

**RÉPUBLIQUE UNIE  
DU CAMEROUN**

**TRANSPORT ET ACCUMULATION DE MATIÈRE  
EN DOMAINE FERRALLITIQUE CAMEROUNAIS**

**PREMIÈRES DONNÉES MORPHOLOGIQUES  
ET INTERPRÉTATIONS**



**J.P. MULLER**

**TRANSPORT ET ACCUMULATION**

**DE MATIERE**

**EN DOMAINE FERRALLITIQUE**

**CAMEROUNAIS**

---

**Premières données morphologiques  
et interprétations (1)**

par

**J. P. MULLER**

**Cote : P 202**

**(1) (Texte présenté par G. BOCQUIER à la réunion  
des pédologues de l'ORSTOM**

**23 - 24 Septembre 1974 )**

## Résumé

L'étude de coupes et de toposéquences le long du chemin de fer TRANSCAMEROUNAIS, entre BELABO et NGAOUNDERE, permet d'établir l'existence réelle ou probable de processus de départ, transport et accumulation de matière en domaine ferrallitique, phénomènes plus fréquemment évoqués pour expliquer la génèse de paysages pédologiques de zone sèche. Des faits isolés sur plusieurs dizaines de kilomètres paraissent être l'expression morphologique d'une même histoire complexe faite d'une succession de cycles de dégradation et d'accumulation liés en particulier à la succession de cycles d'hydromorphie. Ces cycles affectent des matériaux incontestablement en place ou apparemment illuviés. Leur résultante est la mise en place de formations successivement meubles et indurées, bien que l'absence fréquente de continuité entre elles paraisse témoigner d'une évolution divergente.

Des distributions verticales et latérales de faits analogues sont observées. Les secondes sont les plus nettes sur des modelés jeunes, relativement à l'échelle de l'évolution ferrallitique. L'essentiel du cuirassement semble se situer à l'amont de cette évolution. Mais si les premières phases de l'induration paraissent être le résultat de différenciations verticales (à partir de la roche notamment = cuirassement à structure conservée), celles interprétées comme plus récentes seraient des éléments du fonctionnement de séquences latérales résultant des processus de transport et d'accumulation évoqués ci-dessus.

Le problème de l'actualité du cuirassement est posé.

## ABSTRACT

The probable or real existence of the most frequently evoked phenomena to explain the genesis of pedological landscapes in dry areas, i. e. eluviation, transportation and accumulation processes in the ferrallitic zone can be substantiated by the study of cuttings and toposequences along the Transcamerounese railroad between BELABO and NGAOUNDERE.

Isolated evidences along tens of kms appear as the morphogenetic expressions of a same complex history ; a chain of weathering and accumulation cycles particularly linked with hydromorphy cycles. These periods act upon materials without contest in situ or apparently illuviated. Their issue is the formation of successively loose and indurated formation. In spite of frequent lacks of continuity they seem to testify to a diverging evolution.

Vertical and lateral distribution of analogous evidences can be watched. The former are the most conspicuous on young landforms with reference to the scale of ferrallitic evolution. The main of iron-pan formation seems to be situated up stream of this evolution. But if the first induration phases appear as the result of vertical differentiations (particularly into the bed-rock = iron-pan formation keeping the structures), those considered as more recent would be components of the lateral sequences functioning, following from the eluviation and accumulation processes evoked above.

The problem of to-day iron-pan formation is brought up.

## PLAN

### 1 - INTRODUCTION

### 2 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

21 - Morphogénèse et pédogénèse

22 - Autres données du milieu

23 - Limites du sujet

### 3 - LES SYSTEMES INDURES (bref rappel)

### 4 - CHRONOLOGIE OU FILIATION DES SYSTEMES ENTRE EUX

41 - Le problème

42 - Deux exemples de filiation

42I - Cas d'un système simple : Evolution des horizons nodulaires

422 - Cas d'un système complexe : Le cuirassement d'ensellement

423 - Conclusions

### 5 - DIFFERENCIATIONS LATERALES

5I - Mise en évidence

52 - Possibilité d'une accumulation argileuse de bas de pente

53 - Généralisation

54 - Conclusion

### 6 - DIFFERENCIATION LATERALE ET CYCLES D'HYDROMORPHIE :

#### ETUDE D'UNE SEQUENCE DE SOLS JAUNES HYDROMORPHES

6I - Les grands ensembles d'horizons

62 - Structures de dégradation ou d'accumulation, d'éluviation ou d'illuviation

63 - Conclusions - Interprétations

### 7 - CONCLUSIONS GENERALES

## I - INTRODUCTION

Le milieu ferrallitique apparait comme un immense manteau rouge (ou jaune) d'accumulation de fer et d'argile, en formations meubles et peu indurées, reposant sur une altérite claire, poreuse, friable et de faible densité, milieu de départ caractéristique (relativement à la roche saine). Si l'on n'observe que très rarement des minéraux altérables dans le solum des sols ferrallitiques, la présence d'une phase argileuse en continuité avec l'altérite et en son sein est aussi exceptionnelle. En outre le contact entre ces deux milieux est généralement brutal en regard de leurs épaisseurs (fréquemment quelques centimètres pour plusieurs mètres). Si certains profils ou coupes permettent néanmoins l'observation d'un passage plus progressif entre les phases évoluées meubles et l'altérite, au niveau de poches d'altérite incluses dans des horizons B, la présence de couches argileuses aux limites franches peut-être aussi observée au sein de l'altérite. Ces deux phénomènes pourraient témoigner, l'un en faveur d'une transformation sur place, l'autre pour une illuviation ou une néoformation ; mais leur échelle et leur fréquence ne permettent pas d'appréhender le déterminisme d'une accumulation aussi importante superposée à un milieu de départ non moins considérable. En l'absence d'une continuité nette entre ces deux milieux, les deux hypothèses de l'autochtonie des formations d'accumulation (transformation sur place) ou de leur allochtonie (accumulation après transport) ne peuvent être à priori rejetées (elles ne s'excluent d'ailleurs pas).

Mais si les processus de transport et d'accumulation de matière sont fréquemment évoqués pour expliquer la gènesse des paysages pédologiques en zone sèche, ils le sont beaucoup plus rarement en domaine ferrallitique. Les auteurs font plus fréquemment appel à des processus de remaniement ou de colluvionnement d'ordre géomorphologique.

L'objet de cette note est d'établir, en domaine ferrallitique, à partir de faits de terrain collectés dans le centre Cameroun, l'existence réelle ou probable de phénomènes de départ, transport et accumulation, à l'origine parfois de différenciations latérales.

## 2 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DE LA ZONE D'ETUDE

### 2I - Morphogénèse et pédogénèse :

La zone d'étude se situe dans le centre CAMEROUN, entre les parallèles 5° et 7°5 Nord, sur un axe Sud-Nord de 300 km, le long du tracé du chemin de fer TRANSCAMEROUNAIS (de BELABO à NGAOUNDERE). Cet axe traverse un relief étagé composé de 3 surfaces raccordées par 2 zones intermédiaires de rajeunissement (D. MARTIN, 1967-1970 ; P. SEGALEN, 1967) avec du Sud au Nord : (Fig. I).

- Surface de GOYOUM - DENG-DENG (1) ; 600-700m-modelé en demi-orange typique - sols rouges épais dominants - accumulations ferrugineuses discontinues prépondérantes (horizons nodulaires) - cuirasses et carapaces profondes et/cu localisées.

- Zone intermédiaire du PANGAR à MBITOM (2) : Rajeunissement par érosion - interfluves étroits. Sols relativement peu épais - différenciations latérales marquées - reliques de cuirasses.

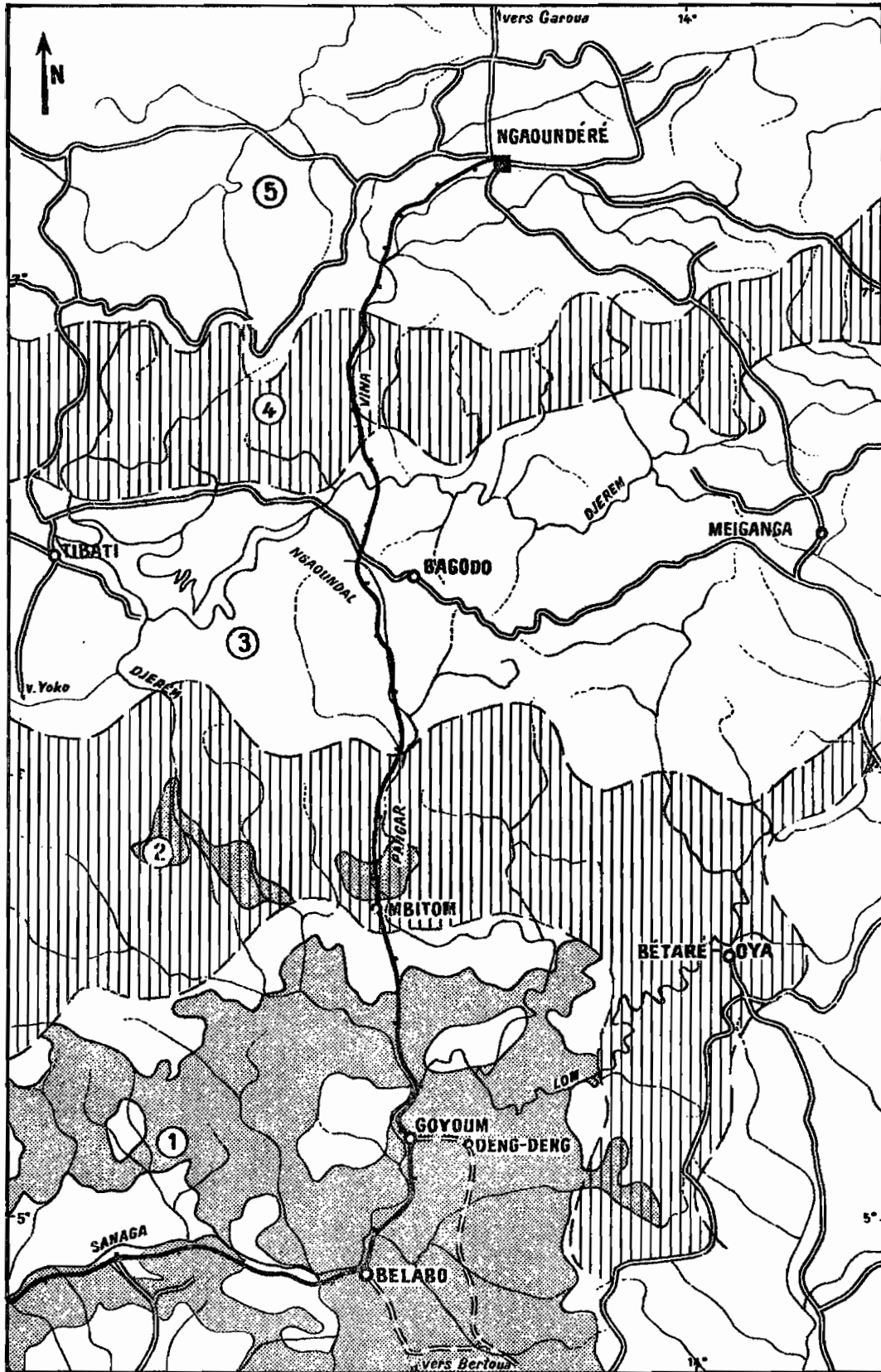
- Surface de BAGODO (3) : 900 m - interfluves larges à sommet tabulaire - sols rouges à micropeds, fortement indurés - cuirasse sub-affleurante quasi généralisée.

- Zone intermédiaire de la VINA (4) : Rajeunissement par érosion - sols relativement peu épais - interfluves à noyau rocheux central - différenciations latérales marquées - apparition de sols lessivés.

- Plateau de l'ADAMAOUA (5) : 1100-1300 m - sols rouges épais, non indurés, à micropeds, sur socle, ou plus jeunes et brun sur basalte (volcanisme tertiaire).

Le TRANSCAMEROUNAIS suivant les grands axes de drainage (SANAGA - PANGAR - VINA), et ne coupant généralement les interfluves qu'à leur base, une étude de trois toposéquences à d'autre part été engagée sur un axe perpendiculaire au chemin de fer (GOYOUM - DENG-DENG). Elle permet de saisir dans

Fig 1 : CROQUIS DE SITUATION



Echelle 1:1.500.000

- |   |  |   |                           |
|---|--|---|---------------------------|
|  | Forêt  |  | Cours d'eau               |
|  | Savane   |  | Axes routiers             |
|  | Zones intermédiaires de rajeunissement<br>(limites approximatives) |  | Tracé du Transcamerounais |



leur intégralité les variations morphologiques des sols de la région (les horizons supérieurs, les bas de pente et fréquemment les horizons d'altération échappant à l'observation sur le TRANSCAMEROUNAIS) (Fig. 7).

## 22 - Autres données du milieu

Le climat de type subéquatorial à longue saison sèche au Sud (1500 mm - 120 jours de pluie en 10 mois - température moyenne de 24 à 25°) fait place à une variété de montagne du climat tropical humide dans l'ADAMAOUA (1400 à 1600 mm - 150 jours de pluies sur 8 à 9 mois - température moyenne de 23 à 24°).

La végétation passe progressivement d'une forêt semi-décidue à Celtis et Sterculiacées (région de DENG-DENG) à une savane arbustive soudano-guinéenne (ADAMAOUA) par une zone post-forestière dite congo-guinéenne (zone de raccordement du PANGAR) et une savane arbustive de transition (surface de BAGODO).

Les matériaux sont relativement homogènes avec dominance de granites du vieux socle africain traversés de formations métamorphiques. Du basalte tertiaires apparaît dans l'ADAMAOUA. Les grands axes de drainage sont bordés de terrasses alluviales.

## 23 - Limites du sujet

Nombreux sont les pôles d'intérêt offerts par ces coupes et séquences. Nous nous intéresserons ici aux manifestations d'éluviation et d'illuviation de fer et d'argile et particulièrement à la formation et au démantèlement des horizons indurés. Seuls quelques faits morphologiques nouveaux et leur interprétation seront rapportés ici.

## 3 - LES SYSTEMES INDURES : (bref rappel).

Les accumulations ferrugineuses sont de nature et revêtent des formes variées :

31 - Nature : Avec ou sans structure lithologique apparente :

cuirasse avec ou sans structure conservée  
pédoreliques ou lithoreliques ferruginisées.

32 - Types : nous distinguerons :

- des systèmes simples : accumulation discontinues :

horizons "nodulaires"

accumulation continues :

carapaces ou cuirasses "vermiculaires"

(ou vacuolaire) à trame indurée continue.

- des systèmes complexes :

. mixtes : ex nodules au sein d'une cuirasse vermiculée

. superposés : X cas général des horizons nodulaires sur  
ou sous une cuirasse vermiculaire

X cas particulier du cuirassement d'ensellement.

#### 4. CHRONOLOGIE OU FILIATION DES SYSTEMES ENTRE EUX

4I - Le problème : Ces systèmes sont généralement isolés ou couplés de façons variées entre eux ou avec les systèmes voisins (altérite, horizons meubles...) et sont observés en des endroits souvent éloignés les uns des autres.

exemple : cuirasse vermiculée

Isolée dans matériau rouge et sans continuité  
apparente avec lui.

En continuité avec horizon nodulaire

" argile tachée

" altérite.

Peut-on établir des filiations entre ces systèmes ou : ces systèmes représentent-ils des maillons d'une chaîne d'évolution complexe ?

42 - Deux exemples de filiation

42I - Cas d'un système simple : Evolution des horizons nodulaires - coupe du pK 690 (surface 600 - 700 m). (Figure 2).

- Les horizons nodulaires semblent constituer une structure d'accueil préférentielle pour des argiles illuviales (une ou plusieurs générations). Ils peuvent se transformer alors en une carapace nodulaire dans laquelle des nodules ferrugineux durs sont cimentés par des argiles jaunes ou rouges (BEAUDOU 1973).
- Le pK 690 offre l'exemple d'une carapace nodulaire de ce type constituée de nodules d'un ancien horizon nodulaire cimentés par des argiles (illuviales ?), denses, jaunes dominantes (hydromorphie ?). Les derniers vides tubulaires ou périphériques aux nodules sont revêtus de dépôt argilo-ferrugineux rouges.
- Cette carapace est actuellement l'objet d'une dégradation pour reformer un horizon nodulaire à sa partie supérieure. Les fragments de carapace inclus dans l'horizon nodulaire en sont les témoins.

Conclusion : Il y a donc possibilité de CYCLES SUCCESSIFS formation - dégradation des horizons nodulaires.

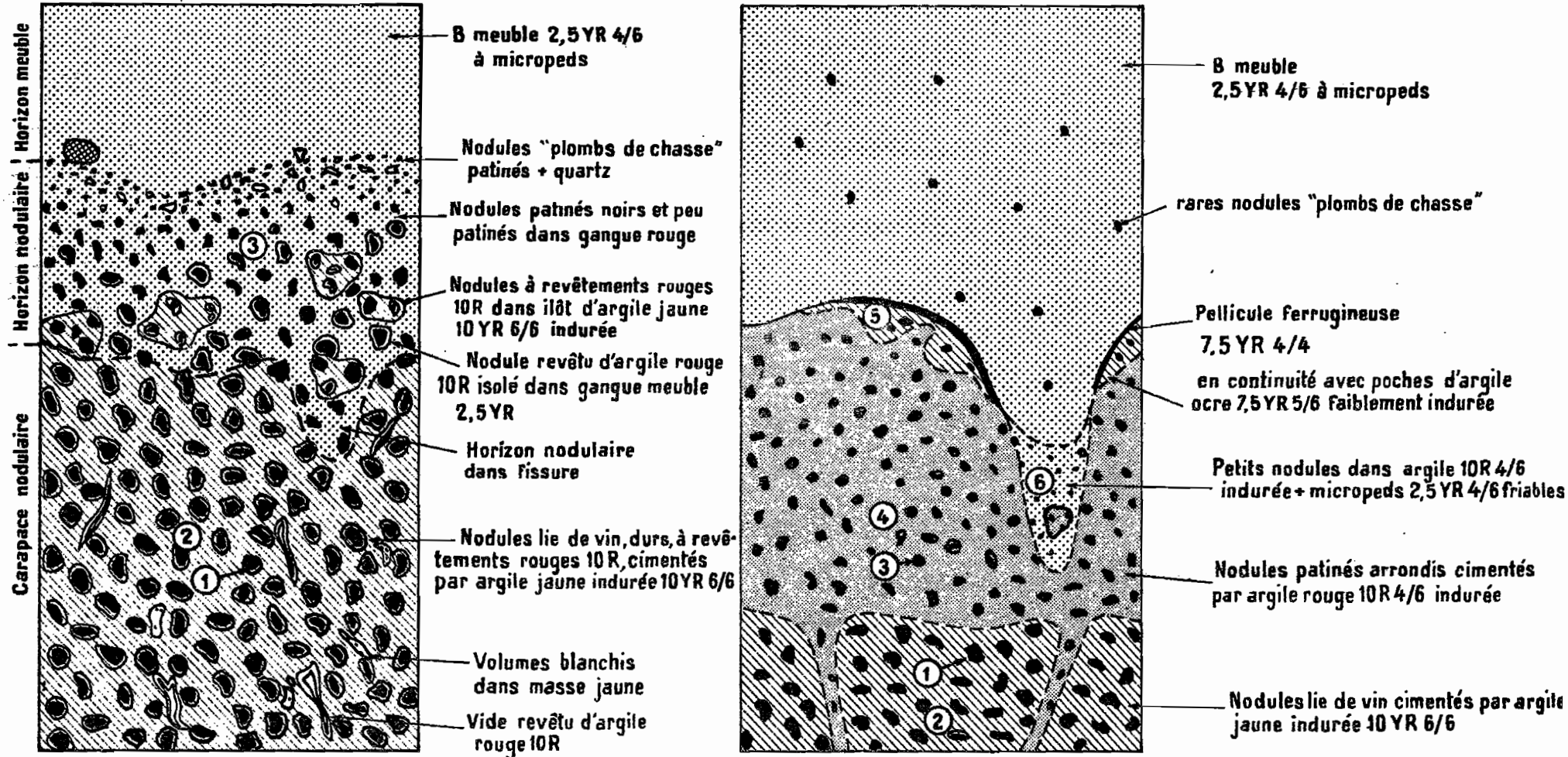
422 - Cas d'un système complexe (de superposition) : Le cuirassement d'ensellement - coupe du pK 690,5 (surfaces 600 - 700 m) (Fig. 3).

Les horizons indurés dessinent un modelé interne en creux (ENSELLEMENTS) et bosses (DOMES).

- au niveau d'un ensellement : à la base de la coupe on constate la présence d'un système induré présentant les caractères suivants (de bas en haut) :

## Fig 2 : pk 690- EVOLUTION DES HORIZONS NODULAIRES

Exemples de cycles de formation-évolution-concentrations des nodules sur places



### CHRONOLOGIES

#### Accumulations

- Discontinue** ① nodulation en place ou fragmentation d'une cuirasse continue
- Continue** ② carapace nodulaire (1): nodules = structure d'accueil pour phase illuviale jaune (masse) puis rouge (revêtements)
- Discontinue** ③ horizon nodulaire: phase de dégradation-accumulation relative résiduelle de pédoreliques simples et complexes

#### Accumulations

- ① ② ③ Idem précédemment
- Continue** ④ carapace nodulaire (2) = nodules patinés = structure d'accueil pour phase (illuviale) rouge
- Continue** ⑤ carapace nodulaire interrompue (3) = dégradation de ④ puis phase argileuse ocre localement ferruginisée et/ou
- Discontinue** ⑥ horizon nodulaire interrompu = entonnoir de dégradation de ④ - accumulation relative résiduelle de pédoreliques simples et complexe

. une carapace (1) constituée de nodules lie de vin, durs, emballés dans une argile jaune dominante, dense. On note des revêtements rouges dans les vides et sur les nodules.

. surmontant la carapace (1) un horizon nodulaire carapacé (2). Les nodules sont petits (gradient) à la partie supérieure et paraissent plus foncés. Les ciments rouges l'emportent sur les jaunes. Cet horizon est l'équivalent de celui observé à la partie supérieure des cuirasses dégradées des coupes précédentes.

. A la limite de cet ensemble de carapaces et l'ensemble sus-jacent des horizons meubles localement plus ou moins cuirassés, une induration noire (3) (de quelques mm à quelques cm), la plus distincte au centre de l'ensellement.

. La carapace nodulaire est traversée de veines (4) à enduit plus rouge et nodules à patine noire, en continuité avec l'horizon nodulaire (2).

. Un ensemble, induré à la base, composé de deux horizons.

. Un horizon inférieur (5) de couleur rouge foncé d'ensemble, massif, dur, à tubulures gainées de jaune et blanc, et à remplissages biologiques ocres.

. Un horizon supérieur (6), rouge plus clair, moins induré, à veines jaunes et blanches abondantes.

La transition entre ces deux horizons est progressive.

. Un passage diffus de (6) aux horizons meubles sus-jacents (7), matériau argileux rouge foncé, à sables quartzeux et petits nodules patinés noirs ("plombs et chasse"), à ségrégations jaunes éparses. L'activité biologique est forte (tubes vides), la structure polyédrique moyenne se résout peut-être en "pseudo-particules". (Cet horizon n'est pas observé au niveau des bosses).

. Une transition graduelle vers les horizons meubles rouges, homogènes supérieurs.

. Des veines recourent l'ensemble du système nodulaire et vermiculaire.

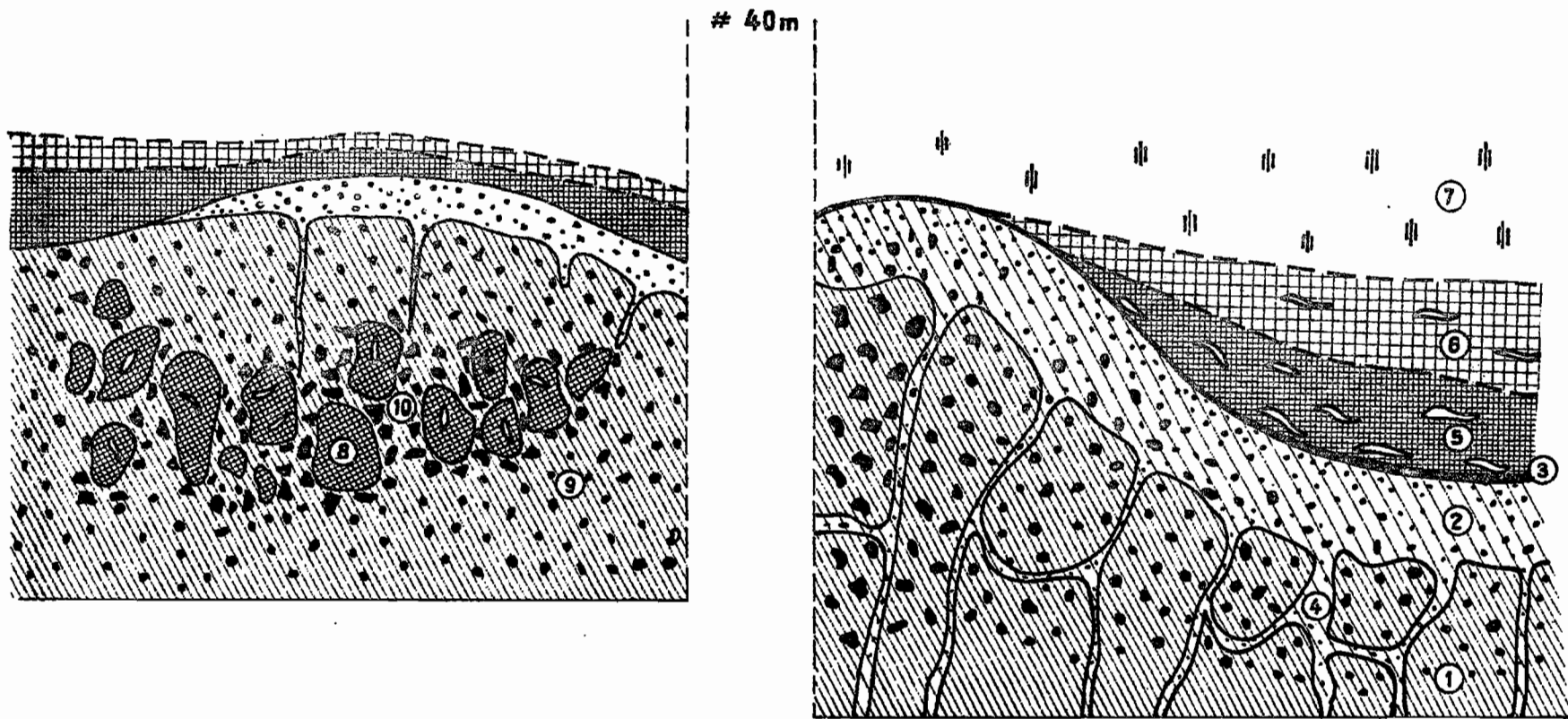


Fig 3 : pk 690,5 - EXEMPLE DE CUIRASSEMENT D'ENSELLEMENT

- au niveau d'un dôme : (à 50 m vers le Sud)

Présence de blocs de cuirasse indurée vermiculée - peu nodulaire (8) à ciment indurés lie de vin à noir bleuté et de revêtements ou remplissages jaune clair, blancs et rouges vraisemblablement biologiques. Ces blocs sont inclus dans une carapace à nodules et lithoreliques (9) dont les ciments sont jaunes et rouges. Cette carapace est en continuité avec la précédente (mais moins cohérente). Elle est zébrée de veines plus sombres à nodules patinés noirs dans une matrice brun-rouge. Des nodules anguleux (10) de même faciès que les blocs cernent et semblent issus de la dégradation de ces derniers.

- généralisation : ce type de disposition des horizons est observé sur plusieurs coupes échelonnées sur plusieurs dizaines de kilomètres. (Remarque : dans 2 coupes voisines il y aurait au moins 3 cycles d'hydromorphie).

- Conclusions :

. Il y a similitude de l'ensemble carapacé de la base avec la carapace de la (en fait les) coupe précédente : un ancien horizon nodulaire qui serait envahi par de l'argile jaune hydromorphe est traversé par des veines rouges. Un stade supplémentaire dans l'évolution de cet ensemble est marqué par l'envahissement de l'horizon nodulaire supérieur par des argiles rouges dominantes et denses.

. Les enlèvements dans cet horizon seraient le siège d'un cuirassement (remontant ?) par hydromorphie (remontante) à la base des horizons meubles sus-jacents (continuité).

. A l'emplacement étudié il y aurait donc eu 2 cycles d'hydromorphie :

- . Une hydromorphie à l'origine des argiles jaunes, ciments de la carapace (1) ;
- . Une hydromorphie à l'origine du cuirassement des horizons (5) et (6).

. Il apparaît possible d'identifier aisément le faciès de la cuirasse vermiculée d'ensellement et de reconstituer ainsi, à partir d'un échantillon, sa localisation et sa genèse. OU : lorsque dans des cuirasses plus profondes et vraisemblablement plus anciennes on identifiera des faciès analogues à celui de ce cuirassement vermiculé hydromorphe, on pourra supposer que les cuirasses correspondantes ont pu avoir une distribution et une genèse analogues.

- Hypothèse sur l'évolution de ce système : La cuirasse hydromorphe des ensellements étant plus dense et vraisemblablement plus résistante que la carapace ou l'horizon nodulaire des dômes voisins, on peut penser que la poursuite de l'évolution de l'ensemble de ces horizons d'accumulation d'hydroxydes, notamment par dissolution, pourra conduire à une inversion de leur distribution : Ces cuirasses hydromorphes en creux se retrouveraient donc en position dominante. La présence de blocs de cuirasse vermiculée au niveau des dômes, pourrait en être l'exemple et le témoin.

Le réseau de fentes qui recoupe tous les horizons cuirassés et nodulaires assure en particulier la fragmentation de la cuirasse vermiculée. Ceci pourrait représenter un stade de dégradation de cette cuirasse et rendre compte simplement qu'un fragment de cuirasse vermiculaire puisse reposer directement sur une carapace nodulaire.

Mais pour expliquer la présence d'un fragment de cuirasse vermiculaire au sein d'un horizon nodulaire, il faudrait admettre que la cuirasse vermiculaire ait pu elle-même donner des nodules par dégradation. Les nodules anguleux situés à la périphérie des blocs (8) et issus de la dégradation de ces blocs paraissent analogues des autres.

423 - Conclusions : Elles sont de plusieurs ordres

- Chronologique : Des faits observés isolés dans certaines coupes mais combinés à d'autres dans des coupes voisines, paraissent être l'expression morphologique de différentes étapes d'une évolution complexe : il semble



possible de reconstituer quelques maillons de l'histoire du cuirassement à partir de faits n'ayant apparemment pas de liens génétiques entre eux.

Cette histoire semble faite de cycles successifs de formation et de dégradation des horizons indurés, liés en particulier à la succession de cycles d'hydromorphie.

Ces cycles semblent affecter tour à tour des matériaux apparemment illuviés (ciments argileux de la carapace nodulaire), jugés en place ou ayant perdu tout indice d'une origine illuviale (cuirasse vermiculée d'ensellement), ou incontestablement en place (cuirasse à structure lithologique conservée - cf. ci-après).

- Méthodologique : Il existerait un ordre logique dans la manifestation de certains phénomènes pédologiques relatifs au cuirassement et la compréhension de certains faits complexes (observés particulièrement dans la partie Nord) pourrait sans doute être facilitée par celle de faits simples (appréhendés notamment dans la partie Sud).

- Pratique : Inversement, grâce à l'étude de faits complexes, il semble possible de reconstituer à partir d'un échantillon sa localisation et sa genèse.

Mais les distributions que nous venons d'envisager sont verticales (ou sont observées verticalement). Existe-t-il des distributions latérales de faits analogues ?










## 5. DIFFERENCIATIONS LATÉRALES.

5I - Mise en évidence : Variation latérale à l'échelle d'une unité de modelé.







- Coupe du pK 700 (Fig. 4) : Latéralement, au niveau de la tranchée, quand on part du coeur rocheux on observe :

- . une zone d'altération
- . une zone d'argile tachetée qui se développe sur des replats latéraux du modelé.

AMONT

-  Altérite claire, friable, sableuse
-  Noyau rocheux
-  Horizons humifère et de pénétration humique
-  Horizon grossier (pédoreliques-quartz lithoreliques ferruginisés)
-  B rouge (10R) fortement structuré
-  B rouge (2,5YR) fortement structuré
-  B rouge à taches d'altérite
-  (B)C rouge + altérite
-  (B)C brun (5YR-7,5YR)

AVAL

-  B rouge à taches d'hydromorphie (essentiellement jaunes)
-  Trame discontinue rouge et blanche peu indurée dans B rouge
-  Réseau peu induré, rouge et blanc, continu, dominant - matrice meuble formant réseau tubulaire
-  Taches rouges peu indurées dans (B)-C brun
-  Taches rouges et brunes variablement nettes et cohérentes dans altérite grise
-  Taches jaunâtres diffuses dans altérite grise limono-argileuse.

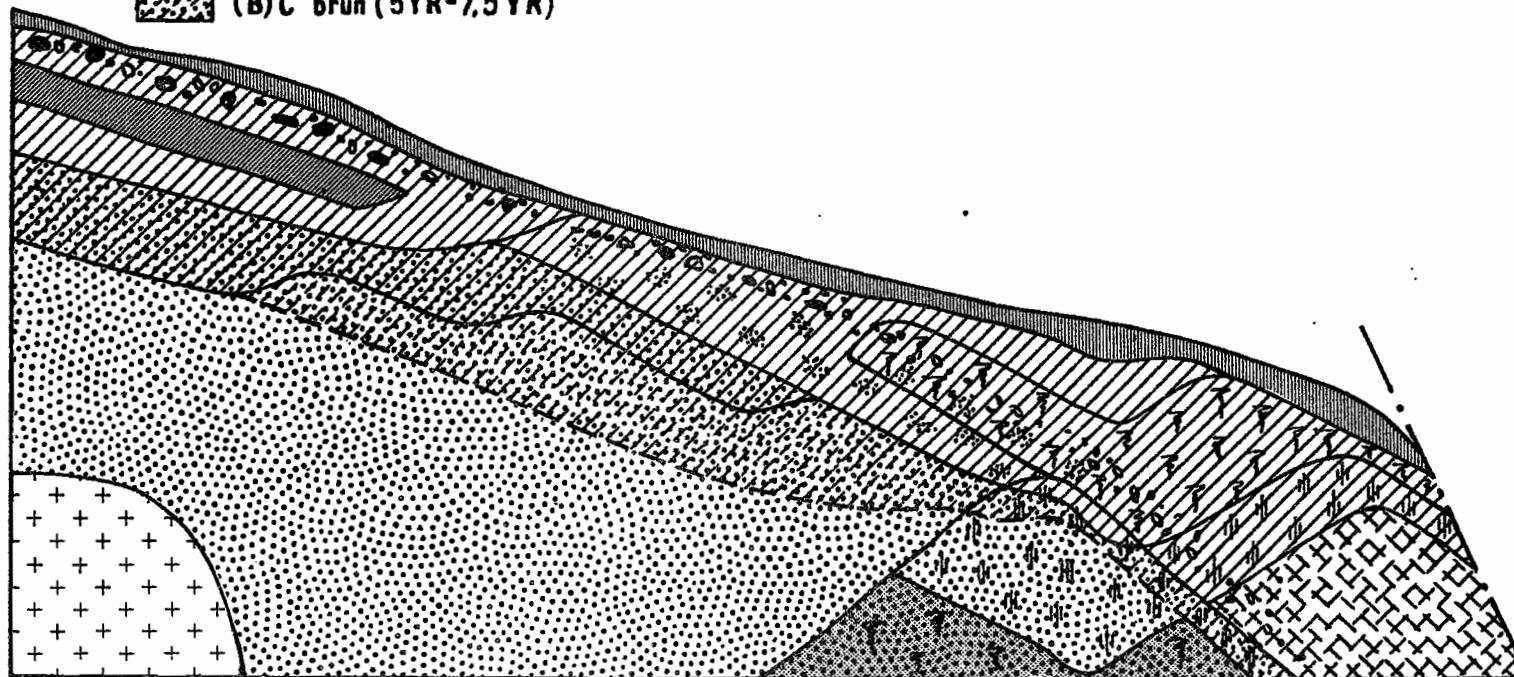


Fig 4: pk 700 SÉQUENCE DE SOLS RAJEUNIS A HYDROMORPHIE DE BAS DE PENTE

Il existe donc une variation latérale puisqu'à la verticale du noyau rocheux on observe plutôt un grand développement des horizons d'altération qui, près de la surface (2 m) passent à un horizon meuble, souvent peu épais, puis à un horizon grossier de quartz, lithoreliques, nodules et débris de cuirasse.

- Séquence de sols rouges, à cuirasse sommitable GOY 2 (sur micaschistes)

Elle est schématiquement constituée (Fig. 5) :

. à l'amont : d'une altérite épaisse blanche et friable ; d'horizons meubles rouges très poreux, épais (5 m) et à micropeds abondants ; d'une cuirasse à structure lithologique conservée, en voie de démantèlement, coïncée entre 2 "horizons nodulaires" à lithoreliques ferruginisées. Il s'agit donc essentiellement d'un milieu de départ et de dégradation.

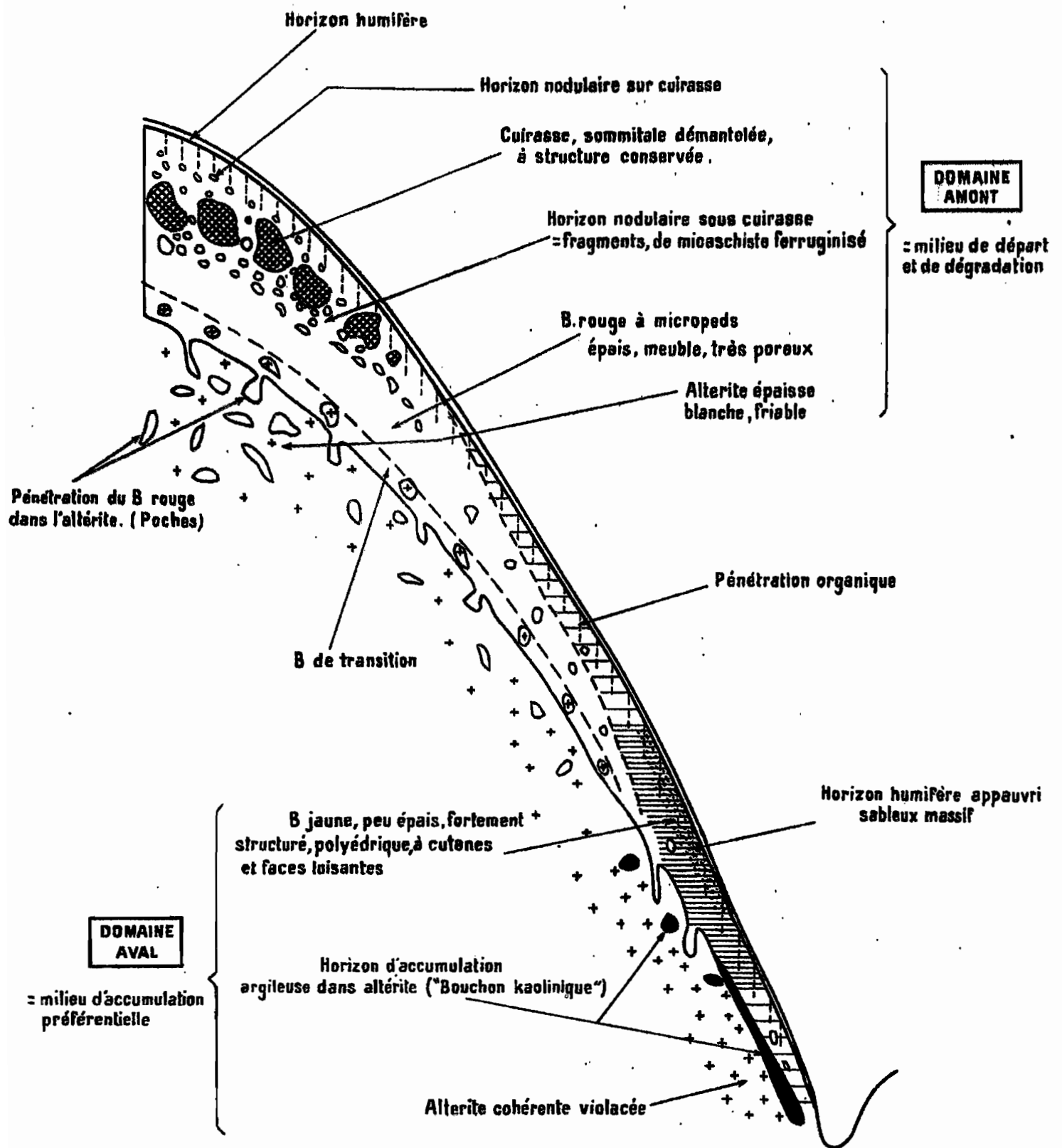
. à l'aval : d'une altérite violacée plus dense (peu friable), de sols peu épais (1-2 m), à horizons B denses, fortement structurés, présentant localement des cutanes et faces luisantes. Au niveau de la rupture de pente, un horizon d'accumulation argileuse s'est formé dans et à la partie supérieure de l'altérite cohérente. Il s'agit donc d'un milieu d'accumulation préférentielle, présentant des caractéristiques d'illuviation.

La variation latérale précédente paraît donc se compléter ici d'une redistribution latérale de la matière : il se serait différencier un couple latéral éluvial - illuvial.

- Coupe du pK 837 : Elle rappelle la distribution des sols de la coupe du pK 700 (noyau rocheux central - argile tachetée de bas de pente). Il existe donc une différenciation latérale.

Mais cette différenciation a atteint un stade d'évolution plus poussé à savoir qu'on observe un passage latéral continu d'amont en aval de l'argile tachetée à une cuirasse vermiculée de bas de pente et à un horizon nodulaire.

**Fig 5: GOY 2- SÉQUENCE DE SOLS RAJEUNIS À CUIRASSE SOMMITALE**



Nous observons donc ici latéralement une distribution d'un système induré jusqu'alors observée verticalement.

52 - Possibilité d'une accumulation argileuse de bas de pente.

La présence à l'aval de ces séquences, d'horizons tachetés argileux denses (pK 700), d'argile grise traduisant une hydromorphie plus intense (pK 837), d'horizon d'accumulation argileuse dans l'altérite (GOY 2) ou d'horizons B denses, à structure nette et large et présentant des cutanes (GOY 2), pose le problème de l'accumulation argileuse de bas de pente que nous avons appelé communément "bouchon argileux".

Les hypothèses de formation de ce bouchon sont variées : altération in situ (matériau particulier ou situation particulière), illuviation (accumulation de particules), néoformation, ou même alluvionnement hérité pour les séquences basses proches des grands axes de drainage.

La géométrie des horizons (organisations pédologiques) permet apparemment d'écarter l'hypothèse de l'alluvionnement ; l'homogénéité latérale des matériaux, celle d'un matériau particulier.

Ces argiles sont hydromorphes (couleur et taches). En outre des suintements d'eau ont souvent été observés sous ces bouchons ; ou encore leur base semble correspondre au plafond de la nappe de bas de pente. Nous remarquons par ailleurs que ce bouchon aval est en position haute par rapport au thalweg. Il ne s'agit donc pas d'une hydromorphie topographique mais d'une hydromorphie de distribution.

L'observation des premières lames (bouchon argileux dans altérite de GOY 2) a mis en évidence l'existence de cristaux de kaolinite dans des vides et en position discordante par rapport aux parois. L'hypothèse d'une néoformation est envisagée.

En outre la disposition des horizons permet d'émettre l'hypothèse suivante sur les mécanismes de formation du "bouchon argileux" : formation d'un bouchon de néoformation provoqué par la nappe de bas de pente, d'abord discontinu, puis continu. Ce premier "bouchon" favoriserait dans un second stade une accumulation amont de type illuvial.

53 - Généralisation :

Ce type de différenciation latérale est le plus net sur les modèles jeunes : bordure des grands axes de drainage (SANAGA - PANGAR - DJEREM), zones de transition entre les surfaces, cuvette de reprise d'érosion par abaissement du niveau de base (région de BAFIA décrite par VALLERIE).

44 - Conclusion :

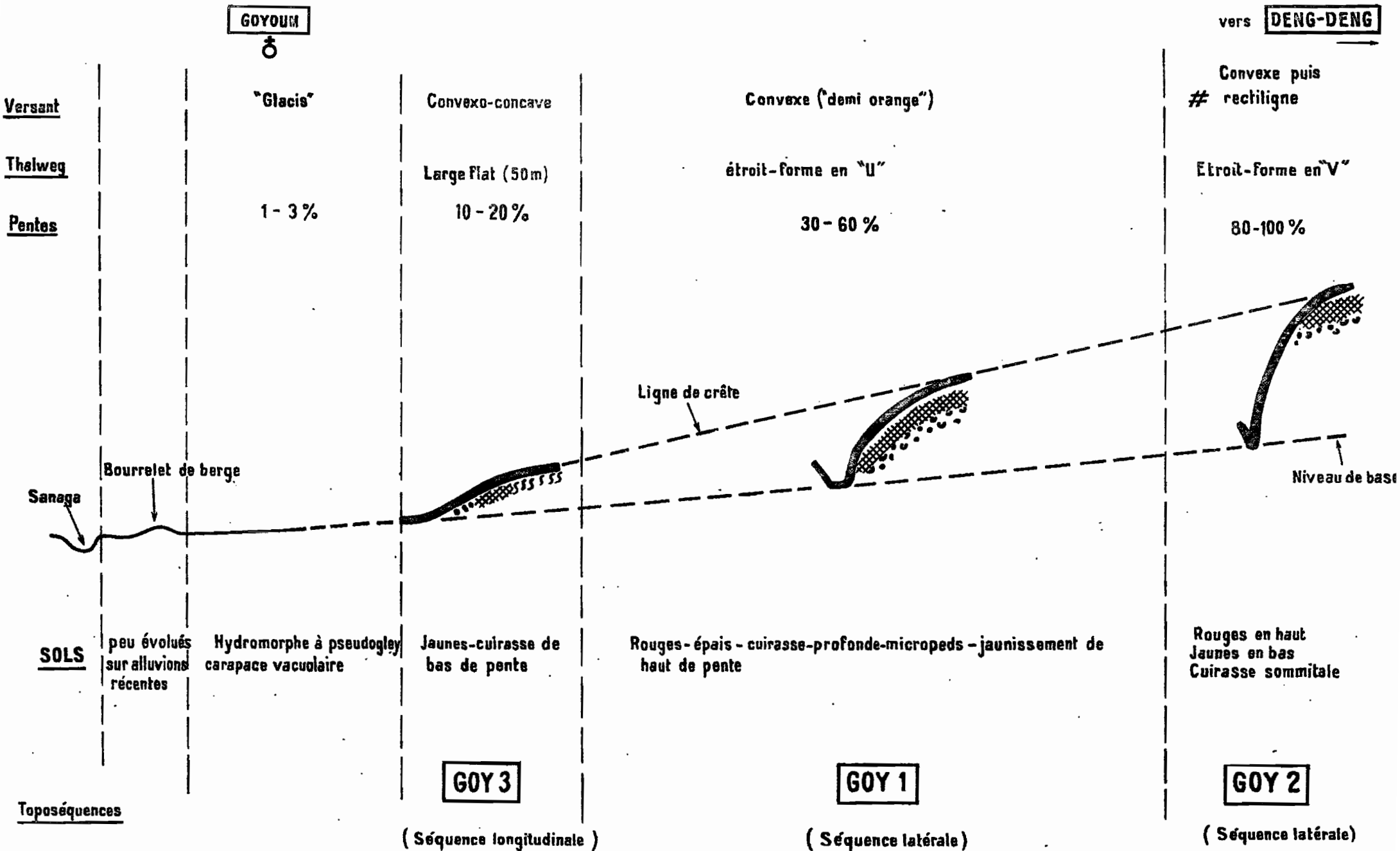
Si les processus de transport et d'accumulation de matière sont fréquemment évoqués pour expliquer la genèse des paysages pédologiques en zone sèche, ils le sont beaucoup plus rarement en domaine ferrallitique. Les auteurs font plus fréquemment appel à des processus de remaniement ou de colluvionnement d'ordre géomorphologique.

L'observation de plusieurs coupes et toposéquences met en fait en évidence l'existence réelle ou probable de phénomènes de départ, transport et accumulation, à l'origine parfois de différenciation latérales.

6. DIFFERENCIATION LATÉRALE ET CYCLES D'HYDROMORPHIE :  
ETUDE D'UNE SEQUENCE DE SOLS JAUNES HYDROMORPHES (GOY 3)

Nous venons de mettre en évidence la réalité des différenciations latérales en domaine ferrallitique et d'établir la probabilité de cycles successifs d'évolution dans l'induration des horizons en des lieux séparés.

Fig 6: DISPOSITION DES 3 SÉQUENCES DE LA RÉGION DE GOYOUM



L'étude d'une séquence située à GOYOUM semble démontrer que ces deux phénomènes peuvent être simultanés.

Cette séquence située à l'extrémité d'un vaste interfluve représente la partie aval d'une séquence régionale dont l'amont serait constitué de sols rouges, épais, à micropeds, à cuirasse profonde (GOY 1). (Fig. 6).

6I - Les grands ensembles d'horizons : (schéma commenté). (Fig. 7)

- Deux matériaux composent cette séquence : l'un est issu de l'altération d'un gneiss leucocrate à passées très quartzieuses (I) ; l'autre est argileux, d'origine probablement alluviale, sans stratification et minéraux primaires apparents (II). La limite entre ces deux matériaux est matérialisée par un lit de graviers de quartz (III), fortement émoussés (probablement des galets), bien individualisé sur les 2/3 inférieurs de la séquence.

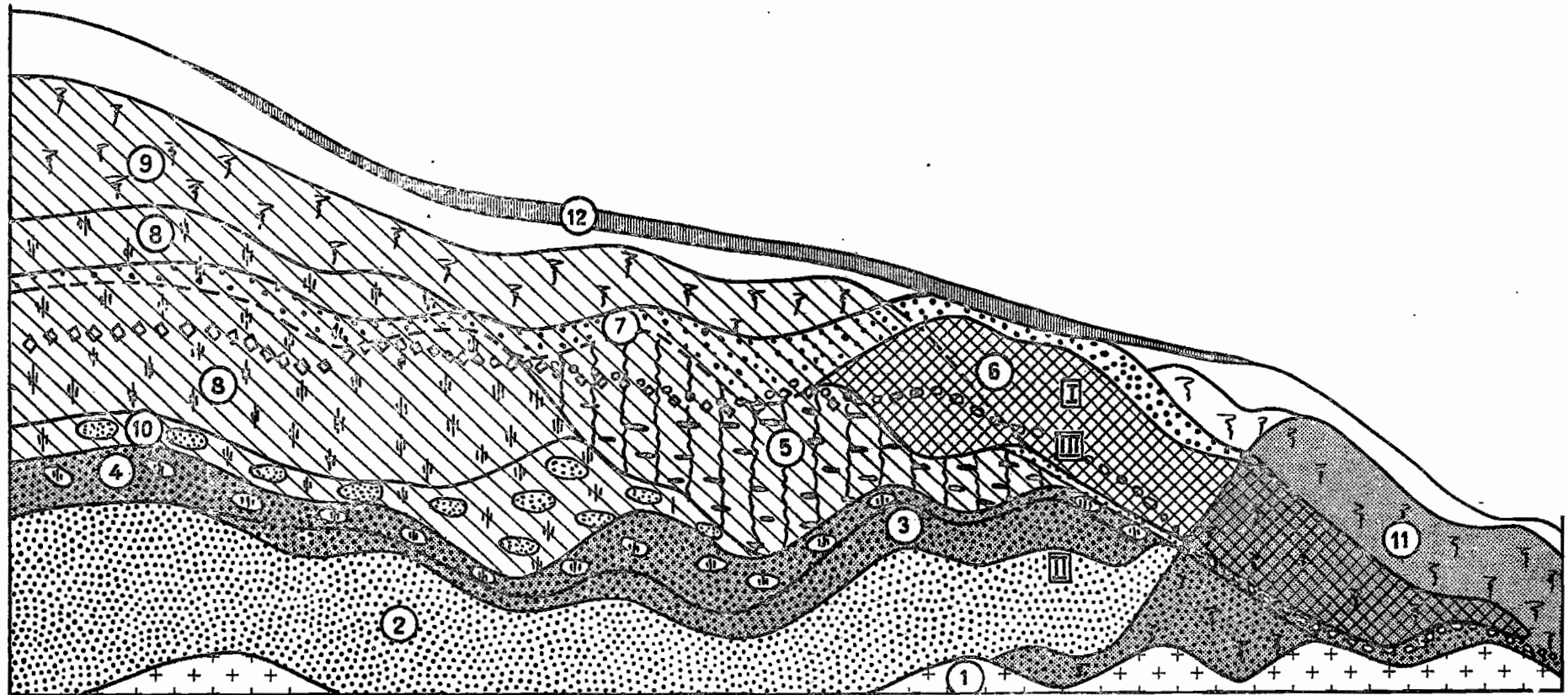
- Sur toute la séquence, le gneiss cohérent (I) passe à une altérite claire, très friable, à très forte porosité et plus épaisse à l'amont qu'à l'aval (2). Des taches brunâtres annoncent une ferruginisation d'abord discrète et discontinue puis très vive, continue et peu friable, de la partie supérieure de cette altérite (3). Cette altérite très ferruginisée est surmontée dans la moitié amont de la séquence par une altérite moins colorée, apparemment moins riche en fer (4) et incluant des poches centimétriques emplies d'argile jaune.

- Dans le 1/3 médian de la séquence les horizons (3) et (4) sont surmontés d'horizons à lithoreliques ferruginisées (5) emballées dans une argile jaune dense.

- Cet horizon nodulaire passe progressivement à une cuirasse dure de type vermiculé (6), développée dans les 2 matériaux, à structure conservée (1), fortement dégradée, surmontée d'un horizon nodulaire. Elle présente une différenciation latérale puisqu'elle se prolonge à l'amont d'un horizon nodulaire (7) s'amenuisant progressivement vers le haut de séquence.



Fig 7: GOY 3 - SÉQUENCE DE SOLS JAUNES HYDROMORPHES



Son induration va décroissant du haut vers le bas (cuirasse vers lithoreliques).

- Le 1/3 supérieur de la séquence est occupé par une argile jaune (8) dense, à trame rouge légèrement indurée, continue à la base des profils. discontinue (taches) vers le haut ; l'induration allant croissant du haut vers le bas. Cette trame indurée ne présente pas de continuité apparente avec celle du réseau à structure lithologique conservée (6), mais sa continuité avec la phase argileuse dans laquelle elle se développe, est nette à la partie supérieure des profils (9). C'est cette argile jaune qui emballe les lithoreliques de l'horizon (5). Le passage discontinu à l'altérite se fait par des horizons intermédiaires dans lesquels des poches d'altérite sont isolées dans une gangue argileuse (10) et vice-versa (4). Cette argile jaune (10 YR) devient ocre en haut de séquence.

- Au 1/3 inférieur de pente s'est différencié un "bouchon" argileux très dense (11), à structure large, en position perchée par rapport au thalweg. Sa base semble correspondre au toit de la nappe en saison des pluies. Une accumulation discontinue, argileuse, blanchâtre et cristalline s'est faite à ce niveau dans les vides de l'altérite. Ce bouchon argileux grisâtre dans sa masse, blanchâtre à sa base recoupe les structures de dégradation de la cuirasse vermiculée aval. Des taches rouilles diffuses, plus cohérentes en leur centre se développent en son sein.

- Les horizons supérieurs de ces sols sont appauvris en argile jusqu'au contact amont du "bouchon" argileux (12).

## 62 - Structures de dégradation ou d'accumulation, d'éluviation ou d'illuviation.

- Structures de dégradation et d'éluviation : La présence de fentes dans la cuirasse à structure conservée (6), sa continuité avec les lithoreliques des horizons nodulaires sus et sous-jacents, l'existence de zones friabilisées, plus claires à la périphérie du réseau induré et localisées notamment vers la base, sont des signes évidents de dégradation de cette cuirasse.

Plus subtile semble être celle du réseau induré développé dans l'argile jaune : les taches cohérentes de la partie supérieure des profils présentent une périphérie plus pâle paraissant correspondre à une zone de déferrification superficielle.

Entre les horizons A lessivés et les horizons B d'argile jaune sous-jacents, l'existence d'un horizon argilo-sableux présentant des noyaux argileux à pâte serrée (faible porosité), au sein d'un matériau très meuble et très poreux à structure micro-grenue et à nombreux sables grossiers déliés, pourrait signifier un approfondissement des horizons lessivés aux dépens des horizons B d'argile jaune dont les noyaux argileux seraient les témoins.

Dans la moitié amont de la séquence notamment, l'abondance de tubules à moitié évidés ou emplis de microgranules (remaniement de la faune) en assemblage très lâche, dans les B argileux, jaunes et indurés, témoigne d'une perte de matière par rapport aux B originels compacts.

Les poches évidées dans l'altérite ferruginisée ou la forte porosité en grand (50 %) de la base de la cuirasse à structure conservée (6) sont caractéristiques d'une éluviation. En outre la disposition oblique de cette dernière porosité pourrait matérialiser une circulation latérale des solutions.

- Structures d'accumulation et d'illuviation :

L'origine de la phase argileuse dense (8), ocre à l'amont puis jaune bien représentée sur les 2/3 aval est problématique. On n'observe pas de passage continu entre l'altérite (2) et cette phase argileuse. Par contre et entre autres renseignements, on constate qu'elle se présente sous forme de cutanes dans les pores de l'altérite à l'aval, qu'elle isole des poches d'altérite friable parfois sur plus d'un mètre (poches à limites franches), à l'amont (10), ou encore qu'elle englobe en son sein des lithoreliques ferruginisées à l'aval (5). Ce matériau argileux paraît avoir en définitive combler les vides laissés soit par la dégradation de la

première phase indurée (à structure conservée) à l'aval, soit par la "fonte" d'une altérite plus ou moins friable à l'amont.

Par ses caractéristiques (densité, très faible porosité, hydromorphie de distribution), le "bouchon" argileux de rupture de pente (11) apparaît nettement comme un milieu d'accumulation stricte, postérieur au cuirassement (6) puisqu'il envahit littéralement les vides de dégradation de la partie aval de cette cuirasse.

Des formes nettes d'illuviation sont d'autre part visibles : outre les cutanes argileuses incluses dans l'altérite et signalées ci-dessus, on observe en amont des argilanes brunes sur les faces des unités structurales des B au contact des horizons supérieurs lessivés, ou plus profondément dans des tubules, mais surtout des argilanes très épaisses, brun-rouge, déposées sur les parois (partie inférieure) des tubules évidés de la base de la cuirasse (6), au contact amont du bouchon argileux (11).

L'existence d'accumulation discontinue d'argile blanchâtre dans des vides de l'altérite, à l'aval de la séquence dans la zone de battement de nappe pose le problème de la néoformation d'argile déjà évoqué précédemment (GOY 2).

### 63 - Conclusions - Interprétation :

Certaines coupes et séquences nous ont permis l'étude séparée de cycles d'hydromorphie et de différenciations latérales. Cette séquence nous permet l'observation simultanée des deux phénomènes.

- Cycles d'hydromorphie ou d'induration : Aucune continuité n'est observée entre les trois phases indurées de la séquence. En outre elles affectent des matériaux différents, ce qui n'empêche pas leurs structures de se recouper deux par deux. Deux d'entre elles présentent d'autre part des gradients d'induration contraire. On distinguerait ainsi 3 cycles d'hydromorphie à l'origine de 3 différenciations ferrugineuses.

- . Une cuirasse de bas de pente (6), à structure lithologique conservée, en continuité apparente avec l'altérite sous-jacente, à l'induration maximum vers le haut des profils, et en voie de dégradation avancée.
- . Une trame légèrement indurée occupant les 2/3 amont de la séquence développée dans une argile jaune dense, continue à sa partie supérieure, à induration minimum vers le haut des profils, en voie de dégradation apparente. Elle est en continuité avec la phase argileuse, elle-même en discontinuité apparente avec l'altérite. Elle englobe en bas de pente des lithoreliques de la cuirasse (6).
- . Les taches généralement isolées, à limites diffuses, plus cohérentes en leur centre, développées dans un bouchon argileux de bas de pente et recoupant avec ce dernier les structures de dégradation de la cuirasse (6).

Signalons l'existence d'un quatrième niveau d'hydromorphie, topographique, lié à l'action de la nappe phréatique permanente de bas de pente, qui sort du cadre de cette étude (non représenté sur le schéma).

On remarque que les éléments de dégradation d'une cuirasse (lithoreliques issues de (6)) peuvent être repris et recimentés dans une nouvelle trame indurée continue de faciès différent (8). Ce fait traduit la postériorité du système induré (8) par rapport au système (6). Notons à ce propos que l'induration de (8) croît notablement dans l'horizon nodulaire (7) issu de la dégradation de (6). Cela confirmerait l'hypothèse d'une accumulation secondaire préférentielle dans ces horizons nodulaires. Cette superposition des deux structures indurées éclaire l'origine des systèmes mixtes vermiculés - nodulaires.

On constate d'autre part une double généalogie des "nodules" : ceux issus d'une dégradation (morcellement) d'une cuirasse (6). Ceux irréguliers correspondant à des ségrégations en taches dans la masse

d'un B (9) et en voie d'anastomose pour donner un réseau induré continu (8).

Le sens du gradient d'induration du réseau développé dans l'argile jaune (induration décroissante du bas vers le haut) pose le problème d'un cuirassement remontant par hydromorphie remontante: des taches diffuses rouges et peu indurées se différencient dans une matrice argileuse jaune et s'indurent vers la base des profils. Ce problème est identique à celui du cuirassement d'ensellement.

- Différenciation latérale : Elle est nette dans cette séquence. Certaines distributions ne s'affirment qu'à l'amont, d'autres ne se développent qu'à l'aval. S'il vient naturellement l'idée d'opposer un domaine amont à caractère éluvial dominant à un milieu aval à caractère d'accumulation prépondérante, l'application à cette séquence n'est pas immédiate car : des structures d'accumulation sont superposées à des structures de dégradation qui jouent alors le rôle de structure d'accueil (ex. : lithoreliques (6) dans réseau induré(8) argilanes dans tubules évidés de la base de (6)... ) ; ces structures ne sont pas toujours à l'échelle de la séquence ; si certaines d'entre elles sont incontestablement éluviales ou illuviales (A lessivés ou cutanes d'illuviation) l'origine et le sens d'évolution des autres est hypothétique (formation ou dégradation actuelle de la trame indurée de (8) ?). Quoi qu'il en soit on trouve toujours des manifestations d'éluviation et de dégradation à l'amont de zones d'accumulation. Tout se passe en fait comme si une série de couples éluviaux - illuviaux (?) se succèdent dans le temps ou se développent simultanément, la différenciation d'ensemble de la séquence concrétisant le bilan de ces équilibres dynamiques. En l'occurrence, la disposition des horizons de cette séquence pouvait être significative d'un transport de matière de l'amont vers l'aval.

- Les cycles d'hydromorphie sont un élément de cette différenciation latérale : Nous venons de voir en effet que la cuirasse (6), le réseau peu induré (8) et les taches rouilles diffuses du "bouchon" argileux pouvaient être tour à tour des structures d'accumulation puis des structures de dégradation devenant des structures d'accueil pour les matériaux illuviés (argilanes) ou néoformés

("bouchon" argileux ?). En outre certaines de ces structures indurées présentent une différenciation latérale propre : horizon nodulaire de dégradation prolongeant à l'amont la cuirasse (6). L'évolution cyclique de ces systèmes indurés fait donc partie intégrante de l'évolution latérale de l'ensemble de la séquence .

## 7. CONCLUSIONS GENERALES

Certes les faits décrits n'ont été examinés que sous l'angle macro-morphologique et nous insistons sur l'aspect conditionnel de certaines conclusions émises ou le caractère apparemment prématuré de certaines hypothèses. Mais il apparaît d'ores et déjà qu'il est possible d'esquisser des relations morphologiques ou chronologiques particulières entre des faits observés sur une distance de 300 km et qu'en particulier :

- . La succession de cycles d'hydromorphie avec répétition dans le temps du couple formation-dégradation des volumes indurés détermine une histoire complexe du cuirassement dont on peut saisir ici et là des maillons, grâce à des faits isolés ou rassemblés sur des coupes parfois éloignées les unes des autres. En d'autres termes des faits apparemment isolés seraient les témoins d'une même histoire.
- . S'il n'est pas commun de parler de différenciations latérales en domaine ferrallitique ces dernières existent cependant ; mais elles affectent, ou sont les plus différenciées sur des modelés apparemment jeunes. Elles semblent être l'expression morphologique du bilan d'un équilibre dynamique entre des couples départ - accumulation (ou éluviaux - illuviaux). Ces couples peuvent affecter ou inclure les systèmes indurés. L'évolution du cuirassement (ou plus généralement de l'induration) peut donc être un élément du fonctionnement des séquences latérales résultant de processus de départ, transport et accumulation de matière.

Deux problèmes (entre autres) restent cependant posés : celui de l'autochtonie ou allochtonie des matériaux indurés, et celui de la connaissance du sens de variation du bilan des équilibres dynamiques ou de l'évolution actuelle de ces systèmes :

- . Autochtonie ou allochtonie des matériaux indurés ? On imagine que certains de ces matériaux sont en place : c'est le cas des cuirasses à structure lithologique conservée. Pour d'autres on peut formuler l'hypothèse d'une accumulation oblique affectée par une hydromorphie de distribution : illuviation dans les horizons nodulaires, ou taches indurées des "bouchons" argileux par exemple. Mais les différenciations latérales nettes incluant des systèmes indurés apparaissent peu nombreuses, la grande majorité des systèmes indurés développés dans des sols qualifiés "d'anciens" (sols rouges très épais) semblent se différencier verticalement (ou sont analysés dans un optique "verticaliste"). Y a-t-il ou alors inversion du sens de ces différenciations (d'abord verticales puis actuellement latérales sur des modelés plus jeunes) OU les sols les plus anciens sont-ils eux-mêmes le résultat de différenciations latérales mais appréhendables à une autre échelle que celle de l'unité de modelé (échelle régionale par exemple). Un cas type pourrait être par exemple celui des 3 toposéquences étudiées à GOYOUM. GOY 2 étant le terme amont, GOY I le terme central, GOY 3 le terme aval. (Fig. 6).
- . Evolution actuelle des systèmes : Il est bien évident qu'un des problèmes clés de la compréhension de ces systèmes complexes est celui de la chronologie des événements pédologiques. Qu'elle est en particulier la place du cuirassement dans cette succession. Si nous avons à situer le cuirassement vermiculé d'ensellement ou l'induration de l'argile jaune en GOY 3, respectivement par rapport à la mise en place de la carapace nodulaire ou des cuirasses à structure conservée, nous aurions de fortes présomptions pour qualifier ceux-là de postérieurs à celles-ci. En outre la continuité de la



cuirasse d'ensellement ou de l'induration des B jaunes avec la phase argileuse des horizons meubles nous incite à concevoir une certaine actualité de ces indurations. Mais les liserets jaunes (de déferrification ?) autour des nodules en GOY 3 ou en bordure du réseau de la cuirasse d'ensellement (visible en lame notamment) tendraient à montrer au contraire que même ces indurations sont stoppées et sont en voie de dégradation. Cela signifierait qu'il n'y aurait plus de cuirassement actuel et que ce cuirassement se situerait donc en amont de l'évolution des sols ferrallitiques.

Ce raisonnement, bien qu'encore hypothétique fait ressortir l'importance de la connaissance de la chronologie des faits.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUDOU (AG) - 1972 :

Expression micromorphologique de la micro-agrégation et de l'illuviation dans certains horizons de sols ferrallitiques Centrafricains et dans les sols hydromorphes associés.

Cah. ORSTOM Pédol., vol. X, n° 4. pp 357-371.

- BOCQUIER (G) - MULLER (JP) - 1973 :

Les coupes du chemin de fer Transcamerounais entre BELABO et NGAOUNDERE - Reconnaissance pédologique. multig. ORSTOM Yaoundé, 29 p., 23 fig. Cote P. 196.

- MARTIN (D) - 1967 :

Géomorphologie et sols ferrallitiques dans le Centre-Cameroun.

Cah. ORSTOM série Pédol., Vol. IV, n° 2, pp 189-218.

- MARTIN (D) - 1970 :

Quelques aspects des zones de passage entre surfaces d'aplanissement du Centre-Cameroun. Cah. ORSTOM Série Pédol. Vol. VIII, n° 2, pp 219-239.

- MULLER (JP) - 1974 :

Introduction à l'étude de trois toposéquences situées entre GOYOUM et DENG-DENG (Centre Cameroun). Première mise au point morphologique. Multig. ORSTOM Yaoundé, 18 p., 5 pl, cote P. 197.

- SEGALEN (P) - 1967 :

Les sols et la géomorphologie du Cameroun. Cah. ORSTOM Série Pédol., Vol. V, n° 2, pp 137-187.

- VALLERIE (M) -

Cartes Pédologiques du Cameroun Centre-Sud 1/200.000 et 1/50.000 Feuilles de BAFIA (1/200.000) 2a 2c 2d 1/50.000 - Cote P 194

**ORSTOM**

Direction générale :

24, rue Bayard, PARIS 8<sup>e</sup>

Centre O R S T O M de Yaoundé :

B. P. 193 – YAOUNDE

République Unie du Cameroun