

# Les systèmes transformants d'une couverture ferrallitique de Guyane française

## Analyse structurale d'une formation supergène et mode de représentation

E. FRITSCH (1), G. BOCQUIER (2), R. BOULET, (3)  
M. DOSSO (4), F.X. HUMBEL (5)

(1) Pédologue O.R.S.T.O.M., C.P.B.- CNRS, 17, rue Notre Dame des Pauvres BP 5 - 54501 Vandœuvre Les Nancy cédex

(2) Université Paris VII, 2, place Jussieu 75251 Paris cédex (3) Pédologue O.R.S.T.O.M., BP 165, 97323 Cayenne cédex

(4) I.B.M. France, 36, av. R. Poincaré, 75016 Paris

(5) Pédologue O.R.S.T.O.M., Services Scientifiques Centraux de l'O.R.S.T.O.M., 70-74 route d'Aulnay 93140 Bondy

### RÉSUMÉ

*L'étude détaillée d'un interfluve de Guyane française apporte une contribution à la connaissance des systèmes transformants dans les formations supergènes des régions tropicales humides. Elle a grandement bénéficié de l'expérience accumulée par un certain nombre de chercheurs (BOCQUIER, 1971 ; RUELLAN, 1971 ; BOCQUIER et MULLER J.P., 1973 ; BOULET, 1974, 1978, 1981 ; BOULET et al., 1979 ; NAHON, 1976 ; CHAUVEL, 1977 ; BOULANGE, 1983...) dont les travaux étaient fondés sur une méthodologie nouvelle de type structuraliste.*

*L'analyse structurale respecte le continuum des différenciations pédologiques (en horizons ou en caractères) dans le paysage. Par des représentations en coupe et des cartes, elle définit la géométrie de ces différenciations, étudie leurs relations, permet d'établir leur chronologie de formation et de regrouper certaines d'entre elles dans différents systèmes transformants.*

*Chaque système transformant est caractérisé par une succession ordonnée de différenciations emboîtées les unes dans les autres et en discordance sur une organisation antérieure. Il retrace les différentes étapes d'une évolution géochimique et minéralogique, elle-même induite par des modifications du comportement hydrique. Ces systèmes sont représentatifs des milieux en cours d'évolution aussi bien d'un point de vue hydrique que géochimique (région en déséquilibre). Les transformations minéralogiques qui leur sont associées sont les plus récentes et les plus actives. Le développement dans l'espace et dans le temps de ces systèmes concourt à la dégradation interne des formations supergènes par accentuation des manifestations d'hydromorphie. En activant d'une façon localisée l'érosion chimique, les systèmes transformants sont susceptibles de donner de nouvelles formes au paysage.*

MOTS-CLÉS : Différenciations — Structures — Relations structurales — Chronologie relative — Front de transformation — Mécanismes géochimiques — Erosion chimique — Modelé.

### ABSTRACT

THE TRANSFORMING SYSTEMS OF A FERRALLITIC SOIL IN FRENCH GUIANA.  
STRUCTURAL ANALYSIS OF A SUPERGENE FORMATION AND TYPE OF REPRESENTATION

*The detailed study of an interfluve in French Guiana contributes to the knowledge of the transforming systems in the supergene formations of the humid tropical zones. It largely profited by the experience gained by a number of researchers (BOCQUIER, 1971 ; RUELLAN, 1971 ; BOCQUIER and MULLER J.P., 1973 ; BOULET, 1974, 1978, 1981 ; BOULET et al., 1979 ; NAHON 1976 ; CHAUVEL, 1977 ; BOULANGE, 1983...) whose works were based on a new structuralist methodology.*

*The structural analysis takes account of the continuum of the soil differentiations (in horizons or features) in the landscape. It determines through sections and maps the geometric configuration of these differentiations, studies*

*their relations, allows to establish their chronological formations and together some of them into different transforming systems.*

*Each transforming system is characterized by an orderly succession of differentiations which are fitted into one another and are unconformable to a previous structure. It shows the different phases of a geochemical and mineralogical evolution which is induced by modifications in the water behaviour. These systems are representative of the transforming environments from an hydrous and a geochemical point of view (unbalanced zone). The attendant mineralogical transformations are the most recent and the most active ones. The space and time evolution of these systems contributes to the internal degradation of the supergene formations by increasing the hydromorphic characteristics. The transforming systems are likely to give new aspects to the landscape by increasing locally the chemical erosion.*

KEY WORDS : Differentiations — Structures — Structural relations — Relative chronology — Transforming front — Geochemical mechanism — Chemical erosion — Modelled landscape.

## INTRODUCTION

La zone étudiée est située à 25 km au S-SW de Sinnamary (cf. fig.1) dans un paysage forestier de petites collines sur schistes de la partie septentrionale de la Guyane française. L'étude s'est déroulée en trois étapes.

La première étape a été initiée en 1977 par l'opération de recherche interdisciplinaire ECEREX (ECologie, ERosion, EXPérimentation) elle-même guidée par les priorités du projet d'exploitation papetière de la forêt guyanaise. Dans le cadre de la caractérisation du milieu pédologique régional sous forêt, dont la complexité des structures avait déjà été mise en évidence, ce premier travail (FRITSCH, 1977) avait pour objet l'analyse macroscopique d'une toposéquence correspondant à une catégorie d'altérations et de différenciations largement représentée dans le secteur.

La deuxième étape s'est achevée en France après une période d'interruption de sept ans (FRITSCH, 1984). Elle fut adaptée à une analyse structurale complète de la toposéquence, allant du repérage des horizons sur le terrain à l'identification des cristallites élémentaires. Elle a nécessité différents moyens d'observation et d'analyse.

Enfin, la dernière étape fut entreprise fin 1984 en collaboration avec R. BOULET, G. BOCQUIER et M. DOSSO lors d'une mission de deux semaines en Guyane française. Elle a permis de confronter de nouveau sur le terrain les données et les relations fondamentales établies aux échelles micro et ultramicroscopiques puis d'élargir la zone d'étude à l'ensemble de l'interfluve.

## CADRE DE L'ÉTUDE

### 1. La géologie

Le secteur appartient au vaste domaine géosynclinal de la partie nord du bouclier guyanais (fig.1) qui disparaît plus au nord sous les sédiments récents de la

plaine côtière. Ce géosynclinal est composé de terrains sédimentaires anciens fortement métamorphisés, affectés par une schistosité subverticale générale de direction W.NW-E.SE (CHOUBERT, 1978). Mis en place aux environs de 2700 à 2500 M.A. (millions d'années), les sédiments anciens se seraient accumulés lors d'une longue période d'érosion qui a aplani les reliefs de l'orogénèse guyanaise.

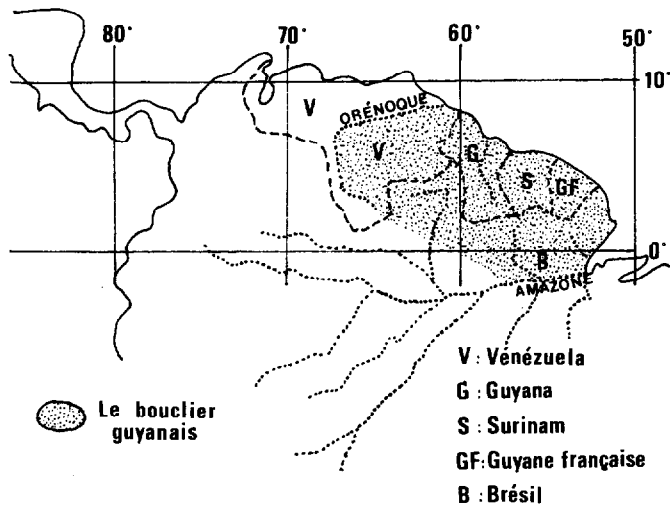
Le substratum géologique, connu exclusivement par ses faciès d'altération, appartiendrait à une série schistogréseuse, stratifiée, à faciès flysch, dans laquelle la granitisation aurait engendré une multitude de corps pegmatitiques en filons ou en lentilles (CHOUBERT, 1978 ; MAZÉAS, 1961).

Les faciès d'altération sont composés principalement de quartz et de muscovite, minéraux primaires considérés parmi les plus stables dans l'échelle d'altérabilité des minéraux endogènes (GOLDICH, 1938). Ils présentent une schistosité redressée, entrecroisée, dans laquelle les faciès grossiers pegmatitiques de dimensions très variables sont fréquemment en concordance structurale avec les faciès fins schisteux. Ces faciès d'altération se caractérisent ainsi par une composition minéralogique relativement monotone associée à une grande hétérogénéité texturale et structurale.

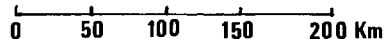
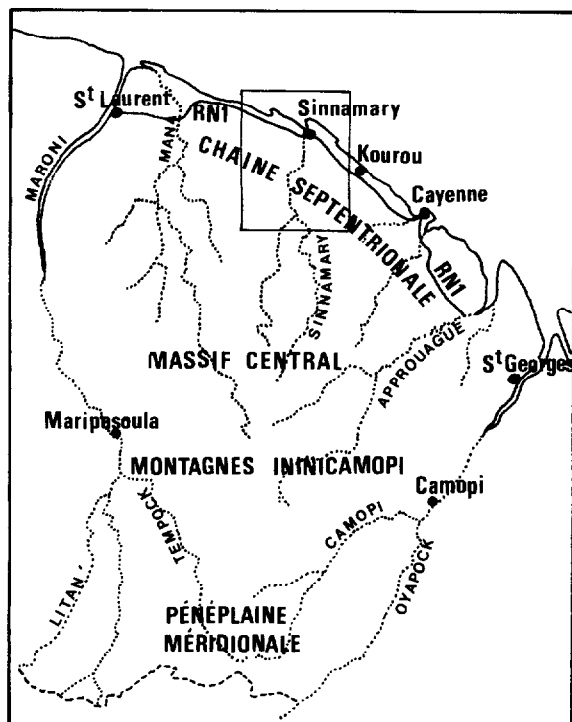
### 2. Le climat

Le climat, de type équatorial humide (AUBREVILLE, 1950), est caractérisé par un total annuel de précipitations élevé (3100 à 3500 mm : ROCHE, 1982) réparti en deux saisons pluvieuses et par des intensités d'averses généralement fortes (supérieures à 100 mm/h.). Il apporte de ce fait une quantité d'eau considérable que le sol évacue en grande partie par ruissellement ou écoulement latéral interne (HUMBEL, 1978 ; FRITSCH J.M., 1981 ; GUEHL, 1981 ; ROCHE, 1982). Si l'érosion mécanique reste relativement modérée sous forêt (0,2 à 1 T/ha,

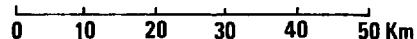
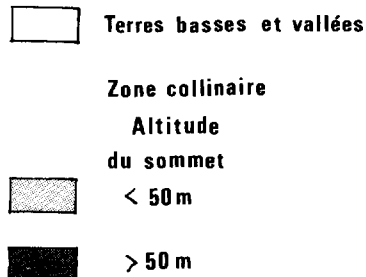
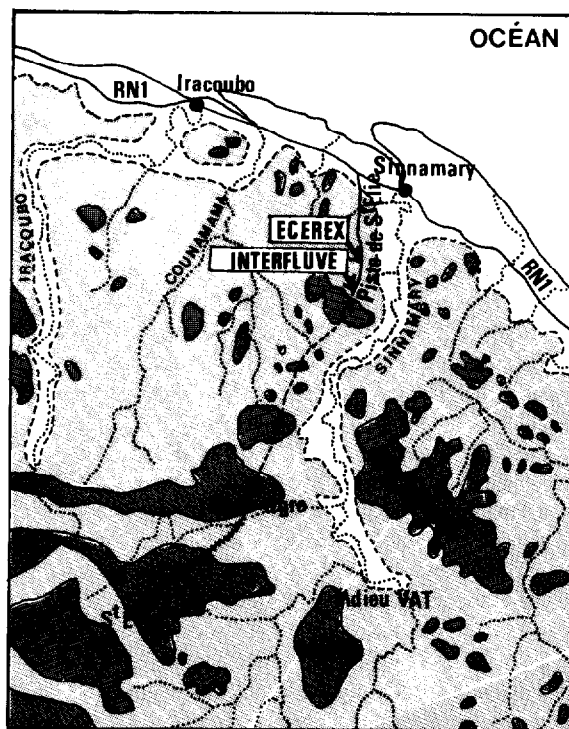
LE NORD DE L'AMÉRIQUE DU SUD



LA GUYANE FRANÇAISE  
(ÉCHELLE 1/5.000.000)



LA RÉGION DE SINNAMARY  
(ÉCHELLE 1/1.000.000)



ROCHE, 1982), l'engorgement des horizons supérieurs des couvertures pédologiques est à l'inverse fréquent.

### 3. Les paysages

Les paysages schisteux sont constitués de collines de section elliptique, individualisées en « amandes » ou en « haricots » (BOYE, 1976). Ces collines peuvent avoir, soit une forte dénivelée (supérieure à 50 m), des sommets étroits en crêtes aiguës et des versants souvent dissymétriques à très forte pente, soit, à l'inverse, une faible dénivelée et des sommets nettement convexes, parfois plan convexes. La prédominance du deuxième type de colline témoigne de l'érosion chimique qui a longtemps prévalu.

La forte ramification du réseau hydrographique (influencé par la schistosité et les masses filoniennes pegmatitiques) et le développement des bas fonds dans les parties aval concordent avec une pluviométrie très abondante.

### 4. Les couvertures pédologiques

Les couvertures pédologiques appartiennent au domaine ferrallitique. De nombreuses études hydro-pédologiques (LIM, THACH, 1977; HUMBEL, 1978; FRITSCH E., 1979; BOULET, 1978, 1981; BOULET, BRUGIERE, HUMBEL, 1979; FRITSCH J.M., 1981; GUEHL, 1981; ROCHE, 1982; FRITSCH E., 1984) tendent à confirmer la transformation par engorgements successifs des couvertures ferrallitiques formées antérieurement au cours d'une longue histoire continentale. Plusieurs stades de cette transformation ont pu être schématisés (BOULET, 1981) à partir d'exemples étudiés à différents endroits dans le paysage schisteux, stades qui auraient pu également s'être succédés dans le temps. Ceux-ci résultent d'un « enfoncement » plus ou moins poussé d'organisations de transformation dans la séquence verticale des horizons d'une couverture ferrallitique initiale. Cette couverture initiale épaisse et à régime percolatif jusqu'à la nappe profonde (drainage vertical libre) ne s'observe plus qu'à quelques endroits au niveau des collines à forte dénivelée du paysage schisteux.

La transformation interne de la couverture initiale s'accompagne d'une modification de la dynamique de l'eau et d'une érosion chimique plus active. Cette érosion conduit à un abaissement de la surface topographique et plus particulièrement à l'aplanissement des sommets et à l'installation de conditions nettement hydromorphes (nappe perchée temporaire). Ainsi, les stades de transformation les plus poussées s'observent dans les collines à faible dénivelée et à sommet plan.

Le déclenchement et l'entretien de ces transformations sont attribués par BOULET (1981) à l'abaissement du

niveau de base entretenu par la lente surrection de la façade maritime du bouclier guyanais ainsi qu'aux conditions climatiques particulièrement agressives et abondantes.

## MODELÉ DE L'INTERFLUVE ET ORGANISATION GÉNÉRALE DE LA FORMATION SUPERGÈNE

### 1. Le modelé et le micromodelé

L'interfluve est délimité par trois marigots (petites rivières) à écoulement permanent, disposés en étoile. Sa superficie est de 16 ha et sa dénivelée maximale de 24 m. Cette petite unité du paysage présente cinq facettes (cf. fig.2) correspondant successivement, des points les plus hauts vers les plus bas :

— au sommet plan convexe ou plateau en forme d'« haricot », très légèrement incliné vers l'Est (pente 0 à 8 ‰),

— aux trois cols reliant le plateau aux parties hautes des collines avoisinantes et à l'éperon prolongeant le plateau vers le Sud-ouest (pente 0 à 12 ‰),

— au versant convexe de pentes généralement fortes, plus faibles à l'Est (12 à 45 ‰),

— au replat aval, concave puis convexe (pente 10 à 30 ‰), étroit, localement absent,

— au bas fond dont le raccord avec le replat aval peut être plus ou moins marqué et l'extension importante à l'aval des marigots. Sa pente est faible et rectiligne (0 à 10 ‰).

De très nombreuses dépressions appelées « Djougoung pété » par la population locale et « Cow hole » par les noirs Saramakas s'observent à deux endroits dans les parties basses du plateau (cf. fig.2). De forme circulaire ou ovale, elles peuvent localement être anastomosées et aboutir à la formation de véritables canaux. D'un à quatre mètres de diamètre, elles n'excèdent pas 60 centimètres de profondeur. Leur formation a été attribuée par BLANCANEUX (1973) aux chablis (arbres déracinés naturellement, entraînant la terre comprise entre leurs racines). Ces dépressions piègent les eaux de pluie et de ruissellement. Elles peuvent rester en charge plus de cinq jours après une forte averse. Les dépressions les moins perméables sont fréquemment regroupées et délimitent des plages couvertes de plantes herbacées indicatrices d'un milieu hydromorphe. Ces plages sont particulièrement nombreuses et plus ou moins coalescentes dans la partie Est du plateau.

Sur le versant, les écoulements superficiels sont importants en pleine saison pluvieuse. Bien que l'érosion mécanique mesurée dans cette région soit relativement faible, celle-ci n'en est pas moins manifeste à certains endroits. Il s'agit :

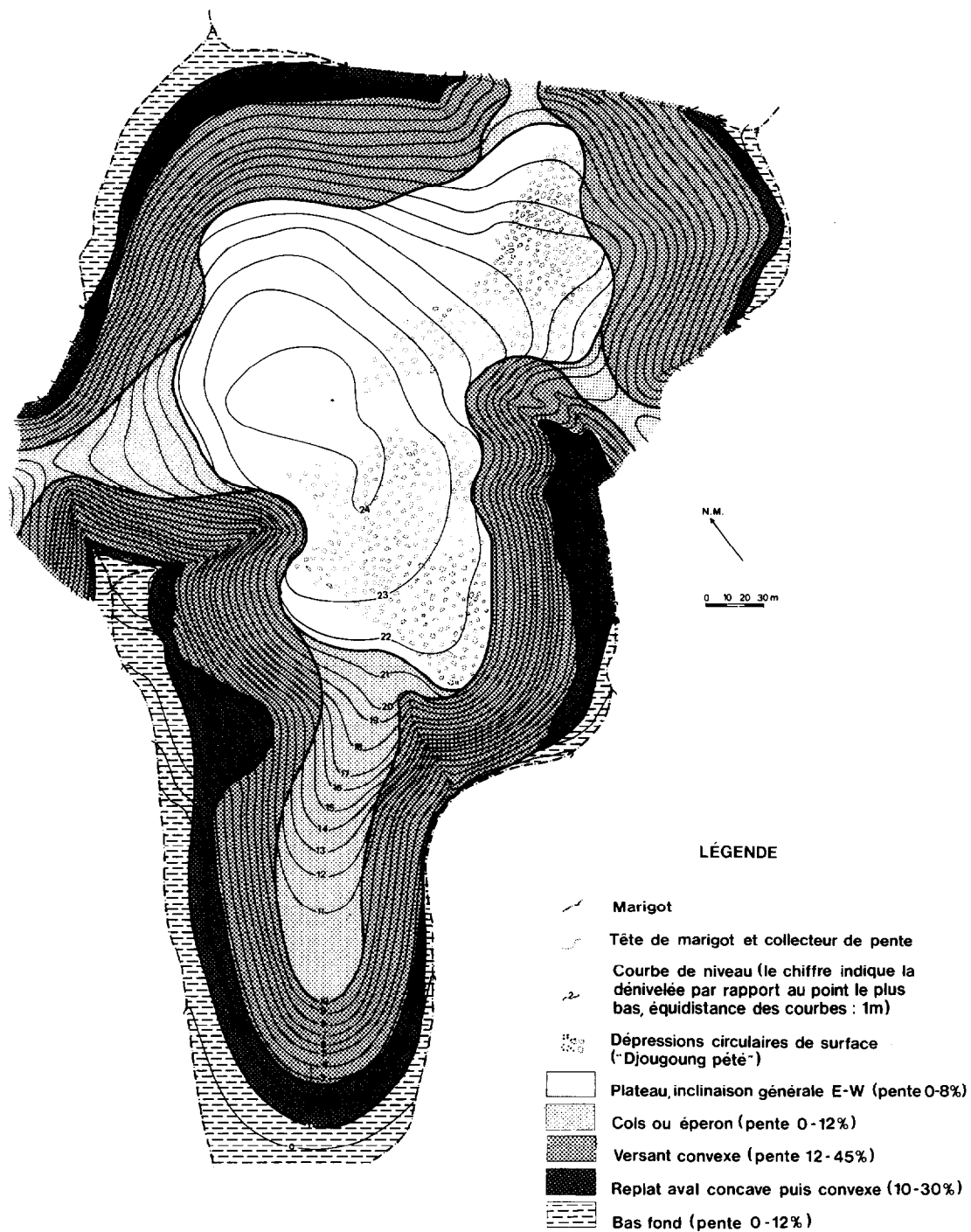


FIG. 2 — La topographie et les différentes facettes du modelé de l'interfluve

- d'érosion en nappe à l'amont des versants, qui met en relief certaines racines traçantes et entraîne la terre fine de la partie supérieure du mat racinaire,
- d'érosion en rigole, particulièrement visible dans les « renforcements » du versant. A ces niveaux, la hiérarchisation des écoulements crée un réseau dense de rigoles fortement ramifié. Les rigoles dépourvues de litière après une forte pluie, sont couvertes de fines pellicules sableuses. L'amont de ces « renforcements » est lui-même caractérisé par un micromodelé en marches d'escalier attribué aux chablis (FRITSCH E., 1984),
- d'érosion en griffe surtout à l'amont des marigots et d'effondrement de berge lorsque le lit du marigot « attaque » la base des versants (cf. fig.2 : disparition du replat aval sur le versant Est de l'éperon).

Sur le replat aval, les pellicules sableuses et les constructions biologiques épigées (turricules) prédominent. Les pellicules sableuses peuvent être reliées à des réorganisations sur place (VALENTIN, 1981) et/ou à l'érosion des sols du versant. Les constructions épigées, localisées au pied des plantes herbacées, nombreuses dans ce milieu, témoignent d'une activité biologique intense due à la proximité de la nappe phréatique de la surface.

## 2. L'organisation générale de la formation supergène

D'après les prospections et les études réalisées dans le secteur, la formation supergène présentée ici correspond au stade le plus avancé de la dégradation par hydromorphie d'une couverture ferrallitique initiale. Elle

présente une différenciation que nous pouvons décrire suivant deux axes :

- une différenciation verticale de quatre ensembles correspondant de bas en haut à l'ensemble d'altération, l'ensemble pédoturbé, l'ensemble glébulaire et l'ensemble meuble supérieur,
- une différenciation latérale en trois domaines. Du plateau vers le bas fond, il s'agit du domaine sommital, du domaine de référence localisé à l'amont des versants et du domaine aval.

A l'amont des versants (domaine de référence) et de bas en haut, les quatre ensembles se succèdent dans un ordre de complexité croissante par transformation progressive des matériaux originels. De la couverture ferrallitique initiale, il ne subsiste plus qu'une portion de l'ensemble d'altération. La partie supérieure de cet ensemble et les trois autres ensembles qui le surmontent sont issus de sa transformation. A ce stade de l'évolution géochimique et structurale, le développement vertical et latéral (de l'aval vers l'amont) des organisations de transformation dans la couverture initiale (fig.3) a affecté la totalité de sa zone de différenciation et la partie supérieure de son ensemble d'altération. La succession verticale des différenciations secondaires apparaît alors en concordance avec la surface topographique. Le domaine de référence comprend de ce fait deux grandes zones : une zone d'altération héritée de la couverture initiale et une zone de différenciations secondaires.

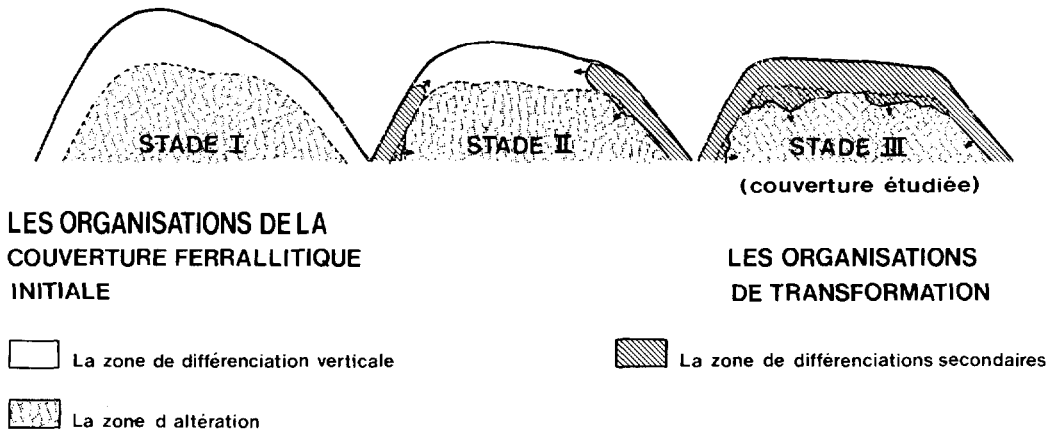


FIG. 3 — L'extension dans l'espace et dans le temps des organisations de transformation dans la couverture ferrallitique initiale

Dans le plateau et à l'aval des versants (domaine sommital et domaine aval), de nouvelles différenciations se surimposent par transformation à celles du domaine de référence. Leur développement vertical et latéral n'étant que partiel, elles apparaissent en discordance sur les

organisations du domaine de référence et en accord avec le fonctionnement hydrique actuel. Ce sont donc les plus récentes. Elles retransforment actuellement, par accentuation des manifestations d'hydromorphie et à partir de deux pôles (amont et aval), la formation supergène.

Que l'on soit sur le plateau ou à l'aval des versants, les nouvelles différenciations sont localisées à deux niveaux de profondeur. Elles permettent donc de distinguer, pour chaque domaine sommital et aval, deux systèmes transformants superposés (fig.4) :

- un système transformant supérieur,
- un système transformant inférieur.

Dans la suite de l'exposé, les coupes synthétiques jointes au texte ont été réalisées d'après les observations de terrain. Certaines de ces observations ont été resituées dans leur contexte paysagique au niveau de deux toposéquences orientées Est-Ouest et présentées en annexe (cf. fig.17).

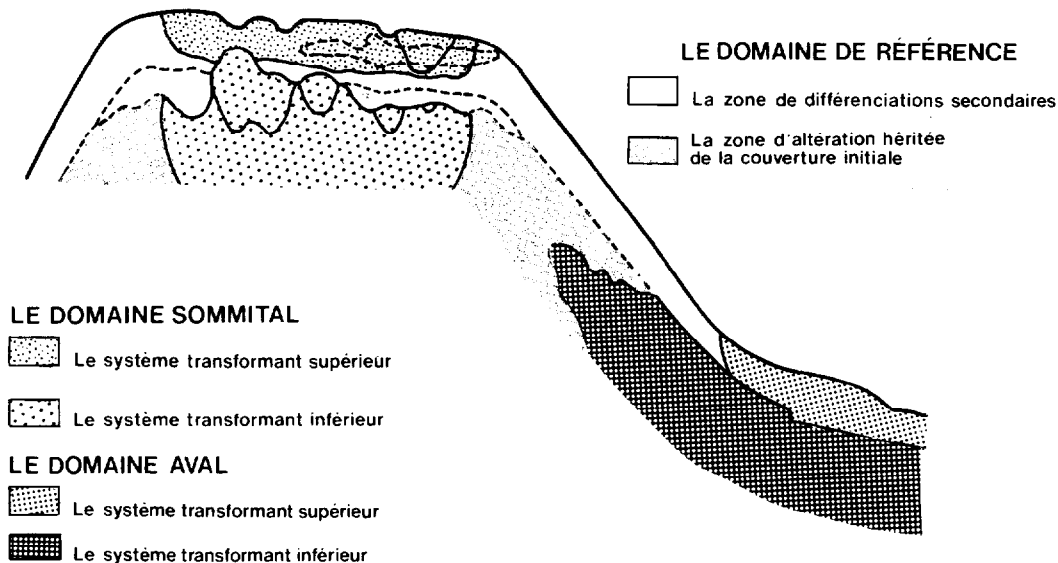


FIG. 4 — Les trois domaines de la formation supergène

## LES TROIS DOMAINES D'ALTÉRATION ET DE DIFFÉRENCIATION DE LA FORMATION SUPERGÈNE

### 1. Le domaine de référence

La localisation des quatre ensembles et des deux grandes zones du domaine de référence est schématisée dans la figure 5.

#### 1.1. LA ZONE D'ALTÉRATION HÉRITÉE DE LA COUVERTURE INITIALE

Les deux altérites de la couverture initiale (cf. fig.5) ont un pendage subvertical et des directions localement entrecroisées. Leur distinction est basée à la fois sur des critères de texture, de structure et de coloration.

Le degré de conservation des textures (schistosité ou foliation) et des structures (pendage et orientation) est directement lié aux dimensions de grains de la roche mère. Il permet de dissocier :

— une isaltérite (CHATELIN, 1972) pegmatitique (faciès à gros grains) dans laquelle les textures et les structures héritées de la pegmatite sont conservées au niveau d'alignements lithorelictuels le plus souvent continus et épais,

— une allotérite (CHATELIN, 1972) schisteuse (faciès à grains fins) dans laquelle les organisations héritées du schiste sont peu nombreuses. Elles correspondent aux alignements lithorelictuels discontinus, ferruginisés.

Ces deux altérites se distinguent également par leur coloration. Ainsi, d'un faciès lithochrome pour les isaltérites pegmatitiques en filons (lits alternativement rouges, rose pâle, jaune pâle, blanc terne), nous passons latéralement et brutalement à un faciès rouge, homogène pour l'allotérite schisteuse. Cette dernière domine dans la zone d'altération de l'interfluve.

Les altérites ont été le siège d'une succession de transformations minéralogiques (FRITSCH E., 1984) qui s'ordonne de la façon suivante :

- dissolution des minéraux parentaux (quartz, muscovite),
- kaolinisation des muscovites,
- ferruginisation hématitique.

La dissolution des quartz et des muscovites développe une porosité inter et intracristalline, augmentant ainsi les surfaces en contact avec les solutions d'altération. Elle est prépondérante à la base des filons pegmatitiques.

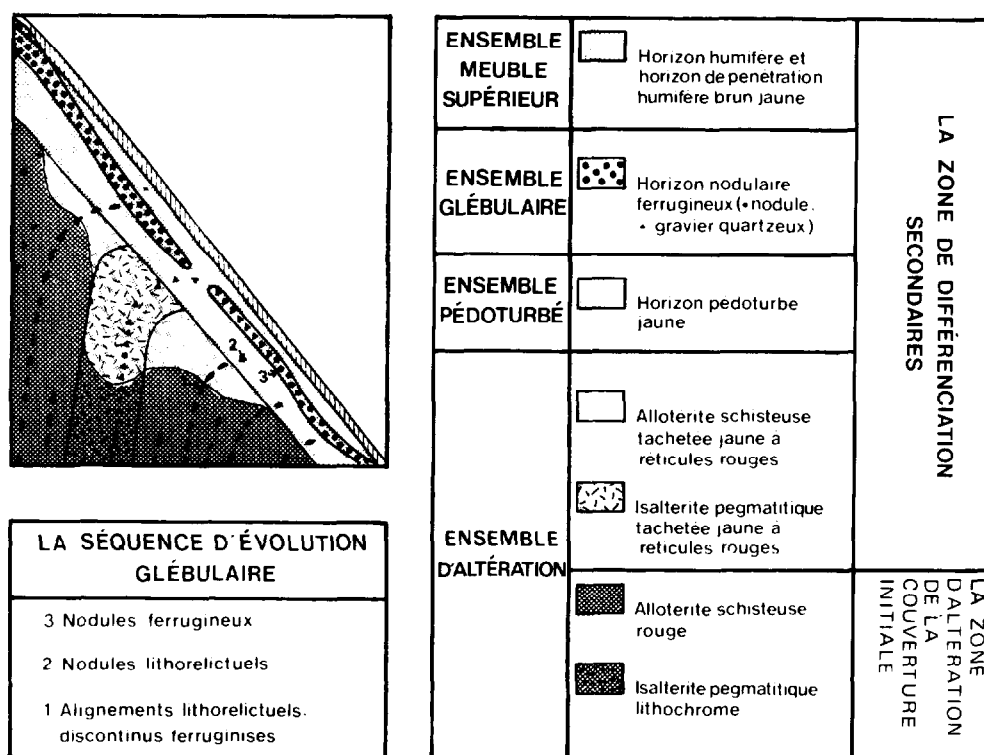


FIG. 5 — Les zones d'altération et de différenciation verticale des sols du domaine de référence

La kaolinitisation des muscovites nourrit sur place un plasma d'altération qui efface progressivement, par pédoturbation, les textures et les structures lithologiques. En fractionnant les particules micacées, la pédoturbation favorise également leur altération. La kaolinitisation et la pédoturbation sont, à l'inverse, prépondérantes dans les allotérites schisteuses et, dans une moindre mesure, dans la partie supérieure des filons pegmatitiques.

La ferruginisation hématitique résulte pour une faible part d'une libération sur place du fer par altération des minéraux parentaux (Muscovite, Tourmaline...) et surtout d'apport provenant des transformations minéralogiques ayant affecté la zone de différenciation sus-jacente aux altérites.

Dans les allotérites schisteuses, cette ferruginisation est importante, principalement dans les alignements sub-verticaux les plus grossiers du schiste. A ces niveaux, elle conserve en discontinuité les structures redressées des substrats et fige latéralement différents stades d'altération des muscovites en kaolinite. Elle est donc bien postérieure dans les alignements lithorelictuels à la kaolinitisation des muscovites mais aussi antérieure à la poursuite de kaolinitisation et de la pédoturbation dans

les fonds matriciels interglébulaires dépourvus d'organisations lithorelictuelles.

Dans les isaltérites pegmatitiques, le fer, présent en bien moindre abondance (excepté dans la partie supérieure de certains filons pegmatitiques dans laquelle des alignements lithorelictuels discontinus ferruginisés peuvent être observés), joue de ce fait un rôle secondaire dans les processus d'altération et de pédoturbation. Le faible développement du plasma d'altération et la porosité interstitielle grossière sont par contre propices à son transit vers la nappe phréatique profonde.

En terme de bilan minéralogique, les deux altérites (schisteuse et pegmatitique), héritées de la couverture ferrallitique initiale, sont caractérisées par une accumulation relative de kaolinite et une accumulation absolue d'hématite. Réalisées à des vitesses variables, ces accumulations ont été guidées et influencées par les textures et les structures lithologiques.

## 1.2. LA ZONE DE DIFFÉRENCIATIONS SECONDAIRES

L'enfoncement vertical des organisations de transformation dans la couverture ferrallitique initiale dépasse localement sa zone d'altération. De bas en haut, la zone de différenciations secondaires comprend (cf. fig.5) :



— une altérite (schisteuse ou pegmatitique) tachetée jaune à réticules rouges qui s'observe latéralement en discontinuité dans la partie supérieure de l'ensemble d'altération,

— une séquence verticale de quatre horizons : horizon pédoturbé jaune, horizon nodulaire ferrugineux, horizon de pénétration humifère et horizon humifère brun jaune.

Cette zone de différenciations secondaires résulte d'une double évolution parallèle (FRITSCH E., 1984) entre les formations glébulaires et leurs fonds matriciels interglébulaires.

La séquence d'évolution glébulaire s'ordonne, de bas en haut, de la façon suivante (cf. fig.5) :

— alignements lithorelictuels discontinus, ferruginisés, de l'ensemble d'altération,

— nodules lithorelictuels de l'ensemble ou de l'horizon pédoturbé jaune,

— nodules ferrugineux de l'ensemble ou de l'horizon nodulaire.

Malgré un infléchissement des alignements lithorelictuels vers l'aval, la structure redressée des substrats est globalement conservée jusqu'à la base de l'horizon nodulaire. Au-dessus de cette limite, elle disparaît. Simultanément, la concentration en nodules ferrugineux s'accroît brutalement. Dans l'horizon qu'ils délimitent, les nodules ferrugineux s'apparentent le plus souvent par leurs organisations internes aux faciès schisteux mais aussi aux faciès pegmatitiques. Ils sont associés à quelques graviers quartzeux dominants, voire exclusifs, au-dessus et à l'aval de filons pegmatitiques suffisamment puissants.

De bas en haut, la diminution de la taille des glébulles s'accompagne d'une baisse de leur porosité, d'une sphéritisation et de fissurations périphériques. Simultanément aux échelles microscopiques, une succession de transformations est mise en évidence. Elles correspondent :

— à une diminution de la microporosité plasmique et à l'inverse au développement de la porosité alvéolaire dû essentiellement à une accentuation de la dissolution des quartz,

— à la disparition progressive du cristalli-plasma kaolinique issu de l'altération des muscovites et au développement d'un plasma argilo-ferrugineux noir isotique à hématite et à kaolinite,

— au développement des plasmas anisotropes à goëthite fibreuse et à gibbsite par dégradation ponctuelle du plasma argilo-ferrugineux noir isotique. Ces cristallisations ultimes sont propices à la création d'une microporosité alvéolaire.

La séquence des fonds matriciels interglébulaires comprend verticalement de bas en haut ceux :

— de l'altérite schisteuse rouge ou pegmatitique lithochrome héritée de la couverture initiale,

— de l'altérite tachetée jaune à réticules rouges,

— de l'horizon pédoturbé jaune,

— des horizons humifères.

Dans cette séquence, trois transformations principales sont mises en évidence. Elles s'accroissent et se relayent verticalement du bas vers le haut. Elles présentent toutes une progression verticale descendante et se succèdent, de ce fait, dans le temps. De la plus ancienne à la plus récente ou du bas vers le haut, ces transformations correspondent :

— à la dissolution de l'hématite et à la recristallisation du fer sous forme de goëthite alumineuse. Cette première transformation aboutit à la formation des fonds matriciels jaunes. Ces derniers délimitent la base de la zone de différenciations secondaires qui apparaît ondulée sur des représentations en coupe. La transformation n'est plus totale lorsqu'elle se développe dans la partie supérieure de l'ensemble d'altération. A ce niveau, les réticules rouges de l'altérite tachetée à fond jaune, non affectés par la transformation, peuvent être considérés comme des reliques des altérites sous-jacentes. L'altérite tachetée à fond jaune présente un développement vertical accru dans les filons de pegmatite,

— à l'accentuation de la microfissuration et de la kaolinisation des muscovites. Cette deuxième transformation caractérise le passage de l'ensemble d'altération à l'ensemble pédoturbé jaune. En l'absence d'altérite tachetée jaune à réticules rouges, les deux premières transformations agissent simultanément. Elles se relayent dans le cas contraire,

— à la diminution de la teneur en plasma à kaolinite et à goëthite alumineuse entraînant un accroissement de la proportion de quartz et de minéraux lourds. Des mécanismes biologiques (remontées biologiques, érosion mécanique sélective en surface) et/ou chimiques (dissolution, lessivage) seraient à l'origine de cette perte en éléments fins. Cette dernière transformation devient importante à proximité de la surface du sol, dans les horizons humifères. Simultanément, nous constatons un accroissement de la porosité d'assemblage et l'apparition et le développement d'une porosité d'origine biologique.

Ainsi, la double évolution parallèle entre les formations glébulaires et les fonds matriciels interglébulaires aboutit à :

— une accumulation relative du fer par concentration centripète de cet élément dans les glébulles et par désilicification de ces derniers,

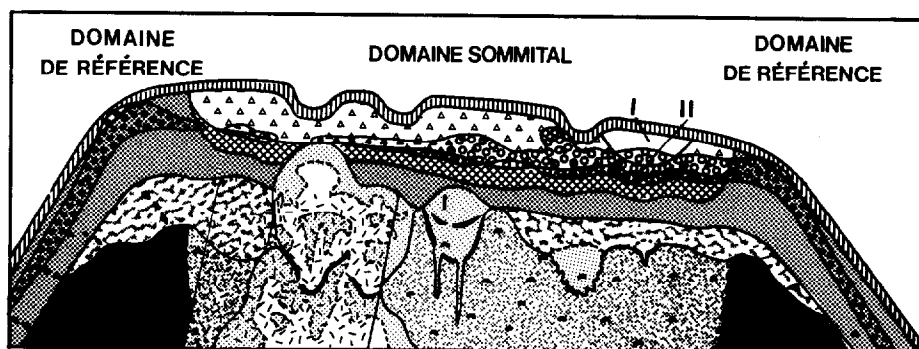
— une accumulation relative de quartz dans les fonds matriciels interglébulaires.

Enfin dans la zone de différenciations secondaires, l'absence d'accumulation absolue montre bien que le

bilan géochimique des transformations minérales est totalement négatif. Les pertes de matière témoignent bien d'une érosion chimique d'autant plus marquée que l'on se rapproche de la surface topographique. Cette érosion est mise en évidence aux échelles macroscopiques par l'infléchissement des alignements lithorelictuels vers l'aval. Elle concourt à un abaissement de la surface topographique et dans les horizons actuels à l'accumulation relative des résidus de toutes les transformations ayant affecté cette partie de la couverture pédologique.

## 2. Le domaine sommital

Dans le plateau, les nouvelles différenciations (fig.6) ont un développement spatial limité. Elles recoupent latéralement les différenciations et les altérations du domaine de référence et se surimposent par transformation à ces dernières. Généralement séparées par une partie relique de l'horizon pédoturbé jaune, elles peuvent être regroupées dans deux systèmes transformants, l'un supérieur, l'autre inférieur.



SYSTÈME TRANSFORMANT SUPÉRIEUR		SYSTÈME TRANSFORMANT INFÉRIEUR	
ENSEMBLE MEUBLE SUPÉRIEUR	Horizon jaune pâle verdâtre S.A.	ENSEMBLE D'ALTÉRATION	Altérites tachetées à fond jaune pâle
	Horizon jaune ocre A.L.S.		Front d'induration
	Horizon jaune pâle à plages gris pâle S.A. à S.		Allotérite pegmatitique tachetée à fond blanc
ENSEMBLE GLEBULAIRE	Horizon concrétionné	Allotérite schisteuse rouge pâle "mouchetée"	
	Horizon jaune ocre à noyaux brun rouille		

FIG. 6 — Les nouvelles différenciations des systèmes transformants supérieur et inférieur du domaine sommital

### 2.1. LE SYSTÈME TRANSFORMANT SUPÉRIEUR

Les nouvelles différenciations du système transformant supérieur se localisent (fig.6) exclusivement dans la zone de différenciation de la formation supergène. Elles transforment à la fois les glébules et les fonds matriciels interglébulaires des horizons du domaine de référence. Classées dans leur ordre d'apparition du versant vers le plateau, elles correspondent à :

- l'horizon concrétionné,
- l'horizon jaune pâle verdâtre S.A.,
- l'horizon jaune ocre A.L.S.,
- l'horizon jaune pâle verdâtre à plages gris pâle S.A. à S,

— l'horizon jaune ocre à noyaux brun rouille.

L'individualisation de ces cinq nouveaux horizons résulte de trois transformations principales :

- cortification des nodules,
- dégradation du fond matriciel de l'horizon pédoturbé jaune,
- accréation ou glébulisation.

#### a) La cortification des nodules

Dans l'ensemble glébulaire, le développement systématique vers le plateau d'un cortex qui se forme en discontinuité puis en continuité à la périphérie des nodules montre que la nodulation est relayée par le concrétionnement. Dans le plateau, l'horizon concrétionné

présente à la fois des caractères hérités de la différenciation du domaine de référence (continuité latérale avec l'horizon nodulaire, noyaux reliques des nodules ou des nucleus lithorelictuels à faciès schisteux parfois pegmatitique) et un caractère majeur déterminé par la nouvelle transformation (cortex). Ces caractères témoignent bien de l'autochtonie des concrétions ferrugineuses dans ce milieu.

La présence de certaines parties reliques des nucleus dans les cortex témoigne d'une évolution centripète de ces derniers. Cette cortification centripète a été avancée ou démontrée par LACROIX (1914), DU PREEZ (1954), ALEXANDER et CADY (1962), JONES (1958 *in* 1965), FRANKEL et BAYLESS (1966), GAVAUD (1970), NAHON et DEMOULIN (1971), NAHON (1970, 1976), MULLER D. (1979), BOULANGE (1983). Deux séries de paragenèses (FRITSCH E., 1984) la caractérisent ici :

— la première s'effectue à la transition entre le nucleus et le cortex. Il s'agit d'une dissolution partielle ou totale des différents plasmas de la périphérie des nucleus et d'une recristallisation de goëthite alumineuse fortement substituée en Al 00H. D'un point de vue structural, elle se couple à une nette densification plasmique et l'apparition d'un plasma alumino-ferrugineux zoné faiblement anisotrope,

— la seconde est localisée dans le cortex soit par transformation de minces liserés noirs isotiques reliques du nucleus et parallèles à la zonation du cortex, soit en relation avec la paroi des cavités de dissolution des quartz. Il s'agit des cristallisations géodiques ultimes de goëthite fibreuse très faiblement substituée en Al 00H et de gibbsite.

Cette cortification aboutit ainsi à une accumulation relative de goëthite alumineuse par concentration centripète du fer, désilicification intense, propices à la destabilisation de la kaolinite et de l'hématite issues des nucleus. Son évolution extrême et ponctuelle tend à la ségrégation soit du fer (goëthite fibreuse), soit de l'alumine (gibbsite).

#### *b) La dégradation du fond matriciel de l'horizon pédoturbé jaune*

Deux nouveaux fonds matriciels directement superposés et emboîtés se développent à partir de la surface par dégradation du fond matriciel de l'horizon pédoturbé jaune. Il s'agit (cf. fig.6) :

— du fond matriciel jaune pâle verdâtre sablo-argileux,  
— du fond matriciel jaune ocre argilo-limono-sableux.

Localement dans le plateau, deux caractères supplémentaires se surimposent respectivement dans chacun de ces fonds matriciels. Ils correspondent dans le même ordre de présentation :

— aux plages gris clair sableuses à sablo-argileuses (début d'horizon cendreuse),

— aux noyaux (1-4 cm), de forte cohésion, brun ocre à nombreux réticules brun rouille (début d'aliôs).

Ainsi, la dégradation du fond matriciel de l'horizon pédoturbé jaune aboutit, à son stade ultime, à un début de podzolisation.

Par rapport au fond matriciel pédoturbé jaune qui lui est sous-jacent, le fond matriciel jaune ocre A.L.S. s'en distingue par :

— une kaolinisation de la quasi totalité des fines paillettes de muscovite (léger accroissement du plasma argileux) et le développement de nombreuses séparations plasmiques,

— un accroissement des teneurs en fer (les plus fortes mesurées dans ce milieu) sous forme de goëthite alumineuse fortement substituée en Al 00H.

Ce fond matriciel définit donc un niveau d'accumulation relative de kaolinite et d'accumulation absolue de goëthite alumineuse. D'un point de vue structural, les réorientations plasmiques sont généralement attribuées au gonflement et au retrait du plasma, assurés eux-mêmes par des variations saisonnières contrastées du pédoclimat (RODE *et al.*, 1960 ; BREWER, 1964 ; NETTLETON *et al.*, 1968 ; DE VOS et VIRGO, 1969 ; BLOKHULS *et al.*, 1970 ; BOCQUIER, 1971 ; BOULET, 1974).

De même, par rapport au fond matriciel jaune ocre A.L.S. qui lui est sous-jacent, le fond matriciel jaune pâle verdâtre S.A. s'en distingue par :

— un accroissement de la proportion de quartz à aspect arrondi, localement couvert de fines pellicules de silice amorphe (M.E.B.),

— une diminution concomitante du plasma argileux et des teneurs en fer sous forme de goëthite alumineuse. Ce plasma présente une faible anisotropie,

— un développement de la porosité d'assemblage.

Ce deuxième fond matriciel caractérise un niveau d'accumulation relative de quartz dû très probablement à une dissolution lente et partielle de la kaolinite et de la goëthite alumineuse puis à l'exportation partielle (Si, Al) ou totale (Fe) des éléments dissous.

Ainsi, l'apparition et le développement de deux nouveaux fonds matriciels (ou horizons) directement superposés, résultent d'une soustraction du fer et de l'alumine dans le fond matriciel jaune pâle verdâtre (horizon supérieur) et de son accumulation sous forme de goëthite alumineuse fortement substituée (alumine en excès) dans le fond matriciel jaune ocre (horizon inférieur). Verticalement, de haut en bas, les transformations minéralogiques sont donc successivement soustractives puis additives.

#### *c) L'accrétion ou la glébulisation*

Localement dans le fond matriciel de l'horizon jaune ocre A.L.S. et d'une façon plus généralisée dans celui

de l'horizon jaune ocre à noyaux brun rouille, les concentrations de goëthite alumineuse augmentent brutalement. Simultanément, les teneurs en kaolinite diminuent (FRITSCH E., 1984). Ces concentrations ponctuelles se réalisent préférentiellement au niveau des séparations plasmiques quel-vo- masépiques (BREWER, 1964). Elles s'accompagnent d'une nette densification plasmique (M.E.B.) et d'une perte d'anisotropie (passage d'une extinction continue ondulique à une extinction ponctuée curviligne). Elles s'observent :

— soit à la périphérie des concrétions et aboutissent au développement externe des cortex. Cette cortification centrifuge produit une augmentation de la taille des glébules,

— soit au sein même du fond matriciel. Elles peuvent être alors exclusivement plasmiques et de petite taille ou à l'inverse affecter des parties centimétriques du fond matriciel. Leur évolution ultime aboutit à l'individualisation de concrétions millimétriques dans le premier cas et de fragments d'aliôs dans le second cas. Elles augmentent le nombre de glébules.

Cette accréation, mise en évidence dans d'autres milieux par DUPREEZ (1952), BOULANGE (1982), résulte ici d'accumulations rythmées du fer qui favorisent la dissolution de la kaolinite, l'exportation de la silice et la recombinaison du fer avec l'alumine sous forme de goëthite alumineuse. Elle est postérieure sinon concomitante à l'individualisation du fond matriciel jaune ocre qu'elle dégrade ponctuellement par glébulisation. Comme dans le cadre de la cortification centripète des glébules, elle concourt à une accumulation de goëthite alumineuse qui est par contre absolue et non plus relative.

## 2.2. LE SYSTÈME TRANSFORMANT INFÉRIEUR

Les nouvelles différenciations du système transformant inférieur (fig.6) se localisent essentiellement dans la zone d'altération de la formation supergène. Elles sont indépendantes de la structure redressée des substrats (alignements lithorelictuels discontinus et ferruginisés pour le schiste, continus et plus largement ferruginisés pour la pegmatite) et des variations lithologiques (schiste-pegmatite) qu'elles recoupent latéralement. Emboîtées à différentes échelles, elles se surimposent par transformation soit aux altérites du domaine de référence, soit entre elles. Classées dans leur ordre d'apparition du versant vers le plateau, elles correspondent :

— à l'allotérite schisteuse rouge pâle « mouchetée »,  
 — aux altérites (schisteuses ou pegmatitiques) tachetées à fond jaune pâle délimitant des lentilles biconvexes d'échelle métrique.

Nous allons voir que ces deux différenciations résultent d'une redistribution et d'une migration du fer suivies d'une kaolinitisation des muscovites. Ces transfor-

mations favorisent la pédoturbation qui efface progressivement les textures puis les structures lithologiques. Dans la suite de cet exposé, nous avons choisi de conserver le terme d'altérite à ces différenciations qui contiennent de moins en moins d'organisations lithorelictuelles et qui ne sont pas tout à fait des horizons pédologiques.

### a) La redistribution du fer dans l'allotérite schisteuse rouge-pâle « mouchetée »

Latéralement du versant vers le plateau, l'allotérite schisteuse rouge à alignements lithorelictuels, subverticaux, discontinus, de la couverture initiale, est relayée progressivement par l'allotérite schisteuse rouge pâle « mouchetée » (cf. fig.6). La surimposition de ce deuxième faciès sur le premier résulte de transformations ayant affecté à la fois les glébules ou lithorelictuels et les fonds matriciels interglébulaires.

Les lithoreliques, moins nombreuses et de plus petite taille, s'observent isolées et non plus en alignements subverticaux. Elles présentent généralement une polarité verticale (limite supérieure brutale délimitée par une fissure en forme de coiffe et limite inférieure progressive) et des teneurs globales en fer moins élevées. Ainsi, la perte des orientations lithologiques subverticales, l'acquisition d'une polarité verticale et la diminution de la taille et des teneurs en fer résultent d'une redistribution du fer et de son exportation partielle hors de ces formations indurées. Cette déferruginisation libère progressivement dans les fonds matriciels interglébulaires les quartz et le cristalli-plasma kaolinitique issu de l'altération des muscovites.

Dans les fonds matriciels interglébulaires et par rapport à celui de l'allotérite schisteuse rouge dont il est issu, nous constatons :

— une baisse de la teneur globale en fer que l'on peut relier à une coloration rouge moins soutenue,

— l'apparition d'un fond matriciel blanc, composé de quartz et de kaolinite associée parfois à quelques reliques de muscovite en voie d'altération. Ce fond matriciel délimite des plages centimétriques blanches qui donnent un aspect moucheté à l'altérite. Ces plages sont localisées autour ou à proximité des pores tubulaires.

Ces fonds matriciels apparaissent ainsi partiellement déferruginisés. Cette soustraction du fer est très localement totale (fond matriciel blanc) et, semble-t-il, en relation avec la porosité tubulaire de l'allotérite. Elle précède alors la kaolinitisation de la quasi totalité des muscovites et concourt à une accumulation relative, limitée et ponctuelle de kaolinite.

### b) La redistribution du fer dans les altérites tachetées à fond jaune pâle

Par leur enveloppe externe, les altérites tachetées à fond jaune pâle délimitent des structures en lentilles

biconvexes dissymétriques, d'échelle métrique. Latéralement répétitives, ces lentilles apparaissent toujours à la base de la zone de différenciations secondaires du domaine de référence. En se développant, elles transforment vers le bas l'altérite schisteuse rouge pâle « mouchetée » ou l'altérite pegmatitique lithochrome et vers le haut soit l'altérite tachetée jaune à réticules rouges, soit l'horizon pédoturbé jaune. Elles sont caractérisées (fig.7) :

- par des fonds matriciels éclaircis jaune pâle et blancs à réticules rouges et à lithoreliques rouge violacé (en proportion variable),
- éventuellement par un front d'induration rouge foncé à noir peu poreux, d'épaisseur centimétrique.

Situé à la base des lentilles, ce front est localement discontinu au niveau de pénétrations glossiques très profondes. Lorsqu'il est absent, la limite inférieure des lentilles est graduelle, souvent ondulée, parfois glossique.

Ces altérites présentent une double polarité verticale (fig.7) :

- l'axe principal des lentilles biconvexes est perpendiculaire à la surface topographique. La plus grande convexité de ces lentilles est toujours orientée vers le bas,
- les fonds matriciels jaune pâle et blancs sont allongés verticalement sous forme de marbrures ou de glosses. Ces dernières présentent un développement accru à la base des lentilles.

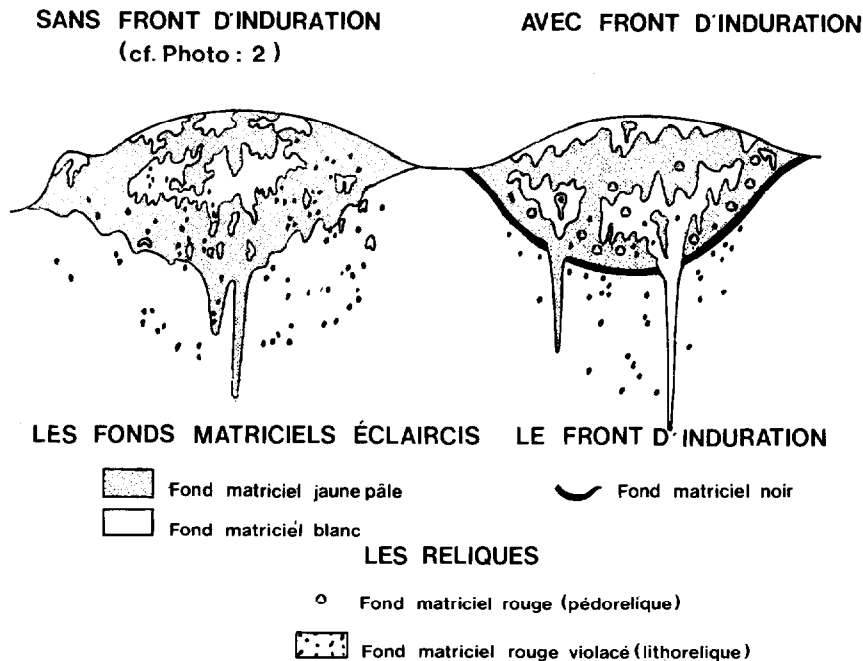


FIG. 7 — Les lentilles biconvexes dissymétriques

Du sommet vers la base des lentilles, les teneurs globales en fer diminuent puis augmentent brutalement lorsqu'il y a un front d'induration. Par rapport à l'allotérite schisteuse rouge pâle « mouchetée », nous constatons un développement spatial accru du fond matriciel blanc par soustraction du fer puis kaolinitisation des muscovites.

Ainsi, verticalement de haut en bas, les transformations sont successivement soustractives puis additives lorsque les lentilles présentent à leur base un front d'induration, exclusivement soustractives lorsqu'elles en sont dépourvues. Elles concourent de ce fait toujours à

une accumulation relative de kaolinite, parfois et localement à une accumulation absolue de fer.

Comme pour l'altérite tachetée jaune à réticules rouges, le développement maximal des lentilles est atteint dans certains filons pegmatitiques qui perdent alors leurs structures lithologiques. L'allotérite pegmatitique présente alors un faciès tacheté à fond blanc dominant et à gros noyaux ou marbrures rouges bordées de jaune. La perte des structures lithologiques résulte d'actions de pédoturbation liées au développement d'un cristalliplasma kaolinitique par altération massive des muscovites.

### 3. Le domaine aval

A l'aval de l'interfluve, de nouvelles organisations recourent les horizons et les altérites du domaine de référence (fig.8).

Les premières apparaissent en profondeur dans la zone d'altération, les secondes en surface dans la zone

de différenciation. Elles appartiennent ainsi à deux systèmes transformants : l'un inférieur, l'autre supérieur. Leur développement latéral (du versant vers le bas fond) explique leur jonction dans le replat aval. Dans le bas fond, nous verrons que le système supérieur aval est lui-même recouvert par un système d'apport alluvial.

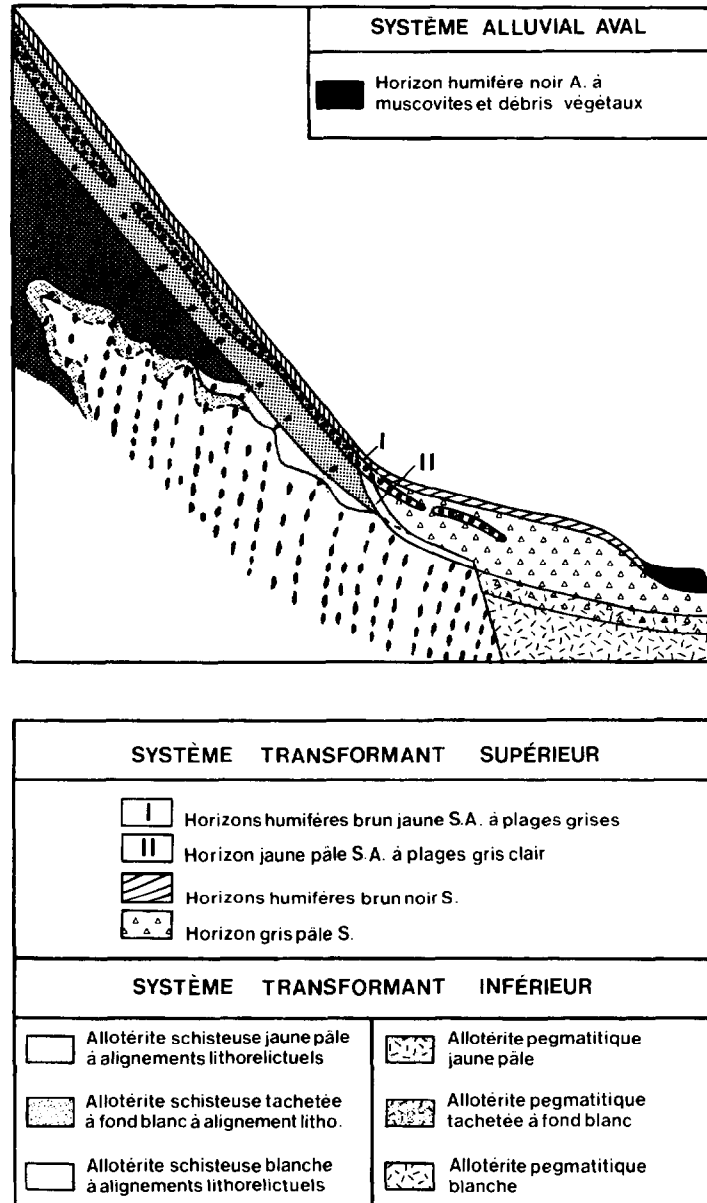


FIG. 8 — Les nouvelles différenciations des systèmes transformants supérieur et inférieur et du système alluvial du domaine aval

### 3.1. LE SYSTÈME TRANSFORMANT INFÉRIEUR

Dans le système transformant inférieur, les nouvelles différenciations en langue incurvée et ondulée apparaissent emboîtées les unes dans les autres et en discordance sur les altérites du domaine de référence qu'elles transforment. Elles recoupent de ce fait la structure redressée des substrats (alignements lithorelictuels ferruginisés...) et les variations lithologiques (schiste-pegmatite). Toutefois, les ondulations qu'elles délimitent à leur périphérie (cf. fig.8) montrent que leur développement spatial est guidé par les textures et les structures lithologiques. Ces différenciations correspondent :

- aux allotérites (schisteuse ou pegmatitique) jaunes,
- aux allotérites (schisteuse ou pegmatitique) tachetées à fond blanc,
- aux allotérites (schisteuse ou pegmatitique) blanches.

Nous verrons qu'il y a essentiellement un changement d'état du fer dans les premières, une redistribution et une migration de cet élément dans les deux dernières.

Par rapport aux allotérites schisteuses, les allotérites pegmatitiques se différencient par :

- une plus grande abondance de minéraux primaires de grande taille (quartz, muscovite...) et un moindre développement du plasma kaolinique,
- des teneurs en fer généralement plus faibles. Elles sont de ce fait très fréquemment dépourvues de lithoreliques ferruginisées.

Dans le système transformant aval, ces variations s'expliquent par une plus grande résistance des structures cristallines pegmatitiques et par des teneurs initiales en fer beaucoup plus faibles. Connaissant ces variations, nous nous limiterons à caractériser les allotérites schisteuses du système inférieur.

#### a) Le changement d'état du fer dans l'allotérite schisteuse jaune

L'allotérite schisteuse jaune relaye vers le bas et vers l'aval la partie supérieure de l'allotérite schisteuse rouge du domaine de référence (cf. fig.8). Par rapport à cette dernière, les teneurs globales en fer sont sensiblement les mêmes. La première diffère de la seconde par :

- l'apparition d'un fond matriciel intergléculaire jaune homogène dans lequel le fer est présent essentiellement sous forme de goëthite alumineuse,
- l'apparition à la périphérie des lithoreliques rouge violacé, d'un liseré périgléculaire jaune ocre. Des lithoreliques rouge violacé vers leur liseré, nous constatons une baisse des teneurs en fer, le remplacement de l'hématite par la goëthite alumineuse et la conservation des organisations lithorelictuelles.

Ainsi la transformation de l'allotérite schisteuse rouge en allotérite schisteuse jaune résulte d'une dissolution de l'hématite et d'une recristallisation du fer sous forme de goëthite alumineuse. Elle affecte à la fois le fond

matriciel intergléculaire et la périphérie des lithoreliques.

#### b) La redistribution du fer dans l'allotérite schisteuse tachetée à fond blanc

A l'amont du système transformant, l'allotérite schisteuse tachetée à fond blanc assure la transition entre l'allotérite schisteuse rouge et l'allotérite schisteuse blanche (cf. fig.8). Par rapport à l'allotérite schisteuse rouge dont elle est issue, les transformations affectent à la fois les fonds matriciels intergléculaires et les lithoreliques.

Dans les fonds matriciels intergléculaires, la redistribution du fer aboutit à l'individualisation :

- de marbrures ou de réticules rouge foncé à rouge pâle assimilables à des reliques de l'allotérite schisteuse rouge,
- de liserés ou de réticules jaune pâle,
- d'un fond matriciel blanc. Par rapport aux précédents, ce fond matriciel s'en distingue par une disparition des oxy-hydroxydes de fer, un accroissement du cristalli-plasma kaolinique et, à l'inverse, par une diminution relative du squelette micacé.

Ces fonds matriciels apparaissent ainsi partiellement déferruginisés. La soustraction du fer, lorsqu'elle est totale (fond matriciel blanc), précède la kaolinisation des muscovites. Elle concourt ainsi à une accumulation relative de kaolinite.

Dans les lithoreliques, les transformations produisent un accroissement des teneurs globales en fer et une diminution de la microporosité plasmique. Elles sont plus marquées lorsque la périphérie des lithoreliques est directement adjacente au fond matriciel blanc. Ainsi, la déferruginisation des fonds matriciels intergléculaires peut se coupler à une ferruginisation des lithoreliques. Les transformations sont alors successivement soustractives puis additives pour le fer et guidées par les alignements lithorelictuels subverticaux.

#### c) L'exportation du fer dans l'allotérite schisteuse blanche

Par rapport aux faciès précédents qu'il relaye progressivement en profondeur et vers l'aval, nous constatons :

- la présence d'un fond matriciel intergléculaire uniformément blanc, dépourvu d'oxy-hydroxydes de fer, dans lequel le développement du cristalli-plasma kaolinique est couplé à la disparition progressive du squelette micacé. La kaolinisation des muscovites s'accroît de l'amont vers l'aval,
- pour les lithoreliques, une diminution globale des teneurs en fer et l'apparition d'un liseré périgléculaire jaune ocre qui s'épaissit vers l'aval.

Dans l'allotérite schisteuse blanche, la déferruginisation du fond matriciel intergléculaire est totale. Cette déferruginisation affecte également la périphérie des

lithoreliques. En s'accroissant vers l'aval, elle concourt à la disparition des organisations lithorelictuelles et à une accumulation relative et massive de kaolinite.

### 3.2. LE SYSTÈME TRANSFORMANT SUPÉRIEUR

Les nouvelles différenciations du système supérieur, en lame incurvée, apparaissent emboîtées et en discordance sur les horizons du domaine de référence qu'elles transforment (cf. fig.8). Elles préservent les formations indurées et recourent de ce fait l'horizon nodulaire. Ce dernier s'observe en discontinuité et à différents niveaux de profondeur dans le système transformant.

Classées par ordre d'apparition du bas de versant vers le replat aval, ces différenciations correspondent :

- aux horizons humifères brun jaune S.A., à plages grises et à fins réticules brun rouille et à l'horizon jaune pâle S.A. à plages gris clair, blanc vers l'aval,
- aux horizons humifères brun noir S. et à l'horizon gris pâle S.

Nous verrons qu'elles résultent d'une seule et même transformation générale et qu'elles caractérisent deux stades de dégradation affectant essentiellement la zone de différenciation du domaine de référence.

#### a) *Le début de la dégradation des horizons du domaine de référence*

Par rapport aux formations meubles des horizons du domaine de référence, les horizons humifères brun jaune S.A. à plages grises et l'horizon jaune pâle S.A. à plages gris clair s'en différencient globalement par une diminution des teneurs en fer et en argile kaolinitique, et à l'inverse par un accroissement des teneurs en quartz. A des échelles plus fines, ces transformations sont manifestes au niveau des plages ou des fonds matriciels gris clair. Elles vont dans le sens d'une dégradation ponctuelle par exportation du fer et du plasma kaolinitique propice à une accumulation relative et partielle en quartz.

L'horizon jaune pâle S.A. à plages grises est relayé vers l'aval par un horizon blanc S.A. dépourvu d'oxy-hydroxydes de fer. L'enveloppe externe de ces horizons peut être discordante sur la limite supérieure des altérites blanches (cf. fig.8). Ainsi, à l'aval, au niveau du replat, ces nouvelles différenciations peuvent également se former au détriment des altérites du système transformant inférieur.

#### b) *La dégradation ultime des horizons du domaine de référence*

L'horizon gris clair S. et les horizons humifères brun noir S., qui le surmontent sont emboîtés dans les horizons précédents. Par rapport à ces derniers, les mêmes types de transformations sont mis en jeu. Ils aboutissent à un net accroissement des teneurs en quartz.

Le plasma kaolinitique très peu abondant est dépourvu d'oxy-hydroxydes de fer. Il définit avec les quartz un assemblage inter-textique localement granulaire (BREWER, 1964). Par ailleurs, ce plasma présente souvent une faible extinction (silasépique à plages isotropes) et localement des séparations plasmiques à extinction ondulique plus ou moins affirmée. Ces séparations plasmiques contiguës aux vides ont toutes une polarité verticale. Elles sont de ce fait assimilables à des cutanes de réorientation, généralement attribuées à des variations saisonnières contrastées du pédoclimat.

Les transformations vont ainsi dans le sens d'une dégradation ultime par dissolution et exportation totale des oxy-hydroxydes de fer et de la majeure partie du plasma kaolinitique. Elles aboutissent à une accumulation relative et massive de quartz.

### 3.3. LE SYSTÈME ALLUVIAL AVAL

Le développement des systèmes supérieur et inférieur à l'aval n'est pas influencé par la rupture de pente marquant le passage du replat au bas fond. De ce fait, la rupture de pente témoignerait d'une érosion mécanique qui a prévalu antérieurement dans le milieu et qui a décapé la partie apicale la plus basse du système transformant supérieur aval.

Dans le bas fond, l'horizon gris pâle S. (système transformant supérieur aval) est systématiquement recouvert par un horizon humifère noir A. à A.L. (cf. fig.8) d'épaisseur variable (de 0 à 60 cm de profondeur). Ce dernier est dépourvu de quartz et contient souvent de fines paillettes de muscovite et de nombreux débris végétaux. Son individualisation résulterait d'apports consécutifs à un deuxième épisode érosif moins intense et donc plus sélectif (accumulation des particules fines).

Les débits solides mesurés dans le secteur étant relativement faibles (ROCHE, 1982), nous en déduisons que l'alimentation du système aval par apport détritique est actuellement limitée.

## LES RELATIONS STRUCTURALES ET LES SIGNIFICATIONS GÉOCHIMIQUES ET MINÉRALOGIQUES DES SYSTÈMES TRANSFORMANTS

Les organisations des systèmes transformants amont et aval présentent entre elles et avec celles du domaine de référence (amont des versants) des relations structurales qui permettent d'établir l'ordre de la formation de chacune d'entre elles. Certaines de ces organisations présentent en outre des relations avec :

- le fonctionnement hydrique actuel,
- certains paramètres externes du milieu.

Le développement, tant vertical que latéral, de ces nouvelles organisations peut être schématisé sur des coupes par des fronts de transformation.



La progression de ces fronts implique une succession de transformations minéralogiques qu'il conviendra de préciser puis de regrouper. Les principales transformations minéralogiques se réalisent dans différentes conditions du pédoclimat, nous verrons qu'elles relèvent de trois mécanismes géochimiques.

### 1. Les relations structurales

Les organisations des sols du domaine de référence sont caractérisées par deux structures élémentaires :

- une structure lithologique subverticale,
- une structure en lame continue parallèle ou subparallèle à la surface topographique.

La structure lithologique est héritée des formations géologiques profondes (schiste, pegmatite). La structure en lame continue résulte d'une différenciation verticale en horizons, liée à l'écoulement gravitaire de l'eau et à la pédogenèse.

L'enveloppe externe des organisations des systèmes transformants est discordante sur les structures du domaine de référence. Ces systèmes correspondent donc aux transformations les plus récentes. La discordance est le résultat d'une surimposition, par transformation partielle ou totale, de nouveaux caractères sur une ou plusieurs organisations antérieures. Ces surimpositions préservent, parfois de façon provisoire, les structures lithologiques et celles définies par les formations glébulaires. Par contre, elles effacent les anciennes structures des formations meubles et apparaissent emboîtées dans ces dernières.

Les organisations des systèmes transformants ont des extensions spatiales limitées et des dimensions très variables. Leurs enveloppes externes et donc les structures qu'elles délimitent varient de l'échelle du mètre (ex. : les lentilles biconvexes dissymétriques) à celle d'une unité ou de plusieurs unités du modelé.

Les relations structurales ont été établies aux mêmes échelles soit à partir d'observations isolées sur une verticale (fosse pédologique), soit en reliant latéralement les différenciations et les altérations observées sur plusieurs verticales par des représentations en coupe (cf. fig.17).

#### 1.1. LES RELATIONS ET LES ÉVOLUTIONS STRUCTURALES DES SYSTÈMES TRANSFORMANTS AMONT

Les horizons des systèmes transformants amont sont le plus souvent séparés par une partie relique de l'horizon pédoturbé jaune. Suivant qu'ils se situent au-dessus ou en-dessous de cette relique du domaine de référence, ils appartiennent :

- soit au système transformant supérieur,
- soit au système transformant inférieur.

Les enveloppes externes de ces horizons permettent de distinguer quatre types de structures élémentaires (fig.9) :

- structure en lame alternativement renflée puis rétrécie,
- structure en lame incurvée, ondulée,
- structure en cuvette,
- structure en lentille biconvexe dissymétrique à sous-structure glossique.

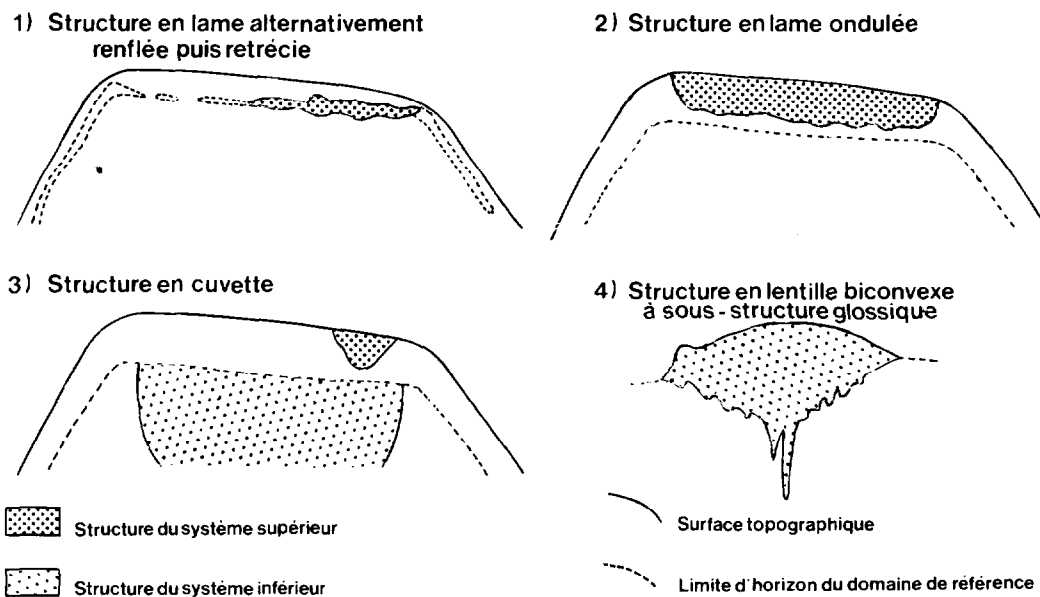


FIG. 9 — Les quatre types de structure des systèmes transformants amont

Ces structures évoluent dans l'espace et dans le temps. Le développement spatial de chacune d'entre elles peut être schématisé soit par un ou deux fronts de transformation, soit par une enveloppe d'un même type de front lorsque la transformation est ponctuelle et répétitive.

Les fronts de transformation ou leurs enveloppes ont le plus souvent une progression latérale centrifuge et verticale descendante. Quand la progression latérale centrifuge est plus accentuée que la progression verticale descendante, les horizons présentent une structure en lame incurvée, ondulée. Dans le cas inverse, ils présentent une structure en cuvette. Par ses ondulations, la première structure reproduit à de plus petites échelles la seconde (succession latérale de petites cuvettes). Ceci montre dans ce milieu que la composante verticale descendante varie latéralement en intensité. L'accentuation préférentielle et localisée de cette composante aboutit à une structure glossique. Dans la formation supergène étudiée, les glosses sont le plus souvent regroupées, emboîtées à différentes échelles et reliées à une structure en lentille biconvexe dissymétrique. Cette dernière est assimilable à une structure en cuvette ondulée (glos-

ses plus ou moins affirmées) avec couvercle. Par son couvercle, c'est la seule structure élémentaire à présenter également une progression verticale ascendante. Ainsi, il existe une relation entre le type de structure élémentaire et la vitesse de propagation des composantes (latérale et verticale) du ou des fronts de transformation qui lui sont associés.

Entre elles, les structures élémentaires présentent quatre types de relation qui permettent d'établir l'ordre de la formation de chacune d'entre elles. Prises deux à deux, ces structures peuvent être (fig.10) :

- superposées et disjointes. En projection verticale, les deux structures se superposent. Le développement de la structure supérieure est antérieur, sinon concomitant, au développement de celle qu'elle surmonte,
- emboîtées et directement superposées. Les deux structures ont un développement simultané. Elles définissent une structure double ou une sur-structure,
- emboîtées et disjointes. La structure encaissante est antérieure à l'individualisation et au développement de la structure encaissée,
- discordantes.

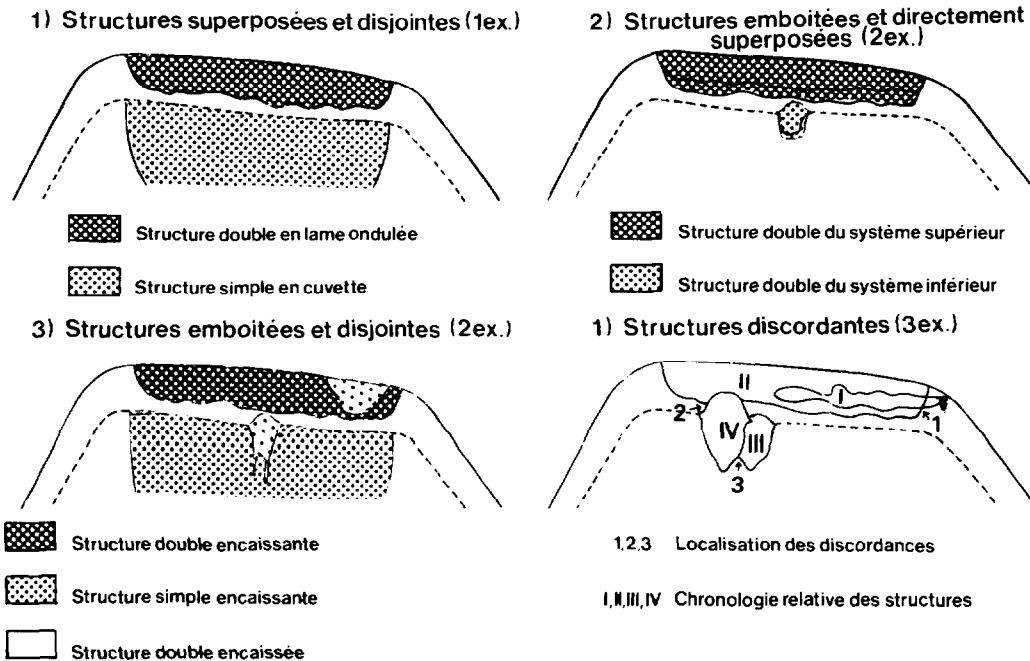


FIG. 10 — Les quatre types de relation structurale des systèmes transformants amont

Les relations structurales s'ordonnent du versant (domaine de référence) vers le plateau (domaine sommital). Dans ce même sens, il est donc normal que l'ordre d'apparition des horizons des systèmes transformants

amont corresponde généralement à un ordre chronologique de formation. Cette chronologie est résumée dans la figure 11.

L'horizon concrétionné (système transformant supérieur)

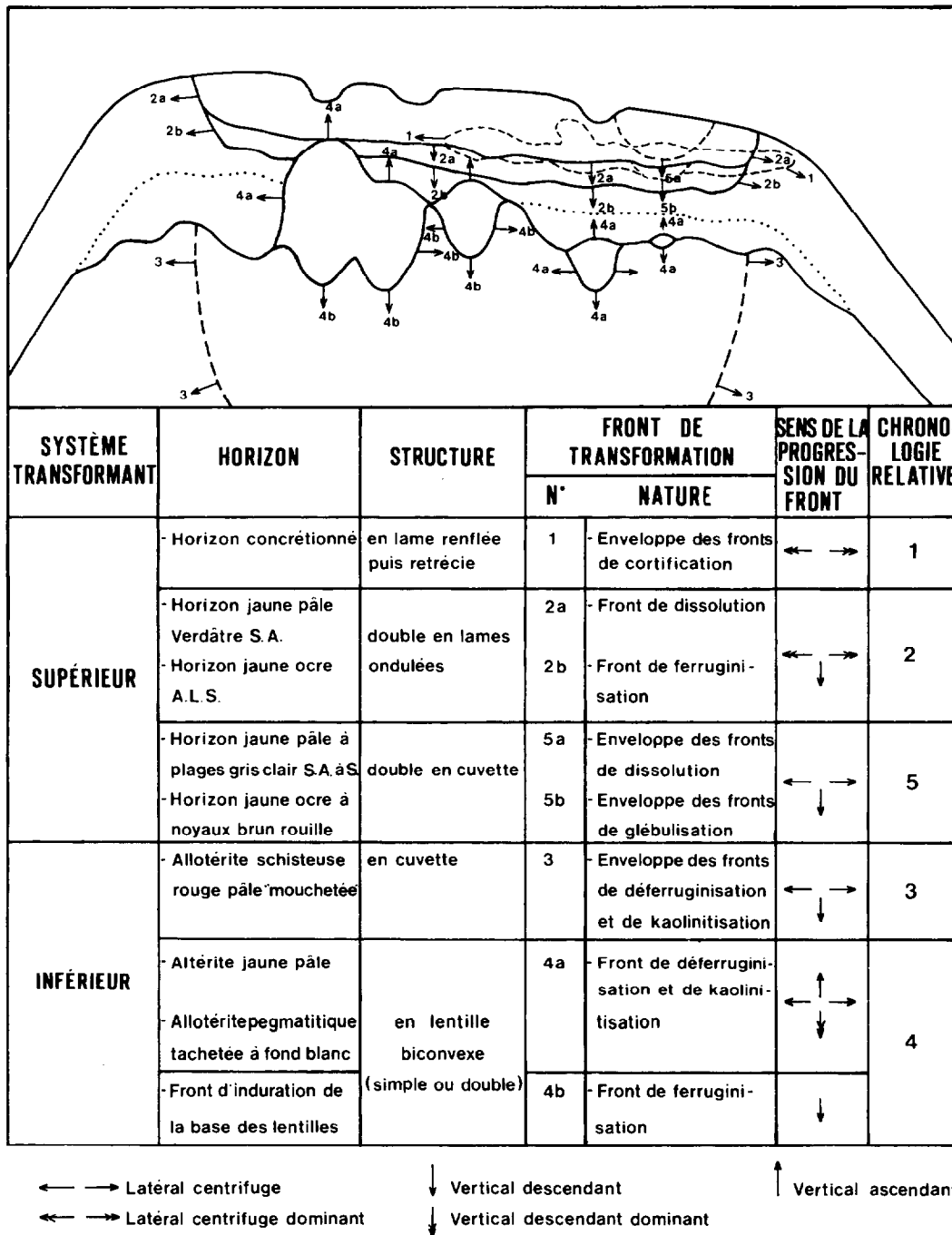


FIG. 11 — Les fronts de transformations associés aux structures et l'ordre de formation des différenciations des systèmes transformants amont

est situé dans le prolongement latéral de l'horizon nodulaire. Il présente une structure en lame alternativement renflée puis rétrécie. Classée dans un

ordre d'apparition et aussi d'individualisation, cette structure correspond à la première formation des systèmes transformants amont. Son développement

latéral centrifuge peut être représenté par une enveloppe des fronts de cortification centripète des nodules.

L'horizon jaune pâle verdâtre S.A. et l'horizon jaune ocre A.L.S. (système transformant supérieur) sont emboîtés et directement superposés. Ils délimitent une structure double en lame incurvée, ondulée qui est discordante sur la formation précédente. Postérieure à cette dernière, elle correspond à la deuxième formation des systèmes transformants amont. De haut en bas, l'extension spatiale de la base de chacun de ces horizons peut être schématisée par :

— un front de dissolution partielle de la kaolinite et de la gœthite.

— un front de ferruginisation gœthitique.

L'allotérite schisteuse rouge pâle « mouchetée » (système transformant inférieur) présente une structure en cuvette. La formation précédente lui est superposée et disjointe. Cette allotérite correspond de ce fait à la troisième formation des systèmes transformants amont. Son développement spatial peut être figuré par une enveloppe des fronts de déferruginisation et de kaolinitisation ponctuelle des muscovites.

Les altérites tachetées à fond jaune pâle (système transformant inférieur) délimitent des structures en forme de lentille biconvexe dissymétrique à sous-structure glossique. Ces lentilles, d'échelle métrique, sont latéralement répétitives. Elles sont emboîtées et disjointes dans la formation précédente et correspondent de ce fait à la quatrième formation des systèmes transformants amont. A la double convexité inversée des lentilles sont associés deux fronts :

— un front supérieur de déferruginisation et de kaolinitisation des muscovites dont la composante verticale est ascendante. Il est discordant sur l'horizon pédoturbé jaune du domaine de référence, parfois aussi sur l'horizon jaune ocre A.L.S. de la troisième formation,

— un front inférieur identique au précédent mais à composante verticale descendante, localement accrue (limite glossique). Celui-ci est parfois relayé latéralement par un front de ferruginisation en forme de cuvette percée. Ce front d'induration peut présenter une certaine composante verticale ascendante (accumulation absolue du fer dans la partie supérieure du front) par rapport au front descendant que constitue la base de la lentille.

L'absence ou la présence d'un front d'induration définit respectivement une structure simple ou double. Le développement vertical descendant de ces structures est progressif dans le premier cas. Il est momentanément stoppé et se réalise par étapes successives dans le deuxième cas (présence dans certaines lentilles, de reliques de front d'induration).

L'horizon jaune pâle à plages gris clair S.A. à S. et l'horizon jaune ocre à noyaux brun rouille (système transformant supérieur) sont emboîtés et directement

superposés. Ils délimitent une structure double en cuvette. Cette dernière est emboîtée et disjointe dans la troisième formation. A l'échelle de l'interfluve, son développement spatial limité nous laisse supposer qu'elle correspond à la cinquième et dernière formation des systèmes transformants amont. De haut en bas, l'extension spatiale de la base de chacun de ces horizons peut être schématisée par :

— une enveloppe des fronts de dissolution totale de la kaolinite et de la gœthite,

— une enveloppe des fronts de glébulisation ou d'alloitisation gœthitique.

De ces données, il ressort :

— que les structures en lame incurvée, ondulée sont les plus anciennes et inversement que les structures en cuvette ou en lentille biconvexe sont les plus récentes,

— que les structures en lame incurvée, ondulée, présentent un développement accru dans le système transformant supérieur et à l'inverse que les structures en cuvette ou en lentille biconvexe sont exclusives dans le système transformant inférieur,

— que les structures sont généralement doubles dans le système transformant supérieur, le plus souvent simples et répétitives dans le système transformant inférieur.

Nous en déduisons :

— pour le système transformant supérieur, que les structures présentent un développement vertical descendant limité. Le développement latéral centrifuge l'étant moins, nous pouvons passer, dans le temps, d'une structure en cuvette à une structure en lame incurvée, ondulée,

— pour le système transformant inférieur, que les structures ne présentent pas de limite d'extension dans les trois dimensions de l'espace. Elles sont induites par certaines formations du système transformant supérieur qu'elles finiront par détruire dans le temps.

Enfin, les structures des systèmes transformants amont sont indépendantes des structures lithologiques subverticales qu'elles recoupent latéralement. Toutefois, au-dessus de filons pegmatitiques suffisamment puissants, cette litho-indépendance est rompue. En effet, nous constatons :

— dans le système transformant supérieur, la disparition de l'horizon concrétionné. Latéralement, les concrétions ferrugineuses sont relayées par des graviers quartzeux qui délimitent un horizon souvent aminci et discontinu,

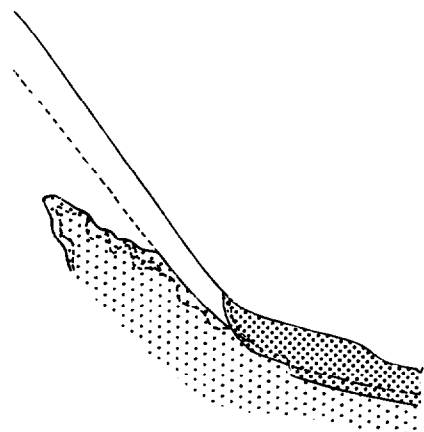
— dans le système transformant inférieur, un développement maximal des lentilles biconvexes, souvent anastomosées, entraînant l'apparition d'une allotérite pegmatitique tachetée à fond blanc dominant.

## 1.2. LES RELATIONS ET LES ÉVOLUTIONS STRUCTURALES DES SYSTÈMES TRANSFORMANTS AVAL

Les systèmes transformants supérieur et inférieur aval sont décalés et séparés dans le versant. En présentant

un développement spatial accru vers l'aval, ils entrent en contact dans le replat et le bas fond. Leurs enveloppes externes permettent de distinguer deux structures élémentaires (fig. 12). Il s'agit :

- pour le système supérieur, d'une structure en lame incurvée,
- pour le système inférieur, d'une structure en langue incurvée, ondulée.



 Structure en lame incurvée du système supérieur

 Structure en langue incurvée et ondulée du système inférieur

FIG. 12 — Les deux types de structure des systèmes transformants aval et leur relation

Les horizons de chaque système sont systématiquement emboîtés les uns dans les autres. Ils reproduisent par leur enveloppe la plus externe, la structure du système auquel ils sont apparentés. Pour chaque système, l'emboîtement structural nous permet d'établir la chronologie de la formation de ses horizons. En effet, la structure encaissante est toujours antérieure à l'individualisation et au développement de la structure encaissée. Par ailleurs, pour chaque système, le développement spatial accru de la structure la plus interne implique :

- que cette dernière correspond au stade ultime de l'évolution du système transformant,
- que les structures de chaque système sont non seulement emboîtées mais parfois jointives. C'est le cas du système inférieur. A sa périphérie, les horizons caractérisant les premiers stades de son évolution s'observent latéralement en discontinuité.

Ces structures évoluent dans l'espace et dans le temps. Leur développement spatial peut être schématisé par un front de transformation ou par une enveloppe d'un

même type de front lorsque la transformation est ponctuelle et répétitive.

Les structures en lame incurvée (système supérieur) s'individualisent à partir de la surface. Le développement spatial des fronts qui leur sont associés peut être schématisé par une composante verticale descendante qui s'accroît vers l'aval et par une composante latérale centrifuge (par rapport à l'axe des marigots). Les structures en langue incurvée ondulée (système inférieur) présentent un développement interne à la formation supergène. Par rapport aux précédentes, les fronts qui leur sont associés ont en plus une composante verticale ascendante. Nous en déduisons que :

- les deux systèmes ont une progression latérale remontante dans le versant,
- les deux systèmes se rejoignent ou se recoupent obliquement à l'aval. Lorsqu'ils se recoupent, le système supérieur est toujours discordant sur le système inférieur. La discordance résulte d'un abaissement du niveau de base local.

Cette discordance et l'extension latérale accrue du système inférieur tendent à montrer l'antériorité de ce dernier par rapport au système supérieur. De ce fait, la chronologie relative de la formation des différenciations des systèmes aval serait la suivante :

- allotérites jaunes,
- allotérites tachetées à fond blanc,
- allotérites blanches,
- horizons humifères brun jaune S.A. à plages grises et horizon pédoturbé S.A. à plages gris pâle,
- horizons humifères brun noir S. et horizon gris pâle S.

Dans un même ordre de présentation, les fronts de transformation (ou leur enveloppe) associés à ces différenciations correspondent :

- au front de goëthitisation de l'hématite,
- au front de déferruginisation partielle et de kaolinisation des muscovites,
- au front de déferruginisation totale et de kaolinisation des muscovites,
- à l'enveloppe des fronts de dissolution de la kaolinite et de la goëthite,
- au front de dissolution totale de la kaolinite et de la goëthite.

Enfin le système inférieur apparaît en discordance sur les structures lithologiques subverticales qu'il recoupe latéralement. Toutefois, ses ondulations structurales résultent d'une accentuation préférentielle et localisée de la vitesse de propagation de la composante verticale ascendante de ses fronts de transformation. Cette composante présente un développement accru au niveau des alignements lithorelictuels, discontinus, ferruginisés de l'altérite schisteuse et dans les filons pegmatitiques. Comme dans le domaine sommital, les transformations

du système inférieur sont donc influencées et guidées par les structures lithologiques subverticales.

### 1.3. LES RELATIONS ENTRE LES SYSTÈMES TRANSFORMANTS AMONT ET AVAL

Les systèmes supérieurs amont et aval présentent, respectivement dans les deux positions extrêmes du modelé, un développement spatial limité. Ils sont de ce fait toujours disjoints.

A l'inverse, le développement spatial accru des systèmes inférieurs (amont et aval) implique qu'ils entrent fréquemment en contact dans le plateau (fig.13). Dans

ce plateau, la jonction du stade ultime (allotérite blanche) de leur évolution géochimique commune s'observe à différents endroits au niveau de filons pegmatitiques suffisamment puissants. Ces fenêtres géochimiques témoignent bien du rôle déterminant des structures lithologiques sur l'extention des systèmes transformants inférieurs dans la formation supergène. Au niveau de ces filons et par leur progression verticale ascendante, ces systèmes remontent également dans la séquence verticale des différenciations du système supérieur amont qu'ils recouperent et transforment.

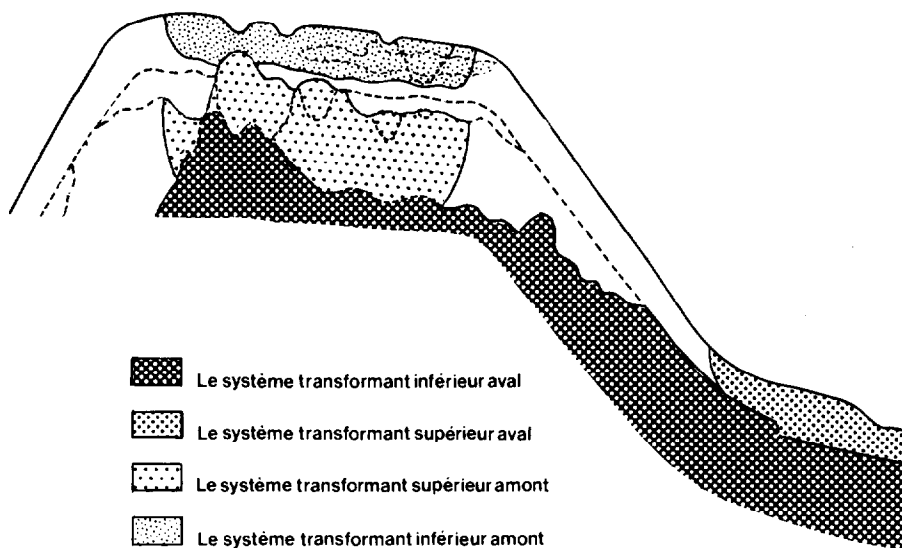


FIG. 13 — Les relations entre les systèmes transformants des domaines aval et amont

### 1.4. LES RELATIONS AVEC LE FONCTIONNEMENT HYDRIQUE ACTUEL

Les sols du domaine de référence sont bien aérés (porosité voisine de 50 %, rapport air/eau à la capacité au champ de 2/3). Verticalement, la porosité augmente légèrement dans les horizons humifères et dans l'horizon pédoturbe jaune. Elle diminue dans l'horizon nodulaire. Les variations saisonnières du stock hydrique sont peu marquées, sauf dans les horizons humifères. Dans ces derniers, la saturation est atteinte, de façon éphémère, lors des fortes averses. Ce comportement hydrique est en accord avec une faible perméabilité de surface entraînant, en pleine saison pluvieuse, un ruissellement abondant.

Par rapport à cette référence, les sols du domaine sommital présentent deux diminutions notables de la porosité :

— la première dans les horizons jaune pâle verdâtre S.A. (assemblage aggloméroplasmique) et jaune ocre

A.L.S. (assemblage porphyrosquelique). Celle-ci est accrue en présence de concrétions (porosité comprise entre 20 et 35 %),

— la seconde dans l'ensemble d'altération et plus particulièrement dans l'allotérite schisteuse rouge pâle « mouchetée » (porosité de 40 %).

Respectivement dans chacun de ces niveaux, nous constatons :

— la présence d'une nappe perchée temporaire (niveau supérieur). Son plancher coïncide avec la limite inférieure de l'horizon jaune ocre A.L.S. Son toit fluctue dans l'horizon jaune pâle verdâtre S.A.,

— des stocks hydriques proches de la saturation (niveau inférieur). Cette dernière est atteinte en saison des pluies dans l'allotérite schisteuse rouge pâle « mouchetée ». Elle est quasiment totale en toutes saisons dans les lentilles biconvexes.

Nous en déduisons que le drainage vertical est ralenti dans chaque système transformant (supérieur et

inférieur) amont. Dans le système supérieur, le ralentissement du drainage vertical permet l'installation saisonnière d'une nappe perchée. Les variations de stock hydrique (engorgement et dessèchement successifs) sont contrastées. Elles sont lentes et peu fréquentes dans l'horizon jaune ocre (variations saisonnières), plus rapides et plus nombreuses dans l'horizon jaune pâle verdâtre (variations à l'échelle de l'averse). Dans le système inférieur, la très faible aération et l'évacuation lente et peu abondante en profondeur sont propices aux engorgements. Le drainage vertical est fortement ralenti, voire même bloqué dans les lentilles biconvexes.

Ce comportement hydrodynamique est en accord avec le développement des systèmes transformants amont. La mise en charge de la nappe perchée (système supérieur) est favorable à la digitation des écoulements et à des saturations très localisées et prolongées à la base de la zone de différenciations secondaires du domaine de référence (système inférieur). Ces saturations induisent la formation et le développement des lentilles biconvexes. A la base de ces lentilles, le blocage du drainage vertical entraîne, lors des averses, une remontée du niveau saturé. Comme la différenciation qu'il engendre, ce niveau présente une forme en lentille biconvexe. Enfin, la mise en charge de ces lentilles peut induire une nouvelle digitation des écoulements (formation et développement de gosses verticales).

Par rapport aux sols du domaine de référence, ceux du domaine aval s'en différencient :

- par une nette diminution de la porosité dans les différenciations du système transformant supérieur, plus particulièrement dans l'horizon gris pâle S. (porosité de 40 %) à assemblage intertextique, et par des variations saisonnières d'humectation très contrastées,
- par des stocks hydriques proches de la saturation en toutes saisons dans les altérites du système transformant inférieur. Les saturations sont assurées par la nappe phréatique. Son magasin coïncide avec l'enveloppe externe des allotérites blanches. Les allotérites tachetées à fond blanc qui les relayent à leur périphérie et à l'amont semblent être en relation avec une zone de battement de nappe.

Ainsi, le développement en profondeur du système transformant inférieur est en accord avec l'extension de la nappe phréatique dans la zone d'altération de la formation supergène.

A la rupture de pente avec le bas de versant, les eaux de ruissellement issues des parties hautes du modelé rejoignent, en saison des pluies, les eaux de la nappe phréatique. Ce drainage superficiel et latéral serait à l'origine de la formation et du développement du système transformant supérieur.

La rencontre des deux systèmes coïncide avec la jonction des écoulements superficiels et profonds. Ces

écoulements, essentiellement latéraux, se réalisent dans un milieu ouvert propice à l'exportation des éléments dissous vers les axes de drainage des marigots.

#### 1.5. LES RELATIONS AVEC LES PARAMÈTRES EXTERNES DU MILIEU

La formation supergène caractérise un paysage forestier peu dégradé par les activités anthropiques (coupes ponctuelles par les exploitants forestiers). Dans ce paysage, le couvert forestier s'adapte aux différentes conditions du pédoclimat qu'il peut à son tour modifier. Ces relations sont manifestes sur le plateau.

Sur ce plateau, l'enracinement des arbres est superficiel et traçant. Le pivot d'ancrage est réduit. Cet enracinement est concentré dans les horizons meubles, supérieurs, les moins engorgés. Il évite la zone saturée par la nappe perchée. Cette adaptation de l'enracinement est donc postérieure aux différenciations du système transformant supérieur. Elle accroît l'instabilité des gros arbres, favorise leur chute par le vent et explique la fréquence relative des chablis.

A l'inverse, les chablis modifient à leur tour le pédoclimat et certaines structures de la formation supergène. Ces modifications s'observent à trois niveaux de profondeur : en surface, dans le système transformant supérieur, dans le système transformant inférieur.

En surface, les chablis peuvent ouvrir des cavités jusqu'à la base du système transformant supérieur. Ces cavités ou dépressions circulaires subsistent dans le temps, ce qui explique leur grand nombre. Elles collectent les eaux de ruissellement.

Dans le système transformant supérieur, le brassage du sol par les chablis donne à l'horizon concrétionné une forme alternativement renflée puis rétrécie (parfois en plis couchés) ainsi qu'une ondulation d'échelle métrique de la base du niveau remanié. Les horizons remaniés subissent ultérieurement les transformations du système supérieur, tout en conservant les ondulations structurales héritées d'actions mécaniques exercées lors des chablis.

Dans le système transformant inférieur, les lentilles biconvexes présentent une extension spatiale beaucoup plus grande lorsqu'elles sont situées à l'aplomb des dépressions circulaires de surface. Le développement accru des lentilles doit être relié à l'extension des zones de saturation permanente dans l'altérite, consécutive elle-même à la mise en charge en eau des dépressions circulaires de surface.

#### 2. Les significations minéralogiques et géochimiques

Les organisations des systèmes transformants amont et aval présentent des relations structurales qui nous ont permis d'établir l'ordre de la formation de chacune d'entre elles. De même, leur développement spatial a pu

être schématisé par des fronts de transformations. Ces fronts ont eux-mêmes une signification géochimique et minéralogique qu'il convient de préciser.

Les mêmes types de front peuvent se retrouver à différentes échelles et en différents points de la formation supergène. Cette répétitivité peut traduire :

— soit la manifestation ponctuelle et répétée d'une même différenciation par surimposition d'un caractère d'échelle centimétrique sur une organisation antérieure.

La transformation est non seulement limitée dans l'espace mais répétitive. Une structure globale peut lui être attribuée. Elle est délimitée par une enveloppe des fronts d'une seule et même transformation,

— soit différents stades d'évolution d'une seule et même transformation générale en un même lieu. Dans ce cas, une série de nouvelles différenciations et donc de structures apparaissent successivement emboîtées les unes dans les autres et en discordance sur une formation antérieure. La structure la plus interne correspond systématiquement au stade le plus évolué mais pas toujours au stade ultime de la transformation. C'est en général le cas des systèmes transformants amont. A l'inverse, le développement spatial du stade ultime peut oblitérer, voire effacer certains stades intermédiaires. Les fronts de transformation qui délimitent les structures sont non seulement emboîtés mais peuvent localement se rejoindre. C'est ce que nous observons pour les systèmes transformants aval,

— soit différents stades d'évolution d'une transformation en différents lieux de la formation supergène. Les structures complexes peuvent être disjointes (cas des systèmes transformants supérieurs de l'amont et de l'aval). A l'inverse, elles peuvent localement se rejoindre (cas des systèmes transformants inférieurs de l'amont et de l'aval).

Ainsi, il existe un nombre limité de transformations présentant la même signification géochimique et minéralogique. Nous en avons recensé trois. Leur développement spatial est schématisé par trois types de front :

- des fronts de dissolution,
- des fronts de ferruginisation,
- des fronts de déferruginisation.

A chacun de ces types de front est associé un mécanisme géochimique :

- le premier mécanisme dissout l'ensemble des minéraux de la formation supergène. L'échelle d'altérabilité de ces minéraux détermine leur vitesse de solubilisation. La dissolution est beaucoup plus rapide pour la kaolinite et les oxy-hydroxydes de fer que pour le quartz,
- le deuxième mécanisme est ferruginisant. Il dissout le quartz et la kaolinite et permet la néoformation de la goëthite alumineuse. Il garantit la stabilité des oxy-hydroxydes de fer et d'alumine,

— le troisième mécanisme est déferruginisant, il dissout les oxy-hydroxydes de fer (le plus souvent l'hématite) et permet la néoformation de la kaolinite par altération des muscovites. Il garantit la stabilité de la kaolinite et du quartz.

Le premier et troisième mécanisme sont soustractifs. Cette soustraction est soit généralisée (premier mécanisme), soit sélective (troisième mécanisme). Le deuxième mécanisme est le seul à être à la fois soustractif pour la silice et additif pour le fer et l'alumine.

Les mécanismes géochimiques produisent de ce fait une érosion chimique active qui concourt à l'abaissement du modelé à partir du sommet d'une part (systèmes transformants amont) et du bas de versant d'autre part (systèmes transformants aval). Ces mécanismes peuvent également être couplés (systèmes transformants amont) ou peuvent agir indépendamment les uns des autres (systèmes transformants aval).

Dans les systèmes transformants amont, les structures sont souvent doubles, emboîtées et directement superposées. Le mécanisme qui agit dans la structure supérieure alimente le deuxième mécanisme dans la structure inférieure. Dans le système supérieur, il s'agit respectivement du premier et second mécanisme. Dans le système inférieur, il s'agit respectivement du troisième et deuxième mécanisme. Le deuxième mécanisme n'y étant pas systématiquement présent, c'est le troisième mécanisme qui prédomine.

Dans les systèmes transformants aval, les structures sont simples. Le premier et troisième mécanisme sont les seuls à agir respectivement dans le système supérieur et le système inférieur.

Les transformations minéralogiques mises en jeu par les trois mécanismes géochimiques aboutissent respectivement :

- à des accumulations relatives de quartz dans le cadre du premier mécanisme,
- à des accumulations relatives et absolues d'oxy-hydroxydes de fer dans le cadre du deuxième mécanisme,
- à des accumulations relatives de la kaolinite dans le cadre du troisième mécanisme.

Chacune de ses accumulations (fig.14) présente une succession de gradients. Cette succession de gradients n'est que le reflet d'une série de différenciations caractérisant les différentes étapes d'une évolution géochimique. Nous l'observons à l'échelle de chaque système transformant, mais aussi d'un système transformant à l'autre. Les accumulations relatives de quartz (systèmes supérieurs) et de kaolinite (systèmes inférieurs) sont beaucoup plus fortes dans les systèmes transformants aval. Par contre les systèmes transformants amont sont les seuls à présenter également des accumulations rela-



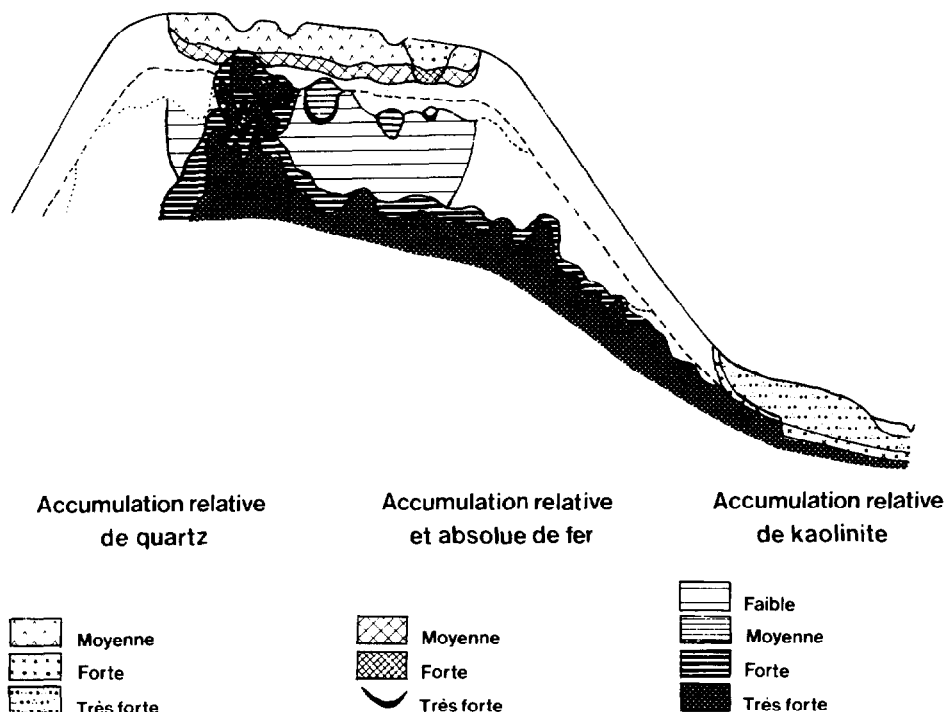


FIG. 14 — Les accumulations résiduelles de quartz de fer et de kaolinite dans les systèmes transformants de la formation supergène

tives et absolues d'oxy-hydroxydes de fer. Ces accumulations ont une extension spatiale importante dans le système supérieur, limitée et non systématique dans le système inférieur.

Les trois mécanismes géochimiques, et donc les transformations minéralogiques et les accumulations qu'ils entraînent, se réalisent dans des conditions pédoclimatiques bien distinctes. Toujours dans le même ordre de présentation, ces dernières correspondent :

— à des variations de stock hydrique très contrastées. Ces variations sont rapides et fréquentes (premier mécanisme),

— à des variations de stock hydrique moins contrastées, plus lentes et moins fréquentes (deuxième mécanisme),

— à des variations des stock hydrique quasiment nulles, les stocks étant proches de la saturation (troisième mécanisme).

Enfin, le deuxième mécanisme géochimique aboutit à des imperméabilisations par densification plasmique et/ou par glébulisation et donc à des ralentissements notables du drainage vertical. Ainsi, les évolutions géochimiques se réalisent :

— dans un milieu confirmé, propice aux engorgements successifs, pour les systèmes transformants amont.

Ce confinement est généralisé pour le système supérieur, partiel pour le système inférieur,

— dans un milieu ouvert, favorable à l'exportation par la nappe phréatique des éléments dissous, pour les systèmes transformants aval.

#### LES EXTENSIONS DES SYSTÈMES TRANSFORMANTS DANS LE DOMAINE DE RÉFÉRENCE ET LEURS RELATIONS AVEC LE MODELÉ

Par rapport aux coupes, les documents cartographiques nous permettent d'explorer la troisième dimension de l'espace et donc de délimiter en projection verticale l'extension des différents systèmes transformants dans la formation supergène. Sachant que ces systèmes se développent au détriment des organisations du domaine de référence, il est possible par déduction de localiser ces dernières. Celles-ci sont alors considérées comme des reliques provisoirement épargnées par les transformations actuelles et les plus actives de la formation supergène.

Chaque système transformant peut être caractérisé par une succession de nouvelles différenciations en horizons ou en caractères dont les significations géochimiques, minéralogiques et structurales sont déjà connues. Cette

succession se retrouve dans le document cartographique. Chaque unité cartographique correspond à une (structure simple) ou deux (structure double ou structures simples emboîtées) différenciations. Ces unités sont emboîtées les unes dans les autres. L'unité la plus interne correspond toujours au stade le plus évolué du système transformant. L'enveloppe externe de chaque unité cartographique délimite en projection verticale la position du ou des fronts (ou des enveloppes de fronts) dont la progression latérale est figurée par des flèches. Il est dès lors possible de définir pour chaque système :

- la nature et le sens de la progression d'une transformation générale,
- les différentes étapes de cette transformation et les sens de progression de chacune de ces étapes,
- le stade d'évolution de la transformation. Il faut pour cela connaître les différentes étapes de la transformation (dont le stade ultime) et leurs superficies relatives.

A chaque système transformant correspond une érosion chimique d'autant plus importante que la transformation est plus poussée. Cette érosion entraîne dans le temps un affaissement plus marqué de la surface topographique à l'aplomb de ces systèmes. Ainsi à l'échelle de la formation supergène, l'activation localisée et préférentielle de l'érosion chimique façonne les nouvelles formes du modelé. Il importe de ce fait d'étudier les relations existant entre les systèmes transformants et les différentes facettes du modelé.

Enfin, l'ensemble des documents cartographiques permet de resituer la formation supergène dans son contexte régional. La formation étudiée caractérise le stade ultime de la transformation par engorgements successifs d'une couverture ferrallitique.

### 1. Les systèmes transformants supérieurs amont et aval

Les systèmes transformants supérieurs amont et aval apparaissent disjoints sur le document cartographique (cf. fig. 15a).

Le système supérieur amont a été représenté par deux unités cartographiques qui définissent les deux premiers stades d'une évolution podzolisante. Deux types de différenciations, directement superposées (représentées en hachuré sur le document cartographique) sont toujours associés à chacune de ces unités cartographiques. Il s'agit :

- pour le premier stade de l'évolution podzolisante, de l'horizon jaune pâle verdâtre S.A. et de l'horizon jaune ocre A.L.S.,
- pour le deuxième stade de cette évolution, de l'horizon jaune pâle à plages gris pâle S.A. à S. (début d'horizon cendré) et de l'horizon jaune ocre A.L.S. à noyaux brun rouille (début d'aliôs).

Le troisième et dernier stade de cette évolution, c'est-à-dire le podzol à horizon cendré et à aliôs, n'a

pas été observé dans la formation supergène. Du premier vers le troisième stade, les mêmes types de transformations minéralogiques sont mis en jeu. Nous en déduisons que ces transformations sont de plus en plus poussées et qu'au-delà de certains seuils, elles entraînent l'apparition de nouvelles différenciations (en horizons ou en caractères). De la différenciation supérieure vers la différenciation inférieure, ces transformations sont successivement soustractives puis additives. Elles sont associées à deux mécanismes géochimiques. Le mécanisme qui agit dans la différenciation supérieure dissout progressivement l'ensemble de ses cristallites. Celui qui agit dans la différenciation inférieure est ferruginisant. La ferruginisation goëthitique est propice à la glébulisation par densification plasmique (concrétionnement et/ou aliotisation).

Les différents stades de cette évolution podzolisante sont emboîtés les uns dans les autres (le deuxième stade est emboîté dans le premier ; la zone d'extension des dépressions circulaires de surface est elle-même emboîtée dans le premier stade, elle englobe le deuxième stade). Ils présentent un développement latéral centrifuge qui est toujours limité à la zone d'extension du plateau. Ils ont atteint son rebord à l'Est (1<sup>er</sup> et 2<sup>e</sup> stade) et au Sud (1<sup>er</sup> stade). A ces deux endroits, la rupture de pente entre le plateau et le versant est mieux marquée. Sachant que le plateau est allongé et incliné suivant deux directions principales. Est-Ouest et Sud-Nord, nous en déduisons que les différenciations du système supérieur amont présentent actuellement un développement latéral remontant suivant les deux directions (cf. fig. 15a) définies par les paramètres externes du modelé. C'est l'extension de ces différenciations qui concourt à l'aplanissement du sommet et qui donne au plateau ainsi formé une forme caractéristique en « haricot ».

Dans le temps, le développement du système supérieur amont s'accompagnera d'une diminution de la déclivité du plateau dont les rebords seront de plus en plus marqués. Il résultera à la fois :

- d'une extension du premier stade de l'évolution podzolisante dans les horizons du domaine de référence. Celle-ci se stabilisera lorsqu'elle aura atteint les limites externes du plateau,
- d'une extension relative des différenciations les plus internes au système, avec comme corollaire l'apparition et le développement latéral centrifuge du podzol.

Le système supérieur aval est représenté également par deux unités cartographiques qui définissent les deux derniers stades d'une évolution lessivante. Il affecte à la fois les horizons humifères (pris au sens large) et minéraux du domaine de référence. Du premier vers le deuxième stade de cette évolution, les horizons minéraux correspondent respectivement :

- à l'horizon jaune pâle S.A. à plages gris clair,
- à l'horizon gris pâle S.

Ce système présente une analogie avec le précédent. En effet, le mécanisme géochimique et les transformations minéralogiques mis en jeu sont identiques à ceux qui agissent dans les différenciations supérieures du système précédent. Néanmoins, les stades d'évolution qu'ils traduisent étant opposés (évolution limitée pour le système amont, maximale pour le système aval), une seule différenciation (horizon jaune pâle S.A. à plages gris clair) leur est commune.

Les deux stades de cette évolution lessivante sont emboîtés l'un dans l'autre. Le développement accru du deuxième stade dans le premier témoigne bien d'une évolution ultime du système propice à une accumulation massive de quartz. Ces stades présentent un développement latéral centrifuge à partir des axes de drainage des marigots. L'extension du deuxième stade est généralement limitée à la rupture de pente entre le versant et le replat aval. À l'est de la formation supergène, les deux stades dépassent nettement cette limite vers l'amont (cf. fig.15a). À ce niveau, la rupture de pente est moins accusée et la déclivité du versant est plus faible. Comme le système qui le relaye à l'amont, celui-ci présente dans la direction Est-Ouest une progression latérale remontante dans le modelé.

Le système alluvial aval est emboîté dans le système précédent. Il lui est donc postérieur et n'est représenté que par une unité cartographique (horizon humifère noir A. à muscovites et débris végétaux). Son extension spatiale coïncide avec celle du bas fond. La rupture de pente entre ce bas fond et le replat aval limite de ce fait son développement latéral.

## 2. Les systèmes transformants inférieurs amont et aval

Par rapport aux précédents, le système transformant inférieur amont présente un développement spatial plus limité. À l'inverse, le développement spatial du système transformant inférieur aval apparaît nettement plus accentué (cf. fig.15b). Ces deux systèmes se rejoignent à l'Est de la formation supergène et entrent en contact dans le plateau. La superposition d'une différenciation sur une autre (au sein d'un système transformant ou d'un système à l'autre) est représentée en hachuré sur le document cartographique (juxtaposition alternée de deux unités cartographiques).

Les deux systèmes amont et aval présentent de nombreuses analogies aussi bien au niveau du mécanisme géochimique et des transformations minéralogiques mis en jeu qu'à celles des différenciations qui leur sont associées. Toutefois et comme pour les systèmes transformants supérieurs, les stades d'évolution qu'ils traduisent sont opposés (évolution limitée pour le système

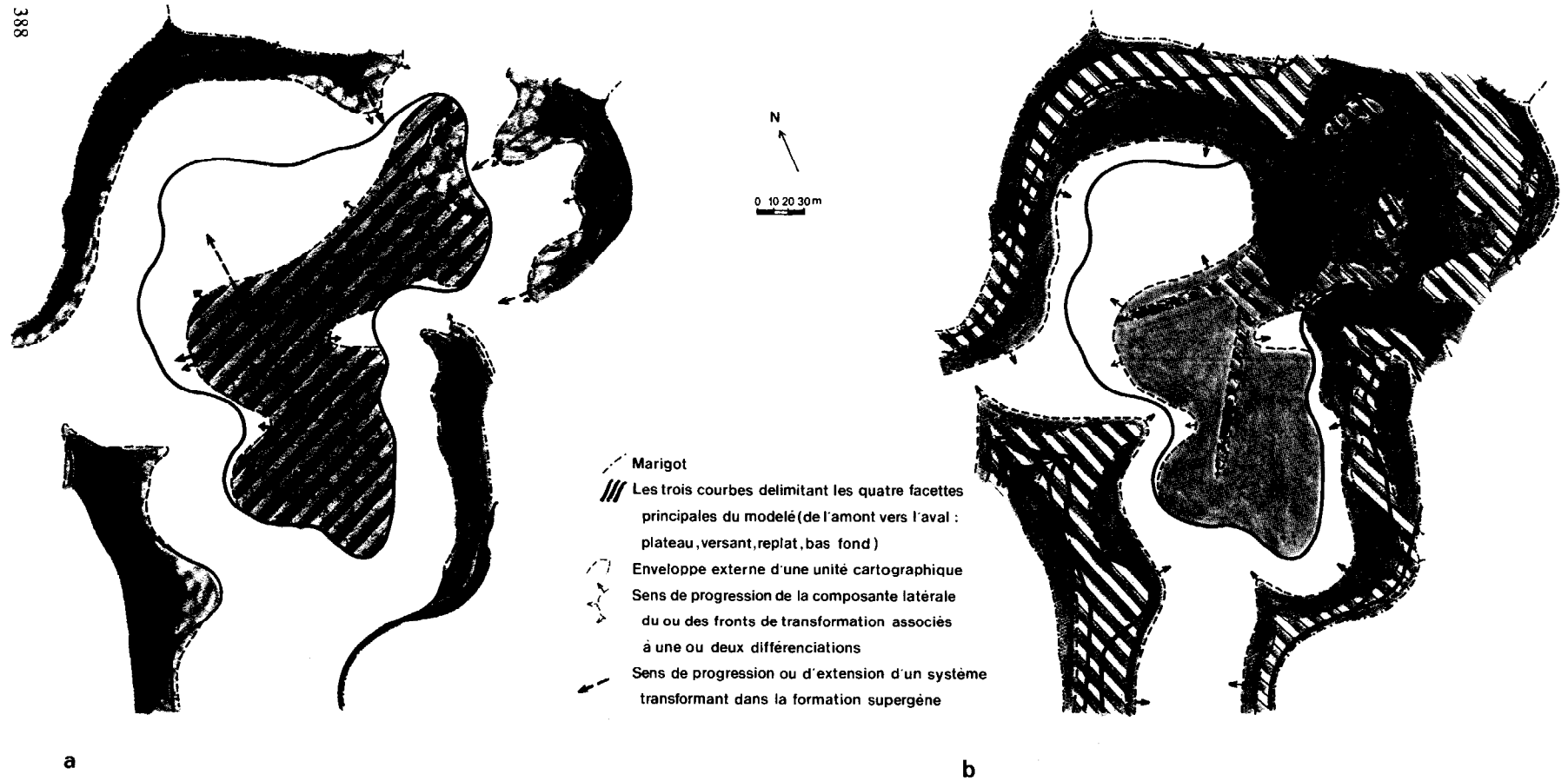
amont, maximale pour le système aval). Dans ces systèmes, le mécanisme géochimique qui agit est déferruginisant. Il permet la kaolinitisation des muscovites et aboutit, au stade ultime de l'évolution géochimique, à l'individualisation d'un gley.

Le système inférieur amont comprend deux unités cartographiques. La première unité cartographique correspond à l'allotérite schisteuse rouge pâle « mouchetée » qui contient une succession latérale de différenciations secondaires (allotérites tachetées à fond jaune pâle) en forme de lentilles biconvexes dissymétriques. Leur zone d'extension coïncide avec celle définie par le premier stade de l'évolution podzolisante (système supérieur amont). Comme ce dernier, ces altérites présentent un développement latéral centrifuge plus accentué dans les directions Est-Ouest et Sud-Nord. Toutefois, à l'est de la formation supergène, l'extension du système inférieur aval entraîne la disparition de ces altérites. La deuxième unité cartographique s'observe dans le plateau au niveau de deux filons pegmatitiques (orientés respectivement dans les directions Est-Ouest et Sud-Ouest — Nord-Est). Elle correspond à l'extension latérale centrifuge de deux lentilles biconvexes (allotérite pegmatitique tachetée à fond blanc).

Le système inférieur aval comprend deux unités cartographiques. Les différenciations qui leur sont associées sont emboîtées en discontinuité les unes dans les autres. Dans leur ordre de formation, elles correspondent :

- pour la première unité cartographique, à l'allotérite jaune pâle. Celle-ci ne s'observe qu'à l'aval des versants,
- pour la deuxième unité cartographique, à l'allotérite tachetée à fond blanc et/ou à l'allotérite blanche. L'allotérite tachetée à fond blanc relaye l'allotérite jaune pâle à l'amont des versants. Située à l'amont et à la périphérie du système inférieur aval, elle emboîte l'allotérite blanche. La prédominance dans l'espace de cette dernière par rapport aux précédentes témoigne bien d'une évolution ultime du système transformant aval.

Ce système présente un développement latéral centrifuge par rapport aux axes de drainage des marigots. Par sa progression verticale ascendante, il remonte également dans la séquence verticale des altérites puis des horizons du domaine de référence ou dans ceux des systèmes amont. Son extension spatiale est nettement plus importante à l'est de la formation supergène. Dans la direction Est-Ouest, il remonte dans le plateau et semble être guidé à l'amont par deux filons pegmatitiques (cf. fig.15b). À ce niveau, il transforme et fait disparaître une partie de l'allotérite rouge pâle « mouchetée » (système inférieur amont). L'extension du système inférieur aval entraîne dans cette même direction un affaissement général du modelé plus accentué vers l'est. L'inclinaison ainsi créée oriente, nous l'avons vu, le



SYSTÈME TRANSFORMANT SUPÉRIEUR AMONT		SYSTÈME TRANSFORMANT SUPÉRIEUR ET SYSTEME ALLUVIAL AVAL		SYSTÈME TRANSFORMANT INFÉRIEUR AMONT		SYSTÈME TRANSFORMANT INFÉRIEUR AVAL	
Unités cartograp.	Horizon jaune pâle verdâtre S.A. Horizon jaune ocre A.L.S	Unités cartographiques	Horizons humifères brun jaune S.A. à plages grises Horizon jaune pâle S.A. à plages gris clair	Unités cartographiques	Allotérite schisteuse rouge pâle "mouchetée" Allotérites tachetées à fond jaune pâle avec ou sans front	Unités cartographiques	Allotérite schisteuse ou pegmatitique jaune pâle
	Horizon jaune pâle à plages gris pâle S.A. à S. Horizon jaune ocre à noyaux brun rouille		Horizons humifères brun noirs S. Horizon gris pâle S. Horizon humifère noir A. à muscovites et débris végétaux		Allotérite schisteuse ou pegmatitique tachetée à fond blanc Allotérite schisteuse ou pegmatitique blanche		
Zone d'extension des dépressions circulaires de surface							

FIG. 15 — Représentation cartographique des différenciations des systèmes transformants, a : les systèmes transformants supérieurs ; b : les systèmes transformants inférieurs



Marigot  
 Les trois courbes délimitant les quatre facettes principales du modelé (de l'amont vers l'aval : plateau, versant, replat, bas fond)  
 Enveloppe externe d'une unité cartographique

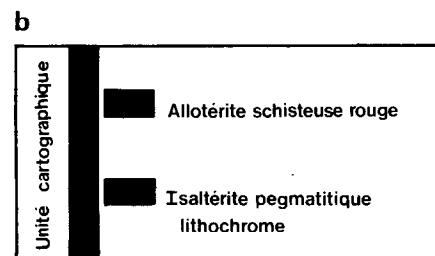
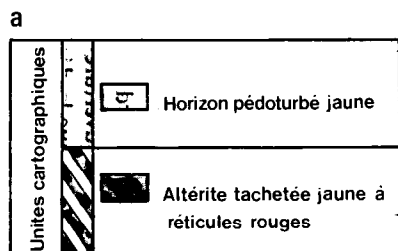
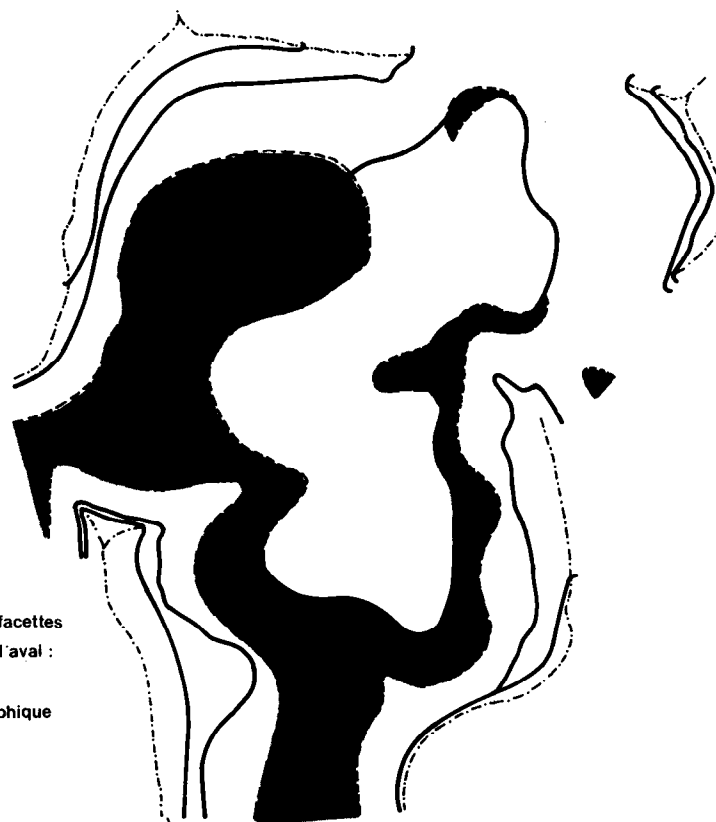


FIG. 16 — Représentation cartographique des reliques du domaine de référence, a : la zone de différenciations secondaires. b : la zone d'altération héritée de la couverture ferrallitique initiale.

développement des différenciations du système supérieur amont. Signalons enfin que les altérites contiennent beaucoup moins d'alignements lithorelictuels ferruginisés à l'est de la formation supergène. A ce niveau, le manteau d'altération devait de ce fait présenter des teneurs initiales en fer plus faibles. Ceci tend à montrer l'influence des structures lithologiques sur le développement du système inférieur aval.

### 3. Les reliques du domaine de référence

Connaissant les zones d'extension des systèmes transformants amont et aval de la formation supergène, il est possible, par déduction, de localiser les reliques du domaine de référence (cf. fig.16). Ces dernières appartiennent soit à la zone de différenciations secondaires (fig. 16a) soit à la zone d'altération héritée de la couverture ferrallitique initiale (fig. 16b).

Les systèmes supérieurs présentant un développement spatial moins important par rapport aux systèmes inférieurs, les reliques de la zone de différenciations secondaires occupent de ce fait une superficie plus grande par rapport à celles de la zone d'altération héritée de la couverture initiale. Ces dernières s'observent en auréole à la périphérie du plateau. Cette distribution résulte du développement latéral centrifuge des systèmes inférieurs par rapport aux axes de drainage des marigots d'une part (système aval) et du sommet d'autre part (système amont). L'auréole s'observe en discontinuité à l'est de la formation supergène. A ce niveau, la disparition des reliques de la zone d'altération est due à la jonction et au développement accru des systèmes inférieurs amont et aval.

## CONCLUSION

Dans un paysage forestier développé sur formations schisteuses de la partie septentrionale de la Guyane Française, les différents travaux (LIM THACH, 1977 ; HUMBEL, 1978 ; FRITSCH E., 1979 ; BOULET, 1978, 1981 ; BOULET, BRUGIERE, HUMBEL, 1979) réalisés à proximité de la zone d'étude ont permis de retracer les différentes étapes de la dégradation par engorgements successifs d'une couverture ferrallitique initiale. Cette dernière ne s'observe plus qu'à quelques endroits isolés du paysage schisteux, ce qui montre bien l'importance de la dégradation interne des formations supergènes dans le milieu étudié.

La première étape de cette dégradation est mise en évidence par une série de différenciations secondaires qui apparaît en discordance sur la séquence verticale des horizons de la couverture ferrallitique initiale. La discordance indique que la dégradation affecte de façon préférentielle certaines parties des formations supergènes.

Dans les étapes suivantes, l'extension latérale des différenciations secondaires peut affecter la totalité de la zone de différenciation et la partie supérieure de la zone d'altération de la couverture ferrallitique initiale. Elle aboutit à une nouvelle séquence verticale d'horizons et d'altérites dans laquelle une autre série de différenciations peut à nouveau apparaître en discordance. Ce schéma réitératif retrace également les différents stades d'une évolution géochimique, minéralogique et structurale régionale.

Ainsi, à n'importe quel stade de cette évolution, il est possible de différencier dans la formation supergène qui la caractérise :

- un domaine de référence dans lequel les horizons et les altérites sont toujours parallèles ou subparallèles à la surface topographique,
- un domaine transformant dans lequel une ou plusieurs séries de différenciations verticales et latérales apparaissent en discordance sur les horizons et les altérites du domaine de référence.

Les nouvelles différenciations de chaque série sont emboîtées les unes dans les autres. Elles se surimposent par transformation soit entre elles, soit aux organisations du domaine de référence. Postérieures à ces dernières, elles correspondent aux transformations les plus récentes et les plus actives de la formation supergène. Elles peuvent apparaître en différents lieux de cette formation et se développer soit à partir de la surface, soit en profondeur. Leur disjonction nous a amené à les regrouper dans différents systèmes transformants qui peuvent être soit supérieurs, soit inférieurs. L'extension spatiale de ces différenciations et de ce fait des systèmes transformants qui leur sont associés peut être schématisée par des fronts de transformations. De par leur nature et leur sens de propagation, ces fronts permettent, pour chaque système transformant, d'établir un lien entre les mécanismes géochimiques, les transformations minéralogiques mises en jeu et les évolutions structurales. Enfin, les transformations minéralogiques qui se réalisent dans la formation supergène entraînent le plus souvent des pertes de matière. Cette érosion chimique est plus active dans les systèmes transformants. Elle l'est d'autant plus que les transformations minéralogiques sont plus poussées. Dans le temps, elle entraîne un affaissement plus marqué de la surface topographique à l'aplomb de ces systèmes et donne ainsi de nouvelles formes au paysage schisteux.

La formation supergène étudiée caractérise l'un des stades ultimes de la dégradation de la couverture ferrallitique initiale. Les aspects généraux qui se dégagent de son étude ont trait plus particulièrement aux systèmes transformants.

\* *D'un point de vue méthodologique*, il est apparu nécessaire de dégager, dans la complexité des différen-

TRANSECT B

TRANSECT A

Echelle topographique

5 m  
1 m

Echelle verticale des horizons

0.5 m

DOMAINE DE RÉFÉRENCE

Zone de différenciations secondaires

horizon humifère (h.h.) brun jaune

horizon (h.) pedoturbé jaune

h. nodulaire ferrugineux

Allotérite schisteuse tachetée  
jaune à réticules rouges

Isaltérite pegmatitique tachetée  
jaune à réticules rouges

Zone d'altération héritée de la couverture initiale

Allotérite schisteuse rouge

Isaltérite pegmatitique lithochrome

DOMAINE SOMMITAL

Système transformant supérieur

h. jaune pâle verdâtre s.a.

h. jaune ocre a.l.s.

h. concrétionné  
ferrugineux

Système transformant inférieur

Altérites tachetées  
à fond jaune pâle

Front d'induration

Allotérite schisteuse  
rouge pâle mouchetée

Allotérite pegmatitique  
tachetée à fond blanc

DOMAINE AVAL

Système alluvial

h.h. noir à muscovites et débris  
végétaux

h.h. brun jaune à plages grises s.a.

h.h. brun noir s.

h. jaune pâle à plages grises s.a.

h. gris pâle s.

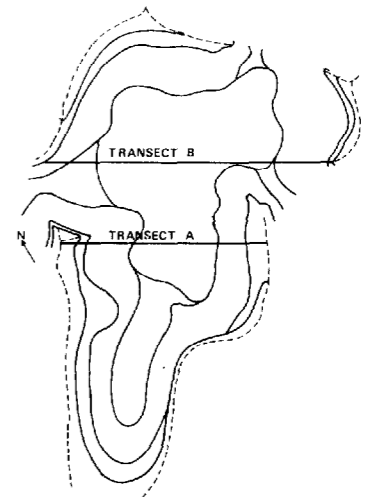
1 Allotérite schisteuse à  
alignements litho-relictuels

2 Allotérite pegmatitique

jaune pâle

tachetée à fond blanc

blanche



LOCALISATION DES TRANSECTS A et B

FIG. 17 — Inventaire et extension spatiale des organisations pédologiques

direction (Est-Ouest), tous les systèmes présentent une progression latérale remontante dans le modelé. Ce type d'évolution et de distribution des organisations internes a déjà été mis en évidence par CHAUVEL (1977) en Casamance et par BOULET (1974, 1979, 1981) en Guyane française.

\* *D'un point de vue comportemental*, les évolutions géochimiques et minéralogiques sont induites par des modifications du comportement hydrique qui donnent de nouvelles structures à la formation supergène. Ces structures accentuent à leur tour les modifications du comportement hydrique. Nous relierons à la succession ordonnée des différenciations secondaires au sein de chaque système transformant, une modification des caractéristiques hydrodynamiques. Ainsi l'emboîtement structural résulte d'une accentuation de la péjoration de la dynamique verticale de l'eau et de l'installation de conditions de plus en plus hydromorphes (engorgements successifs et répétés). Dans un milieu confiné (plateau), la polarité verticale des structures, la répétitivité de cer-

taines structures élémentaires (systèmes supérieur et inférieur) et leur extrême diversité sont en accord avec un net ralentissement des écoulements verticaux (à deux niveaux de profondeur) et le développement ponctuel et répété (dans l'espace et dans le temps) des zones de saturation. Dans un milieu ouvert (bas de versant), la polarité oblique des structures, leur emboîtement et le développement maximal de la structure la plus interne sont dus à l'action de la nappe phréatique et à son écoulement vers les axes de drainage principaux (marigots). Dans une région en déséquilibre et particulièrement complexe de par ses organisations internes, il est donc nécessaire de bien connaître les échelles et les structures dans lesquelles les écoulements internes se réalisent avant d'entreprendre une étude sur le fonctionnement hydrique. Enfin, il semble que ce soit les épisodes climatiques (annuels ou saisonniers) exceptionnels par leur abondance qui favorisent l'extension des systèmes transformants dans la formation supergène.

*Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 26 mars 1987*

## BIBLIOGRAPHIE

- AUBREVILLE, 1950. — Climat, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. Edit. Marit. Colon., Paris, 351 p.
- ALEXENDER (L.T.), CADY (J.G.), 1962. — Genesis and hardening of laterite in soils. *Soil Conserv. Serv., US Dep. Agric.*, 1282.
- ALIMEN (H.) et DEICHA (G.), 1958. — Observations pétrographiques sur les « meulière » pliocène. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, sér. 6, 8, 2 : 77-90.
- BARRUOL (J.), 1959. — Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guyane. Feuille de Kourou et notice explicative. Imprimerie Nationale, 17 p.
- BAYLY (B.), 1976. — Introduction à la pétrologie. Masson, 356 p.
- BLANCANEUX (Ph.), 1973. — Notes de pédologie guyanaise. Les Djougoung-Pété du bassin versant expérimental de la crique Grégoire (Sinnamary-Guyane Française). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* Vol. XI, n° 1 : 29-42.
- BLANCANEUX (Ph.), 1974. — Essai de synthèse pédogéomorpho et sédimento-logique de la Guyane Française. *Centre ORSTOM de Cayenne. Multigr.* 141 p.
- BLOKUIS (W.A.), SLAGERS (S.) et VAN SCHAGEN (R.H.), 1970. — Plasmic fabrics of two Sudan vertisols. *Geoderma*, Amsterdam, 4, 2 : 127-137.
- BOCQUIER (G.), 1971. — Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Thèse, ORSTOM, Paris, 364 p.
- BOCQUIER (G.), MULLER (J.P.), 1973. — Les coupes du chemin de fer transcamerounais de Belabo à Ngaoundéré. Reconnaissance pédologique. *Rapport ORSTOM*. Cameroun, cote P 196, 29 p.
- BOCQUIER (G.), 1976. — Géochimie des altérations. Synthèses et perspectives migrations et accumulations de l'aluminium et du fer. *Bull. Soc. Géol., Fr.*, (7), XVIII, 1 : 69-74.
- BOCQUIER (G.), BOULANGE (B.), ILDEFONSE (P.), NAHON (D.), MULLER (D.), 1983. — Transfers, Accumulation modes, Mineralogical transformations and complexity of historical development in Lateric profiles. *Int. Symp. Lateriting, Proc.*, 2, Sao Paulo, 9 p.
- BOCQUIER (G.), MULLER (J.P.), BOULANGE (B.), 1984. — Les Latérites : connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. Livre jubilaire du cinquantenaire de l'Association Française pour l'Etude du Sol. (A.F.E.S.) : 123-138.
- BOULANGE (B.), 1983. — Les formations bauxitiques latéritiques de Côte d'Ivoire. Les faciès, leur transformation, leur distribution et l'évolution du modelé. Thèse Université de Paris VII, 341 p.
- BOULET (R.), 1974. — Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibres dynamiques et bioclimatiques. Thèse Fac. Sci. Strasbourg, 330 p. *multigr.* (n° CNRS A0 9953).



- BOULET (R.), 1977. — Aperçu sur le milieu pédologique guyanais. Caractères originaux et conséquences sur la mise en valeur. *Rapport ORSTOM Cayenne*, cote P.150, 36 p.
- BOULET (R.), 1978. — Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique guyanais : un nouvel exemple de couvertures pédologiques en déséquilibre. *Sci. du Sol.*, n° 2 : 75-82.
- BOULET (R.), FRITSCH (E.), HUMBEL (F.X.), 1978. — Méthode d'étude et de représentation des couvertures pédologiques de Guyane Française. *Rapport ORSTOM Cayenne*, cote P 177, 24 p.
- BOULET (R.), BRUGIERE (J.M.), HUMBEL (F.X.), 1979. — Relation entre organisation des sols et dynamique de l'eau en Guyane française septentrionale. Conséquences agronomiques d'une évolution déterminée par un déséquilibre d'origine principalement tectonique. *Sci. du sol*, n° 1 : 3-18.
- BOULET (R.), 1981. — Etude pédologique des bassins versants Ecerex. Bilan de la cartographie. *Bulletin de liaison ECEREX* n° 4, *ORSTOM Cayenne* ; 4-22.
- BOURGEAT (F.), 1970. — Contribution à l'étude des sols sur socle ancien à Madagascar. Types de différenciation et interprétation chronologique au cours du quaternaire. *Thèse Sci. Strasbourg*, 310 p. et *Mém. ORSTOM*, 57, 1972, 335 p.
- BOYE (M.), 1976. — Atlas des D.O.M. — La Guyane : relief, C.E.G.T. du C.N.R.S.-ORSTOM, 1979.
- BREWER (R.), 1964. — Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley & Sons, INC. New York, London, Sydney, 470 p.
- CHATELIN, MARTIN (D.), 1972. — Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, vol.X, n° 1 : 22-43.
- CHAUVEL (A.), 1977. — Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. *ORSTOM Paris Coll. Trav. et Doc.* n° 62, 532 p.
- CHAUVEL (A), BOULET (R.), BOCQUIER (G.), 1983. — Aluminium and iron oxi-hydroxide segregation in nodules of latosols developed on tertiary sediments (Barreiras). Region of Manaus — Amazon-Brazil. IIème Int. Seminar on laterisation processus São paulo.
- CHOUBERT (B.), 1978. — Atlas des D.O.M. — La Guyane : géologie, C.E.G.T. du C.N.R.S.-ORSTOM, 1979.
- CURMI (P.), 1979. — Altération et différenciation pédologique sur granite en Bretagne. Etude d'une toposéquence. *Thèse Doc. Ing. Sci. du sol*, I.N.R.A. Rennes, 176 p.
- CURMI (P.), FAYOLLE (M.), 1980. — Caractérisation microscopique de l'altération dans une arène granitique à structure conservée. IWGSUSM, 1980, Pudoc, Wageningen, 1981.
- DEJOU (J.), GUYOT (J.), ROBERT (M.), 1977. — Evolution superficielle des roches cristallines et cristallophyliennes dans les régions tempérées. I.N.R.A., 464 p.
- DELVIGNE (J.), MARTIN (H.), 1970. — Analyse à la microsonde électronique de l'altération d'un plagioclase en kaolinite par l'intermédiaire d'une phase amorphe. *Cah. ORSTOM, Sér. Géol.*, Vol.II, n° 2 : 259-295.
- FAUCK (R.), 1971. — Contribution à l'étude des sols des régions tropicales : Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale. *Thèse Sci. Nat.*, Strasbourg. *Multigr*, 377 p.
- FAUGERES (J.C.), PAQUET (H.), MILLOT (G.), 1976. — Phénomènes diagénétiques successifs dans les grès du Zermoun (Rides Prérifaines, Maroc). Feldspathisation, kaolinitisation et épigénies carbonatées. *Sc. Géol. Bull.*, 29, 4 : 259-272, Strasbourg.
- FAYOLLE (M.), 1979. — Caractérisation analytique d'un profil d'argile à silex de l'Ouest du bassin de Paris. Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Paris VII, 181 p.
- FRANKEL et BAYLESS, 1966. — Ferruginised surface deposits from Natal and Zululand — South Africa — *Journ. Sedim. Petrol.*, 36, 1 : 193-201.
- FRITSCH (E.), 1977. — Organisation d'une toposéquence de sols sur schiste Bonidoro de Guyane Française (piste de St-Elie). Etude morphologique. *Rapport ORSTOM Cayenne*, cote P 174, 72 p.
- FRITSCH (E.), 1979. — Etude des organisations pédologiques et représentation cartographique détaillée de quatre bassins versants expérimentaux sur schiste Bonidoro de Guyane Française (piste de St-Elie). *Rapport ORSTOM Cayenne*, cote P 183, 3 p. - 4 cartes (Bassins A,C,E,F).
- FRITSCH (E), 1984. — Les transformations d'une couverture ferrallitique : Analyse minéralogique et structurale d'une toposéquence sur schistes en Guyane Française. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris VII, 138 p.
- FRITSCH (J.M.), 1981. — Ecoulement et érosion sur les bassins versants ECEREX en 1979. *Bulletin de liaison ECEREX* n° 4, *ORSTOM Cayenne* : 23-44.
- GAVAUD (M.), 1970. — Les sols du Niger méridional. *Rapport ORSTOM*, Dakar, *multigr.* 906 p.
- GOLDICH (S.S.), 1938. — A study in rock weathering. *J. Geol.*, 46 : 17-23.
- GUEHL (1981). — Dynamique de l'eau dans le sol en forêt tropicale humide Guyanaise. Influence de la couverture pédologique. *Bulletin de liaison ECEREX*, n° 4, *ORSTOM Cayenne* : 52-60.
- HUMBEL (F.X.), 1976. — L'espace poral des sols ferrallitiques du Cameroun. Caractéristique et comportement en relation avec les régimes hydriques et les bioclimats. *Trav. et Doc. de l'ORSTOM*, 306 p.
- HUMBEL (F.X.), 1978. — Relation entre : certains caractères morphologiques et la composition volumique saisonnière en air et en eau, le comportement à l'infiltration et à la filtration, la distribution verticale des racines en quelques points caractéristiques des sols de Guyane Française septentrionale. *ORSTOM Cayenne, Multigr.* 64 p.
- HUMBEL (F.X.), 1978. — Caractérisation par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement de sols de Guyane Française à dynamique de l'eau superficielle. *Sci. du sol*, n° 2, 83-94.

- JONES (H.A.), 1965. — Ferruginous oolites and pisolites. *J. Sediment. Petrol.*, 35, 4 : 838-845.
- KALOGA (B.), 1976. — Contribution à l'étude du cuirassement : Relations entre les gravillons ferrugineux et leurs matériaux d'emballage. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Vol. XIV, n° 4 : 299-319.
- KRINSLEY (D.H.) and DOORNKAM (J.C.), 1933. — Atlas of quartz and surface textures. Cambridge University Press, 91 p.
- KULBICKI (G.), MILLOT (G.), 1960. — L'évolution de la fraction argileuse des grès pétroliers cambroordoviens du Sahara Central. *Bull. Serv. Carto. Géol. Als. Lorr.*, 13 p. : 147-156.
- LACROIX (A.), 1914. — Les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés. *Nouv. Arch. Mus. Hist. Nat.*, Paris, 1913, sér. : 5, V : 255-356.
- LENEUF (N.), 1973. — Observations stéréoscopiques sur les figures de corrosion du quartz dans certaines formations superficielles. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Vol. XI, n° 1 : 43-51.
- LEPRUN (J.C.), NAHON (D.), 1973. — Cuirassements ferrugineux autochtones sur deux types de roches en Afrique de l'Ouest. *Bull. Soc. Géol., Fr.*, (7), XV, 3-4 : 356-361.
- LEPRUN (J.C.), 1979. — Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique Occidentale sèche. Genèse. Transformations. Dégradations. Thèse Sc. Nat., Strasbourg, 203 p.
- LÈVÈQUE (A.), 1975. — Pédogenèse sur le socle granito-gneissique du Togo. Différenciation des sols et remaniements superficiels. Thèse Sci. Nat., Strasbourg. *Multigr.*, 301 p.
- LÈVÈQUE (A.), 1978. — Les concentrations du fer dans les sols développés sur le socle granito-gneissique du Togo. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Vol. XVI, n° 1.
- LIM (S.K.), THACH (S.), 1977. — Etude de l'organisation et des caractéristiques physiques et chimiques de couvertures pédologiques sur schistes Bonidoro. *Rapp. de stage de 2<sup>e</sup> année. ORSTOM* Cayenne, Cote P 151, 209 p.
- MAZEAS (J.P.), 1961. — Carte géologique détaillée de la France. Département de la Guyane. Feuille d'Iracoubo et notice explicative. Imprimerie Nationale, 21 p.
- MILLOT (G.), 1964. — Géologie des argiles. *Masson Ed.*, Paris, 499 p.
- MULLER (D.), 1979. — Contribution à l'étude de la différenciation des horizons nodulaires des sols ferrallitiques congolais sur granito-gneiss. *Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris VII*, 118 p.
- MULLER (D.), BOCQUIER (G.), NAHON (D.), PAQUET (H.), 1980. — Analyse des différenciations minéralogiques et structurales d'un sol ferrallitique à horizons nodulaires du Congo. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, Vol. XVIII, n° 2 : 87-109.
- MULLER (J.P.), 1983. — Microanalyse de paragenèses successives dans des nodules ferrugineux d'un sol ferrallitique du Cameroun. *Coll. Int. CNRS, Pétrologie des altérations et des sols*, Paris, juillet 1983 (à paraître).
- NAHON (D.), 1970. — Nouvelles observations sur les faciès d'altérations anciennes au Sénégal et en Mauritanie. *Trav. Lab. Sci. Terre*, St Jérôme-Marseille, A, 2, 50 p.
- NAHON (D.), 1971. — Contribution à l'étude de la genèse des cuirasses ferrugineuses quaternaires sur grès : exemple du massif du Ndias (Sénégal Occidental). *Rapp. Dept. Géol. — Fac. Sci. Univ. Dakar*, 31 p.
- NAHON (D.), DEMOULIN (D.), 1971. — Contribution à l'étude des formations cuirassées du Sénégal Occidental (Pétrographie, morphologie et stratigraphie relative). *Rev. Géogr. phys. Géol. Dyn.*, 13, 1 : 35-54.
- NAHON (D.), 1976. — Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal Occidental et en Mauritanie. Systèmes évolutifs : Géochimie, structures, relais et coexistence. Thèse Doc. es Science, Mémoire n° 44. Univ. L. Pasteur de Strasbourg. Institut de Géologie. 232 p.
- NETTLETON (W.D.), DANIELS (R.B.) and Mc CRACKEN (R.I.), 1968. — Two North Carolina coastal plain catenas. I — Morphology and fragipan development. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32 : 577-582.
- NOVIKOFF (A.), 1974. — L'altération des roches dans le massif du Chaillu (République Populaire du Congo). Formation et évolution des argiles en zone ferrallitique. Thèse Sc. Nat. Strasbourg 1974 — CNRS n° A.O. 9409, 298 p.
- PARFENOFF (A.), POMEROL (C.), TOURENOÛ (J.), 1970. — Les minéraux en grains, méthodes d'étude et détermination. *Masson*, Paris, 578 p.
- PARRON (C.), 1975. — Contribution à l'étude des paléoaltérations de grès du crétacé supérieur du Gard (de Pont Saint-Esprit à Uzès). Conséquences stratigraphiques et paléogéographiques. Thèse, Univ. de Droit d'Economie et des Sci. d'Aix-Marseille, 103 p.
- PARRON (C.), GUENDON (J.L.), BOULANGE (B.), BOCQUIER (G.), 1983. — Evolutions minérales et microstructurales dans les bauxites du midi de la France. Mécanismes de la bauxitisation sur substrat carbonaté. Coll. ATP Géochimie et Métallogénie, 9 p.
- PEDRO (G.), 1975. — Note sur la nécessité et l'importance d'une distinction fondamentale entre type et degré d'altération. Application au problème de la définition de la ferrallitisation. *C.R. Acad. Sci. Paris*, T.280 (17 février 1975), Sér. D : 825-828.
- PREEZ (J.W.), DU, 1954. — Notes on the occurrence of oolites and pisolites in Nigerian laterites. *Cong. Géol. Int.*, 19, Alger, 1952, 21 : 163-169.
- ROBERT (M.), BARSHAD (I.), 1972. — Transformation expérimentale des micas en vermiculites ou smectites. Propriétés des smectites de transformation. *Bull. Gr. Fr. des argiles*, T. XXIV : 137-151.
- ROCHE (M.A.), 1978. — Les bassins versants expérimentaux Ecerex en Guyane Française. Etude comparative des écoulements et de l'érosion sous forêt tropicale humide. *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol.*, Vol. XV, n° 4 : 365-378.

- ROCHE (M.A.), 1982. — Comportements hydrologiques comparés et érosion de l'écosystème forestier amazonien à Ecerex, en Guyane. *Cah. ORSTOM, Sér. Hydrol.*, Vol.XIX, n° 2 : 81-105.
- RODE (A.A.), YARILOVA (Y.A.) and RASHEVSHAYA (I.M.), 1960. — Certain genetic characteristics of dark soils of large depressions. *Sov. Soil. Sci.*, Washington, 8 : 799-809.
- ROSELLO (V.), MULLER (J.P.), ILDEFONSE (Ph), BOCQUIER (G.), 1983. — Analyse de transformations structurales et minéralogiques, par altération et pédogenèse, d'une migmatite de l'Est du Cameroun. *An. de la Fac. des Sci. de Yaoundé*, Sér. IV, T.1, n° 1 : 7-34.
- ROUBAULT (M.), 1963. — Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Lamarre Poinat, Paris, 365 p.
- RUELLAN (A.), 1970. — Les sols à profil calaire différencié des plaines de la Basse Moulouya (Maroc Oriental). Thèse Sci. Nat., Strasbourg (1970) et *Mém. ORSTOM*, 54 (1971), 302 p.
- SARAZIN (G.), ILDEFONSE (Ph.), MULLER (J.P.), 1982. — Contrôle de la solubilité du fer et de l'aluminium en milieu ferrallitique. *Geochimica and Cosmochimica Acta*, 46 : 1267-1279.
- SEDDOH (F.K.), 1973. — Altération des roches cristallines du Morvan (Granites, Granophyres, Ryolites). Etude minéralogique, géochimique et micromorphologique. Paris, Doin, Thèse Sci. Nat. Dijon, 1973-CNRS n° A.O. 8651, 377 p.
- SEDDOH (F.K.), PEDRO (G.), 1974. — Caractérisation des différents stades de transformation des biotites et biotites chloritisées dans les arènes granitiques du Morvan. *Bull. Gr. Fr. Argiles*, T.26 : 107-125.
- SERSTEVENS (A.T.), ROUXHET (P.G.), HERBILLON (A.J.), 1978. — Alteration of mica surface by weather and solutions. *Clay Minerals*, 13 : 401.
- SORNEIN (J.F.), 1980. — Altération supergène de minéralisations ferrifères. Les chapeaux de fer du gisement de Sidérite de Baryte — Pyrénées Orientales et gisement de Pyrite de Saint-Bel (Rhône). Thèse Docteur Ingénieur en sciences et techniques minières, 150 p.
- SOUNGA (J.D.), 1982. — Etude des différenciations structurales, géochimiques et minéralogiques, dans une toposéquence de sols dérivés de roches ultrabasiques en Côte d'Ivoire. Thèse Spéc., Univ. Paris VII, 135 p.
- STOOPS (G.), 1974. — Optical and electro microscopy. A comparison of their principles and their use in micropedology. In G.K. Rutheford (Ed.). *Soil microscopy*, pp.101-118. Lime-stone Press, Kingston, Ontario, Canada.
- TARDY (Y.), 1969. — Géochimie des altérations. Etudes des arènes et des eaux de quelques massifs cristallins d'Europe et d'Afrique. Thèse Sci. Strasbourg, 274 p.
- VALENTIN (C.), 1981. — Organisations pelliculaires superficielles de quelques sols de régions sub-désertiques (Agadez-République du Niger). Dynamique de formation et conséquences sur l'économie en eau. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris VII, 229 p.
- VOS (N.C.), DE and VIRGO (K.J.), 1969. — Soil structure in vertisols of the blue Nile clay plains, Sudan. *J.Soil. Sci.*, Oxford, 20 : 185-206.