha			NON	NON			
mesotaxe / geotypes / phytotype	Codee	5	Alpha	10	Speciale	NON	NON	PED0001	Alterite Arunite Bioferon Cryptase Cutanon Dermilite Dossabion Ecluton Entaféron Humite Hydrophyse Lapidon Levetton Melanubite Nécrophytion Nécromite Oxydon Réduction Rhizage Rhizophyse Séméton Stérile Structichron Téphralite Topolite Vertichron	ALTER ARUNI BIOFE CRYP? CUTAN DERMI DOXAB ECLUT ENTAF HUMIT HYORD LAPID LEUCI MELAN NECRO NECRU OXYDC REDUC RHIZA RHIZO SEMET STERI STRUC TEPHR TOPCL VERT.
nature de l'oxydon	Codee	1	Alpha			NON	NON		Ferrique Alumonique Manganique Chromique Cobaltique Nickellifère	A B C D E F
redotype meuble	Titre									
couleur	Libre	30				NON	NON			
couleur	Libre	30				NON	NON			
texture	Titre									
type de texture	Codee	3	Alpha			NON	NON		Argileux. Très argileux. Argilo-limoneux. Argilo-sableux. Argileux faibl lim-sableux. Argileux faiblement sableux. Limoneux. Limone-argileux. Limone-argilo-sableux. Limoneux faiblement argileux. Limoneux faibl arg-sableux. Limoneux faiblement sableux. Sableux.	A AA AL AS As As L LA LAS La Las Ls S

QUESTIONNAIRE

Page : 9

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP OBSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									Sablo-argileux, Sablo-Limoneux, Sablo-Taiblement argileux, Sableux faibl. arg-limoneux,	SA SL Sa Sai
type de sable	Codee	1	Alpha			NON	NON		sables fins, sables grossiers, sables fins et grossiers,	A B C
nature des sables	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		oxydiques, ferroxydiques, chromiques, organiques, siliceux, micacés, carbonaté (ca), carbonaté (mg),	A B C D E F G H
état d'humidité	Codee	1	Alpha			NON	NON		Sec, Frais, Humide, Très humide,	A B C D
cohésion	Codee	1	Alpha			NON	NON		bouillant, très meuble, meuble, assez cohérent, cohérent, très cohérent.	A B C D E F
Structure :	Codee	3	Alpha	3	Spéciale	NON	NON	STRU001	Aliaclode Amérode Anguclode Aroclode Cuboclode Gruoclode Lépiclode Nuciclode Prismoclode Psammoclode Sphénoclode Styloclode Pauciclode	ALIAI AMERO ANGUC AROCL CUBOC GRUOC LEPIC NUCIC PRISM PSAMR SPHEN STYLG PAUCI
taille des faces	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Centi (< 2cm), Mésa (2cm - 7,5 cm), Macro (7,5cm - 20cm), Méga (20cm - 50cm), Giga (> 50 cm),	A B C D E
taille de la structure	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Milli (< 2 mm), Centi (2 mm - 2 cm), Mésa (2 cm - 7,5 cm), Macro (7,5 cm - 20cm), Méga (20 cm - 50 cm), Giga (> 50 cm),	A B C D E F

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP	DOSSIER	RECUP	HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
surfaces structurales	Codee	1	Alpha			NON		NON			Non Oui	N O
forme	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON		NON			planes, quelconques, saccellonnées, convexes et concaves,	A B C D
aspect	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON		NON			lisse, lucique, strié, granuleux.	A B C D
porosite	Titre											
importance porosite	Codee	1	Alpha			NON		NON			Agrégat non poreux, Agrégat très peu poreux, Agrégat peu poreux, Agrégat poreux, Agrégat très poreux,	A B C D E
type de porosite	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON		NON			tubulaire vésiculaire	A B
taille des pores	Codee	1	Alpha	J	Normale	NON		NON			(Micro < 0,5 nm). (Milli. 0,5 nm - 2 nm). (Centi > 2 nm).	A B C
consistance	Titre											
état d'humidité	Codee	1	Alpha			NON		NON			Sec Frais Humide	A B C
fragilité (état sec)	Codee	1	Alpha			NON		NON			Non fragile. Peu fragile. Fragile. Très fragile.	A B C D
friabilité (état frais)	Codee	1	Alpha			NON		NON			Non friable. Peu friable. Friable. Très friable.	A B C D
élasticité (état humide)	Codee	1	Alpha			NON		NON			Non plastique, Peu plastique, Plastique, Très plastique,	A B C D
sensitivité (état humide)	Codee	1	Alpha			NON		NON			Non collant. Peu collant. Collant. Très collant.	A B C D
Rétention d'eau	Codee	1	Alpha			NON		NON			nulle. faible. moyenne.	A B C

QUESTIONNAIRE

Page : 11

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
densité apparente (estimée)	Codee	1	Alpha			NON	NON		forte. faible. moyenne. élevée.	D A B C
aiffervescence :	Codee	1	Alpha			NON	NON		nulle. faible. moyenne. élevée.	A B C D
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		Sans distribution relative Avec distribution relative	A B
forme	Codee	1	Alpha			NON	NON		En taches équantes, En taches allongées, En réseau orthogonal, En réseau quelconque, En poches, En ponctuations, De forme complexe, En taches irrégulières,	A B C D E F G H
type	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Trainées, Raies, Bandes, Langues,	A B C D
orientation	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		verticales, horizontales, obliques, orthogonales, quelconques,	A B C D E
dimension:	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		millimétriques, centimétriques, décimétriques,	A B C
nettete	Codee	1	Alpha			NON	NON		peu nettes, nettes, très nettes,	A B C
localisation	Codee	1	Alpha			NON	NON		associé faces structurales. associé aux vides. associé au réseau. associé au mélanomite. associé à l'humite. associé à l'arumite. associé au structichron. associé au vertichron. associé au réduction. associé à l'oxydon. associé à l'altérite. associé au lapidon. associé au stérite. associé au rhizagé.	A B C D E F G H I J K L M N

QUESTIONNAIRE

Page : 12

LIBELLE QUESTION	NATURE	DIMENSION	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	SECUR. DOSSIER	RECUP	HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
										associé au rhizophyse, associé au pédatype dominant, sans association.	G P Q
géotype entaferon origine :	Titre Codee	1	Alpha			NON		NON		par gravité, éolienne, marine, alluvial, colluvial, volcanique, glacière, non déterminé.	A B C D E F G H
granoclassement	Codee	1	Alpha			NON		NON		granoclassé. non granoclassé.	A B
granulométrie et quantification classe granulométrique	Titre Codee	5	Alpha	3	Normale	NON		NON	ENTAFO01	Arénite Lutite Ardite	ARENIT LUTIT ARDIT
taille de l'ardite	Codee	1	Alpha	5	Normale	NON		NON		Centi (2mm - 2cm), Mésa (2cm - 7.5cm), Macro (7.5cm - 20 cm), Méga (20 cm - 50 cm), Giga (> 50 cm),	A B C D E
nature de l'entaferon	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON		NON		quartzeux. oxydique. micacé. carbonaté. corallien. coquillier. régolique. altéréolique. indéterminé.	A B C D E F G H I
caractères régolique & altéréolique nom de la roche	Libre	25	Alpha			NON		NON			
taille de l'arénite	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON		NON			
nature de l'entaferon	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON		NON		micro (50 - 200 µm), macro (0.2mm - 2mm),	A B
caractères régolique & altéréolique nom de la roche	Libre	25	Alpha			NON		NON		quartzeux. oxydique. micacé. carbonaté. corallien. coquillier. régolique. altéréolique indéterminé.	A B C D E F G H I
cohésion	Codee	1	Alpha			NON		NON		boulant,	A

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
porosité	Codee	1	Alpha			NON	NON		très meuble, meuble, assez cohérent, cohérent, très cohérent,	B C E F
taille du lutite	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		non poreux, très peu poreux, peu poreux, poreux, très poreux,	A B C D E
consolid	Codee	1	Alpha			NON	NON		micro (< 20 µm), macro (20 - 50 µm),	A B
porosité	Codee	1	Alpha			NON	NON		boulant, très meuble, meuble, assez cohérent, cohérent, très cohérent,	A B C D E F
redotype lapidon caractéristiques pétrotype critère dureté et quantification	Titre Titre Codee	5	Alpha	3	Normale	NON	NON	LAPI001	non poreux, très peu poreux, peu poreux, poreux, très poreux,	A B C D E
granulométrie et quantification classe granulométrique	Titre Codee	5	Alpha	2	Normale	NON	NON	LAPI002	Petro Duri Fragi Fauci	PETRO DURI FRAGI FAUCI
type des éléments	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Arénite Rudite	ARENI RUDIT
caractères spécifiques nom de la roche rétention d'eau	Titre Libre Codee	30 1	Alpha Alpha			NON NON	NON NON		Concrétions : Nodule avec cortex : Nodule sans cortex : Fragment de stérile : Régolite : Altérégolite :	A B C D E F
caractères généraux éléments dimension éléments	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		avec rétention d'eau, sans rétention d'eau,	A B
									milliaréolite (< 2mm), centirudite (2mm - 2cm), nésorudite (2cm - 7.5cm), macrorudite (7.5cm - 20cm),	A B C D

QUESTIONNAIRE

Page : 14

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP BOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
morphologie externe foras:	Titre Codée	:	Alpha	2	Normale	NON	NON		gigarudite (20cm - 50cm), gigarudite (>50cm),	E F
									de forme anguleuse, de forme énoyée, de forme arrondie, de forme ovoïde, de forme allongée, de forme aplatie, de forme mamelonnée, de forme amygdaloïde, de forme réniforme, de forme lenticulaire, de forme quelconque,	A B C D E F G H I J K
aspect des éléments	Codée	:	Alpha			NON	NON		lisse. patiné. strié. irrégulier. bulleux.	A B C D E
nature des éléments (s ou n)	Codée	:	Alpha			NON	NON		Non Oui	N O
nature des éléments	Codée	:	Alpha			NON	NON		quartzeux. siliceux. oxydique. ferroxydique. aluminique. manganique. chromique. phosphaté. carbonaté (Ca). carbonaté (Mg).	A B C D E F G H I J
morphologie interne type	Titre Codée	:	Alpha			NON	NON		concentrique, lamellaire, circonvoluté, continu, indifférencié,	A B C D E
présence organisation particulière	Codée	:	Alpha			NON	NON		Non Oui	N O
présence organisation particulière	Codée	:	Alpha			NON	NON		Présence de grains de quartz. Présence d'organismes oxydiques, Présence de cutanone, Présence de sénétone,	A B C D
nature des oxydiques	Codée	:	Alpha			NON	NON		ferroxydique. manganique. aluminique. chromique.	A B C D
nature du cutanone	Codée	:	Alpha			NON	NON		ferranone.	A

QUESTIONNAIRE

Page : 15

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	N° LITE	TYPE LITE	RECUP BOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									organoferranes. ferriargilanes. sesquanes. manganés. quartzanes. silanes. argilanes.	B C D E F G H
type de caement	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		crystallarias. pellicules.	A B
nature des cristallarisés	Codee	1	Alpha			NON	NON		salins. gypseux. oxydiques. aluminiques. manganiques. siliceux.	A B C D E F
nature des pellicules	Codee	1	Alpha			NON	NON		manganiques. siliceux. ferroxydiques. aluminiques.	A B C D
situation	Codee	1	Alpha			NON	NON		A la surface du sol Dans le sol A la surface et dans le sol	A B C
à la surface du sol état éléments du pseudotype	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		Eléments libres. Eléments enchassés. Eléments libres et enchassés.	A B C
continue	Codee	1	Alpha			NON	NON		Pédophte continu, Pédotype discontinu,	A B
Localise	Codee	1	Alpha			NON	NON		sans localisation définie. localisé dans parties concaves localisé dans parties convexes localisé dans les fentes. lié à la végétation. lié au stérile. lié au dermalite.	A B C D E F G
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		Sans distribution relative Avec distribution relative	A B
forme	Codee	1	Alpha			NON	NON		en volume allongées, en poches, en volume de formes complexes,	A B C
type de forme allongée	Codee	1	Alpha			NON	NON		raies, bandes, trainées, langues,	A B C D
orientation	Codee	1	Alpha			NON	NON		verticales,	A

# QUESTIONNAIRE

Page : 16

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE								
dimension:	Codee	1	Alpha			NON	NON		horizontales,	B								
									obliques,	C								
									entrecroisés,	D								
netteté	Codee	1	Alpha			NON	NON		millimétrique,	A								
									centimétrique,	B								
									décimétrique,	C								
localisation	Codee	1	Alpha			NON	NON		peu nette,	A								
									nette,	B								
									très nette,	C								
sedotype sterite sureté et quantification	Titre Codee	3	Alpha	3	Normale	NON	NON	STERIOO1	dans les fentes.	A								
									dans les cavités.	B								
									dans les chenaux.	C								
									dans les agrégats.	D								
									associé au structichron.	E								
									associé au vertichron.	F								
									associé au réduction.	G								
									associé à l'oxydon.	H								
									associé à l'altérita.	I								
									associé au leuciton.	J								
									associé au bioferon.	K								
									associé à l'humite.	L								
									associé au mélanonite.	M								
									associé à l'arumite.	N								
associé au sénéton.	O																	
associé au rhizagé.	P																	
associé au sterite.	Q																	
associé au dermilite.	R																	
								Petro (Sterite)	PETRO									
								Duri (Sterite)	DURI									
								Fragi (Sterite)	FRAGI									
								Pauci (Sterite)	PAUCI									
type de sterite	Codee	1	Alpha			NON	NON		Simple.	A								
									Complexe.	B								
sterite simple Structure du sterite	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		de structure indifférenciée,	A								
									de structure circonvolutionnée	B								
									de structure cutanique,	C								
									de structure lamellaire,	D								
									de structure continue,	E								
									de structure stratifiée,	F								
									de structure vacuolaire,	G								
									de structure scoriacée,	H								
									de structure feuilletée,	I								
									de structure massive,	J								
									de structure rubanée,	K								
																	oxydique.	A
																	ferreuxique.	B
								aluauxique.	C									
nature de sterite	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON											

QUESTIONNAIRE

Page : 17

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									manganique. chromique. carbonaté (Ca). carbonaté (Mg). siliceux. gypseux. salin.	D E F G H I J
stérilité complexe classe granulométrique	Titre Codee	5	Alpha	2	Normale	NON	NON	STER1002	arénite rudite	AREN1 RUDIT
Eléments figurés : dimension des éléments	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		milliarénite (< 2mm), centirudite (2mm - 2cm), néorudite (2cm - 7.5 cm), macrorudite (7.5 cm - 20 cm), mégarudite (20 cm - 50 cm), gigarudite (> 50 cm),	A B C D E F
type des éléments	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Concrétions : Nodule avec cortex : Nodule sans cortex : Fragment de stérilité : Régolite : Altérégalite :	A B C D E F
régalite ou altérégalite non de la roche rétention d'eau	Titre Libre Codee	30 1	Alpha Alpha			NON NON	NON NON			
caractères généraux éléments	Codee	1	Alpha			NON	NON		avec rétention d'eau, sans rétention d'eau,	A B
nature des éléments	Codee	1	Alpha			NON	NON		Non Oui	N D
									quartzeux. siliceux. oxydique. ferroxydique. aluminosiliceux. manganique. chromique. phosphaté. carbonaté (Ca). carbonaté (Mg).	A B C D E F G H I J
Morphologie interne : type	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		concentrique. lamellaire. circonvolutionné. continu. indifférencié. complexe.	A B C D E F
présence organisation particulière	Codee	1	Alpha			NON	NON		non. Oui :	N D

## QUESTIONNAIRE

Page : 18

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
presence organisation particuliere	Codee	1	Alpha			NON	NON		presence de grains de quartz. presence d'organis. oxydique, presence de cutanon, presence de santon,	A B C D
nature des oxydiques	Codee	1	Alpha			NON	NON		ferroxiq. manganique. aluminique. chromique.	A B C D
nature du cutanon	Codee	1	Alpha			NON	NON		ferranes. organoferranes. ferriargilanes. sesquanes. mangananes. quartzanes. silanes. argilanes.	A B C D E F G H
type de santon	Codee	1	Alpha			NON	NON		crystallarias, pellicules,	A B
nature des cristallarias	Codee	1	Alpha			NON	NON		salins. gypseux. oxydiques. aluminiques. manganiques. siliceux.	A B C D E F
nature des pellicules	Codee	1	Alpha			NON	NON		manganiques. siliceux. ferroxiq. aluminiques.	A B C D
Ciment : structure du ciment	Titre Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		a structure indifférenciée, a structure circonvolutionnée, a structure cutanique, a structure stratifiée, a structure continue, a structure feuilletée, a structure massive, a structure rubanée,	A B C D E F G H
nature du ciment	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		oxydique. ferroxiq. aluminique. manganique. chromique. carbonaté (Ca). carbonaté (Mg). siliceux. gypseux. salin.	A B C D E F G H I J
vides	Titre									

QUESTIONNAIRE

Page : 19

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
vides soit ou non	Codee	1	Alpha			NON	NON		Non Oui	N O
Volume des vides	Codee	1	Alpha			NON	NON		nul. très faible : faible : assez important : important : très important :	A B C D E F
type de vide	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		lissures fentes chambres canaux vésicules	A B C D E
orientation fentes et fissures	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		horizontale verticale oblique quelconque	A B C D
dimension des vides	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		(Micro < 0,5 mm). (Milli 0,5 mm - 2 mm). (Centi 2 mm - 2 cm). (Meso 2 cm - 7,5 cm). (Macro 7,5 cm - 20 cm).	A B C D E
provoque eclution nature de l'eclution	Titre Codee	5	Alpha	2	Normale	NON	NON	ECLU02	Arunique. Humique. Mélanumique. Oxydique. Structichromique.	ARUMI HUMIQ MELAN OXYDI STRUC
couleur localisation	Libre Codee	30 1	Alpha	2	Normale	NON NON	NON NON		Sans localisation définie, Localisé dans parties concaves Localisé dans parties convexes Localisé dans les fentes, Lié à la végétation,	A B C D E
origine de l'eclution	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		du aux pratiques culturales. du aux feux. du à l'alternance climatique. du à des causes indéfinies.	A B C D
texture.	Codee	3	Alpha			NON	NON		Argileux. Icés argileux. Argilo-limoneux. Argilo-sableux. Argileux faibl lia-sableux. Argileux faiblement sableux. Limoneux. Limono-argileux. Limono-argilo-sableux.	A AA AL AS AIs As L LA LAS

QUESTIONNAIRE

Page : 20

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP	DOSSIER	RECUP	HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
											Limoneux faiblement argileux. Limoneux faibl arg-sableux. Limoneux faiblement sableux. Sableux. Sable-argileux. Sable-limoneux. Sable-faiblement argileux. Sableux faibl. arg-limoneux.	La Ls Ls S SA SL Sa Sal
structure et quantification	Codee	5	Alpha	2	Normale	NON		NON		ECLU001	Anguclide Araclide Grunoclide Lepiclude Nuciclude	ANGUC AROCL GRUNO LEPIC NUCIC
dimension des agregats	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON		NON			(Milli < 2mm), (Centi 2mm - 2cm), (Meso 2cm - 7.5cm), (Macro 7.5cm - 20cm), (Mega > 20cm),	A B C D E
description faces structurales	Codee	1	Alpha			NON		NON			Non Oui	N O
forme	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON		NON			plane, quelconque, amelioré, convexe et concave,	A B C D
aspect	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON		NON			lisse. lucique. strid. granuleux. lucique et strid.	A B C D E
consistance humidite	Titre Codee	1	Alpha			NON		NON			Frais Sec Humide Très humide	A E C D
fragilite (etat sec)	Codee	1	Alpha			NON		NON			non fragile. peu fragile. fragile. très fragile.	A B C D
friabilite (etat frais)	Codee	1	Alpha			NON		NON			non friable. peu friable. friable. très friable.	A B C D
plasticite (etat humide)	Codee	1	Alpha			NON		NON			non plastique, peu plastique, plastique, très plastique,	A B C D
adhesivite (etat humide)	Codee	1	Alpha			NON		NON			non collant.	A

QUESTIONNAIRE

Page : 21

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									peu collant. collant. très collant.	B C D
pedotyp: semeton type de semeton:	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Pseudococellium. Dendrites. Efflorescences. Ponctuations. Voluées friables. Voluées durcis. Pellicules. Pedodes. Crustallaries.	A B C D E F G H I
organisation des crustallaries	Codee	1	Alpha			NON	NON		Tubes cristallins. Chambres cristallines. Feuilles cristallines. Cristaux intercalaires.	A B C D
NATURE DU SEMETON	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		évaporitique. salin. gypseux. carbonaté (Ca). carbonaté (Mg). oxydique. ferroxydique. aluminique. manganique. siliceux. phosphaté. structichronique.	A B C D E F G H I J K L
dimension	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		micro (< 0,5mm). milli (0,5mm - 2mm). centi (2mm - 2cm). déci (> 2cm).	A B C D
distribution relative	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		en relation avec le squelette, en relation avec le lapidon, en relation avec le stérite, en relation avec l'altérite, en relation avec structichron, en relation avec le vertichron, en relation avec le réducton, en relation avec l'oxydon, en relation avec l'huaité, en relation avec le melanumite en relation avec l'arumite, en relation avec le leuciton, en relation avec la porosité, en relation avec les vides,	A B C D E F G H I J K L M N
localisation	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		sans localisation définie. dans les fentes. dans les cavités.	A B C

QUESTIONNAIRE

Page : 22

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP	DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
										dans les chenaux. dans les agrégats. dans les éléments du Lapidon. dans les faces du Lapidon. sur toutes faces des agrégats. sur les faces horizontales. sur les faces obliques. sur les faces inférieures. sur les faces supérieures.	D E F G H I J K L
susceptibilité à l'alterite couleur texture	Titre Libre Codee	30 3	Alpha	3	Normale	NON	NON	NON	NON		
										Argileux. Très argileux. Argilo-limoneux. Argilo-sableux. Argileux faibl lin-sableux. Argileux faiblement sableux. Limoneux. Limono-argileux. Limono-argilo-sableux. Limoneux faiblement argileux. Limoneux faibl arg-sableux. Limoneux faiblement sableux. Sableux. Sable-argileux. Sable-limoneux. Sable-faiblement argileux. Sableux faibl. arg-limoneux.	A AA AL AS As L LA LAS La Las Ls S SA SL Sa Sal
cohesion	Codee	1	Alpha			NON		NON			
										Boulant. Très meuble. Meuble. Assez cohérent. Cohérent. Très cohérent.	A B C D E F
porosité importance	Titre Codee	1	Alpha			NON		NON			
										Non poreux. Très peu poreux, Peu poreux, Poreux, Très poreux,	A B C D E
type de porosité	Codee	1	Alpha			NON		NON			
										Tubulaire Vésiculaire	A B
dimension des pores	Codee	1	Alpha			NON		NON			
										(Micro < 0.5µm). (Milli 0.5µm - 2µm). (Centi > 2µm).	A B C
retention d'eau	Codee	1	Alpha			NON		NON			
										nulle. faible. moyenne. forte.	A B C D
effervescence	Codee	1	Alpha			NON		NON			
										nulle.	A

QUESTIONNAIRE

Page : 23

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		faible. moyenne. forte.	B C D
force	Codee	1	Alpha			NON	NON		Sans distribution relative Avec distribution relative	A B
type	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		En taches équantes, En taches allongées, En réseau orthogonal, En réseau quelconque, En poches, En ponctuations, De forme complexe, En taches irrégulières,	A B C D E F G H
orientation	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		En trainées, En raies, En bandes, En langues,	A B C D
dimension	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		verticales, horizontales, obliques, orthogonales, quelconques,	A B C D E
échelle	Codee	1	Alpha			NON	NON		millimétrique, centimétrique, décimétrique,	A B C
localisation	Codee	1	Alpha			NON	NON		peu nette, nette, très nette,	A B C
									associé faces structurales. associé aux vides. associé au réseau. associé au mélanomite. associé à l'humite. associé à l'arumite. associé au structichron. associé au vertichron. associé au réduction. associé à l'oxyd. associé à l'altérite. associé au lapidon. associé au stérite. associé au rhizagé. associé au rhizophyse. associé au pédotype dominant. sans association.	A B C D E F G H I J K L M N O P Q
pegotype de maille	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		Pelliculaire, Vacuolaire,	A B

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP POSSIBLE	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
continue	Codee	1	Alpha			NON	NON		Lié, Complexe,	C D
nettoyé	Codee	1	Alpha			NON	NON		Continue, Discontinue,	A B
concret	Codee	1	Alpha			NON	NON		peu net, net, très net,	A B C
porosité importante de la porosité	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		peu cohérent, assez cohérent, cohérent, très cohérent,	A B C D
type des pores	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		non poreux. très peu poreux peu poreux poreux très poreux	A B C D E
taille des pores	Codee	1	Alpha			NON	NON		tubulaire vésiculaire.	A B
granulosité et quantification	Codee	2	Alpha	2	Spéciale	NON	NON	DERN1001	(Micro < 0.5mm) (Milli 0.5mm - 2mm). (Centi > 2mm).	A B C
taille du lutite	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Arenite Lutite	ARENITE LUTITE
taille de l'arenite	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Micro ( 0 - 20 mm) Macro ( 20 - 50 mm)	A B
nature du dornilite	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Micro ( 50 - 200 mm) Macro ( 200 mm - 2 m)	A B
localisation du dornilite	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		argileux, limoneux, micacé, quarzeux, oxydique, algueux,	A B C D E F
distribution relative	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		sans localisation définie, localisé dans parties concaves localisé dans parties convexes localisé dans les fentes, lié à la végétation,	A B C D E
pedotype Bioferon continue	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		lié au lapidon, lié au nécrophyton, sans distribution particulière	A B C
									Continu.	A

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
type de bioferon	Codee	1	Alpha	1	Normale	NON	NON		Discontin.	E
tubules	Codee	1	Alpha			NON	NON		Tubules : Déjections :	A B
déjections	Codee	1	Alpha			NON	NON		orthotubules, métatubules, paratubules, isotubules, striolubules, granotubules, agrotubules,	A B C D E F G
nature quantification	Titre Codee	5	Alpha	2	Speciale	NON	NON	BIOFE001	copropédes, turricules, non reconnaissables, complexe,	A B C D
texture	Codee	3	Alpha			NON	NON		humique, leucitique, oxydique, structichromique,	HUMIC LEUCI OXYGI STRUC
situatira	Codee	1	Alpha			NON	NON		argileux. très argileux. argilo-limoneux. argilo-sableux. argileux (aibl) lin-sableux. argileux faiblement sableux. limoneux. limono-argileux. limono-argilo-sableux. limoneux faiblement argileux. limoneux faibl arg-sableux. limoneux faiblement sableux. sableux. sable-argileux. sable-limoneux. sable-faiblement argileux. sableux faibl. arg-limoneux.	A AA AL AS Als As L LA LAS La Las Ls S SA SL Sa Sal
localisation de surface	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		En surface Dans l'horizon	A B
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		sans localisation définie, localisé dans parties concaves localisé dans parties convexes localisé dans les fentes, lié à la végétation,	A B C D E
									associé au Dermilite. associé au Nécrophyton. associé au Nécromite. associé au Donabion. sans association particulière.	A B C D E

QUESTIONNAIRE

Page : 26

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
localisation dans l'horizon	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		sans localisation définie, dans les fentes, dans les cavités, dans les chenaux, dans les agrégats,	A B C D E
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		associé au Structichron. associé à l'Humite. associé au Réducton. associé au Vertichron. associé à l'Oxydon. associé à l'Alérite. associé au Leuciton. associé au Nécrumite. associé au Mélanomite. associé à l'Arumite. associé au Sénéton. associé au Rhizagé. associé au Stérile. associé au Nécrophtion. généralisée dans l'horizon.	A B C D E F G H I J K L M N O
geotype hydrophyse type d'hydrophyse	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON			
couleur	Codee	1	Alpha			NON	NON		Nappe perchée Nappe phréatique Nappe d'inferoflux Marin	A B C D
opacité	Codee	1	Alpha			NON	NON		incolore, coloré, très coloré,	A B C
texture	Codee	1	Alpha			NON	NON		limpide, trouble, très trouble,	A B C
acidité	Codee	1	Alpha			NON	NON		isodere, odorante,	A B
geotype cephalite organisation continue	Titre Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		douce. peu salée. salée.	A B C
dimension des éléments	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Continue Discontinue	A B
origine	Codee	1	Alpha			NON	NON		Eléments micro ( < 0.5mm ), Eléments milli ( 0.5mm - 2mm ), Eléments centi ( 2mm - 2cm ), Eléments méso ( 2cm - 7.5cm ), Eléments macro ( > 7.5cm ), anthropique,	A B C D E A

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP BOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
structure	Codee	1	Alpha			NON	NON		naturelle.	B
localisation de surface	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		En surface. Dans l'horizon	A B
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		sans localisation définie, localisé dans parties concaves localisé dans parties convexes localisé dans les fentes, lié à la végétation,	A B C D E
localisation dans l'horizon	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		associé au Dermalite. associé au Nécrophyton. associé au Nécruite. associé au Domabion. sans association particulière.	A B C D E
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		sans localisation définie, localisé dans les fentes, localisé dans les cavités, localisé dans les chenaux, localisé dans les agrégats,	A B C D E
									associé au Structichron. associé à l'Humite. associé au Réduction. associé au Vertichron. associé à l'Oxydon. associé à l'Altérite. associé au Leuciton. associé au Nécruite. associé au Mélanunite. associé à l'Arumite. associé au Sédéton. associé au Rhizagé. associé au Stérite. associé au Nécrophyton. généralisée dans l'horizon.	A B C D E F G H I J K L M N O
proctyse domabion type	Titre Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON			
bâti-seurs	Codee	1	Alpha			NON	NON		Terrier Galerie Chambre Edifice construit	A B C D
organisation	Codee	1	Alpha			NON	NON		(Vers). (Termites). (Fourmis). (Animaux fouisseurs).	A B C D
organisation	Codee	1	Alpha			NON	NON		Non Oui	N D
									espace. rapproché. très rapproché.	A B C

QUESTIONNAIRE

LIGELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NS. IFS	TYPE IFS	RECUP FOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
situation	Codee	1	Alpha			NON	NON		jointif.	C
localisation en surface	Codee	1	Alpha			NON	NON		A la surface du sol Dans l'horizon	A B
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		sans localisation définie, localisé dans parties concaves localisé dans parties convexes lié à la végétation,	A B C G
morphotype macrophyton organisation caractéristique	Titre Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		associé au structichron. associé au réducton. associé à l'oxydon. associé à l'altérite. associé au leuciton. associé au bioferon. associé à l'humite. associé au mélanomite. associé à l'arumite. associé au stécton. associé au vertichron. associé au rhizagé. associé au stérile. associé au dermilite.	A B C D E F G H I J K L M N
nature	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Continu, Discontinuo,	A B
fragmentation	Codee	1	Alpha			NON	NON		foliacé, ligneux, raccourci;	A B C
dimension des fragments	Codee	1	Alpha			NON	NON		fragmenté, non fragmenté,	A B
situation	Codee	1	Alpha			NON	NON		Micr (< 0.5mm ). Milli ( 0.5mm - 2mm ). Centi ( > 2mm ). Meso ( 2cm - 7,5cm ). Macro ( 7,5cm - 20cm ). Mega ( 20cm - 50cm ). Giga ( > 50cm ).	A B C D E F G
localisation de surface	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		En surface Dans l'horizon	A B
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		sans localisation définie, localisé dans parties concaves localisé dans parties convexes localisé dans les fentes, lié à la végétation,	A E C D E
									associé au Dermilite. associé au Téphralite.	A B

QUESTIONNAIRE

Page : 29

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									associé au Nécrumite. associé au Domabion; sans association particulière.	C D E
localisation dans l'horizon	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Sans localisation définie, localisé dans les fentes, localisé dans les cavités, localisé dans les cheneux, localisé dans les agrégats,	A B C D E
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		associé au Structichron. associé à l'Humite. associé au Réducton. associé au Vertichron. associé à l'Oxydon. associé à l'Albérite. associé au Leuciton. associé au Nécrumite. associé au Mélanumite. associé à l'Arumite. associé au Séséton. associé au Rhizagé. associé au Stérite. associé au Téphralite. généralisée dans l'horizon.	A B C D E F G H I J K L M N O
phénotype nécrumite forme	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Flocules, Granules, Fibril, Hémist, Saprist, Ensemble minéro-organiques,	A B C D E F
dimension	Codee	1	Alpha			NON	NON		Micro (< 0.5mm ); Milli ( 0.5mm - 2mm ), Centi ( 2mm - 2cm ),	A B C
continue	Codee	1	Alpha			NON	NON		Continue. Discontinue.	A B
situation	Codee	1	Alpha			NON	NON		En surface Dans l'horizon	A B
localisation de surface	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Sans localisation définie, localisé dans parties concaves localisé dans parties convexes localisé dans les fentes, lié à la végétation,	A B C D E
distribution relative	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		associé au dermilite. associé au nécrophyton. associé au bioféron. associé au domabion. sans association particulière.	A B C D E
localisation dans l'horizon	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Sans localisation définie,	A

QUESTIONNAIRE

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									localisé dans les fentes, localisé dans les cavités, localisé dans les chevaux, localisé dans les agrégats,	B C D E
existence relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		associé au structichron. associé à l'humite, associé au réducton. associé au vertichron. associé à l'oxydon. associé à l'altérite. associé au leuciton. associé au bioferon. associé au melanwaite. associé à l'arumite. associé au séméton. associé au rhizagé. associé au stérîte. associé au nécrophyton. généralisée dans l'horizon.	A B C D E F G H I J K L M N O
registre cutané type	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Argillane, Ferriargillane, Organoargillane, Sesquane, Ferrane, Mangane, Silane, Selwane, Squeletane,	A B C D E F G H I
épaisseur en mm simple ou composé	Libre Codee	2 1	Kua Alpha			NON NON	NON NON		simple, composé,	A B
couleur distribution relative	Libre Codee	30 1		2	Normale	NON NON	NON NON		Associé au structichron, Associé au vertichron, Associé au réducton, Associé à l'oxydon, Associé à l'altérite, Associé au leuciton, Associé au bioferon, Associé à l'humite, Associé au melanwaite, Associé à l'arumite, Associé au séméton, Associé au rhizagé, Associé au stérîte, Associé au dermilite, Associé au lapidon, En relation avec le squelette,	A B C D E F G H I J K L M N O P
localisation	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Sans localisation définie. Localisé dans les fentes.	A B

QUESTIONNAIRE

Page : 31

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
localisation sur faces structurales	Codee	1	Alpha			NON	NON		Localisé dans les cavités. Localisé dans les chenaux. Localisé faces structurales.	C D E
phytotype cryptage nature	Titre Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		Localisé sur toutes les faces. Localisé faces horizontales. Localisé faces verticales. Localisé faces obliques. Localisé faces inférieures. Localisé faces supérieures.	A B C D E F
taille	Codee	1	Alpha			NON	NON		Rhizomes, Bulbes, Tubercules,	A B C
orientation	Codee	1	Alpha			NON	NON		micro ( < 0,5mm ) milli ( 0,5mm - 2mm ) centi ( 2mm - 2cm ) mésop ( 2cm - 7,5cm ) macro ( 7,5cm - 20 cm ) méga ( 20 cm - 50 cm ) giga ( > 50 cm )	A B C D E F G
phytotype rhizage-rhizophyse localisation	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		horizontaux. verticaux. obliques. quelconques.	A B C D
à la surface du sol	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		A la surface du sol Dans le sol	A B
tailles	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		Micro ( < 0,5mm ), Milli ( 0,5mm - 2mm ), Centi ( 2mm - 2cm ), Mésop ( 2cm - 7,5cm ), Macro ( 7,5cm - 20cm ),	A B C D E
organisation	Codee	1	Alpha			NON	NON		en réseau, quelconque, sans organisation,	A B C
relations avec le micromodele	Codee	1	Alpha			NON	NON		scalocline, isocline, anastocline, artécline, dictyocline, sans relation ,	A B C D E F
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		associé au Dermilite. associé au Nécrophyton. associé au Leuciton. associé au Bioféron. associé au Donabion.	A B C D E

QUESTIONNAIRE

Page : 32

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP DOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
									associé au Nécruite. sans association particulière.	F G
casé (a ou b) tailles	Titre Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Micro ( 0,5mm ), Milli ( 0,5mm - 2mm ), Centi ( 2mm - 2cm ), Mèso ( 2cm - 7,5cm ), Macro ( 7,5cm - 20cm ),	A B C D E
orientation	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		horizontale, verticale, oblique, quelconque,	A B C D
localisation	Codee	1	Alpha			NON	NON		Localisé entre les agrégats, Pénétrant les agrégats, Revêtant les agrégats, Sans localisation définie,	A B C D
distribution relative	Codee	1	Alpha			NON	NON		associé au Structichron. associé au Vertichron. associé au Réducton. associé à l'Oxydon. associé à l'Altiérite. associé au Leuciten. associé au Bioféron. associé à l'Humite. associé au Mélanomite. associé à l'Arumite. associé au Stéatôn. associé au Stérite. associé au Lapidon. associé au Domabion. généralisée dans l'horizon.	A B C D E F G H I J K L M N O
secteur copelite	Titre									
nature de la roche	Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
caractères morphologiques	Libre	30	Alpha	2	Normale	NON	NON			
vides	Titre									
vides horizon (oui ou non)	Codee	1	Alpha			NON	NON		Non Oui	N D
Volume des vides	Codee	1	Alpha			NON	NON		oui. très faible, faible, assez important, important, très important,	A B C D E F
type de vide	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Vide d'entassement fissures fentes chambres canaux vésicules	A B C D E F

QUESTIONNAIRE

Page : 33

LIBELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NB. ITE	TYPE ITE	RECUP BOSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE CODEE
orientation fentes et fissures	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		horizontales, verticales, obliques, quelconques,	A B C D
localisation fentes et fissures	Codee	1	Alpha	2	Normale	NON	NON		débutant dans l'horizon, traversant l'horizon, se terminant dans l'horizon, limité à l'horizon,	A B C D
dimension des vides	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		Micro (< 0,5 mm). Milli (0,5 mm - 2 mm). Centi (2 mm - 2 cm). Méso (2 cm - 7,5 cm). Macro (7,5 cm - 20 cm).	A B C D E
association avec un pédotype	Codee	1	Alpha	3	Normale	NON	NON		associé au Lapidon. associé au Stérile. associé au Mélanumite. associé à l'Arunite. associé au Structichron. associé au Vertichron. associé au Réducton. associé à l'Oxydon. associé à l'Altérite. associé au Pédotype dominant.	A B C D E F G H I J
drainage interne horizon (o ou n)	Codee	1	Alpha			NON	NON		Non Oui	N D
Drainage interne	Codee	1	Alpha			NON	NON		nul. très lent. lent. moyen. rapide. très rapide.	A B C D E F
Transition transition (oui ou non)	Titre Codee	1	Alpha			NON	NON		Non Oui	N D
type de transition	Codee	1	Alpha			NON	NON		diffuse, graduelle, distincte, nette, très nette - contact direct,	A B C D E
continue	Codee	1	Alpha			NON	NON		continue, discontinue,	A B
forme	Codee	1	Alpha			NON	NON		rectiligne, sinuose,	A B
forme sinueuse	Codee	1	Alpha			NON	NON		ondulée, indentée,	A B

QUESTIONNAIRE

Page : 34

LISELLE QUESTION	NATURE	LONGUEUR	FORMAT	NO. ITE	TYPE ITE	RECUP COSSIER	RECUP HORIZON	PROGRAMME	REPONSE EN CLAIR	REPONSE COSEE
angle de bancal (en cm)	Libre	4	Non			NON	NON			
profil ou espacement (en cm)	Libre	4	Non			NON	NON			
régularité	Cotee	1	Alpha			NON	NON		régulière, irrégulière,	A B
inclinaison	Cotee	1	Alpha			NON	NON		Parallèle à la pente, Horizontale, Oblique.	A B C
écarts plans	Titre									
ECHANTILLON MICRO-DIAPHOLOGIE :	Libre	10	Alpha	3	Normale	NON	NON			
**** marquer les écarts ****	Titre									
ECHANTILLON ANALYSE CHIMIQUES	Libre	10	Alpha	3	Normale	NON	NON			
**** marquer les écarts ****	Titre									
commentaires échantillons	Libre	30	Alpha	3	Normale	NON	NON			
commentaires horizon	Libre	30	Alpha	3	Normale	NON	NON			
commentaires profil	Libre	30	Alpha	3	Normale	NON	NON			