

# **THESE de DOCTORAT de l'UNIVERSITÉ PARIS VI**

**Spécialité: Pédologie**

**présentée par ONGUENE MALA**

**pour obtenir le titre de docteur de l'université de Paris VI**

**Différenciations pédologiques dans la région de  
Yaoundé (Cameroun):  
Transformation d'un sol rouge ferrallitique en sol à horizon  
jaune et relation avec l'évolution du modelé.**

**Soutenue le 4, février 1993 devant le jury composé de :**

**M. G, PEDRO, Directeur de Recherches à l'I.N.R.A  
M. F.X, HUMBEL, Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M  
M.N. FEDOROFF, Maître - Assistant à l'I.N.A. G  
M. P. ROGNON, Professeur à l'université Paris VI  
M. B. VOLKOFF, Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M  
M. M. ROBERT, Directeur de Recherches à l'I.N.R.A**

**Président  
Rapporteur  
Rapporteur  
Examineur  
Examineur  
Examineur**

## Avant-propos

A la fin de plusieurs années de ce long travail, il m'est agréable d'exprimer toute ma gratitude à tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, ont contribué à sa réalisation.

Monsieur B. VOLKOFF, Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M, a manifesté un grand intérêt pour ce travail depuis 1987. Son soutien a été sans faille sur tous les plans : scientifique et financier. C'est lui qui m'avait trouvé les allocations de recherche auprès de l'O.R.S.T.O.M. Il a eu à discuter avec moi sur le plan, les résultats analytiques et la rédaction de ce travail. Je suis heureux de lui témoigner toute ma reconnaissance et respectueuse amitié.

Monsieur G. PEDRO, Directeur de Recherches à l'I N R A de Versailles, a bien voulu formuler le sujet de cette thèse, visiter mon site d'étude en 1988 et corriger certaines fautes de ce rapport. Il a accepté de présider mon jury. Je lui exprime ma sincère gratitude.

Monsieur F.X HUMBEL, Directeur de Recherches à l'O.R.S.T.O.M depuis 1987, m'avait donné l'idée d'aborder les transformations du sol rouge en sol jaune dans le Sud-Cameroun. Pour confirmer son souhait, il a accepté me conduire jusqu'à la thèse. J'ai bénéficié d'un environnement idéal à la recherche scientifique dans son bureau. Il a consacré son précieux temps à me donner des conseils scientifiques, à discuter avec moi lorsque je me trouvais devant un écueil. Il est devenu mon parrain scientifique. Son esprit et sa rigueur dans la démarche scientifique, sa manière d'émettre des hypothèses de travail ont suscité mon admiration. Je suis très heureux de pouvoir lui témoigner ma reconnaissance et ma respectueuse amitié. Pour moi, *c'est un grand maître.*

Monsieur N. FEDOROFF, Maître-Assistant à l'I.N.A Paris-Grignon que j'ai connu en 1989 lorsqu'il m'a appris à décrire et à interpréter les lames minces. Il ne s'est pas arrêté au niveau de l'enseignement. Il est allé plus loin, jusqu'à me donner les moyens de réaliser de l'ultra-microscopie à Versailles. Avec lui, j'ai fait énormément de photos de lames

minces. Je suis très heureux de pouvoir lui témoigner ici ma gratitude et ma respectueuse amitié.

Monsieur M. ROBERT, Directeur de Recherches à l'I.N.R.A de Versailles m'a aidé à déterminer la cristallinité des kaolinites, à différencier les halloysites au M.E.B, à faire les analyses thermopondérales et l'ultra-microscopie dans son laboratoire. Je suis aussi heureux qu'il ait accepté de juger ce travail et je l'en remercie vivement.

Monsieur P. ROGNON, Professeur à l'université Paris VI a accepté de discuter avec moi sur l'aspect érosion et relief de ce travail. Grâce à lui, j'ai remis en cause les résultats géomorphologiques de ma zone d'étude. Je lui exprime ma sincère gratitude.

Monsieur J. BONVALOT, Représentant de l'O.R.S.T.O.M à Yaoundé a toujours répondu positivement à toutes mes demandes d'aide. Il a intervenu auprès du consulat de France pour que mon épouse me rejoigne à Paris. Je suis très heureux de lui témoigner ma gratitude et ma respectueuse amitié.

Monsieur P. FAURE, chercheur à l'O.R.S.T.O.M, je lui exprime ma sincère gratitude pour m'avoir accordé des facilités tout au long de mon séjour à Bondy.

Madame MASCRET, secrétaire de direction à Bondy a accepté de m'inscrire à l'Université Paris VI pendant toutes les années où j'étais au Cameroun pour les travaux de terrain. Je l'en remercie très sincèrement.

Madame F. SEYLER, Chercheur à l'O.R.S.T.O.M, m'a aidé à réaliser l'inventaire des collines cuirassées et les points jaunes dans la région de Yaoundé. Elle m'a aussi inscrit, deux années successives, à l'Université Paris VI. Je suis heureux de lui témoigner ma profonde gratitude.

Mme E. DRIFFORT, à qui j'exprime ma gratitude pour son aide en matériel de dessin.

Tous les chercheurs de l'ORSTOM Bondy, en particulier Madame M,DELAUNE M. pour sa franche collaboration et son aide matérielle, Monsieur Y. BOULVERT. pour son aide à retrouver les différents documents sur le Cameroun, Mr BELLIER G. pour m'avoir initié à l'informatique.

Monsieur MVONDO ONDOUA, professeur à l'Université de Yaoundé, m'a permis d'effectuer à temps plein les observations au microscope optique dans son laboratoire. Je le remercie vivement.

J'ai bénéficié d'un environnement idéal à la recherche scientifique :

- au laboratoire L.F.S de Bondy dirigé par F. SONDAG.
- au laboratoire de science du sol de Versailles;
- au laboratoire de micromorphologie de Paris-Grignon.

Je demande à tout le personnel de ces divers laboratoires et de la Documentation de bien vouloir recevoir ma profonde gratitude. En particulier: Mme et Mrs GUENIN, MILLOT, BOULEAU, BACHELIER, JEANNET, DANIELE RAILLOT, MOREAU, GUILLORE, MICHEL HERVIEU etc ... Ainsi aux charmantes Dames de l'O.R.S.T.O.M de Bondy qui ont su me reconforter moralement pendant tout mon séjour à Paris à qui j'exprime ma sincère amitié.

Je remercie également tous les braves garçons qui m'ont aidé sur le travail de terrain à creuser des profils de 15 mètres de profondeur et mes deux collègues: ONGUENE N. et VOUNDI pour m'avoir accordé des jours de prospection pédologique.

Je ne saurais terminer ce travail, sans avoir une pensée émue envers mon épouse ODILE, et mes filles ESTELLE et VIRGINIE qui ont su me supporter dans cette lourde mission et à mes petits frères et soeurs qui m'ont apporté une aide considérable à l'échantillonnage à Yaoundé.

Je dédie ce mémoire à ma mère qui a beaucoup souffert pour me donner la vie.

## INTRODUCTION.

Les sols de la région de Yaoundé ont été le centre d'intérêt de plusieurs chercheurs étrangers et Camerounais. BACHELIER (1956), YONGUE (1986) et KAMGANG (1987) démontrent qu'ils sont issus de l'altération ferrallitique due à l'hydrolyse totale définie par l'évacuation des bases et de la silice et par l'accumulation relative d'oxy-hydroxydes de fer et/ou d'alumine (PEDRO, 1979). Une partie de la silice peut se combiner à l'alumine pour former la kaolinite. Ces sols sont caractérisés par une abondance des produits fins de la taille de l'argile et une très faible quantité de limon et de réserves minérales (SEGALEN, 1966). Ils sont détruits par les processus d'érosion (BACHELIER, 1956, KUETE, 1986, EMBRECHTS, 1985, EMBRECHTS et al. , 1988). Ils sont jaunes dans les paysages mous /et plats (PELLIER, 1969 et VALLERIE, 1973), dans les replats de bas de versant (VALLERIE, 1973 et ONGUENE, 1987) sur roche pauvre en fer (VALLERIE, 1973) et à proximité des fleuves (VALLERIE, 1973 et TCHIENKOUA, 1987) et rouges dans les paysages accidentés (PELLIER, 1969) et sur roche basique. PELLIER (1969) et VALLERIE (1973) démontrent que l'aplanissement du paysage dû au soutirage chimique aboutit à la formation des sols ferrallitiques rouges. VALLERIE (1973) a été conduit à supposer que l'aplanissement provoqué par l'érosion régressive intense favorise la genèse des sols ferrallitiques jaunes. Cette dépendance des sols au modelé a été soulignée par :

- DANIELS et al. (1971) et LEPSCH et al. (1977) qui suggèrent que les caractéristiques des sols varient en fonction des faciès géologiques mis en place par l'érosion.

- LEPSCH et al. (1977) et EGIDE NIZEYIMANA et al. (1992) qui attribuent ces variations aux différentes surfaces géomorphologiques, formes et positions topographiques.

GRANDIN (1976) et TRICART (1990) décrivent des relations antagonistes entre pédogénèse et géomorphogénèse. PEDRO et al. (1986) évoquent l'interférence permanente existant entre elles dans les milieux pénestables.

Les études pédologiques menées par des nombreux pédologues tels que: BOCQUIER (1971), BOULET (1974), CHAUVEL (1976) FRITSCH (1984), BOULANGE (1984), BITOM (1988), ROBAIN (1989), DUBROEUCQ et al.

(1991) et BILONG et al. (1992) soulignent plutôt l'aplanissement du modelé par les transformations pédologiques.

VEILLON (1990) s'appuie sur le soulèvement du relief pour expliquer la transformation du sol ferrallitique en podzol responsable de l'aplanissement général du relief.

C'est dans le cadre de ce dernier travail que la présente étude s'inscrit **pour caractériser le passage du sol ferrallitique rouge au sol à horizon jaune et comprendre la relation de ce passage avec l'évolution du modelé de la région de Yaoundé.**

L'importance accordée aux matériaux rouges et jaunes se justifie par les relations existant entre la couleur des sols et les processus pédologiques : par exemple la déferruginisation (CHAUVEL, 1977, ROBAIN, 1989 et RAJOT, 1992 etc.). Le potentiel de fertilité est aussi fonction des variations de couleur du sol: ainsi, le sol jaune est pauvre en oligo-éléments (NALOVIC, 1974). De ce fait, la couleur du sol s'est vu attribuer une place dans les différents systèmes de classification des sols (CPCS 1967 et SOIL TAXONOMY 1975).

Notre travail sera alors structuré en quatre parties de la façon suivante en dehors des données générales de la région Yaoundé :

I - la présentation générale du bassin de la Méfou sera consacrée à l'analyse du modelé et à celle du réseau hydrographique;

II - le modelé et les sols de la colline de Minkoaméyos;

III - la structure de la toposéquence sol ferrallitique rouge/ sol à horizon jaune de bas de pente du lobe long;

IV - l'objet d'une synthèse des résultats obtenus par des observations faites à différentes échelles.

Enfin, la conclusion générale fera ressortir les principaux résultats obtenus tout au long de ce travail.

**Première partie: Caractères généraux du milieu  
d'étude**





## Chapitre I - Données générales de la région de Yaoundé.

### 1 - Situation de la région de Yaoundé.

La figure 1 présente la situation du Cameroun par rapport à l'Afrique et celle de la région de Yaoundé par rapport à l'ensemble du pays. La région de Yaoundé est située dans l'interfluve des fleuves Nyong et Saniaga. Elle est grossièrement limitée par les 3° et 5° parallèles de latitude Nord et les 11° et 12° méridiens de longitude Est. Elle est localisée dans la bordure occidentale du plateau Sud-Cameroun

### 2 - Climat subéquatorial.

Les connaissances sur le climat sont importantes car il constitue le facteur de pédogénèse qui détermine l'évolution pédologique générale d'une zone.

#### 2.1 - régime.

Le tableau 1 et Figure 2 donnent les caractéristiques du climat de la région de Yaoundé

**Tableau 1 Caractéristiques essentiels du climat de Yaoundé et de Bafia.**

Caractéristiques climatiques	Yaoundé	Bafia
Pluviométrie moy. an.	1600 mm	1500 mm
Température moy. an.	23-24°C	24°C
Evaporation PiCHE	800 mm	940 mm
Indice climatique Ia	2,0	1,6

$I_a = P / 12 \left( \left( \frac{D}{2} + 5 \right)^{1/2} + 2 \right) (T - 10)$  SUCHEL(1988) avec D= déficit d'humidité annuel, P=précipitations moyennes annuelles et T=température moyenne annuelle.  $I_a=1$  constitue la limite entre le climat sec et le climat pluvieux.

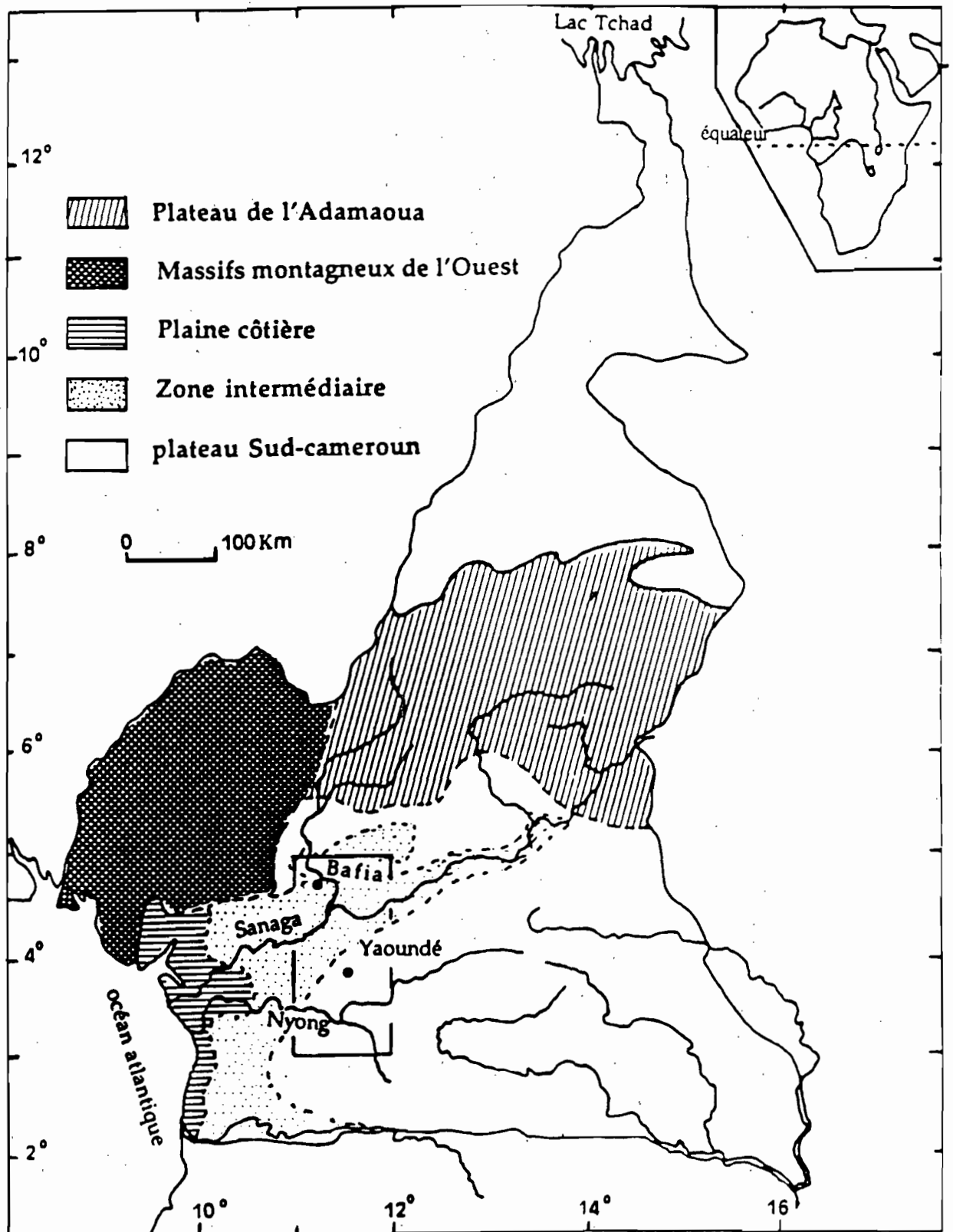


Fig : 1 Situation géographique de la région de Yaoundé

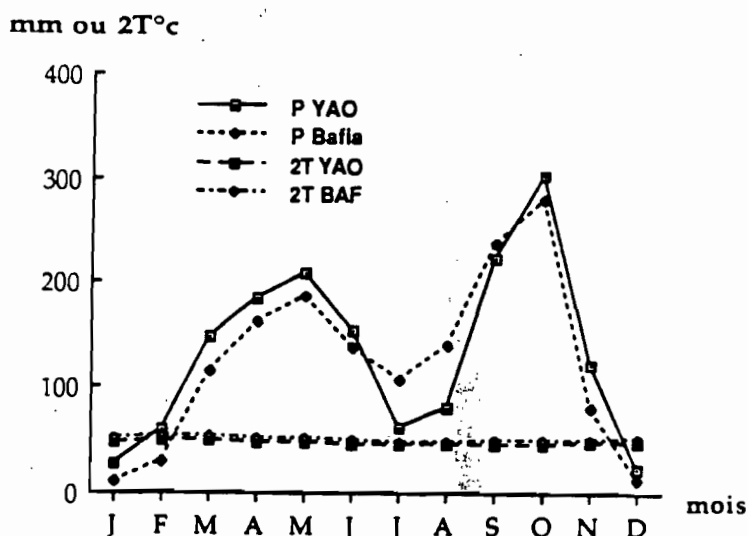


Fig: 2 Diagramme ombrothermique de Yaoundé et Bafia

### Commentaire.

Du sud vers le Nord, les pluies abondantes observées sur une période au moins de 10 ans, les températures moyennes mensuelles élevées et constantes et l'humidité relative élevée et presque constante toute l'année sont les caractéristiques du climat subéquatorial (SUCHEL, 1988). L'indice climatique plus faible à Bafia qu'à Yaoundé suggère que ce climat est plus sec vers le nord que vers le Sud.

### 22 - Variations saisonnières.

Tableau 2 Variations intersaisonniers des précipitations.

Saison	grande saison sèche	petite saison des pluies	petite saison des pluies	grande saison des pluies
mois	Décembre-Février	Mars-Mai	Juin-Aôut	Octobre-Novembre
Yaoundé	100	700	150	650
Bafia	50	600	250	600

### Commentaire.

Dans la région de Yaoundé, il pleut toute l'année. Cependant à Bafia, les précipitations sont plus abondantes qu'à Yaoundé pendant la petite saison sèche. Cette abondance des précipitations est en rapport avec la tendance du climat subéquatorial vers le type tropical de transition (SIEFFERMANN, 1973).

### 3- Géologie.

Le socle précambrien ( complexe ) de base de la région de Yaoundé comporte différents faciès géologiques présentés dans la figure 3 et décrits dans le tableau 3.

**Tableau 3 Principaux caractères des roches de la région de Yaoundé .**  
(CHAMPETIER de RIBES, 1956)

Roche	texture	Structure	Inclusion ou intercalation	composition minéralogique de la trame
gneiss migmatisé et grenatifère	rubanée avec litage à grains fins.	grano-lépidoblastique	roche mésocrate à structure granoblastique composée de quartz, biotite, plagioclase, et de grenat	quartz allongé dans le sens de la schistosité, biotite, microcline, muscovite, oligoclase, grenat, et disthène
gneiss micaschisteux	feuilletée ou litée à grains fins	lépidoblastique ou grano-lépidoblastique	intercalation des quartzites micacés	quartz, biotite, muscovite, disthène et grenat.

### 31 - Schistes.

Ce sont des roches verdâtres à nombreux plissements. Elles sont formées de feuillets phylliteux riches en muscovite et en chlorite intercalés de lits quartzeux à grains fins (CHAMPETIER de RIBES, 1956). Les grains de quartz sont mélangés à la calcite et à quelques feldspaths( orthose et albite).

Les minéraux accessoires sont la tourmaline, le zircon et les oxydes de fer. La structure est granoblastique. Elles sont compartimentées dans la région de Makak par un système de failles Nord-Sud et Est-Ouest ( CHAMPETIER de RIBES, 1956).

### **32 - Complexe de base.**

Il est constitué de deux faciès géologiques dans la région de Yaoundé :

- les gneiss associés aux micaschistes;
- les gneiss migmatisés et grenatifères.

### **321 - Gneiss associés aux micaschistes.**

#### **3211 - Micaschistes grenatifères à deux micas.**

Ce sont des roches feuilletées formées de quartz, de biotite, de muscovite et de grenats (Commun et Almandin) avec très peu de feldspaths. Elles présentent des intercalations de quartzites contenant peu de muscovite et quelques grenats (CHAMPETIER de RIBES, 1956). Elles sont sous forme de synclinaux allongés dans les directions Nord-Est et Sud-Ouest.

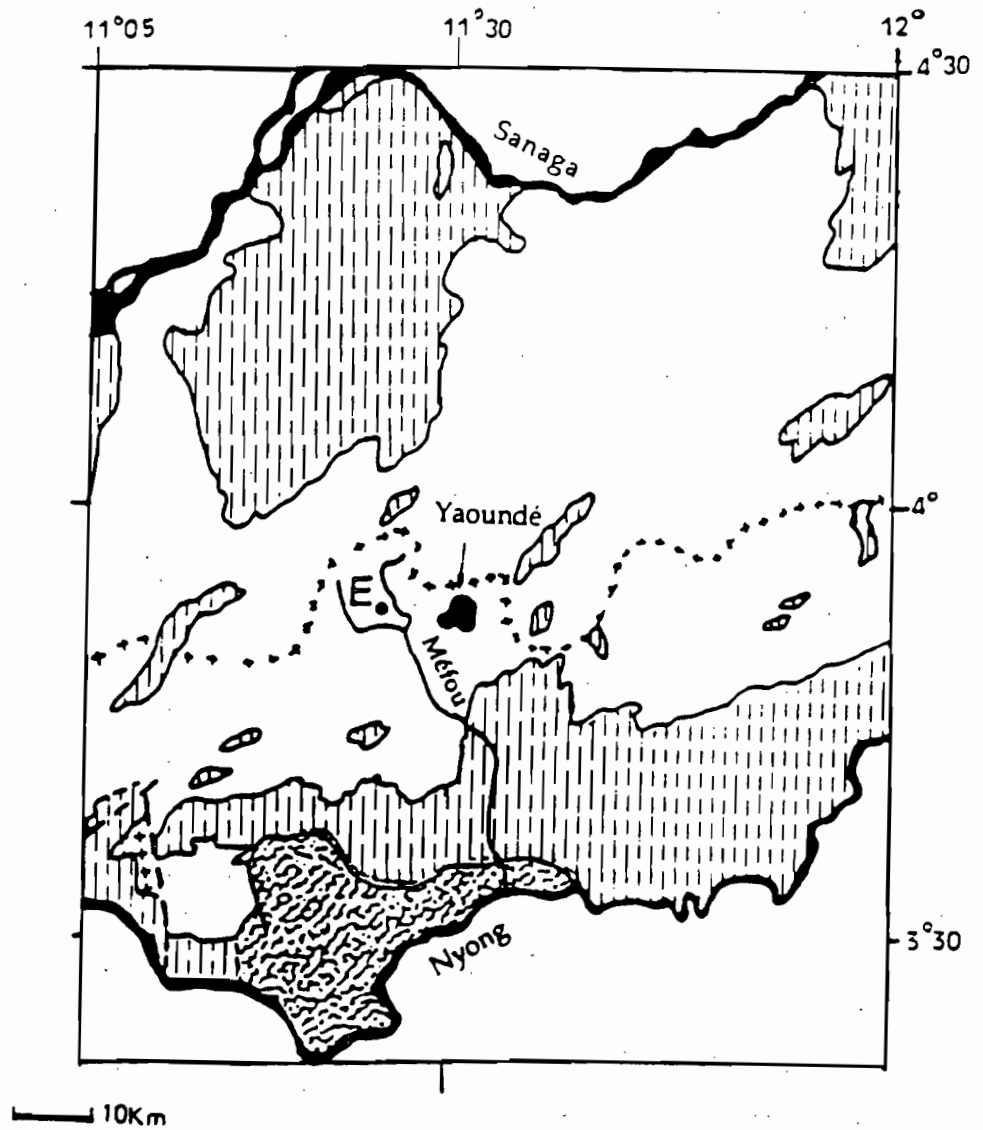
#### **3212 - Gneiss micaschisteux grenatifères à deux micas.**


Cette roche a été décrite par CHAMPETIER de RIBES (1956). Elle se distingue de la précédente par sa richesse en feldspaths et est composée d'oligoclases, de biotites, de muscovites, de grenats et de disthènes. C'est une roche feuilletée ou à grains fins qui possède des intercalations de quartzites à biotite et à muscovite.


### **322 - Gneiss migmatisés et grenatifères.**

Ils sont composés de micaschistes grenatifères migmatisés et d'embranchés à deux micas ou à biotite seule


#### **3221 - Micaschistes grenatifères migmatisés.**



 - gneiss migmatisé et grenatifère

 - gneiss et micaschistes

 - schistes de Mbalmayo

 - orthogneiss calco-alcalins

++++ ligne de partage des eaux

E - zone d'étude

**Fig : 3 Extrait de la carte géologique de Yaoundé  
(CHAMPETIER de RIBES et al, 1956  
et WEECKSTEEN, 1957) et simplifié**

Ils se distinguent par de grands cristaux de feldspaths potassiques au sein des micaschistes et un développement des lentilles pegmatitiques.

### 3222 - Embréchites à deux micas ou à biotite seule.

Ils sont les plus dominants, compacts, rubanés et composés de :

- une trame à biotites, à quartz, et à grenats imbibée de feldspaths (microcline, oligoclase basique, albite) et de disthènes;
- des lentilles ou des filonnets d'apport constitués de biotites fines de grenats et des grains de quartz allongés dans le sens de la schistosité.

Ils présentent des inclusions de roche mésocrates riches en biotites et en plagioclases et de texture hétérogranulaire.

Les embréchites de Yaoundé sont des roches plissées et d'origine sédimentaire (NZENTI, 1984; NZENTI et al., 1988; BALL et al., 1984).

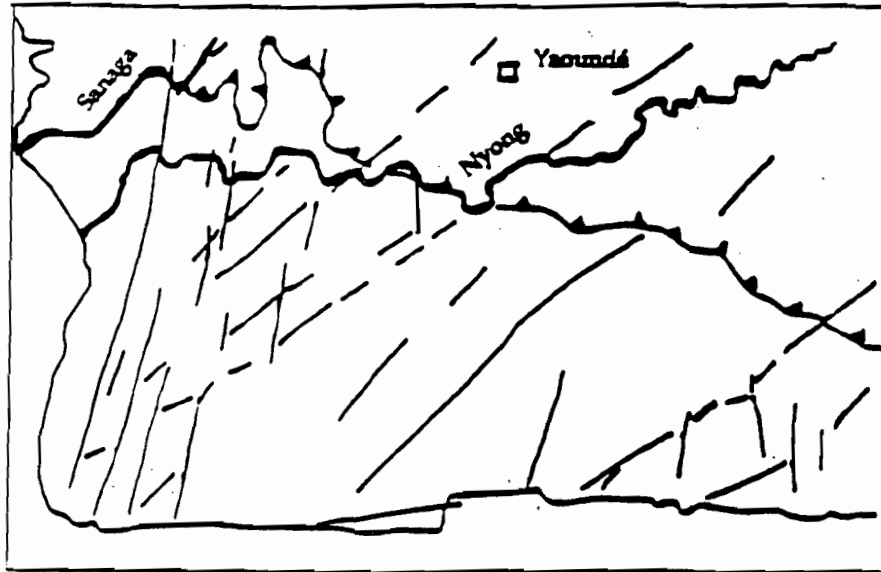
### 33 - Fragmentation du socle de la région de Yaoundé.

Le socle précambrien a été fracturé par plusieurs phases d'épirognèse (REYE 1966). Cette compartimentation du socle par les failles avec décrochements est présentée dans les figures 4 et 5.

Ainsi, on distingue quatre directions de failles :

- 70°N mise en évidence par DUMONT (1986) dans la vallée de la Sanaga;
- 0 à 15°N et 50 à 60°N identifiées par LECOMTE et al. (1986);
- 100°N qui est la faille principale décrite par CHAMPETIER de RIBES et al (1956).

Les études récentes (NZENTI et al., 1988) montrent que la direction de faille 100°N correspond à celle d'un chevauchement entre le craton formé de roches de 2800 Ma environ et la zone mobile constituée de roches de 550 Ma (BESSOLES et al., 1977). Ce chevauchement pourrait être à l'origine des mouvements verticaux et généralisés, responsables de la compartimentation du socle postérieure à la phase de plissements (CHAMPETIER de RIBES et al., 1956).



15 Km

—▲—▲—▲— - faille mise en évidence  
par CHAMPETIER de Ribes (1956)

Fig : 4 Schéma structural du Sud-Ouest Cameroun  
(LECOMTE et MAURIZOT (1986))

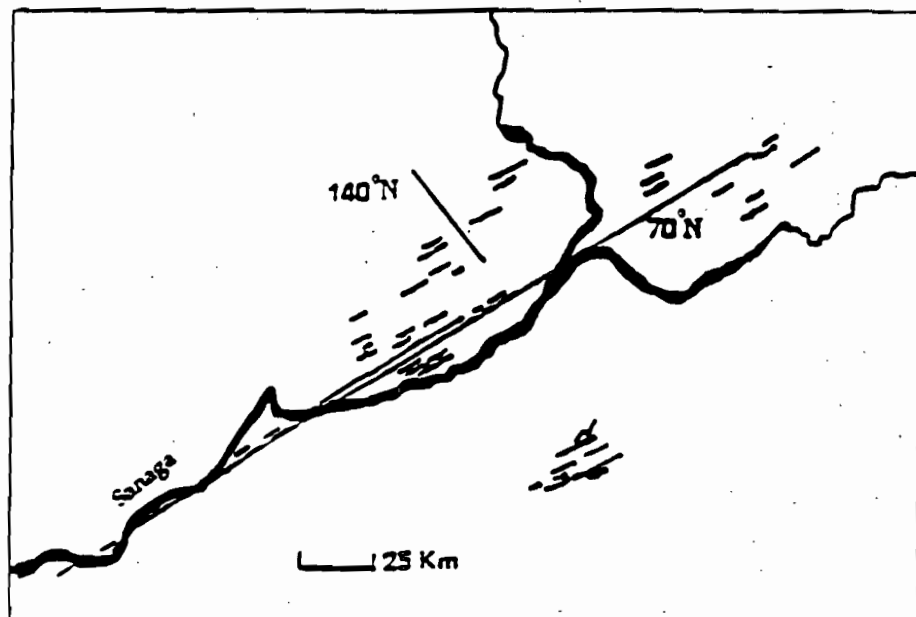


Fig : 5 Schéma structural de la Vallée de la Sanaga  
(WEECKSTEEN 1957 et DUMONT 1986)



Le Sud et l'Ouest sont plus fracturés que l'Est de Yaoundé. La discordance existant entre ces directions de faille met en évidence la fragmentation du socle par plusieurs phases de tectonique cassante.

**Conclusion on note :**

- la dominance de l'embranchite grenatifère dans toute la zone d'étude et sa forte hétérogénéité pétrographique.
- la compartimentation du socle effectuée en plusieurs phases de tectonique généralisée et cassante à mouvements verticaux dans la région de Yaoundé.

**4 - Paysage de la région de Yaoundé.**

La figure 6, et le tableau 4 présentent les éléments morphologiques de la région de Yaoundé.

La région de Yaoundé est située dans le plateau du sud Cameroun délimité au nord par le haut plateau de l'Adamaoua, à l'ouest par les massifs montagneux et au sud-ouest par la plaine côtière (Figure 1). Cette région est constituée de deux versants (Figure 6) : le versant du Nyong et celui de la Sanaga séparés par des montagnes regroupées en chaîne.

Dans le versant du Nyong, on remarque la faible pente topographique, le développement de la tranche d'altitude 700-800 m, la position des sommets des collines convexes dans un même plan incliné vers le fleuve, l'apparition des pentes concaves et le développement des bas-fonds marécageux.

Le versant de la Sanaga se distingue de celui du Nyong par une forte pente topographique, un développement de la tranche d'altitude 400-700m, une irrégularité des altitudes des sommets des collines et un faible développement des faciès marécageux.

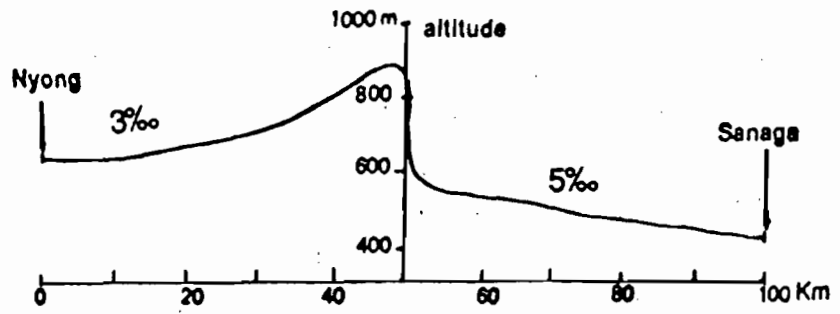


Fig : 6 A vue en coupe

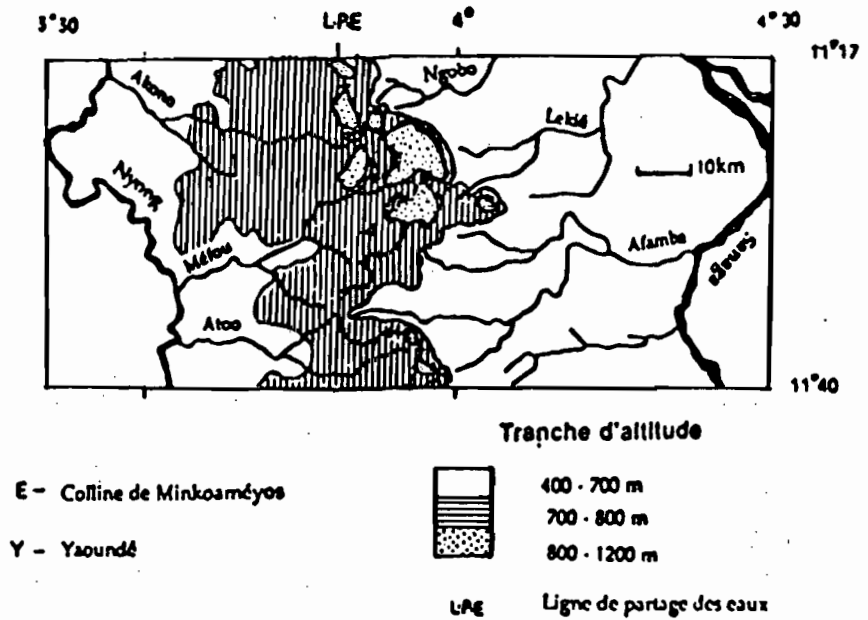


Fig : 6 B vue en plan

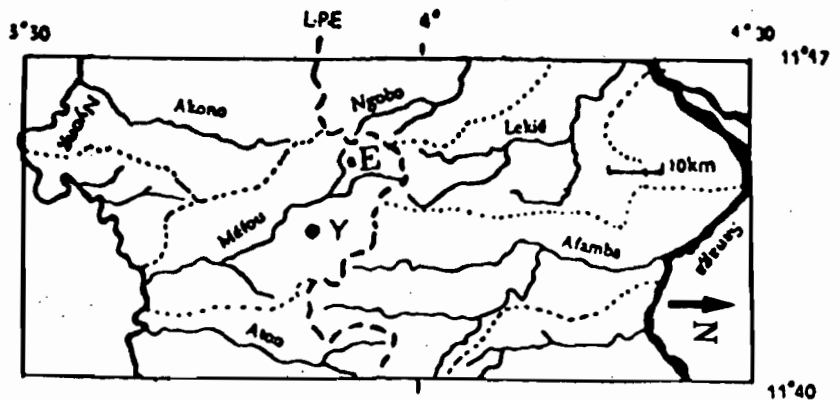


Fig : 6 C bassins versants des affluents de la Mefou

Fig : 6 Interfluve Nyong et Sanaga

**Tableau 4 Principaux caractères morphologiques de l'interfluve Nyong et Sanaga d'après PELLIER (1969) VALLERIE (1973).**

Unité de paysage	pénéplaine		bas-fond	montagne
	versant	plan des sommets		
Versant de la Sanaga	convexes	plusieurs plans	faciès marécageux apparaît en aval	isolée ou regroupée avec les versants
Versant du Nyong	convexes à pentes concaves aux bords des grandes vallées	un seul plan régulièrement incliné vers le fleuve	faciès marécageux va jusqu'en tête de source	plan-concaves ou polyconcaves

Les massifs montagneux présentent les pentes plan-convexes ou concaves de l'ordre de 30 à 60% et les dômes rocheux nus ou inselbergs dont l'altitude varie de 800 à 1200 mètres.

**Conclusion.** La région de Yaoundé est formée de trois types de paysages :

- le versant de la Sanaga fortement pentu ou plus enfoncé et caractérisé par un faciès marécageux peu développé ;
- le versant du Nyong faiblement pentu ou moins enfoncé et dominé par un paysage de bas-fonds marécageux ;
- les massifs montagneux à versants abrupts et caractérisés par la juxtaposition des dômes rocheux.

#### **5 - Hydrologie des bassins versants Nyong et Sanaga.**

Les figures 7 et 8 fournissent les caractéristiques hydrologiques des fleuves Nyong et Sanaga dans deux stations Mbalmayo et Natchigal.

#### **Commentaire.**

Le fleuve Sanaga plus affaissé et pentu que le fleuve Nyong se distingue par des fortes pentes hydrologiques, un allongement suivant la direction des fractures (DUMONT, 1986), un régime hydrologique type tropical et un important écoulement d'eau pendant toute l'année avec un maximum pendant la grande saison des pluies. Il est grossi par quatre affluents importants : la Ngobo, la Lekié, l'Afamba et l'Avo.

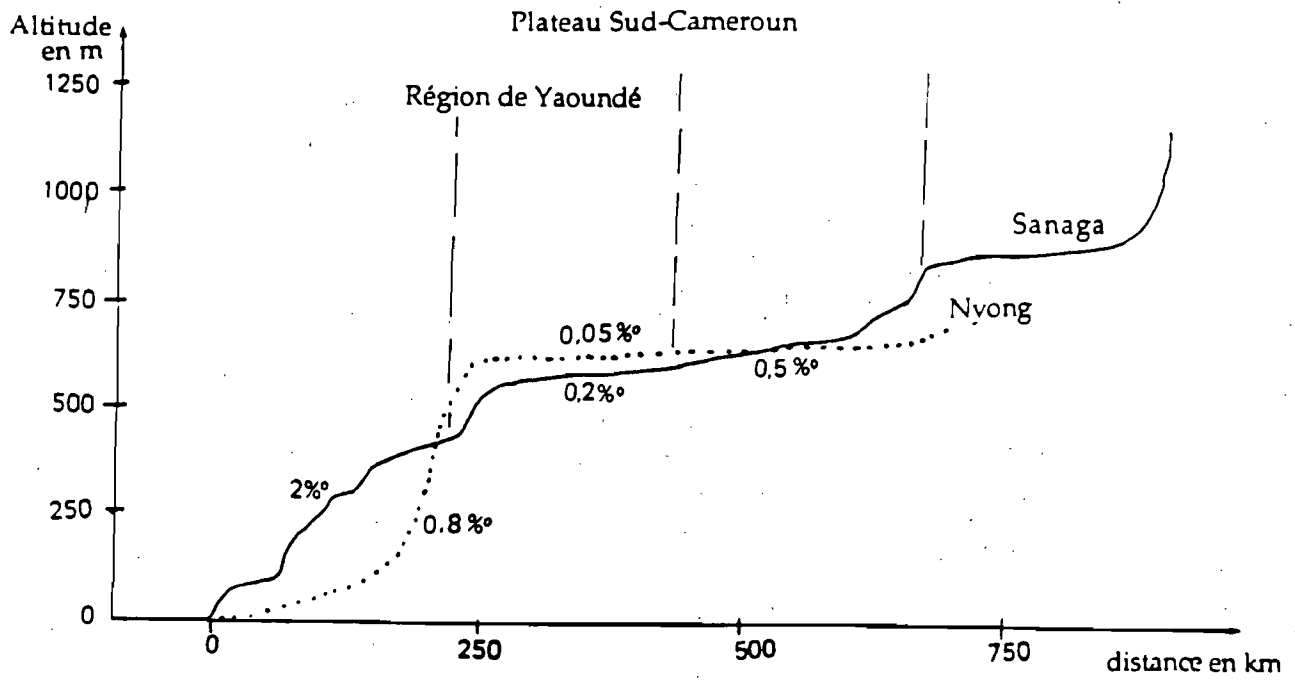


Fig : 7 Profils en long de la Sanaga et du Nyong  
( GUISCAFRE et NOUVELOT 1971)

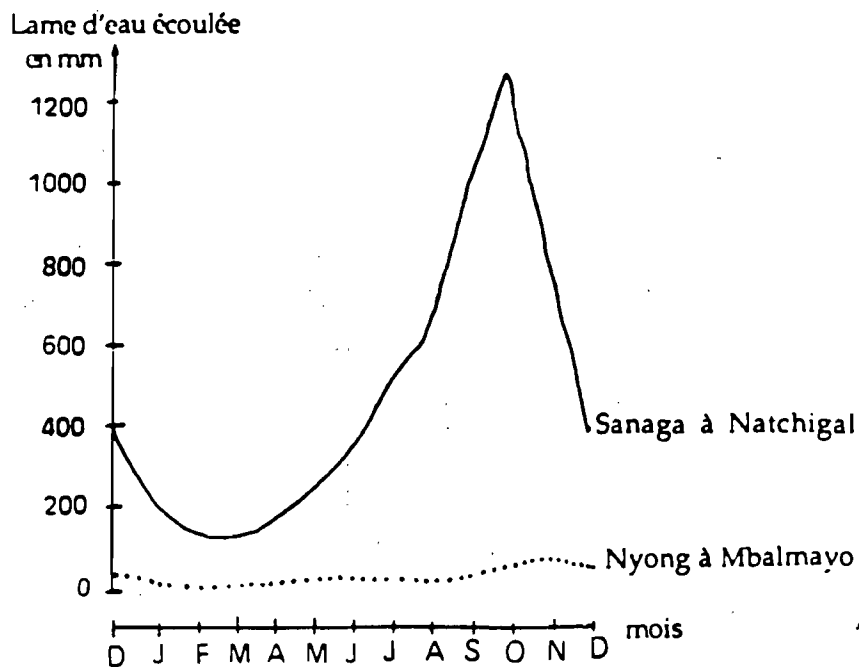


Fig : 8 Variations saisonnières de lame d'eau écoulée dans le Nyong  
et dans la Sanaga ( OLIVRY 1986)

Par contre, le fleuve Nyong discordant aux fractures, se différencie par une faible pente hydrologique, un régime hydrologique type équatorial, un faible écoulement d'eau pendant toute l'année et un développement des bas-fonds marécageux. Il est alimenté par : la Liegué, l'Akono, la Méfou et l'Atoo. Le versant de la Méfou se singularise des autres versants de l'interfluve Nyong et Sanaga par un développement des inselbergs et celui de la tranche d'altitude 700-800 mètres.

Les différences hydrologiques observées entre les fleuves Sanaga et Nyong peuvent s'expliquer par leur **disposition géométrique par rapport aux cassures**, la superficie de leur bassin (bassin de la Sanaga 76000 km<sup>2</sup> à Natchigal et celui du Nyong à Mbalmayo 13555 km<sup>2</sup> ( OLIVRY, 1979)) et l'existence d'un climat type tropical humide en amont du bassin supérieur de la Sanaga.

## **6 - Végétation et activité humaine.**

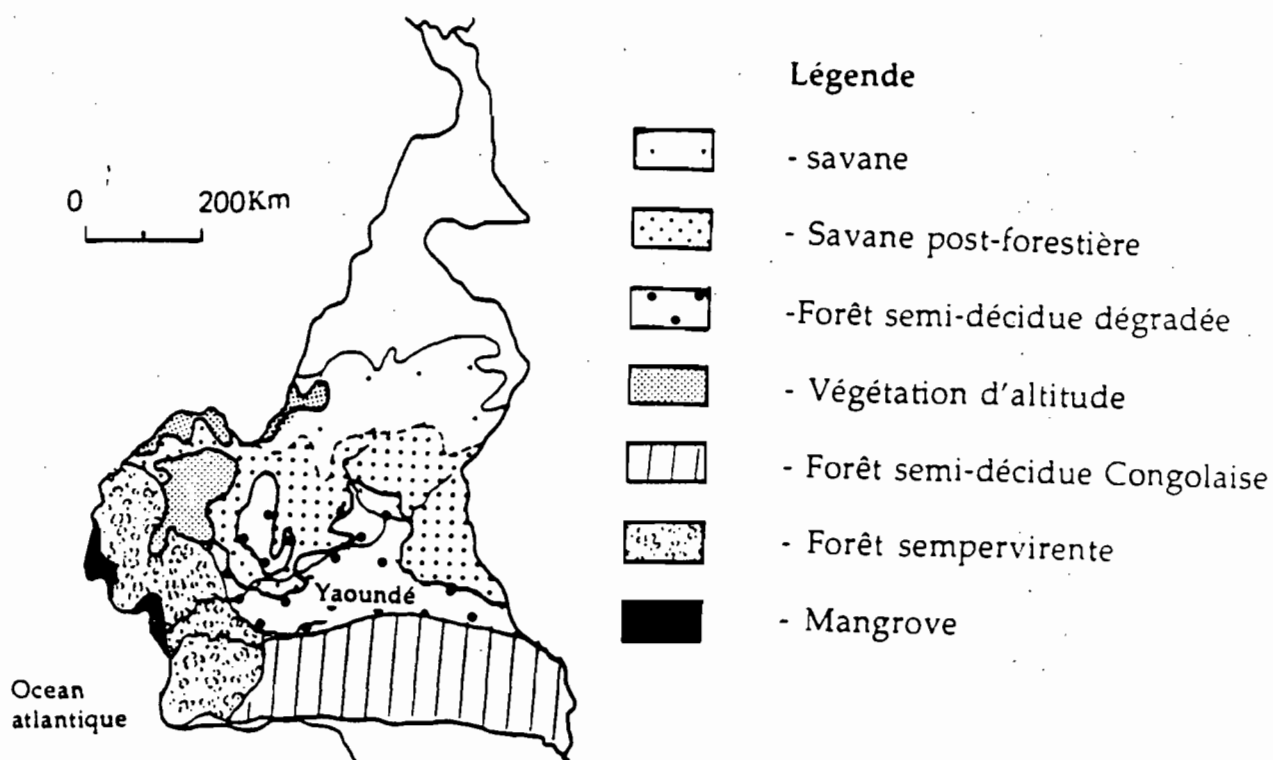
La figure 9 présente les différentes formations végétales rencontrées dans la région de Yaoundé. Cette végétation passe du sud au nord de la forêt dégradée à la savane post-forestière avec l'apparition des espèces hydrophiles dans les bas-fonds et dans les sommets des dômes rocheux.

### **61 - Forêt dégradée.**

Elle apparaît sur les versants Nyong et Sanaga. Elle est composée, dans les interfluves de grands arbres de la famille des sterculiacées (LETOUZEY, 1968). Dans les bas-fonds marécageux, elle est constituée de raphiales.

### **62 - Végétation herbeuse à arbustes.**

KOECHLIN cité par HUMBEL (1964) et VALLERIE (1973) ont décrit la savane post-forestière dans le versant de la Sanaga. Elle est composée d'une végétation herbeuse à arbustes avec des îlots de forêt dégradée qui ont presque la même composition végétale que la forêt précédemment décrite.



**Fig : 9 Répartition régionale de la végétation  
(LETOUZEY 1968)**

Dans la zone mal drainée, la végétation herbeuse renferme des graminées dont les espèces botaniques spécifiques sont : *l'Andropogon sp*, *l'Imperata cylindrica* et *le Pennisetum purpurum*. Elle est également parsemée d'arbustes dont les plus caractéristiques sont *l'Annona sénégaleensis* et *le Bridelia ferruginea*.

Dans les bas-fonds au sein de cette végétation herbeuse, on rencontre : les Cyperacées dans les sols marécageux; *l'Hyperhénia diplandra* sur les sols relativement secs (VALLERIE, 1973).

La répartition de la savane et de la forêt dans le versant de la Sanaga dépend du drainage interne des sols. Les savanes sont bien développées dans les sols mal drainés si on exclut la savane à *Imperata Cylindrica* due à une surexploitation possible des sols. Les forêts quant à elles occupent les sols bien drainés. Cette règle de répartition savane-forêt est bien visible le long des tranchées routières Yaoundé-Bafia.

### 63 - Végétation dans les massifs montagneux.

RAYNAL cité par HUMBEL(1964) distingue aux sommets des montagnes à roche nue, les algues vertes, les Cypéracées, les lichens et les mousses. A leur pied, le même auteur fait ressortir la forêt composée des orchidées, des liliacées, des rubiacées, des euphorbes et des épiphytes. L'association végétale des sommets des montagnes est en rapport avec le milieu mal drainé ( RAYNAL cité par HUMBEL, 1964). Il est alors imperméable ; d'où le suintement de l'eau et le développement des lichens à la surface rocheuse pendant la saison des pluies. L'eau issue de ce sommet s'accumule à la base de la montagne et favorise le développement de la forêt.

**Conclusion.** Les variations de la couverture végétale sont en relation avec l'état hydrique du sol. Les zones bien drainées sont occupées par la forêt dégradée dont les reliques sont des arbres d'ombrage dans les cacaoyères. Les zones mal drainées sont occupées par la savane herbeuse. La savane arbustives apparaît au niveau des versants surexploités par l'homme. Cependant, les espèces hydrophiles sont bien développées dans les bas-fonds et sur les dômes rocheux peu fracturés et imperméables.

### 7 - Faune.

L'activité faunique est importante dans la région de Yaoundé. BACHELIER et al. 1956 observent les termitières en champignon et de nombreux tortillons de vers de terre dans la vallée de la Sanaga. Ces tortillons abondent aussi dans les bas-fonds pendant la saison sèche.

RAYNAL cité par HUMBEL(1964) décrit les constructions termitiques bleu lustré accrochées sur les arbres dans le pied du mont Minloa proche de Yaoundé .

Dans les zones défrichées, les termitières sont épigées sur les parois de la route et sur les surfaces déblayées. Dans les profils pédologiques, l'activité biologique se manifeste sous forme de galeries et des meules à surface lisse très poreuse.

**Conclusion.** On note l'existence de l'activité faunique partout dans la région de Yaoundé. Mais sa manifestation semble dépendre du pédoclimat

réglé par la couverture végétale servant de nourriture aux termites (LEE et WOOD, (1971)) cités par BACHELIER (1977), GARNIER (1987).

### 8 - Conclusion générale sur la région de Yaoundé.

La région de Yaoundé repose sur le complexe de base d'âge précambrien et fracturé suivant deux grandes directions 50 à 60°N et 140 à 150°N. Elle est soumise au climat subéquatorial.

Cependant, on constate du versant Nyong vers le versant de la Sanaga :

- une augmentation de la durée de la grande saison sèche;
- une disparition du régime hydrologique type équatorial au profit du régime tropical;
- un remplacement de la forêt par la savane à termites dans les zones mal drainées.

*Sur le plan morphologique*, le versant Nyong se distingue du versant de la Sanaga par :

- un développement important du paysage à inselbergs ( 800 à 1200 mètres d'altitude) et de la tranche d'altitude 700 - 800 mètres;
- une pente générale plus faible de l'ordre de 0, 3% contre 0, 5% pour le versant de la Sanaga.

Les deux versants se ressemblent par l'existence des collines à versants convexes.

Les données structurales de la région de Yaoundé, la surélévation de la ligne de partage des eaux de 800 à 1200 mètres d'altitude et les profils en long de la Sanaga et du Nyong montrent une reprise de l'érosion limitée aux zones côtières et à la vallée de la Sanaga (REYRE, 1966). Dans la vallée du Nyong, cette érosion est faible parce que ce fleuve recoupe les fractures.

Le versant Nyong, plus précisément le bassin de la Méfou a été choisi en fonction du développement important des inselbergs pour établir la relation entre la morphogénèse et la pédogénèse.

-----



## **Chapitre II - Présentation du bassin de la Méfou.**

### **1 - Choix d'un secteur d'étude détaillée.**

Le bassin de la Méfou a été choisi parce qu'il a deux stations hydrologiques, des cartes topographiques à toutes les échelles et des nombreuses études scientifiques permettant de caractériser le passage du paysage à inselbergs à celui des collines à versants convexes.

### **2 - Localisation et superficie du Bassin de la Méfou.**

La figure 6 montre la situation du bassin de la Méfou dans le versant du fleuve Nyong. Il est limité à l'Est par le bassin d'Atoou, à l'ouest par celui d'Akono et au nord par le bassin de la Sanaga. Sa superficie est de 900 km<sup>2</sup> environ.

### **3 - Relief et réseau hydrographique du bassin de la Méfou.**

#### **31- Relief**

Le bassin de la Méfou est composé d'inselbergs dans sa partie amont et de collines dans sa partie aval (Fig: 10). La dernière partie renferme deux gradins (Figure 10 B). Le premier gradin est observé entre 700 et 800 m d'altitude. Il est composé des collines convexes. Les sommets de ces collines sont tangents à un plan de pente 2‰. La direction de ce plan est 150°N. Cette direction correspond à celle de la pente générale du bassin de la Méfou. Le deuxième gradin est situé entre 600 et 700 m d'altitude.

#### **32 - Réseau hydrographique.**

La figure 10 montre le réseau hydrographique en plan du bassin de la Méfou. Ce réseau est constitué de baïonnettes, de tronçons rectilignes, obliques à la direction générale de la pente topographique et de changements brusques de direction d'écoulement. Cette morphologie du réseau hydrographique souligne les fractures empruntées de préférence par les rivières (KUETE, 1977).

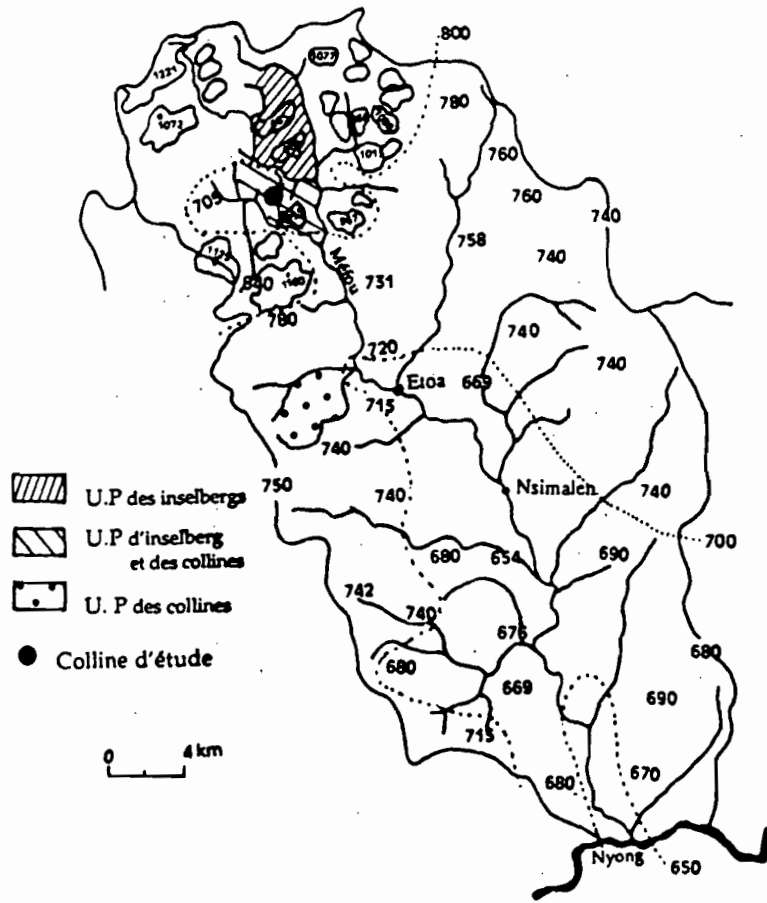


Fig : 10 A vue en plan du bassin de la Méfou

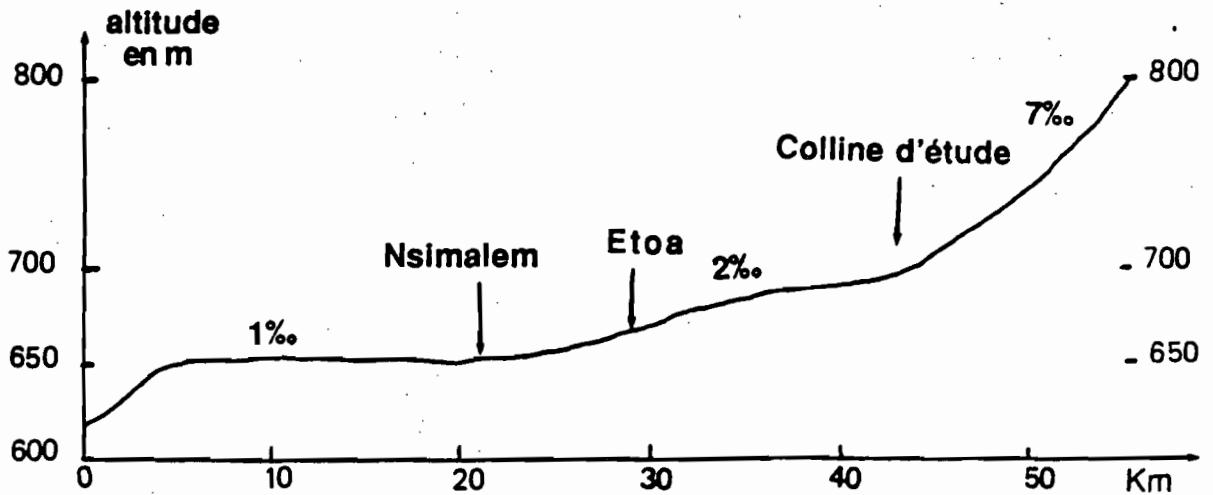


Fig : 10 B Profil en long de la Méfou

Fig : 10 Bassin de la Méfou et position des U.P étudiées

#### 4 - Analyse du modelé du bassin de la Méfou.

##### 41 - Méthode.

L'analyse du modelé du bassin de la Méfou a pour objectif de faire ressortir l'évolution morphologique du paysage d'inselbergs aux collines à versants convexes ou inversement.

Pour atteindre notre objectif, les unités de modelé (U.M) ont été limitées par les talwegs et les cols à partir des cartes topographiques 1/50000.

La forme générale des U.M est donnée par l'allure des courbes de niveau traduites sous forme de coupe. Elles font ressortir les points morphologiques importants du relief.

##### 42 - Organisation morphologique .

Le bassin de la Méfou est délimité par les lignes de partage des eaux (L.P.E) qui forment l'enveloppe de l'unité hydrologique composée des unités de paysage (U.P) classées en trois catégories :

- à l'aval l'U.P de collines;
- à l'amont l'U.P à inselbergs;
- dans la zone intermédiaire l'U.P de collines et d'inselbergs.

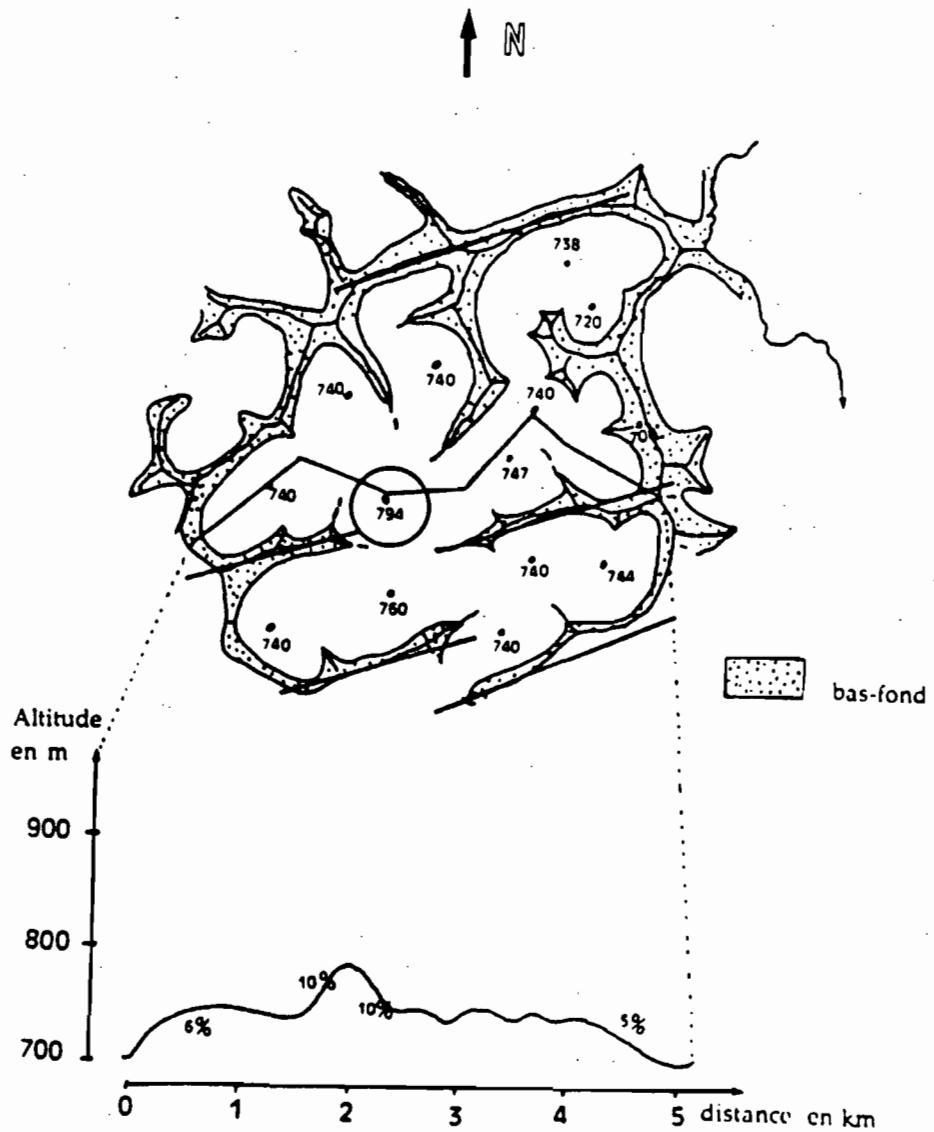
##### 421 - U.P de collines.

La figure 11 présente une U.P de collines située dans la partie aval de la Méfou (unité AVO).

Elle est composée :

- des bas-fonds marécageux peu encaissés (20 à 60 m de dénivelée), parallèles et étroits délimitant des U.M;
- des sommets situés presque dans un même plan légèrement incliné de 1‰ de pente.

##### Commentaire.



**Fig : 11 unité de paysage à collines (Avo)**

L'U.P de collines de la péninsule de Yaoundé est caractérisée par :

- des pentes faibles devenant fortes au raccordement de l'U.M avec les bas-fonds bien développés;
- des versants convexes;
- des vallées peu encaissées et étroites;
- une coplanarité des sommets des U.M;
- un parallélisme des talwegs.

Cette U.P est spécifique du domaine ferrallitique bien aplani (M.C FARLANE, 1976).

422 - U.P à inselbergs.

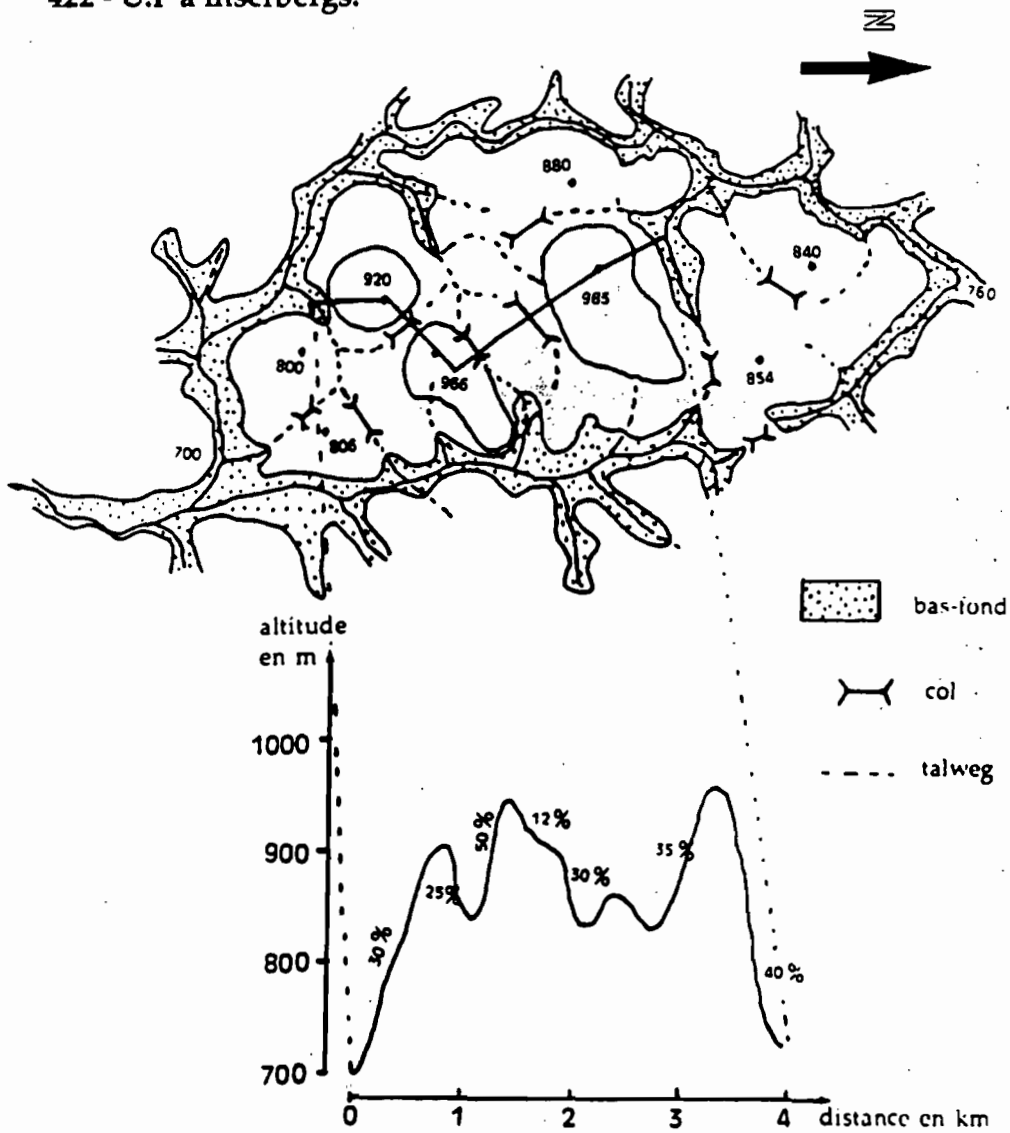


Fig : 12 unité de paysage à inselbergs (Minloa)

La figure 12 présente l'U.P à inselbergs du type "Minloa". Elle est composée :

- des bas-fonds marécageux longs, rectilignes, encaissés souvent prolongés par les talwegs reliés par un col;

- des cols alignés suivant deux directions presque perpendiculaires SW-NE ou 50°N et NW-SE ou 140°N;
- une section basale présentant une pente de 1% inclinée vers la rivière importante : la Méfou;
- des versants plan-convexes ou concaves fortement pentus (20 à 50% de pente);
- des sommets rocheux allongés et parallèles suivant la direction SW-NE ou 140°N et surplombant l'ensemble de l'interfluve de 100 à 200 m environ.
- une pente générale de 8‰.

En son sein, l'ensemble bas-fond marécageux, talwegs et col délimite des sous-unités de paysage (S/U.P) composées des U.M délimitées par le rapprochement des talwegs. Par endroits, c'est plutôt une rupture de pente brusque qui sert de limite entre le sommet de l'U.M et son piedmont.

**Commentaire.** L'U.P à inselbergs a des talwegs parallèles comme l'U.P des collines. Elle est caractérisée par :

- des pentes abruptes et fortes ;
- des cols bien développés;
- un allongement des sommets et un alignement des cols dans le sens de la direction structurale;
- un grand encaissement et une grande longueur des bas-fonds peu marécageux .

#### **423 - U.P à collines et inselberg.**

La figure 13 présente l'U.P à collines et inselberg type "Eloumden". Elle est composée :

- des bas-fonds longs, encaissés, moins marécageux, rectilignes, presque parallèles et prolongés à l'intérieur de l'interfluve par les talwegs secondaires;
- une colline à versants convexes de 40 m de dénivelée séparée de la colline d'étude (E) de 100 m de dénivelée par un bas fond peu encaissé;
- un inselberg à versants plan-convexes fortement pentus et un sommet allongé dans la direction NW-SE;
- des cols alignés dans la direction NW-SE ou 50°N;
- une section basale inclinée de 0,3% de pente.

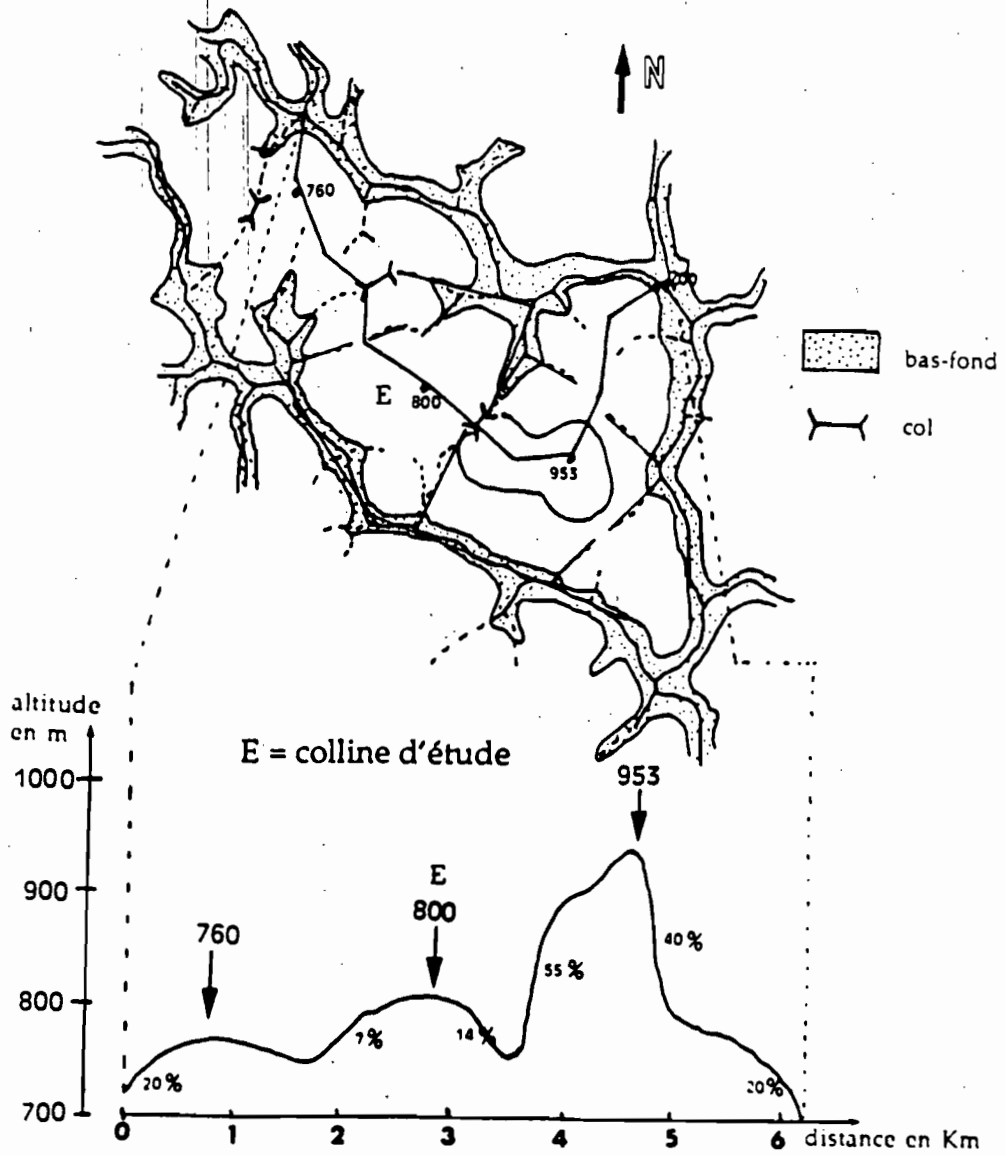


Fig : 13 unité de paysage à collines et inselberg ( Eloumden)

#### Commentaire.

Elle ressemble à l'U.P d'inselbergs par :

- des bas-fonds marécageux, longs, encaissés et parallèles;
- un développement des talwegs secondaires;
- une individualisation des cols presque alignés dans la direction WN-ES ou 50°N identique à celle d'allongement des sommets rocheux ou inselbergs;
- une inclinaison de la section basale de 3‰ de pente.

Elle ressemble à l'U.P de collines par :

- une individualisation de deux collines à versants convexes de pente oscillant entre 2 et 20% ayant des sommets tangents au plan incliné de 2%. Leur dénivelée passe de 40 à 70 mètres lorsqu'on se dirige vers l'inselberg. Elle devient 4 fois plus grande dans le dôme rocheux. L'U.M de 40 m de dénivelée est presque semblable à celle des U.M de l'U.P de collines de l'aval de la Méfou. L'U.M de 70 m de dénivelée présente des versants convexes, une altitude du sommet de 800 m et des versants convexo-concaves.

### Conclusion.

L'U.P à collines et inselberg est constituée de trois types d'U.M :

- U.M à versants plan-convexes ( inselberg) caractérisant l'U.P à inselbergs;
- U.M à versants convexes et de 40 m de dénivelée spécifique de l'U.P de collines;
- U.M à versants convexes et convexo-concave et de 100 m de dénivelée formant l'intermédiaire entre les deux précédentes.

L'U. P à inselberg et collines a à la fois les caractères des inselbergs et ceux des collines. Elle est alors une U.P de transition entre les collines et les inselbergs. C'est là que se situe la colline d'étude ( E).

### Mise en évidence d'une évolution continue entre les paysages à inselbergs et à collines.

**Tableau 5 Caractéristiques essentiels des U.P de paysage de la région de Yaoundé.**

unité de paysage	alignement NW-SE	forme du versant	plan formé par les sommets	vallées
U.P d'inselbergs	- cols, sommets, talwegs	plan convexe avec pente de 20 à 50%	irrégulier	longues et encaissées
U.P de collines et d'inselberg	- cols et talwegs	- plan convexe avec pente de 20 à 50%; - convexe avec pente de 2 à 20%	irrégulier	longue et encaissées; -courte et peu encaissées.
U.P de collines	- talwegs	convexe avec pente de 2 à 20%	coplanaire	courtes et moins encaissées.



Le tableau 5 fait ressortir des alignements structuraux dans toutes les U.P. Mais les inselbergs se caractérisent par :

- un grand encaissement des vallées longues et des cols;
- des pentes abruptes et de forme plan-convexe;
- une irrégularité des altitudes des sommets.

Les collines quant à elles sont caractérisées par :

- un faible encaissement des vallées étroites;
- des pentes faibles et de forme convexe;
- un faible développement des cols;
- un plan tangent aux sommets des collines.

L'U.P. de transition des collines aux inselbergs suppose qu'il existe une évolution continue entre ces deux types de paysages. La compréhension des mécanismes responsables de cette évolution nécessite d'autres investigations au niveau de l'U.P. intermédiaire.

#### **43 - Analyse de l'entaille des cours d'eau dans les paysages à inselbergs et à collines convexes.**

Les U.P. de collines et d'inselbergs présentent des alignements structuraux qui soulignent la fracturation du socle (GRIBOULARD, 1980). Il reste à savoir si les deux types de paysage rencontrés dans le bassin de la Méfou ont le même degré de fracturation.

Les figures 14 et 15 présentent les longueurs cumulées et la direction des linéations accentuées par le réseau hydrographique

#### **Commentaire.**

On remarque que :

- la limite entre les massifs montagneux et la pénéplaine correspond à un alignement des talwegs suggérant leur séparation par une fracture;
- le développement de deux directions d'alignement des talwegs : 110°N et 170°N correspondant à une direction de fractures;

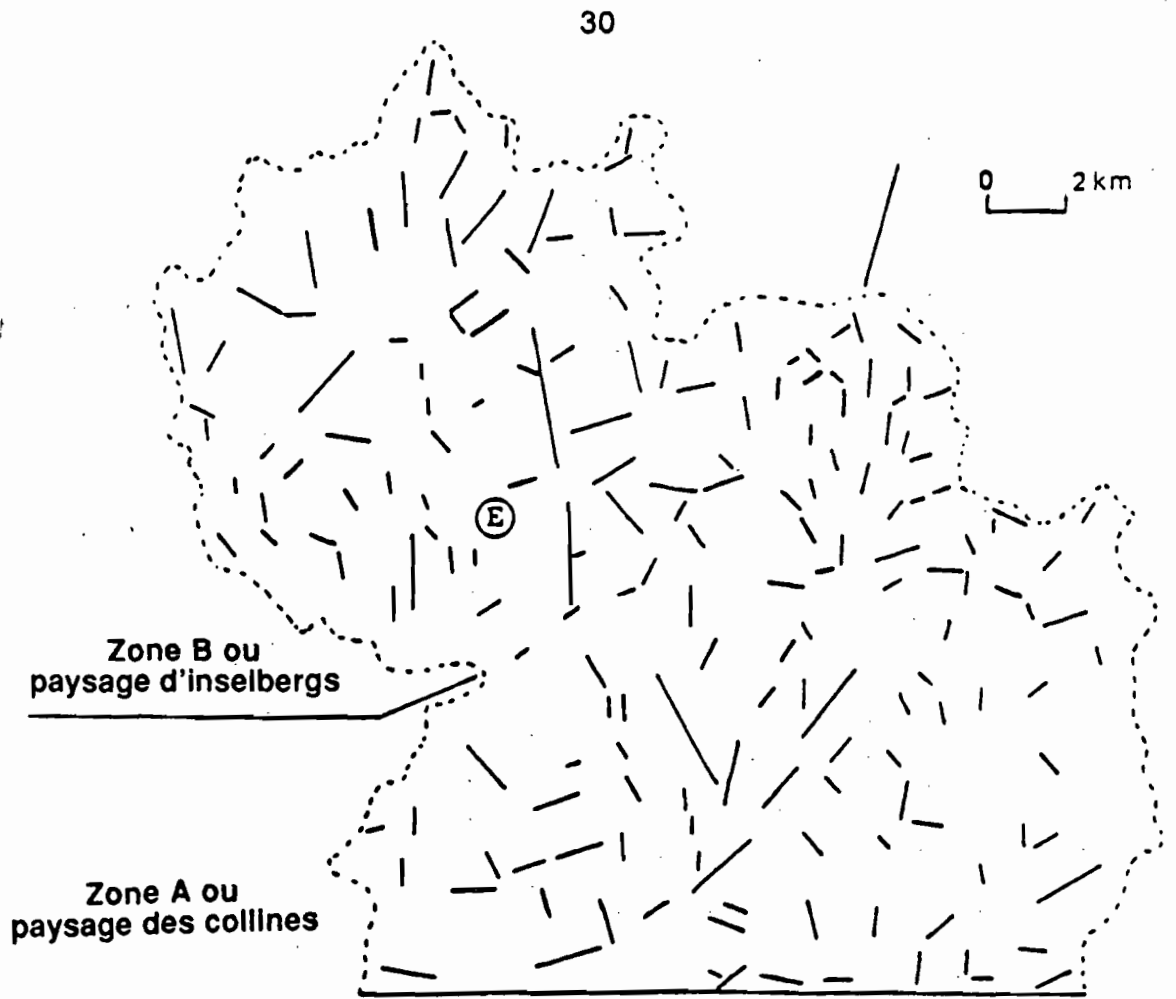


Fig : 14 Carte des alignements des talwegs

(E) = colline d'étude

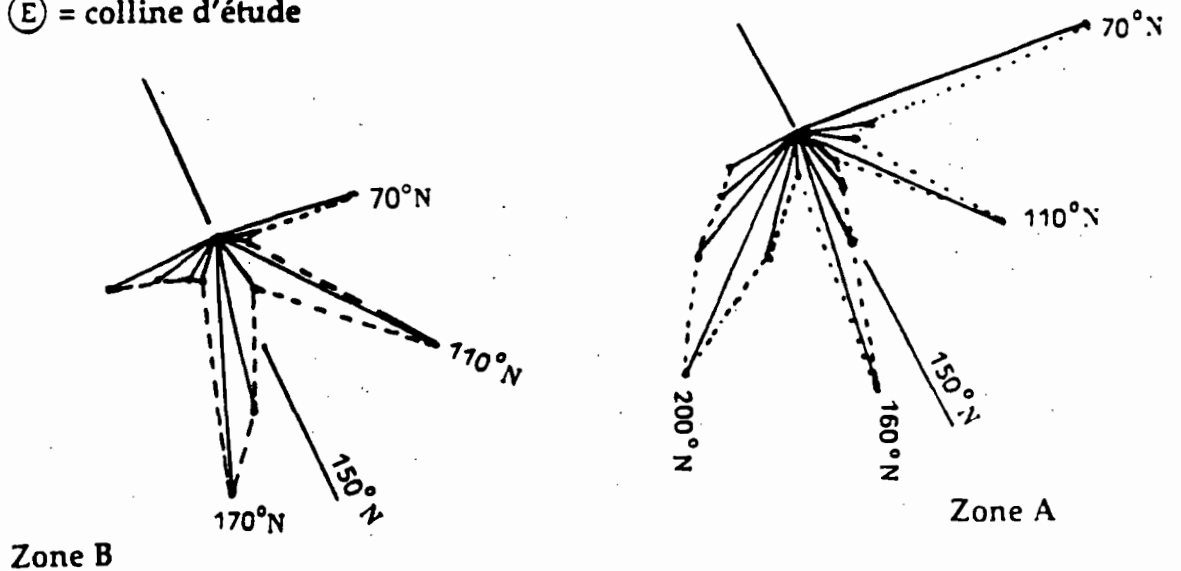


Fig : 15 Rosaces directionnelles de l'alignements des talwegs

- le développement de 4 directions de talwegs bien développées : 70°N, 110°N, 160°N et 200°N (Figure 15) correspondant à deux directions de fractures. Les directions 70°N et 160°N sont presque identiques à celles des failles de la vallée de la Sanaga. Cette concordance entre la direction des failles et celle des alignements des talwegs indique la fracturation du socle de Yaoundé.

Conclusion. On note :

- deux directions de fractures SW-NE de 70°N et NW-SE de 170°N
- la longueur cumulée des linéations plus importante dans les collines que dans les inselbergs. Le socle des collines est alors plus fracturé que celui des inselbergs.

#### 5 - Ecoulements dans les Stations hydrologiques de la Méfou.

Les écoulements sont conditionnés par le relief (DERRUAU, 1962) et les cassures du socle (FEUGA et al., 1989). Leur analyse permet de confirmer les discontinuités structurales et paysagiques observées dans le bassin de la Méfou.

La figure 16 représente la distribution des écoulements dans les Stations hydrologiques de la Méfou (station d'Etoa située presque à la limite entre massif montagneux et pénéplaine, et station de Nsimalen localisée dans la pénéplaine voir Figure 10).

On constate ainsi que les écoulements annuels (quantité d'eau écoulée/ surface) ne sont pas significativement différents entre les deux stations. En grande saison des pluies, les écoulements à Etoa sont légèrement supérieurs à ceux de Nsimalen à cause de l'effet possible du relief sur les précipitations. En tenant compte des règles hydrologiques établies par OLIVRY (1986), l'écoulement à Etoa devrait être supérieur à celui de Nsimalen à cause de la forte pente et de la superficie plus faible de son bassin. L'égalité des écoulements observée dans ces deux stations situées dans le même climat pourrait provenir d'un apport latéral par les failles du substrat. La faible pente du paysage des collines à versants convexes

n'influence pas alors les écoulements d'eau dans la station de Nsimalen. Il est fort probable que les cassures abondantes dans ce paysage modifient les flux hydriques et leur direction d'écoulement tout comme la pente dans le massif montagneux.

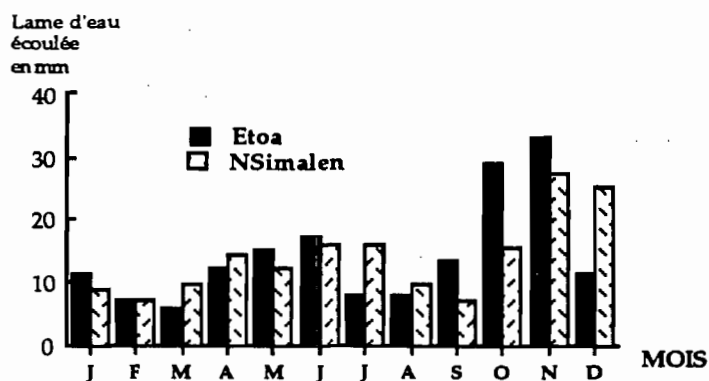


Figure 16 Ecoulement d'eau dans la Méfou

**Conclusion.** On note les mêmes écoulements d'eau dans le paysage des inselbergs plus pentu et peu fracturé que dans celui des collines convexes, presque aplanis et fortement fracturé. Les fractures modifient alors l'écoulement tout comme la pente topographique.

#### 51 - Conclusion : hydrologie et morphologie du bassin de la méfou.

Tableau 6 - caractéristiques essentielles des deux types de paysages du bassin de la Méfou.

caractéristiques	massif montagneux	Pénéplaine
longueur cumulée en km	100	200
pente hydrologique	6 à 11%	inférieure à 1%
superficie du bassin en km carré	235	425
écoulement annuel en mm	170	168

Le bassin de la Méfou présente deux types de paysage différenciés par la forme des unités de modelé et la pente topographique. Ils ont les mêmes écoulements d'eau annuels. Dans cette région, la rectitude des talwegs suggère l'existence de nombreuses fractures (GRIBOULARD, 1980; SAVANE et al., 1991).

**Conclusion :** *Dans cette région du socle ancien, soumise à des longues périodes d'épirogenèse provoquant une tectonique cassante, les cassures déterminent la direction des flux hydriques et leur débit.*

### Conclusion sur la présentation du bassin de la Méfou.

Le bassin de la Méfou est formé de deux types d'unités de modelé :

- les inselbergs ou U.M à versants plan-convexes;
- les collines ou U.M à versants convexes.

Les interfluves formés des inselbergs séparés par les cols et les bas-fonds sont appelés U.P à inselbergs. Leur juxtaposition forme le massif montagneux de Yaoundé. Dans ce massif, le socle est surélevé et peu fracturé et les pentes topographiques sont très fortes et abruptes.

Les interfluves formés des collines convexes limitées par des bas-fonds marécageux sont appelés U.P à collines. Leur juxtaposition constitue la pénéplaine. Dans ce paysage, le socle est fortement fracturé et surbaissé, les sommets des collines sont tangents à un plan très faiblement incliné.

La pénéplaine et les massifs montagneux de Yaoundé sont séparés par une ligne des talwegs ou fracture.

La quantité d'eau évacuée dans les inselbergs à socle peu fracturé est égale à celle drainée dans les collines à socle plus fracturé. *Les écoulements sont alors déterminés par les fractures dans les collines et la pente topographique dans les inselbergs.*

En bordure des inselbergs, on observe une U.P. à collines et inselberg. Cette U.P est composée d'une colline de 100 m de dénivelée formant l'intermédiaire d'un inselberg à une colline de 760 m d'altitude. Cette colline de 100 m de dénivelée, à cause de sa position fera l'objet de la deuxième partie de ce mémoire.

---

**Deuxième Partie :  
Présentation de la région étudiée : la colline de  
Minkoaméyos.**





## **Chapitre III - Organisation du modelé et distribution générale des sols.**

### **1- Modelé et sols de la colline de Minkoaméyos.**

#### **11- Choix de la colline de Minkoaméyos.**

La colline de Minkoaméyos se trouve dans l'U.P à collines et inselberg du Bassin de la Méfou (Fig. 13). Elle occupe alors une position de transition permettant de comprendre les mécanismes responsables de l'évolution du paysage. C'est pour cette raison qu'elle a retenu notre attention. Avant d'aborder le sujet purement pédologique, il nous semble nécessaire de présenter cette unité de modelé dans son ensemble.

#### **12 - Analyse du modelé de la colline de Minkoaméyos.**

Cette analyse a été faite à partir de la carte topographique dressée par l'I.G.N de Yaoundé (1956) et complétée par une étude topographique au 1/5000 par l'I.R.A. Cette analyse nous a permis de caractériser la morphologie générale de la colline et le microrelief des affleurements rocheux.

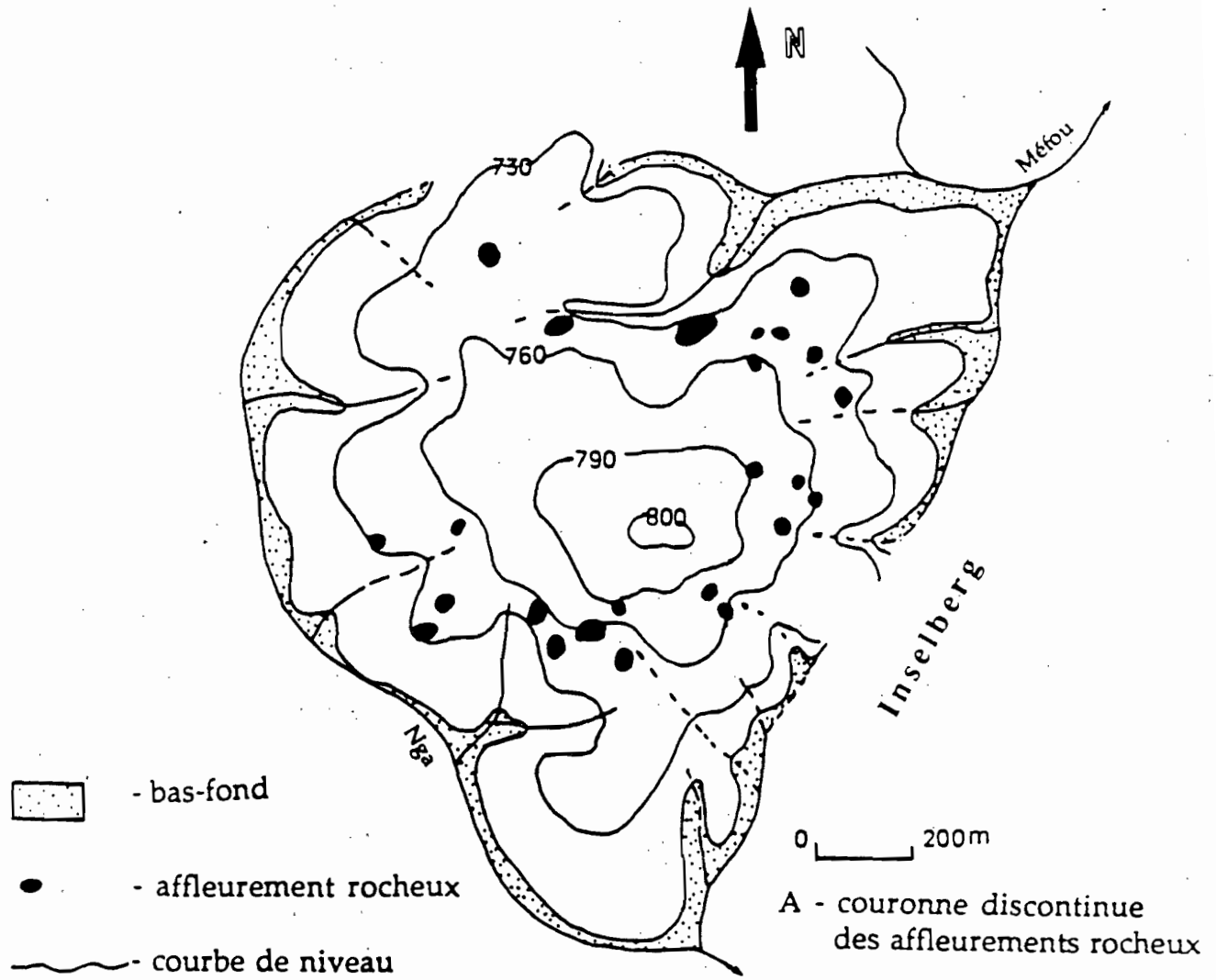
##### **121 -Situation.**

La figure 17 présente la morphologie de la colline de Minkoaméyos. Celle-ci est une partie de l'interfluve des rivières Nga et Méfou. L'autre partie est centrée sur un inselberg. Ces deux parties sont séparées par un col reliant deux talwegs alignés. Elle est délimitée au nord par un autre talweg qui s'aligne avec l'affluent de Nga par un col.

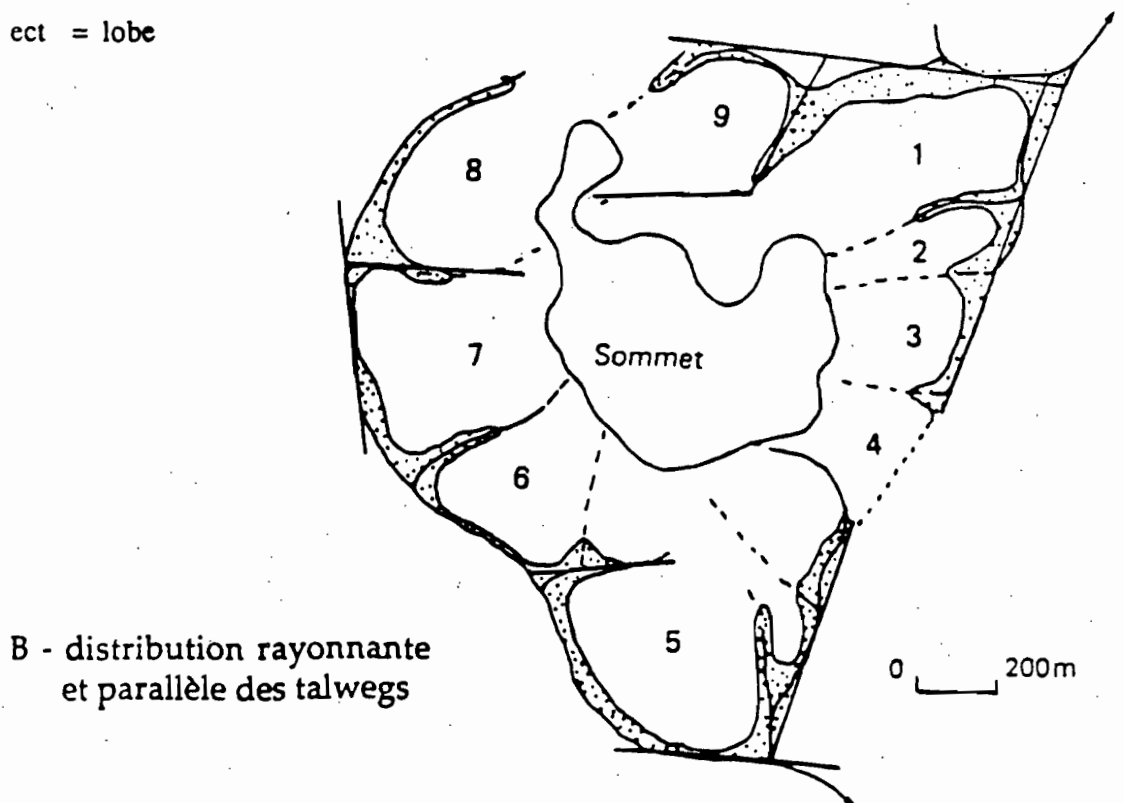
##### **122 - Modelé de la colline de Minkoaméyos.**

La colline d'étude comprend ( tableau 7) :

- une partie surélevée caractérisée par les lobes longs (n°1, 5 et 7) de forme concave ou convexo-plan allongés dans les directions SW-NE ou 60°N et N-S et de pente variant entre 10 et 20%;
- une partie surbaissée composée de lobes courts et convexes de 10% de pente;



1, 2, 3 ... ect = lobe



B - distribution rayonnante et parallèle des talwegs

Fig : 17. Organisation de la colline d'étude

Tableau 7 - Caractéristiques topographiques de la colline d'étude.

partie	n° du lobe	forme du lobe	replat	longueur radiale en m	largeur en m	dénivelée en m	pente en %
partie surélevée	1	convexo-concave	en gouttière	900	300	70	10
	2	convexe		500	100	70	10
	3	convexe		310	250	70	20
	4	convexe versant col		200	200	40	15
	5	convexo-plan	en gouttière	700	550	90	10
	6	convexe		300	200	50	20
	7	convexo-concave	en gouttière	400	300	70	15
partie basse	8	convexe		300	800	40	10
	9	convexe		400	300	40	10
sommet à 800 m	interse- ction des lobes	légèrement convexe		1000	450	20 à 50	6 à 10

- un sommet incliné dans le sens opposé à l'écoulement des rivières importantes;

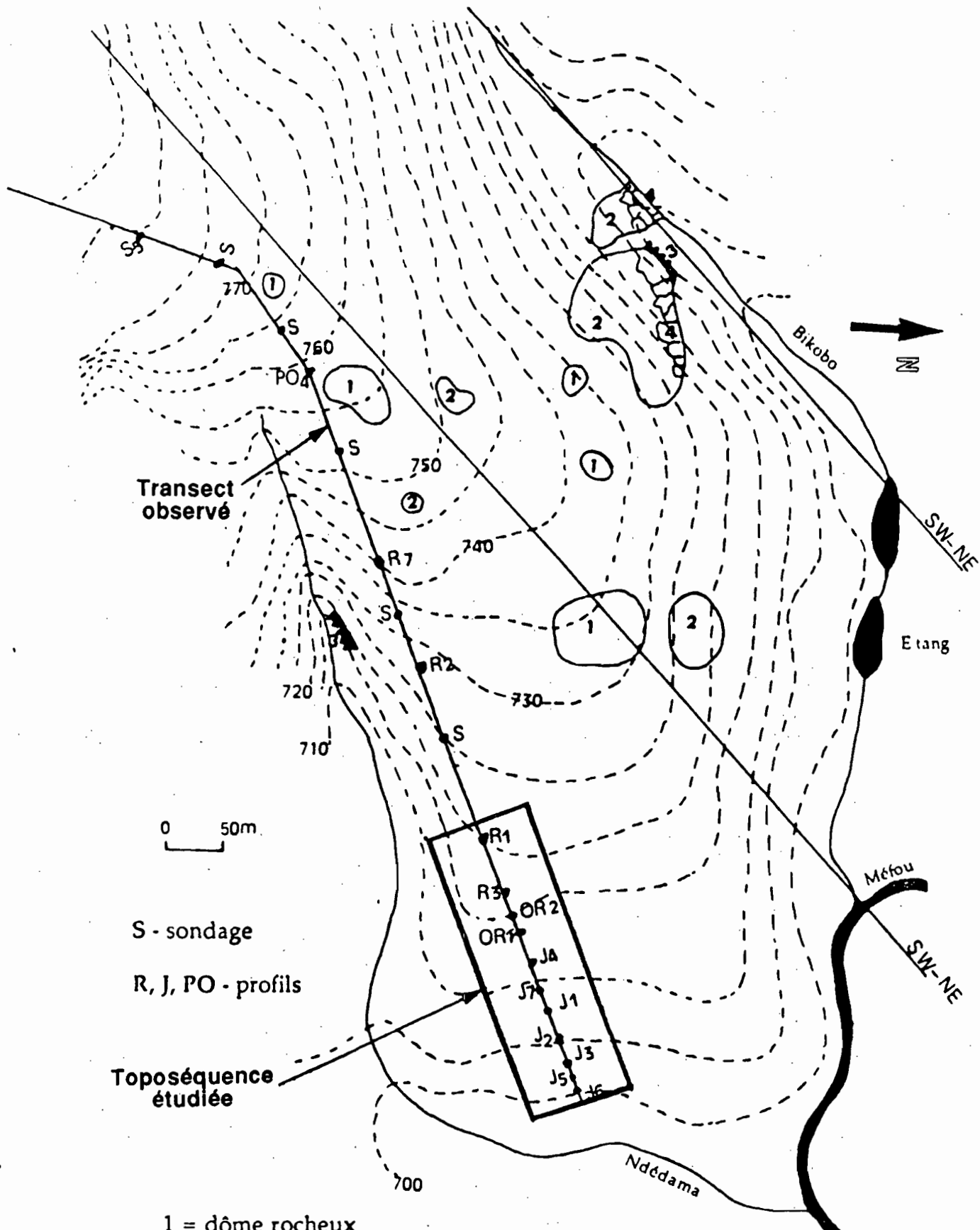
- une distribution rayonnante des talwegs ( figure 17B). Parmi ces talwegs, certains sont parallèles (17B).

La direction d'allongement SW-NE ou 60°N des lobes longs n°1 et 7 correspond à la direction générale du socle (CHAMPETIER de RIBES et al. , 1956). La direction Nord-Sud du lobe n°5 correspond à celle des failles déterminées par les mêmes auteurs.

### 13 - Répartition des affleurements rocheux dans la colline de Minkoaméyos.

L'objectif de ce paragraphe est de démontrer le début de dégagement du socle dans la colline d'étude.

### 131 - A l'échelle de la colline.



- 1 = dôme rocheux
- 2 = dalle rocheuse
- 3 = escarpement rocheux
- 4 = blocs rocheux

**Fig : 18 Distribution et forme des affleurements rocheux et position des profils pédologiques dans lobe I**

La figure 17A présente la distribution des affleurements rocheux dans la colline d'étude.

**Commentaire.** Les affleurements rocheux apparaissent entre 730 et 790 m d'altitude. Ils forment une couronne discontinue autour du sommet de la colline. Ils sont abondants dans la partie surélevée et du côté de l'alignement des plus longs talwegs. Ils sont aussi presque localisés dans les têtes de talwegs à pente forte (20 à 30%). Leur distribution épouse la configuration rayonnante des ruisseaux.

### 132 - A l'échelle du lobe (Lobe 1)

La figure 18 montre la distribution des différents types d'affleurements rocheux dans le lobe 1 long et convexo-concave.

On distingue :

- des blocs rocheux en contact avec des escarpements dans les têtes de talwegs;
- des dalles au voisinage des dômes rocheux au niveau de la ligne de crête;
- des dômes présentant des diaclases subhorizontales. Par endroits, ils sont associés aux gros blocs rocheux.

Les dômes rocheux sont alignés suivant la direction d'allongement du lobe et le tronçon rectiligne du talweg.

**Conclusion.** *On note une relation entre l'alignement des dômes rocheux en rapport avec la structure du socle et la rectitude du talweg.*

**Conclusion.** U.M. de passage de la colline à l'inselberg.

**Tableau 8 - Evolution des caractères de la colline convexe vers l'inselberg.**

Unité de modelé	Forme du versant	dénivelée	pente	direction d'allongement et forme d'affleurement de la roche
colline à versants convexes	convexe	40	5-10%	
Inselberg	plan-convexe plan-concave	200	40-50%	NE-SW affleurement continu
partie surbaissée de la colline de Minkoaméyos	convexe	40	10 - 15	
partie surmontée	concave, plan-convexe	100	10-20	NE - SW affleurement discontinu

**Commentaire.**

Le site d'étude a des versants convexes à pentes faibles comme la colline; et les versants plan-convexes à pente moyennement fortes comme l'inselberg. Il présente une dénivelée intermédiaire entre celle de la colline et celle de l'inselberg. Il est caractérisée par les versants concaves.

*Conclusion.* La colline d'étude présente à la fois les caractères de l'inselberg et de la colline .

**2 - Sols de la colline de Minkoaméyos.**

L'analyse du modelé de la colline d'étude nous a montré qu'elle présente des caractères morphologiques intermédiaires entre un inselberg et une colline. Elle est caractérisée par des lobes convexo-concaves . Ce type de versant peut être le stade intermédiaire de l'évolution morphologique du paysage. L'analyse pédologique nous paraît nécessaire pour confirmer cette hypothèse.

## 21 - Profils des sols rencontrés dans la colline d'étude.

Les profils des cinq types de sols de la colline d'étude sont présentés dans la figure (19) :

- le sol rouge à blocs de cuirasse (I);
- le sol rouge typique (II);
- le sol rouge-jaune peu épais ou rajeuni (III);
- le sol rouge colluvionnaire (IV);
- le sol à horizon jaune (V).

### Commentaire.

Les sols de cette colline sont différenciés par :

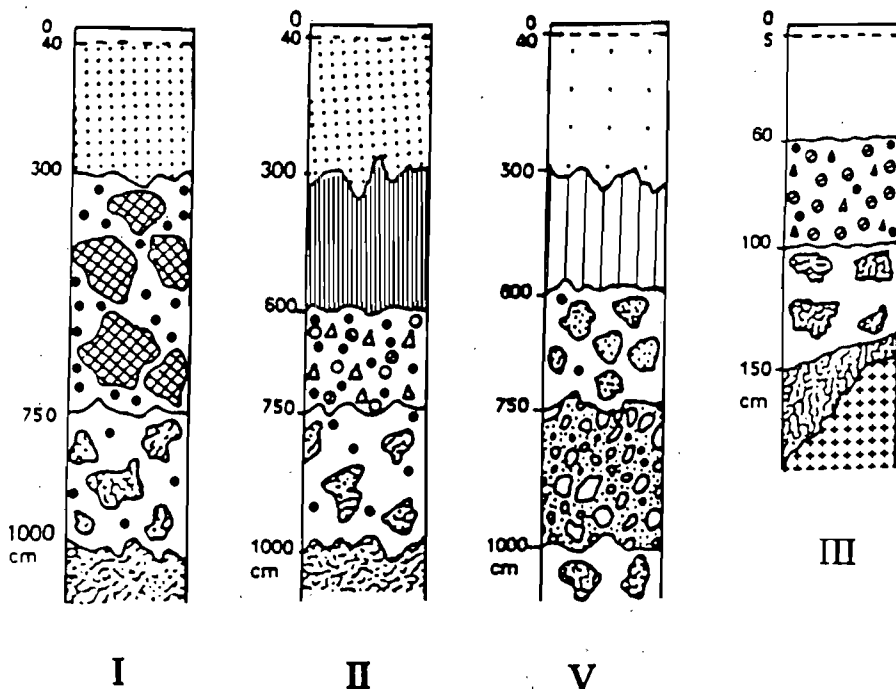
- l'épaisseur des horizons nodulaires ;
- la couleur du sol ;
- la profondeur d'altération ;
- l'organisation en strates supposant le remaniement des sols;
- la faible épaisseur des horizons meubles ;
- la texture en rapport avec la discontinuité lithologique ou pédologique.

## 211 - Comportement hydrique des sols ferrallitiques rouges typiques et du sol à horizon jaune.

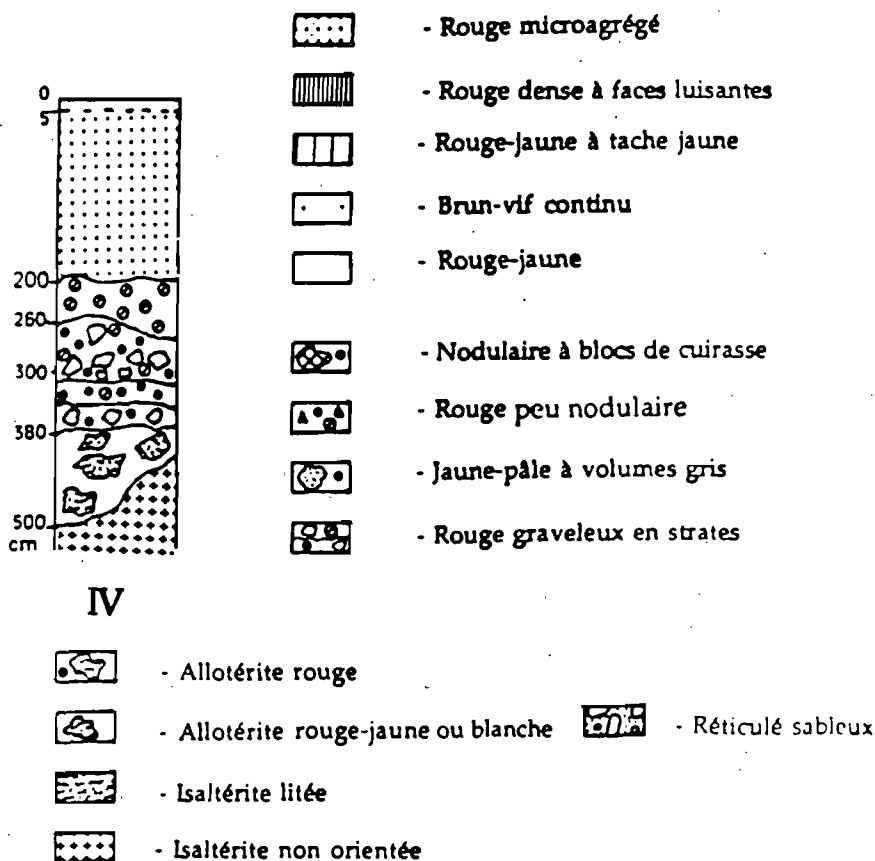
La figure 20 présente les profils hydriques du sol rouge, du sol à horizon jaune et du sol de transition.

**Commentaire.** Pendant la saison des pluies, le sol à horizon jaune est plus humide en surface. Il est moins humide entre 30 et 50 cm de profondeur que le sol rouge. Dans le sol à horizon jaune, la percolation est alors plus lente que celle du sol rouge typique.

*On peut retenir une redistribution plus lente de l'eau dans le sol à horizon jaune que dans le sol rouge.*



Légende des horizons



I - Sol rouge à blocs de cuirasse, II - Sol rouge typique, III - Sol rouge-jaune peu épais, IV - Sol rouge colluvionnaire, V - Sol à horizon jaune

Fig : 19 Organisation verticale des sols de la colline d'étude



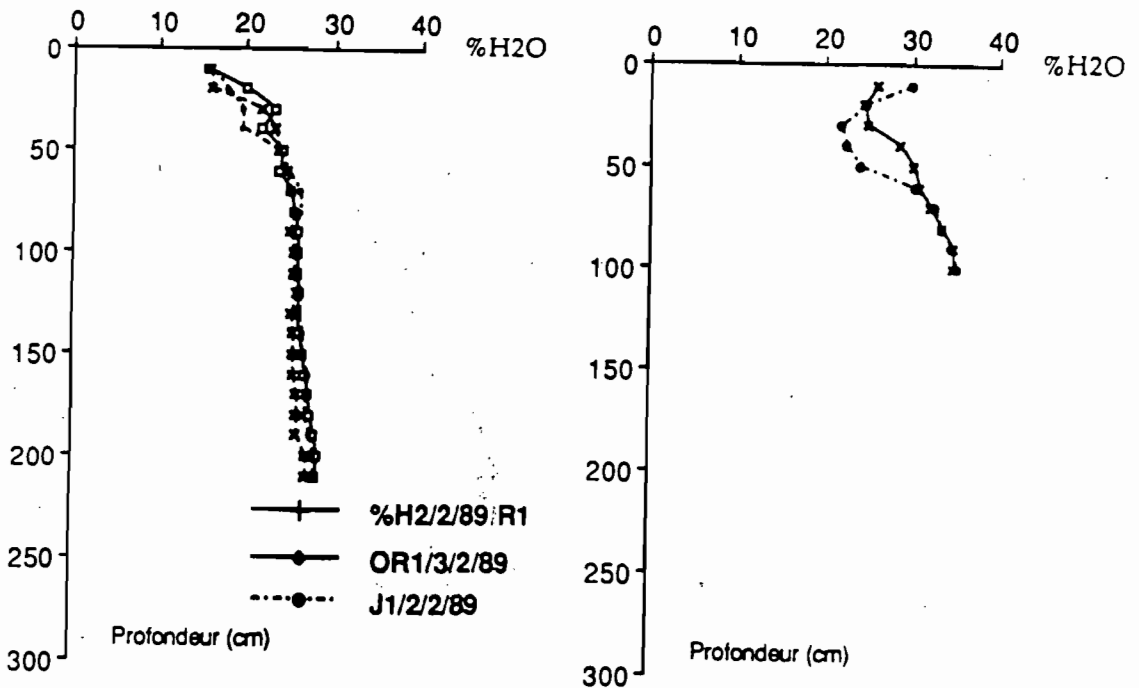


Fig 20 A profils hydriques des sols rouge (R1), à horizon jaune (J1) et de transition en saison sèche

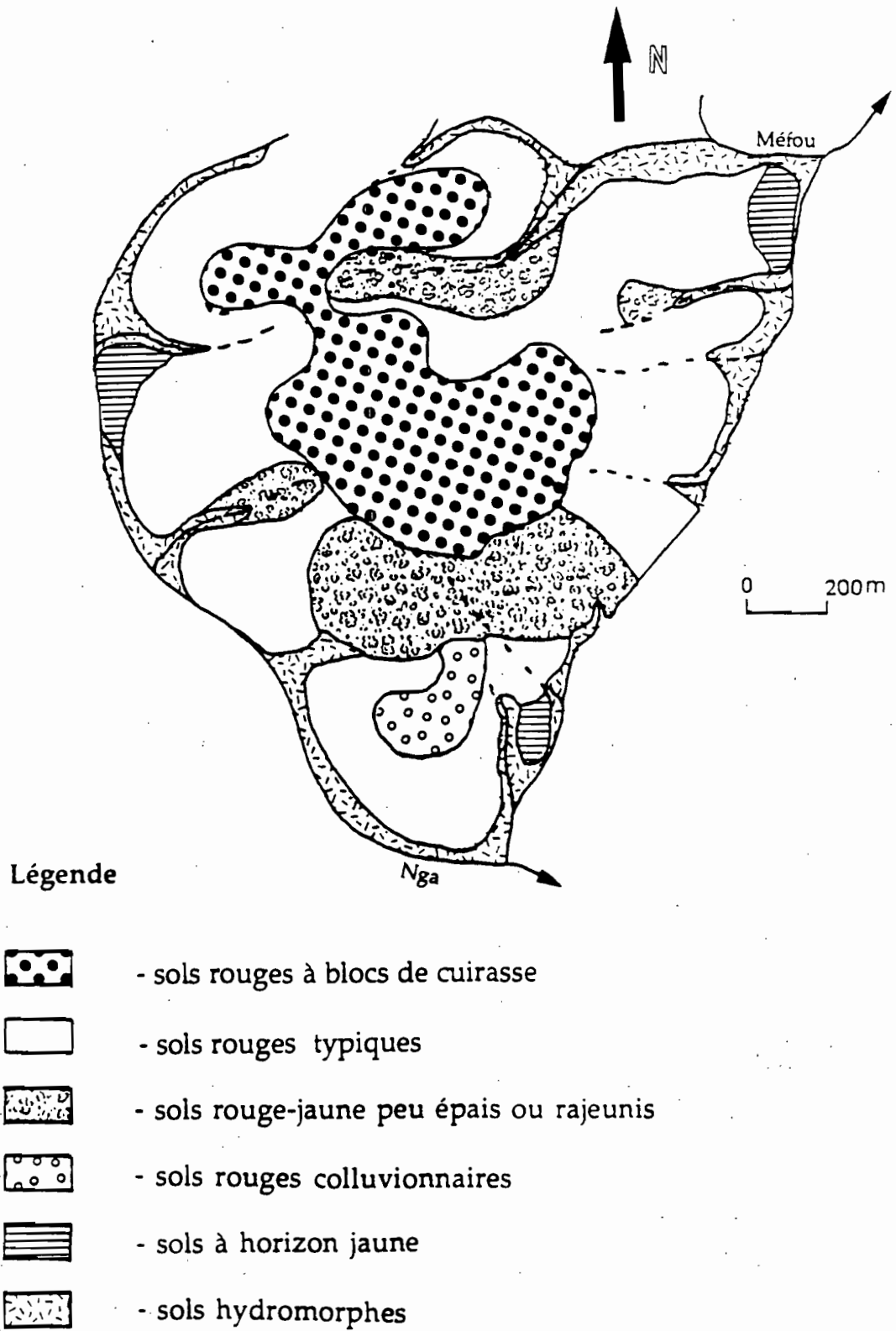
Fig : 20 B profils hydriques des sols rouges et à horizon jaune en saison des pluies

Fig : 20 Profils Hydriques

## 22 - Organisation spatiale des sols de la colline de Minkoaméyos.

La figure 21 donne la localisation et l'extension des cinq types de sols dans la colline de Minkoaméyos. On peut ainsi noter que :

- Les sols rouge-jaune peu épais pénètrent les sols rouges au niveau des têtes de talwegs. Ils deviennent plus étendus dans le haut de versant du lobe n°5 long, convexo-concave et allongé dans la direction Nord-Sud des failles.
- La position des sols rouges colluvionnaires se trouve en aval des sols rouge-jaune peu épais.
- Le sommet de la colline est occupé par les sols rouges à blocs de cuirasse.



**Fig : 21** Esquisse de la carte pédologique de la colline de Minkoaméyos

- En bas de pente des lobes longs convexo-concaves, allongés suivant la direction des plis et des failles, les sols à horizon jaune se développent au passage des sols rouges typiques aux sols hydromorphes. *Ils sont présents autour du confluent formé d'un talweg aligné avec le cours d'eau important.*

La répartition des sols à horizon jaune est fonction de la longueur et de la forme des lobes. Les sols rouge-jaune peu épais et les sols rouges colluvionnaires ont une grande extension dans le lobe n°5 allongé suivant la direction des failles.

Conclusion . *On note :*

- la répartition des sols à horizon jaune en fonction de la forme et de la longueur des lobes et de la position topographique;
- l'alignement des sols à horizon jaune le long des linéaments (alignement des talwegs);
- l'extension des sols rouge-jaune peu épais et celle des sols remaniés dans le lobe long allongé dans la direction Nord-Sud;
- la présence des sols rouges à blocs de cuirasse au sommet de la colline.

Il nous reste maintenant à procéder à une étude détaillée d'un lobe. C'est le lobe 1 qui a été retenu à cause de sa forme convexo-concave, sa représentativité des sols et de son accès facile (déboisement et proximité de la route).

---

## Chapitre IV - Etude détaillée du Lobe I.

L'analyse morphologique et pédologique du lobe I a pour objectif de faire comprendre la relation existant entre la forme convexo-concave du lobe et son organisation pédologique.

### 2 - Situation du lobe I.

La figure 22 présente le Lobe I délimité au nord par la rivière Méfou et son affluent Bikobo, à l'Est par le ruisseau Ndedama affluent de la Méfou et au Sud par un affluent de Ndedama.

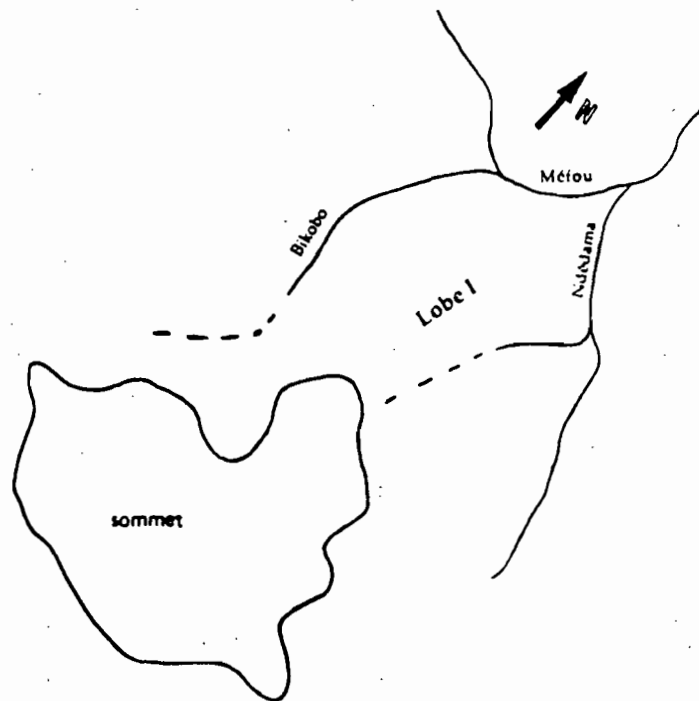


Fig : 22 Localisation du Lobe I

### 3 - Topographie du toit de la roche et des altérites du Lobe I.

La figure 23 présente le toit de la roche et des altérites.

La topographie du toit de la roche et des altérites est composée de deux parties :

- une partie amont convexe parsémée des petits dômes rocheux;
- une partie concave traversée par une légère dépression ouverte vers le ruisseau Ndedama.

Le sommet des isaltérites se trouve entre 5 et 10 mètres plus haut que le niveau du ruisseau Ndedama.

**Commentaire.** Le toit de l'isaltérite et du rocher est convexo-concave. L'escarpement rocheux constituant la berge de l'affluent de Ndedama (Figure 18) se prolonge dans la partie concave par une dépression.

**Conclusion.** *On note :*

- *une forme convexo-concave du toit du rocher et de l'isaltérite renfermant une dépression dans sa partie concave .*

### 4 - Modelé et structure lithologique dans le Lobe I.

En comparant la configuration du toit du rocher et de l'isaltérite (Fig 23) à la carte topographique (Figure 18), on constate une conformité du relief du lobe I à la morphologie du socle. Cette harmonie entre la topographie et la lithologie montre que le modelé du lobe I dépend de la structure du socle. Il est alors morphostructural.

**Conclusion.** *On note la concordance entre le modelé et la morphologie du socle dans le lobe I.*

### 5 - Organisation générale de la séquence des sols du Lobe I.

Pour relier les organisations pédologiques aux processus de morphogénèse, une séquence longitudinale d'un kilomètre environ passant par le sommet de la colline et le bas-fond a été obtenue à partir de 20 profils pédologiques et de 10 sondages intermédiaires effectués à la tarière au niveau des profils de 2

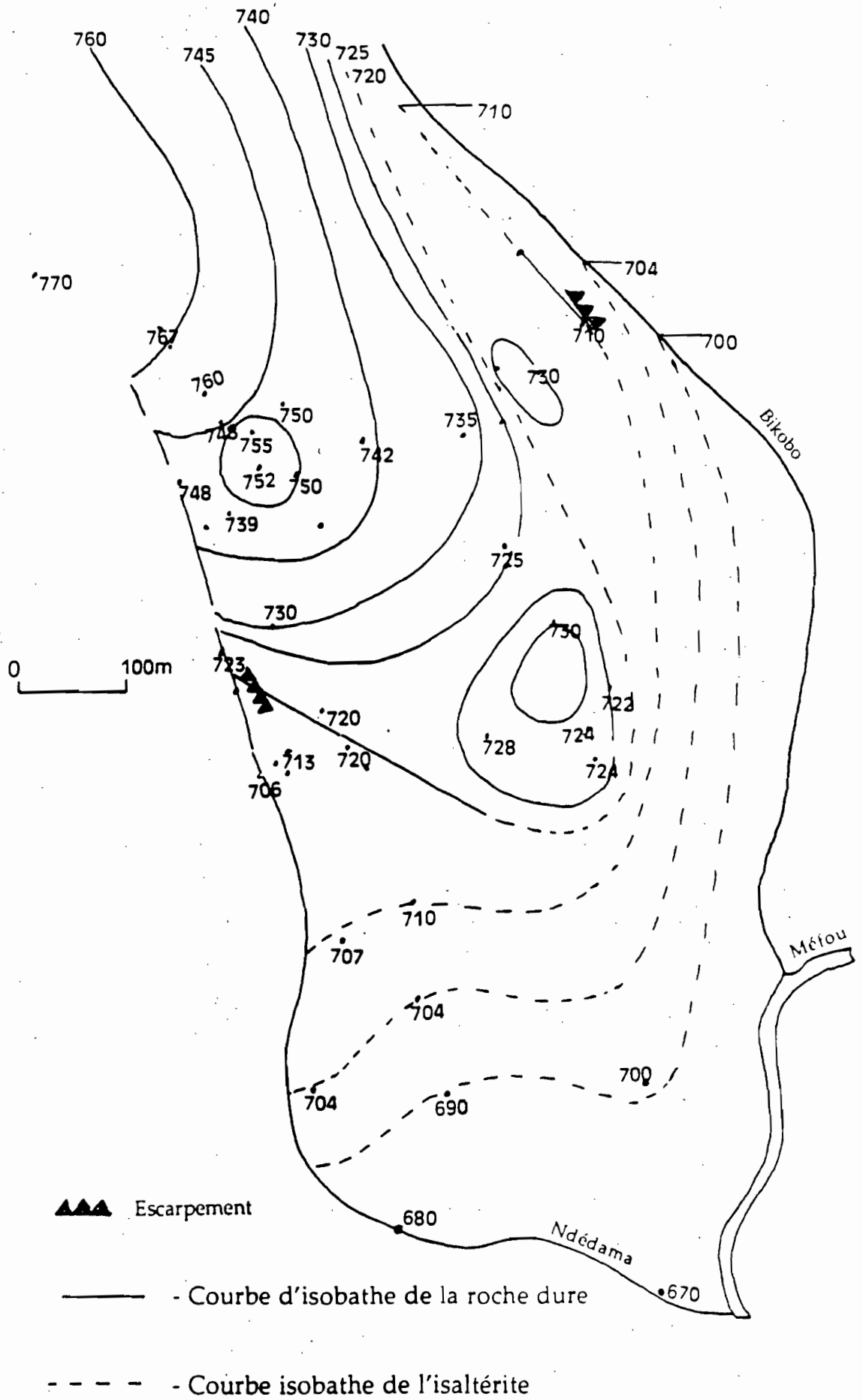
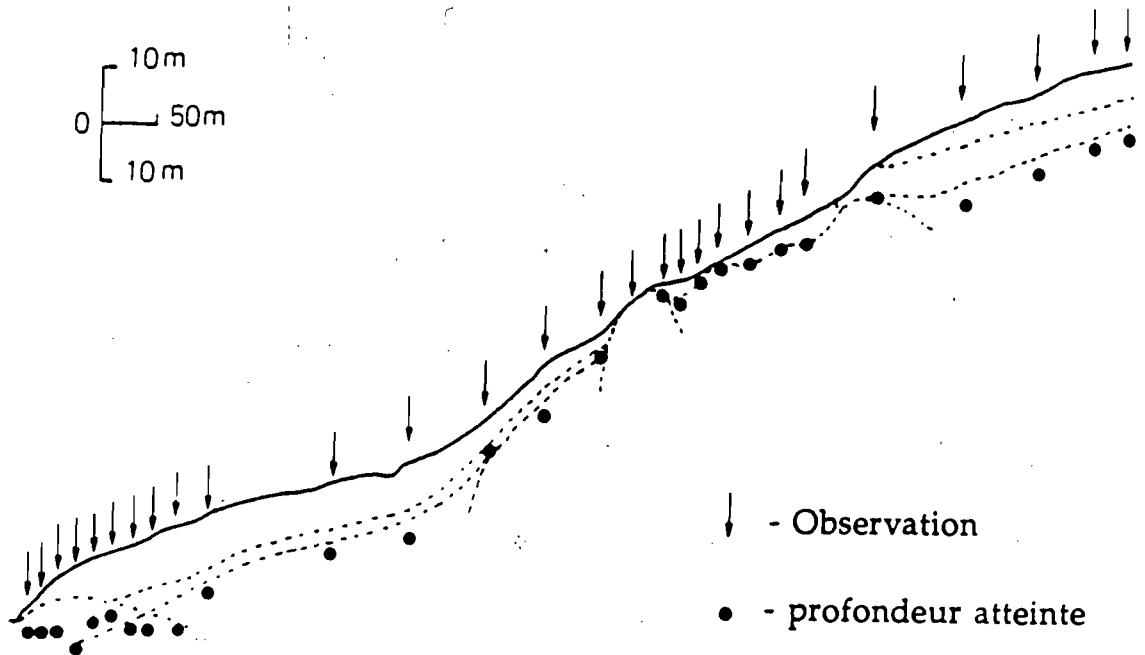


Fig : 23 Configuration plane du toit du rocher et de l'isaltérite dans lobe I



**Fig: 24 Répartition des observations le long de la séquence des sols du Lobe I**

mètres de profondeur (Figure 18 et 24). Le levé topographique a été fait de manière traditionnelle à l'aide de la boussole, du niveau de charpentier, de la chaîne d'arpenteur et d'une mire de 2 mètres graduée en centimètres.

*Les sols de cette séquence sont situés dans les champs de l'I.R.A labourés aux tracteurs.*

Nous étudierons successivement les horizons rocheux, les horizons d'altération, les horizons meubles et nodulaires, les horizons meubles argileux et les horizons réticulés.

**51 - Horizons rocheux de la séquence des sols du lobe I.**

### 511 - Roche dure.

La figure 18 ( page 40) situe l'affleurement de la roche dure dans la séquence.

Elle se présente sous forme de dalle, de dôme ou de blocs.

Les photos 1 et 2 montrent l'aspect de deux faciès de roche subaffleurente rencontrés dans le lobe I :

- le faciès hétérogranulaire gris-sombre à litage peu marqué affleurant sous forme de dôme;
- le faciès lité gris-clair apparaissant en surface sous forme de dalle.

### 512 - Faciès hétérogranulaire gris-sombre à litage peu marqué.

Il est composé de nombreux phénocristaux de grenats roses entourés de biotites noires et brillantes, et des plages blanches millimétriques constituées de quartz, d'orthoses et de nombreux plagioclases.

Il est massif et peu fissuré. Par endroits, il présente des diaclases sub-horizontales et correspond au faciès mésocrate décrit par CHAMPETIER de RIBES (1956) et YONGUE (1986). Il entre en contact graduel avec le faciès gris-clair à litage net par diminution de la taille et du pourcentage de grenats et de biotites et par développement des lits feldspatho -quartzitiques.

### 513 - Faciès gris-clair à litage bien marqué.

Il est caractérisé par les lits plissés, entrecoupés, blancs, pauvres en biotites et séparés par les bandes millimétriques grises et riches en biotites. KAMGANG (1987) à partir d'un sondage de 20 mètres de profondeur, en bas de versant montre que ce faciès est pauvre en plagioclases (oligoclase) et riche en feldspaths potassiques (orthose , microcline) et en quartz. Ces deux derniers minéraux sont rassemblés en filonnets discontinus, alignés, fortement fissurés, déformés et alternant avec des bandes millimétriques riches en biotites et en disthènes.



**Conclusion.** *On note deux faciès lithologiques dans le lobe I :*

- *le faciès lité riche en orthose et pauvre en minéraux ferromagnésiens (biotite et grenat) distribué sous forme de dalle.*
- *le faciès hétérogranulaire riche en biotite, en plagioclase et en grenat et à litage peu marqué affleurant sous forme de dôme.*

## **52 - Horizons d'altération.**

On distingue trois types d'horizons d'altération (tableau 9 et annexe 1)

- **une isaltérite non orientée** différenciée par un litage peu net, des diaclases subhorizontales, des interstratifiés et de la gibbsite. La gibbsite et les plagioclases forment la phase blanche. Les interstratifiés mélangés à de l'argile 1/1 forment la phase grisâtre .
- **une isaltérite litée** caractérisée par des filonnets de quartz alternant avec des lits d'isaltérite fine pauvre en quartz, une individualisation de l'hématite et une consistance très friable.
- **une allotérite blanche** présentant une conservation partielle de l'orientation des filonnets de quartz, une hétérogénéité de couleur et une consistance plastique.

L'ensemble des horizons d'altération est alors différencié par l'orientation des minéraux, la présence de minéraux altérables et d'interstratifiés. Cette présence des minéraux altérables indique la résistance à l'altération.

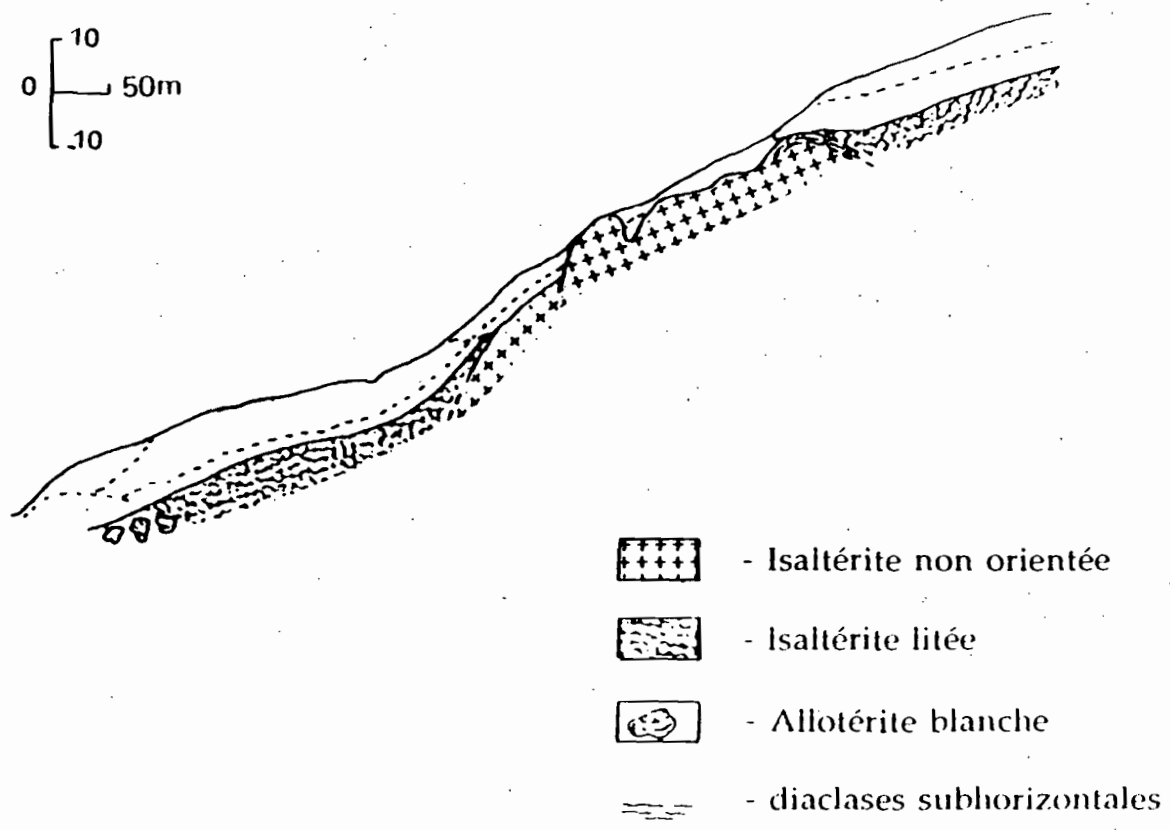


Fig : 25 Ensemble des horizons d'altération

Tableau 9 - Principaux caractères de l'ensemble d'altération.

Ensemble	profondeur d'apparition	Aspect	structure	texture et composition minéralogique	consistance	minéraux altérables
Roche	0 m	massif - lits clairs et plissotés - sombre à plages claires	-litée  - sans orientation des minéraux	feldspaths, biotite, grenat, quartz grano-lépidoplastique ou hétérogranulaire	cohérente	feldspaths, biotite, grenat
Isaltérite non orientée	0, 3 à 4 m	sombre à plages claires	sans orientation préférentielle - débits en plaquettes - fissures verticales	sablo-limoneux graveleux. interstratifié, gibbsite, kaolinite + métahalloysite	peu friable + volumes de roche dure	grenat rose (1 à 5 mm) -biotite noire et brillante, -feldspaths friables
Isaltérite litée	8 à 10 m	gris-mauve (10YR5/3) tachetée de jaune (10YR5/8) à l'aval	litée et fractures subverticales à parois noires	limono-sableux à sablo-limoneux. kaolinite + métahalloysite + hématite	très friable	grenat altéré (0, 5 à 1 mm)  pas de minéraux hors quartz
Allotérite blanche à lithoreliques	5 à 8 m	tacheté : matériau gris (10YR7/1) entoure le rouge (10R4/8) ou brun foncé (10YR6/8)	lithoréliques dans le matériau gris continu et humide	argileux avec les lithoréliques argilo-sableux kaolinite	-plastique avec les lithoréliques friables à bords cohérents	pas de minéraux hors quartz

## 53 - Horizons meubles et nodulaires.

On distingue selon l'abondance des éléments grossiers (figure 26):

- des horizons nodulaires ou glébulaires avec plus de 50 % en poids d'éléments grossiers caractérisés par des blocs de cuirasse renfermant des nodules ferrugineux et des concrétions cimentés par une phase rouge-brique, ces horizons sont discordants à la surface topographique;
- des horizons peu nodulaires avec moins de 50% en poids d'éléments grossiers caractérisés par l'absence des blocs de cuirasse et l'abondance des grenats altérés. Ils sont conformes à la structure de la roche;

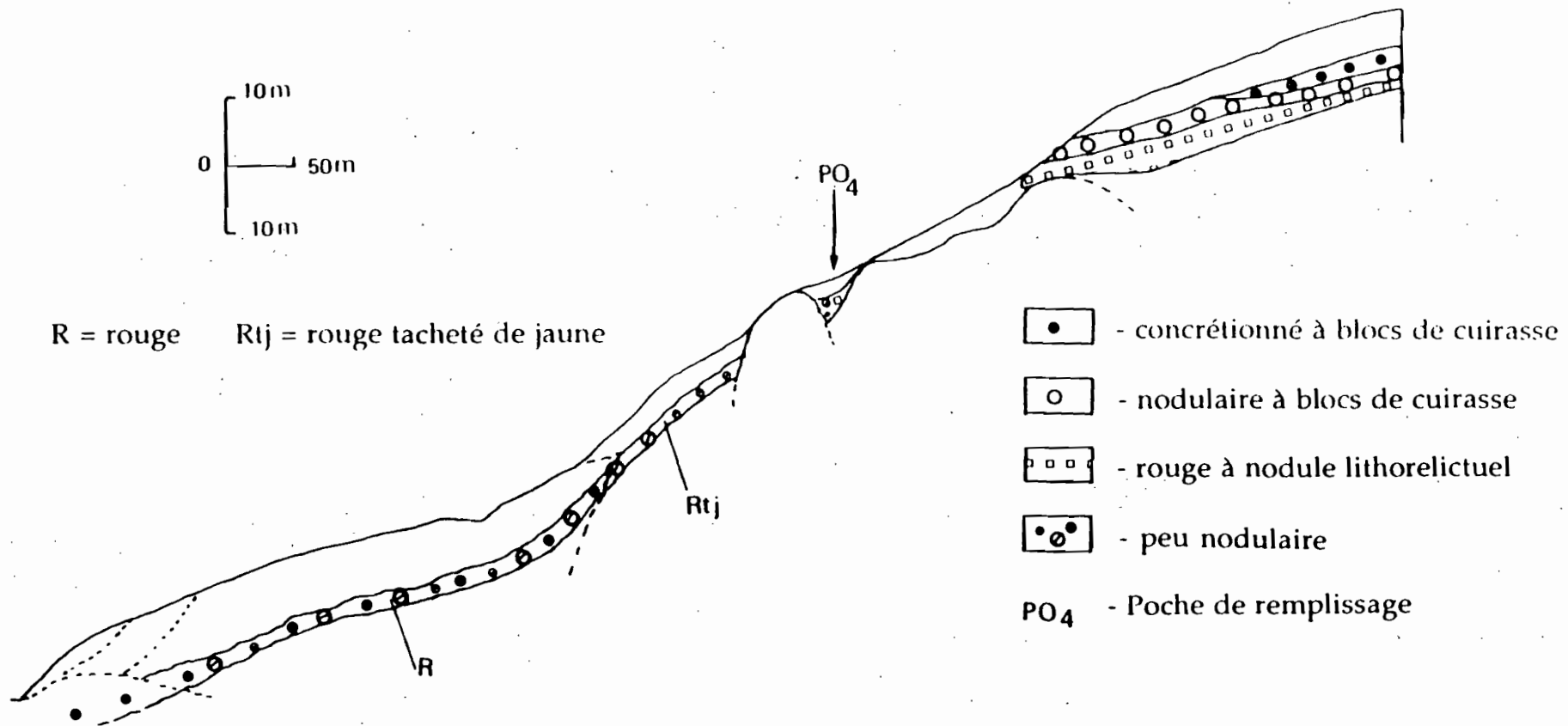


Fig : 26 Ensemble des horizons meubles et nodulaires

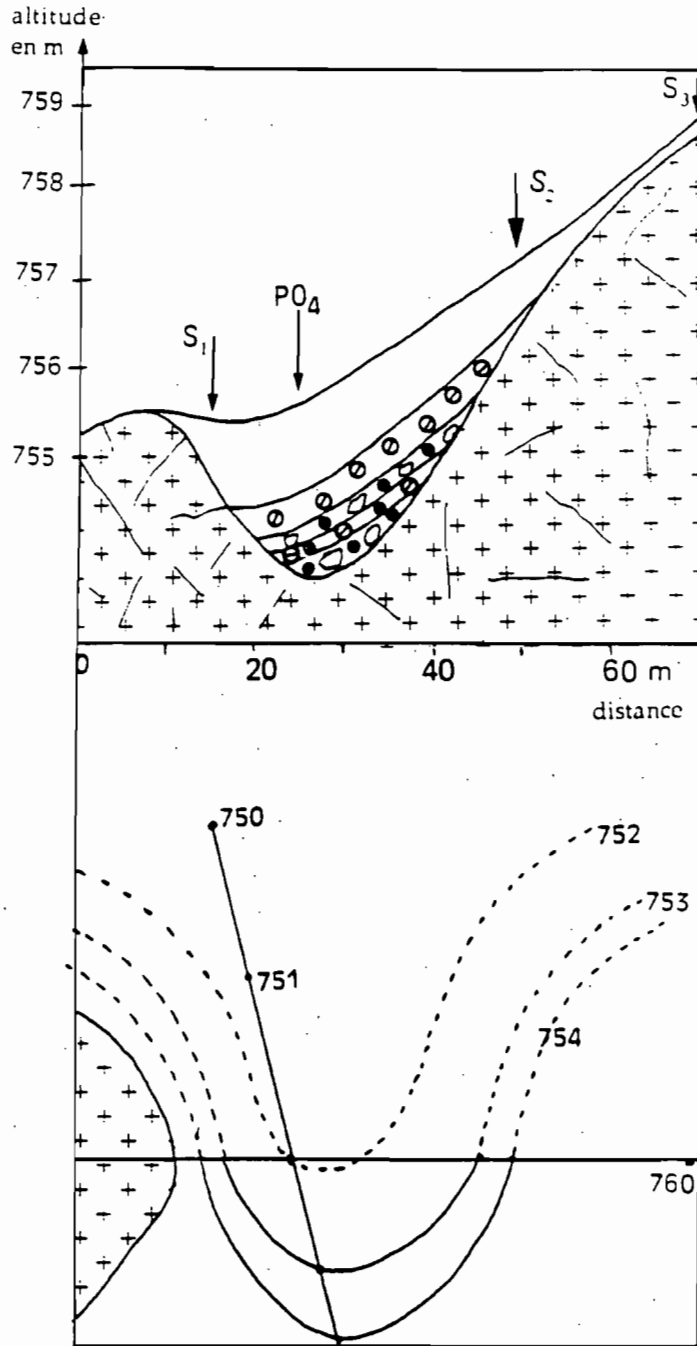
- un horizon nodulaire et remanié déterminé par l'organisation en strates. Il ressemble à l'horizon nodulaire par la présence de concrétions et de nodules altérorélictuels.

**Tableau 10 - Principaux caractères morphologiques des horizons glébulaires non remaniés.**

Horizons	épaisseur	% des éléments grossiers	nature des éléments grossiers	matériau internodulaire	texture de la terre fine
Horizons nodulaires	4 à 5 m	60 à 70 %	- paquets de muscovite; -nodules altérorélictuels; -nodules pédorélictuels à cortex et sans cortex; -nodules complexes ( nodules soudés par le pont rouge brique) -blocs de cuirasse à structure vacuolaire; -blocs de cuirasse nodulaire ( 50 à 100 cm ).	-rouge ( 10R4/6) tacheté de jaune (10YR 5/8) ou jaune à volumes rouges	argileux
Horizons peu nodulaires	1 à 2 m	5 à 20 %	- quartz anguleux de 1 à 2 cm; - 5 à 10 % pseudomorphoses de grenat - n o d u l e s altérorélictuels gibbsitiques ( grenat altérés +quartz enveloppés dans un fond blanc ) - nodules ferrugineux pédorélictuels.	- rouge ( 2, 5YR 4/6) ou rouge ( 10R 4/6) tacheté de jaune (10YR5/8)	argileux

**Tableau 11 - Variations des teneurs pondérales en type d'éléments grossiers dans l'horizon nodulaire remanié PO4.**

Profondeur en cm des strates	% quartz	% nodule ferrugineux	%grenat	Total
200-270	14	2	20	46
270-340	35	16	14	65
340-400	16	2	9	45



Coupe de la poche de remplissage





-  Roche non orientée;
-  nodule émoussé
-  quartz sous forme de cailloux
-  grenat altéré

Fig : 27 Vue en plan du toit de la roche au niveau de la poche de remplissage

### Commentaire.

Dans l'horizon nodulaire remanié le pourcentage des quartz grossiers diminue, ensuite il augmente avec la profondeur, de même que celui des nodules ferrugineux. Cette évolution des pourcentages des éléments grossiers suggère les discontinuités dues au colluvionnement.

**Conclusion.** *On note le colluvionnement responsable du remaniement des sols dans le haut de versant.*

La figure 27 présente des isobathes du toit de la roche au niveau de la poche de remplissage.

### Commentaire.

La concavité des isobathes suggère l'existence d'un creux qui s'ouvrirait vers le talweg principal et séparerait deux affleurements rocheux. Le contenu de cette poche est composé de certains éléments grossiers arrondis ou émoussés.

### 54 - Horizons meubles argileux.

Tableau 12 - Caractères des horizons meubles argileux.

Horizons	couleur	structure caractéristique	composition minéralogique	porosité	épaisseur en mètre
Rouges	2,5YR4/6 à 5/6	microagrégée	Hématite > goethite	-cavités multilobées et interconnectées -très poreux	0,4 à 6,0
Rouge-jaune	5YR4/6	continue à nombreuses petites faces luisantes noires et rouge-foncé	Hématite < goethite	-pores fins et tubulaires -peu poreux	1,0 à 2,0
Jaunes	7,5YR5/6 ou 10YR5/6	continue à pores tubulaires très fins (<1mm)	Goethite	-pores fins et tubulaires -très peu poreux	0,4 à 3,0

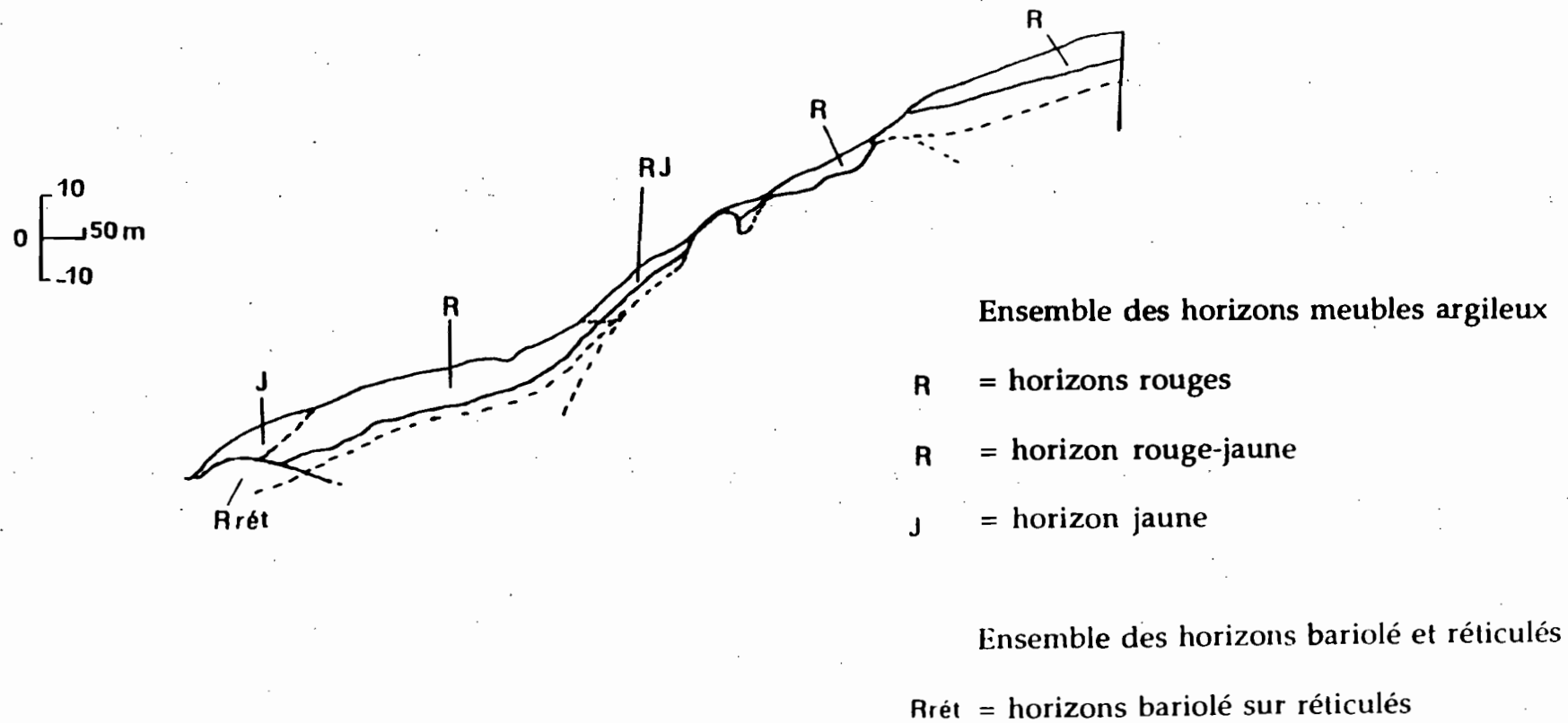


Fig : 28 Organisation des horizons meubles argileux , bariolé et réticulés



### Commentaire du tableau 12 et de la figure 28.

Les horizons meubles sont différenciés par la porosité et la nature des oxydes de fer en horizons rouges et en horizons jaunes (figure 28).

- les horizons rouges sont caractérisés par une structure microagrégée et la présence d'hématite;
- les horizons jaunes sont définis par une structure continue et la présence de goethite;
- l'horizon rouge-jaune peu épais est caractérisé par de nombreuses petites faces luisantes.

Cet ensemble des horizons meubles est recoupé dans le haut de versant par les horizons nodulaires et la roche subaffleurante.

### 55 - Horizons bariolé et réticulés.

Les horizons bariolé et réticulés sont emboîtés dans l'ensemble des horizons meubles. Ils sont différenciés par la texture, la structure et l'induration.

De bas en haut, on distingue (tableau 13) :

- l'horizon bariolé très argileux à structure polyédrique bien nette;
- les horizons rouges à jaune-pâle à pédoreliques sablo-argileux tacheté de gris et de rouge;
- les horizons réticulés argileux à argilo-sableux faiblement indurés.

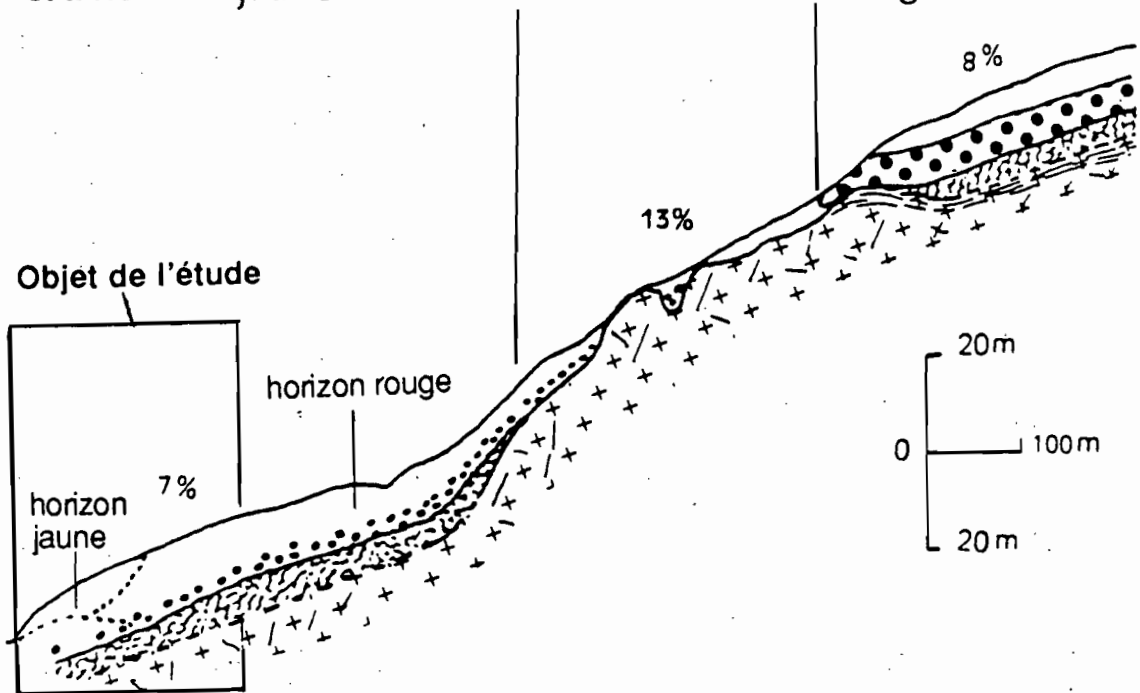
Cet ensemble diffère de l'ensemble meuble argileux par une structure polyédrique, une texture très sableuse et une hétérogénéité de couleur.

*Conclusion. On peut retenir une discontinuité structurale et texturale entre l'ensemble meuble argileux et l'ensemble bariolé.*

Domaine à sols rouge  
et à horizon jaune

Domaine à roche  
subaffleurante

Domaine à horizons  
glébulaires



### Légende

- Roche dure peu altérée
- Isaltérite orientée
- Ensemble des horizons meubles glébulaires
- ensemble des horizons meubles graveleux
- Ensemble des horizons meubles argileux
- diaclasses subhorizontales

Fig : 29 domaines pédologiques du Lobe I

Tableau 13 - Caractères morphologiques des horizons bariolé et réticulés.

Horizons	couleur	texture	structure	traits pédologiques	profondeur d'apparition en m
Rouge à jaune-pâle à pédoreliques	2, 5YR6/8 à 7, 5YR6/6	sableux à argileuse	-continue à biovides - très poreux	-îlots centimétriques rouges (10R4/6) ou et gris (10YR7/1) riches en quartz ( texture limono-argileuse)	5, 0 à 5, 50
Bariolé	gris(10YR7/1) tacheté de rouille ( 10R4/4)	très argileux	polyédrique	- pellicule jaune ( 7, 5YR5/6)	0, 50 à 1, 50
Réticulé à pédoreliques	-réseau rouge (10R4/6) associé au réseau jaune ( 10YR7/6) à ponctuations grises (10YR7/1)	argilo-sableux	en réseaux et faiblement induré	-30 à 40% îlots gris (10RY7/1) et argileux - 2 à 5% de nodules fer dures ou tendres	1, 0 à 7, 50

### 56 - Conclusion. Différenciations pédologiques morphogénétiques des sols du lobe I.

Elles sont reportées schématiquement sur la figure 29 et le tableau 14.

Tableau 14 -Caractères essentiels des horizons de la séquence.

ensemble	horizon	minéralogie	% des éléments grossiers	texture
altération	isaltérite hétérogranulaire	kaolinite, interstratifiés, gibbsite		sablo-limoneuse
	isaltérite litée	kaolinite, hématite		limono-sableuse
à éléments grossiers	glébulaire	kaolinite hématite, goethite	60-70	argileuse
	peu nodulaire	kaolinite, hématite; goethite	5 à 20	argileuse
meuble	rouge	kaolinite, hématite et goethite		argileuse
	jaune	kaolinite, goethite		argileuse

La séquence générale est composée de quatre groupes d'horizons différenciés par la structure lithologique et l'abondance des éléments grossiers (Tableau 14) :

- des horizons meubles argileux différenciés par la couleur rouge et jaune;
- des horizons à éléments grossiers divisés en horizons nodulaires recoupant la surface topographique et en horizons peu nodulaires;
- de l'isaltérite litée kaolinitique et hématitique;
- de l'isaltérite hétérogranulaire à litage peu marqué composée de gibbsite, d'interstratifiés, de kaolinite et de morceaux des minéraux altérables.

Le recoupement de la surface topographique par des horizons nodulaires montre une érosion dans le raccordement du sommet de la colline avec le versant. Cette érosion est responsable de la mise à nu de la roche dont l'isaltérite hétérogranulaire à litage peu marqué montre une faible altération des minéraux primaires. Cette faible altération souligne la résistance de cette roche subaffleurante qui est en rapport avec la faible fracturation du socle et la présence des diaclases subhorizontales.

La succession verticale de ces horizons et leur disposition permettent de distinguer trois domaines (Figure 29) :

- **le domaine à horizons glébulaires (nodulaires)** différencié par le pourcentage important des éléments indurés et la cortification des nodules;
- **le domaine à roche subaffleurante peu fracturée** caractérisé par l'isaltérite hétérogranulaire gibbsitique à litage peu marqué constituée des interstratifiés et le colluvionnement.
- **le domaine à sol rouge associé au sol à horizon jaune** caractérisé par la grande épaisseur des horizons meubles, le faible pourcentage des éléments grossiers et la présence d'un ensemble des horizons bariolés.

Les deux premiers domaines se ressemblent par les diaclases subhorizontales.

Les limites entre ces trois domaines sont liées essentiellement aux variations pétrographiques de la roche et au degré d'altération (figure 29).

La morphologie des nodules et la présence des minéraux encore altérables montrent que cette séquence d'étude se présente comme une chronoséquence. Le domaine à horizons nodulaires épais caractérisé par les nodules polygénétiques est plus

ancien. Le domaine à roche subaffleurante est la plus récente à cause de son plus faible degré d'altération. Le domaine à sol rouge associé au sol à horizon jaune a un âge intermédiaire entre les deux précédents. Cette chronologie relative de ces domaines pédologiques reflète l'étagement de plusieurs cycles d'érosion.

**Conclusion.** La couverture de sols du lobe I présente des variations dues :

- aux différenciations pédologiques : l'induration, l'épaisseur des sols et le degré d'altération qui sont en relation avec la structure lithologique;
- aux processus morphogénétiques : l'érosion et le colluvionnement.

Mais, la répartition des horizons nodulaires de l'isaltérite à litage peu marqué est en relation avec la forme et la position topographiques.

### **Conclusion sur la présentation générale de la colline étudiée.**

La colline étudiée est formée de trois parties :

- un sommet légèrement convexe et incliné dans le sens opposé à l'écoulement des rivières importantes.
- une partie surélevée caractérisée par la présence des lobes longs convexo-concaves allongés dans la direction SW-NE ou 60°N des plis du socle et plan-concave allongé dans la direction Nord-Sud des failles et une couronne discontinue des affleurements rocheux.
- une partie surbaissée constituée uniquement des lobes courts et convexes;

La couverture pédologique de cette colline est composée :

- des sols rouges à blocs de cuirasse occupant le sommet de la colline;
- des sols rouges typiques recouvrant les versants;
- des sols à horizon jaune situés en bas de pente des lobes longs et alignés le long des cassures;
- des sols rouge-jaune et peu épais localisés au niveau des têtes de talwegs et plus développés dans la partie convexe du lobe long allongé dans la direction des failles;
- des sols rouges colluvionnaires situés dans la partie en plan du lobe long allongé dans la direction Nord-Sud. On peut noter que la répartition des sols s'effectue en fonction de la forme et de la longueur des lobes et le long des cassures.

La superposition de la carte topographique à celle de la configuration du toit de la roche et des isaltérites montre une concordance entre la

structure lithologique et le modelé convexo-concave du Lobe I et une légère dépression dans la partie concave de ce toit. *Le modelé du lobe long est alors lithodépendant.*

Ce lobe a été choisi en fonction de la représentativité des sols de la colline d'étude et de son accessibilité.

L'analyse de la séquence des sols de ce lobe passant sur la ligne de crête montre que sa couverture pédologique est composée de trois domaines étagés :

- le domaine amont caractérisé par des horizons nodulaires à blocs de cuirasse;
- le domaine intermédiaire à roche subaffleurante caractérisé par une isaltérite peu développée gibbsitique;
- le domaine aval à sols rouges associés aux sols à horizons jaunes.

Le recoupage des horizons nodulaires par la surface topographique témoigne de l'érosion responsable du colluvionnement des matériaux entre les affleurements rocheux.

Les trois domaines pédologiques cités ci-dessus sont alors le résultat possible d'une érosion responsable du dégagement partiel du socle. L'abondance des affleurements rocheux du côté de l'inselberg suggère qu'elle est différentielle. Elle suit les fractures soulignées par l'alignement des talwegs et la présence des blocs rocheux associés à l'escarpement dans les têtes des ruisseaux. Son importance dépend de celle du cours d'eau témoignée par la relation existant entre l'abondance des affleurements rocheux et la longueur des talwegs. Cette érosion différentielle dépend alors du degré de fragilité du socle et de l'importance du cours d'eau.

Pour établir les liens entre sol rouge et sol à horizon jaune, le domaine aval est retenu pour une étude pédologique.

-----

**Troisième partie:**  
**Caractérisation de la toposéquence spécifique**  
**du lobe I sol ferrallitique rouge / sol à horizon**  
**jaune.**





## **Chapitre V - Méthodes et techniques d'analyse de la toposéquence : sol ferrallitique rouge / sol à horizon jaune.**

### **1 - Introduction.**

Nous distinguerons :

- les méthodes analytiques;
- les principes de l'analyse structurale tels qu'ils ont été appliqués

### **2 - Méthodes et techniques d'analyse.**

#### **21 - L'échantillonnage.**

La figure 30 présente les onze fosses décrites et, espacées de 7 à 8 m environ dans la zone de passage du sol rouge au sol à horizon jaune du transect tel qu'il a été décrit (figure 18). Sept fosses (J3, J1, J7, J4, OR1, R3, et R1) ont été échantillonnées au niveau des horizons et des phases pour les analyses micromorphologiques, minéralogiques, physico-chimiques et chimiques.

#### **22 - Analyse microscopique.**

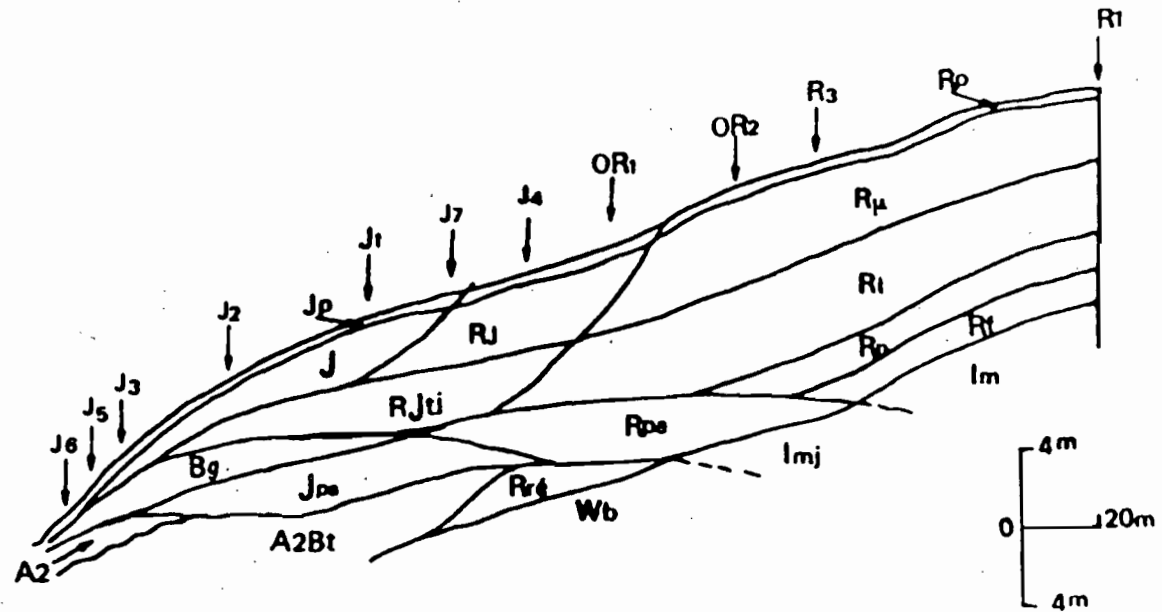
Les échantillons pour l'analyse microscopique ont été imprégnés de résine en vue de la fabrication des lames minces qui ont été étudiées suivant l'approche pétrographique des minéraux du squelette, des structures plasmiques, des traits pédologiques, et de l'assemblage squelette-plasma. Elles ont été décrites selon la terminologie proposée par BREWER (1964), BULLOCK et al. (1985).

#### **23 - Mesures de densités apparentes et réelles.**

La mesure de la densité apparente a été faite selon le principe de la poussée d'Archimède. Les mottes préalablement séchées pendant une nuit à l'étuve à 105°C ont été pesées avant et après enrobage à la parafine imperméable de densité 0,9. Ces deux mesures ont permis de calculer le

### Système des variations superficielles

- RJtj** - horizon rouge-jaune à taches jaunes
- RJ** - horizon rouge-jaune
- J** - horizons jaunes
- Jp** - horizon brun-foncé de labour
- Bg** - horizon bariolé à structure polyédrique



### Système des variations basales

- Imj** - isaltérite rouge-foncé à taches gris-jaune
- Wb** - allotérite blanche de bas de pente
- Rpa** - horizon rouge-pâle à pédoreliques
- Jpa** - horizon jaune-pâle argileux
- A2** - horizon jaune-pâle argilo-sableux
- A2Bt** - horizon réticulé argilo-sableux et faiblement induré
- Rre** - horizon réticulé argileux peu nodulaire

### Sol ferrallitique rouge

- Im** - isaltérite gris-mauve
- Rf** - horizon rouge meuble à lithoreliques
- Rn** - horizon rouge peu nodulaire
- Ri** - horizon rouge dense à faces luisantes
- Rμ** - horizon rouge microagrégé à pédoreliques
- Rp** - horizon rouge-foncé de labour

Fig : 30 Représentation en coupe de la toposéquence sol ferrallitique rouge/ sol à horizon jaune

poids de la pellicule de parafine qui enveloppe l'échantillon. Le poids du fil soutenant la motte enrobée était de l'ordre de 0,03 mg. Chaque mesure de densité apparente était répétée 4 fois. La distribution de ces densités est donnée dans l'annexe 2.

La densité réelle a été déterminée dans un pycnomètre à eau sur une prise échantillonnée d'environ 15 g de terre broyée à 2 mm et séchée à l'étuve à 105°C pendant une nuit. On a pesé le pycnomètre vide et propre à la température ambiante, puis contenant l'échantillon. On a ensuite ajouté de l'eau distillée jusqu'au milieu du pycnomètre. Enfin, il a été placé sous le vide pendant 20 mn pour dégazer le sol. Chaque mesure a été l'objet de deux répétitions. Les résultats analysés par le logiciel statview sont présentés dans l'annexe 2.

#### **24 - Analyse granulométrique.**

Les phases morphologiques analysées en lames minces ont été échantillonnées pour la granulométrie. Après attaque de la matière organique à l'eau oxygénée et dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium, la séparation des sables fins et grossiers a été faite par simple tamisage. La détermination des limons et des argiles a été effectuée au sedigraph.

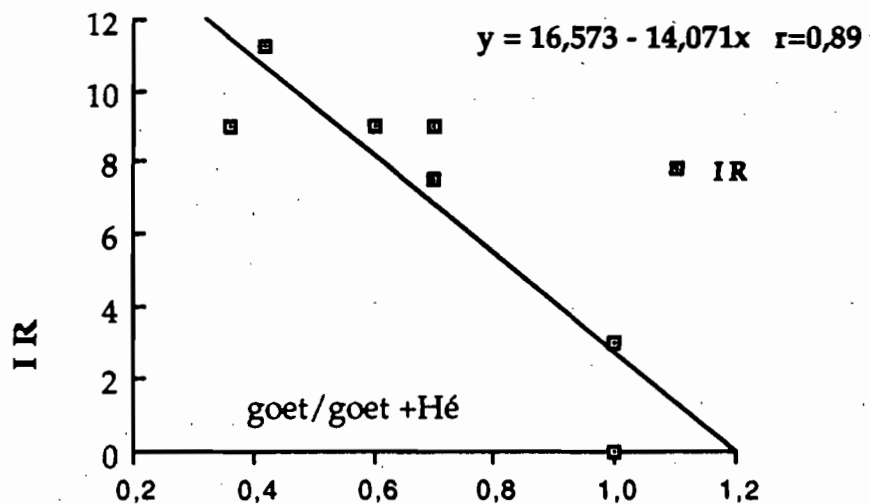
#### **25 - Détermination pondérale des oxydes de fer.**

Les premières déterminations de la nature des minéraux par diffractométrie aux rayons X dans les sols de la séquence (ONGUENE MALA, 1987) dans la fraction de terre totale ont montré qu'ils sont constitués de quartz, de kaolinite et d'oxydes de fer. Dans cette fraction, les pics de l'hématite de faible teneur ne sont pas bien individualisés. Pour arriver à concentrer ce minéral, on a préféré étudier aux rayons X la fraction  $\leq 50 \mu$  par diffractométrie SIEMENS D50 avec une anticathode de Cuivre (vitesse de rotation de  $1^\circ / \text{mm}$ ). Cet appareil est couplé à un ordinateur qui indexe et calcule les intensités de chaque raie.

Les pourcentages relatifs des oxydes de fer (hématite + goéthite) ont été calculés à partir des méthodes développées par HOLTZAPFFEL (1985) et MAZALTARIM (1989). Les pourcentages relatifs d'hématite, goéthite, kaolinite et de quartz dans la fraction  $\leq 50 \mu$  ont été déterminés à partir de

l'intensité de leur pic principal après correction de l'interférence des pics secondaires et de leur état de cristallinité. Pour l'hématite et la goethite, le coefficient de l'étalonnage empirique adopté est de 3. Pour le quartz, il est de 1. Pour la kaolinite, on a adopté 7 lorsqu'elle est mal cristallisée (matériau meuble, annexe 3), 0,7 lorsque la cristallinité est bonne (matériau isaltéritique). L'interférence du pic secondaire de la goethite sur le pic principal de l'hématite est environ 30%. Celle de la kaolinite sur le pic principal de la goethite est de l'ordre 50%.

L'objectif de tous ces calculs est d'estimer le rapport pondéral de la goethite et de l'hématite (goet/ hém) dans la fraction fer libre. Ainsi on obtient :



**Fig : 31 Relation entre l'indice de rougeur et le rapport goethite sur hématite**

hématite =  $Fe\ C.B.D / (1 + 0,9\ goet/hém)$ ; Goethite = hématite X goet/ hém. Cette méthode n'est pas applicable pour les échantillons qui ont de très faibles teneurs en hématite. Pour ceux-ci, les rayons X ne révèlent pas la présence de l'hématite. Pour ces échantillons, on a utilisé d'abord la méthode indirecte d'estimation de l'hématite (TORRENT et al., 1983, FRITSCH et al., 1989). Cette méthode consiste à relier les teneurs d'hématite à l'indice de rougeur IR ( $IR = (10-H) \times C / V$  avec H= Hue; C= Chroma; V= Value H = 0 lorsque H= 10R TORRENT et al., 1983). Mais nous l'avons relié au rapport goethite/hématite + goethite (Figure 35). Ce rapport est fonction

de la couleur déterminée par le code Munsell (KÄMPF et al. , 1983). Connaissant la couleur, on peut alors estimer le rapport goethite/hématite et les teneurs d'hématite dans la fraction fer libre.

Le taux de substitution en aluminium dans la goethite a été déterminé par diffractométrie de rayons X selon la méthode de THIEL (1963).

## 26 - Analyses chimiques.

Elles ont été effectuées sur la fraction  $\leq 50 \mu$  par les méthodes suivantes :

- *fer amorphe* : extraction par le réactif de TAMM (oxalate d'ammonium-acide oxalique, pH3, pendant 4 heures à 20 °C).
- *le fer libre* : extraction par la méthode MEHRA et JACKSON (4 extractions par le réactif citrate-bicarbonate -dithionite de sodium, PH7 à 80°C, pendant une demi-heure, dosage à la torche à plasma par émission).
- *le carbone organique* par combustion, réduction et dosage par chromatographie.

## 3 - Principes de l'analyse des données structurales.

### 31 - Présentation générale de la méthode.

L'analyse de la couverture de sols du lobe I a permis de différencier trois domaines pédologiques : le domaine à horizons nodulaires, le domaine à roche subaffleurante et le domaine à sol rouge associé au sol à horizon jaune. Le dernier présentant l'association sol rouge-sol à horizon jaune constitue l'objet de cette étude. Son analyse structurale a été effectuée en trois étapes :

- *l'identification des horizons* basée sur les discontinuités granulométriques et structurales;
- *le regroupement des horizons en systèmes pédologiques* en fonction de la géométrie de leurs limites et des discontinuités pédologiques (texture, structure etc...);
- *la relation entre les systèmes en fonction de la juxtaposition ou de la surimposition des caractères et de l'ordre de leur emboîtement.*

### 31 - Organisation géométrique de la toposéquence sol rouge- sol à horizon jaune.

A partir des observations détaillées reproduites dans la figure 30 et en se référant notamment à la concavité, la convexité, au parallélisme des limites d'horizons et à la discontinuité texturale, on a été conduit à distinguer trois systèmes de variations morphologiques (figure 32) :

- le sol ferrallitique rouge;
- le système des variations basales, associant les horizons convexes;
- le système des variations superficielles à horizons concaves et convexes.

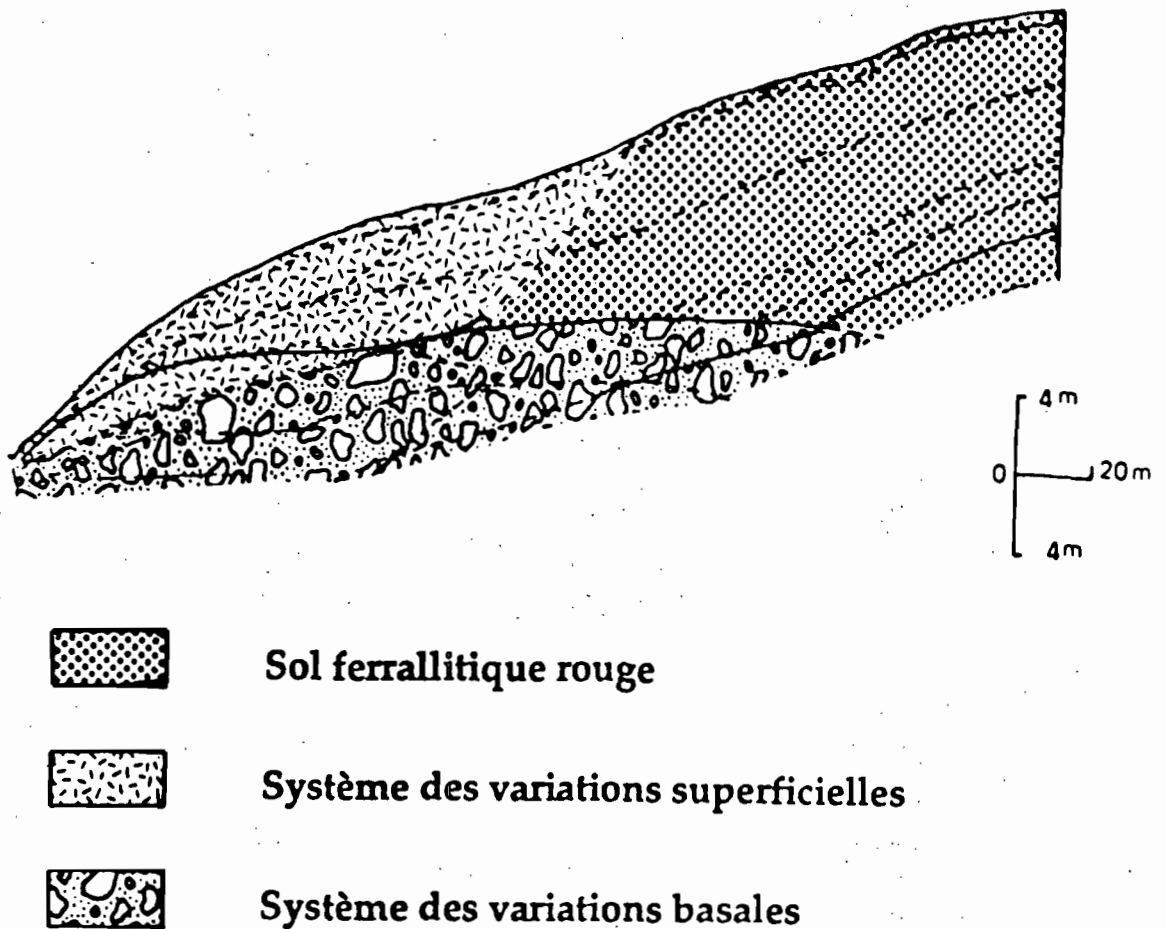


Fig : 32 Grands ensembles d'horizons de la toposéquence sol ferrallitique rouge/ sol à horizon jaune

Le sol ferrallitique rouge est caractérisé par une succession verticale d'horizons sensiblement parallèles et différenciés par la structure. Il forme une limite en biseau orienté vers la profondeur avec le système des variations basales.

Le système de variations basales est formé des successions latérales et verticales de 7 horizons convexes et emboîtés les uns dans les autres. Ces horizons sont différenciés par la texture et la distribution aléatoire ou en réseau des phases de couleur. Ce système de variations basales s'enfonce sous le sol ferrallitique rouge.

Le système des variations superficielles est constitué d'une succession latérale et verticale de 4 horizons concaves et convexes différenciés par la couleur et la texture. Il surmonte le système des variations basales par une transition graduelle vers l'amont et nette vers l'aval. Il forme une limite progressive rouge-jaune avec le sol ferrallitique rouge.

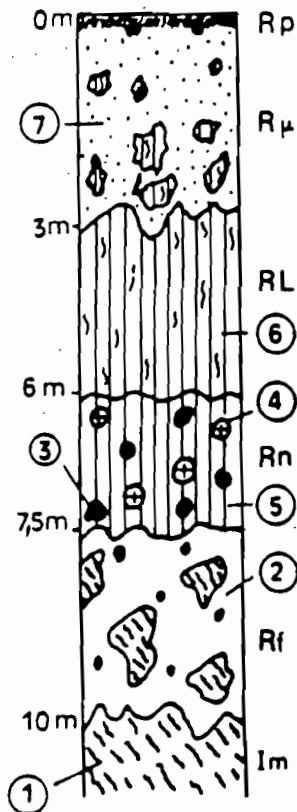
**Conclusion.** On note deux systèmes de variations morphologiques associés au sol ferrallitique rouge :

- un système des variations basales prenant le relai vers l'aval des horizons d'altération, l'horizon rouge peu nodulaire et de l'horizon rouge dense à faces luisantes;
- un système des variations superficielles prenant progressivement la place vers l'aval des horizons rouges, dense à faces luisantes, microagrégé et humifère.

Il reste à établir les relations entre ces deux systèmes avec le sol rouge à d'autres échelles d'observation.

---

## R1

**Ensemble meuble argileux**

RP - horizon rouge-foncé et labouré

Rμ - horizon rouge microagrégé à pédoreliques

⑦- phase rouge microagrégée

RL - horizon rouge dense à faces luisantes

⑥- phase dense à faces luisantes

**Horizon rouge dense et nodulaire**

③- nodule ferrugineux

④- nodule gibbsitique

⑤- phase rouge dense

**Ensemble d'altération**

Rf - horizon rouge meuble à lithoreliques

②- phase rouge meuble

Im - isaltérite gris-mauve à tubules rouges

①- phase isaltéritique

Fig : 33 Organisation verticale du sol ferrallitique rouge  
(Profil R1)

Voir situation figure 30



## Chapitre VI - Etude du sol ferrallitique rouge.

### 1 - Organisation en horizons et en phases du sol rouge.

La figure 33 présente l'organisation verticale du sol ferrallitique rouge en six horizons. Ces horizons peuvent être regroupés en trois ensembles habituels des sols ferrallitiques distingués par leur structure : les horizons meubles argileux, l'horizon peu nodulaire et les horizons d'altération.

Les horizons d'altération (Im + Rf) sont composés de deux phases : : une phase isaltéritique gris-mauve et une phase rouge friable .

L'horizon peu nodulaire (Rn) est caractérisé par la présence de nodules gibbsitiques et ferrugineux emballés dans une phase rouge dense.

Les horizons meubles argileux (RL, R $\mu$  et Rp) caractérisés par l'association des phases rouges denses à faces luisantes, rouge microagrégé et rouge-foncé, ainsi que par l'absence de nodules ferrugineux et gibbsitiques.

#### Commentaire.

De bas vers le haut dans le sol ferrallitique rouge, on constate :

- une diminution progressive de taille et de nombre des volumes isaltéritiques à limites nettes;
- une diminution progressive de taille et de volume de la phase rouge dense.

Ces deux variations ordonnées et morphologiques sont séparées par une concentration des nodules ferrugineux et gibbsitiques introduisant une discontinuité dans la partie médiane du sol ferrallitique rouge. La compréhension de ces évolutions et de cette discontinuité morphologiques nécessite une caractérisation détaillée.

#### 11- Ensemble d'altération.

Il a été atteint à 8 mètres de profondeur. Il est composé d'une isaltérite gris-mauve à tubules rouges surmontée d'un horizon de transition rouge meuble à lithoreliques, passant progressivement à une isaltérite gris-blanchâtre à 12 m de profondeur (dans un puits voisin).

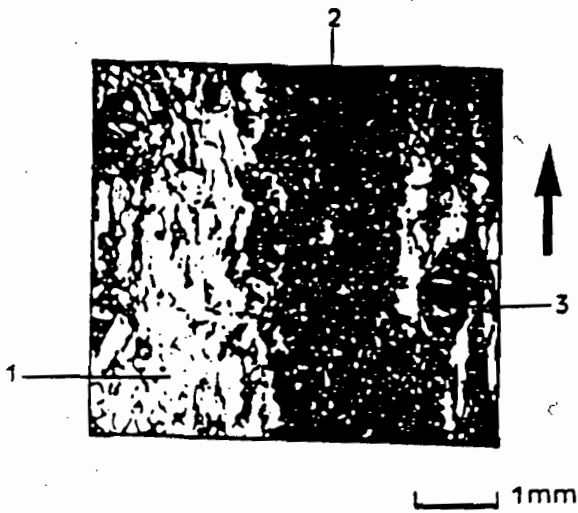


Fig : 34 A Organisation de l'isaltérite gris-mauve



Fig : 34 B Figures de dissolution du quartz en escaliers et en lattes ( M.E.B)

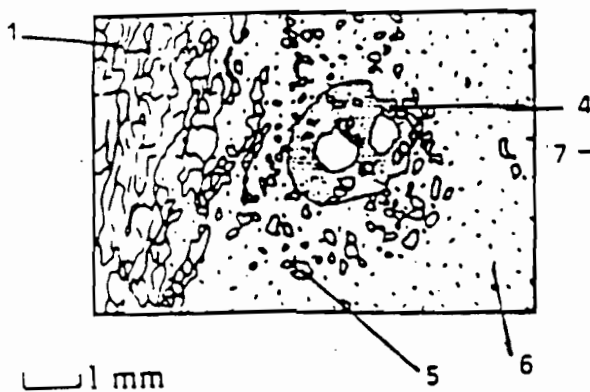


Fig : 34C Contact tubule / filonnet de quartz

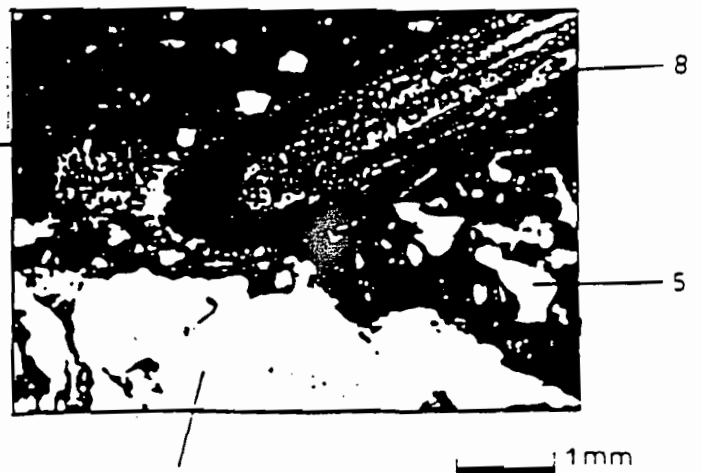


Fig : 34 D Contact racine / filonnet de quartz

1 - filonnet de quartz en grenés, 2 - altérite à squelette dispersé, 3 - grenat altéré, 4 - imprégnation rouge, 5 - quartz, 6 - altéroplasma, 7 - plasma rouge, 8 - racine

Fig : 34 Organisation à différentes échelles de l'isaltérite gris-mauve (lm)

## 111 - Isaltérite gris-mauve à tubules rouges (Im).

### 1111- Caractéristiques macromorphologiques .

Elle est constituée de deux phases : une phase isaltéritique gris-mauve (10R5/3) occupant 70 à 80% du volume et des tubules rouges (2,5YR5/6) centimétriques de 20 à 30%.

### 1112 -Descriptions micromorphologiques des phases de l'isaltérite gris-mauve à tubules rouges (Im).

**Phase gris-mauve** . Elle est composée par (figure 34 et photo 3) :

- un **squelette** constitué de grenats de 1 à 2 millimétriques altérés en gibbsite et en goethite alumineuse (annexe 4) et principalement des cristaux de quartz présentés de deux manières :
  - ajustés les uns aux autres dans les filonnets de 0,3 à 3 mm de large;
  - dispersés entre les filonnets sous forme de plages de quartz monocristallins et polycristallins distribués au hasard de 30 à 400  $\mu$ . Au M.E.B, les quartz montrent les figures de dissolution en escaliers et en lattes (figure 34B);
- une **porosité** composée de nombreuses cavités de 300 à 500  $\mu$  ayant une forme cubique ou hexagonale ( cavité de dissolution de minéraux) et de fissures entre les grains de quartz larges de 10 à 60  $\mu$ .
- un **plasma** gris aseptique formé de deux sortes de cristallites, les uns de 4 à 5  $\mu$  de diamètre et les autres de 10 à 60  $\mu$  en forme d'accordéon ou en éventail conservant la forme des micas photo 4. Ces cristallites sont alors les entités de l'altéroplasma. Ils sont juxtaposés par des glomérules rouge-foncé de 4 à 5 $\mu$ .
- un **assemblage plasma-squelette** conforme à la structure de la roche;
- des **traits pédologiques** qui sont :
  - . des tubules gris à distribution concentrique des quartz et des grains plasmiques (figure 34-C et photo 5);
  - . des imprégnations noires et isotropes entourant des pseudomorphoses de grenats et des lamelles de biotite altérée.
  - . des imprégnations rouges autour des vides (photo 6).

**Commentaire.** La phase gris-mauve a une orientation lithologique conservée par les filonnets de quartz partiellement altérés. Elle se distingue de la roche subaffleurante par :

- une faible cohésion ;
- une absence des minéraux moins résistants à l'altération;
- un altéroplasma gris asépique;
- des nombreuses cavités de dissolution indiquant un départ de matière en solution;
- des imprégnations rouges autour des vides indiquant une ferruginisation.

On note une isaltérite caractérisée par :

- une conservation de la structure de la roche par les filonnets de quartz;
- un altéroplasma asépique composé de grands cristaux de kaolinite et d'hématite;
- une absence de minéraux facilement altérables;
- une dissolution lente des quartz;
- une ferruginisation discrète.

#### **Tubule rouge à remplissage microagrégé.**

Il forme une limite tranchée avec la phase isaltéritique (Photo 8). Il est composé de :

- un **squelette** constitué de quartz monocristallins et polycristallins distribués au hasard de 60 à 200  $\mu$  et de fragments de grenat altéré
- une **porosité** composée de vides d'assemblage de microagrégats et de fissures de 30  $\mu$  (artéfact).
- un **plasma** rouge et asépique
- un **assemblage squelette-plasma** de type porphyrosquelique ;
- **des traits pédologiques qui sont :**
- des reliques de phase isaltéritique gris-mauve;
- une racine millimétrique en contact avec un filonnet de quartz (figure 34D et photo 7).

#### **Commentaire.**

Le tubule rouge a la même nature du squelette que la phase isaltéritique gris-mauve. Il se distingue par :

- une diminution de la taille des quartz;
- une distribution aléatoire du squelette;

- un plasma rouge aseptique
- une absence des filonnets de quartz;
- une présence et une abondance de cavités polyconcaves.
- une radicelle soulignant une activité biologique à dix mètres de profondeur.

On note le mélange de la phase isaltéritique à la phase rouge dans les tubules rouges et une activité biologique dans l'altérite.

### **Tubules gris.**

Les tubules gris ont 1 mm de diamètre en moyenne et composés de :

- un squelette de quartz de 20 à 50  $\mu$  à distribution concentrique (figure 34 C et photo 5);
- une porosité très faible non identifiée à l'échelle du microscope optique;
- un altéropasma gris avec les cristallites à orientation concentrique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- un trait pédologique sous forme d'imprégnations rouges

### **Commentaire.**

Les tubules ont un squelette et un plasma de même nature que ceux de la phase gris-mauve isaltéritique, mais ils se différencient par :

- la distribution concentrique des quartz fins et même des cristallites de kaolinite évoquant une restructuration de la phase isaltéritique gris-mauve;
- les petites inclusions rouges indiquant la ferruginisation.

Ils ont la même taille que les radicelles

*On note des tubules gris de taille identique à celle des radicelles caractérisés par la distribution concentrique de quartz et de grains plasmiques.*

### **1113 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des deux phases de l'isaltérite gris-mauve à tubules rouges (Im).**

**Elles sont données dans le tableau 15.**

Quartz et anatase de la phase isaltéritique sont de même nature que ceux du substratum. Elle se distingue du substratum par :

- une présence de la kaolinite et de l'hématite qui sont les minéraux de néoformation (PEDRO, 1979).

La phase tubulaire rouge présente comme la phase isaltéritique gris-mauve par la présence de quartz et de kaolinite . Elle se différencie par :

- une augmentation des teneurs en argile parallèle à une diminution des teneurs en sable soulignant l'argilification;
- une élévation de 3% des teneurs en fer libre dans le plasma indiquant une légère ferruginisation;
- une présence de goethite.

**Tableau 15 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des différentes phases de l'isaltérite à tubules rouges.**

Phase	%Argile	%Limon	%Sable	% Fe libre C.B.D en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeTAMM/ Fe.C.BD %	minéralogie
isaltéritique gris-mauve	15-20	30-35	40-50	9	0, 34	-Quartz -Kaolinite -Hématite -Anatase en traces
Tubule rouge	35-40	25-30	30-35	12	0, 77	- quartz - kaolinite - hématite - goethite - anatase en traces

Fe libre et Fe Tamm sont en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

*On note que la phase isaltéritique est caractérisée par un plasma hématitique et que les tubules rouges ont un plasma argileux à hématite dominant sur la goethite.*

**Conclusion . On note :**

- une phase gris-mauve isaltéritique caractérisée par un plasma hématitique et un alignement de grains de squelette;
- des tubules gris déterminés par une distribution concentrique de squelette;
- des tubules rouges définis par un mélange de plasma argileux à hématite dominant sur la goethite et de plasma gris d'altération.

## 112 - Horizon de transition rouge meuble à lithoreliques (Rf)

### 1121 - Caractéristiques macromorphologiques .

L'horizon de transition rouge (2,5YR5/6) meuble à lithoreliques a une épaisseur de 1 à 2 mètres. Sa limite avec l'isaltérite gris-mauve est progressive et irrégulière. Il comporte une phase rouge meuble (60 à 70%), qui enveloppe des volumes lithorelictuels de taille centimétrique (30 à 40%), des nodules ferrugineux millimétriques (1 à 2%) des grenats altérés (2%).

### 1122 - Descriptions micromorphologiques.

**Phase rouge meuble.** Elle renferme (Figure 35) :

- un squelette composé des quartz anguleux de 50 à 1600  $\mu$  distribués au hasard, de quelques paillettes de micas et des fragments de grenat altéré;
- une porosité composée des vides ovoïdes et tubulaires ou biovides et des cavités d'assemblage des microagrégats de 400 à 600  $\mu$  ( la plage microagrégée ne représente que 1 à 2% de la lame) ;
- un plasma rouge asépique ;
- un assemblage plasma-squelette de type porphyrosquelique ;
- des traits pédologiques qui sont :
  - des morceaux de filonnet de quartz de 200 à 2000  $\mu$  avec les remplissages noirs et isotropes,
  - des nodules ferrugineux millimétriques de 1 à 2% constitués de quartz fins et de grenats altérés à distribution aléatoire emballés dans un plasma rouge-foncé et isotrope et des inclusions jaunes asépiques (Figure 35B) ;
  - des imprégnations rouges denses asépiques développées sur la phase rouge-clair.

**Commentaire.** La phase rouge meuble ressemble au tubule rouge par la distribution aléatoire du squelette et les fragments de grenat altéré, du plasma rouge asépique et des morceaux de filonnet de quartz. Mais, elle se distingue du tubule rouge de l'isaltérite gris-mauve par :

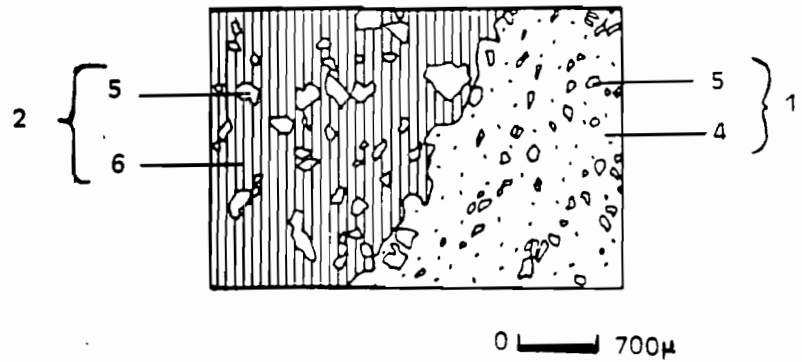
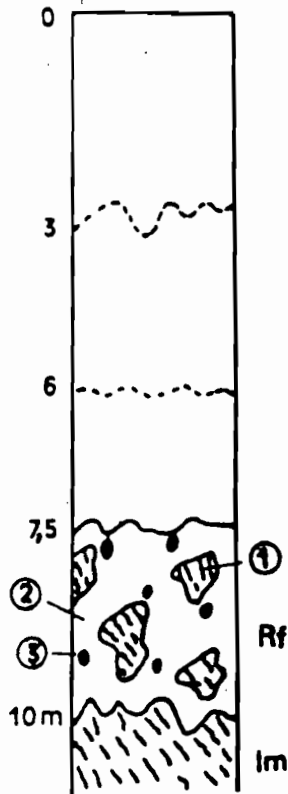


Fig : 35 A Contact phase rouge meuble  
- lithorelique

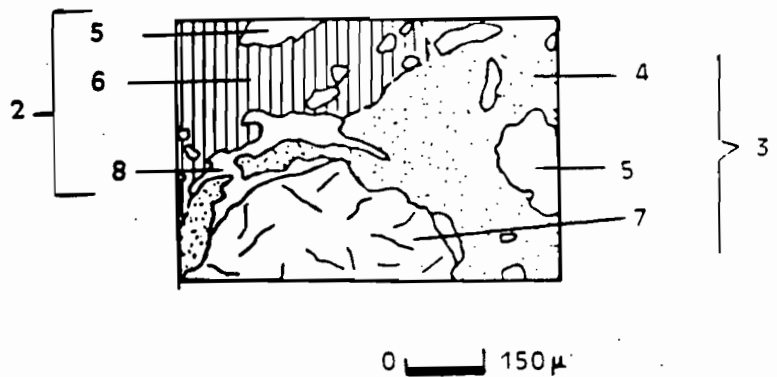


Fig : 35 B Contact micronodule fer -  
phase rouge meuble

- 1 = lithorelique
- 2 = phase rouge meuble
- 3 = micronodule ferrugineux
- 4 = plasma opaque, noir et isotrope
- 5 = quartz
- 6 = plasma rouge aséptique
- 7 = grenat peu altéré
- 8 = vide

Fig : 35 Organisations à différentes échelles de l'horizon de transition  
rouge meuble à lithoreliques



- des micronodules ferrugineux à distribution aléatoire du squelette correspondant à la ferruginisation de la phase pédoturbée.

- des imprégnations rouges asépiques.

On note que la phase rouge meuble asépique avec des imprégnations rouges et des micronodules à distribution aléatoire du squelette

**Lithoreliques.** Elles comportent :

-un **squelette** abondant et formé de quartz fins isolés et alignés de 70 à 200  $\mu$  et de grenats altérés de 1500 à 2000  $\mu$ .

-une **porosité** composée des cavités de dissolution de 40 à 120  $\mu$  orientées parallèlement les unes par rapport aux autres. Cette orientation des vides suggère qu'ils sont issus des lamelles de micas;

-un **plasma** opaque, noir et isotrope qui assure la conservation des reliques;

-des **traits pédologiques** qui sont des remplissages et des imprégnations noirs, opaques et isotropes dans les vides intraminéraux.

**Commentaire.** Les lithoreliques ressemblent à l'isaltérite par l'orientation des cristaux de quartz conforme à celle du substratum. Elles se distinguent par un plasma noir et opaque ferrugineux et peu abondant. Elles constituent alors les reliques de l'isaltérite cimentées par le fer et riches en quartz.

*On note que les lithoreliques sont caractérisées par un plasma noir opaque et isotrope avec alignement des quartz. Elles constituent alors les reliques de la phase isaltéritique gris-mauve.*

**Grenats pseudomorphosés.**

Les photos 9 et 10 présentent l'évolution des grenats pseudomorphosés dans les horizons d'altération.

Les grenats altérés sont constitués d'une juxtaposition des cloisons délimitant les cavités de dissolution remplies ou non par des glomérules au niveau des altérites (photo 10). Ces cloisons sont composés d'oxydes de fer et de gibbsite (annexe 4).

Dans l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques, les oxydes de fer

se dissolvent et mettent à nu la gibbsite (Photo 10).

*Les pseudomorphoses de grenat conduisent ainsi à des nodules lithorelictuels formés par accumulation des oxydes de fer et d'alumine.*

### 1123 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas de l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques.

**Tableau 16 - Analyses granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des phases de l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques.**

Phase	% argile	% limon	% sable	Fe libre C.B.D en %	% FeT	minéralogie
rouge meuble	40	20	35	14	1, 25	-quartz, -kaolinite, - hématite, -goethite avec un taux de substitution 9 % de AlOOH , -traces d'anatase
lithorelique	-	-	-	8	0, 53	- quartz, kaolinite, -hématite , - traces d'anatase

FeT= FeTAMM/Fe Libre en FeO<sub>3</sub>

#### Commentaire.

La composition minéralogique du plasma de la phase rouge meuble est la même que celle du plasma des tubules rouges. Les lithoreliques sont composées de kaolinite et d'hématite comme l'isaltérite.

Par rapport à la phase isaltéritique gris-mauve la phase rouge présente une augmentation de 20% d'argile, une diminution de 5% de sable et de 10% de limon.

Du point de vue chimique, le plasma de la phase rouge montre une augmentation de 5% de fer libre.

On note :

*- une phase rouge meuble plus argileuse, constituée de plasma de même composition minéralogique et plus riche en fer que celui des tubules rouges.*

- des lithoreliques constituées de plasma de composition minéralogique et chimique semblable à celles de la phase isaltéritique.

### Conclusion. Transformation de l'isaltérite gris-mauve en horizon rouge meuble.

Tableau 17 - Caractéristiques des phases des horizons d'altération.

horizon	phase isaltéritique	tubule	phase rouge meuble	traits pédologiques
Isaltérite gris-mauve	-60 à 70% - plasma gris asépique - squelette orienté	-20 à 30% - plasma rouge asépique - distribution aléatoire du squelette		1 à 2% de tubule gris à plasma gris et à orientation concentrique des cristallites, - distribution concentrique du squelette
Rouge meuble à lithorelique	30 à 40 % - plasma noir et isotrope - squelette orienté		40 à 70% - plasma rouge asépique; - distribution aléatoire du squelette	1 à 2 % de micronodules à plasma noir isotrope à faiblement asépique

Tableau 18 - Compositions minéralogique et chimique des différentes phases des horizons d'altération.

Horizon	phase et % argile	minéralogie des oxydes de fer du plasma	Fer libre en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> du plasma
Isaltérite gris-mauve	- gris-mauve - 20% d'argile	hématite	9
	- tubule rouge - 40% d'argile	hématite et goéthite	11
rouge meuble à lithorelique	- rouge meuble - 40% d'argile	hématite et goéthite	14
lithorelique	lithorelique	hématite	9

### Commentaire.

L'ensemble d'altération est composé de l'isaltérite gris-mauve à tubules rouges surmonté de l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques. Ces lithoreliques ont des quartz orientés et un plasma composé de kaolinite et d'hématite comme la phase gris-mauve de l'isaltérite à tubules. Mais elles sont caractérisées par un plasma noir isotrope et opaque.

- Le plasma rouge de l'horizon rouge meuble à lithoreliques a une kaolinite et une hématite associées à la goethite comme celui des tubules rouges. Mais, il se distingue par une augmentation de 3% de fer libre.

- De bas vers le haut de l'ensemble d'altération, le pourcentage en volume de la phase isaltéritique diminue au profit de la phase meuble argileuse. Cette diminution de volume isaltéritique et la juxtaposition de la phase gris-mauve à la phase rouge meuble montrent une transformation de l'isaltérite gris-mauve en horizon rouge meuble par :

- une fragmentation et une dispersion des filonnets de quartz;
- une microdivision des cristallites de kaolinite;
- une incorporation de la phase rouge dans l'isaltérite;
- une légère ferruginisation.

## 12 - Horizon rouge peu nodulaire (Rn).

### 121 - Caractéristiques macromorphologiques.

L'horizon rouge peu nodulaire est épais de 1 à 2 m. Il surmonte l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques par une limite comportant une augmentation graduelle des teneurs de 10 à 25% en éléments grossiers de la base vers le sommet de l'horizon. Il est composé de quatre phases : une phase rouge internodulaire de 60 à 70%, des nodules ferrugineux de 10 à 15%, des nodules lithorelictuels, millimétriques de 1 à 2% et des nodules lithorelictuels blancs centimétriques à taches rouilles de 2 à 5% et des grenats altérés de 4 à 5%.

### 122 - Descriptions micromorphologiques.

**Phase rouge internodulaire .** Elle comporte (Figure 36) :

- un squelette distribué au hasard constitué des quartz monocristallins et polycristallins de 50 à 4000  $\mu$ , des grenats millimétriques altérés en goethite alumineuse et en gibbsite;
- une porosité représentée par des biovides de 200 à 800  $\mu$  et des vides d'assemblage des microagrégats ( la phase microagrégée représente 1 à 2% de la surface de la lame);
- un plasma rouge lattisépique localement bimasépique à vosépique;
- un assemblage squelette-plasma du type porphyrosquelique ;
- des traits pédologiques qui sont :
  - des morceaux de filonnet de quartz de 600 à 1200  $\mu$  de large remplis de plasma opaque, noir et isotrope;
  - des nodules millimétriques ferrugineux ( photo 14);
  - des grenats altérés avec un cortex noir isotrope;
  - des nodules lithorelictuels constitués des quartz de 60 à 200  $\mu$  alignés, des cavités de lamelles de micas orientées parallèlement les unes par rapport aux autres et de plasma sombre, opaque et isotrope.

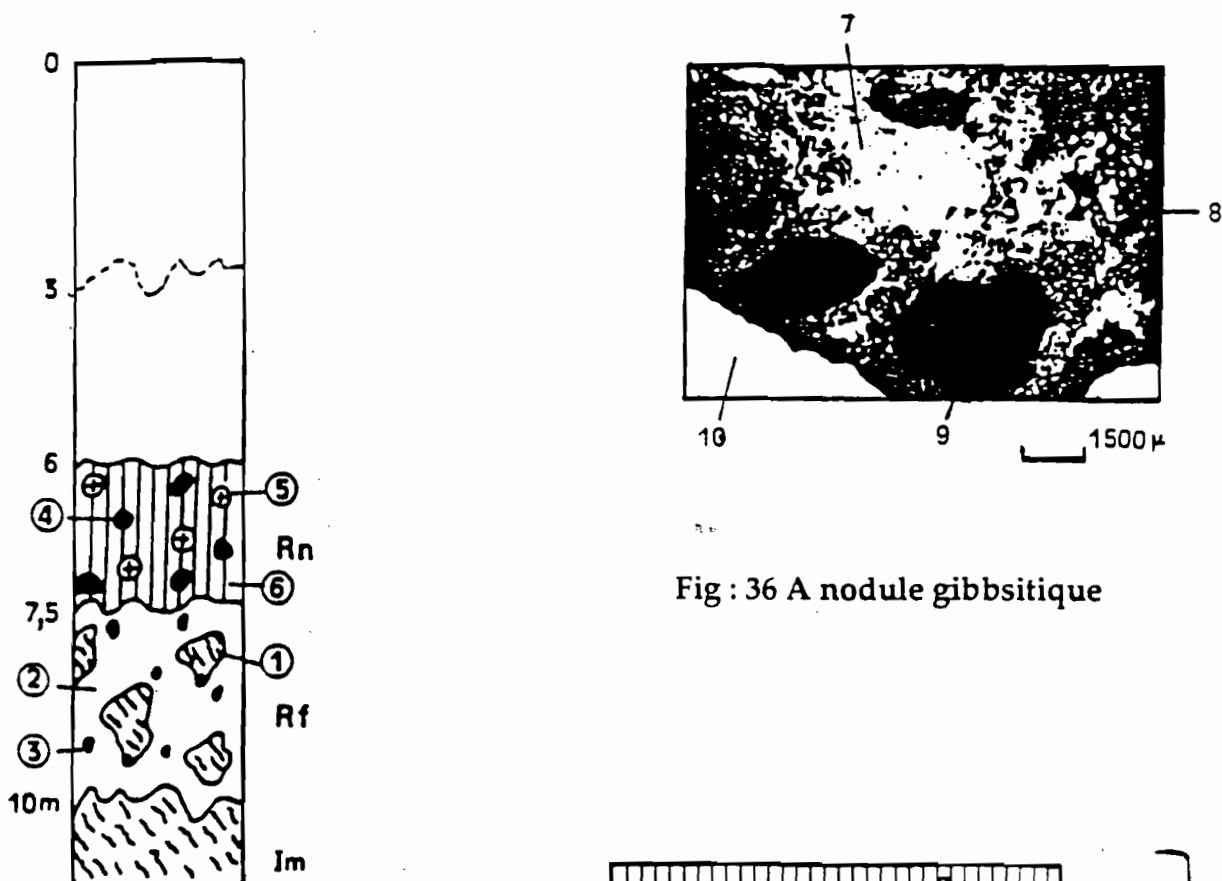


Fig : 36 A nodule gibbsitique

Voir légende figure 30

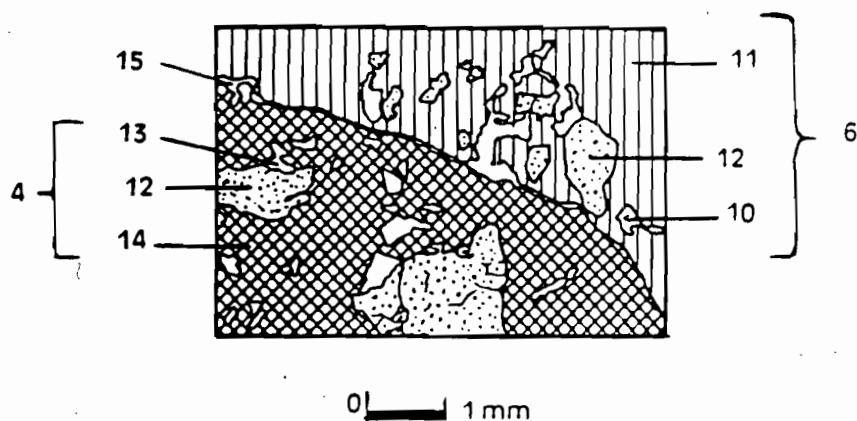


Fig : 36 B Contact phase rouille nodule ferrugineux rouge-violacé

- 7 = plasma blanc gibbsitique
- 8 = plasma blanc imprégné de fer
- 9 = grenat altéré
- 10 = vide
- 11 = plasma rouge lattisépique
- 12 = quartz
- 13 = cavité de dissolution de quartz
- 14 = plasma noir opaque, isotrope et ferrugineux
- 15 = microfissure ou artéfact

Fig : 36 Organisation à différentes échelles de l'horizon rouge peu nodulaire (Rn)

**Commentaire.**

La phase rouge internodulaire et la phase rouge meuble de l'horizon sous-jacent se ressemblent par des grenats altérés, des micronodules ferrugineux et des reliques d'isaltérite. Cependant, la phase rouge internodulaire se différencie par :

- la présence et l'abondance des orientations plasmiques du type lattisépique mettant en évidence des alternances possibles d'humectation-dessiccation;
- une cortification des grenats altérés due à la ferruginisation responsable de l'individualisation des nodules.

*On note que la phase rouge internodulaire est caractérisée par des orientations plasmiques du type lattisépique.*

**Nodules ferrugineux rouge-violacé (Figure 36D).** Ils sont formés de :

- **un squelette** composé des quartz fortement corrodés de 60 à 300  $\mu$  distribués au hasard.
- **une porosité** représentée par des cavités de dissolution de 80 à 500  $\mu$  distribuées au hasard.
- **un plasma** opaque, noir et isotrope;
- **un assemblage squelette-plasma** type porphyrosquelique;
- **des traits pédologiques** qui sont des morceaux de filonnets de quartz et des inclusions jaunes omnisépiques ( photo 11).

La limite avec la phase rouge dense est une fissure de 20 à 30  $\mu$  de diamètre. Elle constitue probablement un artéfact.

**Commentaire.** Le nodule ferrugineux rouge-violacé présente la même distribution aléatoire des grains de squelette que la phase rouge dense. Mais, il se distingue par :

- un plasma noir, opaque, isotrope et induré identique à celui des micronodules de l'horizon de transition rouge meuble;
- une abondance des quartz corrodés (photo 12);

*On note que les nodules rouge-violacé sont caractérisés par un squelette à quartz corrodés .*

**Nodules lithorelictuels à fond blanc ou gibbsitique.** Ils sont composés de (Figure 36A et photo 13) :

- un squelette formé de quartz disposés au hasard et de grenats altérés;
- un plasma gris asépique imprégné de plasma rouille et isotrope

**Commentaire .** Le nodule gibbsitique comporte des grenats altérés analogues à ceux de la phase rouge intergranulaire. Il se distingue par un plasma asépique imprégné de fer.

### 123 - Compositions minéralogique et granulométrique.

Elles sont données dans le tableau 19.

Par rapport à l'horizon rouge meuble à lithoreliques, les teneurs en argile augmentent de 10%. Par contre, celles des sables chutent également du même taux; les teneurs en fer restent constantes. Les nodules pédorelictuels rouge-violacé ont cinq fois plus de fer en poids que la phase rouge internodulaire.

La goethite du plasma de la phase rouge dense est deux fois plus alumineuse.

Les nodules lithorelictuels à fond blanc ressemblent à la phase rouge internodulaire par la présence de la goethite et de la kaolinite. Ils se distinguent par la présence de la gibbsite, la faible quantité de kaolinite et la présence des morceaux sains de grenat type almandin (voir annexe 4).

*On note que la phase rouge internodulaire est caractérisée par :*

- un plasma rouge lattisépique à goethite fortement substituée en alumine
- des nodules gibbsitiques renfermant encore des grenats sains protégés par les oxydes d'aluminium.



**Tableau 19 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas phases de l'horizon rouge peu nodulaire.**

Phase	% argile	% limon	% sable	Fer libre en % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeT en % de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	minéralogie
rouge intermodulaire	50 à 60	20	15 à 25	14	1,4	-quartz, -kaolinite, -goethite avec 17 % de mole d'AlOOH, hémate
nodule pédorelictuel	-	-	-	43	0,20	-quartz, kaolinite, goethite avec 7% de mole d'AlOOH, hémate
nodule lithorelictuels à fond blanc	-	-	-	-	-	-quartz, almandin, gibbsite, goethite avec 10 % de mole AlOOH, traces de kaolinite

**Conclusion. Caractéristiques de l'horizon rouge peu nodulaire(Rn).**

**Tableau 20 - Caractères morphologiques essentiels de l'horizon rouge peu nodulaire (Rn).**

phase	matériau lithologique	matériau meuble	matériau induré
horizon nodulaire (Rn)	- isotrope 1 à 2% - nodules gibbsitiques 2 à 5%	- phase rouge internodulaire à plasma lattisépique et localement vosépique	- nodules ferrugineux à grelots de quartz (10 à 15 %); - nodules millimétriques (2 à 5 %)

**Tableau 21 - Composition minéralogique et teneurs en fer des plasmas des phases de l'horizon rouge peu nodulaire (Rn).**

phase	quartz	Kaolinite	goethite	hématite	gibbsite	Fer libre en %
rouge dense	++	+++	++ avec 17 % de mole AlOOH	++		14
nodule blanc à taches rouille	++	trace	++ avec 10 % de mole AlOOH		+++	
nodule fer pédorelictuel	+	++	++++ avec 7% de mole AlOOH	+++		43

Les tableaux 20 et 21 présentent les caractères morphologiques, minéralogiques et chimiques des plasmas des différentes phases de l'horizon rouge peu nodulaire (Rn).

L'horizon rouge peu nodulaire ressemble à l'horizon sous-jacent par les grenats altérés, les micronodules ferrugineux et les lithoreliques. Il se distingue par :

- une augmentation rapide des teneurs pondérales de grenats altérés qui doublent;
- des nodules gibbsitiques renfermant des grenats encore sains;
- un taux élevé de substitution en aluminium dans les goethites;
- un plasma rouge lattisépique;
- des nodules rouge-violacé ferrugineux à quartz fortement corrodés.

**Conclusion. L'horizon rouge peu nodulaire est alors caractérisé par :**

- la juxtaposition des nodules ferrugineux et gibbsitiques;
- l'abondance des grenats altérés;

- la substitution élevée des goethites en alumine.

### 13 - Ensemble meuble et argileux.

#### 131 - Caractéristiques macromorphologiques.

Il se différencie de l'ensemble rouge graveleux par l'absence de nodules ferrugineux et gibbsitiques et le développement des phases meubles.

On y distingue trois horizons de haut en bas :

- un horizon rouge-foncé et labouré de 20 à 40 cm d'épaisseur;
- un horizon rouge microagrégé à pédoreliques, de 3 mètres d'épaisseur;
- un horizon rouge dense à faces luisantes, de 2 à 3 mètres d'épaisseur.

Le passage de l'horizon rouge dense à faces luisantes à l'horizon rouge microagrégé est caractérisé par une diminution graduelle de la taille et du volume de la phase rouge dense au profit de la phase rouge microagrégée.

#### 132 - Descriptions micromorphologiques.

1321- Horizon rouge dense à faces luisantes (RL) . Il comporte (Figure 37 B) :

- un squelette dispersé au hasard composé de quartz anguleux de 50 à 400  $\mu$  et de fragments de grenat altéré.
- une porosité exprimée par des biovides de 500  $\mu$ , des microfissures isolées de 10 à 20  $\mu$  et par quelques vides d'assemblage de micro-agrégat.
- un plasma rouge lattisépique localement bimasépique de 30 à 50  $\mu$ ;
- un assemblage squelette-plasma du type porphyrosquelique.
- des traits pédologiques qui sont :
  - 2 à 5% de cutanes microlités ou argilanes peu épais et imprégnés de plasma rouge (photo 15);
  - quelques pédotubules formés des microagrégats libres;
  - 1% au plus de plages jaunes asépiques.

**Commentaire.** La phase rouge dense ressemble à la phase rouge de l'horizon rouge peu nodulaire par la présence de quartz, des grenats altérés, des orientations plasmiques de même type lattisépique

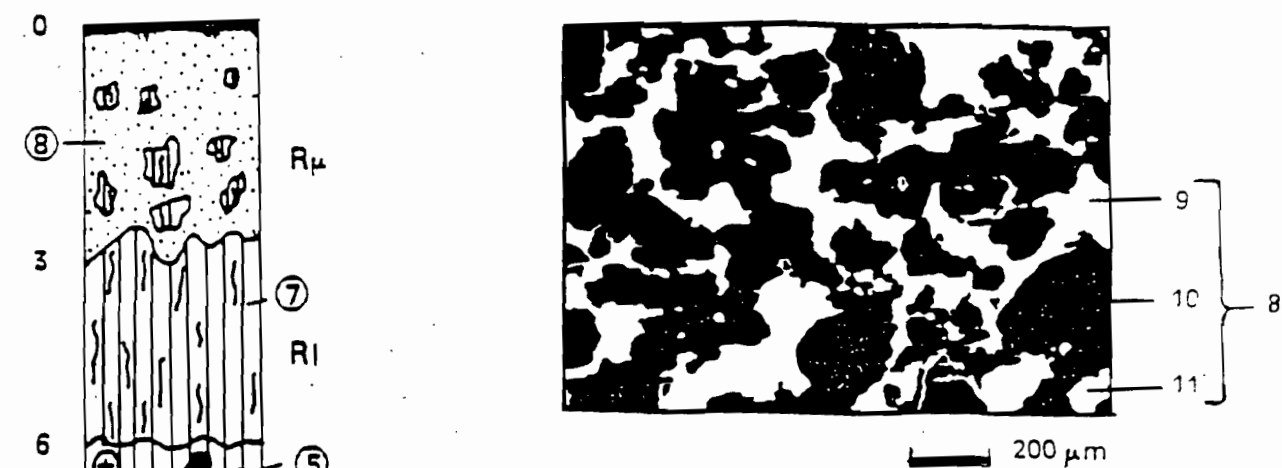


Fig : 37A Phase rouge microagrégée

Voir légende figure 30

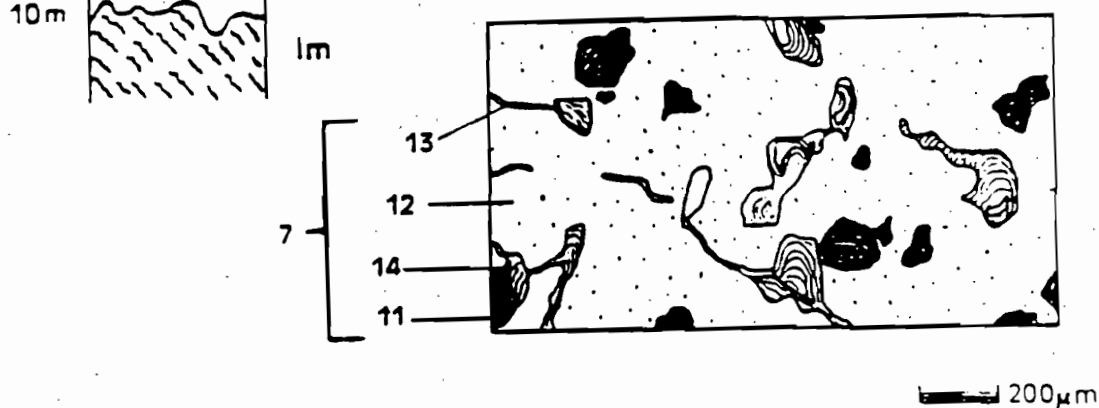


Fig : 37 B Phase rouge dense à faces luisantes

- 7 = phase rouge dense à faces luisantes
- 8 = phase rouge microagrégée
- 9 = cavités polyconcaves interconnectées
- 10 = plasma rouge faiblement lattisépique
- 11 = quartz
- 12 = plasma lattisépique
- 13 = microfissure isolée
- 14 = cutane ou argilane

Fig : 37 Organisation à différentes échelles de l'ensemble des horizons meubles argileux

Elle se distingue par la présence des microfissures, des cutanes microlités et l'absence des nodules ferrugineux et gibbsitiques.

*On note donc que la phase rouge dense est caractérisée par la présence de microfissures et d'argilanes.*

### 1322 - Horizon rouge microagrégé (R $\mu$ ).

Il est composé d'une phase microagrégée de 60 à 70% enveloppant une phase dense de 30 à 40% (Figure 37).

#### Phase microagrégée.

Elle renferme (Figure 37A) :

- un squelette de même composition et dispersé au hasard comme celui de l'horizon précédent. Il est formé de : quartz, des fragments de grenat altéré et de rutile;
- une porosité se distinguant par l'abondance des cavités de forme polyconcave interconnectées de 40 à 300  $\mu$  avec des quartz de bordure dénudés et saillant dans les vides.
- un plasma insépique et faiblement lattisépique;
- un assemblage squelette-plasma type porphyrosquelique.
- des traits pédologiques qui sont :
  - . un plasma jaune asépique autour des cavités de forme polyconcave et quelques imprégnations ferrugineuses de plasma rouge (photo 16). Ce plasma jaune peut être dû à une réduction d'épaisseur du plasma rouge en bordure des microagrégats. Mais, les imprégnations ferrugineuses en bordure du quartz soutiennent plutôt qu'il dérive de la redistribution du fer.

**Commentaire.** La phase microagrégée rappelle la phase rouge dense de l'horizon précédent par les quartz, et les fragments de grenat altéré et de rutile. Elle se distingue par :

- une abondance des cavités polyconcaves et interconnectées;
- des quartz partiellement dénudés sur les parois des cavités;
- un plasma faiblement lattisépique;
- une absence des cutanes

*Ainsi la phase rouge microagrégée est caractérisée par les cavités polycon-caves interconnectées.*

**Phase rouge dense . Elle comporte :**

- **un squelette** dispersé au hasard constitué de quartz anguleux et hétérométriques et des fragments de grenat altéré de 150 à 200  $\mu$ .
- **une porosité** représentée par des biovides de 100 à 300  $\mu$  et des microfissures de 10  $\mu$  ;
- **un plasma** rouge lattisépique localement bimasépique;
- **un assemblage squelette-plasma** du type porphyrosquelique.
- **des traits pédologiques** sous forme de papules microlitées.

**Commentaire.**

La phase rouge dense présente les mêmes types de pores et de structures cutaniques que la phase rouge dense de l'horizon précédent. *Elle constitue alors une relique de l'horizon rouge dense à faces luisantes.*

**1323 - Horizon rouge-foncé et labouré . Il est composé de :**

- **un squelette** disposé au hasard constitué de quartz très abondants, hétérométriques et partiellement dénudés.
- **une porosité** correspondant à des cavités polyconcaves de petite taille de 20 à 40  $\mu$  non interconnectées et à de nombreux biovides de 400 à 1400  $\mu$ .
- **un plasma** rouge-jaune asépique développant un assemblage du type porphyrosquelique avec les grains de quartz jointifs par endroits.
- **des traits pédologiques** qui sont :
  - de nombreuses plages jaunes devenant gris-jaune vers la surface;
  - du charbon de bois;
  - quelques pédotubules à microagrégats libres.

**Commentaire.** L'horizon rouge-foncé a le même quartz que l'horizon rouge microagrégé. Il se distingue par : une absence d'orientations plasmiques, une présence du charbon de bois indiquant l'activité humaine, une diminution de la taille des cavités polyconcaves et un développement des plages jaunes très localisées et l'abondance du squelette.

L'horizon rouge-foncé est ainsi caractérisé par un plasma rouge-jaune asépique, l'abondance du squelette et la diminution de la taille des cavités polyconcaves.

### 133 - Compositions granulométrique et minéralogique de l'ensemble meuble et argileux.

Tableau 22 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas de l'ensemble meuble rouge.

horizon	% Argile	% Limon	% Sable	Fer libre en % FeO <sub>3</sub>	Porosité en %	minéralogie
Rp	35	9	25 à 35	11	45	- quartz, kaolinite, hématite, goethite avec 5 à 9 % de mole d'AlOOH
Ru	60 à 65	9 à 15	20 à 25	11	50	quartz, kaolinite, hématite, goethite avec 5 à 10 % de mole d'AlOOH
RL	50 à 60	15 à 20	20 à 25	12 à 13	45	- quartz, kaolinite, hématite, goethite avec 3 à 7 % de mole d'AlOOH

#### Commentaire.

Les horizons de l'ensemble meuble rouge et argileux ont les mêmes taux d'argile et de sable que ceux de l'horizon peu nodulaire. Cependant, tout en surface, la teneur en argile diminue de moitié. Les teneurs en sable augmentent parallèlement. En profondeur, les teneurs en limon sont près du double qu'en surface. Cette augmentation des teneurs pondérales des limons reflète une mauvaise dispersion des microagrégats qui est la caractéristique des sols ferrallitiques rouges (CHAUVÉL 1977). Les

teneurs en fer libre décroissent très légèrement vers la surface. Mais cette diminution n'est pas significative. La porosité totale sur mottes est plus élevée dans l'horizon rouge microagrégé que dans les autres horizons de l'ensemble meuble argileux.

La composition minéralogique varie très peu de la base vers le sommet de l'ensemble argileux. Cependant, le taux de substitution en aluminium de la goethite est réduit presque de moitié vers la surface.

On note en définitive que les trois horizons de l'ensemble meuble argileux se différencient surtout en trois horizons par la nature et le pourcentage des pores . L'horizon rouge dense est caractérisé par la présence des microfissures. L'horizon rouge microagrégé présente de nombreuses cavités polyconcaves interconnectées. L'horizon rouge-foncé et labouré est marqué par le faible pourcentage et la petite taille des cavités polyconcaves.



### 134 - Conclusion. Transformation de l'horizon rouge dense à faces luisantes (RL) en horizon rouge microagrégé (R $\mu$ ).

Tableau 23 - Caractères morphologiques essentiels de l'ensemble des horizons meubles argileux.

Horizon	phase dense	phase microagrégée
rouge dense à faces luisantes	- 100% - plasma rouge lattisépique - cutanes microlités - microfissures isolées	
rouge microagrégé	- 30 à 40 % - plasma rouge lattisépique	- 60 à 70% - plasma rouge faiblement lattisépique - nombreuses cavités polyconcaves interconnectées

Tableau 24 - Principales caractéristiques de l'ensemble meuble argileux.

Horizon	%A	porosité en %	Fer libre en % de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Oxydes de fer	Porosité
rouge -foncé	35	45	11	He= goet	biovides,
rouge microagrégé	60 à 65	50	11	He ≤ goet	cavités de forme polyconcaves
rouge dense	50 à 60	45	12 à 13	He > goet	biovides et microfissures

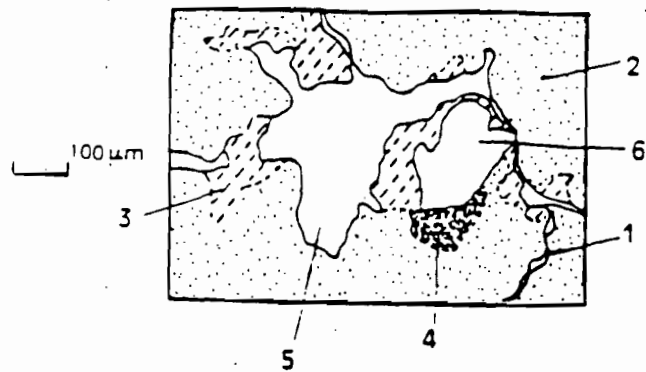
He= hématite; goet = goethite

Les tableaux 23 et 24 montrent que l'horizon rouge dense à faces luisantes et l'horizon rouge microagrégé sont constitués de kaolinite et d'hématite associées à de la goethite. L'horizon microagrégé se distingue par une abondance des pores polyconcaves et interconnectés, une dominance de la goethite sur l'hématite, la présence des microfissures et une légère diminution non significative du fer libre.

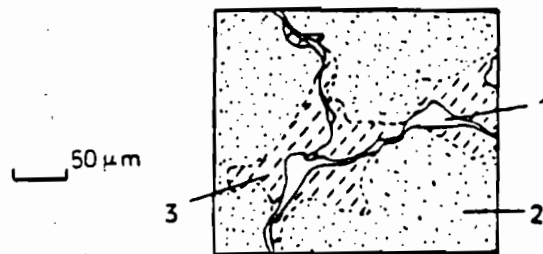
La phase rouge dense est caractérisée par le développement des microfissures isolées et d'argilanes.

La juxtaposition de la phase rouge dense à la phase microagrégée et la diminution du pourcentage de la phase rouge dense vers la surface suggèrent une évolution :

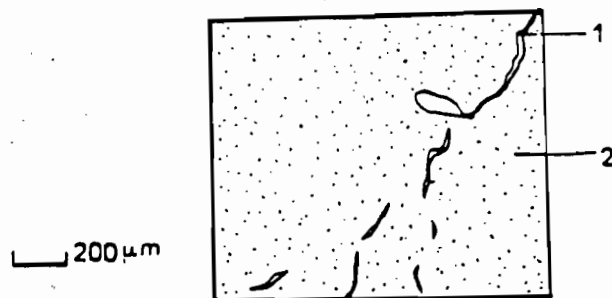
- soit par compaction et colmatage de l'horizon microagrégé en un horizon rouge dense;



C - élimination du plasma jaune ou décoloré et mise en place d'une cavité polyconcave



B - jaunissement ( déferrugination des parois des microfissures)



A - microfissuration du plasma rouge lattisépique

1 - microfissure, 2 - plasma rouge, 3 - plasma jaune, 4 - imprégnation rouge  
5 - cavité polyconvexe, 6 - quartz

Fig : 38 Evolution de la microfissure à la cavité polyconcave

soit par perte très localisée de plasma décoloré ou jaune.

La géométrie en glosses du contact entre l'horizon rouge dense et l'horizon microagrégé et les reliques de l'horizon dense dans ce dernier horizon (figure 39) permettent de retenir la deuxième hypothèse. Cette évolution est caractérisée par (Figure 38) :

- une microfissuration du plasma rouge;
- une redistribution du fer soulignée par le plasma décoloré autour des micro-fissures en relation avec les imprégnations opaques, noires et isotropes;
- une perte du plasma décoloré ou déferruginisé qui est à l'origine de l'élargissement des parois des microfissures.

#### 14 - Synthèse des données.

Tableau 25 caractères essentiels du sol ferrallitique rouge

Ensemble	horizon	phase isaltéritique	la phase pédoturbée	la phase indurée	% argile	Minéralogie des phases dominantes
ensemble d'altération	isaltérite	70 à 80% gris-mauve	20 à 30% tubules rouges asépiques		20	Hématite kaolinite traces d'anatase
	rouge friable à lithoreliques	30 à 40% reliques d'isaltérite gris-mauve	60 à 70% rouge asépique		40	hématite, goethite, kaolinite traces d'anatase
horizon peu nodulaire 1 à 2 m	rouge dense graveleux	1 à 2% reste d'isaltérite brun	60 à 50% rouge lattisé-pique	10 à 25% de nodules ferrugineux et 2 à 5% de nodules gibbsitiques	50 à 60	hématite, goethite, kaolinite, traces d'anatase
Ensemble meuble argileux 3 m	rouge dense		100% rouge dense lattisé-pique et microfissuré		50 à 60	hématite, goethite, kaolinite, traces d'anatase
	rouge microagrégé		-60 à 70% rouge microagrégé -30 à 40 % de phase rouge dense		60 à 65	hématite, goethite, kaolinite, traces d'anatase
	rouge-foncé		100% rouge-brun asépique		35	hématite, goethite, kaolinite, traces d'anatase

### 141 - Evolutions structurales et genèse du sol rouge ferrallitique

Les horizons d'altération du sol rouge se caractérisent par la conservation de la structure de la roche qui se traduit par l'alignement des filonnets de quartz. Il se forme cependant un altéroplasma de grandes kaolinites et de cristaux d'hématite mais, avec conservation du volume initial. La goethite plus ou moins substituée présente sous forme de pseudomorphoses de grenat. Les autres caractères et différenciations sont rapportés dans le tableau 25.

Outre la diminution progressive et en réseau de la phase altéritique, le passage aux horizons pédoturbés se caractérise par :

- une dispersion du squelette indiquant une perturbation du volume initial par les cristallisations( volume non conservé);
- une néoformation de petites kaolinites associées à un plasma rouge asépique;
- des micronodules ferrugineux à quartz dispersé.

Des traits attribuables aux actions biologiques accompagnent ces transformations minéralogiques et géochimiques :

- des radicules sont d'ailleurs observées à 10 m de profondeur. Or , il existe à ce niveau des tubules gris de la taille de ces radicules où le squelette quartzueux est morcellé, dispersé et réparti d'une manière concentrique. On attribue cette réorganisation aux pressions racinaires (DORIOZ et al , 1987; BRUAND et al , 1992) sous le nom de bio-pédoturbation. D'autres traits sont attribués à la faune, par exemple les remplissages rouges microagrégés ou tubules rouges. Cette action de la faune appelée aussi bio-pédoturbation a été constatée par BEAUDOU et al , 1979 et ESCHENBRENNER ,1986 dans les sols tropicaux.

Au-dessus de l'horizon d'altération, l'**horizon rouge peu nodulaire** présente un enrichissement en fer sous forme des imprégnations et de nodules. Il affecte également le plasma. Cet horizon provient d'un faciès pétrographique riche en grenats et en plagioclases. Ces grenats sont à différents stades d'altération. Ils sont bien conservés et peu altérés dans les nodules gibbsitiques et en nodules cortifiés dans la matrice internodulaire. La présence de ces nodules gibbsitiques est en accord avec l'augmentation du taux de substitution en aluminium dans les goethites du plasma

intrenodulaire. Cet enrichissement en aluminium a été décrit par SCHWERTMANN et al (1986).

Au-dessus de l'horizon peu nodulaire, l'horizon rouge dense à faces luisantes présente:

- une microfissuration du plasma rouge lattisépique;
- une illuviation d'argiles croisée et peu marquée vers la surface;
- une goethite moins alumineuse;

Plus haut, les parois des microfissures s'élargissent et se transforment en cavités interconnectées à parois concaves et par le départ du plasma décoloré ou déplasmation.

Le processus est issu de la redistribution très localisée du fer. Il paraît conforme à ce qu'ont décrit par :

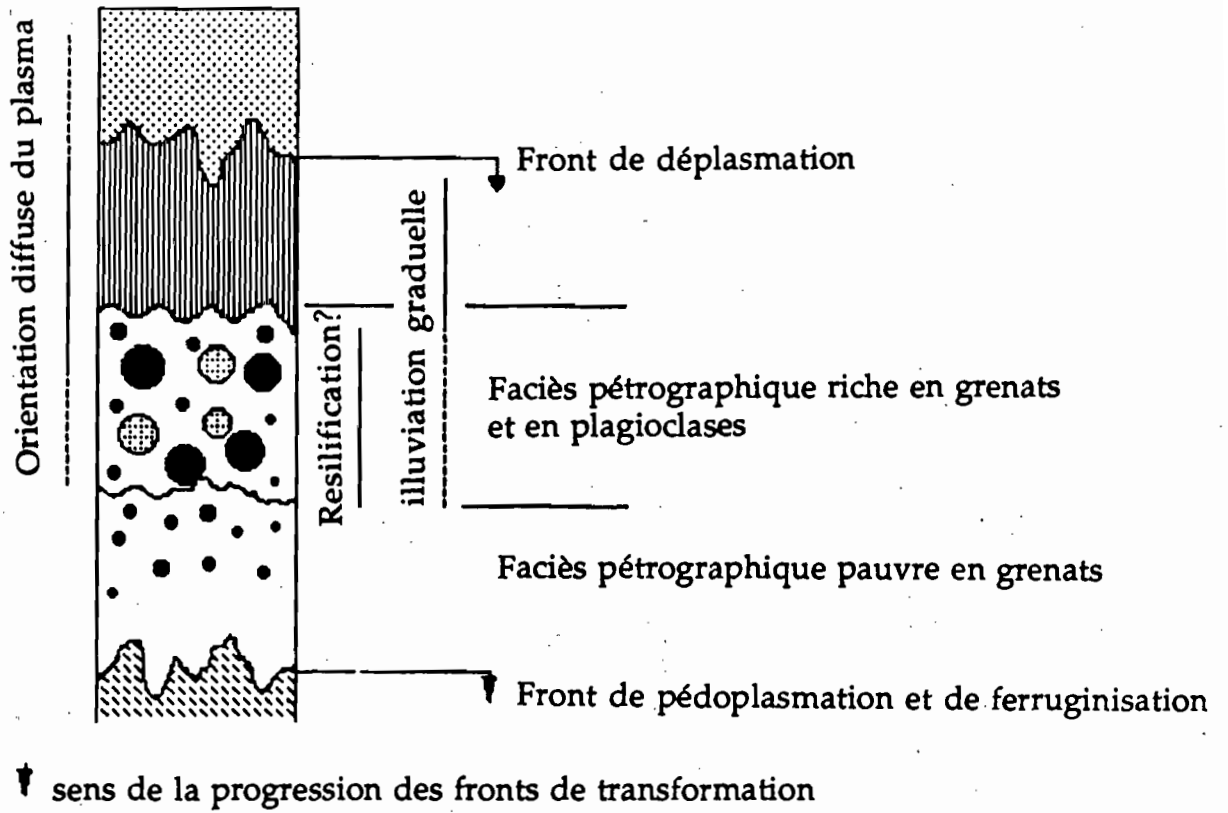
- PEDRO et al. (1976) qui ont montré que la microagrégation est en relation avec le lessivage des éléments-traces à partir de microfissures.

- MULLER (1977) qui a attribué la microagrégation aux alternances d'humectation-dessiccation dans les sols ferrallitiques rouges du Cameroun.

La microagrégation résulte des processus physico-chimiques et aussi des processus biologiques décrits par ROUSSEL (1980) et ESCHENBRENNER (1986). Pour ces deux auteurs, la structure microagrégée est le résultat de la coalescence de microagrégats d'origine biologique.

**En conclusion.** *Au début de l'évolution en profondeur dans le sol, les caractères du sol sont influencés par les caractères pétrographiques (Muller 1987). Puis, interviennent plusieurs processus pédologiques ( figure 39): la pédoplasmation relayée par une ferruginisation aboutissant à une nodulation dans la partie médiane du sol rouge. Plus haut, c'est la déplasmation qui est à l'origine des cavités polyconcaves et interconnectées aboutissant à la microagrégation.*

-----



**Fig : 39 Fronts de transformation dans le sol ferrallitique rouge**

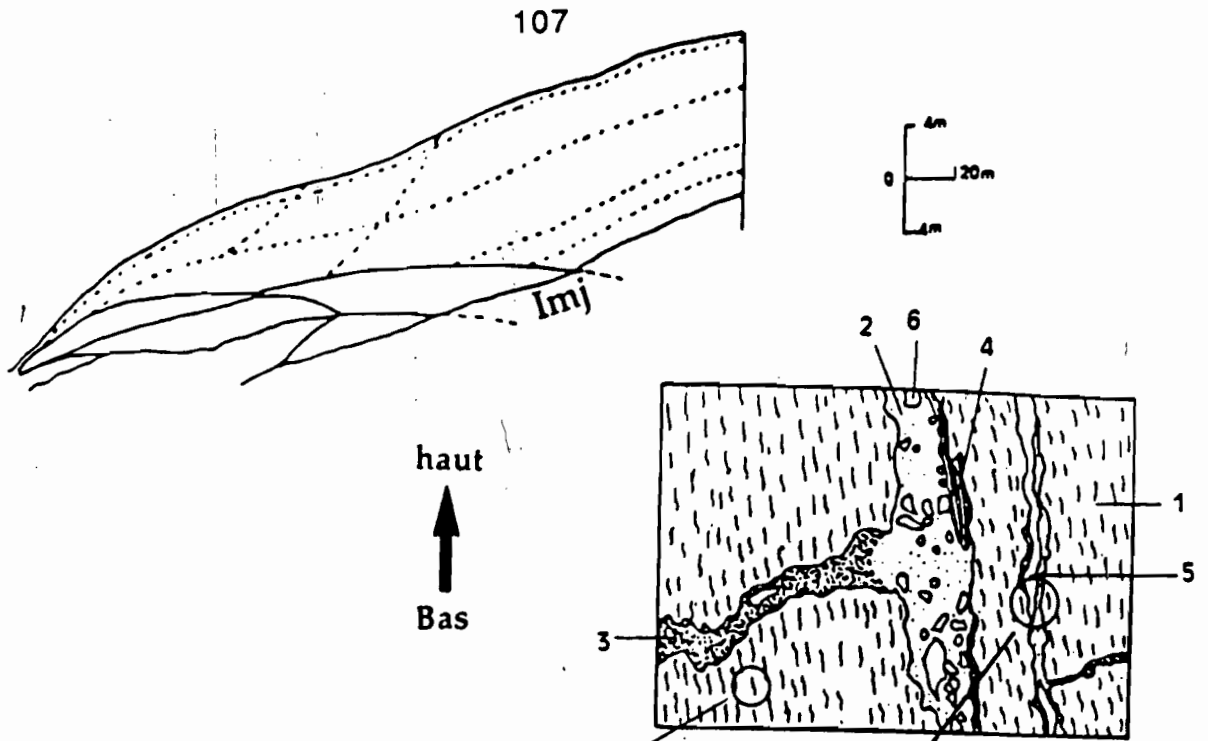


Fig : 40 A Orientation orthogonale des fissures

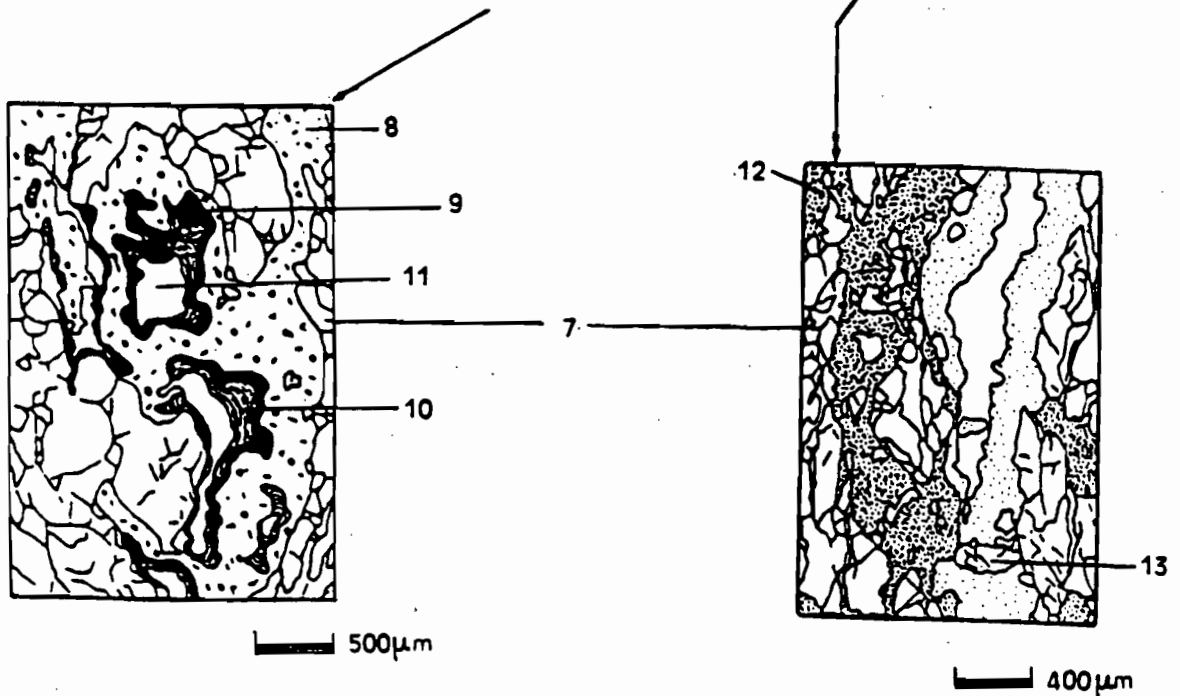


Fig : 40 B Phase isaltéritique rouge-foncé

Fig : 40 C Contact entre l'isaltérite  
et la tache gris-jaune

1 - isaltérite, 2 - plasma gris-jaune, 3 - phase rouge-foncé, 4 - cutané jaune microlité, 5 - fissure, 6 - quartz, 7 - filonnet de quartz, 8 - plasma rouge-foncé d'altération, 9 - ferrane, 10 - cutané microlité rouge-foncé, 11 - vide, 12 - plasma d'altération imprégné de fer, 13 - quartz orthogonal au filonnet de quartz

Fig : 40 organisation à différentes échelles de l'isaltérite  
de transition rouge-foncé à taches gris-jaune (Imj)

## Chapitre VII - Analyse du système de variations basales.

La figure 32 (page 74) rappelle la position du système de variations basales dans la séquence. Il est différencié en trois ensembles d'horizons superposés à savoir de bas en haut : les horizons d'altération, les horizons réticulés et les horizons décolorés. Chaque ensemble sera analysé séparément.

### 1 - Ensemble des horizons d'altération.

Il est composé de l'isaltérite rouge-foncé à taches gris-jaune (Imj) qui forme la transition latérale progressive de l'isaltérite gris-mauve du sol rouge à l'allotérite blanche.

#### 11 - Isaltérite de transition rouge-foncé à taches gris-jaune (Imj).

##### 111 - Caractéristiques morphologiques.

Elle est composée d'une phase isaltéritique rouge-foncé (50% de l'ensemble) emballant une phase gris-jaune centimétrique toujours très humide sur le terrain (40%) et une phase rouge-foncé pédoturbée (10%)

##### 112 - Descriptions micromorphologiques.

**Phase isaltéritique rouge-foncé.** Elle est constituée (figure 40 et photo 17) de :

- un **squelette** de composition minéralogique et de distribution analogue à celui de la phase isaltéritique gris-mauve : des grenats altérés; des filonnets de quartz et des quartz mono et polycristallins. On observe aussi quelques paquets de muscovite de 250  $\mu$ .
- une **porosité** composée de vides de dissolution;
- un **plasma noir**, opaque et isotrope
- des **traits pédologiques** abondants représentés par :
- des restes de plasma gris asépique d'altération similaires à celui de l'isaltérite gris-mauve;



- des cutanes complexes composés d'argilanes rouge-vif microlités au-dessus de ferranes noirs.

#### Commentaire.

L'isaltérite rouge-foncé a le même type de squelette et le même plasma gris d'altération que la phase gris-mauve du sol ferrallitique rouge. Elle se distingue par :

- un plasma noir, opaque et isotrope indiquant la ferruginisation;
- des cutanes rouge-vif microlités se surimposant aux ferranes, ce qui suppose une illuviation postérieure à la ferruginisation.

*On note que la ferruginisation et l'illuviation des argiles sont les deux phénomènes pédologiques qui caractérisent l'isaltérite rouge-foncé.*

#### Phase rouge-foncé pédoturbée.

Elle se présente sous forme de remplissages millimétriques disposés perpendiculairement à la direction d'allongement des filonnets de quartz.

Elle comporte :

- un **squelette** fin quartzeux et peu abondant de 50  $\mu$  de diamètre;
- une **porosité** composée des cavités de dissolution. Certaines d'entre elles sont orientées perpendiculairement à la direction d'allongement des filonnets de quartz;
- un **plasma** noir, opaque et isotrope,
- un **assemblage squelette-plasma** type porphyrosquelique;
- des **traits pédologiques** qui sont sous forme de cutanes rouge-vif et microlités, des remplissages noirs, opaques et isotropes recoupant perpendiculairement les filonnets de quartz (Figure 40).

#### Commentaire.

La phase rouge-foncé a un squelette et un plasma de même nature que la phase isaltéritique rouge-foncé. Elle se distingue par :

- une distribution aléatoire du squelette,
- une absence de grenats altérés et de filonnets de quartz,
- une abondance des cavités de dissolution;

- des cavités perpendiculaires à la direction d'alignement des filonnets de quartz de la phase isaltéritique.

- une présence des cutanes microlités justifiant les dépôts argileux.

*Conclusion: La phase rouge-foncé est donc à la fois pédoturbée puis ferruginisée.*

**Phase gris-jaune .** Elle renferme (figure 40 A et C) :

- un squelette constitué de quartz hétérométriques distribués au hasard, isolés ou sous forme de plages de 500 à 1500  $\mu$ , mono et polycristallins.

- une porosité composée des cavités de dissolution de 80 à 700  $\mu$ , des cavités de forme polyconcave de 40 à 500  $\mu$  et de fissures de 200 à 500  $\mu$  de diamètre;

- un plasma gris-jaune aseptique ;

- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique

- des traits pédologiques qui sont :

. de nombreuses imprégnations rouges;

. des haloglébules ;

. des cutanes jaunes microlités intégrés dans la masse;

. des microagrégats gris-jaune flottant dans la fissure (Figure 40 C).

Il résulte de ces données que la phase gris-jaune a le même squelette et présente des argilanes comme la phase rouge-foncé pédoturbée. Elle se distingue par :

- un plasma jaune aseptique et des papules jaunes microlités suggérant une déferruginisation;

- des microagrégats flottant dans la fissure et qui évoquent un remplissage ou un arrachement du plasma gris-jaune (Photo 18). Mais, l'orientation de grain de quartz inclu dans cet agrégat parallèle à l'allongement des filonnets de quartz milite en faveur d'un arrachement;

- des haloglébules indiquant la ferruginisation;

- une orientation verticale à la direction d'allongement des filonnets de quartz.

L'alignement des papules microlités prouve que cette phase gris-jaune remplit une fissure. La phase gris-jaune constitue alors un remplissage perpendiculaire à la phase pédoturbée rouge-foncé. Les similitudes

structurales existant entre ces deux phases prouvent que la phase pédoturbée rouge-foncé résulte d'une fissure. Cette hypothèse est conforme à la forme allongée de ces deux phases. L'isaltérite rouge-foncé à taches gris-jaune a alors deux directions de fissures presque perpendiculaires qui n'ont rien à voir avec les fissures d'alternance d'humectation-dessiccation qui ont plusieurs directions. Ces fissures sont probablement des anciennes cassures de la roche-mère conservées initialement par l'altération ferrallitique isovolumétrique (MILLOT et al., 1955).

C'est alors au niveau des cassures que commence la pédoturbation. Et c'est dans la fissure à orientation verticale que l'on observe le début de l'arrachement du plasma jaune.

**Tableau 26 - Compositions minéralogique et granulométrique des phases de l'isaltérite de transition rouge-foncé à taches gris-jaune.**

phase	% argile	% limon	% sable	Fer libre en %Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe T	minéralogie
isaltéritique rouge-foncé	20	15	45	20	0,6	quartz; kaolinite; hématite; goethite avec 7% de mole d'AlOOH
gris-jaune	50	15	35	7	0,7	quartz, kaolinite, trace d'hématite et de goethite avec 5% de mole d'AlOOH

#### Commentaire .

La phase gris-jaune se distingue de la phase isaltéritique par une augmentation de 30% d'argile, liée à une diminution du même taux de sable et de fer libre. La phase isaltéritique rouge-foncé a les mêmes teneurs en argile que l'isaltérite gris-mauve du sol rouge. Mais par ailleurs, plus de la moitié de fer libre se trouve dans le plasma. Dans la phase gris-jaune, les

teneurs en fer libre dans le plasma décroissent de 6%.

La phase isaltéritique rouge-foncé présente des compositions minéralogique et granulométrique identiques à celles de l'isaltérite gris-mauve du sol rouge. Elle se distingue par la présence de goethite. La phase gris-jaune est caractérisée par une augmentation de 30% d'argile.

## **12 - Allotérite blanche de bas de pente (Wb).**

### **121 - Caractéristiques morphologiques.**

L'allotérite blanche se développe progressivement en aval de l'isaltérite rouge-foncé à taches gris-jaune. Elle a été atteinte à 9,5 mètres de profondeur. Elle est composée d'une phase grise (10YR7/1) à gris-jaune (10YR7/8) de 60 à 70% et plastique sur le terrain et des lithoreliques centimétriques de couleur rouge (10R4/6) ou rouge-jaunâtre (7,5YR6/8) de 30 à 40%.

### **122 - Descriptions micromorphologiques.**

#### **Phase grise.**

Elle présente (Figure 41) :

- un squelette dispersé au hasard constitué de quartz mono et polycristallins, hétérométriques et anguleux, de nombreuses paillettes de muscovite et des fragments de rutile.
- une porosité représentée par de nombreuses cavités de dissolution de 300 à 3000  $\mu$  et de petites cavités de forme polyconcave de 20 à 50  $\mu$ ;
- un plasma gris et silasépique formant un assemblage type porphyrosquelique avec le squelette;
- des traits pédologiques correspondant aux rares imprégnations ferrugineuses et brunes.

#### **Commentaire.**

La phase grise a la même nature de squelette que la phase gris-jaune de l'isaltérite rouge-foncé. Elle se distingue par :

- une absence des haloglébules et des imprégnations ferrugineux;

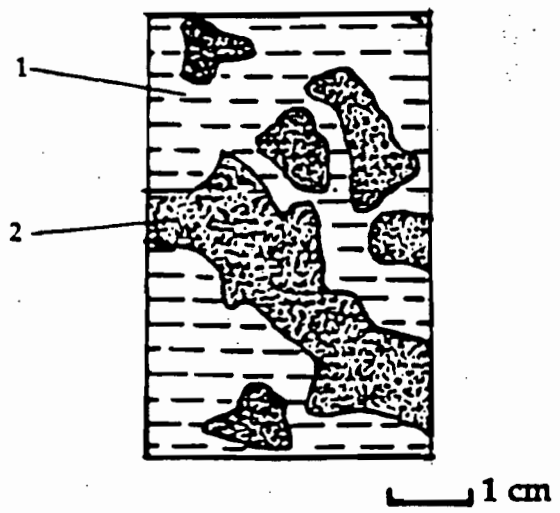
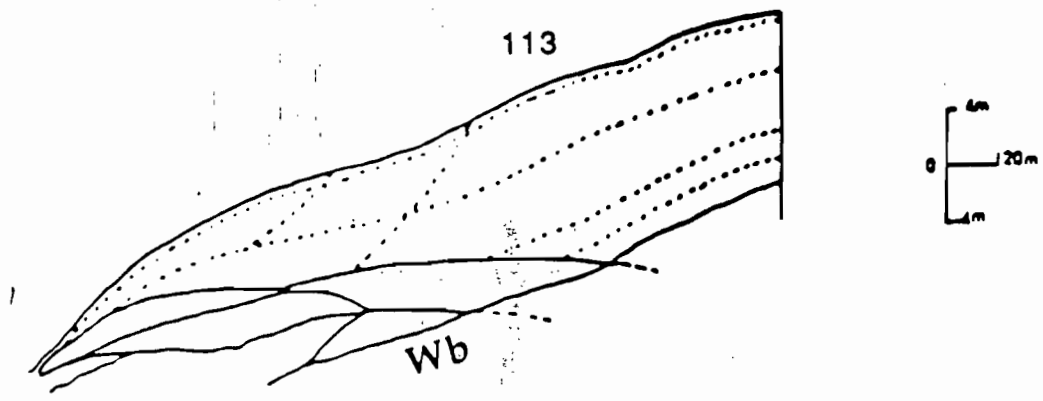


Fig : 41 A Aspect de l'allotérite blanche

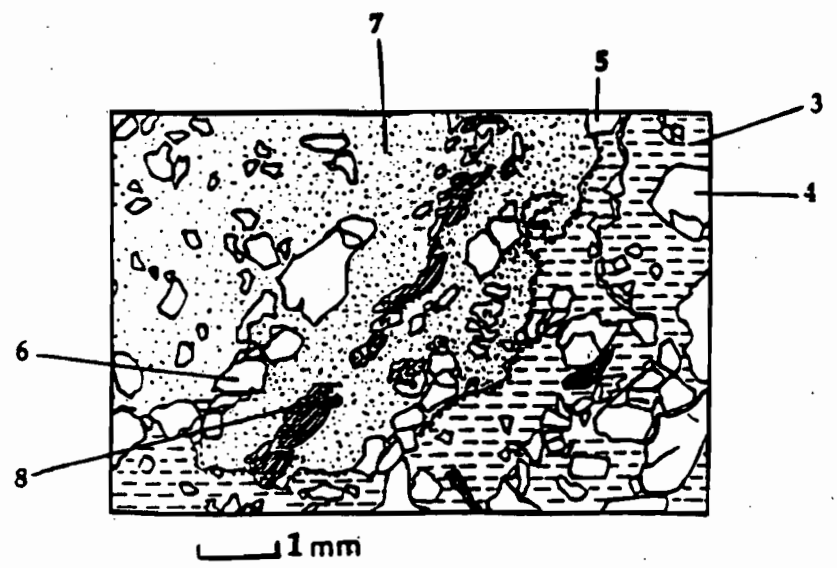


Fig : 41 B Contact entre la phase grise et la lithorelique

1 - phase blanche, 2 - lithorelique, 3 - plasma gris, 4 - quartz, 5 - quartz à cheval sur la limite entre lithorelique et phase grise, 6 - morceau de filonnet de quartz, 7 plasma gris imprégné de fer, 8 - papules microlitées et alignées.

Fig : 41 organisation à différentes échelles de l'allotérite blanche de bas de pente (Wb)

- une abondance des cavités de dissolution prouvant la dégradation importante du squelette.

*Dans ces conditions, pour passer de la phase gris-jaune vers la phase grise, il faut probablement envisager une dissolution de fer et de squelette.*

**Lithoreliques.** Elles renferment ( Figure 41 B) :

- **un squelette** composé des morceaux de filonnets de quartz alignés, de 800 à 1200 $\mu$ , des quartz hétérométriques, anguleux mono et polycristallins distribués au hasard, certains étant corrodés et des paquets de muscovite de 300 à 400  $\mu$ ;
- **une porosité** représentée par les fissures de 50 à 100  $\mu$  et les cavités de dissolution de 20 à 100  $\mu$ ;
- **un plasma noir**, isotrope et opaque;
- **des traits pédologiques** qui sont :
  - . des papules gris-jaune microlitées et alignées;
  - . de nombreuses imprégnations brunes et isotropes;
  - . des cutanes noirs et isotropes.

**Commentaire.**

Les lithoreliques présentent des filonnets de quartz et le même alignement des papules microlitées que l'isaltérite rouge-foncé.

Elles se distinguent de l'isaltérite rouge-foncé par la disparition des grenats altérés soulignant la déferruginisation; quant à la discontinuité des filonnets de quartz elle prouve la mise en oeuvre d'une pédoperturbation.

**123 - Compositions granulométrique et minéralogique des phases de l'allotérite blanche.**

**Tableau 27 - Compositions granulométrique et minéralogique et teneurs en fer des différentes phases de l'allotérite blanche.**

phase	% argile	% limon	% Sable	Fer libre en % FeO <sub>3</sub>	Fe T	minéralogie
grise	50	15	34	2	1, 5	quartz, kaolinite, goethite en traces
lithorelique	40	15	45	11	0, 3	quartz, kaolinite, goethite avec 7% de mole AlOOH

**Commentaire.**

La phase grise de l'allotérite blanche a le même pourcentage de limons, d'argile, à peu près la même composition minéralogique que la phase gris-jaune. Elle s'en distingue par :

- une diminution de teneur en fer libre soulignant la déferrugisation;
- une disparition totale de l'hématite.

Les lithoreliques ont 20% d'argile de plus que la phase rouge-foncé.

Elles se distinguent par une diminution des teneurs en fer, une absence d'hématite et une augmentation de teneurs en argile.

Les lithoreliques de l'allotérite blanche apparaissent donc comme les homologues de l'isaltérite rouge-foncé. Cette homologie se manifeste au niveau de l'organisation du squelette et des structures cutaniques. Mais les lithoreliques se distinguent par une augmentation des teneurs en argile ; une diminution des teneurs en fer et par une absence d'hématite.

124 - Conclusion : transformation de l'isaltérite de transition gris-mauve en allotérite blanche de bas de pente.

Tableau 28 - Caractères essentiels de l'isaltérite rouge-foncé et de l'allotérite blanche.

horizon	phase	orientation par rapport aux filonnets de quartz	plasma	orientation squelette par rapport aux filonnets de quartz	structure cutanique	nature des oxydes de fer	fer libre du plasma en % de $Fe_2O_3$
isaltérite rouge-foncé	isaltérite rouge-foncé 50%	verticale	isotrope 20% d'argile	litée	argilanes rouge-vif, ferranes	hématite et goethite	20
	rouge-foncé 10%	horizontale	isotrope	aléatoire et horizontale	papules rouge-vif et microlitées	-	-
	gris-jaune 40%	verticale	gris-jaune asépique, 50% d'argile	aléatoire et horizontale	papules microlitées jaunes et alignées	goethite et traces d'hématite	7
allotérite blanche	lithorelique	quelconque	gris mosépique 40% d'argile	litée	papules microlitées et alignées imprégnations ferrugineuses	goethite	11
	grise 60 à 70%		gris mosépique	aléatoire		goethite	2%

L'allotérite blanche présente des lithoreliques qui ont les filonnets de quartz et des remplissages microlités et alignés comme la phase isaltéritique rouge-foncé. Elle se distingue de celle-ci par :

- un développement de la phase grise pédoturbée qui renferme 2% de fer libre sous forme de goethite dans le plasma et 10% d'argile de plus;
- des lithoreliques renfermant plus de 20% d'argile.

L'augmentation en volume de la phase pédoturbée au détriment de la phase isaltéritique vers l'axe de drainage indique une évolution entre ces



deux phases. Cette transformation commence au niveau des remplissages qui recoupent la phase isaltéritique en deux directions perpendiculaires. Cette orientation géométrique des remplissages prouve qu'ils sont des cassures héritées de l'isaltérite. Les phases rouge-foncé pédoturbées et gris-jaune occupant ces fissures ont leurs quartz orientés perpendiculairement à la direction d'alignement des filonnets de quartz et des papules alignées indiquant les dépôts dans les fissures. Un agrégat dans la fissure avec un quartz orienté parallèlement à l'alignement des filonnets quartzitiques indique le détachement ou le départ de la phase gris-jaune déferruginisée. Le plasma noir, opaque et isotrope de la phase rouge-foncé et les ferranes dans la phase isaltéritique indiquent la ferruginisation. Le recoupage de la phase rouge-foncé par le plasma déferruginisé montre que cette ferruginisation est antérieure à la déferruginisation.

L'évolution de l'isaltérite de transition rouge-foncé en allotérite est alors caractérisée par la succession des processus pédologiques suivants :

- détachement des grains de squelette sur les parois des fissures;
- dépôts des matériaux fins et grossiers ;
- ferruginisation;
- déferruginisation préférentielle des dépôts orientés dans la direction verticale des fissures;
- détachement du plasma gris-jaune déferruginisé et même du squelette.

Les trois premiers processus sont les plus anciens. les deux derniers se sont imposés. Cette transformation de la structure lithologique a dû connaître une phase d'arrêt caractérisée par la ferruginisation. Actuellement, elle est en phase de reprise déterminée par la déferruginisation totale, la dissolution de l'hématite et de la goethite. Elle facilite le détachement, la fragmentation et la dispersion du squelette de la phase isaltéritique.

Cette perte de structure lithologique est appelée **allotérisation** par CHATELIN (1974). L'évolution de l'isaltérite rouge-foncé en allotérite blanche de bas de pente est de nature structurale, minéralogique et géochimique. Elle constitue un système de transformation.

*On note ainsi que la séquence isaltérite gris-mauve/allotérite blanche se présente comme un système de transformations structurales, minéralogiques et géochimiques , qui est en relation avec les cassures .*

## 2 - Ensemble des horizons décolorés.

Il comporte, au-dessus de l'allotérite précédente, d'amont en aval, à partir du sol rouge :

- un horizon rouge-pâle à pédoreliques;
- un horizon jaune-pâle argileux;
- un horizon jaune-pâle sableux.

Le passage de l'horizon de rouge-pâle à l'horizon jaune-pâle sablo-argileux est caractérisé par une décoloration progressive suivie d'une diminution graduelle de la taille et du volume de la phase à texture, sableuse d'amont vers l'aval.

### 21 - Horizon rouge-pâle à pédoreliques (Rpa).

#### 211 - Caractères macromorphologiques.

Il apparaît entre 5 et 8 mètres de profondeur entre le sol rouge et le système de variations basales (figure 30). Il est composé de deux phases principales : une phase rouge-pâle (2,5YR6/6) de 40 à 50%, toujours très humide, une phase nodulaire composée de nodules ferrugineux (30 à 40%), centimétriques, rouge-vif cassables à la main et de nodules ferrugineux (2 à 5%) durs avec patine noire.

#### 212 - Descriptions micromorphologiques.

**Phase rouge-pâle.** Elle comporte (Figure 42) :

- un **squelette** distribué au hasard et composé des quartz mono et polycristallins, hétérométriques, anguleux et de quelques grenats altérés imprégnés de fer;
- une **porosité** représentée par trois types de pores :
  - des biovides de taille 100 à 300 $\mu$ ;
  - un réseau de fissures de grande taille (0,5 à 2 mm) avec les parois non ajustées et recoupant les phases microagrégées (photo19);
  - des nombreuses cavités de forme polyconcave de 20 à 200 $\mu$  avec les quartz partiellement dégagés en bordure.

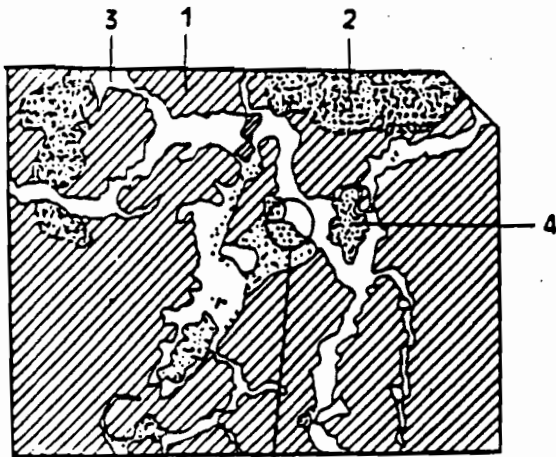
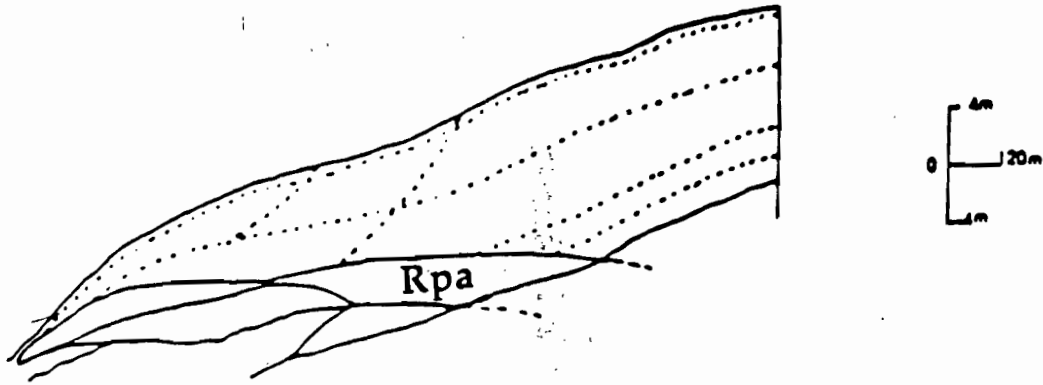


Fig : 42 A Réseau polygonal de fissures

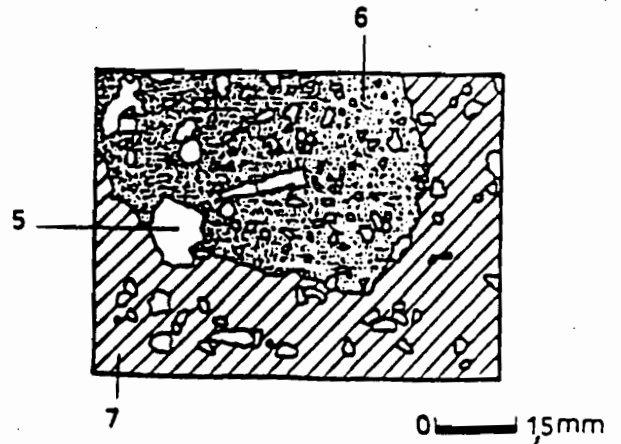


Fig : 42 B nodule ferrugineux riche en quartz

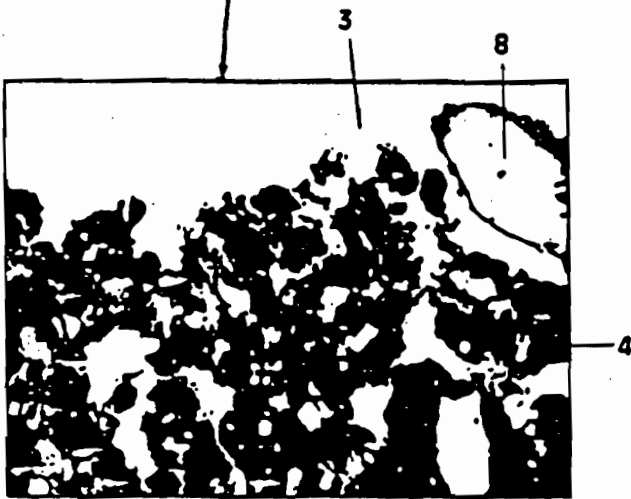


Fig : 42 C Paroi non tassées du réseau de fissures

- 1 - phase rouge-pâle
- 2 - nodule ferrugineux;
- 3 - fissure;
- 4 - phase microagrégé;
- 5 - quartz à cheval sur la limite nodule -phase rouge-pâle;
- 6- plasma rouge-vif ;
- 7 - plasma rouge-pâle
- 8 - quartz

Fig : 42 organisation à différentes échelles de l'horizon de transition rouge -pâle à pédoreliques (Rpa)

- un plasma rouge-pâle lattisépique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique.
- des traits pédologiques qui sont :
  - . quelques rares papules jaunes microlitées,
  - . des inclusions jaunes lattisépiques ;
  - . des restes de phase microagrégée dans les fissures.

#### **Commentaire.**

La phase rouge-pâle a un squelette de même nature que celui des phases rouges dense et meuble du sol rouge.

La phase rouge-pâle se distingue des phases rouges dense et meuble dont elle prend le relai latéral par :

- un réseau polygonal de fissures à parois non ajustées et très poreuses;
- une abondance des cavités de forme polyconcave à quartz de bordure partiellement dénudés.

*On note que la phase rouge-pâle ressemble aux phases rouges du sol rouge par la nature et la composition minéralogique du squelette. Mais elle s'en différencie par le réseau de fissures et le développement de cavités polyconcaves.*

**Nodules ferrugineux rouge-vif peu durs. Ils comportent :**

- un squelette distribué au hasard et riche en quartz, hétérométriques anguleux. Certains d'entre eux chevauchent la limite avec la phase rouge-pâle (figure 42B).
- une porosité correspondant aux fissures isolées de 30 à 150 $\mu$  à parois accommodées.
- un plasma opaque , isotrope à faiblement asépique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques représentés par :
  - . des papules microlitées;
  - . des imprégnations ferrugineuses;
  - . un plasma jaune lattisépique autour des fissures indiquant un début de dégradation;
  - . des inclusions de plasma jaune lattisépique.

#### **Commentaire.**

Les nodules ferrugineux rouge-vif ont un squelette de même nature que celui de la phase rouge-pâle. Ils s'en distinguent de la phase rouge-pâle par :

- une opacité du plasma et la présence d'imprégnations rouges soulignant la ferrugi-nisation;
- des papules microlitées;
- des fissures imprégnées de plasma noir et isotrope;
- une absence de grenats altérés;
- une abondance du squelette;
- un chevauchement de la limite de ces nodules par les quartz. La présence du plasma jaune autour des fissures est en faveur de la dégradation des nodules ferrugineux rouge-vif riches en quartz.

Ils se distinguent aussi des nodules rouge-violacé du sol rouge par le développement d'un plasma rouge-vif isotrope à faiblement biréfringent et l'existence des papules microlitées.

*Les nodules rouge-vif sont donc caractérisés par l'abondance des quartz ,la présence des papules et des fissures ainsi que par le plasma jaune localisé autour des fissures. Ils sont en cours de destruction.*

#### **Nodules ferrugineux à patine noire.**

Ils sont identiques à ceux rencontrés dans l'horizon peu nodulaire du sol rouge. Ils montrent plus de cavités de dissolution de quartz et plus d'inclusions jaunes fortement biréfringentes.

#### **213 - Compositions granulométrique et minéralogique de l'horizon de rouge-pâle à pédoreliques.**

**Tableau 29 - Compositions granulométrique et minéralogique des phases de l'horizon rouge-pâle.**

Phase	% Argile	% Limon	% sable	Fer libre en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe T	minéralogie
rouge-pâle	50	20	30	10	0,8	-kaolinite, quartz, goethite avec 4% de mole d'AlOOH, traces d'hématite
rouge-vif nodulaire	-	-	-	20	0,9	- kaolinite, hématite, goethite avec 6% de mole d'AlOOH

**Commentaire.**

La phase rouge-pâle a le même taux d'argile que la phase rouge dense de l'horizon rouge peu nodulaire. Le plasma de cette phase est moins riche en fer libre (10 contre 14% pour la phase rouge dense) et présente une goethite moins substituée en aluminium.

La phase rouge-vif nodulaire est deux fois plus pauvre en fer que le nodule ferrugineux rouge-violacé à patine noire.

On peut noter la ferruginisation d'une phase riche en quartz enveloppée dans la phase rouge-pâle légèrement appauvrie en fer. Cette phase riche en quartz appelée <<nodule rouge-vif >> contient moins de fer que les nodules ferrugineux du sol rouge initial .

**22 - Horizon jaune-pâle argileux ( Jpa ).**

**221 - Caractéristiques morphologiques .**

Il se développe à l'aval de l'horizon rouge-pâle figure 30 et est toujours très humide. Son épaisseur varie de 1 à 2 m. Il est composé d'une phase grise (60 à 70%), d'une phase jaune-pâle (20 à 30%), de nodules jaunes à cortex discontinu (1 à 2%) et de nodules rouge-brique et tendres (1%) .

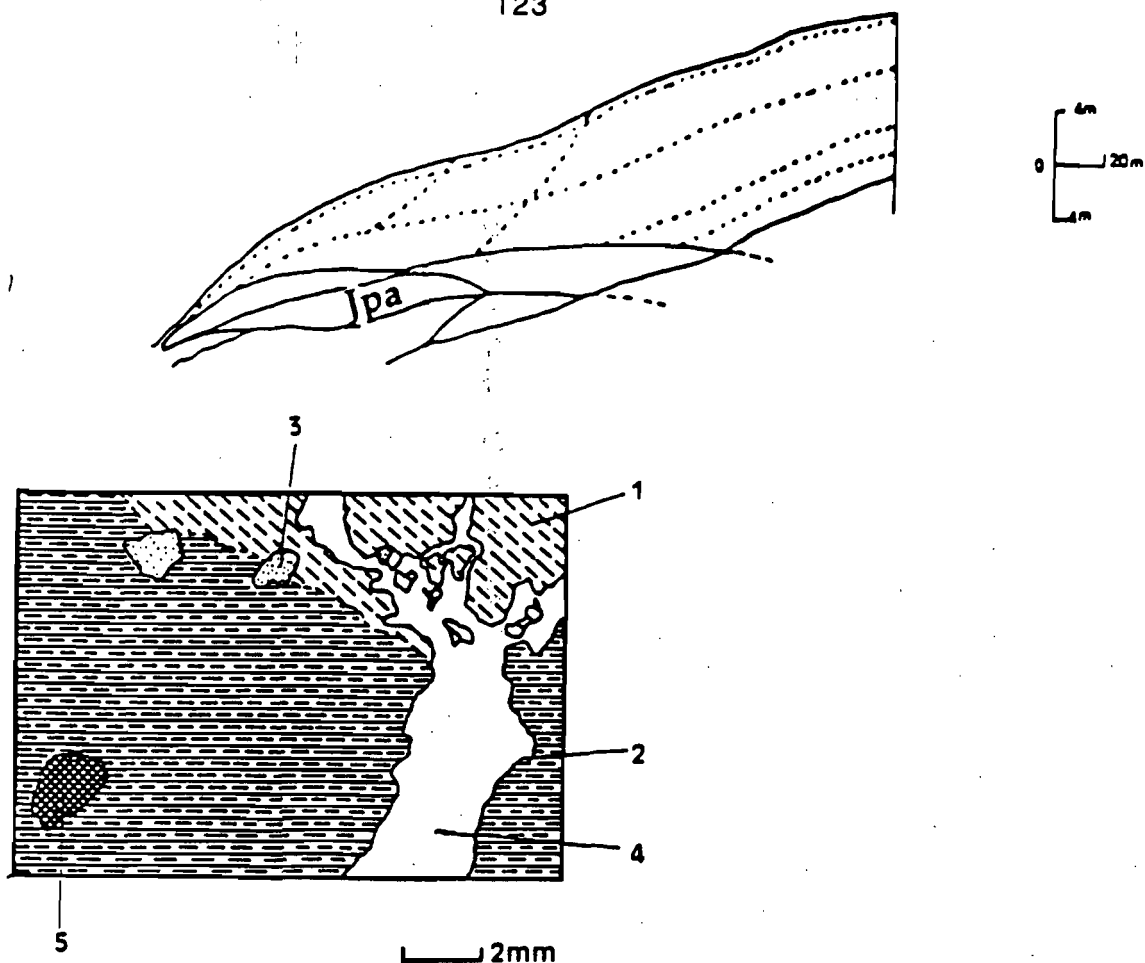
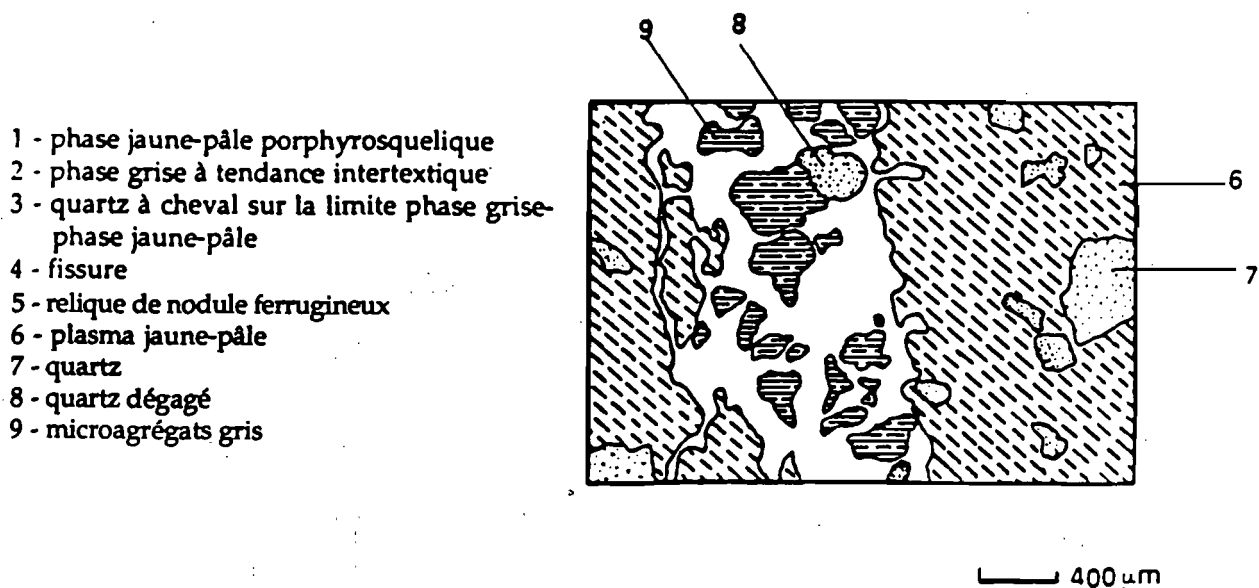


Fig : 43 A Relique de nodule ferrugineux dans la phase grise  
Contact entre la phase grise et la phase jaune-pâle



- 1 - phase jaune-pâle porphyrosquelique
- 2 - phase grise à tendance intertextique
- 3 - quartz à cheval sur la limite phase grise-phase jaune-pâle
- 4 - fissure
- 5 - relique de nodule ferrugineux
- 6 - plasma jaune-pâle
- 7 - quartz
- 8 - quartz dégagé
- 9 - microagrégats gris

Fig : 43 B Remplissage gris dans la phase jaune-pâle

Fig : 43 organisation à différentes échelles de l'horizon de transition jaune-pâle argileux (Jpa)

## 222 - Descriptions micromorphologiques.

**Phase jaune-pâle.** Elle comporte (Figure 43) :

- un squelette à distribution aléatoire et constitué des quartz hétérométriques anguleux, de rares fragments de grenats altérés et de quelques fragments de rutilé.
- une porosité exprimée par de nombreuses cavités de forme polyconcave de 20 à 100 $\mu$  et un réseau polygonal de fissures à parois non ajustées et non tassées de 1 à 3 mm plus larges dans le gris que dans le jaune-pâle
- un plasma gris-jaune lattisépique;
- un assemblage plasma-squelette du type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques représentés par :
  - . des nodules ferrugineux brun-sombre à cortex discontinu composés d'un plasma noir et opaque et des cavités de dissolution de quartz;
  - . des nodules ferrugineux tendres composés d'un squelette quartzéux peu abondant et d'un plasma rouge-brique et isotrope;
  - . des remplissages composés d'agrégats gris ( Fig : 43 B).

### Commentaire

La phase jaune-pâle a le même réseau polygonal de fissures à parois non ajustées et non tassées et le même squelette que la phase rouge-pâle. Elle se distingue par :

- une absence quasi-complète des pseudomorphoses de grenat;
- des nodules ferrugineux, bruns avec un cortex discontinu;
- des nodules rouge-brique et tendres;
- des cavités de forme polyconcave beaucoup plus nombreuses.

**Phase grise.** Elle est organisée en réseau et comporte (Fig : 43) :

- un squelette plus abondant, à grains jointifs par endroits, de même nature et de même distribution que celui de la phase jaune-pâle;
- une porosité représentée par de nombreuses cavités de forme polyconcave



avec les quartz de bordure partiellement dénudés;

- un plasma gris aséptique peu abondant;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique à tendance intertextique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - des imprégnations brun-sombre, opaques et isotropes;
  - des fragments de nodules ferrugineux bruns constitués de quartz à cheval sur la limite avec le plasma gris et de plasma brun moyennement à faiblement biréfringent

### Commentaire.

La phase grise présente un squelette de même nature que la phase jaune-pâle. Elle se distingue par :

- une abondance des quartz;
- un assemblage plasma-squelette à tendance intertextique;
- des fragments des nodules ferrugineux indiquant leur dégradation.

*Au sein de la phase grise, on peut noter un début d'appauvrissement en argile et la fragmentation des nodules ferrugineux .*

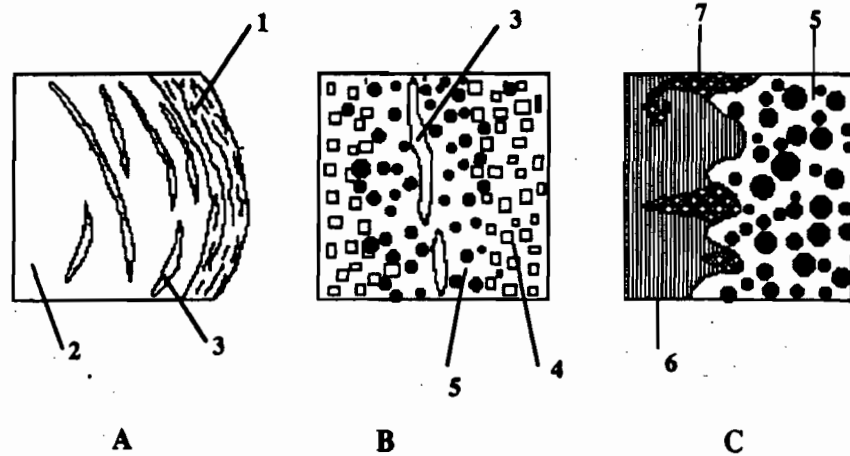
### 223 - Microorganisation du nodule brun ferrugineux à cortex discontinu.

Au M.E.B, le nodule brun à cortex discontinu apparaît composé de deux phases (Photos 20, 21 et 22 et figures 44) :

- une phase litée assimilée au cortex;
- une phase continue appelée noyau.

Le passage entre le noyau et le cortex présente des fissures à parois irrégulières ou corrodées qui sont presque parallèles. De la fissure vers l'intérieur, on constate une succession de deux phases : une phase spongieuse riche en oxydes de fer et une phase continue formée des cristallites de kaolinite associées aux oxydes de fer (annexe 5). Le contact entre ces deux phase montre une pénétration de la phase spongieuse dans la kaolinite recouverte partiellement par des exsudats (Photo 22) composés de fer, des traces de silice et d'aluminium.

L'analyse qualitative montre que la phase continue est riche en kaolinite et pauvre en oxyde de fer. La phase spongieuse est très riche en fer et pauvre en kaolinite (annexe 5).



1 = cortex , 2 = noyau , 3 = fissure 4 = phase continue à dominance de kaolinite

5 = phase spongieuse à oxydes de fer dominants, 6 = kaolinite,

7 = exsudat riche en fer et pauvre en kaolinite

A = nodule brun à cortex discontinu , B = phase spongieuse traversée par les fissures de dissolution; C = Pénétration de la phase spongieuse dans la kaolinite

**Fig : 44 Schématisation des organisations à différentes échelles du nodule brun à cortex discontinu**

**Commentaire.** La pénétration de la phase spongieuse dans la phase continue suppose la dissolution de la kaolinite. Les parois irrégulières ou corrodées suggèrent une fissuration en rapport avec la dissolution des oxydes de fer. Les exsudats riches en fer à la surface de la kaolinite suggèrent une redistribution du fer responsable de la cortification des nodules ferrugineux.

On peut noter que la cortification des nodules ferrugineux résulte de deux processus géochimiques successifs :

- la dissolution de la kaolinite ou ferrolyse;
- la redistribution du fer.

Cette cortification est accompagnée d'une fissuration concentrique et radiale ou septarisation.

#### 224 - Compositions granulométrique et minéralogique des phases de l'horizon jaune-pâle argileux.

La phase jaune-pâle argileuse a la même teneur en argile, en sable que la phase rouge-pâle. Elle se distingue par (tableau 30):

- une diminution de moitié du fer libre qu'on relie à l'absence d'hématite.

Cette diminution est encore plus accentuée dans les volumes gris.

La phase grise a la même composition minéralogique que la phase jaune-pâle. Mais elle diffère d'elle par suite d'une diminution du pourcentage d'argile au profit des sables et des limons.

*La phase grise est caractérisée par un plasma pauvre en fer et en argile.*

**Tableau 30 - Compositions granulométrique et minéralogique des différentes phases de l'horizon jaune-pâle argileux.**

Phase	%A	%L	%S	Fe libre en %	minéralogie
jaune-pâle	50	15	35	6	quartz, kaolinite, goethite
gris	40	20	40	3	quartz, kaolinite, traces de goethite
nodule jaune	-	-	-	40	quartz, peu de kaolinite, goethite avec 13% de mole AlOOH
nodule rouge-brique tendre	-	-	-	30	quartz, kaolinite, hématite, goethite avec 9% de mole d'AlOOH

#### 23 - Horizon jaune-pâle sablo-argileux (A2).

##### 231 Caractéristiques morphologiques et analytiques.

Il se développe à l'aval et dans le prolongement de l'horizon de transition jaune-pâle argileux vers l'axe de drainage. Son épaisseur varie de

0,5 à 1 mètre. Il est composé d'une phase grise (10YR7/1) argileuse (1 à 2%) en filots centimétriques dans une phase jaune-pâle (10Y6/8) sableuse à taches millimétriques rouges (10R4/6) de 90%. Il laisse apparaître des écoulements latéraux au niveau des puits pendant la saison des pluies.

### 232 - Descriptions micromorphologiques.

#### Phase jaune-pâle sableuse.

Elle comporte (Figure 45) :

- un squelette distribué au hasard, très abondant et constitué de quartz anguleux et hétérométriques, des fantômes de disthènes et des fragments de rutile. Au contact avec l'horizon sous-jacent ce squelette est distribué sous forme de réseau polygonal (Figure 45B et photo 23);
- une porosité correspondant à de nombreux vides d'assemblage du squelette;
- un plasma sous forme de traces rougeâtres, opaques et isotropes;
- un assemblage plasma-squelette type granulaire à intertextique ou chitonic;
- des traits pédologiques constitués :
  - . de quelques cutanes microlités faiblement imprégnés de plasma noir isotrope;
  - . des filots de plasma gris imprégnés de rouge-rouille;
  - . des zones de concentration de quartz fins entre les gros quartz.

#### Commentaire.

La phase jaune-pâle a un squelette de même nature que celui de la phase grise de l'horizon jaune-pâle argileux. Elle se distingue par :

- un développement des cavités d'assemblage de squelette quartzeux (photo 24);
- un développement d'assemblage plasma-squelette de type granulaire ou chitonic;
- des imprégnations noires et isotropes soulignant la ferruginisation;
- quelques cutanes gris microlités.

La phase jaune-pâle est donc caractérisée par un développement de l'assemblage plasma-squelette type granulaire, une concentration en quartz fins entre les

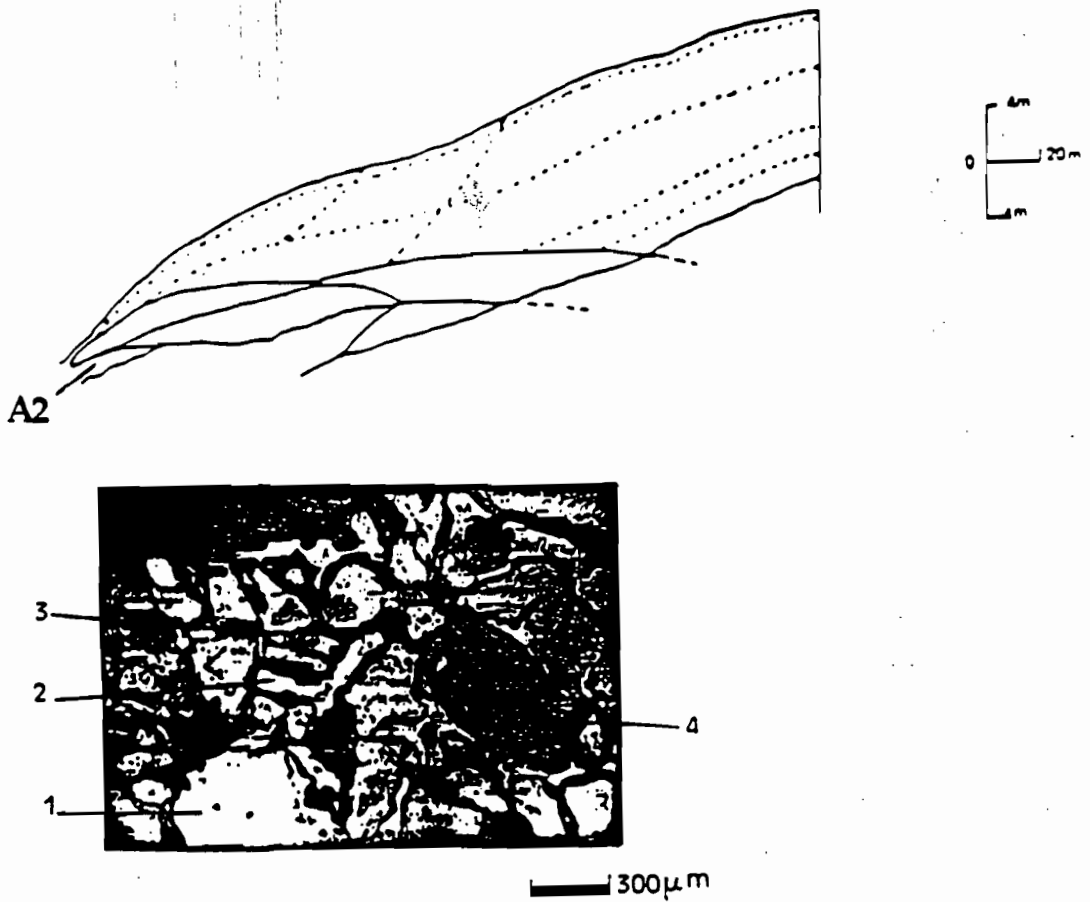


Fig : 45 A Abondance du squelette

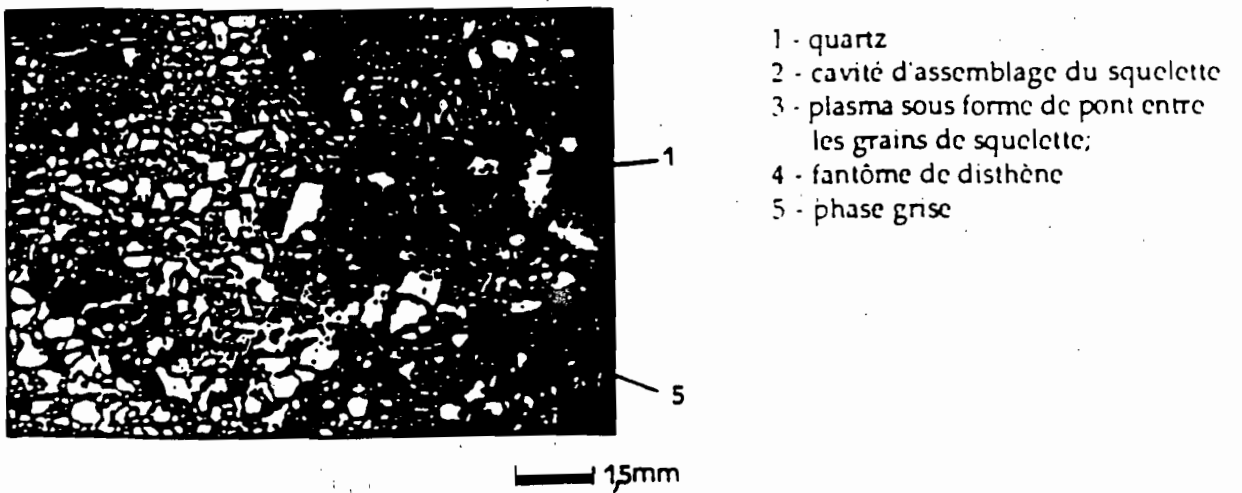


Fig : 45 B Distribution en réseau du squelette

Fig : 45 Organisation à différentes échelles de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux (A2)

grossiers, une absence quasi-totale du plasma pédoturbé et la présence de quelques cutanes microlités.

#### **Phase grise argileuse.**

Elle est en îlot et comporte :

- un squelette constitué de quartz hétérométriques, anguleux et distribués au hasard;
- une porosité correspondant à de nombreuses cavités de forme polyconcave et à des fissures isolées de 10 à 20 $\mu$  ;
- un plasma gris-jaune bima-vo-lattisépique;
- un assemblage plasma- squelette du type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - . des intercalations ayant une forme flexueuse, imprégnées de fer et indiquant un régime saturé et permanent ( FEDOROFF et al 1985) ;
  - . de petites imprégnations diffuses et peu épaisses.

#### **Commentaire.**

La phase grise en îlots se distingue de la phase jaune-pâle par le type d'assemblage squelette-plasma, la forme des pores de forme polyconcave. les fissures isolées, une accentuation des orientations plasmiques et des intercalations légèrement imprégnées de fer.

La phase grise argileuse est caractérisée par l'accentuation des orientations plasmiques. Elle constitue la relique de l'horizon jaune-pâle argileux. Les intercalations montrent qu'elle est formée dans un milieu saturé en eau.

**233 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique du plasma des différentes phases de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux.**

**Tableau 31 - Analyses globales des phases de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux.**

Phase	%A	%L	%S	% fer libre ramené à 100% d'argile+ limon	minéralogie
jaune-pâle	25	5	70	3	kaolinite quartz, goethite
grise	60	10	30	0	quartz, et kaolinite

La phase jaune-pâle sablo-argileux se différencie par :

-une diminution de 25% d'argile parallèlement à une augmentation de 35% de sable.

-une augmentation de 5% de fer libre illustrant une légère accumulation du fer sous forme de goethite.

*La phase jaune-pâle est caractérisée par une diminution assez importante de la teneur en argile .*

La phase grise a les mêmes teneurs en argile, en limon et en sable que la phase jaune-pâle de l'horizon jaune-pâle argileux. Elle se distingue par une absence de fer .

*La phase grise riche en argile est caractérisée par une absence totale du fer.*

## Conclusion.

## 234 - Transformation de l'horizon de transition rouge-pâle en horizon jaune-pâle sablo-argileux.

Tableau 32 - Caractères essentiels des différents horizons rouges et décolorés.

Ensemble	horizons	lithoreliques	nodules gibbsitiques	nodules très ferrugineux	nodules peu ferrugineux	phase porphyroscopique	phase intertextuelle ou granulaire
décolorés	rouge-pâle			- 2 à 5% - rouge-violacé avec inclusions brunes - goethite >> hématite	30 à 40 % - rouge-vif peu durs ; riches en quartz - goethite > hématite 19% de Fer libre dans le plasma	- 40 à 50% - rouge-pâle; - goethite >> hématite - 6 % de fer libre dans le plasma; - 50% d'argile	
	jaune-pâle argileux	-	-	1 à 2% - goethite cortex discontinu 40% de fer libre - fragments de nodules bruns	1% tendres - rouge-brique; - goethite >> hématite; - 29 % de fer libre; riches en quartz	- 20 à 30% - jaune-pâle; - goethite seule - 4% de fer libre dans le plasma; - 50% d'argile	- 60 à 70% de gris à tendance intertextuelle; - 2% de fer libre dans le plasma sous forme de goethite - 40% d'argile
	jaune-pâle sableux	-	-	-	-	- 1 à 2% - grise; - 0% de fer libre; - 60% d'argile	- plus de 90% de jaune-pâle; granulaire; - goethite - 4 % de fer libre dans le plasma; - 25% d'argile; - 1 à 2% de cutane gris microlités

Fer libre en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ramené à 100 g d'argile + limon.

L'horizon de transition rouge-pâle présente des nodules rouge-vif riches en quartz et moins riches en fer, des nodules très ferrugineux (40% de



fer libre) et une phase d'assemblage porphyrosquelique comme l'horizon de transition jaune-pâle argileux. Il est caractérisé par un plasma rouge-pâle contenant 8% de fer libre sous forme de goethite (largement dominante sur l'hématite) et par l'absence d'une phase intertextique.

Les horizons jaune-pâles sont différenciés en deux :

- l'horizon de transition jaune-pâle argileux renfermant un plasma jaune-pâle contenant 4% de fer libre sous forme de goethite non substituée en alumine. Il est caractérisé par de rares nodules bruns à cortex discontinu renfermant 40% de fer libre et la présence d'une phase grise à tendance intertextique.
- l'horizon jaune-pâle sablo-argileux déterminé par un assemblage plasma-squelette de type granulaire et un faible pourcentage de plasma contenant 4% de fer libre.

*La diminution progressive en volume de la phase porphyrosquelique au profit de la phase granulaire et celle du pourcentage en volume des nodules ferrugineux très durs montrent que les horizons jaune-pâle proviennent de l'horizon de transition rouge-pâle.*

Cette transformation est caractérisée par :

- une diminution de moitié du taux de fer dans le plasma jaune-pâle par rapport à celui de l'horizon de transition rouge-pâle qui indique une déferruginisation progressive. Cette déferruginisation est responsable de la dégradation des nodules rouge-vif. Elle est suggérée par la présence du plasma jaune autour des fissures dans les nodules rouge-vif riches en quartz et des nodules rouge-brique tendres dans l'horizon de transition jaune-pâle argileuse.
- une décroissance du taux d'argile de la phase porphyrosquelique à la phase granulaire qui suggère la dissolution du plasma ou la disjonction squelette-plasma. Les cutanes et les concentrations de quartz fins entre les quartz grossiers dans la phase jaune-pâle granulaire montrent qu'il s'agit d'un lessivage d'argile suivi de la réorganisation du squelette;
- une cortification des nodules ferrugineux à quartz peu corrodés consécutive à la dissolution de la kaolinite (ferrolyse), suivie de la redistribution du fer et de la septarisation.

L'inclusion d'une phase grise argileuse contenant 60% d'argile et à plasma pauvre en fer dans la phase jaune-sablo-argileuse montre que cette éluviation des argiles est postérieure à la déferruginisation totale.

*En définitive on note la transformation de l'horizon de transition rouge-pâle en horizon jaune-pâle sablo-argileux par :*

- *décoloration consécutive à la déferruginisation responsable de la dégradation des nodules ferrugineux avec dissolution des oxydes de fer et diminution du taux de substitution d'alumine dans les goethites;*
- *cortification des nodules ferrugineux par dissolution de la kaolinite et redistribution du fer . Cette cortification est accompagnée de la septarisation;*
- *et développement graduel d'un assemblage plasma-squelette de type granulaire attribué au lessivage latéral des argiles accompagné de la réorganisation du squelette.*

*L'ensemble des horizons décolorés constitue alors un système transformant.*

### **3- Ensemble des horizons réticulés.**

Il est constitué d'une séquence d'horizons surmontant l'allotérite blanche et servant de plancher à l'ensemble des horizons décolorés. Il est composé de deux horizons faiblement indurés et différenciés par la texture : l'horizon réticulé argileux et peu nodulaire et l'horizon réticulé argilo-sableux. L'horizon réticulé argileux et peu nodulaire forme la transition de l'horizon rouge-pâle à l'horizon réticulé argilo-sableux. Le passage entre ces deux horizons est marqué par la diminution progressive de la phase argileuse au profit de la phase sableuse, une décoloration et une augmentation graduelles de volume des phases grises d'amont en aval.

#### **31 - Horizon réticulé argileux et peu nodulaire (Rré ).**

##### **311 - Caractéristiques morphologiques.**

Il est composé d'une phase gris-jaune (10YR7/8) toujours très humide et en flots millimétriques et centimétriques, de 30 à 40% et des nodules ferrugineux et pédorelictuels de 2 à 5% dans une phase rouge-soutenu ( 10R4/6) sèche de 60 à 70%. Son épaisseur maximale est de 2, 5 m.

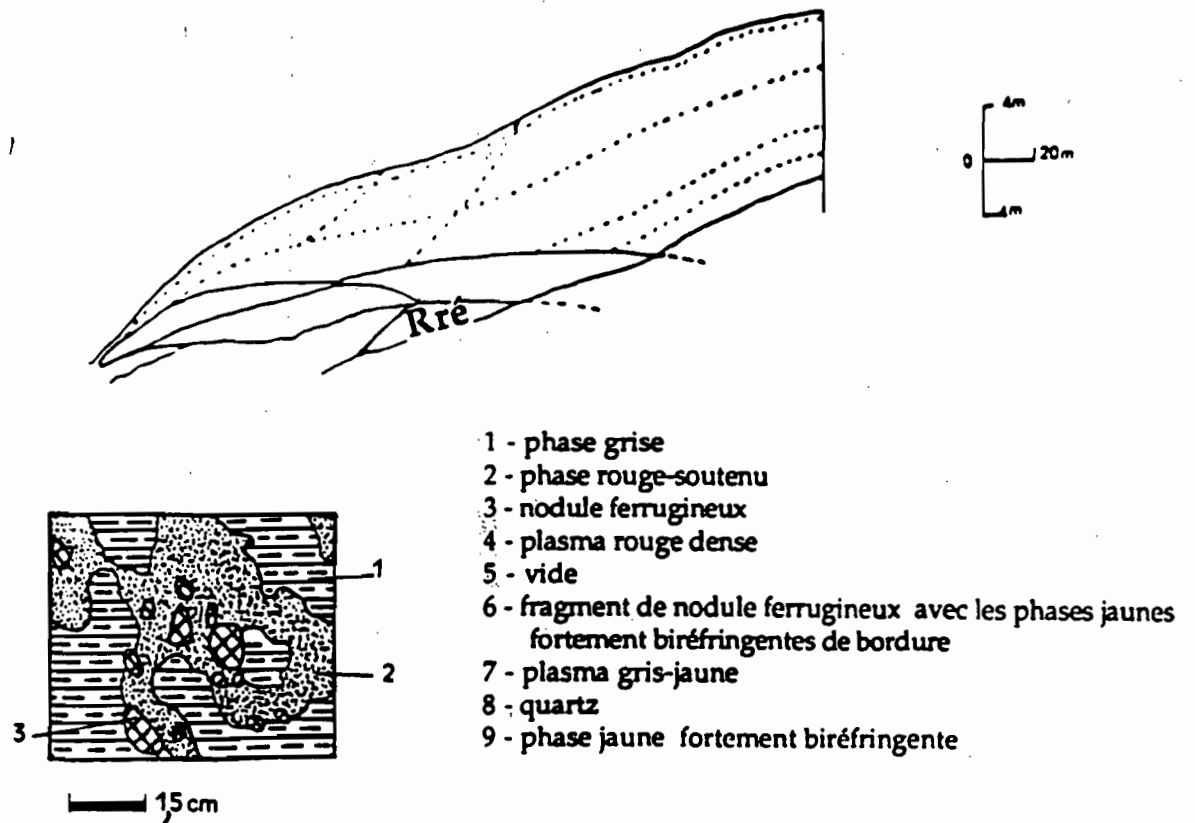


Fig : 46 A Aspect de l'horizon de transition réticulé argileux et peu nodulaire

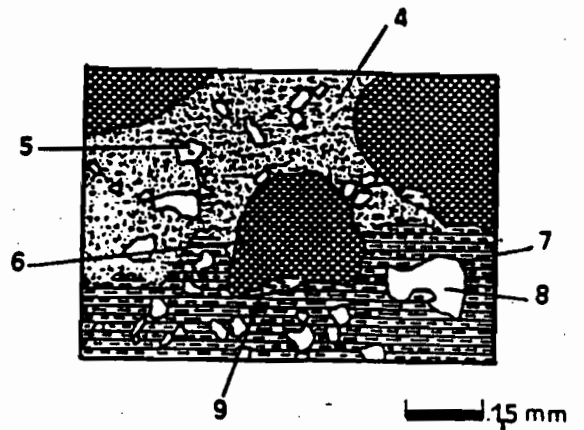


Fig : 46 B Contact entre la phase grise et la phase rouge-soutenu

Fig : 46 organisation à différentes échelles de l'horizon de transition réticulé argileux peu nodulaire(Rré)

### 312 - Descriptions micromorphologiques.

**Phase rouge-soutenu** Elle forme la trame continue et est faite de (Figure 46) :

- un squelette distribué au hasard et constitué de quartz monocristallins hétérométriques, anguleux et de 1 à 2% de grenats altérés et millimétriques;
- une porosité représentée par les fissures de 100 à 300 $\mu$ , abondantes en réseau non jointif et des cavités de dissolution de 200 à 800 $\mu$  ;
- un plasma peu opaque et rouge insépique;
- un assemblage plasma-squelette du type porphyrosquelique
- des traits pédologiques correspondant :
  - . aux nombreuses imprégnations rouges, noires, opaques et isotropes;
  - . aux rares papules rouges microlitées;
  - . 1% des lithoreliques formées de filonnets de quartz corrodés emballés dans un plasma brun sombre, noir, opaque et isotrope.

#### Commentaire.

La phase rouge-soutenu présente des pseudomorphoses de grenat et des lithoreliques de couleur brun-sombre comme la phase rouge internodulaire de l'horizon rouge peu nodulaire. Elle se distingue par :

- des fissures en réseau non jointif;
- un plasma rouge peu opaque et insépique;
- des imprégnations ferrugineuses.

*La phase rouge-soutenu est riche en fer . Cette ferruginisation est favorisée par la fissuration.*

**Phase gris-jaune.** Se présentant en îlots, elle comporte :

- un squelette constitué de quartz, anguleux, hétérométriques et distribués au hasard
- une porosité représentée par de petites cavités micrométriques;
- un plasma gris-jaune lattisépique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - . des plages grises mosépiques à striations parallèles et fibreuses;

. des imprégnations brunes faiblement biréfringentes.

**Commentaire.**

La phase grise présente un assemblage plasma-squelette de type porphyrosquelique comme la phase rouge-soutenu en réseau continu. Elle se distingue par :

- une orientation plasmique variée type mosépique , parallèle et fibreuse;
- une absence de grenats altérés.

*La phase gris-jaune est caractérisée par l'absence de grenats altérés et la présence d'un plasma gris-jaune à orientations variées.*

**Nodules ferrugineux rouge-brique.**

ils sont peu abondants 2 à 3% dans la phase rouge-soutenu; Ils sont soit sous forme de fragments, soit arrondis et sont composés de :

- un squelette constitué de quartz corrodés distribués au hasard,
- une porosité représentée par des cavités de dissolution;
- un plasma opaque, noir et isotrope;
- un assemblage plasma-squelette de type porphyrosquelique;

**Commentaire.**

Les nodules rouge-brique comportent des quartz fortement corrodés et un plasma isotrope comme les nodules rouge-violacé de l'horizon rouge peu nodulaire du sol rouge. Ils constituent alors les reliques du sol rouge.

*On note que les nodules rouge-brique constituent des reliques du sol rouge.*

**Nodules ferrugineux rouge-soutenu.**

Ils sont les moins abondants 1 à 2% au sein de la phase rouge-soutenu. Ils chevauchent la limite entre la phase rouge-soutenu et la phase gris-jaune ( figure 46 B). Ils comportent :

- un squelette constitué d'abondants quartz anguleux et hétérométriques;
- un plasma rouge dense et insépique;
- un assemblage plasma-squelette de type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :

- . des papules rouges microlitées ;
- . des plages jaunes fortement biréfringentes insépiques.

### Commentaire.

Les nodules ferrugineux rouge-soutenu ont un plasma rouge dense insépique, des papules microlitées et un squelette quartzeux abondant comme les nodules ferrugineux rouge-vif de l'horizon rouge-pâle à pédoreliques. Mais ils se distinguent par les plages fortement biréfringentes et par leur forme fragmentaire.

Les nodules ferrugineux rouge-soutenu sont analogues aux nodules ferrugineux rouge-vif riches en quartz de l'horizon rouge-pâle.

**Tableau 33 - Compositions granulométrique , minéralogique et chimique du plasma et du nodule ferrugineux rouge-brique de l'horizon de transition réticulé argileux et peu nodulaire.**

Phase	%A	%L	%S	Fe libre %	minéralogie
terre fine	50	20	30	17	hématite, goethite avec 4% de mole AlOOH, kaolinite et quartz
nodule rouge-brique ferrugineux	-	-	-	41	hématite, quartz, goethite avec 10% mole AlOOH, kaolinite

### Commentaire du tableau 33.

L'horizon réticulé argileux et peu nodulaire est constitué globalement de 40% d'argile, 30% de sable, avec une individualisation de kaolinite associée à de la goethite et à de l'hématite comme dans l'horizon rouge-pâle. Il s'en distingue par une augmentation de 7% de teneurs en fer libre du plasma.

*Le nodule rouge-brique à quartz corrodés contient 40% de fer, de la kaolinite associée à la goethite et à l'hématite comme le nodule ferrugineux rouge-violacé du sol rouge. Il constitue alors les reliques du sol rouge.*

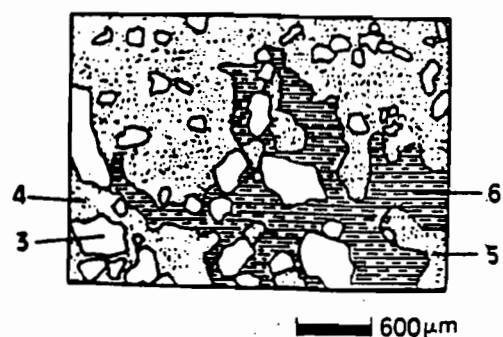
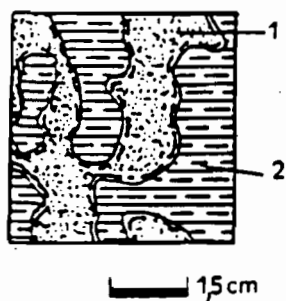
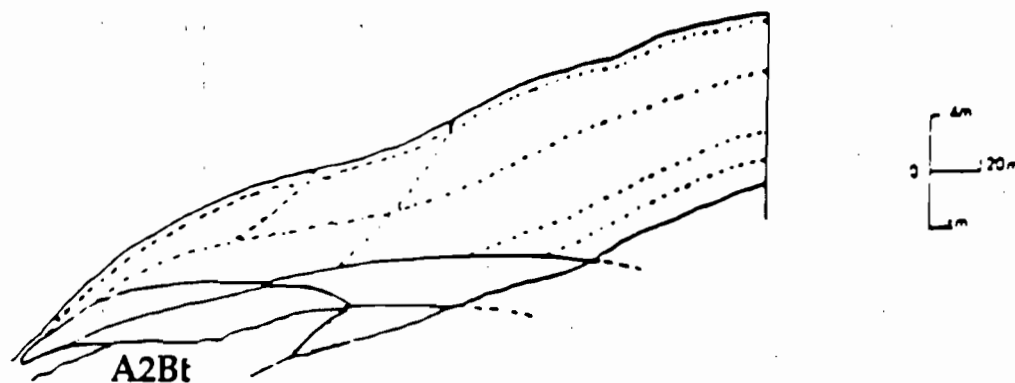
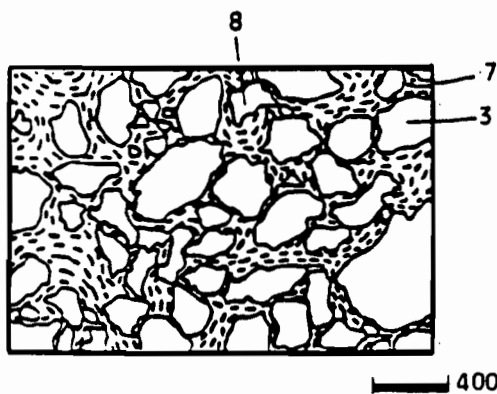


Fig : 47 A Aspect de l'horizon réticulé argilo-sableux

Fig : 47 B Recoupage du plasma rouge-soutenu par le plasma gris



- 1 - phase grise
- 2 - phase rouge-soutenu
- 3 - quartz
- 4 - plasma rouge-soutenu
- 5 - relique de plasma rouge-soutenu
- 6 - plasma gris
- 7 - plasma gris microlité
- 8 - cavité

Fig : 47 C Plasma microlité entre les grains de quartz

Fig : 47 Organisation à différentes échelles de l'horizon réticulé argilo-sableux(A2Bt)

### 32 - Horizon réticulé argilo-sableux et faiblement induré (A2Bt).

#### 321- Caractéristiques morphologiques.

Il se développe en coin (Figure 30) au-dessus de l'horizon réticulé argileux et peu nodulaire. Sa limite supérieure est ondulée et nette. Il apparaît entre 4 et 7 mètres de profondeur. *Son épaisseur maximale est de 3 mètres*. Il se rapproche de la surface vers l'axe de drainage et est composé de deux couches : dans la partie inférieure, on a une phase rouge-soutenu (10R4/8) (30 à 40%) en réseau et faiblement indurée associée à une phase gris-jaune (10YR7/1) (60 à 70%) en îlots centimétriques très humides et plastiques sur le terrain ; dans la partie supérieure une phase jaune (7,5YR5/6) (80 à 90%) en réseau et faiblement indurée associée à une phase grise (10 à 20%) en îlots millimétriques très humides et plastiques sur le terrain. La transition entre les deux niveaux de l'horizon réticulé argilo-sableux montre une diminution progressive de bas vers le haut de la phase grise argileuse au profit de la phase argilo-sableuse.

#### 322 - Descriptions micromorphologiques.

**Phase rouge-soutenu en réseau.** Elle comporte (Figure 47) :

- un squelette constitué de nombreux quartz anguleux, hétérométriques, jointifs et répartis en réseau.
- une porosité représentée par de nombreuses fissures isolées de 20 à 50 $\mu$ , et des cavités de dissolution de fantômes de disthène de 100 à 400 $\mu$  ;
- un plasma noir, opaque et isotrope;
- un assemblage plasma-squelette du type porphyrosquelique à tendance intertextique
- des traits pédologiques représentés par 1% de nodules ferrugineux composés de quartz corrodés et d'un plasma brun fortement biréfringent. Il est à cheval sur la limite entre la phase grise et la phase rouge-soutenu.



### Commentaire.

La phase rouge-soutenu a un plasma noir, opaque et isotrope comme la phase rouge-soutenu de l'horizon de transition réticulé argileux et peu nodulaire. Elle se distingue par de nombreux quartz et un assemblage plasma-squelette du type porphyrosquelique à tendance intertextique comme la phase grise de l'horizon jaune-pâle argileuse.

*On peut différencier deux phases rouge-soutenu en fonction de l'organisation de l'assemblage plasma-squelette : une phase rouge-soutenu porphyrosquelique et une phase rouge-soutenu à tendance intertextique. Ces deux phases sont distribuées en réseau. Elles forment une séquence latérale.*

**Phase jaune en réseau.** Elle est au-dessus de la phase rouge-soutenu à tendance intertextique et comporte (Figure 47 et photo 25) :

- un squelette abondant, distribué en réseau et constitué de quartz sous forme de morceaux de filonnet et en plages mono ou polycristallines, anguleux et par endroits émoussés et des paquets de muscovite de 100 $\mu$  ;
- une porosité composée de nombreuses cavités d'entassement de squelette, des cavités de dissolution et des fissures isolées de 50 à 100 $\mu$  ;
- un plasma gris-jaune microlité peu abondant;
- un assemblage plasma-squelette type granulaire (Figure 47);
- des traits pédologiques qui sont :
  - . de nombreuses imprégnations opaques, noires et isotropes;
  - . des accumulations de quartz fins situées entre les gros quartz polycristallins;
  - . des plages de plasma gris asépique.

### Commentaire.

La phase jaune comporte un squelette quartzueux abondant et des concentrations de quartz fins entre les quartz grossiers comme la phase jaune-pâle de l'horizon jaune-pâle sableux. Elle s'en distingue par :

- un plasma gris-jaune microlité;

- des morceaux de filonnets de quartz et des paquets de muscovite montrant que cet horizon est formé in situ;
- de nombreuses imprégnations ferrugineuses.

*La phase jaune en réseau est caractérisée par un plasma gris-jaune microlité et un assemblage plasma-squelette de type granulaire*

**Phase grise en flot, elle comporte :**

- **un squelette** peu abondant constitué de quartz hétérométriques, anguleux et distribués au hasard et des fragments de rutilé de 50 à 100 $\mu$ ;
- **une porosité** composée de nombreuses cavités de forme polyconcaves de 20 à 300 $\mu$  et des microfissures de 20 à 50 $\mu$  au contact avec le rouge soutenu;
- **un plasma** gris abondant, bima-vo-latti-squelsépique;
- **un assemblage plasma-squelette** du type porphyrosquelique;
- **des traits pédologiques** qui sont des remplissages beiges continus flexueux légèrement imprégné de fer ou intercalations et des imprégnations rouges lattisépiques et mosépiques.

**Commentaire.**

La phase grise a peu de squelette et un assemblage de type porphyrosquelique comme la phase jaune-pâle de l'horizon de transition jaune-pâle argileuse. Elle apparaît comme la relique de l'horizon argileux initial. Mais elle se distingue par les intercalations qui sont les témoins du régime saturé et permanent.

**323 - Analyse granulométrique, minéralogique, et chimique des plasmas de l'horizon réticulé argilo-sableux**

**Tableau 34 Analyses granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des phases de l'horizon réticulé argilo-sableux.**

terre fine	%A	%L	%S	Fer libre %	Fe total des sables	minéralogie
rouge + phase grise	40	20	40	9	6	quartz, kaolinite, hématite, goethite
jaune+ phase grise	40	20	40	11	5	quartz kaolinite, hematite en traces, goethite
phase grise	60	10	30	2	0	quartz kaolinite traces de goethite

#### Commentaire .

La partie supérieure de l'horizon réticulé argilo-sableux a 40% d'argile, 40% de sable, 10% de fer libre en  $Fe_2O_3$  ; kaolinite et hématite sont associées à la goethite comme dans le niveau inférieur. Il se différencie par un plasma gris-jaune microlité peu abondant contenant des traces d'hématite. Le niveau inférieur est plus riche en hématite.

Ces deux niveaux ont en commun une phase grise porphyrosquelique dépourvue de fer.

#### 324 - Relation entre l'horizon de transition réticulé argileux peu nodulaire et l'horizon réticulé argilo-sableux.

La figure 48 montre l'emboîtement de l'horizon réticulé argilo-sableux dans l'horizon réticulé argileux et peu nodulaire, la diminution vers l'aval du pourcentage des nodules ferrugineux à quartz corrodés et celle de la phase porphyrosquelique au profit de la phase granulaire montrent le développement de cette dernière phase aux dépens de la phase porphyrosquelique. Cette évolution de la phase porphyrosquelique en phase granulaire est due soit à la dissolution du plasma (FRITSCH, 1984; ROBAIN, 1990), soit au lessivage d'argile (BOCQUIER, 1971; BOULET, 1974). La présence de plasma gris microlité entre les grains de squelette et la concentration des quartz fins entre les plus gros soutiennent l'hypothèse du

lessivage des argiles dans la séquence. La ferruginisation exprimée sous forme de ferranes et d'imprégnations et l'illuviation des argiles témoignée par le plasma microlité dans l'horizon réticulé argilo-sableux sont postérieures à ce lessivage d'argile.

On note que l'horizon réticulé argilo-sableux est issu de l'horizon argileux peu nodulaire par :

- lessivage et illuviation des argiles;

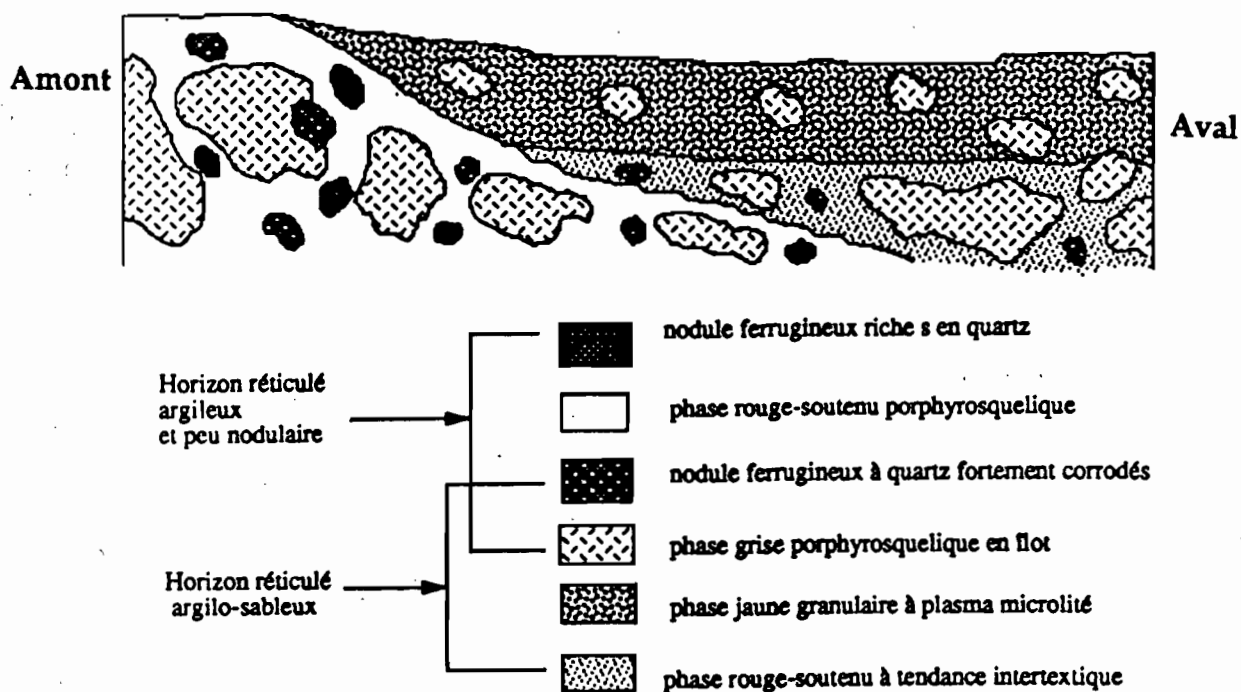
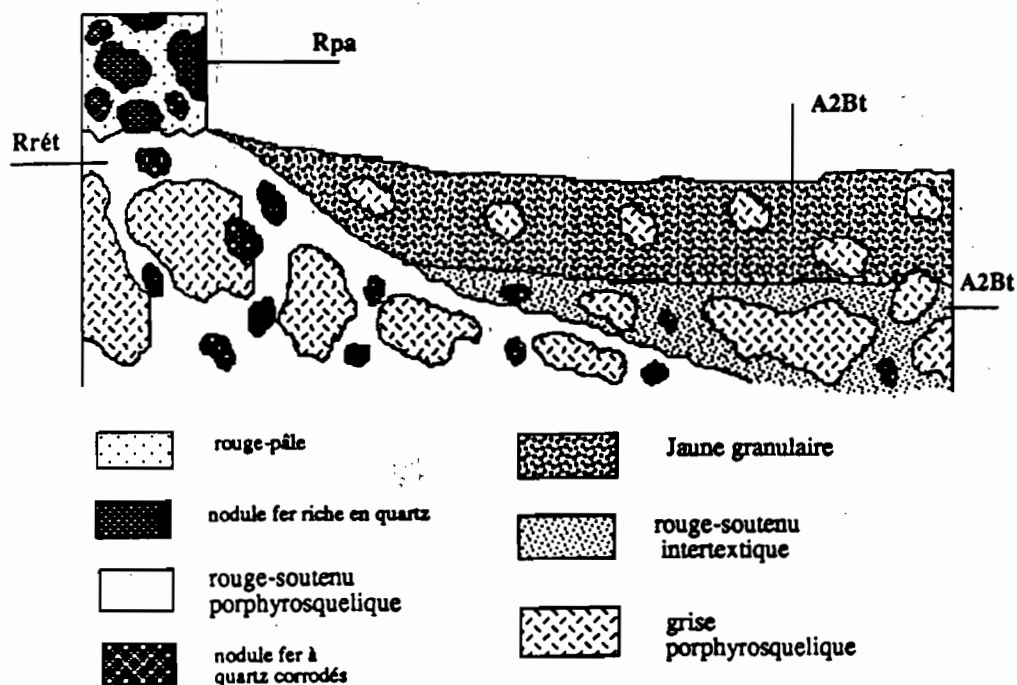


Fig : 48 Schématisation de l'organisation de l'ensemble des horizons réticulés



Rpa = horizon rouge-pâle à pédoreliques

Rrét = horizon réticulé argileux peu nodulaire

A2Bt = horizon réticulé argilo-sableux

Fig: 49 Schématisation des filiations entre les horizons réticulés et horizon rouge-pâle

*réorganisation du squelette avant la ferruginisation responsable de leur faible induration.*

*Il constitue alors un héritage de l'ancien lessivage dont le sommet est l'horizon réticulé argileux peu nodulaire.*

### 325 - Relations entre les horizons réticulés et décolorés.

**3251 - Zone de départ de deux cycles de lessivage : mise en place de l'horizon de transition rouge-pâle.**

Les horizons réticulés : argilo-sableux , et argileux peu nodulaire sont sous-jacents aux horizons décolorés : rouge-pâle et jaune-pâle.

L'horizon de transition réticulé argileux peu nodulaire a un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique, des nodules ferrugineux à quartz corrodés comme l'horizon de transition rouge-pâle (figure 49). Il se distingue par un plasma contenant 20% de fer libre composé de goethite dominant sur l'hématite et un fond matriciel fissuré. L'horizon de transition rouge-pâle est caractérisé par un fond matriciel continu renfermant des cavités polyconcaves et un plasma contenant 11% de fer libre. La phase rouge-pâle et la phase rouge-soutenu de ces deux horizons sont différenciés par la nature des vides. La phase rouge-pâle n'a pas de fissures comme la phase rouge-soutenu. Mais la présence de ces fissures est signalée dans les nodules ferrugineux rouge-vif enveloppés par la phase rouge-pâle. On constate alors une augmentation progressive du nombre des fissures de l'horizon de transition rouge-pâle vers l'horizon de transition réticulé peu nodulaire.

Toujours dans ces deux horizons, on remarque que la phase rouge-pâle pauvre en fer emballe les nodules riches en quartz dont le plasma a presque la même teneur en fer que celui de l'horizon de transition réticulé peu nodulaire. La ferruginisation est alors progressive de l'horizon rouge-pâle vers l'horizon de transition réticulé argileux.

En ce qui concerne la concentration des quartz au sein de ces horizons, on remarque que le squelette quartzueux est accumulé sous forme d'îlots dans les horizons de transition avant de prendre des proportions considérables dans l'horizon réticulé argilo-sableux. Cette évolution du squelette montre une progression du lessivage d'argile par plage. Ce lessivage est suggéré par l'existence d'un plasma gris microlité déposé entre les grains de quartz dans l'horizon réticulé argilo-sableux (Figure 47) et la concentration des quartz fins entre les grossiers. Les nodules riches en quartz dans l'horizon de transition rouge-pâle sont alors les précurseurs de cette ancienne évolution pédologique fossilisés par la ferruginisation. Leur origine pédologique est aussi soulignée par les papules qu'ils contiennent. L'abondance des fissures qu'on trouve dans l'horizon de transition réticulé sont l'héritage du retrait-gonflement? ou de l'appel au vide?.

L'horizon de transition rouge-pâle peut être considéré comme la zone de départ de l'ancien et de l'actuel lessivages. Dans cette zone de transition, la

ferruginisation s'est développée au niveau des seules poches riches en quartz et fissurées qui sont transformées en nodules ferrugineux rouge-vif.

L'horizon réticulé peu nodulaire est plutôt la zone de transition de l'ancien lessivage plus affectée par la ferruginisation à cause de la fissuration généralisée du plasma et des poches riches en quartz. Cette fissuration du plasma kaolinitique est en rapport avec la quantité d'oxydes de fer (CHAUVEL, 1977). Plus la kaolinite est pauvre en fer plus elle gonfle, plus les fentes de retrait apparaissent.

On peut conclure que l'horizon de transition rouge-pâle a été moins affecté par la déferruginisation antérieure au lessivage d'argile actuel (CHAUVEL, 1977).

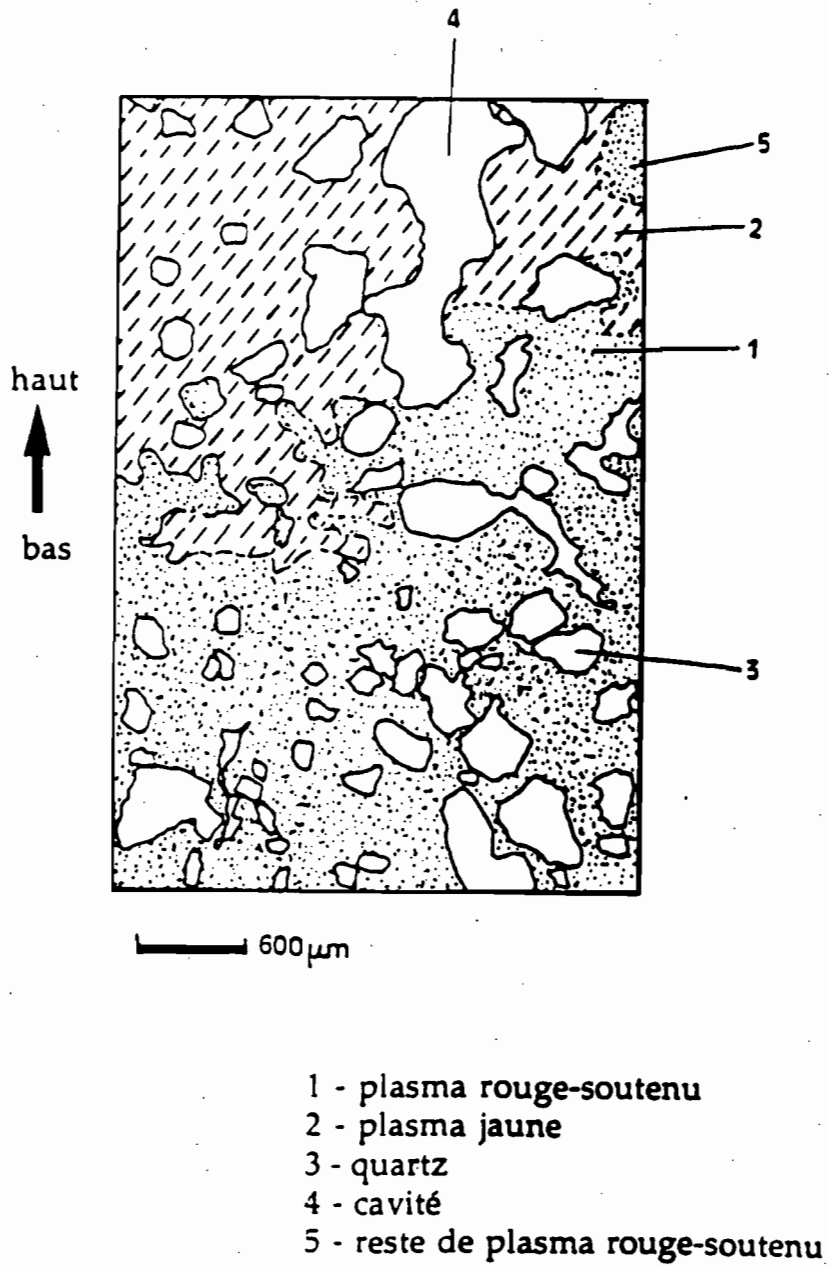
### 3252 - Surimposition du lessivage actuel sur l'héritage de l'ancien lessivage.

Au contact de l'horizon jaune-pâle argileux et de l'horizon rouge-soutenu argilo-sableux, le plasma jaune-pâle recoupe le plasma rouge-soutenu dans la figure (50). Ce recoupage indique la dégradation des horizons réticulés et faiblement indurés par déferruginisation puisqu'il y a diminution du fer libre depuis le plasma rouge-soutenu jusqu'au plasma jaune-pâle (tableau 35). Cette déferruginisation est suivie du lessivage tout près de l'axe de drainage.

*L'horizon réticulé argilo-sableux est un ancien horizon lessivé, illuvial et ferruginisé qui se transforme alors en horizon sablo-argileux par déferruginisation et même par lessivage d'argile.*

**Tableau 35 - Evolution des teneurs en fer du plasma des horizons réticulés et décolorés.**

Ensemble	phase ou horizon	argile + limon en %	Fer libre en % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fer libre rapporté à 100 g d' argile +limon
des horizons réticulés	rouge-sotenu intertextique	60	9	6
	jaune intertextique	60	11	7
	rouge porphyrosquelique	70	17	12
des horizons décolorés	jaune-pâle intertextique	30	11	3



**Fig : 50 Recoupage du plasma rouge-soutenu par le plasma jaune au contact des horizons décolorés et réticulés**



### 33 - Conclusions : Les transformations dans le système basal.

Tableau 36 - Caractères essentiels des horizons de l'ensemble d'altération.

horizon	phase isaltéritique	phase pédoturbée
isaltérite rouge-foncé à taches gris-jaune	- 50 % de rouge-foncé - 20% d'argile; - deux directions perpendiculaire de fissures; - 20 % de fer libre dans le plasma sous forme de goethite associée à l'hématite.	- 50% de gris-jaune composé de 7% de fer libre dans le plasma sous forme de goethite >> hématite; - 50% d'argile
Allotérite blanche à lithoreliques	- 30 à 40% de lithorelique ; - filonnets de quartz ; - 40% d'argile; - 11 % de fer libre dans le plasma sous forme de goethite.	- 60 à 70% de phase grise composée de 2% de fer libre dans le plasma sous forme de goethite; - 50% d'argile.

#### 331 - Transformation de l'isaltérite rouge-foncé en allotérite blanche.

L'allotérite blanche a une phase pédoturbée contenant 50% d'argile comme la phase gris-jaune de l'isaltérite de transition rouge-foncé à taches gris-jaune. Cependant, l'allotérite se distingue par l'absence quasi-totale du fer libre dans le plasma soulignant la déferruginisation.

La diminution du pourcentage en volume de la phase isaltéritique au profit de la phase pédoturbée, leur juxtaposition et la différence de 10% de teneur en argile entre ces deux phases indiquent que l'allotérisation commence au niveau des fissures avant de se développer tout près de l'axe de drainage. Elle est provoquée d'abord par les dépôts observés au niveau des fissures et par la déferruginisation qui facilite la perturbation de la structure lithologique, la fragmentation et la dispersion du squelette.

*L'évolution de l'isaltérite rouge-foncé en allotérite blanche résulte des dépôts des éléments grossiers et fins et de la déferruginisation facilitant la destruction de la structure lithologique à partir des cassures conservées au niveau des isaltérites.*

### 332 - Génèse et évolution des horizons réticulés.

La concentration des quartz dans les nodules rouge-vif de l'horizon de transition rouge-pâle et rouge-soutenu de l'horizon de transition réticulé argileux peu nodulaire suggère un ancien lessivage d'argile prouvé par le développement de la phase granulaire et du plasma gris microlité dans l'horizon réticulé argilo-sableux ( tableau 36). Les horizons rouge-pâle et réticulé peu nodulaires sont alors la zone de départ de l'ancien lessivage antérieur à la ferruginisation mise en évidence par le recoupage du plasma gris microlité par les imprégnations ferrugineuses (photo 24). Cette ferruginisation est répartie en fonction de la fissuration du plasma et de la concentration du quartz.

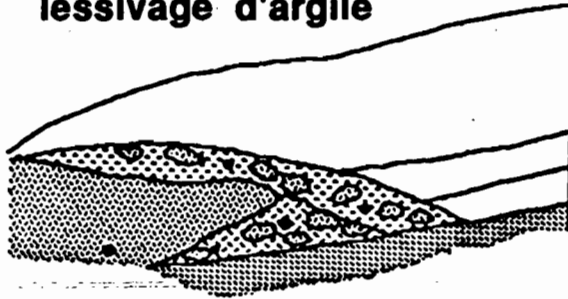
La présence du plasma jaune autour des fissures dans les nodules riches en quartz et de reliques de nodule au sein de la phase grise à tendance intertextique de l'horizon jaune-pâle (figure 43) montrent la transformation de la zone de départ de l'ancien lessivage (horizon de transition rouge-pâle à pédoreliques) en horizon jaune-pâle argileux. La diminution de moitié du fer libre du plasma rouge-pâle vers le plasma jaune-pâle montre incontestablement que la déferruginisation favorise la décoloration.

- le recoupage du plasma rouge-soutenu de l'horizon réticulé argilo-sableux par le plasma jaune (figure 50) prouve l'évolution de l'horizon réticulé en horizon jaune-pâle sablo-argileux par la reprise de la déferruginisation suivie du lessivage de l'argile tout près de l'axe de drainage. Cette génèse et évolution des horizons réticulés sont schématisées en trois étapes par la figure (51) :

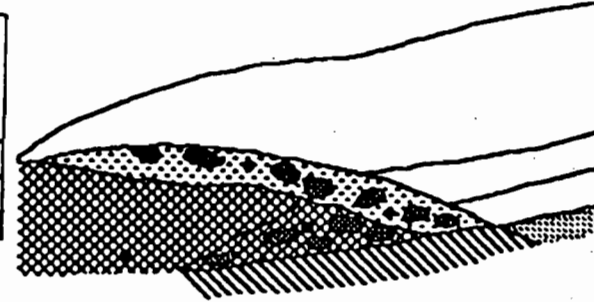
- la première résulte de la déferruginisation suivie du lessivage du plasma gris déferruginisé,
- la deuxième est la ferruginisation des horizons lessivés, des poches de concentration de quartz et de l'horizon à nombreuses fissures de la zone de départ de lessivage;
- la troisième est la déferruginisation suivie du lessivage d'argile.

*Les horizons réticulés et l'horizon rouge-pâle à pédoreliques de l'ancien système de lessivage se transforment actuellement en horizons décolorés par déferruginisation et / ou par lessivage d'argile. Tout l'ancien système de lessivage est en voie de dégradation par une reprise de lessivage d'argile.*

**I - Déferrugínisation  
puis  
lessivage d'argile**



**II - Ferruginisation**



**III - Déferrugínisation  
puis  
Reprise du lessivage**



**Horizon**



Rouge avec les poches  
sableuses



fissuré avec les poches  
sableuses



appauvri en argile



isaltéritique

**Horizon**



rouge meuble à nodules  
riches en quartz



rouge faiblement  
induré peu nodulaire



réticulé argilo-sableux



Isaltérite rouge-foncé

**Horizon**



jaune-pâle argileux



jaune-pâle sablo-argileux



réticulé argileux peu nodulaire



réticulé argilo-sableux



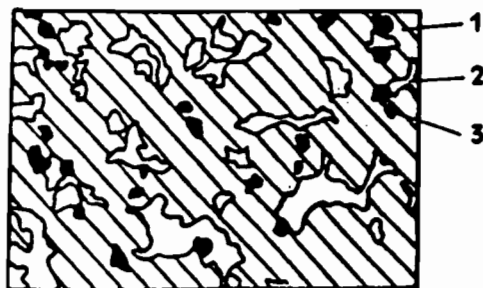
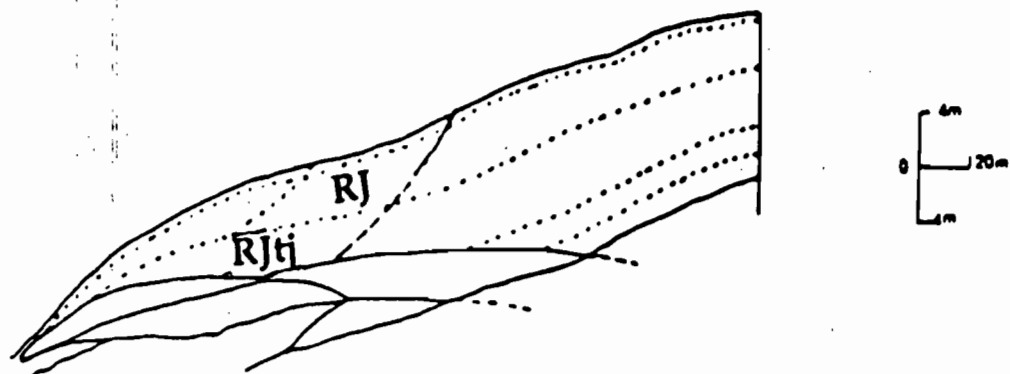
allotérite blanche

**Fig : 51 Etapes de formation du système de variations basales**

Tableau 37 - Comparaison des caractères des horizons décolorés et réticulés.

Ensemble	horizon	nodules très ferrugineux	nodule peu ferrugineux	phase porphyrosquelique	phase intertextique ou granulaire
des horizons décolorés	rouge-pâle à pédorelliques	2 à 5% rouge-violacé à inclusions brunes; - quartz corrodés; - goethite>hématite	30 à 40% - rouge-vif riches en quartz; - 19% de fer libre dans le plasma sous forme de goethite et d'hématite	40 à 50% de rouge-pâle; - 8% de fer libre sous forme de goethite et d'hématite; - 50% d'argile	
	jaune-pâle argileux	1 à 2% de nodule brun-foncé; - 40% de fer libre sous forme de goethite; - quartz corrodés; - nodules brun-foncé sous forme de fragment	1% de nodule rouge-brique tendres; - riche en quartz, - 29% de fer libre	20 à 30% de jaune-pâle contenant 40% d'argile; - 4% de fer libre dans le plasma et sous forme de goethite.	60 à 70% de grise à tendance intertextique ; - 2% de fer libre sous forme de goethite; - 40% d'argile;
	jaune-pâle sablo-argileux			1 à 2% de grise ; - 0% de fer libre dans le plasma gris; - 60% d'argile	+ 90% de jaune-pâle granulaire; - 25% d'argile; - 3 % de fer libre dans le plasma ; - 1 à 2 % de cutanes gris microlités
des horizons réticulés	réticulé argileux et peu nodulaire	- 2 à 3% rouge-brique à quartz corrodés; - 40% de fer libre sous forme de goethite et d'hématite	- 1 à 2% de nodules riches en quartz	- réticulé et fissuré 90% au moins; - 12 % de fer libre dans le plasma sous forme de goethite > hématite, - 40% d'argile	
	sommet			10 à 20% de phase grise à plasma mosépique;	+ 80% de jaune granulaire; - plasma gris-jaune peu abondant et microlité contenant 5% de fer libre sous forme de goethite>> hématite
	réticulé argilo-sableux				
	base	1% de nodule brun fortement biréfringent avec très peu de quartz corrodés		60 à 70% de grise ; - plasma gris mosépique renfermant 2% de fer libre sous forme de goethite	30 à 40% de rouge-soutenu; - 7% de fer dans le plasma sous forme de goethite >hématite.

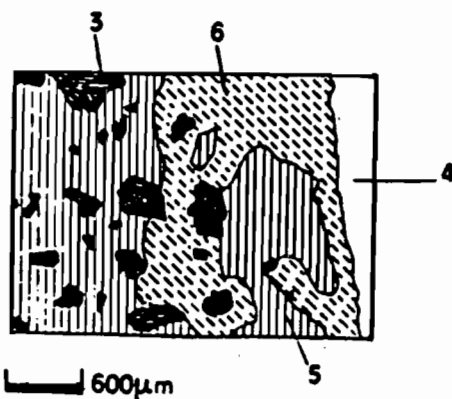
Fer libre en  $Fe_2O_3$  rapporté à 100g de la somme argile + limon



- 1 - plasma rouge-jaune
- 2 - cavité polyconcave
- 3 - quartz
- 4 - vide
- 5 - plasma rouge-jaune
- 6 - plasma jaune-pâle

400µm

Fig : 52 A Allongement et disparition de l'interconnexion des cavités polyconcaves dans l'horizon de transition rouge-jaune



600µm

Fig : 52 B Recoupage du plasma rouge-jaune par le plasma jaune-pâle dans l'horizon de transition rouge-jaune à taches jaunes

Fig : 52 Organisations des horizons de transition rouge-jaune (RJ) et rouge-jaune à taches jaunes (RJtj)

## Chapitre VIII Analyse du système de variations superficielles.

Le système de variations superficielles est composé des zones de transition au sol rouge, des horizons jaunes et de l'horizon bariolé.

### 1 - Horizons de transition au sol rouge.

Ils sont au nombre de deux : l'horizon rouge-jaune (RJ) et l'horizon rouge-jaune à taches jaunes (RJtj).

### 11 - L'horizon de transition rouge-jaune (RJ).

#### 111 - Caractéristiques morphologiques.

Il est situé à l'amont de l'horizon jaune. Il est épais de 2 à 3 mètres et composé d'une phase rouge-jaune (5YR5/6) avec 1 à 2% de taches millimétriques jaunes (10YR6/8).

#### 112 - Descriptions micromorphologiques.

L'horizon de transition rouge-jaune comporte (figure 52 et photo 26) :

- un squelette constitué des quartz anguleux, hétérométriques et à distribution aléatoire, des fragments de pseudomorphoses de grenat de 100 à 1000 $\mu$  et de rutile de 20 à 200 $\mu$ ;
- une porosité composée des cavités de forme polyconcave, allongées et/ ou non interconnectées de 10 à 100 $\mu$  de large et de rares biovides de 300 à 600 $\mu$ ;
- un plasma rouge-jaune lattisépique localement masépique, vosépique et squelsépique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - . de rares cutanes jaunes microlités;
  - . peu nombreux remplissages jaunes dans la partie aval de l'horizon;
  - . de rares imprégnations rouges et diffuses;
  - . peu de plages microagrégées à la base de l'horizon,
  - . quelques taches millimétriques à plasma jaune lattisépique avec les imprégnations rouges isotropes.

**Commentaire.**

L'horizon de transition rouge-jaune a des plages microagrégées, un squelette de même nature que celui de l'horizon rouge microagrégé. Il se distingue par :

- des orientations plasmiques variées;
- des imprégnations rouges isotropes et des cutanes;
- des remplissages jaunes microlités.

Il est caractérisé par un allongement des cavités de forme polyconcave.

*On note l'horizon de transition rouge-jaune différencié par un allongement des cavités polyconcaves de grande taille et de taille moyenne, des orientations plasmiques variées des remplissages, des papules et des cutanes microlités.*

**113 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique  
de l'horizon de transition rouge-jaune.**

**Tableau 38 - Données analytiques de l'horizon de transition rouge-jaune.**

horizon	%A	%C	porosité totale en %	fer libre du plasma en % de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe T	minéralogie
rouge microagrégé	60	0,4 - 1,2	50 - 55	11	2	kaolinite, quartz, hématite, goethite avec 4% de mole AlOOH
rouge-jaune	60	0,4 - 1,2	48 - 50	8	2	kaolinite, trace d'hématite, goethite avec 6% de mole AlOOH

**Commentaire.** L'horizon de transition rouge-jaune a 60% d'argile, (0,4 à 1,2%) de carbone organique comme l'horizon rouge microagrégé. Il a une porosité inférieure (48 à 50%) à celle de l'horizon rouge microagrégé, une teneur en fer libre dans le plasma de l'ordre de 9% inférieure à celle de

l'horizon rouge microagrégé. Il présente une goethite plus substituée en aluminium que celle de l'horizon rouge-microagrégé.

*L'horizon rouge-jaune est caractérisé par une diminution de la porosité et une augmentation du taux de substitution en aluminium.*

## 12 - L'horizon de transition rouge-jaune tacheté de jaune à faces luisantes (RJtj).

### 121 - Caractéristiques morphologiques.

Il est situé en dessous des deux horizons précédents au sommet des horizons décolorés. Il est emboîté vers l'aval par l'horizon bariolé très argileux. Il est composé de taches jaunes dont le pourcentage augmente progressivement vers l'aval ( 10 à 20%) et de phase rouge-jaune dense représentant 80 % de volume. Son épaisseur varie de 2 à 3 mètres.

### 122 - Descriptions micromorphologiques.

L'horizon rouge-jaune tacheté de jaune et à faces luisantes comporte (figure 52) :

- un squelette constitué des quartz anguleux, hétérométriques et distribués au hasard, de rares pseudomorphoses de grenat imprégnés de fer, des fragments de rutile;
- une porosité composée en amont de biovides de 200 à 300 $\mu$ , de quelques petites cavités de forme polyconcave de 10 à 30 $\mu$ . A l'aval, de grosses fissures en réseau polygonal de 500 à 1000 $\mu$  s'ajoutent aux biovides, aux cavités polyconcaves et aux microfissures en réseau discontinu.
- un plasma brun-jaune lattisépique et localement masépique et vosépique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - des cutanes peu nombreux et microlités jaunes;
  - des papules microlitées et jaunes;
  - de nombreux îlots de 100 à 300 $\mu$  rouges lattisépiques à limite diffuse avec le plasma rouge-jaune;



- des îlots gris à plages rouge-rouille au contact avec l'horizon bariolé très argileux;
- quelques imprégnations rouges diffuses à l'amont de l'horizon rouge-jaune tacheté de jaune.

Les taches jaunes ont le même squelette que la phase rouge-jaune, mais leur plasma est jauné et lattisépique. La limite du plasma jaune avec le plasma rouge-jaune est diffuse ou distincte par endroits.

### Commentaire.

L'horizon de transition rouge-jaune à faces luisantes a un squelette constitué de quartz et de grenat altéré, des revêtements comme l'horizon rouge à faces luisantes. Il se distingue par :

- une orientation plasmique variée ;
- des fissures en réseau discontinu;
- des îlots de volumes gris à taches rouilles au contact avec l'horizon bariolé très argileux;
- un réseau polygonal de grosses fissures comme celui de l'horizon jaune-pâle argileux de l'ensemble des horizons décolorés;
- un développement progressif des taches jaunes au contact de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux.

*L'horizon rouge-jaune à taches jaunes présente à la fois les caractères illuviaux de l'horizon rouge dense à faces luisantes , le réseau polygonal de fissures des horizons décolorés, les volumes gris à taches rouilles et les fissures rappelant l'horizon bariolé très argileux. Il constitue ainsi un horizon de transition du système de variations superficielles au système de variations basales.*

### 123 - Composition granulométrique, minéralogique et chimique et porosité sur mottes

Elles sont reportées et commentées dans les tableaux suivants :

**Tableau 39 - Données analytiques de l'horizon rouge-jaune à taches jaunes.**

Horizon	%A	Porosité	Fer libre en %	minéralogie
rouge-jaune tacheté de jaune	60	40-48	8	quartz, kaolinite, goethite avec 6 % de mole AlOOH, traces d'hématite
tache jaune	65		7	Quartz, kaolinite, goethite avec 5 % de mole AlOOH,

l'horizon de transition rouge-jaune tacheté de jaune a 60% d'argile comme la tache jaune. Il se distingue par des traces d'hématite.

**Tableau 40 - Evolution latérale de la porosité dans l'horizon rouge-jaune à taches jaunes.**

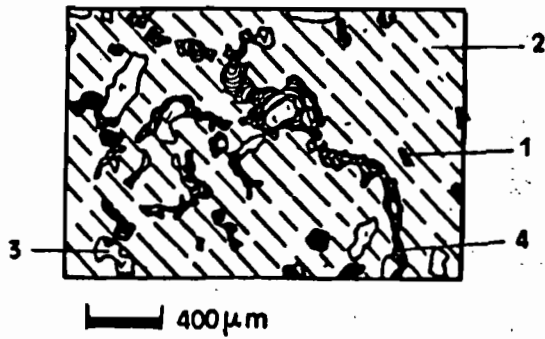
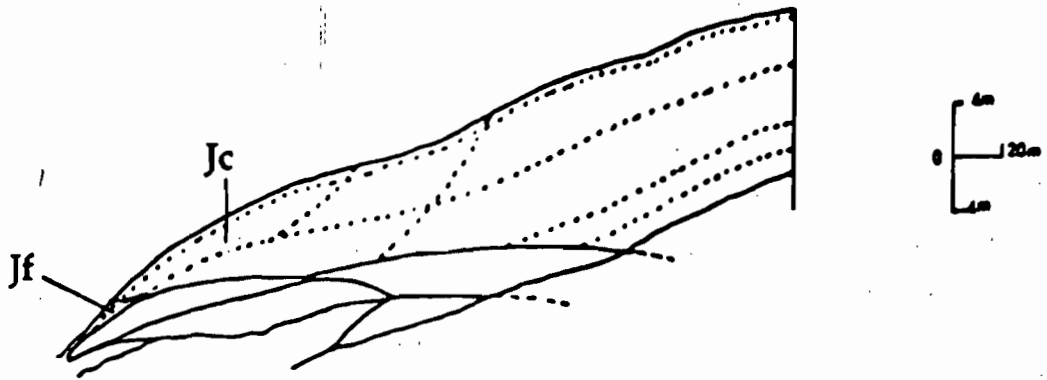
Porosité	amont	aval
rouge-jaune tacheté de jaune	40-45%	45-48%

De l'amont vers l'aval de l'horizon rouge-jaune à taches jaunes, on remarque une diminution suivie d'une augmentation de la porosité au contact de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux.

## 2 - Horizons jaunes.

Ils sont au nombre de deux (figure 53) :

- l'horizon jaune compact (Jp);
- l'horizon brun-jaune meuble (Jf)



- 1 - quartz
- 2 - plasma brun-vif
- 3 - cavité polyconcave
- 4 - remplissage microlité
- 5 - plasma jaune-pâle
- 6 - plasma brun imprégné de fer
- 7 - relique de phase jaune compact

Fig : 53 A Phase jaune compact avec les remplissages microlités

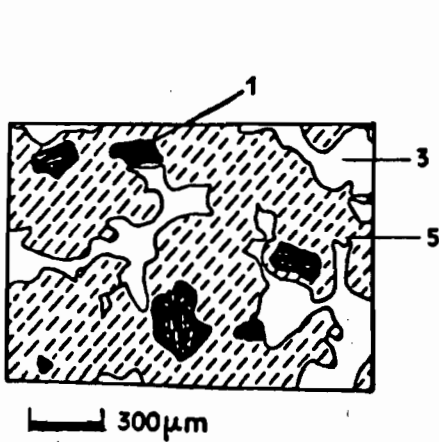


Fig : 53 B phase jaune meuble avec des cavités polyconcaves allongées

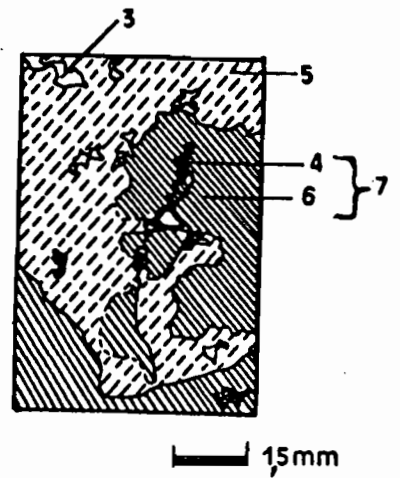


Fig : 53 C Recoupement de la relique de la phase jaune compact par la phase jaune meuble

Fig : 53 Organisations à différentes échelles des horizons jaune compact (Jc) et jaune meuble (Jf)

## 21 - Horizon jaune compact (Jp).

### 211 - Caractéristiques morphologiques.

Il se développe progressivement et latéralement au-dessus de l'horizon de transition rouge-jaune (figure 30). Son épaisseur varie de 1 à 3 mètres. Il est surmonté par l'horizon brun-foncé et labouré qui n'entre pas dans le cadre de cette étude à cause de sa perturbation anthropique. Il est brun-vif, continu, cohérent peu frais sur le terrain.

### 212 - Descriptions micromorphologiques de l'horizon jaune.

La phase brun-vif comporte (Figure 53 A) :

- un squelette constitué des quartz hétérométriques, anguleux et disposés au hasard et de quelques rares fragments de grenat altéré et de rutile;
- une porosité représentée par des cavités de forme polyconcave de petite taille 10 à 50 $\mu$ , quelques unes atteignent 100 $\mu$  et des biovides de 300 à 2000 $\mu$ ;
- un plasma brun-jaune lattisépique localement bimasépique et vosépique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - . des remplissages jaunes non microlités (photo 27);
  - . des cutanes jaunes microlités ;
  - . des rares imprégnations diffuses et rouges au niveau des cutanes.

### Commentaire.

La phase brun-vif a des cristaux de quartz des fragments de grenat altéré, une orientation plasmique variée et des imprégnations diffuses comme l'horizon rouge-jaune. Elle se distingue par :

- une diminution de taille et une absence d'interconnection entre les cavités de forme polyconcave
- une faible abondance des grenats altérés;
- une abondance des remplissages argileux et des argilanes jaunes microlités.

*On note l'horizon jaune caractérisé par une diminution de la taille des cavités polyconcaves , un développement des remplissages argileux.*

## 213 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des horizons jaune, rouge-jaune et rouge microagrégé.

### Commentaire.

L'horizon jaune compact a 60% d'argile, (0,5 à 1,4%) de carbone organique. Il se distingue de l'horizon rouge-jaune par une diminution de 5% de porosité, une absence de l'hématite, une goethite deux fois plus substituée en aluminium et une très faible diminution de fer libre dans le plasma.

L'horizon jaune est caractérisé par une faible porosité et une goethite plus alumineuse que celle de l'horizon rouge-jaune.

**Tableaux 41 - Caractères analytiques des horizons rouge et jaune.**

Horizon	%A	%C	Porosité totale %	Fer libre en %	Fer TAMM/fer libre	minéralogie
rouge micro-agrégé	60	0,4 - 1,2	50 - 55	11	2	kaolinite, quartz, hématite, goethite avec 4% de mole AlOOH
jaune compact	60	0,4 - 1,4	45 - 50	8	2	kaolinite, goethite avec 11% de mole AlOOH
jaune meuble	65	0,4 - 1,4	47- 50	7	2	kaolinite, quartz, goethite seule

### 22 - Horizon jaune meuble (Jf).

#### 221 - Caractéristiques morphologiques.

Il prend le relai de l'horizon jaune compact vers l'axe de drainage et forme une limite progressive avec l'horizon bariolé très argileux comportant une augmentation vers la profondeur des volumes fermes d'agrégats bariolés (2 à 20%) emballés dans la phase brun-jaune. Son épaisseur varie de 0,20 à 1,0 mètre.

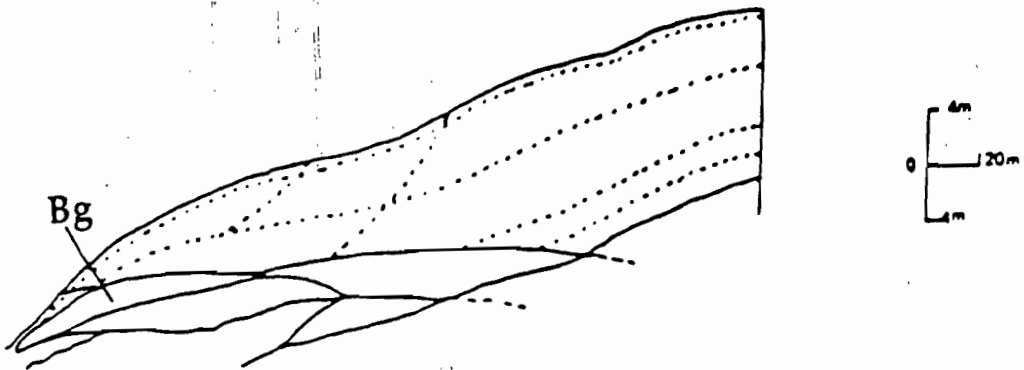
## 222 - Descriptions micromorphologiques.

Il comporte (Figures 53 B et C) :

- un squelette formé des quartz hétérométriques, anguleux et à distribution aléatoire, de rares fragments de rutilé et un reste de grenat complètement fossilisé par les imprégnations ferrugineuses;
- une porosité composée de nombreuses cavités de forme polyconcave et allongées de 10 à 200 $\mu$  et des biovides de 1 à 2 mm;
- un plasma jaune-pâle mosépique associée à la structure lattisépique et localement vosépique;
- un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - . des micronodules à papules microlitées imprégnées de fer;
  - . des îlots gris à plasma rouge-rouille très argileux ;
  - . de rares cutanes jaune-pâle microlités;
  - . des pédotubules à microagrégats libres.

**Commentaire.** L'horizon jaune meuble a des îlots gris à plasma rouge-rouille rappelant la structure de l'horizon bariolé très argileux. Il se distingue de l'horizon jaune compact par :

- une absence quasi-totale de grenats altérés;
- une abondance des cavités allongées de forme polyconcave comme celles de l'horizon rouge-jaune de transition;
- une orientation plasmique type mosépique associée à la structure lattisépique;
- un plasma jaune-pâle;
- des micronodules à papules microlitées imprégnées de fer;
- une absence quasi-totale d'argilanes.



- 1 - phase rouge-rouille
- 2 - phase grise
- 3 - cavité de dissolution
- 4 - fissure

Fig : 54 A Phase grise autour du vide



Fig : 54 B Recoupage de la phase rouge-rouille par la phase grise

Fig : 54 Organisations à différentes échelles de l'horizon bariolé très argileux (Bg)

*On note ainsi que l'horizon brun-jaune caractérisé par l'absence de grenats altérés et des micronodules développés sur une phase à remplissages argileux comme cela existe dans l'horizon jaune compact. Ces nodules sont alors les reliques de la phase à remplissages argileux conservée par les imprégnations ferrugineuses.*

### **223 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique de l'horizon jaune meuble ou brun-jaune.**

L'horizon jaune meuble a la même composition minéralogique que l'horizon jaune-compact. Il se distingue par (tableau 37) :

- une légère augmentation de 5% d'argile non significative;
- une légère diminution de fer libre dans le plasma;
- une goethite non substituée.

*L'horizon brun -jaune est alors caractérisé par une goethite non substituée et la présence des nodules ferrugineux.*

### **3 - Horizon bariolé très argileux ( Bg ).**

#### **31 - Caractéristiques morphologiques.**

Il surmonte l'ensemble des horizons décolorés de profondeur avec lequel il forme une limite nette et irrégulière. Son épaisseur varie de 0,5 à 3,0 m. Il est composé d'agrégats très argileux, anguleux millimétriques à centimétriques recouverts par une pellicule jaune ( 7,5YR5/6). L'intérieur de ces agrégats a une phase grise ( 10YR7/1) autour des pores qui enveloppe les flots rouge-rouille (10R4/4). Ces agrégats sont recoupés par des pédotubules jaunes (10YR5/6).

#### **32 - Descriptions micromorphologiques.**

**La phase grise** comporte (Figure 54) :

- un squelette très peu abondant constitué de très peu petits quartz de 10 à 30 $\mu$  qui sont corrodés anguleux, distribués au hasard et atteignant rarement 300 $\mu$ ;



- une porosité composée de nombreuses cavités de dissolution de 20 à 100 $\mu$  et des fissures de 30 à 400 $\mu$  distribuées en réseau continu;
- un plasma gris mo-bimasépique;
- un assemblage squelette-plasma du type porphyrosquelique;
- des traits pédologiques qui sont :
  - . des imprégnations brun-sombre et isotropes;
  - . des papules beiges microlitées;
  - . des pédotubules formés de microagrégats jaunes avec les flots de plasma rouge-rouille à limite nette et irrégulière ( photo 30).

**Commentaire.** La phase grise présente un plasma gris mo-bimasépique presque identique à la phase grise de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux. Elle se distingue par :

- un squelette peu important;
- une diminution de la taille et du pourcentage des petits quartz corrodés;
- un réseau de fissures qui sont les fentes de retrait-gonflement;
- des imprégnations brunes et isotropes indiquant l'accumulation absolue du fer,
- des flots de plasma rouge-rouille à limite nette et irrégulière.

Le recoupage de la phase grise par les pédotubules jaunes montre qu'elle se transforme en phase jaune meuble par bioturbation (photo 30) postérieure à la déferruginisation.

*La phase grise est caractérisée par un squelette peu abondant et un réseau de fissures très important. Elle se transforme en phase jaune meuble par bioturbation postérieure à la déferruginisation.*

**La phase rouge-rouille renferme :**

- un squelette composé de très peu nombreux petits quartz de 10 à 50 $\mu$  distribués au hasard
  - une porosité composée de nombreuses cavités de dissolution à répartition aléatoire;
  - un plasma rouge-rouille opaque, noir et isotrope;
  - un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique;
- La limite avec la phase grise est diffuse.

### Commentaire.

La phase rouge-rouille a un squelette peu abondant, un assemblage plasma-squelette type porphyrosquelique et un plasma rouge-rouille noir isotrope comme la phase grise. Elle se distingue par l'extension du plasma rouge-rouille noir et isotrope.

Le recoupage de la phase rouge-rouille par la phase grise indique la déferrugineuse.

**Tableau 42 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas de l'horizon bariolé très argileux et de l'horizon jaune meuble.**

horizon bariolé	%Argile	%Limon	%Sable	% Fe libre en Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	minéralogie
terre fine	70 à 75	20 à 25	5	11	très peu de quartz; kaolinite, goethite avec 5% de mole AlOOH
jaune-meuble	65	15	20	7	- quartz, - kaolinite, - goethite

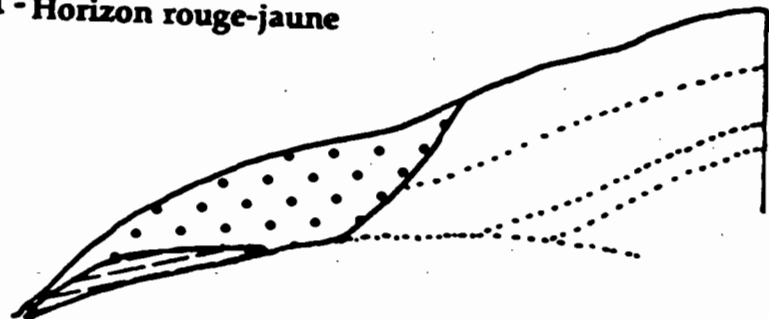
### Commentaire.

Par rapport à l'horizon jaune meuble, l'horizon bariolé se différencie par :

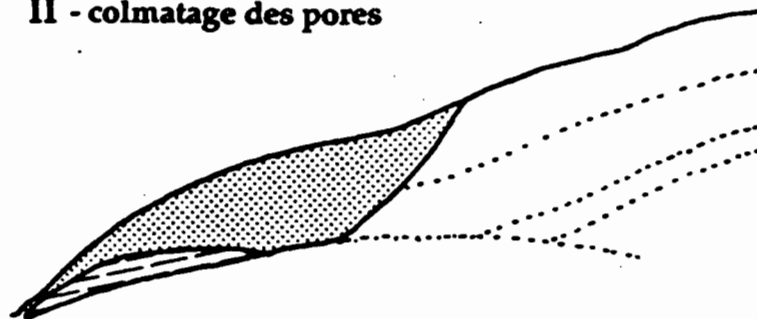
- un doublement du fer libre et en parallèle une augmentation des teneurs en limon;
- une diminution de 4 fois des teneurs en sable;

L'horizon bariolé est caractérisé par une faible teneur en sable et une teneur en fer libre deux fois plus élevée que celle de l'horizon jaune meuble.

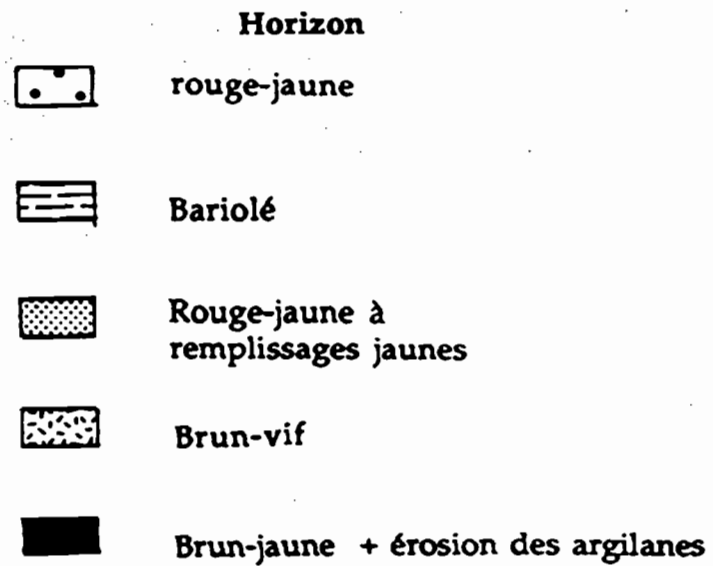
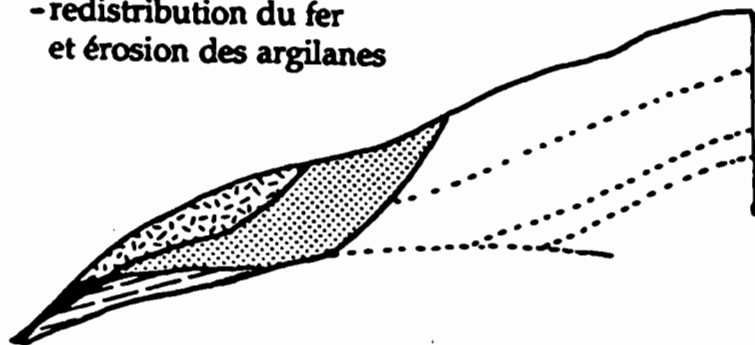
**I - Horizon rouge-jaune**



**II - colmatage des pores**



**III - jaunissement  
- redistribution du fer  
et érosion des argilanes**



**Fig : 55 Etapes de formation du système des variations superficielles**

#### 4 - Conclusions.

##### 41 - Transformation de l'horizon rouge-jaune en horizons jaunes.

Tableau 43 - Evolution des caractères de l'horizon rouge-jaune à l'horizon jaune meuble.

caractère	rouge-jaune	jaune compact	jaune meuble
structure	continue associée à la structure continue	continue	microagrégée
forme des pores et structure	cavités polyconcaves et allongées de 10 à 200 microns	cavités polyconcaves de 10 à 50 microns avec les rares de 100 microns	cavités polyconcaves allongées de 10 à 200 microns
traits pédologiques	très peu nombreux remplissages et cutanes microlités et jaunes; très peu d'imprégnations ferrugineuses	peu nombreux remplissages et cutanes jaunes et microlités très peu d'imprégnations ferrugineuses	- micronodules ferrugineux
porosité totale en %	48 - 50	45 - 48	47 - 50
nature des oxydes de fer	traces d'hématite + goethite avec 6% de mole AlOOH	goethite avec 11% de mole AlOOH	goethite avec 0% de mole AlOOH
Fer libre en %	9	8	7
Argile en %	60	60	65
pourcentage des grenats altérés( observation des sables à la loupe )	nombreux	peu nombreux	très peu nombreux

#### Commentaire.

L'horizon rouge-jaune de transition avec le sol rouge a les mêmes teneurs en argile que les horizons jaunes. Le développement progressif des imprégnations jusqu'à la nodulation montre une évolution continue de l'horizon rouge-jaune vers l'horizon jaune meuble. Cette évolution se traduit par figure (55) :

- une diminution progressive du fer libre non significative exprimée par la disparition de l'hématite et une accumulation de la goethite ou jaunissement (RAJOT, 1992);

- des remplissages argileux soulignant le colmatage progressif vers l'axe de drainage;
- des micronodules à imprégnations ferrugineuses indiquant la redistribution du fer responsable de l'érosion des argilanes;
- une substitution nulle de la goethite tout près de l'axe de drainage et qui caractérise des zones humides (VOLKOFF et al., 1989).

L'inclusion des remplissages argileux dans les micronodules montre que la redistribution du fer est postérieure au colmatage. Le jaune compact se transforme progressivement alors en jaune meuble par accentuation de la redistribution du fer.

*La transformation de l'horizon rouge-jaune en horizon jaune meuble résulte de la redistribution du fer responsable de l'érosion des cutanes en milieu humide. La zone de passage de cette transformation est jaune compact.*

#### **42 - Transformation de l'horizon bariolé en horizon jaune meuble.**

L'horizon brun-jaune a des phases bariolées identiques à celles de l'horizon sous-jacent. Mais il se distingue par (Tableau 44) :

- des teneurs en sable plus élevées;
- des teneurs en fer libre du plasma deux fois moins faible;
- une structure continue avec les cavités polyconcaves ;
- un rapport sable fin sur sable grossier deux fois inférieur montrant une discontinuité entre les deux horizons. Les îlots de la phase bariolée dans l'horizon jaune meuble montre que cet horizon est une zone de transition de l'horizon jaune compact à l'horizon bariolé très argileux.

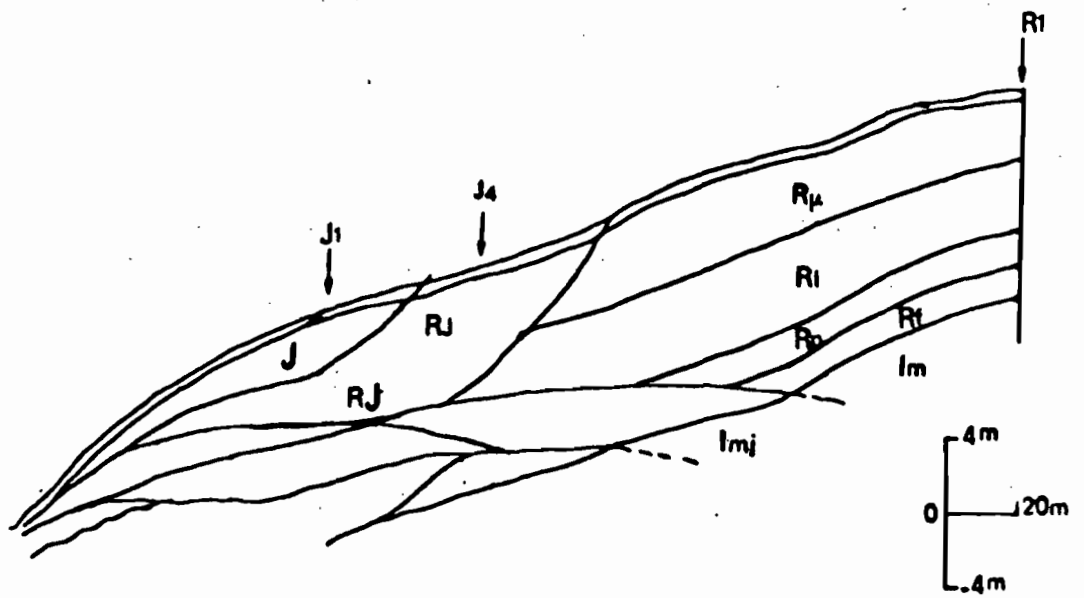
La photo 29 montre le recoupage de la phase bariolé par le remplissage jaune. Cette discordance prouve que l'horizon bariolé se transforme en matériau jaune par bioturbation postérieure. Les îlots de phase bariolée dans l'horizon jaune meuble sont alors pédorelictuels. Le plasma gris en position intermédiaire entre le remplissage jaune et la phase bariolée indique que cette transformation est facilitée par la déferruginisation.

*Ainsi la transformation de l'horizon bariolé en horizon jaune meuble se fait par bioturbation postérieure à la déferruginisation.*

Tableau 44 - Caractères essentiels des horizons bariolé et jaune meuble.

horizons	phase bariolée	phase brun-jaune	Fer libre dans le plasma	Structure	sable	Sf/Sg
brun-jaune	2 à 20%	moins 80%	6	continue avec les cavités polyconcaves	20	0,4
bariolé	90%	2% sous forme tubulaire	11	polyédrique avec les fissures	5	1

---



**Fig : 56 Position des profils choisis pour la présentation verticale des résultats analytiques**

## Chapitre IX - Caractérisation analytique de la toposéquence sol rouge-sol à horizon jaune.

### 1 - Généralités.

L'objectif de ce chapitre est de quantifier certains caractères physiques et chimiques en relation avec quelques évolutions pédologiques mises en évidence par l'analyse pétrographique à savoir celle de la granulométrie, de la matière organique, de l'espace poral et des oxydes de fer.

Tableau 45 - Répartition des analyses en fonction des profils étudiés.

profil	densité apparente	densité réelle	granulométrie+minéralogie et chimie
R1	*	*	*
R3	*		
OR1	*	*	*
J4	*	*	*
J1	*	*	*
J3	*	*	*
J2	*		
J5	*		

\* = profil étudié

Pour atteindre cet objectif, huit profils ont été analysés (tableau 56) mais les résultats de trois profils (R1, J4 et J1) choisis suivant la succession latérale des trois couleurs dominantes (rouge (R1), rouge-jaune (J4) et jaune (J1)) seront présentés d'une manière verticale dans la figure 56.

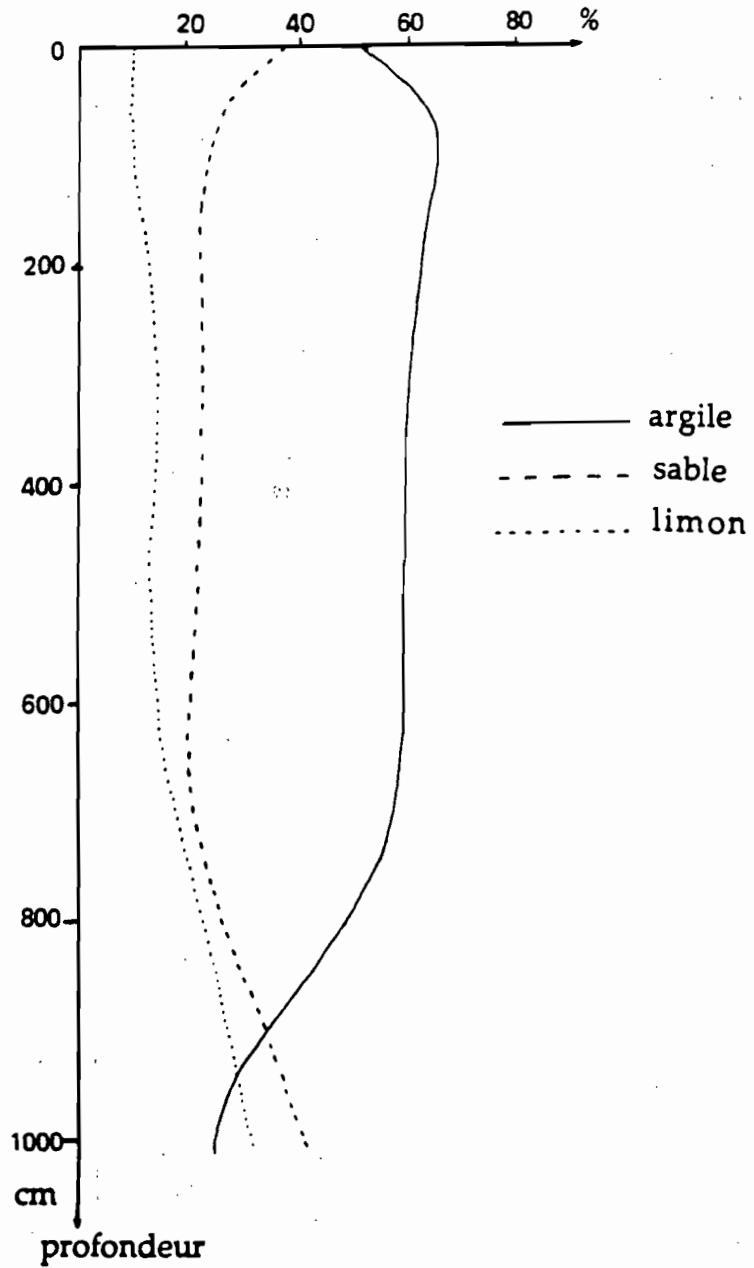
### 2 - Granulométrie dans le sol rouge et son évolution dans la séquence.

#### 21 - Evolution des teneurs en argile par rapport à celle des sables.

La figure 57 montre l'évolution des teneurs en argile par rapport à celles en sable et en limon.

La courbe des pourcentages en argile croît graduellement de l'isaltérite vers les horizons rouges où elle atteint un plateau pour ensuite décroître





**Fig : 57 Evolution des teneurs en argile , limon et sable dans le sol ferrallitique rouge**

rapidement vers la surface.

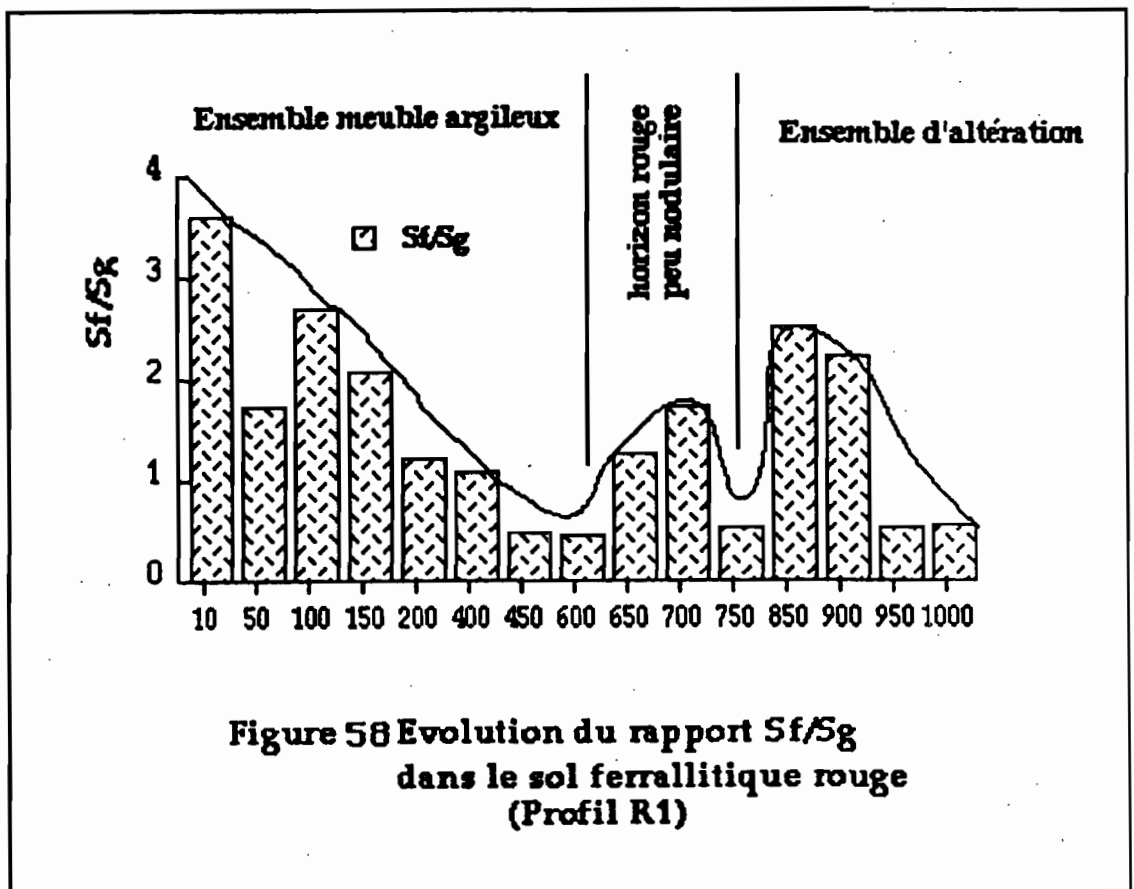
Les teneurs en limon augmentent parallèlement aux pourcentages en sable.

Conclusion. On note :

- une argilification rapide de bas en haut du sol rouge;
- un appauvrissement en argile dans l'horizon superficiel;
- une non expression de l'illuviation dans l'horizon dense à faces luisantes.

## 22 - Evolution du rapport sables fins (Sf)/sables grossiers (SG) dans le sol rouge.

La figure 58 récapitule l'évolution du rapport Sf/SG en fonction de la profondeur.



### Commentaire.

Le rapport sables fins sur sables grossiers présente trois maxima correspondant aux trois ensembles d'horizons du sol rouge : les horizons d'altération en voie de pédoplasation, l'horizon rouge peu nodulaire en relation avec la discontinuité pétrographique et la ferruginisation et les horizons meubles argileux différenciés par la déplasmation. La distribution des maxima est alors en relation avec les processus pédologiques. L'horizon rouge graveleux présente un minimum des maxima traduisant probablement l'hétérogénéité de la roche-mère observée lors de l'analyse pétrographique.

*Conclusion. On note :*

*l'augmentation du rapport Sf/SG en fonction du développement de trois processus pédologiques suivants : la pédoplasation, la ferruginisation et la perte du plasma ou la déplasmation. Elle est aussi fonction de l'hétérogénéité pétrographique de la roche-mère.*

### 23 - Evolution verticale des teneurs en argile dans les sols rouge et à horizon jaune.

La figure 59 résume l'évolution de la teneur en argile dans les sols rouge et à horizon jaune.

Les courbes de l'évolution des pourcentages d'argile dans ces trois sols ont l'allure d'un plateau. Celui du sol à horizon jaune (brun-vif) est plus court à cause d'une diminution rapide de 20% d'argile en profondeur. Le sol rouge-jaune présente des teneurs d'argile intermédiaires entre les deux sols précédents dans sa partie basale.

*En conclusion, on note une décroissance des teneurs en argile du sol rouge vers le sol à horizon jaune dans la partie médiane des profils. Un enrichissement en argile se manifeste dans l'allotérite blanche.*

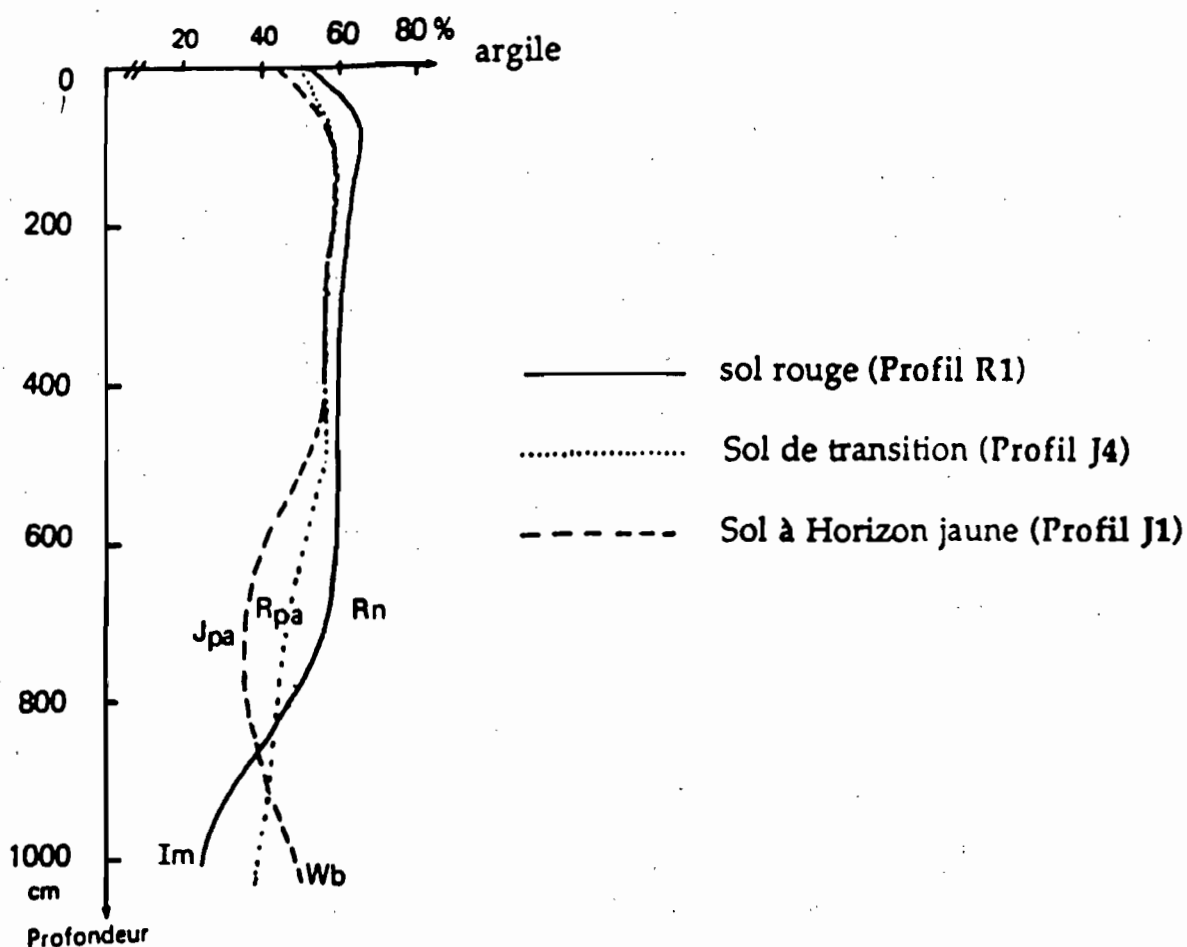


Fig : 59 Variation des teneurs en argile en fonction de la profondeur dans les sols ferrallitiques rouge (profil R1), de transition (Profil J4) et à horizon jaune (profil J1)

#### 24 - Evolution latérale de la texture dans la séquence sol rouge-sol à horizon jaune.

La figure 60 résume l'évolution latérale de la texture déterminée à partir du diagramme triangulaire utilisé par l'U.S.D.A.

Cette figure met en évidence deux séquences texturales :

- dans les horizons d'altération la texture varie progressivement d'un pôle

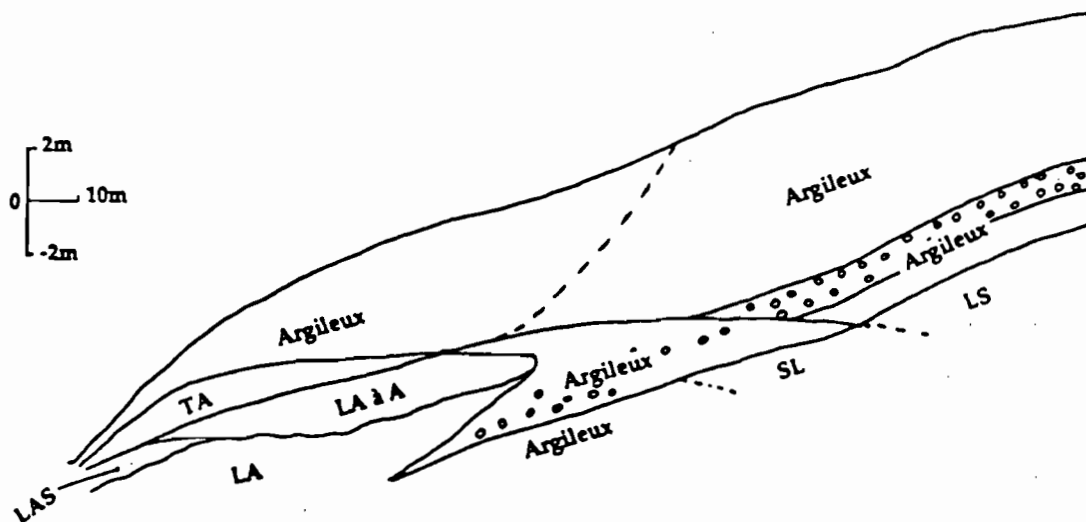


Fig : 60 Evolution latérale de la texture dans la toposéquence  
sol rouge/sol à horizon jaune

limoneux à un pôle argileux en rapport avec l'allotérisation;

- dans les horizons meubles profonds, elle passe graduellement d'une texture argileuse à un pôle sableux confirmant l'appauvrissement en argile.

#### Conclusion.

*Le passage entre les horizons argileux et sablo-argileux est progressif du point de vue texture. Le maximum de cet appauvrissement est atteint tout près de l'axe de drainage. Le système de transformations superficielles de l'horizon jaune ne modifie pas la texture.*

### 3 - Le carbone organique.

La figure 61 résume la redistribution du pourcentage de carbone organique dans les sols rouge, rouge-jaune et à horizon jaune.

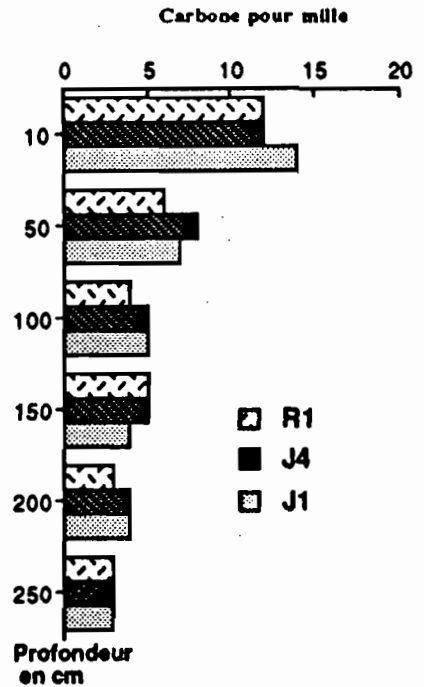


Fig : 61 Evolution du carbone organique dans les sols rouge, de transition et à horizon jaune

#### Commentaire.

Il varie de 0,5 à 1,5% et diminue progressivement avec la profondeur en rapport avec l'évolution du pourcentage des racines et de la litière. Son taux de croissance entre les sols ferrallitiques rouge et à horizon jaune est très faible de l'ordre de 0,2%.

**Conclusion.** La transformation du sol rouge en sol à horizon jaune n'est peut-être pas associée à une variation de la quantité de matière organique.

### 4 - Compacité dans la toposéquence du sol rouge-sol à horizon jaune.

La compacité est le volume occupé par la matière sèche dans l'unité de volume de sol (HUMBEL, 1974-1976). Pour la déterminer, il faut alors caractériser la densité apparente et la densité réelle.

#### 41 - Mesure et évolution des densités réelles ( $d_r$ ).

La densité réelle des sols de la toposéquence d'étude varie de 2,6 à 2,7 avec un coefficient de variation de l'ordre de 1,2%. La moyenne est de 2,7 (annexe 2). On peut conclure qu'elle varie très peu. L'étude de la compacité peut alors se ramener aux variations de densité apparente.

#### 42 - Densité apparente dans la toposéquence sol rouge sol à horizon jaune.

Les valeurs de densité apparente ont été analysées par le logiciel statview. Elles oscillent entre 1,3 et 1,7 avec un coefficient de variation de l'ordre de 7% (annexe 2).

La figure 62 rappelle l'allure de l'évolution verticale des valeurs de densité apparente dans les sols rouge et à horizon jaune.

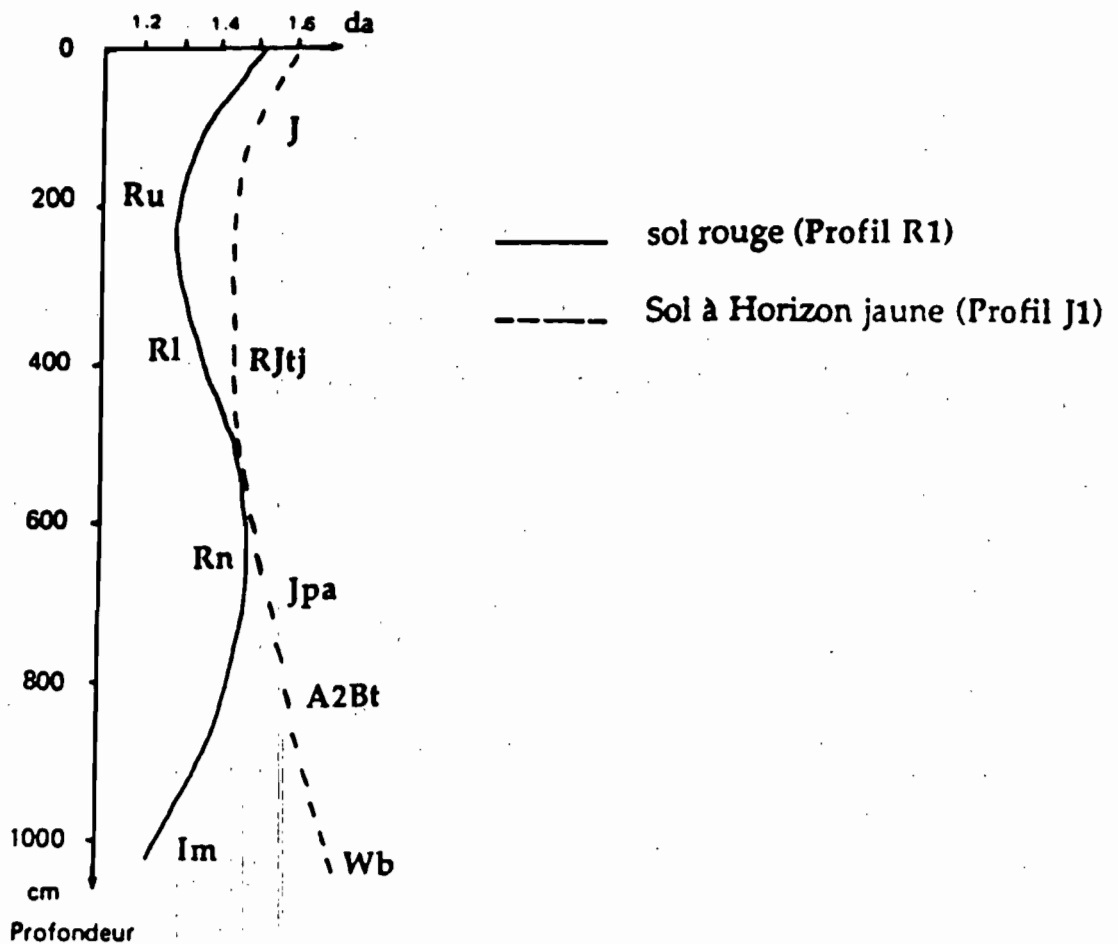


Fig : 62 Evolution verticale de la densité apparente dans les sols ferrallitiques rouge ( profil R1) et à horizon jaune ( Profil J1)

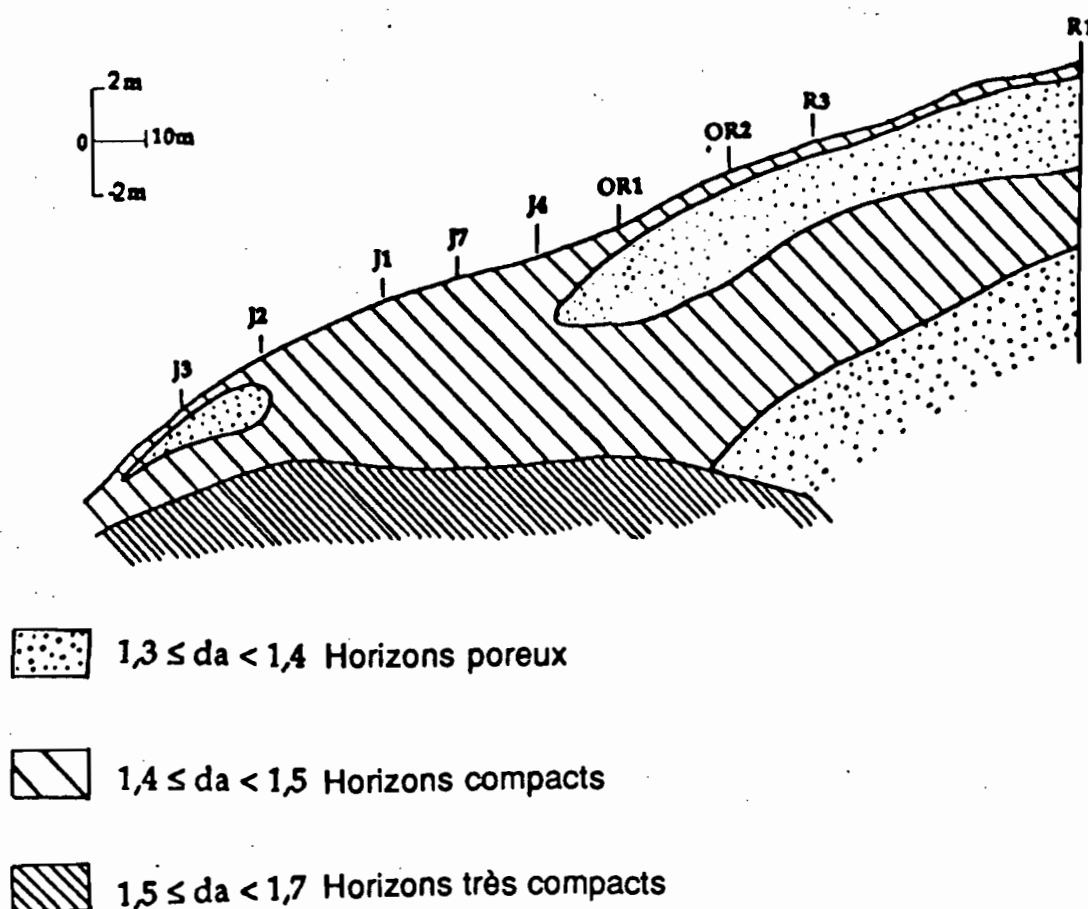
### Commentaire.

Elle est sinusoïdale dans le sol ferrallitique rouge. Le minimum de 1,3 est atteint à 2 m et à 10 m de profondeur.

Dans le sol à horizon jaune (brun-vif), la forme de l'évolution des valeurs de densité apparente est parabolique suggérant un tassement progressif à partir de 2 m de profondeur.

Conclusion. *Le sol à horizon jaune est plus tassé en surface et en profondeur que le sol rouge.*

La répartition latérale des trois classes de densité apparente le long de la séquence est reportée dans la figure 63 suivante :



R1, R3, OR2, OR1, J4, J7, J1, J2, et J3 sont les profils analysés

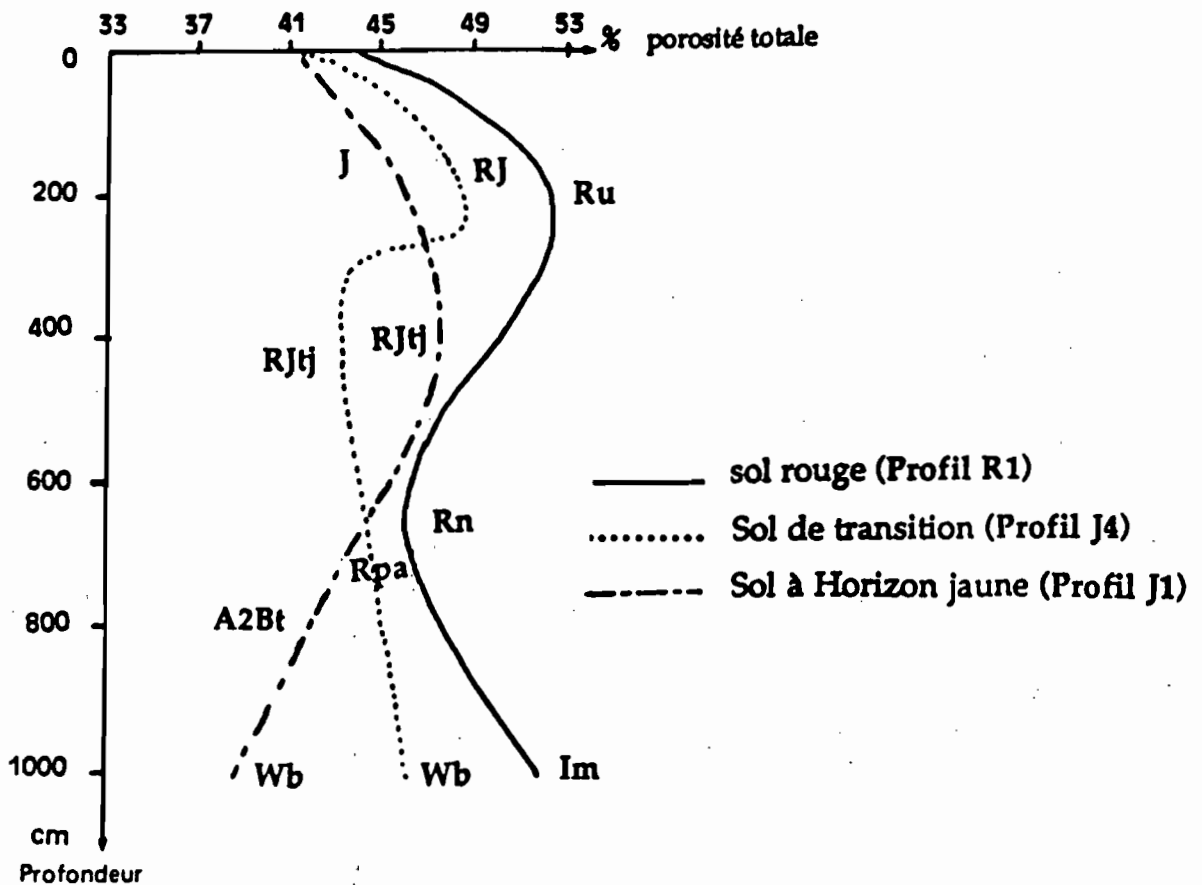
**Fig : 63 Variations latérales de la densité apparente dans la toposéquence sol ferrallitique rouge/ sol à horizon jaune**



### Commentaire.

Les horizons poreux superficiels sont séparés en deux par les horizons compacts. L'horizon poreux proche de l'axe de drainage constitue la phase meuble de l'horizon jaune. Les horizons très compacts apparaissent en profondeur à la place du système de variations basales. Ces relations montrent que la concentration de squelette, l'accumulation de plasma et le tassement sont les trois phénomènes pédologiques responsables de la variation de la densité apparente. Cette évolution de la densité est indépendante de celle de la couleur du sol.

*On note une augmentation de densité apparente au passage du sol rouge au sol à l'horizon jaune.*



**Fig : 64 Evolution verticale de la porosité totale dans les sols ferrallitiques rouge ( profil R1) et de transition ( profil J4) à horizon jaune ( profil J1)**

### 5 - Porosité totale sur mottes.

La figure 64 rappelle l'évolution verticale de la porosité ( $P = 1 - d_a/d_r$  en pourcentage) sur mottes dans les profils R1, J4, et J1 représentant respectivement les sols rouge, rouge-jaune et à horizon jaune.

On remarque que dans le sol rouge, la courbe de l'évolution verticale de porosité a la forme sinusoïdale dont le maximum et le minimum sont respectivement à 52 et 42%.

Dans le sol à horizon jaune, elle a une forme parabolique avec le maximum à 46% et le minimum à 41%.

Dans le sol rouge-jaune de transition, elle a l'allure d'une sinusoïde dont le maximum est à 48% et le minimum à 41%.

Les sols rouge-jaune et à horizon jaune ont les mêmes minima observés dans l'horizon rouge-jaune à taches jaunes et dans l'horizon réticulé argilo-sableux.

**Tableau 46 - Evolution de la porosité du sol rouge (R1) vers le sol à horizon jaune (J1).**

profondeur	0 à 250 cm	250 à 700 cm	700 à 1000 cm
R1	44 à 53%	49 à 46%	45 à 51%
J4	41 à 48%	42%	42 à 46%
J1	41 à 46%	44 à 47%	42 à 39%

**Commentaire.** En surface, la diminution graduelle de la porosité du sol rouge vers le sol à horizon jaune est liée au tassement et au colmatage des pores mis en évidence par l'analyse pétrographique. En profondeur, celle-ci est en rapport avec l'appauvrissement en argile.

Dans la partie intermédiaire, la porosité totale du sol rouge-jaune est plus faible que celle des deux autres sols. Celle du sol à horizon jaune croît

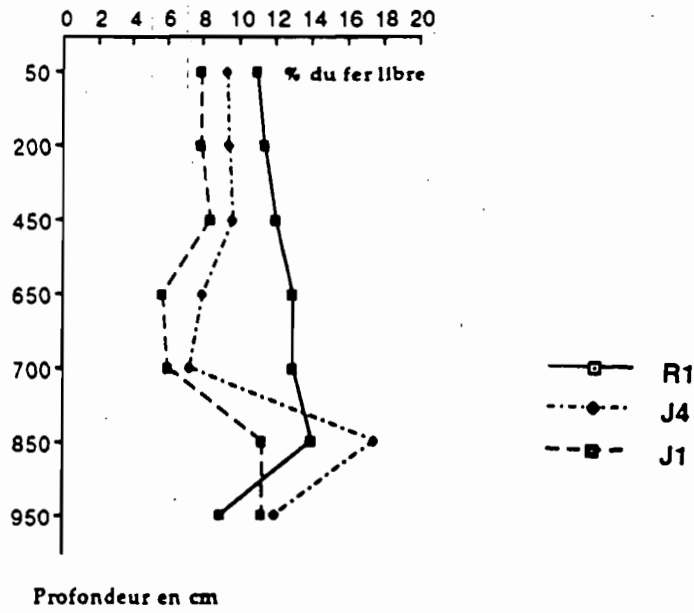


Fig : 65 Fer libre dans les soils rouge (R1), de transition (J4) et à horizon jaune

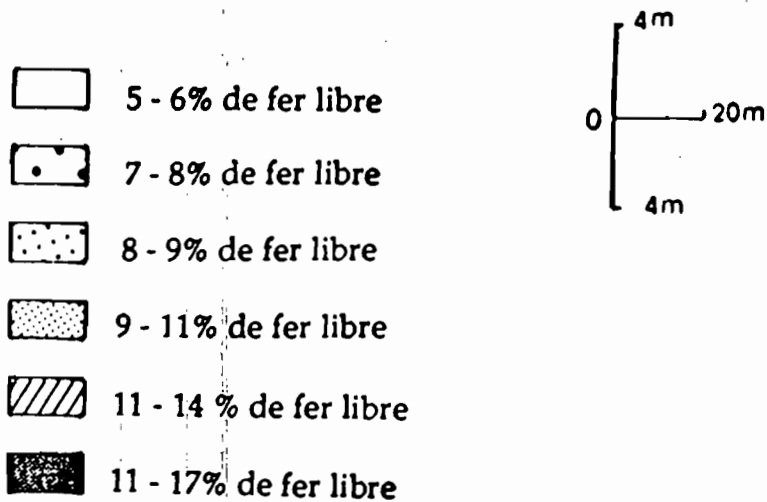
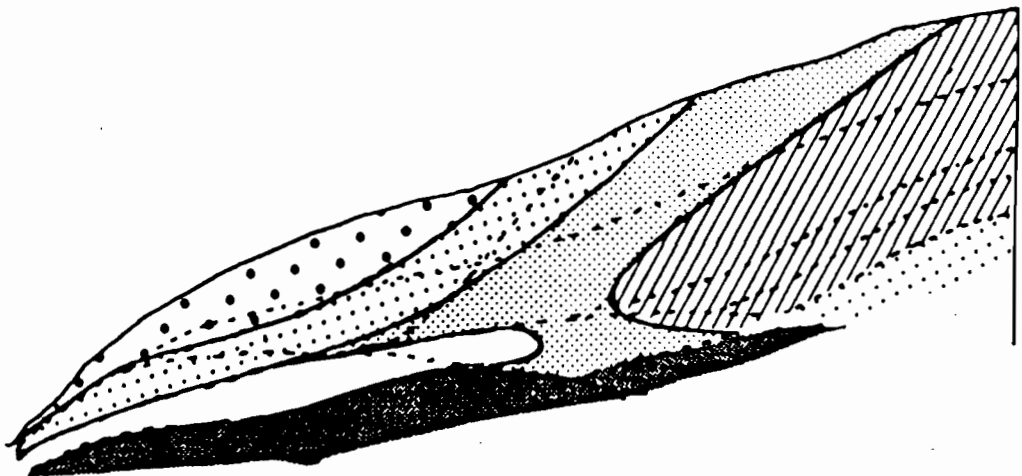


Fig : 66 Répartition du fer libre des plasmas dans la toposéquence du sol ferrallitique rouge/sol à horizon jaune

jusqu'à être égale à celle du sol rouge.

En conclusion, on peut noter :

*- une diminution de la porosité plus marquée dans la partie médiane du profil de sol rouge-jaune de transition que dans le sol rouge et dans le sol à horizon jaune.*

*- une décroissance de la porosité en profondeur dans le profil du sol à horizon jaune.*

## **6 - Fer libre.**

Les évolutions verticale et latérale du fer libre dans la séquence du sol rouge-sol à horizon jaune sont schématisées dans les figures 65 et 66.

### **Commentaire.**

Dans le sol rouge, les pourcentages de fer libre du plasma augmentent progressivement vers la profondeur et ensuite diminuent brutalement au niveau de l'isaltérite gris-mauve.

Dans les sols à horizon jaune et de transition, ils sont constants, regressent fortement dans la partie médiane, puis croissent de nouveau en profondeur.

*Du sol rouge vers le sol à horizon jaune, on constate donc une diminution progressive du fer en surface. Mais cette diminution est plus accentuée dans la partie médiane des profils des sols de transition et dans le sol à horizon jaune. En profondeur, le plasma du sol de transition et du sol à horizon jaune est plus riche en fer que celui du sol rouge.*

## 7 - Conclusion.

La comparaison analytique et micromorphologique des processus mis en jeu est résumée dans le tableau 47.

**Tableau 47 - Comparaison des processus pédologiques mis en évidence par l'analyse pétrographique et les déterminations analytiques.**

Système	analyse pétrographique	caractérisation analytique
sol rouge	- pédoplasmation; - <i>illuviation</i> ; - déplasmation; - discontinuité lithologique	- augmentation du Sf/Sget d'argile - augmentation du Sf/Sg; - faible maximum de Sf/Sg
système de variations basales	- lessivage; - ferruginisation; - déferruginisation; - allotérisation	- appauvrissement en argile; - augmentation du fer libre; - diminution rapide du fer libre; - augmentation d'argile
Système de l'horizon jaune	- déferruginisation partielle et progressive; - tassement; - <i>illuviation</i> ;	- faible diminution du fer - diminution de la porosité

On constate ainsi que l'augmentation d'argile et du rapport Sf/Sg sont les caractères analytiques qui définissent la pédoplasmation dans le sol rouge et dans le sol à horizon jaune. La discontinuité pétrographique est déterminée par le faible maximum du rapport Sf/Sg. La ferruginisation se traduit par une augmentation des teneurs en fer libre dans le plasma. Le lessivage est défini par l'appauvrissement en argile. Le tassement est caractérisé par la diminution de la porosité. Le seul processus pédologique non quantifiée est l'*illuviation* observée dans les sols rouge et de transition. Ce phénomène pédologique est d'ailleurs peu marqué dans la toposéquence étudiée.

*On note en définitive une conformité entre les résultats analytiques et les résultats pétrographiques.*

## **Quatrième partie : résultats et interprétations**



## Chapitre X - Couverture pédologique de Minkoaméyos et ses transformations de bas de versant. Relations avec les linéaments qui structurent le paysage.

Dans les chapitres précédents, les descriptions sur le terrain, puis en lame mince et les données portant sur la composition minéralogique et géochimique ont permis de distinguer trois systèmes dans la couverture pédologique du lobe I de la colline de Minkoaméyos :

- le système rouge initial caractérisé par une succession verticale de quatre horizons : isaltérite gris-mauve, horizon rouge peu nodulaire, horizon rouge dense à faces luisantes et horizon rouge microagrégé;
- le système de variations basales ou **système soutirant** caractérisé par un horizon lessivé et actif dont le plancher constitue un système éluvio-illuvial antérieur;
- le système de variations superficielles ou **système à horizon jaune**.

Des filiations entre les horizons ont été établies dans chacun de ces trois systèmes.

Dans cette quatrième partie, nous envisagerons successivement:

- les relations du sol rouge initial avec les systèmes soutirant et à horizon jaune;
- l'évolution spécifique des oxydes de fer ;
- les relations entre les différenciations pédologiques et le modelé aux différentes échelles et spécialement le rôle des linéations dans la structuration du paysage.

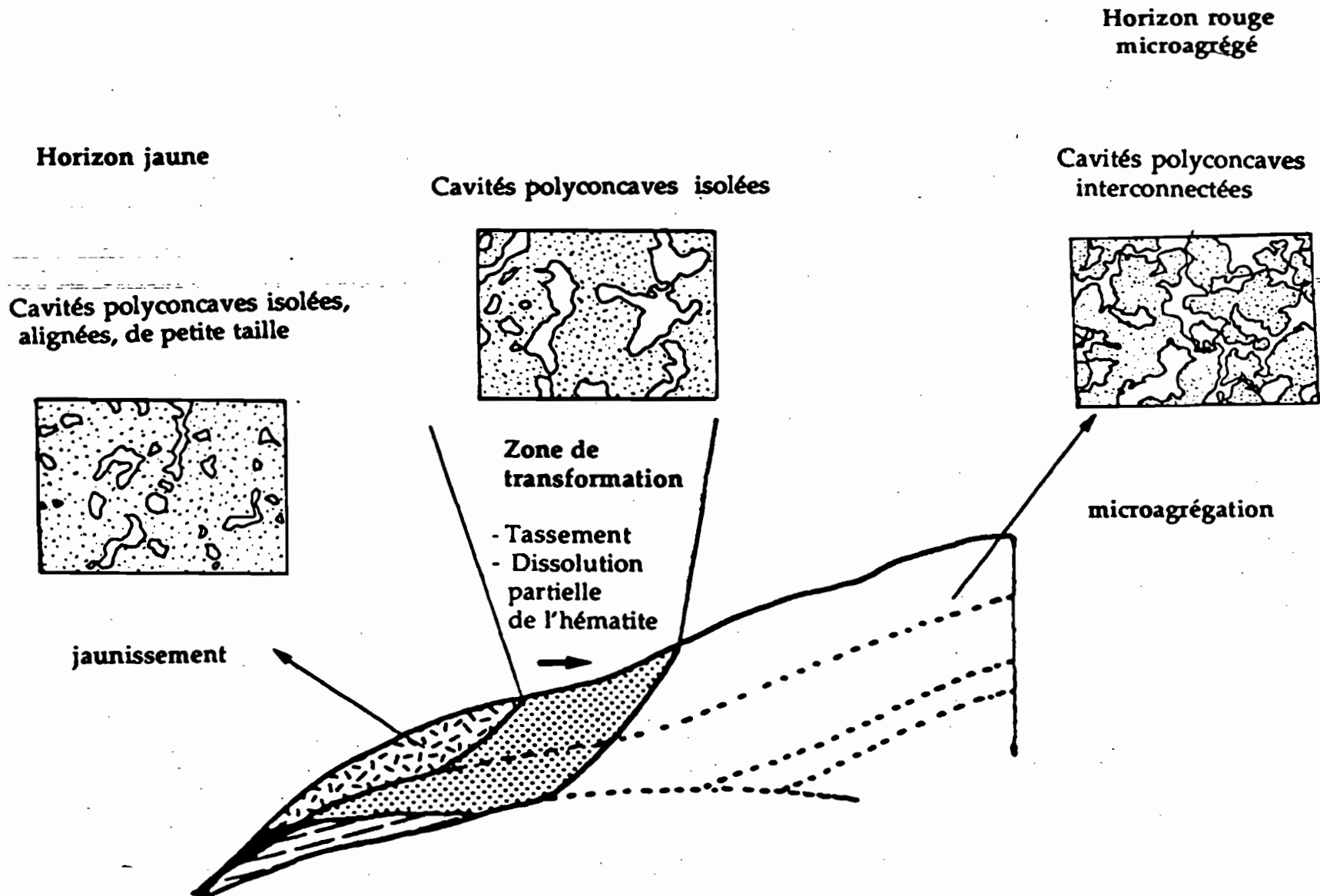
Un schéma de reconstitution de la couverture superficielle sera proposé en tenant compte des variations du milieu externe au cours de la longue histoire du paysage.

### **1 - Relation sol rouge- système à horizon jaune.**

La zone de transition latérale entre le sol rouge et l'horion jaune est en forme de biseau (Figure 67). L'horizon microagrégé superficiel du sol rouge devient rouge -jaune et de plus en plus dense.







**Fig : 67 Relations entre le sol ferrallitique rouge et le système à horizon jaune**

L'horizon rouge dense du sol rouge passe à un horizon rouge-jaune également dense à faces luisantes et à taches jaunes situé au sommet du système de transformations basales.

On présentera ici la transition superficielle rouge-jaune. L'horizon de transition rouge-jaune à taches jaunes situé au-dessus du système basal sera discuté plus loin.

Le tableau 48 rassemble les données concernant les horizons rouge microagrégé, rouge-jaune et jaune compact

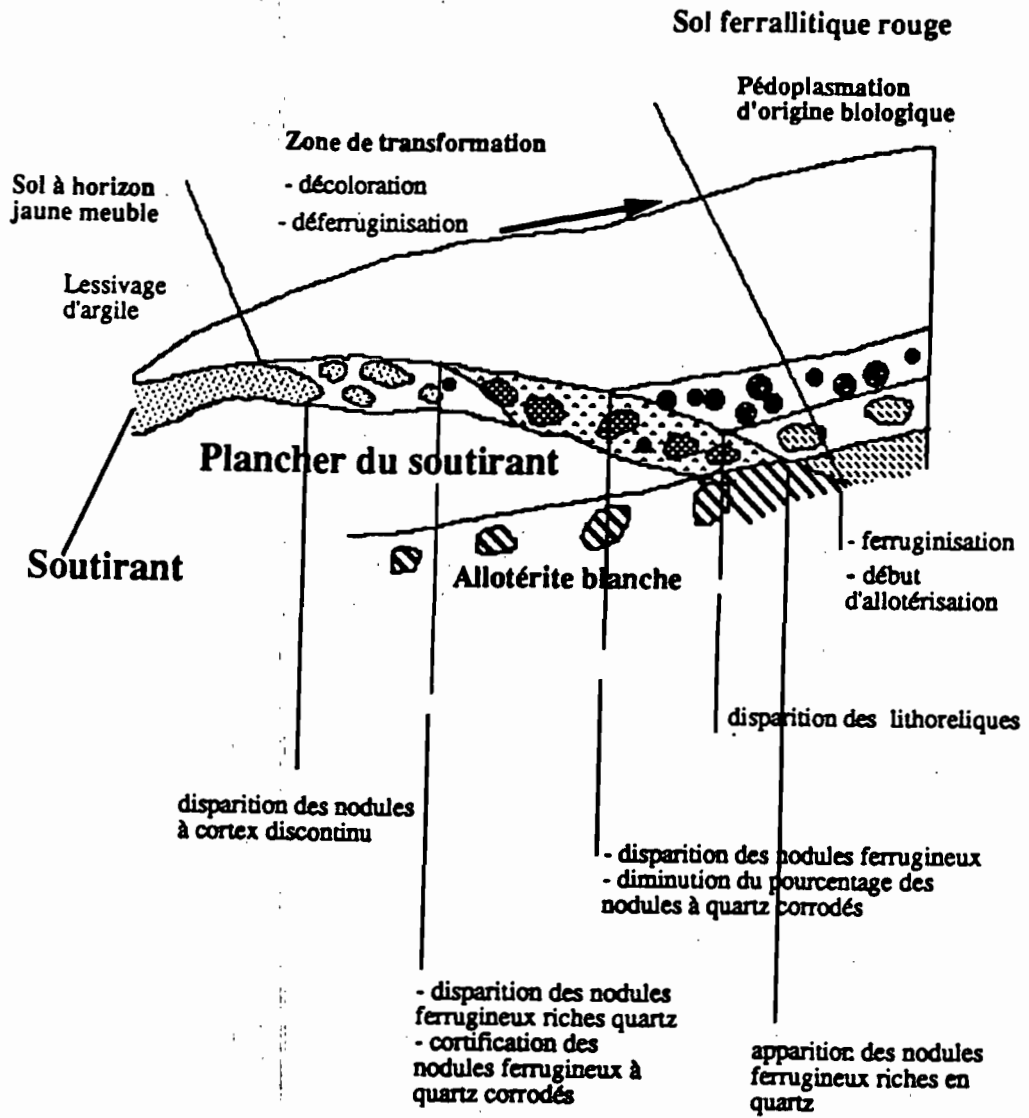
Le squelette, composé de quartz et de grenats altérés, est identique à celui de l'horizon rouge microagrégé.

Les caractères qui varient progressivement de l'horizon rouge microagrégé à l'horizon jaune compact sont:

- la porosité totale sur mottes, de la teneur en fer libre sous forme d'hématite des plasmas qui diminuent graduellement;

**Tableau 48 - Caractères essentiels des horizons du sol rouge au système à horizon jaune.**

horizon	rouge microagrégé	rouge-jaune	jaune compact
structure	microagrégée	microagrégée continue	continue
forme des pores	cavités polyconcaves interconnectées	cavités polyconcaves interconnectées, - cavités polyconcaves allongées et alignées	cavités polyconcaves allongées et alignées
taille des pores en $\mu$	40 - 300	10 - 200	10 - 50 parfois 100
porosité en %	50 - 55	48 - 50	45 - 48
fer libre du plasma en % de $Fe_2O_3$	11	9	8
nature des oxydes	hématite goethite	traces d'hématite + goethite	goethite
taux de substitution en alumine dans les goethite en % $AlOOH$	4	6	11
% argile volumique	29	31	33
Remplissages jaunes argileux		très peu nombreux	peu nombreux



**Fig : 68 Relations entre le sol ferrallitique rouge et le système soutirant**

- l'augmentation graduelle du taux de substitution en aluminium dans les goethites.

La zone rouge-jaune présente des caractères morphologiques intermédiaires entre l'horizon rouge-microagrégé et l'horizon jaune compact. Elle est caractérisée par l'allongement, l'alignement et le dédoublement des cavités polyconcaves (figure 67) indiquant tassement, compaction ou étirement. Ce tassement témoigne de la transformation de l'horizon rouge microagrégé en horizon jaune compact. Il est antérieur à l'apparition et au développement des remplissages jaunes argileux. Ces dépôts jaunes suggèrent un colmatage des pores. Le transfert de ce plasma est la conséquence possible de la dissolution préférentielle de l'hématite dans les horizons jaunes. Cette dissolution de l'hématite a été décrite au Brésil par MACEDO et al. ( 1987 et 1989 ).

*En conclusion, La transformation de l'horizon rouge microagrégé en horizon jaune compact passe par :*

- *un étirement des pores polyconcaves. Cet étirement peut être attribué à la composante latérale de la force de gravité;*
- *un tassement qui résulte de l'instabilité du matériau après dissolution préférentielle de l'hématite.*

## **2 - Relation entre sol rouge initial et système soutirant.**

### **21 - Transformations des horizons rouges en horizons lessivés.**

Elles sont résumées dans le tableau 49 et la figure 68.

Le passage du sol rouge au système soutirant est composé:

- des horizons jaune-pâle et rouge-pâle à pédoreliques qui recoupent en biseau les horizons du sol rouge : rouge meuble à lithoreliques, rouge peu nodulaire et rouge dense à faces luisantes;
- d'une isaltérite de transition rouge-foncé à taches gris-jaune très humides.

Le tableau 50 rappelle les caractères essentiels des horizons rouges et décolorés.

La transition des horizons rouges argileux du sol rouge à horizon jaune-pâle sablo-argileux ou soutirant présente des caractères suivants :

Tableau 49 - Evolution latérale du taux de substitution de l'alumine dans les goethites des plasma des horizons rouges vers l'horizon jaune-pâle.

horizons	rouges	rouge-pâle	jaune-pâle
taux de substitution en alumine dans les goethites	9 à 17	4	0

Tableau 50 - Caractères essentiels des différents horizons rouges et décolorés

ENSEMBLE	HORIZON	LITHORELIQUE	NODULE			MATRICE	
			Phases	lithoreliques	nodules gibbsitiques	nodules à quartz corrodés	nodules riches en quartz
rouge (2,5YR 4/6 à 5/6)	rouges	30 - 40% plasma noir et isotrope	2 - 5% plasma blanc	10 - 15% rouge-violacé, hé>goet, 40% fer libre,		60 - 70% rouge hé > goet; 7 - 8 % fer libre, 50 - 60% d'argile	
décolorés	rouge-pâle 2,5YR6/6			2 à 5% , rouge-violacé goet>hé —	30 - 40% rouge-vif peu durs, goet> hé, 19 % de fer libre	40 - 50% rouge-pâle goet>>hé, 5 % de fer libre, 50% d'argile	
	jaune-pâle argileux 7,5YR6/5			1 - 2% , goet cortex discontinu 40 % de fer libre	1 - 2% goet>>hé, tendres 29 % de fer libre, riche en quartz	20 - 30% goet. seule jaune-pâle, 6% de fer libre 50% d'argile	60 - 70% goet gris 2% de fer libre, 40% d'argile
	jaune-pâle sablo-argileux					1 - 2% grise, 0% de fer libre	+ 90% jaune-pâle, goet seule 4% de fer libre, - 25% d'argile

(Fer libre en  $Fe_2O_3$  ramené à 100g de d'argile + limon)

hé = hématite, goet = goethite,

a) des diminutions progressives:

- de la taille et du nombre des nodules ferrugineux à quartz corrodés ;
- du fer libre des plasmas (responsable de la décoloration);
- du taux de substitution en aluminium des goethites ;

b) une apparition des nouveaux caractères:

- des nodules ferrugineux riches en quartz, les témoins du premier lessivage;
- un réseau polygonal des fissures grossières à parois non ajustées et non tassées soulignant l'amorce d'un deuxième soutirage.
- des remplissages gris (figure 43B) du type agrotubule. La forme non cylindrique de ces remplissages et le non tassement de leurs parois font supposer que ce ne sont ni des galeries d'origine biologique ni des fentes de retrait. On peut alors les attribuer aux écoulements latéraux.
- un cortex discontinu entourant les nodules ferrugineux jaunes. Cette cortification des nodules ferrugineux est observée dans l'horizon jaune-pâle argileux très humide ou noyé qui est semblable aux horizons engorgés décrits par (FRITSCH, 1984). La cortification des nodules ferrugineux à quartz corrodés annonce la transformation du sol rouge en horizon soutirant.

Les processus pédologiques responsables de cette cortification sont la dissolution de la kaolinite, la déferruginisation et la septarisation. Les deux premiers processus ont été décrits aussi par MULLER et al. (1981), NOVIKOFF et al. (1990). La septarisation est une fissuration qui aboutit à morcellement des nodules ferrugineux ( BOULANGE 1984).

c) une disparition brutale

- des nodules gibbsitiques;
- des lithoreliques du sol rouge.

La dégradation des lithoreliques dans la zone de départ de l'éluviation est analogue à celle qui a été décrite par BOULET en 1974 et 1978; mais cette dégradation a eu lieu lors de la première phase du lessivage dont les témoins sont les nodules ferrugineux riches en quartz.

*En conclusion, les horizons rouges à lithoréliques et à nodules ferrugineux se transforment en horizon soutirant par lessivage latéral d'argile.*

## 2.2 Existence de deux phases succesives de soutirage

La formation d'un horizon soutirant à partir des horizons rouge profonds s'est déroulée en deux phases : une phase ancienne et une phase actuelle.

La plus ancienne résulte de la succession verticale des processus suivants:

- éluviation d'argile aboutissant à la formation d'un horizon éluvié avec concentration du squelette résiduel et destruction des lithoreliques;
- illuviation d'argile et du fer aboutissant à la formation d'un plancher imperméable.

La plus récente est caractérisée successivement par :

- une déferrugineuse marquée par une décoloration du plasma rouge du sol initial;
- un lessivage d'argile postérieur à cette déferrugineuse en certains points du paysage;
- une cortification des nodules ferrugineux à quartz corrodés par dissolution de la kaolinite, redistribution du fer;
- un début de septarisation du cortex;
- une dégradation des nodules riches en quartz considérés comme les témoins de l'ancien horizon lessivé.

En bas de versant, les horizons profonds du système rouge initial sont donc transformés à leur base en système soutirant. Celui-ci est composé d'un horizon jaune-pâle éluvial et d'un horizon illuvial faiblement ferruginisé. Auparavant ce dernier horizon était lui même éluvial. L'existence de deux systèmes soutirants quasi-coïncidents et séparés dans le temps par une ferrugineuse ancienne lors d'une période sèche amène à émettre l'hypothèse suivante.

- les systèmes soutirants sont les points d'émergence des eaux internes de la couverture ferrallitique épaisse, en période de biostasie. Par contre, les onze talwegs interlobes participent à un système hydrologique externe qui fonctionne actuellement pendant la période sèche.

Actuellement deux facteurs peuvent régler le débit interne du soutirant;

- la réduction du bassin d'alimentation par érosion, des sols de l'amont;



- l'augmentation de la pluviosité.

## 22 - Formation de l'horizon soutirant au contact des altérites.

La transition latérale de l'isaltérite grise-mauve à l'allotérite blanche est une isaltérite à taches gris-jaune. Dans cette zone de transition, la phase isaltéritique est recoupée par des remplissages planaires rouge-foncé et gris-jaune en forme de cloisons verticales et horizontales ( Photo 17).

La phase isaltéritique de l'horizon de transition comporte un plasma noir, opaque et, isotrope composé de l'hématite et de la goethite ( tableau 51). Ce plasma est enrichi en fer par rapport à celui de l'isaltérite grise-mauve (augmentation de 10% de fer libre). La phase isaltéritique de transition est fissurée. Dans ces fissures, on observe des microagrégats gris-jaune à quartz parallèles à la direction d'allongement des filonnets quartzitiques hérités du gneiss.

**Tableau 51 - Caractères essentiels des horizons d'altération.**

Horizon	phase isaltéritique	gris-jaune	remplissage rouge
Isaltérite gris-mauve	- gris-mauve, - kaolinite; hématite; - 80 à 70%; - plasma gris asépique; 20% d'argile		- 20 à 30 % tubules rouge meuble hématite + goethite; - microagrégé
Isaltérite rouge-foncé de transition	- rouge-foncé, - hématite + goethite, - 50%; - 20 % de fer libre; - cutanes rouge-vif, - ferranes; - 20% d'argile	- gris-jaune perpendiculaire au remplissage rouge-foncé; - goethite >> hématite; - 7% de fer libre; - haloglébules, - quartz perpendiculaire aux filonnets de quartz; - 50 % d'argile	- rouge-foncé à cutanes microlités rouge-vif; - quartz perpendiculaire à l'alignement des filonnets de quartz; - plasma noir, opaque et isotrope
Allotérite blanche	- brun foncé 30 à 40%, - goethite ; - remplissages microlités ; - plasma gris mosépique; - les imprégnations ferrugineuses; - 11% de fer libre; - 40% d'argile	- grise mosépique 60 à 70%; - 2% de fer libre sous forme de goethite; - 50% d'argile	

Cette orientation des quartz suggère l'élargissement des fissures par vidange de la phase isaltéritique. Cette pédoturbation de la phase isaltéritique est postérieure à la déferruginisation.

Les remplissages rouge-foncé sont horizontaux. Ils sont composés d'un plasma rouge-foncé et isotrope, d'un squelette quartzeux (certains quartz sont perpendiculaires à la direction d'allongement des filonnets quartzitiques) et de papules microlitées.

Les remplissages gris-jaune (7% de fer libre) sont verticaux. Ils ont un squelette identique à celui des remplissages rouge-foncé. Ils possèdent des inclusions de plasma rouge-foncé et isotrope. Ils présentent également des papules jaunes microlitées. Ici ces papules sont alignées verticalement.

Les directions perpendiculaires des remplissages mettent en évidence des fractures qui sont les voies de drainage latéral dans lesquelles se déposent sable et argile.

Les reliques de plasma rouge-foncé et isotrope dans les remplissages gris-jaune suggèrent une déferruginisation qui se fait préférentiellement dans les remplissages verticaux.

L'orientation des quartz parallèle à l'allongement des filonnets quartzitiques hérités du gneiss dans les fissures suggère la formation du système soutirant à partir de l'isaltérite.

Cette transformation de l'isaltérite en horizon soutirant s'est faite en deux étapes :

**la première étape est caractérisée par :**

- le vidange et la fragmentation des constituants de l'isaltérite gris-mauve;
- le remplissage par des constituants détachés des bordures des fissures;
- la ferruginisation de l'isaltérite gris-mauve accompagnée de l'apparition de la goéthite;

**la deuxième étape est déterminée par :**

- la déferruginisation préférentielle des remplissages verticaux ;
- le vidange par flux turbulent des remplissages gris-jaune pauvres en fer suivi de l'élargissement des cassures et de la destruction de la phase isaltéritique;

Ainsi La transformation de l'isaltérite gris-mauve en horizon soutirant est déclenchée par un vidange suivi d'une illuviation des constituants de l'isaltérite. La formation du soutirant à partir de l'isaltérite est attribuée aux écoulements latéraux et internes. La déferruginisation

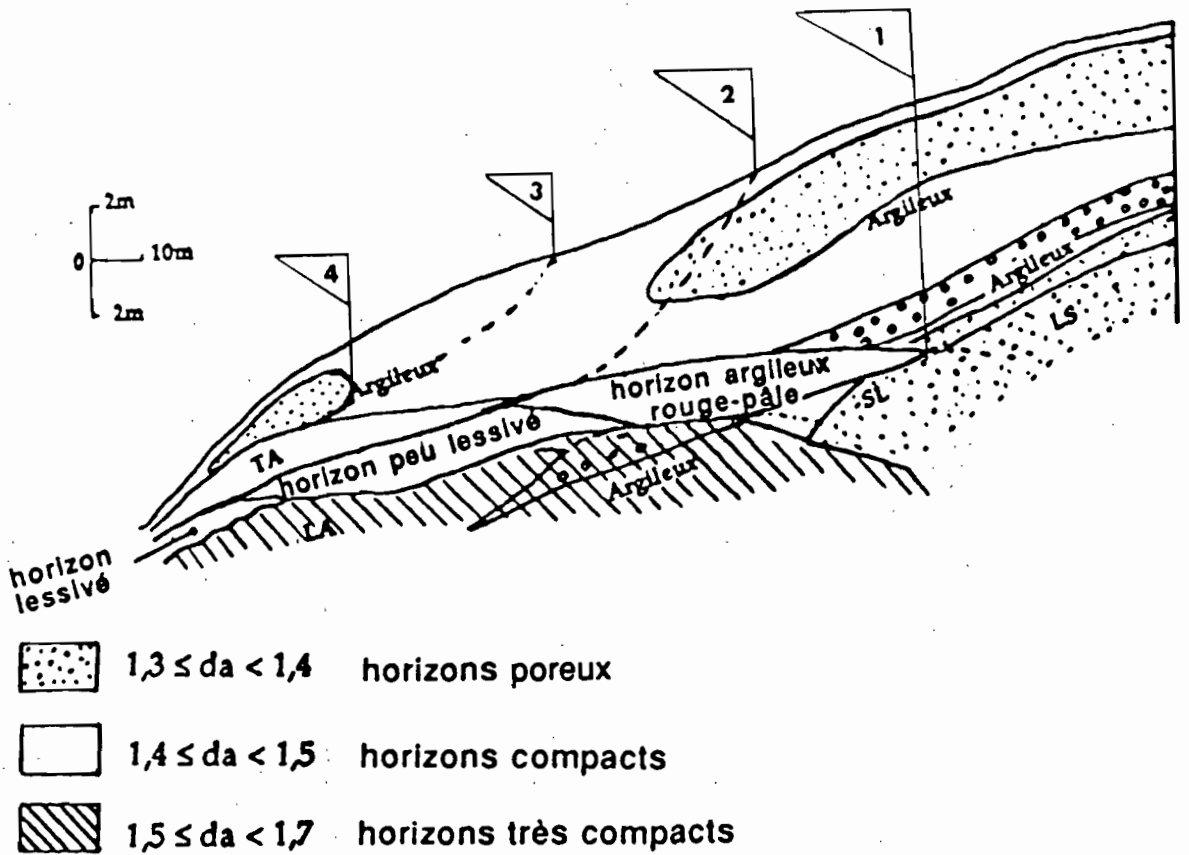
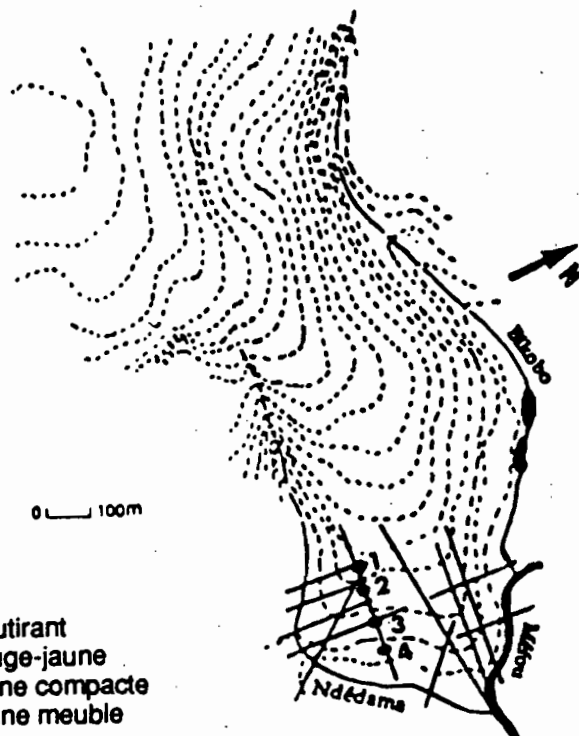


Fig : 69 Relation entre les horizons poreux et le lessivage d'argile; distribution latérale des points de différenciation

1, 2, 3, 4 points de différenciation



- 1 - apparition du système soutirant
- 2 - apparition de la phase rouge-jaune
- 3 - apparition de la phase jaune compacte
- 4 - apparition de la phase jaune meuble

Fig 70 plan de layonnage du domaine des sols ferrallitiques rouge et à horizon jaune

favorise les détachements des constituants de l'isaltérite rouge-foncé alors que la ferruginisation cimente leurs dépôts.

Dans le sol rouge, l'allotérisation résulte d'une pédoplasation associée à une réorganisation localisée par la faune et les racines. Ici, en bas de pente, l'isaltérite se transforme en horizon soutirant par les écoulements latéraux assurés par les cassures.

*Aux phénomènes biopédologiques succèdent les phénomènes hydrodynamiques.*

### **3 - Relation entre le système à horizon jaune et le système soutirant.**

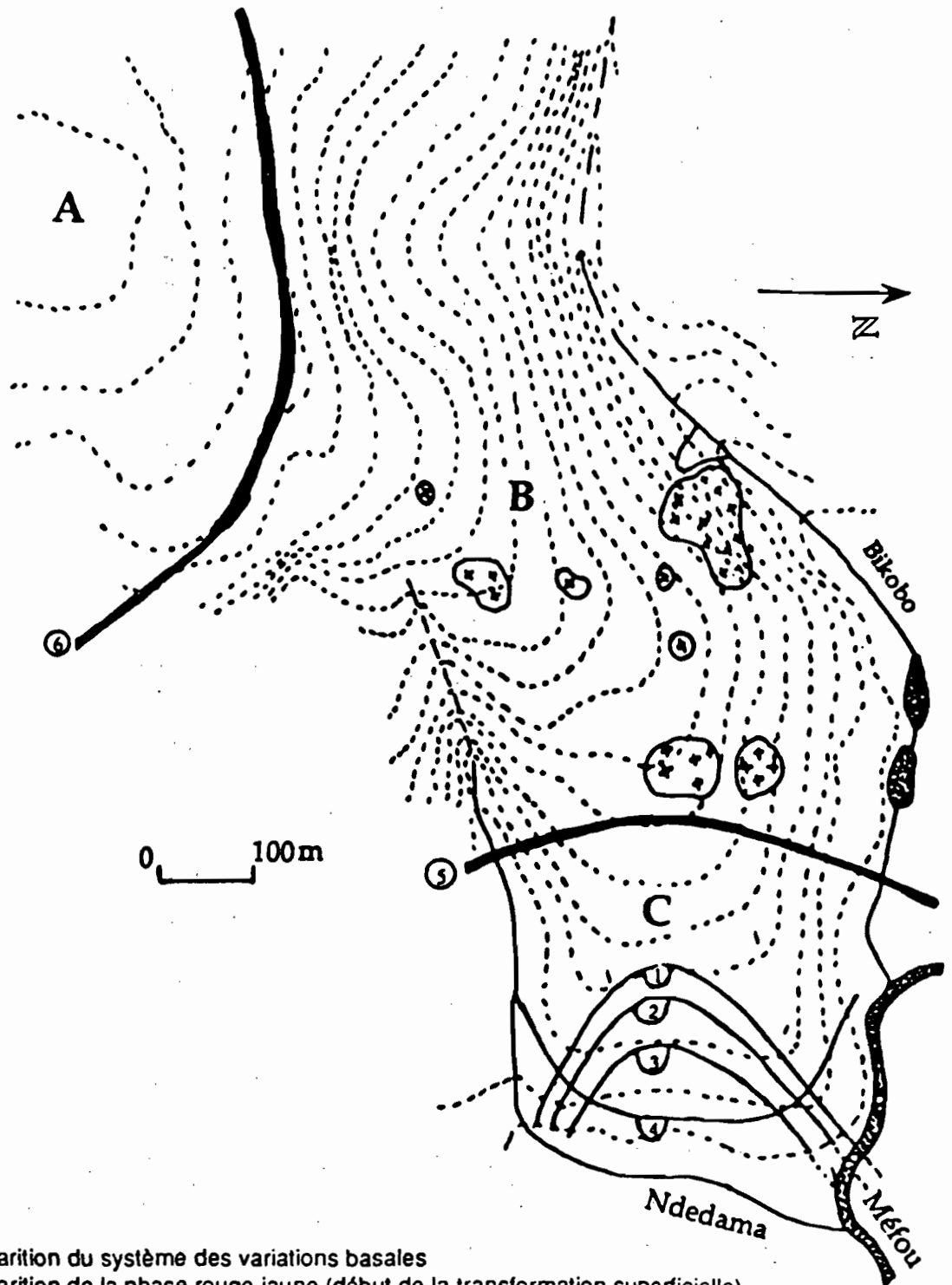
L'allotérite blanche décrite précédemment est à la base du système des variations basales ou système soutirant. Ce système soutirant est superposé au système de transformations superficielles ou système à horizon jaune dans la partie aval. Mais leurs limites sont disjointes dans la partie amont (figure 32 p. 74). Dans ce paragraphe, nous envisagerons décrire leurs relations génétiques.

#### **31 - Formation du plancher du système soutirant actuel**

Dans l'horizon réticulé argilo-sableux qui est le plancher du système soutirant, le plasma gris microlité est traversé par des fissures (photo 24). Les parois de ces fissures sont imprégnées de fer. L'apport du fer est alors postérieur à l'illuviation d'argile. Etant donné qu'il y a diminution du fer libre lorsqu'on passe des horizons rouges aux horizons jaunes, le fer redistribué dans l'horizon réticulé pourrait donc provenir du fer libéré du plasma rouge. Les deux systèmes de variations basales et superficielles sont donc probablement liés par les transferts de matière.

La faible induration et la ferruginisation du plasma illuvial dans l'horizon réticulé (photo 25) montrent que l'illuviation des argiles dans le "plancher" du soutirant n'est pas actuelle. Elle peut s'expliquer par le ralentissement du flux du drainage latéral pendant le climat sec signalé par SIEFFERMANN (1973) et TILHO (1947) cité par SERVANT(1974).

Le plasma gris microlité entre les grains du squelette suggère que le plancher est un ancien horizon soutirant qui a acquis les caractères



- 1 - apparition du système des variations basales
- 2 - apparition de la phase rouge-jaune (début de la transformation superficielle)
- 3 - apparition de l'horizon jaune
- 4 - apparition des taches rouilles et des nodules ferrugineux dans la phase brun-jaune
- 5 et 6 - limite entre les domaines pédologiques

**A - domaine à horizons nodulaires épais et à blocs de cuirasse**  
**B - domaine à sols rouges associés à la roche subaffleurante**  
**C - domaine à horizon jaune et à horizon soutirant**

**Fig : 71 Organisation en plan de la couverture pédologique du lobe I**

illuviaux. Le blocage du soutirage au niveau de ce plancher peut s'expliquer par la cimentation l'argile par le fer d'origine illuviale.

Le plancher du soutirant se forme alors par illuviation de l'horizon éluvié, redistribution du fer libéré du plasma du système à horizon jaune. Ce plancher est alors un ancien horizon éluvio-illuvial durci pendant la période sèche.

### **32- Génèse de l'horizon jaune meuble et de l'horizon bariolé du système à horizon jaune.**

En aval de la toposéquence, un horizon jaune poreux se développe au-dessus des horizons compacts (figure 69). Cet horizon prend naissance en bas de pente comme l'horizon lessivé actif.

Dans cet horizon jaune, les micronodules présentant des remplissages argileux (photo 27). Le maintien de ces remplissages argileux dans les micronodules montre qu'il y a transformation de la phase jaune compacte en phase jaune meuble et poreuse. Cette transformation est provoquée par la redistribution du fer qui facilite la mobilisation de l'argile des remplissages argileux de la phase jaune compacte. Cette destruction des argilanes est alors responsable d'une augmentation de la porosité en bas de pente.

Le soutirage résulte de la concentration d'eau en aval de la séquence (BOULET, 1974) qui facilite la déferruginisation d'où résulte la mobilisation des argiles (CHAUVEL 1977). Ces argiles s'accumulent en partie à la base de l'horizon bariolé ( photo 29).

Cette relation entre la porogenèse et le soutirage a été aussi décrite dans un milieu tempéré par GAIFFE et al. ( 1985).

Le recoupage de la phase rouge-rouille par la phase grise (figure 54, page 166) suggère que la base de l'horizon jaune meuble est affectée par la déferruginisation partielle de la phase rouille responsable du bariolage. Cette déferruginisation est aussi une conséquence de la concentration d'eau en bas de pente.

**Conclusion.** *Le soutirage actuel est la conséquence de la concentration d'eau en bas de pente. Cette concentration d'eau provoque une déferruginisation partielle responsable du bariolage et d'une transformation*

*de la phase jaune compacte en phase jaune meuble par migration de l'argile des argilanes en profondeur. Cette migration des argiles est alors un agent de porogenèse. Le système soutirant et le système à horizon jaune sont alors interdépendants.*

### **33 - Relation entre soutirage et tassement.**

La figure 70 présente le plan de layonnage en bas de pente le long duquel sont jalonnées les points de différenciation.

Le système soutirant apparaît latéralement plus haut dans le versant que le système à horizon jaune (Fig 71). En outre, les courbes d'isodifférenciation des phases rouge-jaune et jaune sont parallèles à celle de l'apparition du système soutirant. Il y a alors une relation entre tassement interne du système soutirant par départ de matière, compacité de l'horizon jaune de surface et forme concave du relief. Il nous semble que c'est le tassement interne du système soutirant ( Fig ; 63 page 183) qui soit à l'origine du ralentissement du drainage ( figure figure 20B page 45). Ce drainage est à l'origine de la dissolution préférentielle de l'hématite responsable du tassement des horizons de transition rouge-jaune.

*Le jaunissement résultant de la dissolution de l'hématite apparaît alors comme une conséquence de l'établissement d'un système soutirant.*

### **34 -Deux périodes de fonctionnement du soutirant**

Le soutirage a duré longtemps si l'on en juge par la grande épaisseur (3m environ) de l'horizon réticulé argilo-sableux éluvio-illuvial. Cependant, la ferruginisation qui a rendu inopérant ce réseau de circulation d'eau interne indique un arrêt de ce lessivage ancien.

*Puisque le système fonctionne actuellement, il y a donc eu deux périodes d'activité du système soutirant.*

Effectivement, on a pu distinguer deux horizons soutirants emboîtés, le plus récent étant surimposé au système ancien. Cependant, le système soutirant ancien paraît surdimensionné par rapport aux écoulements actuels.

Deux facteurs différents alors peuvent se combiner pour modifier le débit du soutirage :

- changement du régime des averses se repercutant sur le taux d'infiltration;

- réduction du bassin d'alimentation d'eau par érosion d'une partie de la couverture meuble en amont.

Le système soutirant est un exutoire ou source des eaux internes qui circulent latéralement dans la couverture de sols ferrallitiques.

Ainsi, la couverture de sols ferrallitiques paraît comporter un réseau de circulation interne des eaux infiltrées et un réseau de circulation d'eau externe représenté par les talwegs interlobes. Le premier reste sous le contrôle possible du second.

*Il apparaît donc une adaptation possible du système soutirant à un changement dans la pluviométrie ou/et à une diminution de l'importance de la couverture ferrallitique qu'il draine.*

### 35 - Origine et évolution de l'horizon de transition rouge-jaune à taches jaunes.

Cet horizon est au coeur des trois systèmes : sol rouge initial, système soutirant, système à horizon jaune. Il apparaît progressivement à l'aval de l'horizon rouge dense à faces luisantes du sol rouge.

**Tableau 52 - Caractères essentiels de l'horizon rouge dense et de l'horizon de transition rouge-jaune à taches jaunes.**

Horizon denses à faces luisantes	phase rouge	rouge-jaune à taches jaunes
taches jaunes	1 à 2% non poreuses	10 à 15% poreuses
structure	continue	continue
vides	microfissures de 30 à 60 microns non comminucantes	microfissures en réseau discontinu à parois imprégnées de fer; grosses fissures en réseau polygonal
porosité	46 - 48	40 - 48
orientation plasmique	bimasépique et lattisépique	vosépique et lattisépique
cutane et papule	rouge microlité	jaune microlité
fer libre en % de Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12 à 13	8
argile en %	60	60
nature des oxydes de fer	hématite>goethite	goethite>>hématite
taux de substitution d'alumine dans les goethite en % de mole d'AlOOH	7	6



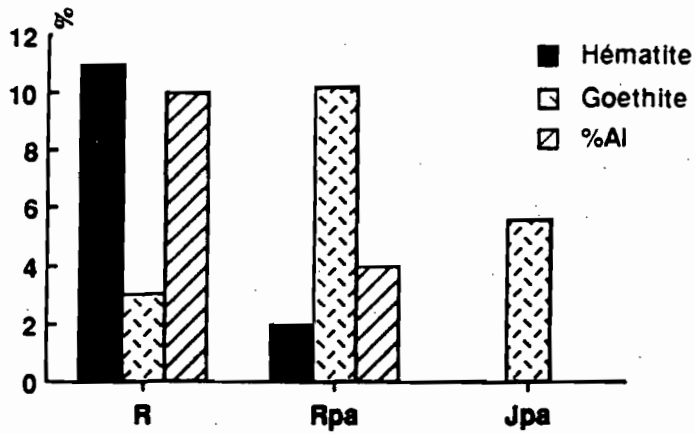


Fig : 72 Evolution des oxydes de fer et de la substitution en alumine dans les goethites de l'horizon rouge dense à l'horizon jaune-pâle

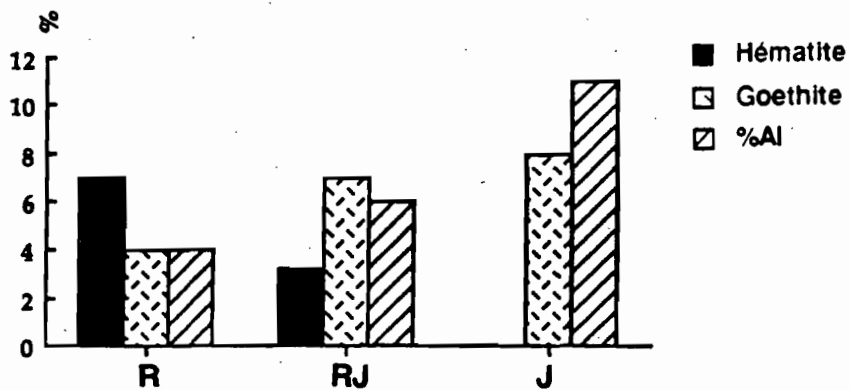


Fig : 73 Evolution des oxydes de fer et de la substitution en alumine dans les goethites de l'horizon rouge microagrégé à l'horizon jaune

Dans cette zone de transition, les microfissures non communicantes s'organisent en réseau (tableau 52). Cette réorganisation des microfissures suggère une relation de transformation entre l'horizon rouge dense et l'horizon rouge-jaune à taches jaunes. Cette transformation est caractérisée par :

- une diminution du fer libre dans le plasma soulignant une déferruginisation qui consiste en une dissolution de l'hématite;
- une apparition de larges fissures de 0,5 à 1mm qui caractérisent une amorce de soutirage ;
- un jaunissement des cutanes rouges microlités témoignant d'un milieu très humide ;
- une accentuation des orientations plasmiques due aux alternances d'humectation et de dessiccation;
- un développement des taches jaunes dans les zones poreuses qui sont les lieux de concentration d'eau responsable du soutirage.

Le suivi vertical de la porosité (figure 64 page 184) montre une augmentation de la porosité totale mesurée sur mottes dans la partie aval de l'horizon rouge-jaune à taches jaunes, au-dessus de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux lessivé. Cette évolution de la porosité est en accord avec le développement d'un réseau polygonal de fissures au-dessus de l'horizon soutirant. Ces fissures qui traversent un horizon rouge-jaune sont postérieures au tassement.

*Conclusion. L'horizon rouge-jaune à taches jaunes est issu de l'horizon rouge dense du sol rouge par tassement. Ce tassement est antérieur à la déferruginisation partielle marquée par la dissolution de l'hématite. Actuellement, cet horizon devient tacheté de jaune et poreux sous l'influence de la concentration d'eau et du soutirage actuel. Le soutirage actuel détruit alors les traces de l'ancien soutirage.*

#### **4 - Evolution des oxydes de fer.**

##### **4 1- Décoloration et jaunissement.**

Dans la toposéquence, il y a deux séquences de couleur correspondant au système soutirant et au système à horizon jaune:

du rouge (2,5YR4/6) au jaune (2,7YR5/6) et du rouge au jaune-pâle (7,5YR7/6).

Ces couleurs pâles correspondent à des clartés (values) élevées définissant la décoloration (Code Munsell).

Lorsqu'on passe de l'horizon rouge ( 2,5 YR 5/6) microagrégé à l'horizon jaune (7,5YR5/6) compact, la teinte (hue) est plus jaune et la pureté (chroma) reste identique. Cette évolution de couleur est qualifiée de jaunissement (Code Munsell).

Les figures 72 et 73 représentent l'évolution des quantités relatives d'oxydes de fer et du taux de substitution d'aluminium dans les goethites dans les deux séquences de couleur.

Dans la séquence rouge/jaune-pâle, on constate (Figure 72) :

- une augmentation suivie d'une diminution des pourcentages de la goethite correspondant à une diminution ordonnée de l'hématite et de la goethite.
- une diminution de la quantité d'hématite;
- une diminution du taux de substitution de la goethite en aluminium.

La disparition de l'aluminium dans le réseau cristallin de la goethite dans la phase jaune-pâle est en rapport avec le drainage extrême du milieu soutirant.

Dans la séquence rouge/ jaune, on remarque (Figure 73) :

- une diminution graduelle de l'hématite dont la conséquence est l'accumulation relative de la goethite;
- une augmentation du taux de substitution en aluminium dans la goethite.

Cette augmentation du taux de substitution en aluminium est en rapport avec le tassement. Elle est fonction du milieu moins humide au Brésil (VOLKOFF et al. 1989).

L'augmentation progressive du taux de substitution en alumine dans la phase jaune est en relation avec le ralentissement du drainage dû au tassement.

**Conclusion** *Le jaunissement des horizons rouges résulte de la dissolution préférentielle de l'hématite qui entraîne une accumulation relative de la goethite. Le taux de substitution en aluminium dans cette goethite est de plus en plus élevée à mesure que le drainage devient ralenti.*

*La décoloration des horizons rouges correspond à la dissolution ordonnée de l'hématite et de la goethite. La goethite résiduelle a un taux de substitution en aluminium nul. Cette décoloration caractérise les milieux à drainage important traversé par un flux hydrique latéral.*

*Le taux de substitution d'aluminium peut être considéré comme marqueur du drainage interne du sol.*

Des nombreux auteurs (FRITSCH et al. 1989; FRITSCH et al. 1992, MACEDO et al. 1987, 1989) ont étudié ce changement de couleur, mais n'ont pas distingué le jaunissement de la décoloration sauf RAJOT (1992) qui l'appelle blanchiment (couleur du sol déferrifié).

L'évolution du taux de substitution a été considéré comme marqueur du matériel originel du sol (SCHWERTMANN et al., 1986), des conditions d'hydromorphie (FITZPATRICK et al. 1982) et des variations climatiques et minéralogiques (VOLKOFF et al. 1989).

## **5 - Relation entre couverture pédologique et modelé**

### **51 - Génèse de la gouttière en bas de pente du lobe long.**

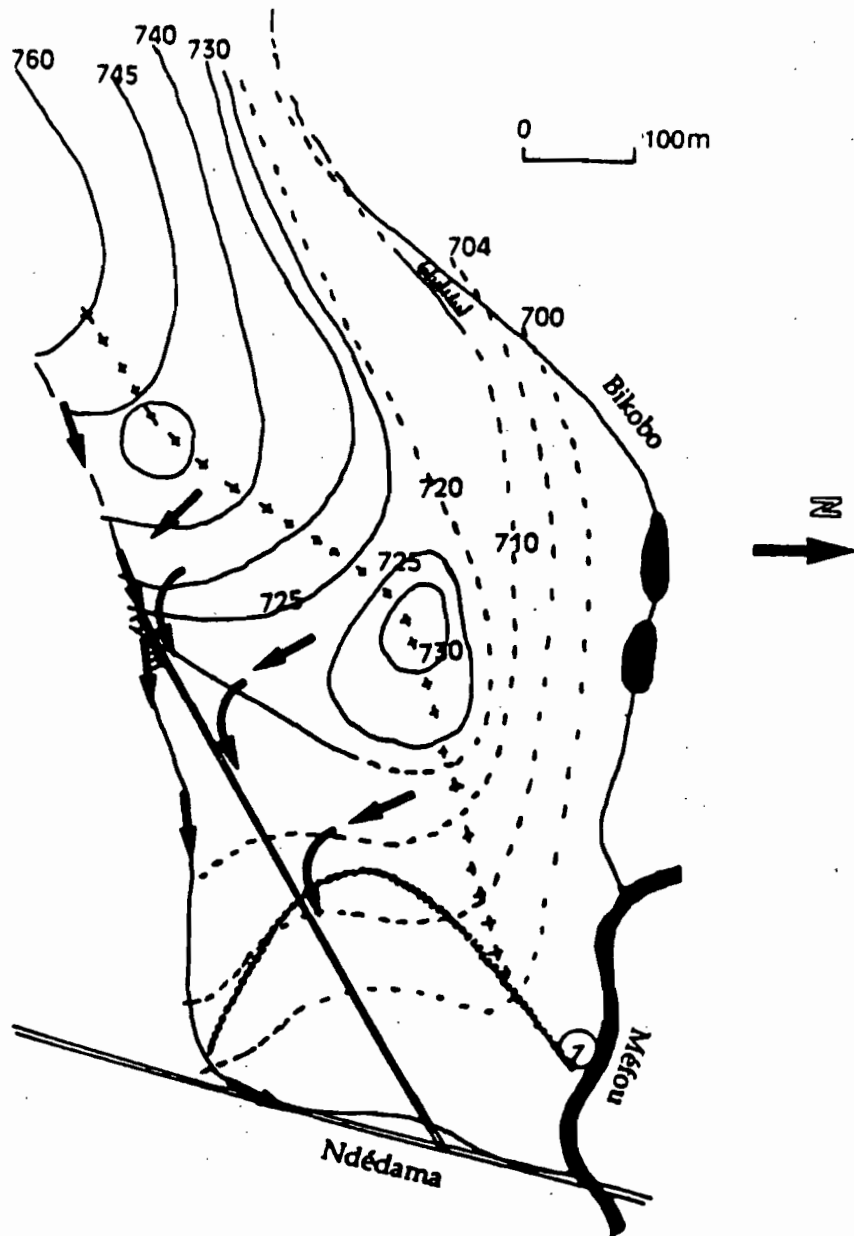
La concavité du relief en bas de pente correspond à l'apparition et au développement du système éluvio-illuvial. Cet enfoncement du relief est alors probablement la conséquence du soutirage profond d'argile.

*La dépression ouverte vers l'axe de drainage dans le lobe I est alors d'origine pédologique.* La formation d'un microlief par soutirage d'argile a été aussi décrite par BOCQUIER (1971) au Tchad et par CHAUVEL (1977) en Casamance.

### **52 - Relation entre fractures et système soutirant.**

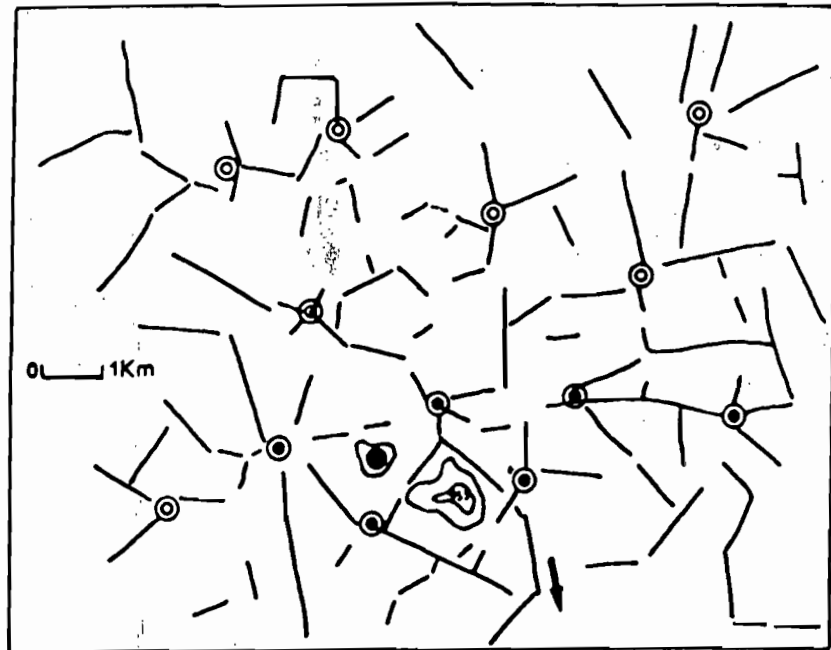
Une fracture de direction  $52^{\circ}\text{N}$  a été identifiée dans les altérites de la transition du sol rouge et du système soutirant (Figure 74). Cette fracture s'aligne avec l'escarpement situé au sommet d'un talweg de l'affluent de la rivière Ndedama. La concavité et le jaunissement de la partie aval du lobe I semblent être en rapport avec cet accident tectonique.

Dans la partie aval de cette cassure, s'établit un système soutirant (Figure 74). Ce système de transformation est à l'origine du tassement responsable de la mise en place des sols à horizon jaune. Les sols à horizon jaune semblent s'aligner selon la direction des linéations de SW-NE de Yaoundé (Figure 75). Cette direction des linéations correspond à celle de la faille de la Sanaga et du linéament qui traverse le Mont- Cameroun.



- ◆◆◆◆◆ - ligne de partage des eaux(L.P.E)
- - courbe d'isobathe du toit de la roche
- - - - - - courbe d'isobathe du toit de l'isaltérite
- ⚡⚡⚡⚡⚡ - escarpement rocheux
- ==== - fracture
- ➔ - sens de l'écoulement des eaux souterraines
- ① - courbe d'isodifférenciation du système des transformations basales

**Fig : 74 Relation entre le système soutirant profond et le réseau des fractures à l'échelle du lobe**



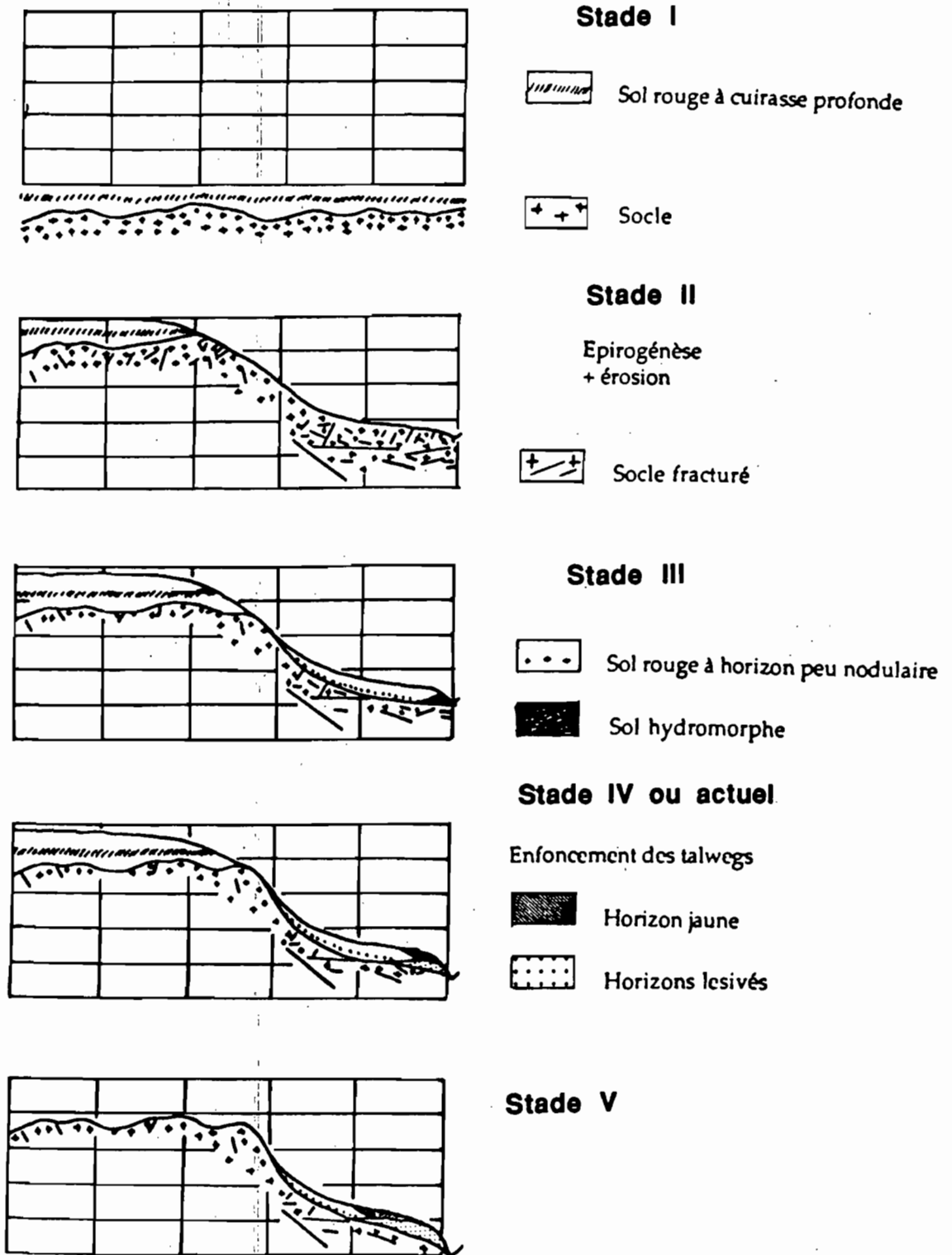
- colline de Minkoaméyos
- ⊙ sol jaune repéré
- sol jaune à repérer
- sens de l'écoulement des cours d'eau
- talwegs alignés

**Fig : 75 Alignement des points jaunes le long des fractures**

Cette relation entre cassure, soutirage et jaunissement nous amène à émettre l'hypothèse suivante :

La cassure décrite ci-dessus, intercepte l'eau des pluies qui circule de la ligne des crêtes vers les bas-fonds du premier ordre (Figure 74). Elle la canalise ensuite dans son croisement avec une autre fracture exploitée par le ruisseau Ndedama. Cette rencontre des cassures constitue une zone constamment inondée même pendant la grande saison sèche. Dans cette zone de concentration d'eau naît alors un système soutirant profond qui progresse vers le sommet du lobe I. Cette constatation confirme l'hypothèse émise par SAVANE et al., 1991 selon laquelle l'intersection des fractures constitue un grand réservoir d'eau en bas de pente.

*La transformation du sol rouge initial en système soutirant est alors déterminée par les cassures qui sont les vecteurs d'eau des précipitations dans les points bas du paysage. L'exutoire de cette eau constitue alors un système soutirant. Le déséquilibre de la couverture de sols ferrallitiques rouges est alors provoqué par l'action combinée du climat et de la tectonique.*



**Fig 76 : Schéma de l'évolution du modelé et de la couverture pédologique de la colline d'étude**



## 6 - Essai de reconstitution du modelé de la colline de Minkoaméyos et la différenciation de la couverture ferrallitique.

A la lumière de l'organisation structurale de la couverture pédologique du lobe I, nous pouvons tenter de reconstituer l'évolution de la couverture des sols de la colline de Minkoaméyos (Fig 76 ).

Cette colline a connu des alternances de phases d'équilibre et de déséquilibre biologiques ou biostasie par opposition à la rhéxistiasie (ERHART, 1967).

A l'origine, la colline d'étude de Minkoaméyos était un plateau cuirassé en profondeur. Les reliques de cette cuirasse occupent encore le sommet de cette unité de modelé.

Le passage du plateau à la colline a été assuré par une épirogénèse de grande envergure suivie d'une érosion intense et différentielle au niveau des zones fragilisées.

Cette rupture d'équilibre a été suivie d'une mise en place d'une pédogénèse plus intense dans les zones fragilisées suivie d'une installation des sols hydromorphes dans les talwegs.

Un autre soulèvement du socle a provoqué une autre reprise d'érosion plus intense dans la zone côtière et peu marquée dans l'arrière pays. Dans la zone d'étude cette reprise d'érosion a entraîné un enfoncement des talwegs responsable du dégagement partiel du dôme rocheux ou inselberg et du soutirage des argiles dans les zones de concentration d'eau par les cassures pendant les climats humides.

La conséquence de l'établissement de ce système soutirant est l'enfoncement des horizons de surface responsable de la mise en place du système transformant superficiel et des dépressions en forme de gouttière en bas de pente.

Dans l'avenir, s'il y a encore épirogénèse, et si le climat continue d'être humide, nous pourrions prévoir, un inselberg à la place de la colline de Minkoaméyos et l'extension latérale et verticale des systèmes transformants profond et superficiel vers le sol ferrallitique rouge.

La remontée du système transformant profond vers la surface pourra installer une séquence de sol à horizon jaune/sol décoloré sableux et hydromorphe à la place de la toposéquence sol rouge/sol à horizon jaune.

Le reste de la couverture pédologique à cuirasse dégradée sera complètement substitué par le dôme rocheux.

-----

## **Conclusion générale**



## Conclusion générale

La couleur des horizons B est un caractère de différenciation important des sols ferrallitiques pris en compte dans plusieurs systèmes de classification des sols par exemple le C.P.C.S. Effectivement, la couleur du sol est en relation non seulement avec la composition minéralogique et les processus qui l'ont fait évoluer, mais aussi avec le potentiel de fertilité comme la richesse en oligo-éléments.

Au Sud-Cameroun, entre les fleuves Nyong et Sanaga, le sol rouge et le sol jaune sont associés de façon complexe. Mais, on note une dominance des sols rouges au Nord et des sols jaunes au Sud.

C'est le cas aussi dans le bassin de la Méfou où se situe le secteur étudié. Ce secteur, localisé dans la partie médiane de ce bassin, présente des sols rouges qui dominent largement sur des sols jaunes limités dans les bas de pente de forme concave. Le reste de la pente est convexe. La répartition de la couleur du sol est donc ici en relation avec le modelé.

L'étude focalisée sur le passage sol rouge-sol à horizon jaune de bas de pente a pour but de faire comprendre les relations existant entre les évolutions morphologiques et pédologiques.

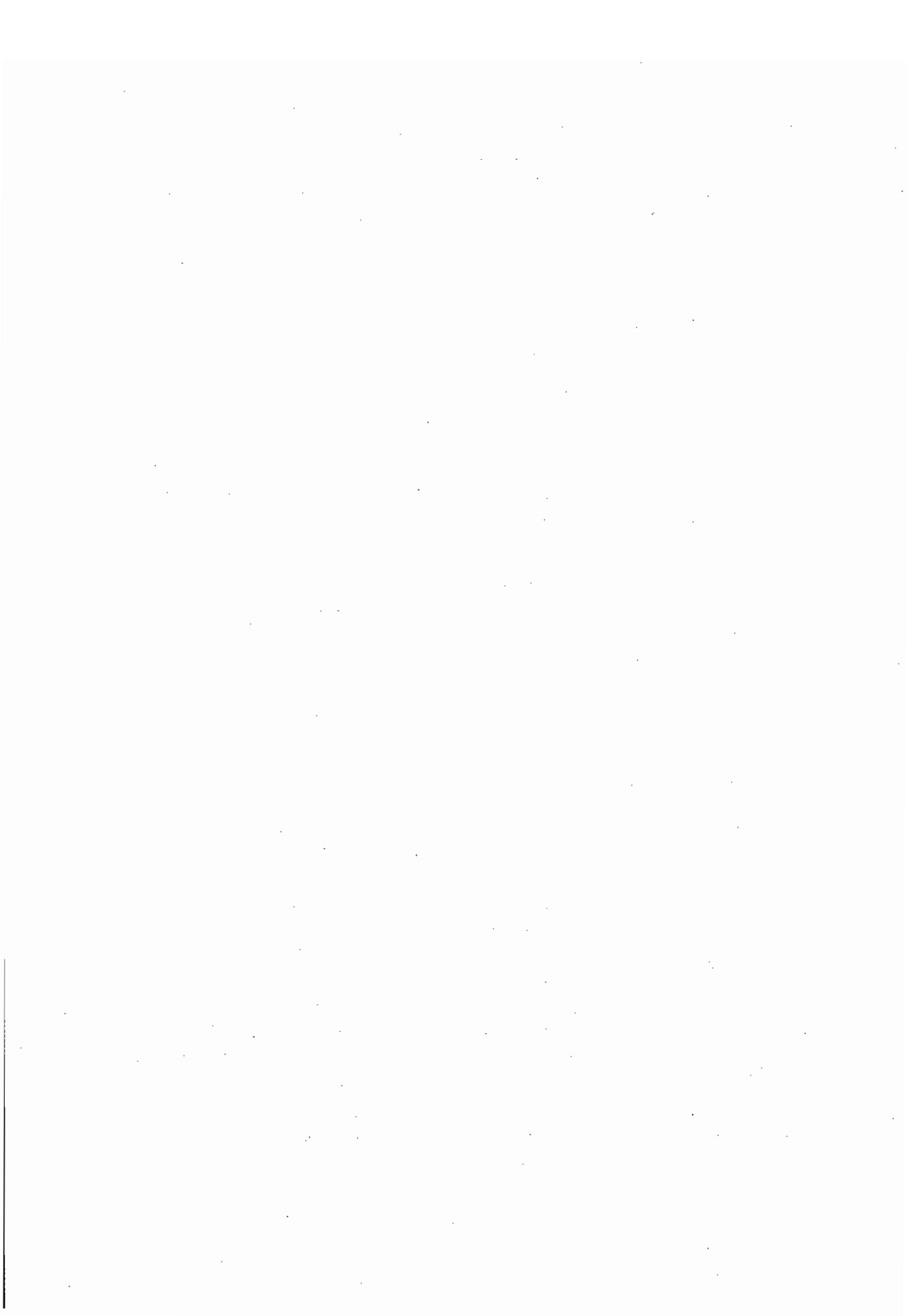
### Principaux résultats

A partir du sol ferrallitique rouge se constitue en bas de pente, un ensemble d'horizons à distribution verticale et latérale. Ces horizons sont agencés en deux systèmes : le système des variations superficielles ou système à horizon jaune et le système des variations basales ou système soutirant. Ces deux systèmes sont superposés en aval et disjoints en amont de la toposéquence étudiée.

**Le système à horizon jaune** correspond à une transformation du sol rouge en sol à horizon jaune.

Dans la zone de passage du sol rouge au sol à horizon jaune, c'est le drainage ralenti qui est à l'origine du jaunissement. Ce dernier résulte de la dissolution de l'hématite et de l'accumulation relative de la goethite. La dissolution de l'hématite est à l'origine du tassement.

En aval de ce système, la redistribution de fer facilite l'érosion des remplissages argileux. Ce qui a pour effet la transformation de la phase jaune compact en phase jaune meuble et poreuse.



Le système soutirant est caractérisé par la présence d'un horizon jaune-pâle sablo-argileux et éluvié en argile avec à la base un ensemble éluvio-illuvial représenté par des horizons réticulés faiblement indurés argilo-sableux correspondant à un ancien horizon soutirant. Cet horizon est au-dessus une allotérite blanche issue de l'isaltérite rouge-foncé par hydroperturbation. Soutirage et hydroperturbation résultent des écoulements latéraux qui se produisent au sein de l'isaltérite rouge-foncé. Ils sont favorisés par les cassures.

Le système soutirant est alors le résultat de deux phases de lessivage d'argile qui se sont succédées au cours du temps. Ces deux phases de fonctionnement du soutirage sont probablement déterminées par les variations climatiques et / ou la diminution de l'extension du bassin d'alimentation par l'érosion de la couverture ferrallitique.

La première phase, représentée par l'horizon réticulé argilo-sableux ou éluvio-illuvial, a été à l'origine de la dissolution des lithoreliques et des nodules gibbsitiques du sol rouge. Les marqueurs de cet ancien horizon éluvié sont constitués par des nodules ferrugineux riches en quartz que l'on trouve à l'amont du système soutirant.

La seconde, fonctionnant actuellement, correspond à une reprise du lessivage d'argile et elle est responsable de:

- la décoloration du plasma rouge par déferruginisation;
- la cortification des nodules ferrugineux à quartz corrodés du sol rouge. Elle se fait par dissolution de la kaolinite, redistribution du fer et puis septariation.

**Dans le climat équatorial humide, la couverture de sols ferrallitiques est soumise à des phases successives de soutirage d'argile.**

La coïncidence existant entre la concavité de la surface topographique, l'apparition et le développement du système soutirant montre que la compacité qui est à l'origine du jaunissement a été provoquée par le tassement interne du système soutirant. Ce tassement interne détermine le drainage ralenti et l'affaissement de la surface topographique.

Le décalage dans l'espace existant entre le système soutirant et le système à horizon jaune à l'aval du sol rouge initial n'implique pas une genèse indépendante de deux systèmes pédologiques superposés.

Le système soutirant a provoqué le tassement interne qui favorise le jaunissement des matériaux sus-jacents par ralentissement du drainage interne *marqué par une élévation du taux de substitution des goethites en aluminium*. Ce système soutirant reçoit du fer libéré par le plasma des horizons rouges tassés. Ce fer s'accumule à la base pour former un "plancher " quasi-imperméable. **Les pédogenèses de profondeur et de surface s'influencent mutuellement.**

### **Particularités de la colline de Minkoaméyos**

La colline d'étude est délimitée par des cassures mises en évidence par des alignements de talwegs ou linéaments. Ces cassures sont suivies des talwegs qui taillent les versants de cette colline en lobes (interfluves élémentaires). Les linéaments ne jalonnent le tracé du réseau hydrographique que là où et quand leur position et leur direction offrent aux écoulements le plus fort gradient gravitaire. Les linéaments les plus accentués ne correspondent pas forcément aux cassures les plus importantes et réciproquement. Certaines de ces cassures enfouies sous la couverture de sols interceptent l'eau des précipitations venant de la ligne des crêtes et la concentrent dans leurs jonctions situées dans les points bas du paysage. Cette eau concentrée par les fractures provoque le soutirage profond des argiles, lui-même responsable du jaunissement du sol ferrallitique rouge en bas de pente. Ces points singuliers du paysage s'alignent suivant la direction des axes de cassures à l'échelle du paysage.

**Le déséquilibre qui est à l'origine de la double transformation observée en bas de pente des lobes longs dominés par des sols ferrallitiques rouges, a été alors déterminé à la fois par des évènements tectoniques et des changements climatiques. Ainsi, l'intersection de certains linéaments peut orienter les différenciations pédologiques propres. Ces différenciations peuvent inversement aider à déterminer les linéaments importants.**

## Perspectives

La caractérisation du passage sol rouge sol à horizon jaune nous a conduit à poser certaines hypothèses concernant la dynamique de l'eau qu'il faudrait confirmer par une étude hydrodynamique.

Par ailleurs, la zone de transition ne représente qu'une petite partie de la séquence complète, qui a environ 1 km d'extension. L'étude des relations entre sols rouges du versant et sols du sommet de la colline n'a pas été abordée assez profondément pour savoir si les sols rouges qui se transforment en sol à horizon jaune sont contemporains ou postérieurs à ceux du sommets.

Enfin Cette séquence montre des affleurements rocheux présentant des stades différents d'altération qu'il faudrait relier aux différents faciès pétrographiques.



## **Bibliographie**



## BIBLIOGRAPHIE

- BACHELIER G., 1956 - Etude pédologique des sols de Yaoundé. Contribution à l'étude de la pédogénèse des sols ferrallitiques. *Agronomie tropicale*, vol. XIV, n°3, p. 279-305.
- BACHELIER G., 1977 - Mise au point sur l'action des termites dans le sol. *Science du sol*, n° 1, p. 3-12.
- BALL E., BARD J. P. & SOBA D., 1984 - Tectonique tangentielle dans la cartozone panafricaine du Cameroun: les gneiss de Yaoundé. *Journal of African Earth sci.*, vol. 2, n°2, p 91-95.
- BEAUDOU A. G. et CHATELIN Y., 1979 - La pédoplasation dans certains sols ferrallitiques rouges de savane en Afrique centrale. Cahier ORSTOM, sér. pédo., vol.XVII, n°1 p. 91-95.
- BESSELES B et LASSERE M., 1977 - Le complexe de base du Cameroun Bull. soc. Géol. Fr, vol.XIX n°5, p.1085-1092.
- BILONG P., ENO BELINGA S & VOLKOFF B., 1992 - Séquence d'évolution des paysages cuirassés et des sols ferrallitiques en zones forestières tropicales d'Afrique centrale. Place des sols à horizons d'argile tachetée. *C. R. Acad. Sci. Paris*, t. 314. Série II, p 109 - 115.
- BITOM D., 1988 - Organisation et évolution d'une couverture ferrallitique en zone tropicale humide (Cameroun) genèse et transformation d'ensembles ferrugineux indurés profonds. Thèse Univ. Poitiers n°188, p 164.
- BOCQUIER G., 1971 - Génèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse d'Etat, univ. Strasbourg et Mém. ORSTOM n°62, 1973, 350 p.
- BOULANGE B., 1984 - Les formations bauxitiques latéritiques de Côte - d'Ivoire: les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modelé. Trav et doc. ORSTOM, n° 175, 341 p.

BOULET R., 1974 - Toposéquences de sols tropicaux en Haute Volta : équilibre dynamique et bioclimatiques. Thèse Sci., Université Louis Pasteur Strasbourg, 330p.

BOULET R., 1978 - Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique Guyanais: un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre. *Science du sol*, n° 2, p 75-82.

BOULET R., 1978 - Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta: équilibre dynamique et bioclimats. Mém. ORSTOM n°85, 272 p.

BREWER, 1964 - Fabric and mineral analysis of soils. J.Wiley and sons, New York, 470p.

BRUAND A., SALECK O. M., PAGLIAI M., BEGON J. C., 1992 - Modifications structurales (assemblage élémentaire) liées à l'activité racinaire au sein de sols limono-argileux. *C. R. Acad. sci. Paris*, t. 315, série II, p. 757-764.

BULLOCK P., JONGERUS A., FEDOROFF N., STOOPS G., TURSINA T., 1985 - Handbook for soil thin section description. Waine Research publications, 152p.

CHAMPETIER DE RIBES G., 1956 - Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de 1/500 000 avec notice explicative sur la feuille Yaoundé-Est. Direct. mines et géol. Yaoundé, 35p.

CHATELIN Y., 1974 - Les sols ferrallitiques, L'altération, tome III, Doc. tech. n°24, ORSTOM Paris, 144 p.

CHAUVEL A., 1977 - Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Trav. et doc. de l'ORSTOM, n°62, 532p.

DANIELS R. B., GAMBLE E. E., CADY J. G., 1971 - The relation between geomorphology and soil morphology and genesis. *Adv., Agron.*, 23, p 51-87.

DERRUAU M., 1990 - Les formes du relief terrestre. 5e éd., Masson Paris, 105p.

DORIOZ J. M., & ROBERT M., 1987 - Aspects microscopiques des relations entre les microorganismes ou végétaux et les argiles. Conséquence sur les microstructurations des sols. *Micromorphologie des sols* éd. par N. FEDOROFF, L. M. BRESSON ET M. A. COURTY, AFES, P 353-361.

DUBROEUCQ D., VOLKOFF B. & PEDRO G., 1991 - La couverture pédologique du bouclier du Nord de l'Amazonie (bassin du Haut Rio Negro). Séquence évolutive des sols et son rôle dans l'aplanissement généralisé des zones tropicales perhumides. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t.312, série II, p 663 - 671.

DUMONT J. F., 1986 - Identification par télédétection de l'accident de la Sanaga (Cameroun): Sa position dans le contexte des grands accidents d'Afrique Centrale et de la limite nord du craton congolais. *Géodynamique* 1, p 13-19.

EMBRECHTS J. & SYS C., 1988 - Genesis of subsurface horizons of a soil catena in humid tropical climate (Yaoundé-Cameroon). *Catena*, vol. 15, p 53- 63.

EMBRECHTS J., 1985 - Studie van de bodemgenese in verband met landschaps- vorming in vochtig tropisch milieu. (zuid-Kameroen) (doctoral thesis), State University Ghent, Faculty of agricultural sciences, 225 p.

ERHART H., 1965 - La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique. *Biostasie et rhéxistasie : exemples d'application*. 2<sup>ème</sup> édit. Masson et cie Paris, 165p.

ESCHENBRENNER V., 1986 - Contribution des termites à la micro-agrégation des sols tropicaux. *Cah. ORSTOM*, sér. pédo. vol. XXII, n°4, 397-408.

FARLANE M. J., 1976 - Laterite and landscape. Acad. press London-New-York, Versailles, 151p.

FEDOROFF N., and ESWARAN E., 1985 *Micromorphology of Ultisols*, Presented at a symposium on 28 Nov -3 Dec 1982 sponsored by Div. S-5 and S-9 of Soil Science Society of America, Anaheim, CA, P 145-164.

FEUGA B., FEYBESSE J. L., LOISEAU P. & DROGUE C., 1989 - Fracturation et hydrologie profonde d'un socle ancien : l'exemple du Cézallier (massif central français). *Rapport des principaux résultats sci. et tech. du BRGM 89* p. 45-47.

FITZPATRICK W., SCHWERTMANN U., 1982 - Al substituted goethite. An indicator of pedogenetic and other environments in South Africa. *Géoderma*, 27, p335-347.

FRITSCH E., 1984 - Les transformations d'une couverture ferrallitique en Guyane Française. Thèse de doct. de spécialité en géol. appliquée, Univ. ParisVII, 190p.

FRITSCH E., FRITZPATRICK R.W, SELF P. G., 1992 - Spatial distribution of regolith matrices within toposequences : hydromorphic patterns associated with redoximorphic process. 9Th intern. Working Meeting on soil Micromorphology. July 12-17, Townsville, Queensland, Australia 45p.

FRITSCH E., HERBILLON A. J., PILLON P., JEANROY E. BARRES O., 1989 - Variations minéralogiques et structurales accompagnant le passage << sols rouges- sols jaunes>> dans un bassin versant caractéristique de la zone de contact forêt-savane de l'Afrique occidentale (Booro-Borotou. Côte d'Ivoire). *Sci. géol. Bull.* n°42, p65-89.

GAIFFE M., BRUCKERT S., 1985 - Analyse des transports de matières et des processus pédogénétiques impliqués dans les chaînes de sols du Karst Jurassien. *Catena supplément* 6, p.159-174.

GARNIER E. SILLAM ,1987 - Biologie et rôle des termites dans le processus d'humification des sols forestiers tropicaux du Congo. Thèse d'état, univ. Paris Val de Marne, 276p.

GRANDIN G., 1976 - Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de Manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'Ouest *Mém. ORSTOM*, n°82, p 275.

GRIBOULARD R., 1980 - Relations entre morphologie, tectonique et lithologie dans le domaine côtier et sous-marin de la Meseta septentrionale marocaine. Thèse 3e cycle univ. Bordeaux I, n°1601, 117p.

GUISCAFRE J., NOUVELOT. J. F., 1971 - Monographie hydrologique de la Sanaga (Cameroun) -les facteurs conditionnels du regime. 1ere partie *ORSTOM Paris*, p.113.

HOLTZAPFFEL T., 1985 - Les minéraux argileux : préparation, analyse diffractométrique et détermination. Société géol. du nord, publi. n°12, 136p.

HUMBEL. F.X, 1964 - Tournée botanique de Yaoundé à Bertoua. rapport multigrade, p 1-11.

HUMBEL F. X., 1974 - La compacité de sols ferrallitiques du Cameroun. Une zonalité dans ce milieu en relation avec la dessiccation saisonnière. Cahier ORSTOM, sér. pédol. vol. XII, n°1, p 73-101.

HUMBEL F. X., 1976 - Espace poral des sols ferrallitiques du cameroun. Th. et Doc. de l'ORSTOM, n°54, 306p.

KAMGANG B., 1987 - Altération supergène des roches grénatifères de la région de Yaoundé (Cameroun), pétrologie-minéralogie. Thèse 3e cycle, Univ. Poitiers, 170 p.

KÄMPF et SCHWERTMANN U., 1983 - Relations between iron oxides and soil colour in kaolinitic soils of southern Brazil R. BRAS. Ci. solo n°17 p. 27-31.

KUETE M., 1977 - Etude géomorphologique du massif de Yaoundé. Thèse de 3e cycle, univ. bordeaux III, 279p.

KUETE M., 1986 - Les horizons à produits grossiers des profils pédologiques du sud-Cameroun forestier. Actes du séminaire 21-27 janvier 1986, Douala-Cameroun. P 121-140.

LECOMTE P., MAURIZOT P., 1986 - Synthèse des données géochimiques dans le cadre de la prospection minière du Sud-Ouest Cameroun. Act du séminaire 21-27 Janvier 1986 Douala-Cameroun. Ed. ORSTOM, P 339-359.

LEPSCH I. F., BUOL S. W. DANIELS R. B., 1977 - Soil-landscape Relationships in Occidental Plateau of Sao Paulo State, Brazil I. Géomorphic Surfaces and Soil Mappings Units, Soil sci AM . J. Vol. 14, P 104-108.

LETOUZEY R., 1968 - Etude phytogéographique du Cameroun. Edi. P. Lechevalier Paris, 511p.

MACEDO J., BRYANT R. B., 1987 - Morphology, Mineralogy and genesis of an hydroséquence of oxisoils in Brazil. *Soil Sci. Soc AM. J.* vol. 51, P 690-698.

MACEDO J., BRYANT R. B., 1989 - Preferential microbial reduction of hematite over goethite in Brazilian oxid. *Soil-Sci., Soc. AM. J.* vol.53, P 1114-1118.

MAZALTARIM D., 1989 - Géochimie des cuirasses ferrugineux et bauxitiques de l'Afrique occidentale et centrale. Thèse, doct. univ. Louis Pasteur de Strasbourg n°12247, 263p.

MILLOT G. et BONIFACE M., 1955 - Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latérisation et de bauxitisation. *Bull. Serv. Carte Géol. Alsace Lorraine*, n°8, p.3-20.

MULLER D, BOCQUIER . G, NAHON D, et PAQUET H, 1981 - Analyse des différenciations minéralogiques et structurales d'un sol ferrallitique à horizons nodulaires du Congo. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* XVII, 2, pp 87-109

MULLER J. P., 1977 - Microstructuration des structichrons rouges ferrallitiques à l'amont des modelés convexes (centre-Cameroun). Aspects morphologiques. *Cah. ORSTOM, sér. pédo.* vol. XV, n°3, p. 239-251.

MULLER J. P., 1987 - Analyse pétrologique d'une formation latéritique meuble du Cameroun. Essai de traçage d'une différenciation supergène par les paragénèses minérales secondaires. Thèse, univ. de ParisVII, tome1, 188p.

NALOVIC L., 1974 - Recherches géochimiques sur les éléments de transition dans le sol : étude expérimentale de l'influence des éléments traces sur le comportement du fer et l'évolution des composés ferrifères au cours de la pédogénèse. Th. de doctorat d'Etat ES sci. naturelles, Univ. ParisVI, 289p.

NIZEYIMANA E., BICKI T. J., 1992 - Soil and soil-landscape relationships in the north central region of Rwanda. *East-central Africa Soil Science*, Vol. 153, n° 3, P 225-236.

NOVIKOFF A. TARDY Y., 1990 - Les cuirasses ferrugineuses de Banankoro (Sud- Mali). Problème de l'épigénie de la kaolinite par les oxyhydroxydes de fer. *Sém. ORSTOM Bondy*, du 5 au 9 février 1990, p 201 - 216.



NZENTI J. P., 1984 - Les grands types de zones mobiles du continent Africain .Signification des migmatites de Yaoundé (Cameroun) dans la zone mobile d'Afrique centrale. Mém. DEA,Univ. Nancy I, 36p.

NZENTI J. P., BARBEY P., MACAUDIERE J., SOBA D., 1988 - Origin and evolution of the late precambrian high grade Yaoundé gneisses (Cameroun). Precambrian research, n°38, Elsevier sci. publishers B.V.Amsterdam, p. 91-109.

OLIVRY J. C., 1979 - Monographie du Nyong et des fleuves côtiers : les facteurs conditionnels des régimes hydrologiques ; hydrologie du Nyong, hydrologie des fleuves côtiers ONAREST, Yaoundé 3 vol, 107p, 230p, 186p.

OLIVRY J. C., 1986 - Fleuves et rivières du Cameroun MESRES-ORSTOM collection << monographies hydrologiques ORSTOM>> ,n°9 paris, 733p.

ONGUENE MALA, 1987 - Transformation d'un sol rouge dans le domaine aval d'une toposéquence dans la région de Yaoundé (Minkoaméyos). Etude comparative du sol rouge et du sol jaune. DEA. Univ. Pierre et Marie Curie Paris, 72 p.

PEDRO G., 1979 - Caractérisation générale des processus de l'altération hydrolytique. Base des méthodes géochimiques et thermodynamique. Science du sol, n° double 2 et 3. sémin. I.N.R.A.- centre de Versailles 7 et 8 février 1978, p 93-105 .

PEDRO G., CHAUVEL A., MELFI A. J., 1976 - Recherches sur la constitution et la génèse des terra roxa estructurada du Bresil. Ann. agro. n°27, 265-294.

PEDRO G., KILIAN J., 1986 - Les travaux pédologiques et les études des milieux physiques réalisés par les organismes français de recherche pour le développement dans les régions chaudes, actes du séminaire tenu à la Banque Mondiale du 15 au 16 mai, PP 5 - 67.

PELLIER J. L., 1969 - Données générales sur la répartition des principaux types de sols de la région de Yaoundé. ORSTOM Yaoundé, p.174, p24.

RAJOT J. L., 1992 - Dissolution des oxydes de fer (hématite et goéthite) d'un sol fer rallitique des Llanos de Colombie par des bactéries ferriréductrices.

Implications sur le jaunissement des matériaux pédologiques rouges. Thèse, doct.Univ.Nancy I, 189p.

REYE D., 1966 - Histoire géologique du bassin de Douala (Cameroun), bassins sédimentaires du littoral africain. Symp. de 1964 Asso. des services Géol. Africains, p. 143-161.

ROBAIN H. M., 1989 - Organisation et transformation dans une couverture ferrallitique de Guyane Française. Thèse de doct. de l'Univ. Paris 6, 189p.

ROBAIN H. M., 1990 - Etude de la transformation latérale d'un horizon jaune compact en un horizon jaune poreux (système-sol de la criquebalate, Guyane Française). Sémi. ORSTOM Bondy, du 5-au 9 février 1990, p.135-155.

ROUSSEL F., 1980 Etude d'une toposéquence sur schistes pourpres de Monfort . application aux problèmes de mise en valeur Forestière sur les sols dégradés dans la région de Rennes, Thèse de docteur -ingénieur. n°80/4 Ecole nationale supérieure agronomique de Rennes p 215.

SAVANE I., AFFIAN K., KOLI BI Z. ,COUGNY G., 1991 - Stratégie de recherche des eaux souterraines dans les régions à substratum cristallin; exemple du département de Korhogo (Côte d'Ivoire). Bull. de l'asso. inter. de géol. de l'ingénieur n° 44, P 79-88.

SCHWERTMANN U., LATHAM M., 1986 - Properties of iron oxides in some New Caledonian oxid soil, *Geoderma* 36, p.105-123.

SEGALEN P., 1966 - Le processus de ferrallitisation et ses limites Cah. ORSTOM, sér.pédol, Vol IV, n°4, 1520p.

SEGALEN P., 1967 - Les sols et la géomorphologie du Cameroun. Cah. ORSTOM sér. pédo. vol.V n°2, p. 137-188.

SERVANT M., 1974 - Les variations climatiques des régions intertropicales du continent Africain depuis la fin du pléistocène. Soc. Hydrotechnique de France, XIII<sup>èmes</sup> journées de l'hydraulique, 1-10 p.

SIEFFERMANN G., 1973 - Les sols de quelques régions volcaniques du Cameroun : variations pédologiques et minéralogiques du Milieu équatorial au milieu tropical. Mém. ORSTOM n°66, p 183.

SUCHEL J. B., 1988 - Les climats du Cameroun. Thèse de doct. d'état. tome III, p 793-1187.

TCHIENKOUA M., 1987 - Land evolution of tropicalrain area in the Mbalmayo area (south Cameroon). partial unpublished master sci. thesis. ITC, ENSCHEDE, the Nether lands, 85p.

THIEL A., 1963 - Zum system - Fe OOH- AlOO H. Z. anorg. ALLg. Chem., Hamburg, Leipzig 326, p 70 - 78.

TORRENT J. SCHWERTMANN U., FECHTER H. ALFERREZ F., 1983 - Quantitative relationships between soil color and hematite content. Soil. Sci. Vol 136, n° 6, p 354 - 358.

TRICART J., 1990 - Pédologie et géomorphologie. Référentiel pédologique Français 3ème proposition avril 1990, p 223 - 228.

VALLERIE M., 1973 - Contribution à l'étude des sols du Centre-sud Cameroun. Types de différenciation morphologique et pédogénétique sous climat subéquatorial. Tr. et Soc. de l'ORSTOM Paris, n°29, 111p.

VEILLON L., 1990 - Sols ferrallitiques et podzols en Guyane septentrionale. Relation entre système de transformations pédologiques et évolution historique d'un milieu tropical humide et forestier. Thèse, univ. Paris VI, 194P.

VOLKOFF B., MELFI A., PEDRO G., 1989 - Nature des oxydes de fer dans les sols du Brésil : répartition en fonction du climat. Sci. Géol ..42, 1,p. 15-25.

WEECKSTEEN, 1957 - Carte géologique de reconnaissance au 1/500 000, Notice explicative sur la feuille Douala-Est. Dir, Min, Géol, Cameroun, 37p.

YONGUE R., 1986 - Contribution à l'étude pétrologique de l'altération et de faciès de cuirassement ferrugineux des gneiss migmatitiques de la région de Yaoundé. Th., 3e cycle, Univ. yaoundé, 214p.

## Liste des figures

## Liste des figures

Figure 1 : Situation géographique de la région de Yaoundé.	6
Figure 2 : Diagramme ombrothermique de Yaoundé et Bafia.	7
Figure 3 : Extrait de la carte géologique de Yaoundé. (CHAMPETIER DE RIBES et al., 1956 et WEEKSTEEN, 1957 et modifié).	10
Figure 4 : Schéma structural du sud-ouest Cameroun. (LECOMTE et MAURIZOT, 1986).	12
Figure 5 : Schéma structural de la vallée de la Sanaga. (WEEKSTEEN, 1957 et DUMONT, 1986).	12
Figure 6 : Interfluve Nyong et Sanaga.	14
Figure 7 : Profils en long de la Sanaga et du Nyong. (GUISCAFRE et NOUVELOT, 1971).	16
Figure 8 : Variations saisonnières de lame d'eau écoulee dans le Nyong et dans la Sanaga. (OLIVRY, 1989).	16
Figure 9 : Repartition régionale de la végétation. (LETOUZEY, 1968).	18
Figure 10 : Bassin de la Mefou et position des U. P. étudiées.	22
Figure 11 : Unité de paysage à collines (Avo).	24
Figure 12 : Unité de paysage à inselbergs (Minloa).	25
Figure 13 : Unité de paysage à collines et inselbergs (Elounden).	27
Figure 14 : Carte des alignements des talwegs.	30
Figure 15 : Rosaces directionnels de l'alignement des talwegs.	30
Figure 16 : Ecoulement d'eau dans la Mefou.	32
Figure 17 : Organisation de la colline d'étude.	38

Figure 18 : Distribution et forme des affleurements rocheux et position des profils pédologiques dans lobe I.	40
Figure 19 : Organisation verticale des sols de la colline.	44
Figure 20 : Profils hydriques.	45
Figure 21 : Esquisse de la carte pédologique de la colline de Minkoaméyos.	46
Figure 22 : Localisation du lobe I.	48
Figure 23 : Configuration plane du toit du rocher et de l'isaltérite dans lobe I.	50
Figure 24 : Repartition des observations le long de la séquence des sols du lobe I.	51
Figure 25 : Ensemble des horizons d'altération.	54
Figure 26 : Ensemble des horizons meubles et nodulaires.	56
Figure 27 : Vue en plan du toit de la roche au niveau de la poche de remplissage.	58
Figure 28 : Organisation des horizons meubles argileux, bariolé et réticulés.	60
Figure 29 : Domaines pédologiques du lobe I.	62
Figure 30 : Représentation en coupe de la toposéquence sol ferrallitique rouge/ sol à horizon jaune.	70
Figure 31 : Relation entre l'indice de rougeur et le rapport goéthite sur hématite.	72
Figure 32 : Grands ensembles d'horizons de la toposéquence sol ferrallitique rouge/ sol à horizon jaune.	74
Figure 33 : Organisation verticale du sol ferrallitique rouge (profil R1).	76
Figure 34 : Organisation à différentes échelles de l'isaltérite gris-mauve (Im).	78

Figure 35 :	84
Organisations à différentes échelles de l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques.	
Figure 36 :	90
Organisation à différentes échelles de l'horizon rouge peu nodulaire (Rn).	
Figure 37 :	96
Organisation à différentes échelles de l'ensemble des horizons meubles argileux.	
Figure 38 : Evolution de la microfissure à la cavité polyconcave.	102
Figure 39 :	106
Fronts de transformation dans le sol ferrallitique rouge.	
Figure 40 :	107
Organisation à différentes échelles de l'isaltérite de transition rouge-foncé à taches gris-jaune (Imj).	
Figure 41 :	113
Organisation à différentes échelles de l'allotérite blanche de bas de pente (Wb).	
Figure 42 :	119
Organisation à différentes échelles de l'horizon de transition rouge-pâle à pédoreliques (Rpa).	
Figure 43 :	123
Organisation à différentes échelles de l'horizon de transition jaune-pâle argileux (Jpa).	
Figure 44 :	126
Schématisation des organisation à différentes échelles du nodule brun à cortex discontinu.	
Figure 45 :	129
Organisation à différentes échelles de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux (A2)	
Figure 46 :	135
Organisation à différentes échelles de l'horizon de transition réticulé argileux peu nodulaire (Rré).	

Figure 47 :	139
Organisation à différentes échelles de l'horizon réticulé argilo-sableux (A2Bt).	
Figure 48 :	144
Schématisation de l'organisation de l'ensemble des horizons réticulés.	
Figure 49 :	145
Schématisation des filiations entre les horizons réticulés et horizon rouge-pâle.	
Figure 50 :	148
Recoupage du plasma rouge-soutenu par le plasma jaune au contact des horizons décolorés et réticulés.	
Figure 51 : Etapes de formation du système de variations basales.	151
Figure 52 :	153
Organisation des horizons de transition rouge-jaune (RJ) et rouge-jaune à taches jaunes (RJtj).	
Figure 53 :	159
Organisation à différentes échelles des horizons jaunes compacts (Jc) et jaune meuble (Jf).	
Figure 54 :	163
Organisation à différentes échelles de l'horizon bariolé très argileux (Bg).	
Figure 55 :	167
Etapes de formation du système de variations superficielles.	
Figure 56 :	171
Position des profils choisis pour la présentation verticale des résultats analytiques.	
Figure 57 :	173
Evolution des teneurs en argile, limon et sable dans le sol ferrallitique rouge.	
Figure 58 :	174
Evolution du rapport Sf/Sg dans le sol ferrallitique rouge (profil R1).	
Figure 59 :	176
Variation des teneurs en argile en fonction de la profondeur dans les sols ferrallitiques rouge (profil R1) de transition (profil J4) et à horizon jaune (profil J1).	



Figure 60 :	177
Evolution latérale de la texture dans la toposéquence sol rouge/sol à horizon jaune.	
Figure 61 :	178
Evolution du carbone organique dans la toposéquence des sols ferrallitiques rouge et à horizon jaune.	
Figure 62 :	179
Evolution verticale de la densité apparente dans les sols ferrallitiques rouge (profil R1) et à horizon jaune (profil J1).	
Figure 63 :	180
Variation latérale de la densité apparente dans la toposéquence sol ferrallitique rouge/sol à horizon jaune.	
Figure 64 :	181
Evolution verticale de la porosité totale dans les sols ferrallitiques rouge (profil R1), de transition (profil J4) et à horizon jaune (profil J1).	
Figure 65 :	183
Fer libre dans les sols rouge (profil R1), de transition (profil J4) et à horizon jaune (profil J1).	
Figure 66 :	183
Repartition du fer libre des plasmas dans la toposéquence du sol ferrallitique rouge/sol à horizon jaune.	
Figure 67 :	189
Relation entre le sol ferrallitique rouge et le système à horizon jaune.	
Figure 68 :	194
Relation entre le sol ferrallitique rouge et le système soutirant.	
Figure 69 :	198
Relation entre les horizons poreux et le lessivage actuel d'argile. Distribution latérale des points de différenciation.	
Figure 70 :	198
Plan de layonnage du domaine des sols ferrallitiques rouge et à horizon jaune.	
Figure 71 :	200
Organisation en plan de la couverture pédologique du lobe I	
Figure 72 :	204

Evolution des oxydes de fer et de la substitution en Al des goethites de l'horizon rouge à l'horizon jaune-pâle.

Figure 73 : 204  
Evolution des oxydes de fer et de la substitution en Al des goethites de l'horizon rouge microagrégé à l'horizon jaune.

Figure 74 : 208  
Relation entre le système soutirant profond et le réseau de fractures à l'échelle du lobe.

Figure 75 : 209  
Alignement des points jaunes le long des fractures.

Figure 76 : 211  
Schéma de l'évolution du modelé et de la couverture pédologique de la colline d'étude.

## Liste des tableaux

## Liste des tableaux

Tableau 1 :	5
Caractéristiques essentiels du climat de Yaoundé et de Bafia.	
Tableau 2 :	7
Variations intersaisonniers des précipitations.	
Tableau 3 :	8
Principaux caractères des roches de la région de Yaoundé . (CHAMPETIER de RIBES, 1956)	
Tableau 4 :	15
Principaux caractères morphologiques de l'interfluve Nyong et Sanaga d'après PELLIER (1969) VALLERIE ( 1973).	
Tableau 5 :	28
Caractéristiques essentiels des U.P de paysage de la région de Yaoundé.	
Tableau 6 :	32
caractéristiques essentielles des deux types de paysages du bassin de la Méfou	
Tableau 7 :	39
Caractéristiques topographiques de la colline d'étude.	
Tableau 8 :	42
Evolution des caractères de la colline convexe vers l'inselberg.	
Tableau 9 :	55
Principaux caractères de l'ensemble d'altération.	
Tableau 10 :	57
Principaux caractères morphologiques des horizons glébulaires non remaniés.	
Tableau 11	57
Variations des teneurs pondérales en type d'éléments grossiers dans l'horizon nodulaire remanié PO4.	

Tableau 12 : Caractères des horizons meubles argileux.	59
Tableau 13 : Caractères morphologiques des horizons bariolé et réticulés	63
Tableau 14 : Caractères essentiels des horizons de la séquence.	63
Tableau 15 : Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des différentes phases de l'isaltérite à tubules rouges.	82
Tableau 16 : Analyses granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des phases de l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques.	86
Tableau 17 : Caractéristiques des phases des horizons d'altération.	87
Tableau 18 : Compositions minéralogique et chimique des différentes phases des horizons d'altération.	87
Tableau 19 : Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas phases de l'horizon rouge peu nodulaire.	93
Tableau 20 : Caractères morphologiques essentiels de l'horizon rouge peu nodulaire (Rn).	94
Tableau 21 : Composition minéralogique et teneurs en fer des plasmas des phases de l'horizon rouge peu nodulaire (Rn).	94
Tableau 22 : Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas de l'ensemble meuble rouge.	99

Tableau 23 :	101
Caractères morphologiques essentiels de l'ensemble des horizons meubles argileux.	
Tableau 24 :	101
Principales caractéristiques de l'ensemble meuble argileux.	
Tableau 25 :	103
Récapitulation des caractères essentiels du sol ferrallitique rouge.	
Tableau 26 :	111
Compositions minéralogique et granulométrique des phases de l'isaltérite de transition rouge-foncé à taches gris-jaune.	
Tableau 27 :	115
Compositions granulométrique et minéralogique et teneurs en fer des différentes phases de l'allotérite blanche.	
Tableau 28 :	116
Caractères essentiels de l'isaltérite rouge-foncé et de l'allotérite blanche.	
Tableau 29 :	122
Compositions granulométrique et minéralogique des phases de l'horizon de transition rouge-pâle.	
Tableau 30 :	127
Compositions granulométrique et minéralogique des différentes phases de l'horizon de transition jaune-pâle argileux.	
Tableau 31 :	131
Analyses globales des phases de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux.	
Tableau 32 :	132
Caractères essentiels des différents horizons rouges et décolorés.	
Tableau 33 :	138

Compositions granulométrique , minéralogique et chimique du plasma et du nodule ferrugineux rouge-brique de l'horizon de transition réticulé argileux et peu nodulaire.

Tableau 34 :	143
Analyses granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des phases de l'horizon réticulé argilo-sableux.	
Tableau 35 :	147
Evolution des teneurs en fer du plasma des horizons réticulés et décolorés.	
Tableau 36 :	149
Caractères essentiels des horizons de l'ensemble d'altération.	
Tableau 37 :	152
Comparaison des caractères des horizons décolorés et réticulés.	
Tableau 38 :	155
Données analytiques de l'horizon de transition rouge-jaune.	
Tableau 39 :	158
Données analytiques de l'horizon rouge-jaune à taches jaunes.	
Tableau 40 :	158
Evolution latérale de la porosité dans l'horizon rouge-jaune à taches jaunes.	
Tableaux 41 :	161
Caractères analytiques des horizons rouge et jaunes.	
Tableau 42 :	166
Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas de l'horizon bariolé très argileux et de l'horizon jaune meuble.	
Tableau 43:	168
Evolution des caractères de l'horizon rouge-jaune à l'horizon jaune meuble.	
Tableau 44 :	170
Caractères essentiels des horizons bariolé et jaune meuble.	

Tableau 45 :	172
Répartition des analyses en fonction des profils étudiés.	
Tableau 46 :	182
Evolution de la porosité du sol rouge (R1) vers le sol à horizon jaune (J1).	
Tableau 47 :	185
Comparaison des processus pédologiques mis en évidence par l'analyse pétrographique et les déterminations analytiques.	
Tableau 48 :	190
Caractères essentiels des horizons du sol rouge au système à horizon jaune.	
Tableau 49 :	193
Evolution latérale du taux de substitution de l'alumine dans les goethites des plasma des horizons rouges vers l'horizon jaune-pâle.	
tableau 50 :	193
Caractères essentiels des différents horizons rouges et décolorés	
Tableau 51 :	196
Caractères essentiels des horizons d'altération.	
Tableau 52 :	203
Caractères essentiels de l'horizon rouge dense et de la transition rouge-jaune à taches jaunes.	



## TABLE DES MATIÈRES

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
<b>Première partie : caractères généraux du milieu d'étude</b>	<b>3</b>
<b>Chapitre I - Données générales de la région de Yaoundé</b>	<b>5</b>
1 - Situation de la région de Yaoundé.	5
2 - Climat subéquatorial.	5
2 1 - régime.	5
2 2- Variations saisonnières.	7
3- Géologie.	8
31 - Schistes.	8
32 - Complexe de base.	9
321 - Gneiss associés aux micaschistes.	9
3211 - Micaschistes grenatifères à deux micas.	9
3212 - Gneiss micashisteux grenatifères à deux micas.	9
322 - Gneiss migmatisés et grenatifères.	9
3221 - Micaschistes grenatifères migmatisés.	9
3222 - Embréchites à deux micas ou à biotite seule.	11
33 - Fragmentation du socle de la région de Yaoundé.	11
4 - Paysage de la région de Yaoundé.	13
5 - Hydrologie des bassins versants Nyong et Sanaga.	15
6 - Végétation et activité humaine.	17
61 - Forêt dégradée.	17
62 - Végétation herbeuse à arbustes.	17
63 - Végétation dans les massifs montagneux.	19
7 - Faune.	19

8 - Conclusion générale sur la région de Yaoundé.	20
---	----

**partie I :**  
**Caractères généraux du milieu d'étude.**

**Chapitre II - Présentation du paysage du bassin de la Méfou.**

1 - Choix d'un secteur d'étude détaillée.	21
2 - Localisation et superficie du Bassin de la Méfou.	21
3 - relief général et réseau hydrographique du bassin de la Méfou	21
31- Pente générale.	21
32 - Réseau hydrographique.	21
4 - Analyse du modelé du bassin de la Méfou.	23
41 - Méthode.	23
42 - Organisation morphologique.	23
421 - U.P à collines.	23
422 - U.P à inselbergs.	25
423 - U.P à collines et inselberg.	26
Conclusion. Mise en évidence d'une évolution continue entre les inselbergs et les collines.	28
43 - L'analyse de l'entaille des cours d'eau dans les paysages à inselbergs et à collines convexes.	29
5 - Ecoulements dans les Stations hydrologiques de la Méfou.	31
Conclusion : hydrologie et morphologie du bassin de la méfo	32
Conclusion sur la présentation du bassin de la Méfou.	34

**Deuxième Partie :**  
**Présentation de la région étudiée : la colline de Minkoaméyos.**

## Chapitre III - Organisation du modelé et distribution générale des sols.

1- Modelé et sols de la colline de Minkoaméyos.	37
11- Choix de la colline de Minkoaméyos.	37
12- Analyse du modelé de la colline de Minkoaméyos.	37
121 -Situation.	37
122 - Modelé de la colline de Minkoaméyos.	37
13 - Répartition des affleurements rocheux dans la colline de Minkoaméyos.	
131 - A l'échelle de la colline:	39
132 - A l'échelle du Lobe.	41
Conclusion. U.M. de passage de la colline à l'inselberg.	42
2 - Sols de la colline de Minkoaméyos.	42
21 - Profils des sols rencontrés dans la colline d'étude.	43
211 - Comportement hydrique des sols ferrallitiques rouges typiques et du sol à horizon jaune.	43
22 - Organisation spatiale des sols de la colline de Minkoaméyos.	45

## Chapitre IV - Etude détaillée du Lobe I.

1 - Critères de choix du lobe I.	48
2 - Situation du lobe I.	48
3 - Topographie du toit de la roche et des altérites du Lobe I.	49
4 - Modelé et structure lithologique dans le Lobe I.	49
5 - Organisation générale de la séquence des sols du Lobe I.	49
51 - Horizons de la séquence des sols du lobe I.	51
511 - Roche dure.	52
512 - Faciès hétérogranulaire gris-sombre à litage peu marqué.	52
513 - Faciès gris-clair à litage bien marqué.	52

52 - Horizons d'altération.	53
53 - Horizons meubles et nodulaires.	55
54 - Horizons meubles argileux.	59
55 - Horizons bariolé et réticulés.	61
56 - Conclusion. Différenciations pédologiques morphogénétiques des sols du lobe I.	63
Conclusion sur la présentation générale de la colline étudiée.	65

### Troisième partie :

## Caractérisation de la toposéquence spécifique du lobe 1 : sol ferrallitique rouge/sol à horizon jaune.

### Chapitre V Méthodes et techniques d'analyse

2 - Méthodes et techniques d'analyse.	69
21 - L'échantillonnage.	69
22 - Analyse microscopique.	69
23 - Mésures de densités apparentes et réelles.	69
24 - Analyse granulométrique.	71
25 - Détermination pondérale des Oxydes de fer.	71
26 - Analyses chimiques.	73
3 - Principes de l'analyse des données structurales.	73
31 - présentation générale de la méthode.	
32 - Organisation géométrique de la toposéquence sol rouge- sols à horizon jaune.	74

### Chapitre VI - Etude du sol ferrallitique rouge.

1 - Organisation en horizons et en phases du sol rouge.	77
11- Ensemble d'altération.	77
111 - Isaltérite gris-mauve à tubules rouges (Im).	79
1111 - Caractéristiques macromorphologiques .	79
1112 - Descriptions micromorphologiques des phases de l'isaltérite gris-mauve à tubules rouges (Im).	79

1113 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des deux phases de l'isaltérite gris-mauve à tubules rouges (Im).	81
112 - Horizon de transition rouge meuble à lithoreliques (Rf)	
1121 - Caractéristiques macromorphologiques .	83
1122 - Descriptions micromorphologiques.	83
1123 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas des deux phases de l'horizon de transition rouge meuble à lithoreliques.	86
<b>Conclusion. Transformation de l'isaltérite gris-mauve en horizon rouge meuble.</b>	<b>87</b>
<b>12 - Horizon rouge peu nodulaire (Rn).</b>	<b>89</b>
121 - Caractéristiques macromorphologiques.	89
122 - Descriptions micromorphologiques.	89
123 - Compositions minéralogique et granulométrique.	92
<b>Conclusion. Caractéristiques de l'horizon rouge peu nodulaire(Rn).</b>	<b>94</b>
<b>13 - Ensemble meuble et argileux.</b>	<b>95</b>
131 - Caractéristiques macromorphologiques.	95
132 - Descriptions micromorphologiques.	95
1321- Horizon rouge dense à faces luisantes (RL) .	95
1322 - Horizon rouge microagrégé (Ru) .	97
1323 - Horizon rouge-foncé et labouré .	98
133 - Compositions granulométrique et minéralogique de l'ensemble meuble argileux.	99
<b>134 - Conclusion. Transformation de l'horizon rouge dense à faces luisantes (RL) en horizon rouge microagrégé (RU).</b>	<b>101</b>
14 - Synthèse des données.	
141 - Evolutions structurales et genèse du sol ferrallitique rouge	104
<b>Chapitre VII - Analyse du système de variations basales.</b>	

1 - Ensemble des horizons d'altération.	108
11 - Isaltérite de transition rouge-foncé à taches gris-jaune (Imj).	108
111 - Caractéristiques morphologiques.	108
112 - Descriptions micromorphologiques.	108
12 - Allotérite blanche de bas de pente (Wb).	112
121 - Caractéristiques morphologiques.	112
122 - Descriptions micromorphologiques.	112
123 - Compositions granulométrique et minéralogique des phases de l'allotérite blanche.	115
124 - Conclusion : transformation de l'isaltérite de transition gris-mauve en allotérite blanche de bas de pente.	116
2 - Ensemble des horizons décolorés	118
21 - Horizon de transition rouge-pâle à pédoreliques (Rpa)	118
211 - Caractères macromorphologiques.	118
212 - Descriptions micromorphologiques.	118
213 - Compositions granulométrique et minéralogique de l'horizon de transition rouge-pâle à pédoreliques.	121
22 - Horizon de transition jaune-pâle argileux ( Jpa ).	122
221 - Caractéristiques morphologiques.	122
222 - Descriptions micromorphologiques.	124
223 - Microorganisation du nodule brun ferrugineux à cortex discontinu.	125
224 - Compositions granulométrique et minéralogique des phases de l'horizon de transition jaune-pâle argileux.	127
23 - Horizon jaune-pâle sablo-argileux (A2).	127
231 - Caractéristiques morphologiques et analytiques.	127
232 - Descriptions micromorphologiques.	128
233 - Compositions granulométrique, minéralogique et chimique du plasma des différentes phases de l'horizon jaune-pâle sablo-argileux.	130
234 - conclusion : Transformation de l'horizon de transition rouge-pâle en horizon jaune-pâle sablo-argileux.	132

3- Ensemble des horizons réticulés.	134
31 - Horizon de transition réticulé argileux et peu nodulaire (Rré ).	134
311 - Caractéristiques morphologiques.	134
312 - Descriptions micromorphologiques.	136
32 - Horizon réticulé argilo-sableux et faiblement induré (A2Bt).	140
321- Caractéristiques morphologiques.	140
322 - Descriptions micromorphologiques.	140
323 - Analyse granulométrique, minéralogique et chimique des plasmas de l'horizon réticulé argilo-sableux.	142
324 - Relation entre l'horizon de transition réticulé argileux peu nodulaire et l'horizon réticulé argilo-sableux.	143
325 - Relations entre les horizons réticulés et décolorés.	145
3241 - Zone de départ de deux cycles de lessivage : mise en place de l'horizon de transition rouge-pâle.	145
3242 - Surimposition du lessivage actuel sur l'héritage de l'ancien lessivage.	147
33 - Conclusion Les transformations dans le système basal.	149
331 - Transformation de l'isaltérite rouge-foncé en allotérite blanche.	149
332 - Génèse et évolution des horizons réticulés	150

## Chapitre VIII Analyse du système de variations superficielles.

1 - Horizons de transition au sol rouge.	154
11 - L'horizon de transition rouge-jaune (RJ).	154
111 - Caractéristiques morphologiques.	154
112 - Descriptions micromorphologiques.	154
113 - Composition granulométrique, minéralogique et chimique de l'horizon de transition rouge-jaune.	155
12 - L'horizon de transition rouge-jaune tacheté de jaune à faces luisantes (RJtj)	156
121 - Caractéristiques morphologiques.	156
122 - Descriptions micromorphologiques.	156
123 - données analytiques.	158
2 - Les horizons jaunes.	158

21 - L'horizon jaune compact (Jp).	160
211 - Caractéristiques morphologiques.	163
212 - Descriptions micromorphologiques de l'horizon jaune.	160
213 - Composition granulométrique, minéralogique et chimique des horizons jaunes, rouge-jaune et rouge microagrégé.	161
22 - L'horizon jaune meuble.	161
221 - Caractéristiques morphologiques.	161
222 - Descriptions micromorphologiques.	162
223 - Composition granulométrique, minéralogique et chimique de l'horizon jaune-meuble ou brun-jaune.	164
3 - Horizon bariolé très argileux ( Bg ).	164
31 - Caractéristiques morphologiques.	164
32 - Descriptions micromorphologiques.	164
4 - Conclusions.	
41 - Transformation de l'horizon rouge-jaune en horizons jaunes.	168
42 - Transformation de l'horizon bariolé en horizon jaune meuble	169

## Chapitre IX - Caractérisation analytique de la toposéquence sol rouge-sol à horizon jaune.

1 - Généralités.	172
2 - Granulométrie dans le sol rouge.	172
21 - Evolution des teneurs en argile par rapport à celle des sables.	172
22 - Evolution du rapport sables fins (Sf) sables grossiers (SG) dans le sol rouge.	174
23 - Evolution verticale des teneurs en argile dans les sols rouge et à horizon jaune.	175
24 - Evolution latérale de la texture dans la séquence sol rouge-sol à horizon jaune.	176
3 - Le carbone organique.	178
4 - Compacité dans la toposéquence du sol rouge-sol à horizon jaune.	178



41 - Mesure et évolution des densités réelles (dr).	179
42 - Densité apparente dans la toposéquence sol rouge sol à horizon jaune.	179
5 - Porosité totale sur mottes.	182
6 - Fer libre.	184
7 - Conclusion.	185

## Quatrième partie : résultats et interprétations

### Chapitre X. Couverture pédologique de Minkoaméyos et ses transformations de bas de versant. Relations avec les linéaments qui structurent le paysage.

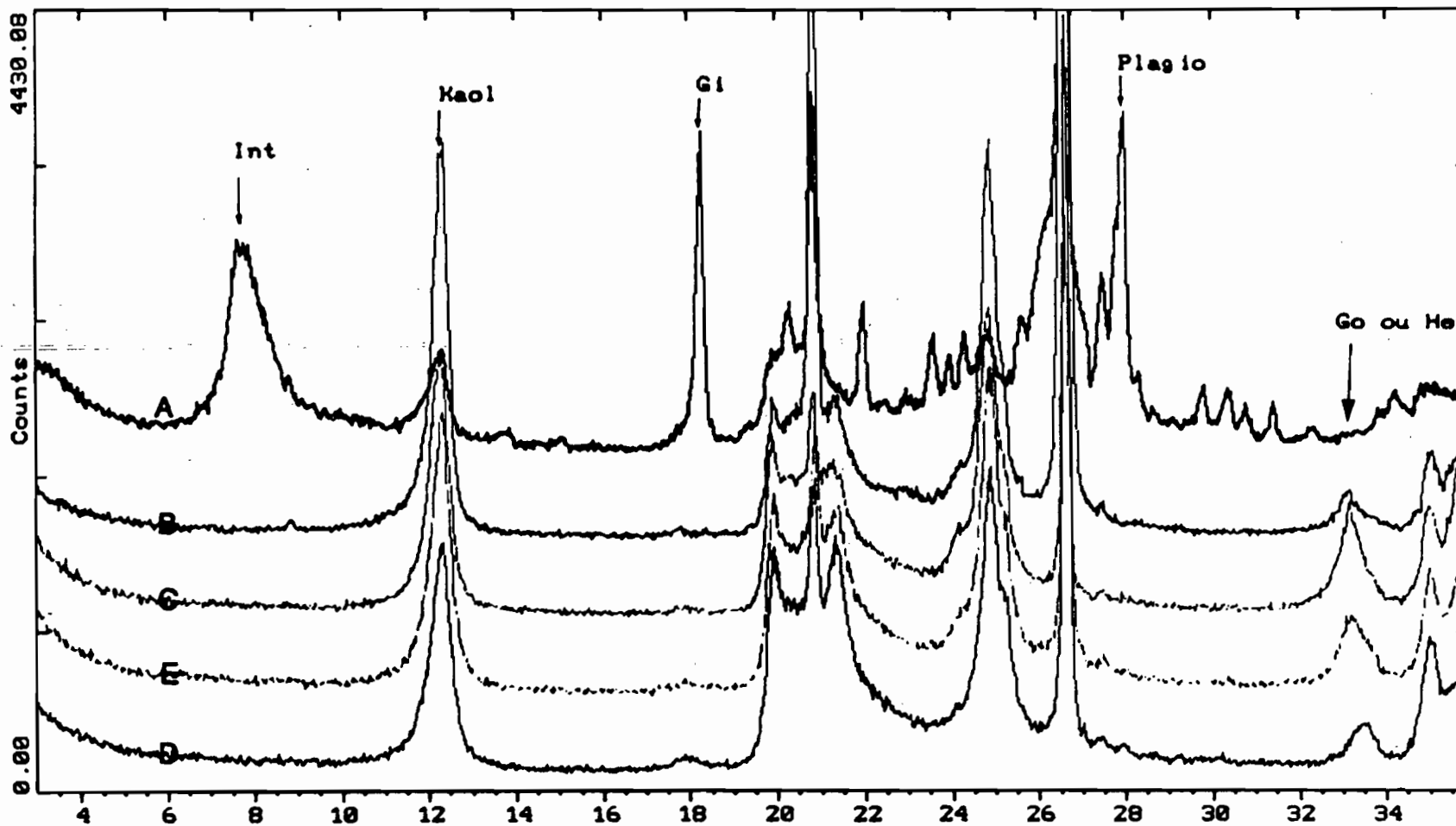
1 - Relation sol rouge-système à horizon jaune.	188
2 - Relation sol rouge initial et système soutirant.	192
21 - Transformations des horizons rouges en horizons lessivés.	192
22 - Existence de deux phases successives de soutirage.	195
23 - Formation de l'horizon soutirant au contact des altérites.	196
3 - Relation entre le système à horizon jaune et le système soutirant.	199
31 - Formation du plancher du soutirant actuel.	199
32 - Genèse de l'horizon jaune meuble et de l'horizon bariolé du système à horizon jaune.	201
33 - Relation entre soutirage et tassement.	202
34 - Deux périodes de fonctionnement du soutirant.	202
35 - Origine et évolution de l'horizon de transition rouge-jaune à taches jaunes.	203
4 - Evolution des oxydes de fer	205
41 - Différence entre décoloration et jaunissement.	205
5 - Relation entre couverture pédologique et modelé	207
51 - Relation entre fractures et système soutirant	207

6 - Essai de reconstitution du modelé de la colline de Minkoaméyos et différenciation de la couverture ferrallitique.	212
<b>Conclusion générale.</b>	<b>216</b>
Bibliographie.	220
Figures.	232
Liste des tableaux.	239
Table de matière	245
Annexes.	
Planches photographiques.	

## **Annexes**

## **Annexe 1**

**Diffractogrammes des rayons X de la fractions  $< 50 \mu$   
des principaux horizons de la séquence des sols du lobe I**



A - Isaltérite non orientée; B - Isaltérite litée; C - Horizon rouge graveleux  
D - Horizon rouge meuble; E - Horizon jaune

Int = interstratifiés; Kaol = Kaolinite; Gi = gibbsite; Plagio = plagioclase; Go = goethite; He = hématite

Diffractogrammes des rayons x de la fraction < 50 microns des principaux horizons  
de la séquence des sols du lobe I

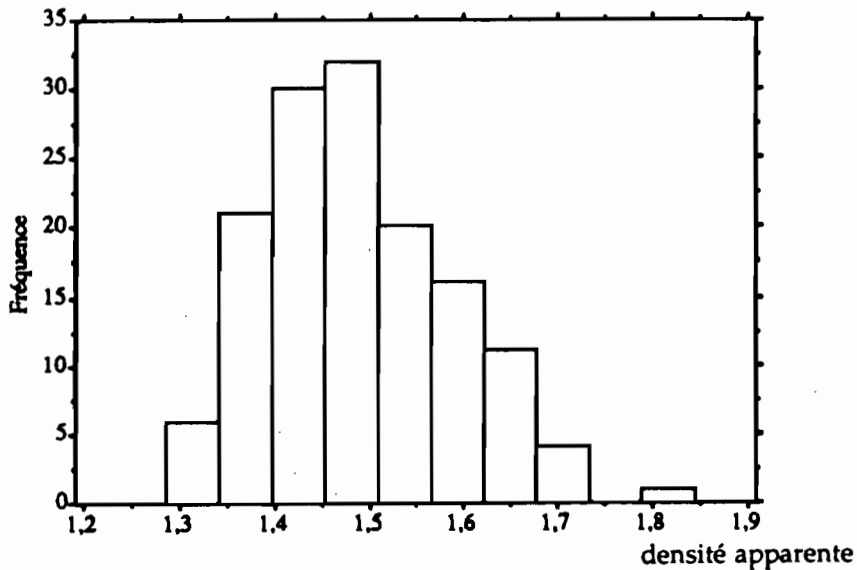
## **Annexe - 2**

### **Densités apparente et réelle**

## Densité apparente

### Distribution des fréquences

- en histogramme



- sous forme de tableau

Barre :	De : ( $\geq$ )	A : ( $<$ )	Fréquence :	Pourcentage :
1	1,3	1,3	6	4,3%
2	1,3	1,4	21	14,9%
3	1,4	1,5	30	21,3%
4	1,5	1,5	32	22,7%
5	1,5	1,6	20	14,2%
6	1,6	1,6	16	11,3%
7	1,6	1,7	11	7,8%
8	1,7	1,7	4	2,8%
9	1,7	1,8	0	0%
10	1,8	1,8	1	,7%

- Mode

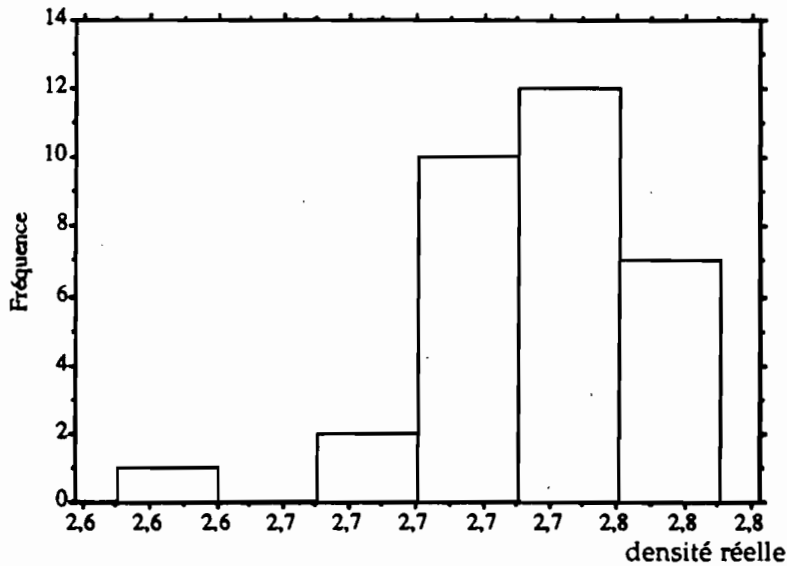
### Variables descriptives

Moy. :	Dév. Std. :	Erreur Std. :	Variance :	Coef. de variat. :	Fréquence :
1,5	,1	8,5E-3	1,0E-2	6,8	141
Minimum :	Maximum :	Etendue :	Somme :	Som. des carrés	Nb de manquants :
1,3	1,8	,5	210	314,3	0

## Densité réelle

### Distribution des fréquences

- en histogramme



- sous forme de tableau

Barre :	De : ( $\geq$ )	A : ( $<$ )	Fréquence :	Pourcentage :
1	2,6	2,6	1	3,1%
2	2,6	2,7	0	0%
3	2,7	2,7	2	6,2%
4	2,7	2,7	10	31,2%
5	2,7	2,8	12	37,5%
6	2,8	2,8	7	21,9%

- Mode

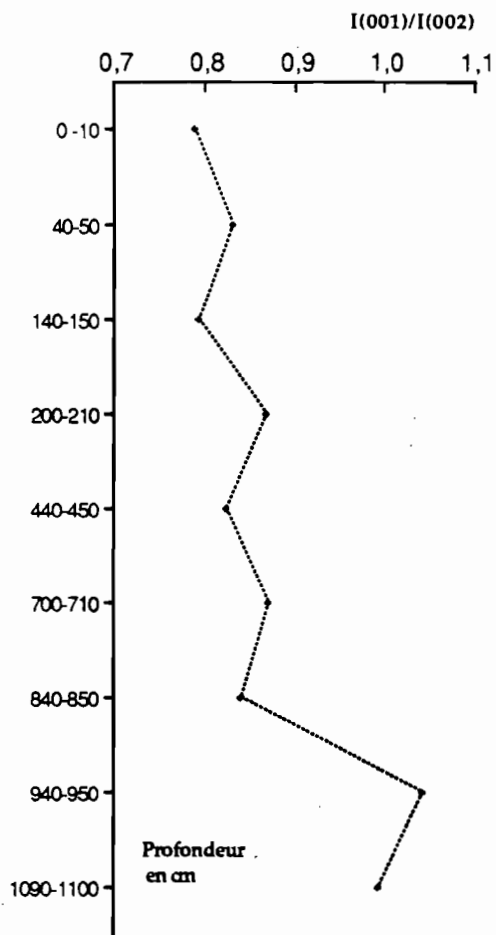
### Variables descriptives

Moy. :	Dév. Std. :	Erreur Std. :	Variance :	Coef. de variat. :	Fréquence :
2,7	3,3E-2	5,9E-3	1,1E-3	1,2	32
Minimum :	Maximum :	Etendue :	Somme :	Som. des carrés	Nb. de manquants :
2,6	2,8	,2	87,3	238,4	0

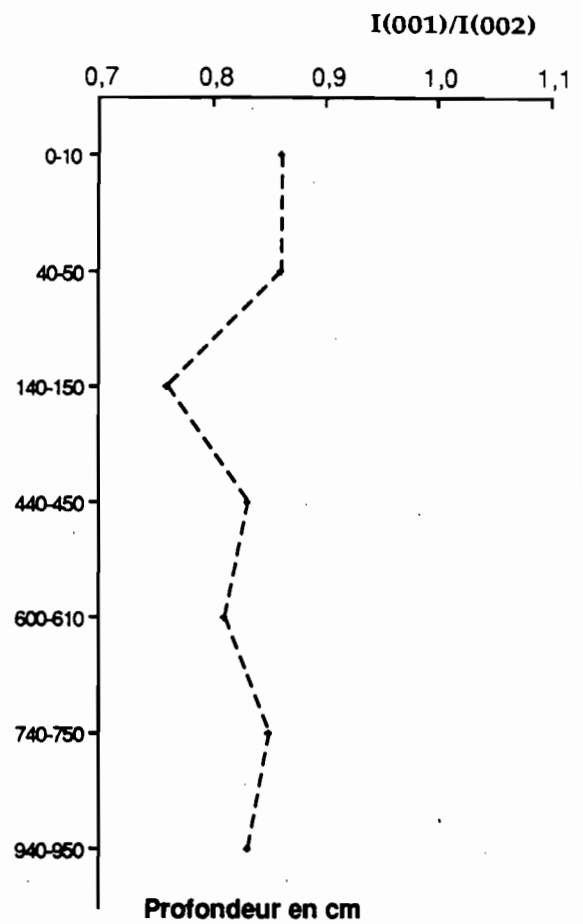


## **Annexe - 3**

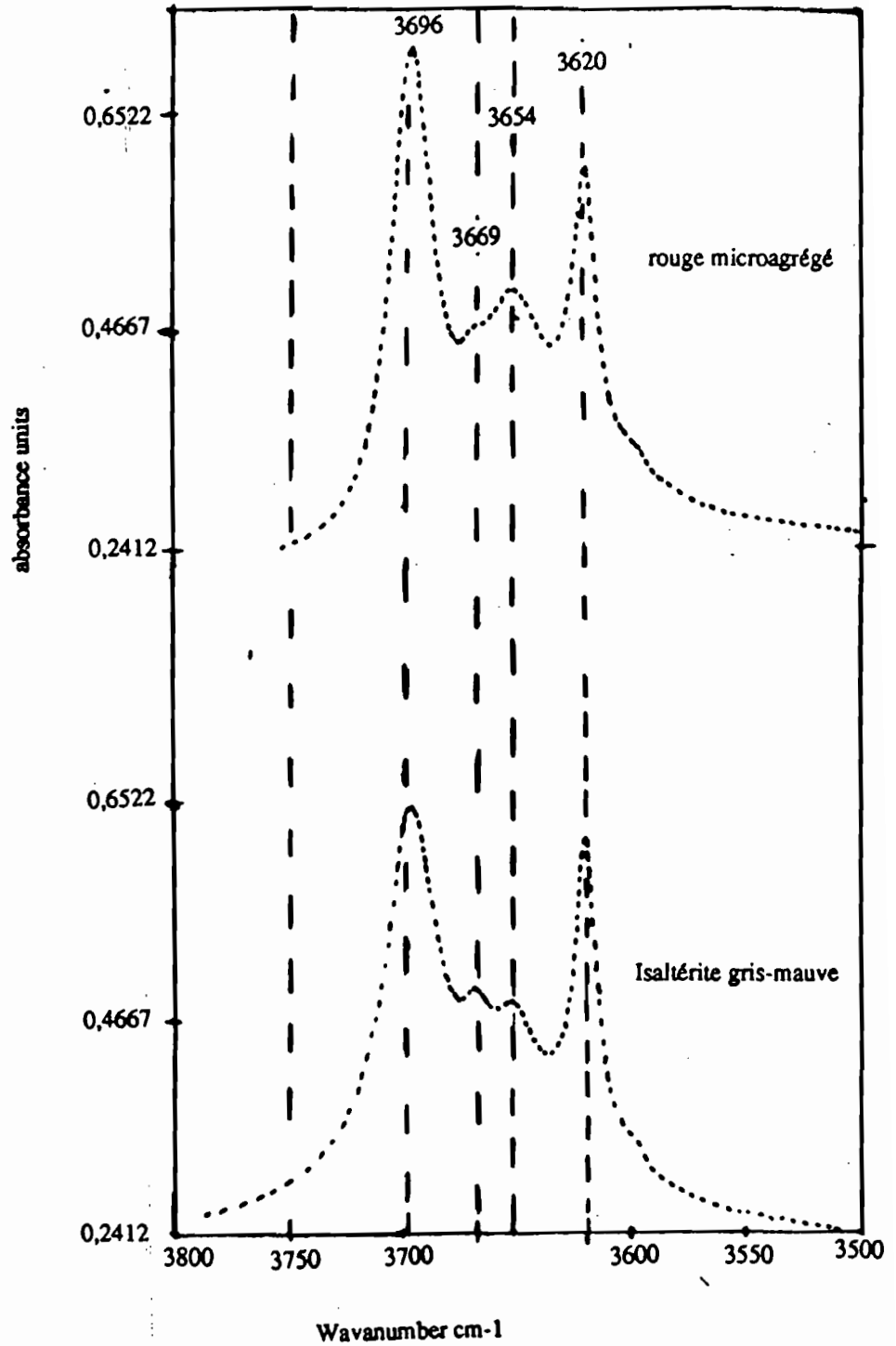
### **Cristallinité de la kaolinite**



variation du rapport  $I(001)/I(002)$   
de la kaolinite dans le sol rouge



Variation du rapport  $I(001)/I(002)$   
de la kaolinite dans le sol à horizon  
jaune

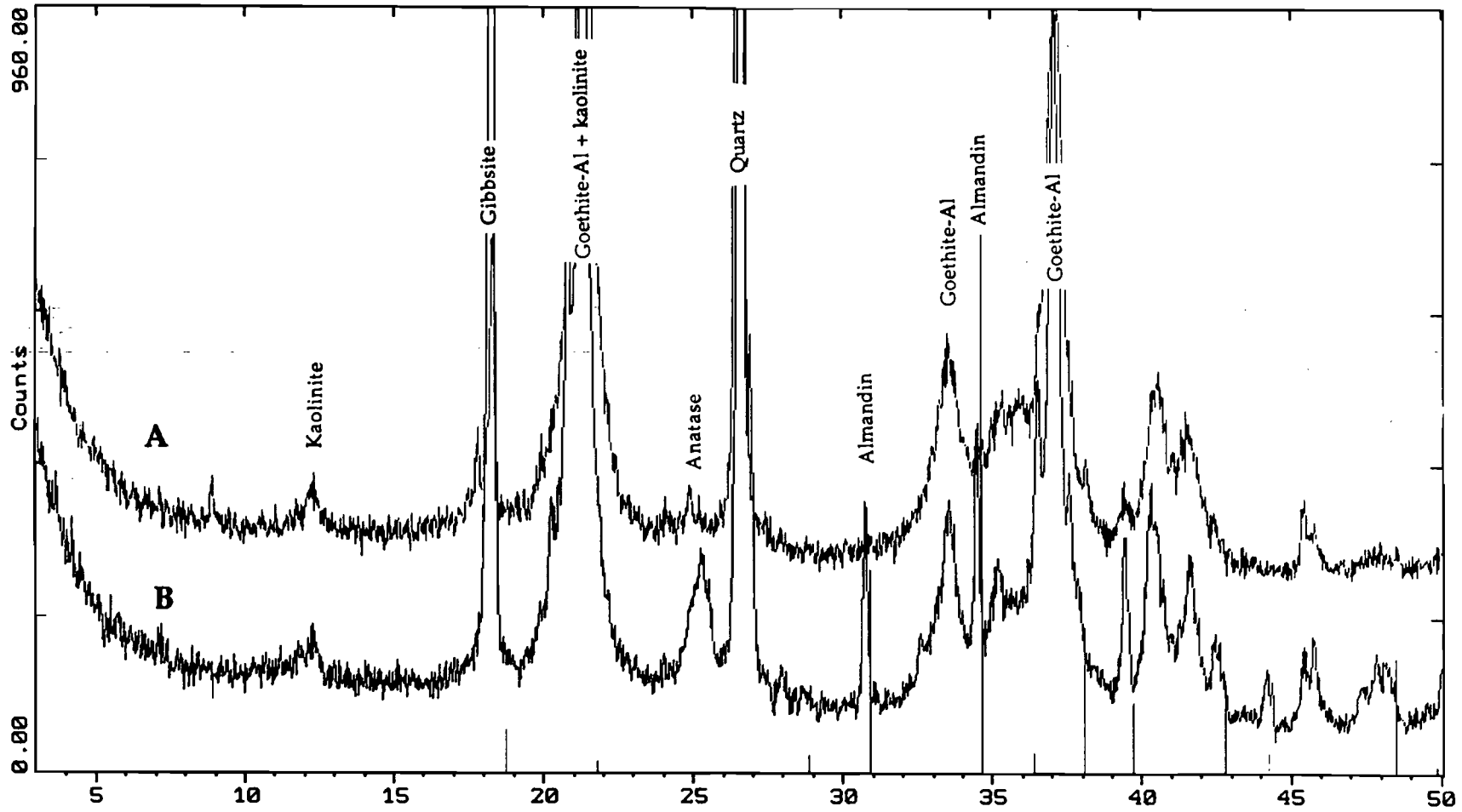


spectres infra-rouges à hautes fréquences des argiles déferruginisées de l'isaltérite gris-mauve et l'horizon rouge microagrégé

**Variation de la cristallinité de la kaolinite suivant la structure des matériaux**

## Annexe - 4

**Diffractogramme des Rayons X des grenats altérés et des nodules gibbsitiques**



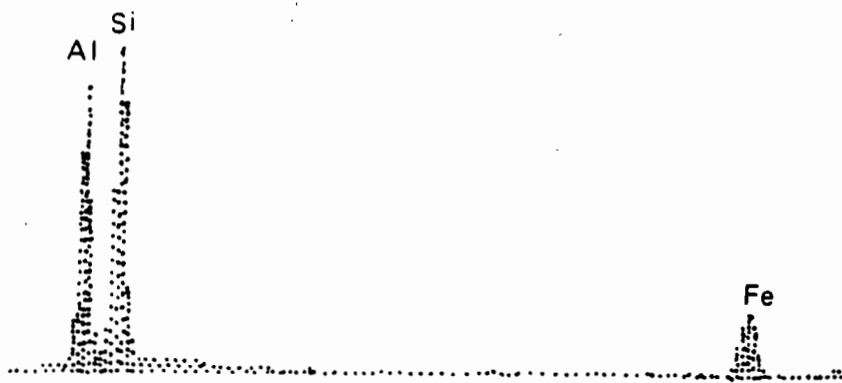
A - grenat altéré

B- nodule gibbsitique

**Diffractogrammes des rayons X des grenats altérés  
et des nodules gibbsitiques**

## **Annexe - 5**

**Analyse qualitative au niveau du cortex d'un nodule ferrugineux**

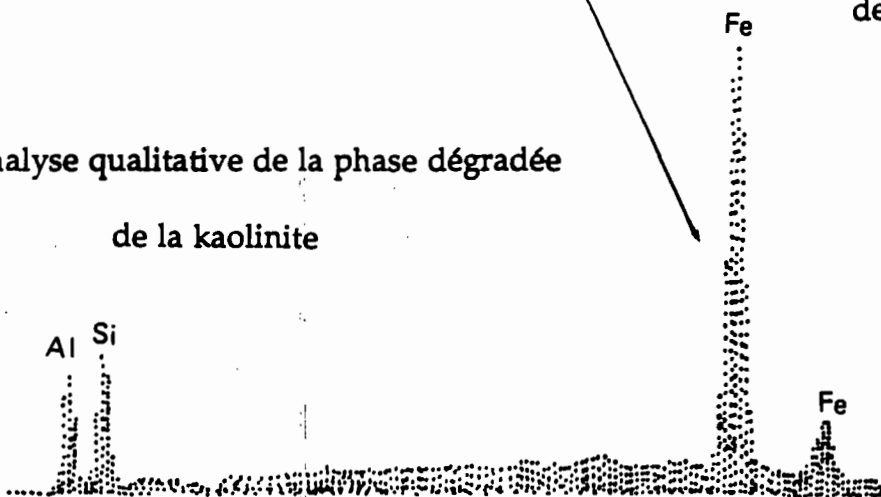


Analyse qualitative du reste de la kaolinite (M.E.B)



Exudats sur le reste de la kaolinite

Analyse qualitative de la phase dégradée de la kaolinite



Cortification des nodules ferrugineux par dégradation de la kaolinite

## Glossaire de termes micromorphologiques ( BREWER 1964)

### Constituants

squelette = minéraux primaires de taille suffisante pour être identifiables au microscope optique. A ce terme squelette , on a ajouté les pseudomorphoses de grenat.

Plasma = matière à granulométrie fine  $\leq 2\mu$ . Elle comprend essentiellement une phase argileuse et une partie des limons.

### Organisation du plasma

plasma asépique = plasma sans orientation des cristallites. L'extinction est ponctuée.

plasma masépique = plasma à extinction orientée suivant une direction ou deux directions ( bimasépique).

plasma omnisépique = plasma à extinction complexe, les tris forment un réseau enchevêtré.

Plasma lattisépique = plasma à directions d'extinction presque orthogonales

plasma vosépique = plasma à extinction autour du vide

plasma mosépique = plasma à extinction en îlots nombreux et non orientés

### Traits pédologiques

Trait pédologique = organisation qui se distingue par la concentration d'une fraction de plasma ou par arrangement des constituants

Cutanes = modification de texture , de structure ou de l'arrangement des surfaces naturelles.

Ferrane = cutane composé d'une concentration d'oxydes de fer.

Papule = inclusion composée principalement des minéraux argileux.

Lithorelique = organisation à structure et assemblage de roche reconnaissables

### Relation plasma-squelette

Assemblage porphyrosquelique = grains de squelette sont noyés au sein d'un plasma presque continu.

Assemblage intertextique = grains de squelette sont reliés par des ponts de plasma situés au sein d'un fond plasmique très poreux.

Assemblage granulaire = pas de plasma ou bien celui-ci se manifeste uniquement sous forme de traits pédologiques



# **Planches photographiques**

## **I - Roche ou substratum et Isaltérite.**

### **Roche**

- 1 - Faciès à litage net de l'embranchite pauvre en grenat.
- 2 - Faciès à litage peu net riche en grenat.

### **Isalterite gris-mauve**

- 3 - M.O. Alternance des lits de filonnets de quartz avec l'isaltérite fine à quartz fins et dispersés en (L.N)
- 4 - M.E.B. Conservation de la forme et de la structure des micas dans l'isaltérite fine.



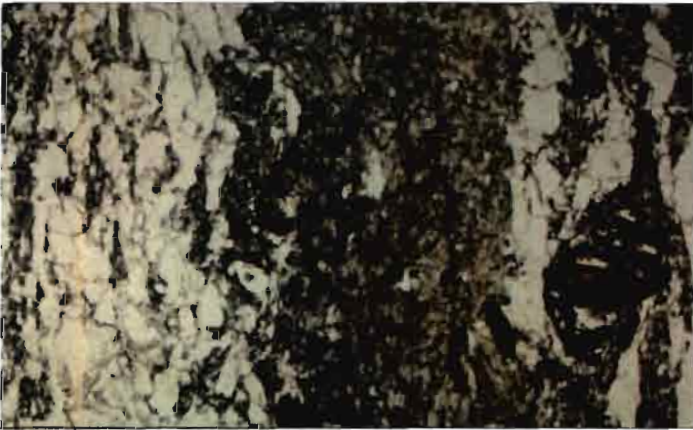
1

6cm



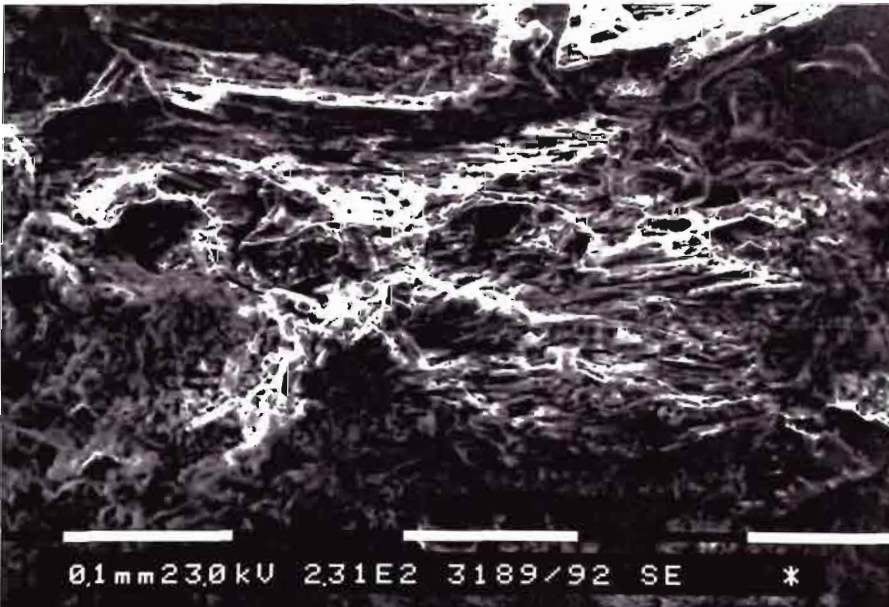
2

6cm



3

500  $\mu$ m

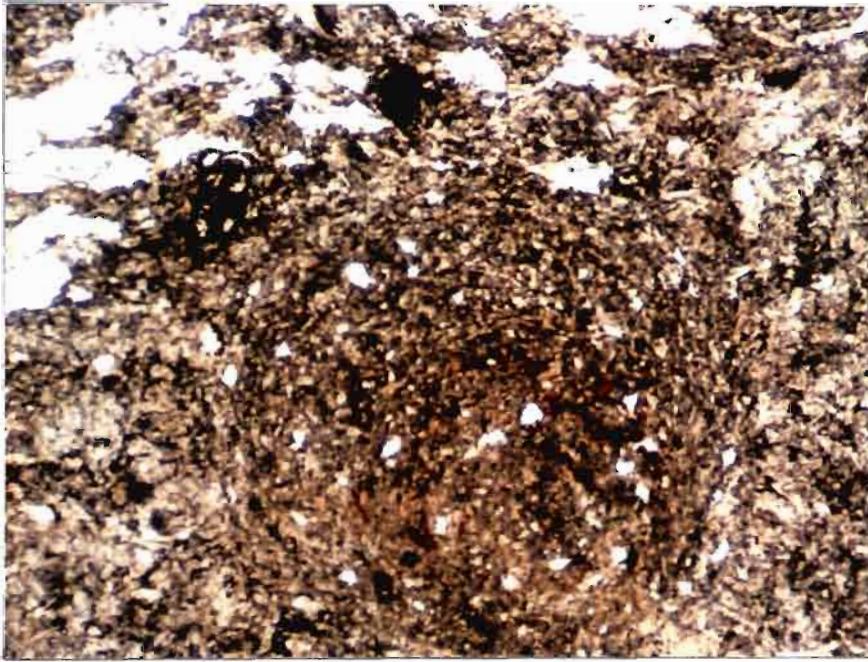


4

50  $\mu$ m

## II - Traits pédologiques au niveau de l'isaltérite gris-mauve

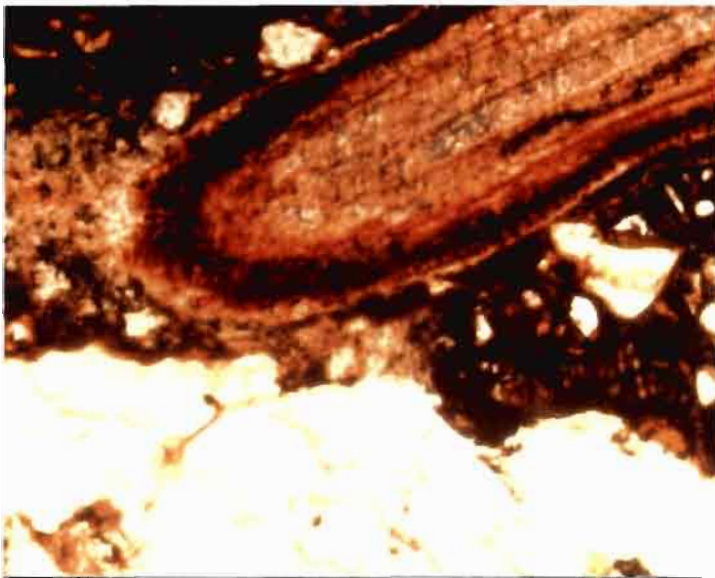
- 5 - M. O. Tubule gris en L. N. à distribution concentrique des quartz.
- 6 - M. O. Imprégnations rouges autour du vide (L. N. ).
- 7 - M. O. Racine en contact avec le filonnet quartzitique (L. N.).
- 8 - M. O. Tubule rouge composé des microagrégats rouges et des reliques d'isaltérite (L. N.).



5

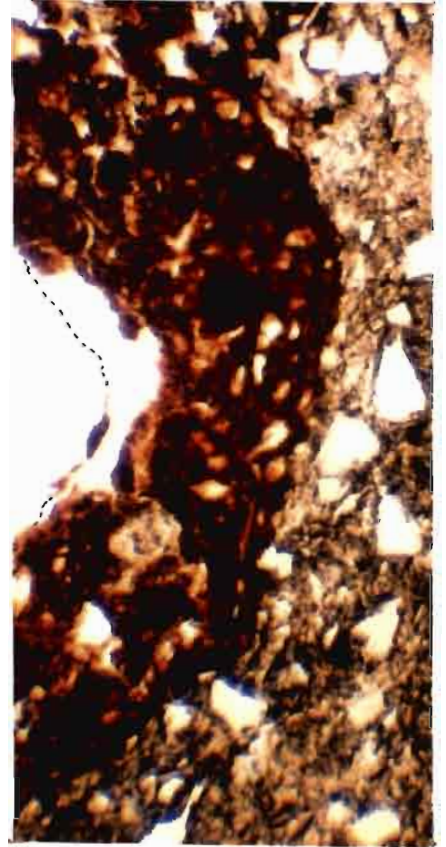
6

600  $\mu\text{m}$

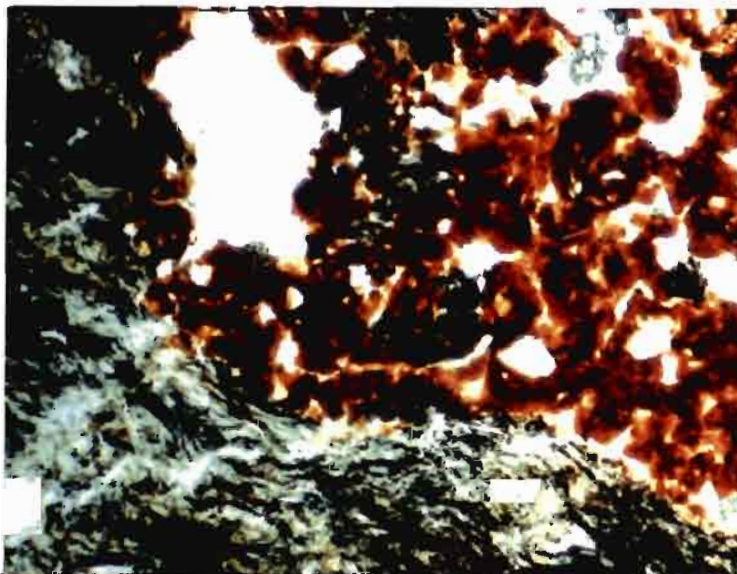


7

300  $\mu\text{m}$



200  $\mu\text{m}$

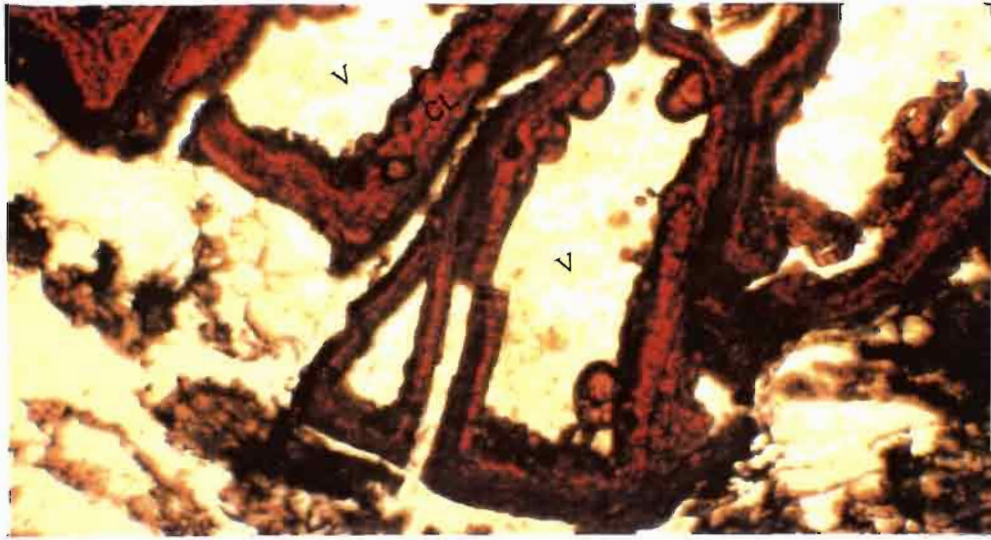


8

500  $\mu\text{m}$

## **I I I - Grenat altéré**

- 9 - M. O. Cloisons (CL) tapissées de glomérules d'un grenat complètement altéré (L. N.). V = cavité de dissolution.
- 10 - M. O. Libération de la gibbsite lors de la dégradation des cloisons du grenat altéré (L. P.).



9

50  $\mu$ m



10

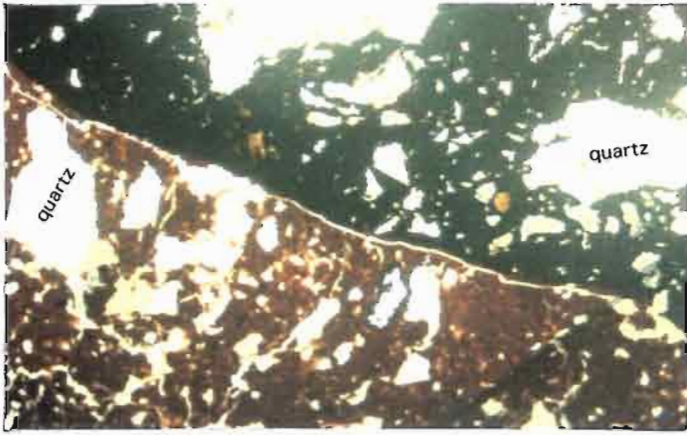
50  $\mu$ m

## **IV - Horizon nodulaire.**

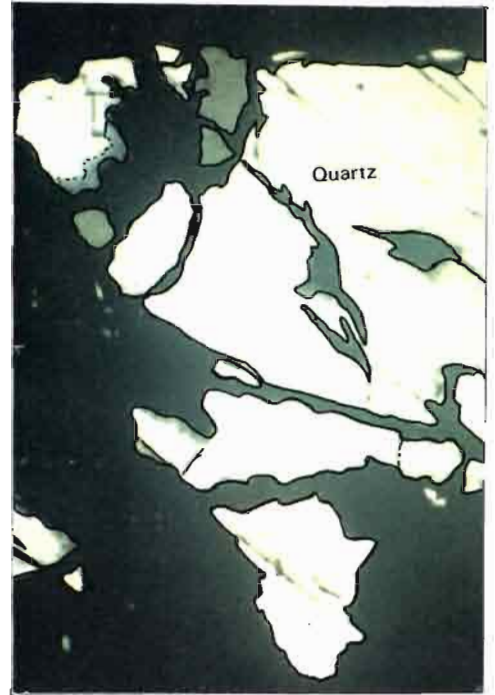
- 11 - M. O. Contact entre le nodule ferrugineux et la phase internodulaire (L. N.).
- 12 - M. O. quartz fortement corrodé (L. P.).
- 13 - Loupe ; nodule gibbsitique avec un grenat altéré (G X).
- 14 - M.O micronodule ferrugineux ( L.N.)



11



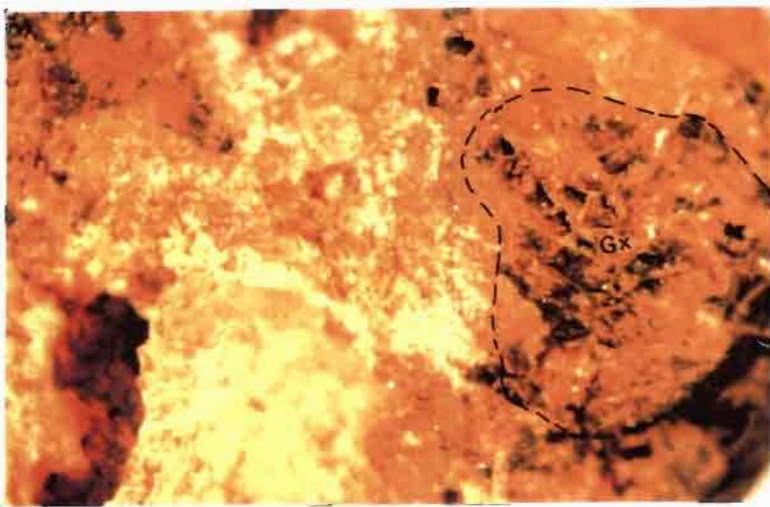
500  $\mu$ m



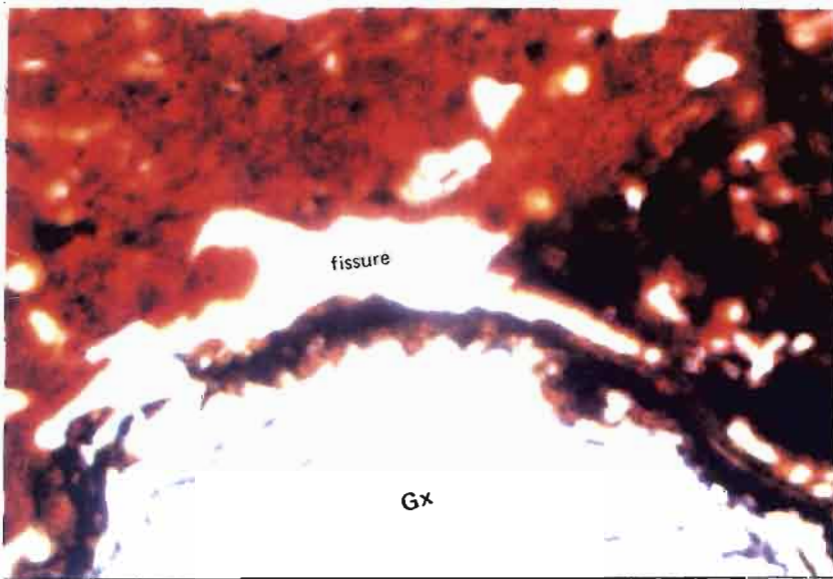
12

200  $\mu$ m

13



1mm

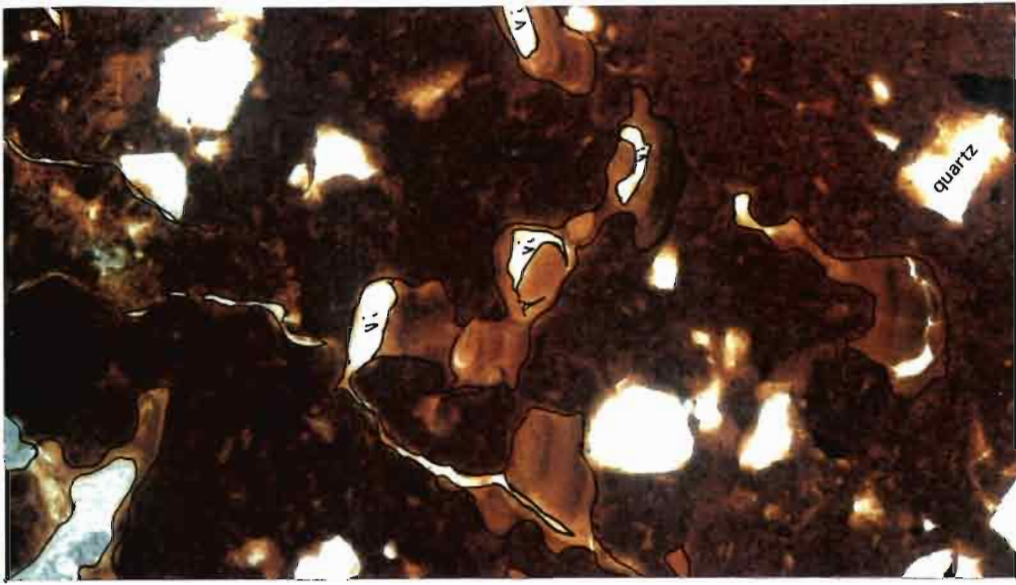


14

50  $\mu$ m

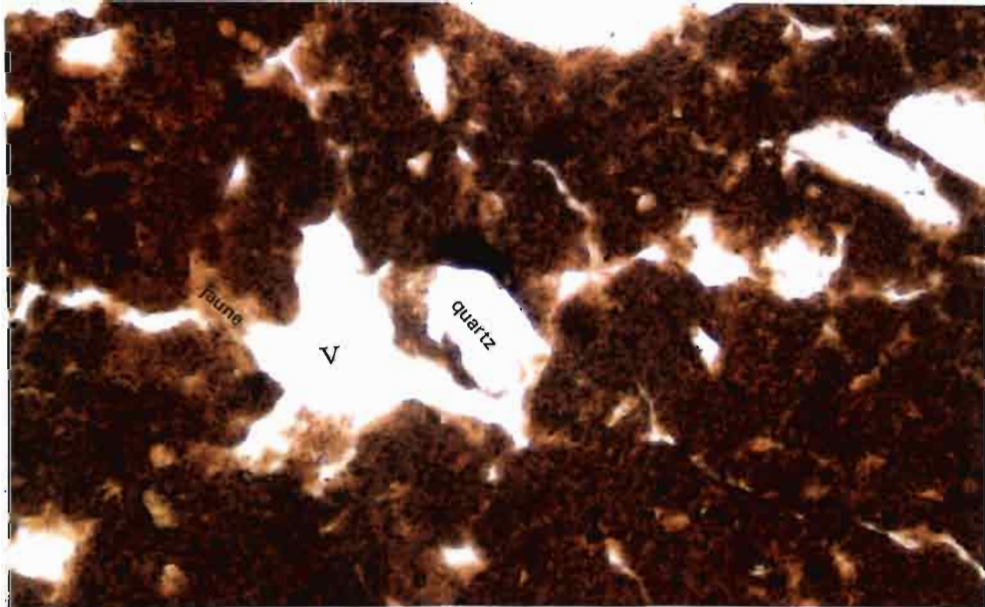
## **V - Ensemble des horizons meubles rouges.**

- 15 - Phase rouge dense avec des argilanes et des microfissures en L.N.
- 14 - Evolution d'une microfissure en cavité polyconcave (V);
  - imprégnation ferrugineuse autour du quartz



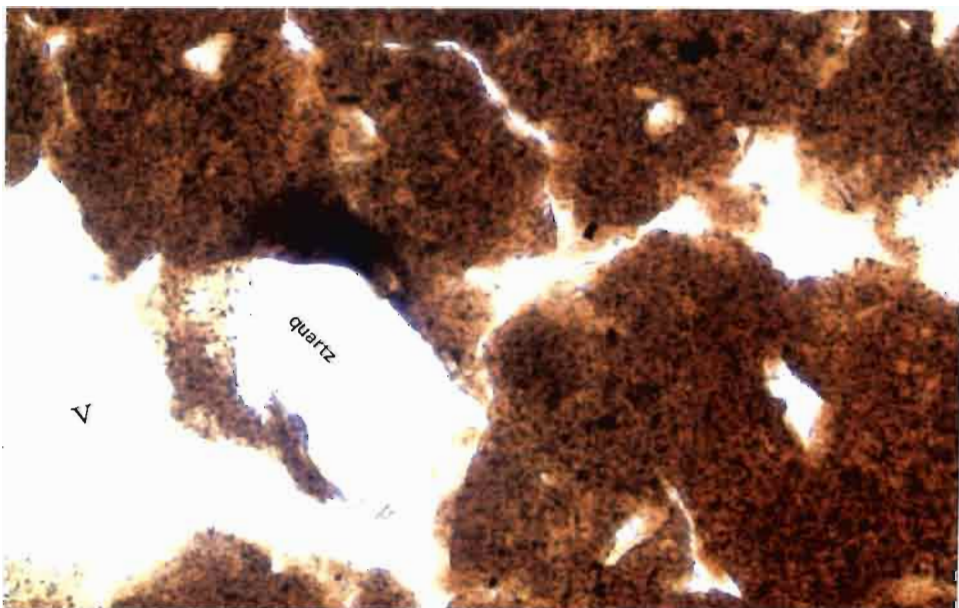
15

100 μm



16A

200 μm



16B

100 μm

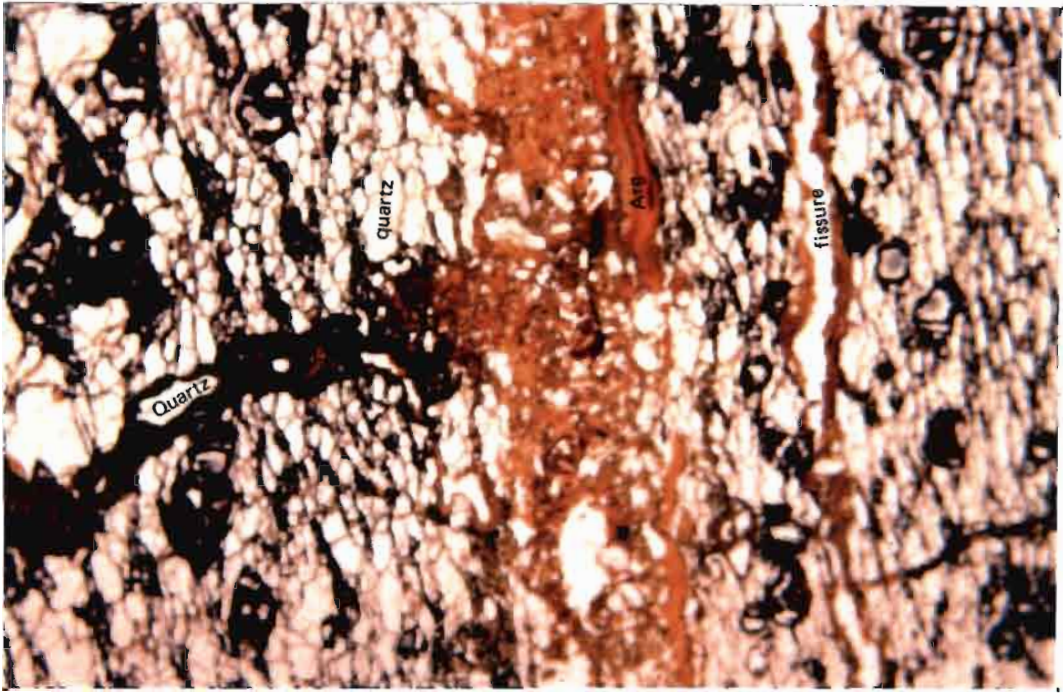
## **V I - Système des variations basales**

### **Isaltérite rouge-foncé à taches gris-jaune**

- 17 -Loupe. Alignement des argilanes jaunes en L.N;  
- Recoupage des lits de filonnets quartzitiques par la phase rouge-foncé pédoturbée;  
- Deux directions orthogonales de cassures;  
- Déferrugineuse préférentielle des remplissages verticaux;  
- alignement des papules microlitées.
- 18 - M.O .Agrégat flottant dans une fissure renfermant un quartz orienté dans le sens des filonnets de quartz en L.N

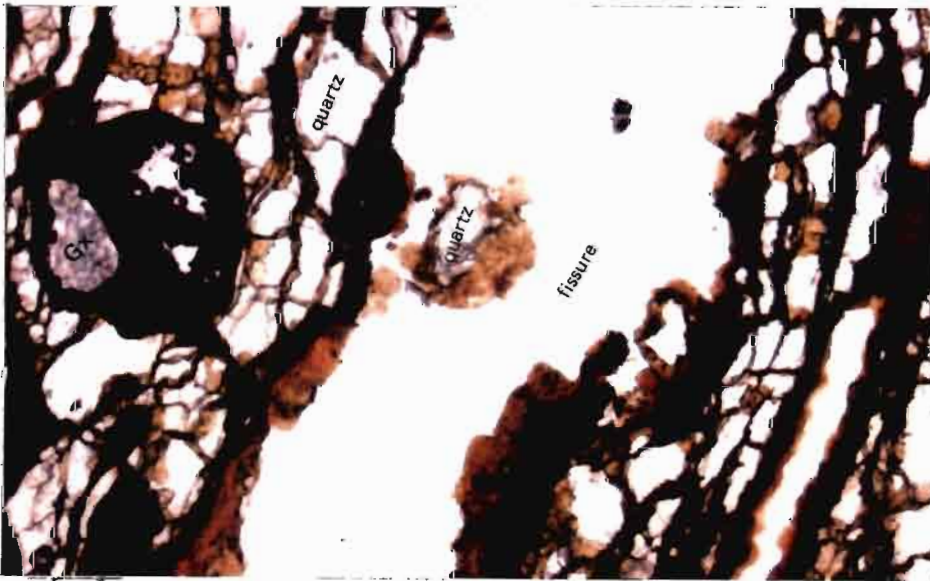
### **Horizon rouge-pâle à pédoreliques**

- 19 - Loupe - Nodule riche en quartz;  
- Réseau polygonal des fissures à parois non tassées et non ajustées dans l'horizon rouge-pâle à pédoreliques



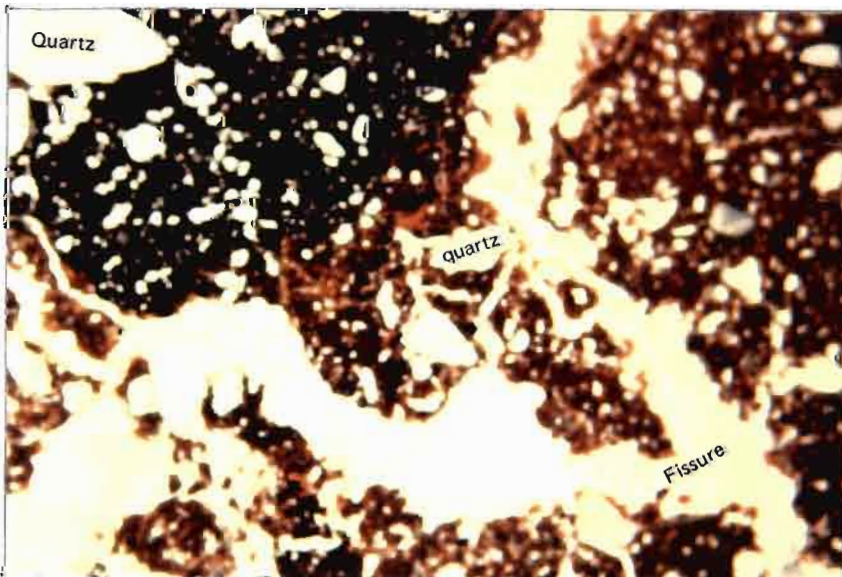
17

650  $\mu$ m



18

100  $\mu$ m



19

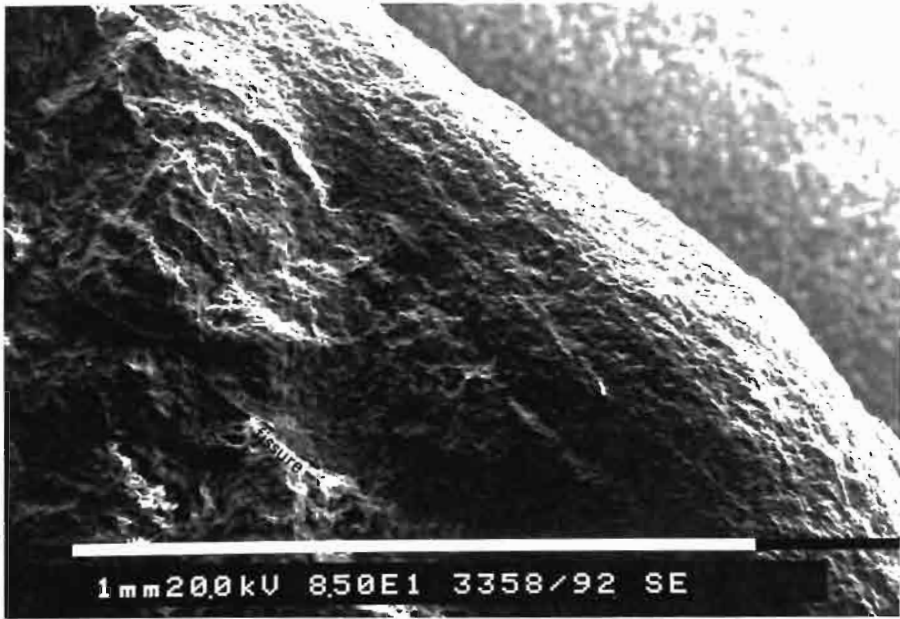
650  $\mu$ m

## **V I I - Nodule ferrugineux à cortex discontinu**

20 - M.E.B - Nodule ferrugineux à cortex discontinu.

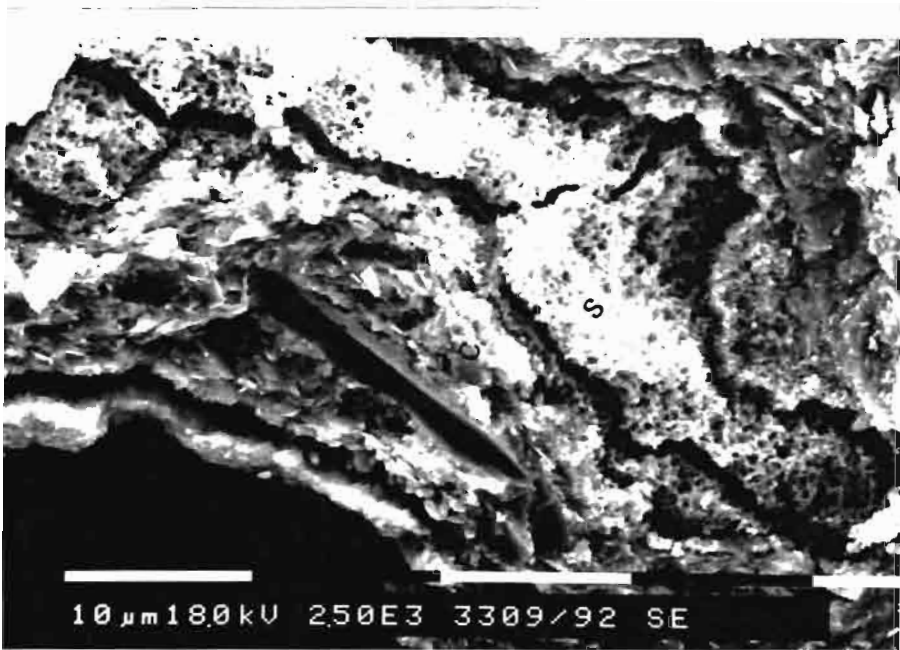
21 - M.E.B. Alternance d'une phase spongieuse (S) avec une phase continue (C). Fissuration de la phase spongieuse

22 - M.E.B. Pénétration de la phase spongieuse (S) dans une kaolinite (K) recouverte des exsudats riches en fer



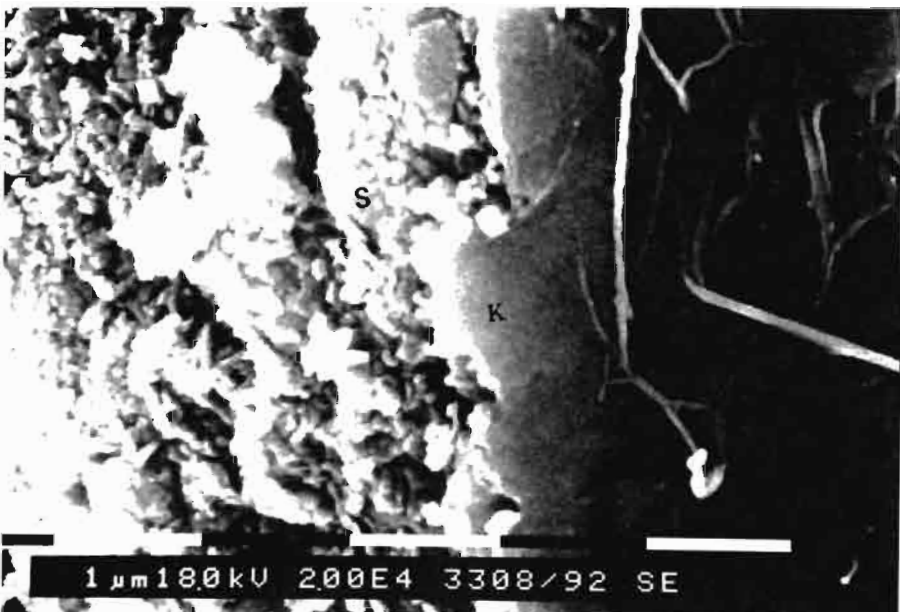
20

100μm



21

10μm



22

05μm

## **VIII - Horizons décoloré et réticulé**

### **Horizon jaune-pâle sablo-argileux ou lessivé**

23 - M.O. Distribution en réseau polygonal du squelette en L.N.

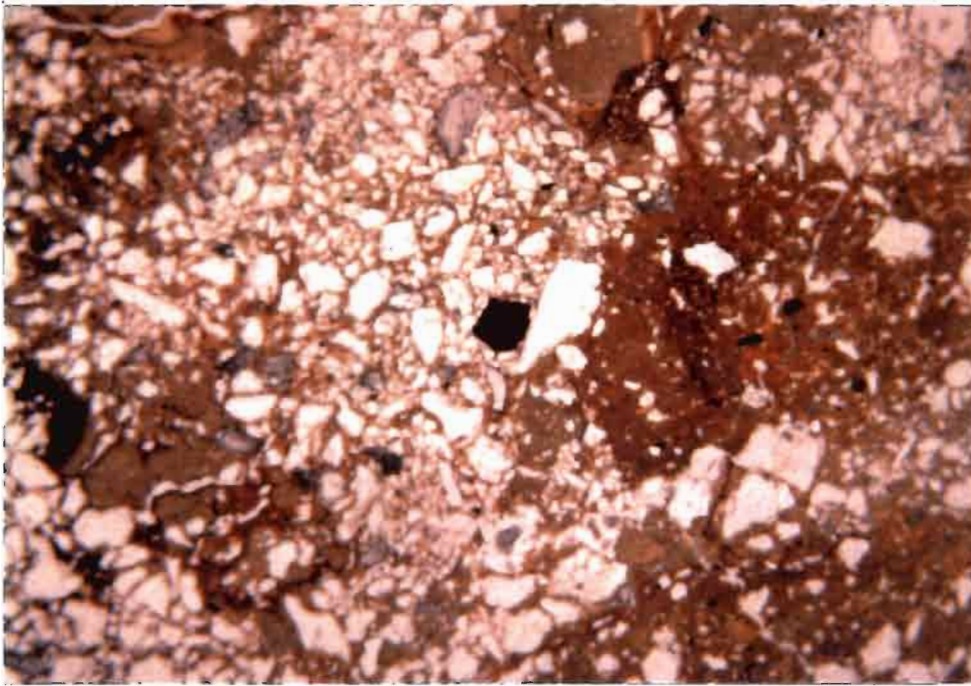
24 - M.O. Concentration du squelette par appauvrissement en argile en L.N.

### **Horizon réticulé argilo-sableux ou lessivé et illuvial**

25 - M.O. Phase jaune à plasma gris microlité et imprégné de fer ( fe ) en L.N.

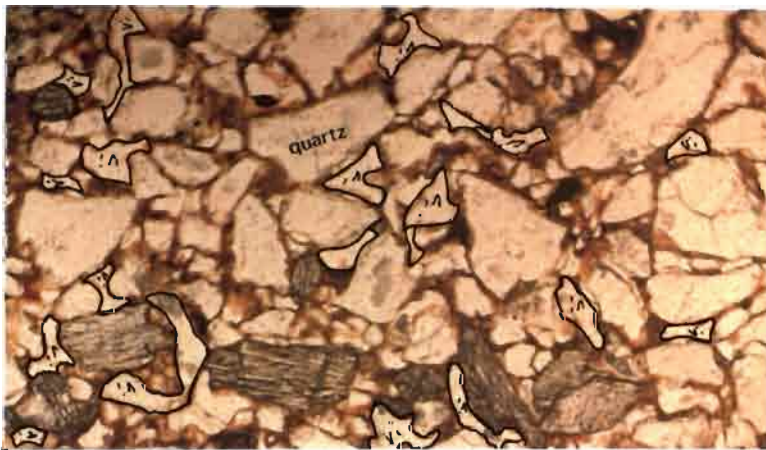
- morceau de filonnet de quartz.





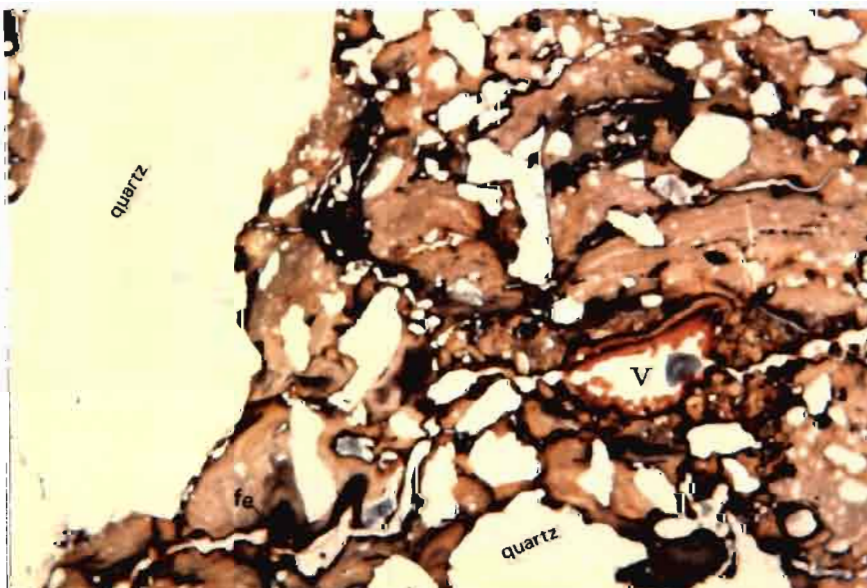
23

700  $\mu$ m



24

200  $\mu$ m

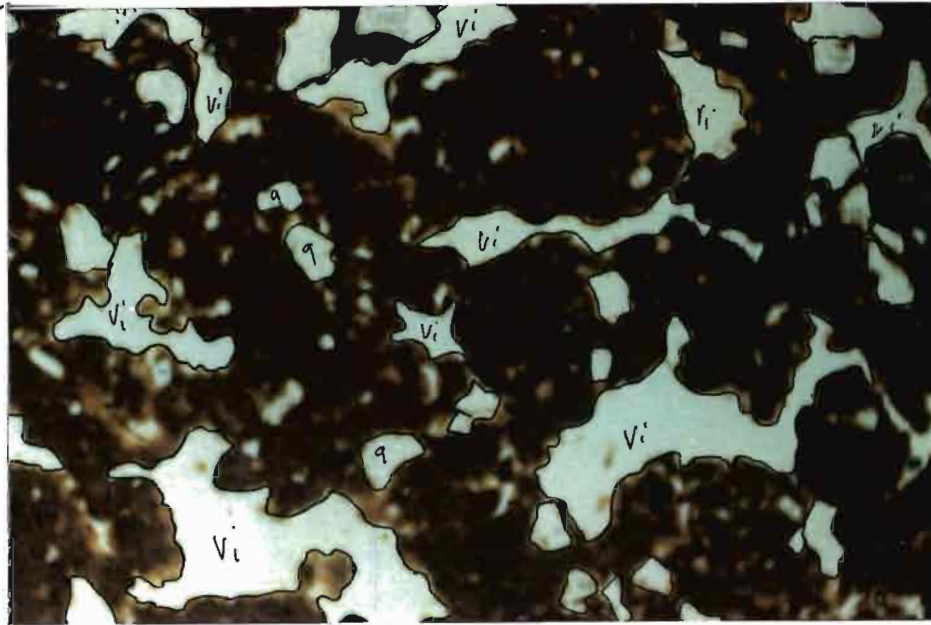


25

600  $\mu$ m

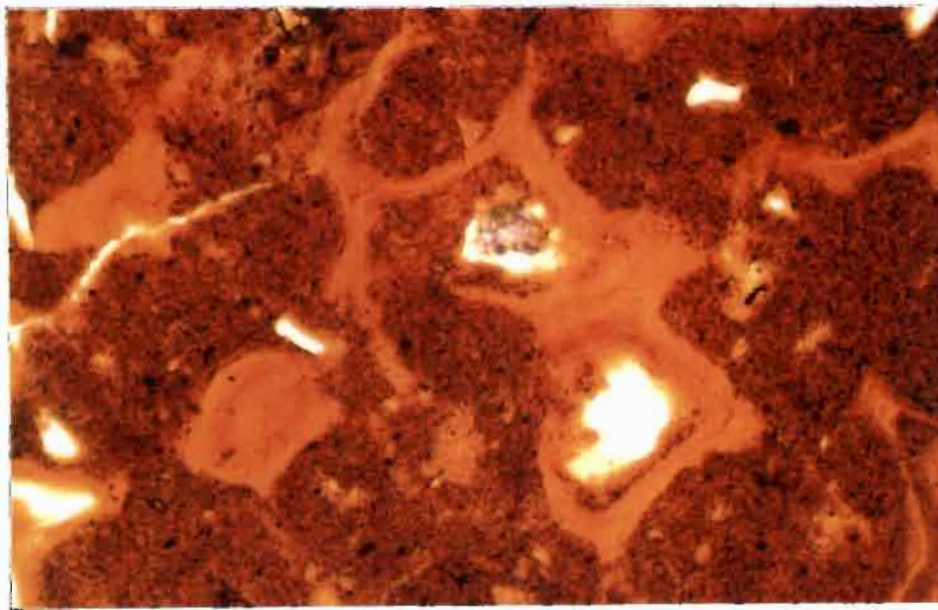
## **I X - Système de variations superficielles**

- 26 - M.O. Allongement et disparition des cavités polyconcaves (vi) dans l'horizon rouge-jaune en L.N. q = quartz
- 27 - M.O. Colmatage des cavités polyconcaves dans la phase brun-vif en L.N.
- 28 - M.O. Micronodules fer à remplisages jaunes dans l'horizon jaune meuble en L.N.



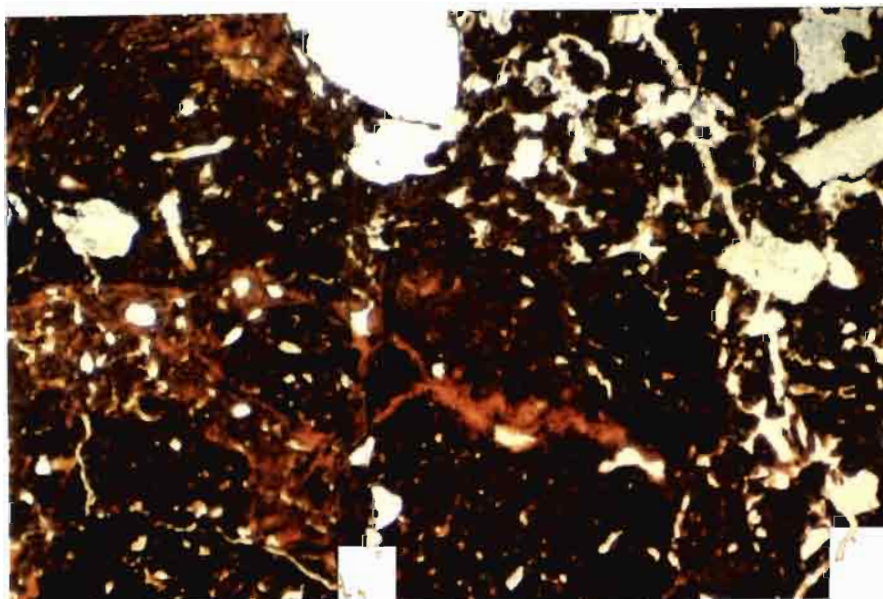
26

— 200  $\mu$ m



27

— 200  $\mu$ m

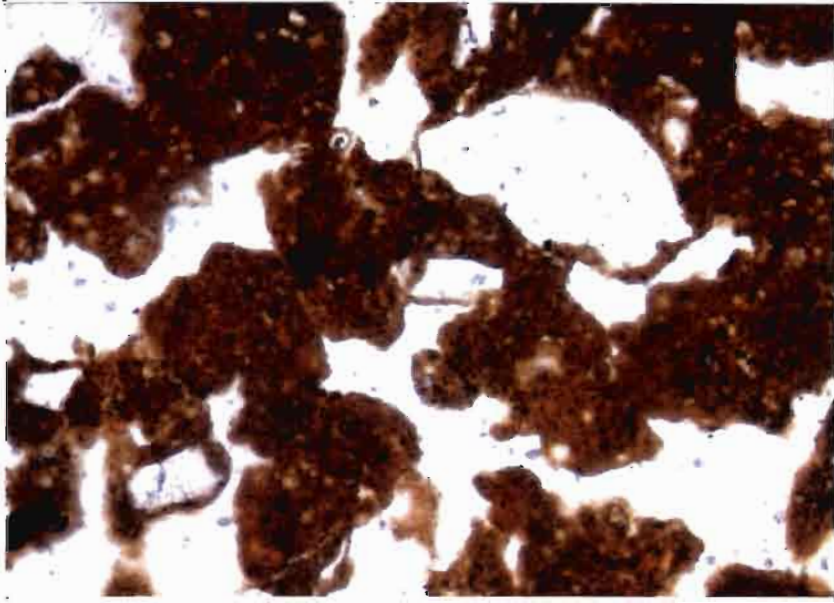


28

— 500  $\mu$ m

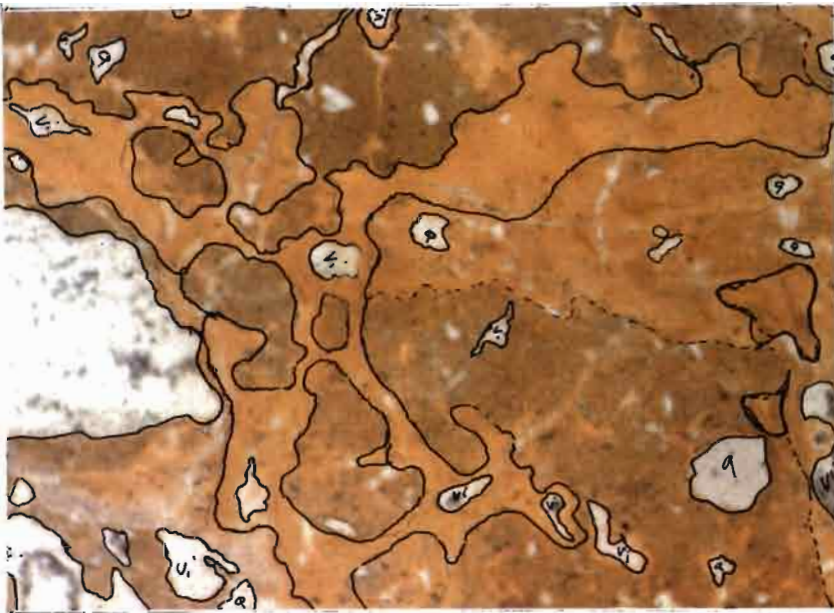
## **Horizon jaune meuble et horizon bariolé**

- 29 - M.O . Cavités allongées et non interconnectées dans l'horizon jaune meuble en L.N.
- 30 - M.O . Remplissage d'argile jaune à la base de l'horizon bariolé très argileux.
- 31 - M.O. Recoupage de la phase bariolé par un pédotubule ;  
- bioturbation postérieure à la déferruginisation en L.N.



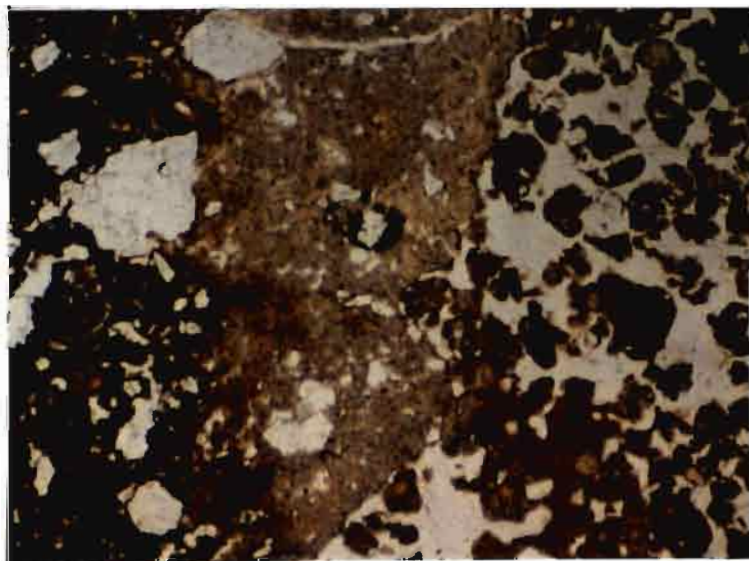
29

200 μm



30

200 μm



31

200 μm

## Résumé

Dans la région de Yaoundé (Cameroun) , plus précisément dans le bassin de la Méfou, sous climat subéquatorial humide, on rencontre des inselbergs associés à des collines à versants convexes. Une de ces collines haute de 100 m a été étudiée dans la partie médiane du bassin de la Méfou. Cette colline présente un sommet plan convexe et une couronne discontinue d'affleurements rocheux sur les versants et des talwegs qui l'entaillent suivant des directions correspondant à des cassures. Ces talwegs délimitent des lobes ou interfluves élémentaires qui sont soit, courts à versants convexes soit, longs à versants concaves.

Du point de vue des sols, les lobes courts sont à sols rouges, les lobes longs sont caractérisés par une séquence sol rouge / sol à horizon jaune.

On montre, en bas de pente du lobe long, qu'un sol rouge ferrallitique se transforme progressivement en sol à horizon jaune. Ce jaunissement est provoqué par un drainage ralenti résultant du système soutirant profond. Ce système soutirant est déterminé par des écoulements latéraux qui s'établissent à partir des cassures conservées au niveau des isaltérites. Il est lui-même à l'origine de la concavité de la surface topographique en bas de pente.

A l'échelle du modelé, les zones de jaunissement associées au système soutirant, s'alignent suivant les grandes directions structurales du socle de Yaoundé et apparaissent à l'intersection des linéaments (cassures).

A un accident tectonique principal peuvent correspondre des différenciations pédologiques propres. Ces différenciations pédologiques peuvent aider à déterminer des linéaments.

## Mots clés

**Cameroun - région de Yaoundé - Sol ferrallitique - jaunissement - Soutirage profond d'argile - tassement - fractures.**