

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES « STONE-LINES » DANS LA RÉGION DU MOYEN-OGOOUÉ (GABON)

par J. COLLINET*

RÉSUMÉ

Une grande partie des sols ferrallitiques du bassin versant de l'Ogooué semble avoir été remaniée. L'étude des « stone-lines » résultant de remaniement a été rendue possible, dans la région du Moyen-Ogooué grâce à la présence d'importantes tranchées de route.

Il est présenté ici quelques types des « stone-lines » les plus caractéristiques de cette région.

Pour expliquer leur mise en place, dans bien des cas le schéma du « Retournement » proposé par P. SEGALEN (1967) permet de rendre compte d'un maximum de faits.

Cependant, en climat équatorial, dans une région ayant subi ou subissant encore actuellement des évolutions pédologiques et géomorphologiques particulières, il semble que d'autres processus pourraient modifier, secondairement des profils à « stone-lines » interprétables par le schéma du retournement.

D'autre part certains profils présentent une morphologie telle qu'il devient alors possible d'envisager leur entière autochtonie : leur niveau de stone-line est presque uniquement constitué d'éléments résiduels peu altérables provenant directement de la roche-mère sous-jacente.

Il est proposé, en conclusion de cette étude, une hypothèse tendant à traduire ces observations.

* Chargé de recherches stagiaire. Centre ORSTOM de Libreville (Gabon). B.P. 31-15.

Contribution to the study of the « Stone-lines » in the Middle Ogooue (Gabon).

SUMMARY

A large amount of the ferrallitic soils in the Ogooue river basin seems to have been reshaped. The study of the « stone-lines » resulting from this alteration has been made possible, in the Middle Ogooue region by large excavations for roads.

Several types of these « stone-lines » — the most typical of the region — are described here.

In many cases, the explanation of the occurrence of these stone-lines can be found in the diagram of « Retournement » by P. SEGALIN (1967) enabling the appreciation of the most important factors.

However, in an equatorial climate, in a region having undergone or still undergoing particular pedological and geomorphological evolutions, it seems that diverse processes could modify secondarily the cross-section to give « stone-lines » which may be interpreted in terms of the said diagram.

On the other hand, the morphology of certain profiles is such that it is possible to derive their entire autochthony : their stone-line level is almost uniformly made up of residual elements which are hardly deformed and come directly from the underlying original rock.

A hypothesis endeavouring to interpret these observations concludes this study.

PLAN

INTRODUCTION

1 — LE MILIEU PHYSIQUE

- 1.1 — Localisation des régions étudiées
- 1.2 — Géologie et géomorphologie des régions étudiées
 - 1.2.1 — Les terrains sédimentaires récents
 - 1.2.2 — Les formations cristallophylliennes
- 1.3 — Climatologie
 - 1.3.1 — Pluviométrie
 - 1.3.2 — Température
 - 1.3.3 — Humidité
- 1.4 — Végétation
 - 1.4.1 — La forêt
 - 1.4.2 — La savane

2 — LE REMANIEMENT DES SOLS DANS LA RÉGION DU MOYEN-OGOOUÉ

- 2.1 — Précisions sur la terminologie utilisée
- 2.2 — Caractères morphologiques et physiques des sols

- 2.2 — Caractères morphologiques et physiques des sols ferrallitiques remaniés
 - 2.2.1 — Niveau I
 - 2.2.2 — Niveau II
 - 2.2.3 — Niveau III
- 2.3 — Essai de classification et présentation de quelques profils de sol remanié de la région du Moyen-Ogooué
 - 2.3.1 — Profils à stone-line d'éléments résiduels de la roche-mère
 - 2.3.1.1 — Premier exemple : JC 5
 - 2.3.1.2 — Deuxième exemple : JC 28
 - 2.3.2 — Profils à stone-line d'éléments résiduels d'une pédogenèse antérieure
 - 2.3.2.1 — Premier exemple : JC 9
 - 2.3.2.2 — Deuxième exemple : JC 45
 - 2.3.3 — Profils à stone-line dont les éléments ont une origine alluviale : JC 48
 - 2.3.4 — Profils à stone-line mixte : JC 61
- 3 — RAPPEL DES THÉORIES EN COURS ET PROPOSITION D'UNE THÉORIE TENDANT A RENDRE COMPTE DE L'ACTUELLE MORPHOLOGIE DES FORMATIONS REMANIÉES DANS LE SECTEUR ÉTUDIÉ
 - 3.1 — Évolution en place : autochtonie
 - 3.1.1 — Hypothèse d'une différenciation en place
 - 3.1.2 — Hypothèse du recouvrement par les termites
 - 3.2 — Transports latéraux : allochtonie
 - 3.2.1 — Glissements de terrain et colluvionnement
 - 3.2.2 — Hypothèse des processus multiples
 - 3.2.3 — Hypothèse d'une inversion des matériaux : retournement
 - 3.3 — Critiques et proposition d'une hypothèse tendant à prouver l'évolution en place de certaines de ces formations
- 4 — CONCLUSION
- 5 — BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

La construction de nouvelles routes dans la région du Moyen-Ogooué révèle, sur environ 250 km, d'une façon à peu près constante, la présence, à des profondeurs variables, de lits de cailloux. La hauteur de ces tranchées de route est telle qu'elles atteignent souvent le matériau originel d'altération encore géologiquement structuré, ce qui pouvait permettre une étude continue et détaillée de ces formations.

Tant dans les pays intertropicaux qu'au Gabon, de nombreuses études ont été faites sur ce sujet et proposent différentes théories de formation ; il nous est apparu que dans les régions étudiées, certains profils « cadraient » assez mal avec les théories en cours et qu'il était possible que sous climat équatorial, dans une région caractérisée par un rajeunissement du relief, il puisse intervenir d'autres processus pouvant contribuer à la mise en place et expliquer l'actuelle configuration des lits de cailloux.

1 - LE MILIEU PHYSIQUE

1.1 - LOCALISATION DES RÉGIONS ÉTUDIÉES

256 km de routes ont été étudiées, qui se répartissent comme suit :

- 39 km de la route Ebel-Ndjole.
- 41 km de la route Ndjole-Alembe.
- 77 km de la route Alembe-Ayem.
- 99 km de la route Alembe-Lalara.

Ces routes parcourent les régions du Moyen-Ogooué (district de Ndjole) du Woleu-Ntem (district de Mitzié) de l'Ogooué-Ivindo (district de Booué).

La route Ebel-Ndjole-Alembe-Ayem suit plus ou moins étroitement le cours moyen-aval de l'Ogooué.

La route Alembe-Lalara suit un tracé parallèle à l'Okano mais le longe rarement.

1.2 - GÉOLOGIE ET GÉOMORPHOLOGIE DES RÉGIONS ÉTUDIÉES (fig. 1)

Une partie du premier axe routier (Ebel-Ndjole) traverse d'abord les dernières formations sédimentaires du bassin côtier crétacé avant le socle précambrien où se situent les autres routes.

1.21 - Les terrains sédimentaires récents

Depuis Ebel jusqu'à 26 km de Ndjole la route recoupe successivement toute une série de formations sédimentaires de plus en plus anciennes reposant sur le socle précambrien du « système de l'Ogooué ». Toutes ces formations, grossièrement monoclinales, présentent des faciès souvent continentaux et lacustres. Depuis Ebel on repère successivement :

— La série du Cocobeach inférieur (Wealdien supérieur) : la tranchée révèle souvent des bancs d'argilites finement litées, alternativement rouges et vertes, surmontées de sols très argileux (60 à 65 %).

— Les grès de Ndombo (Wealdien inférieur) qui forment une ligne de crête orientée N-S. ; il s'agit de formations gréseuses roses et jaunes supportant des sols sableux aux caractères ferrallitiques peu affirmés étant donnée la pétrographie de cette roche.

— Les marnes de Mvone (Purbeckien) affleurent ensuite et arrivent au contact du socle précambrien. Ces marnes, généralement rouge-sombre ont donné des sols brun-rouge contenant plus de 80 % d'argile, très bien structurés ils sont souvent les moins désaturés de cette zone.

Toute cette région est largement ondulée, les altitudes moyennes oscillent entre 30 et 60 m en exceptant la discrète ligne de crête des grès de Ndombo (120 à 140 m). Les rivières y décrivent de larges méan-

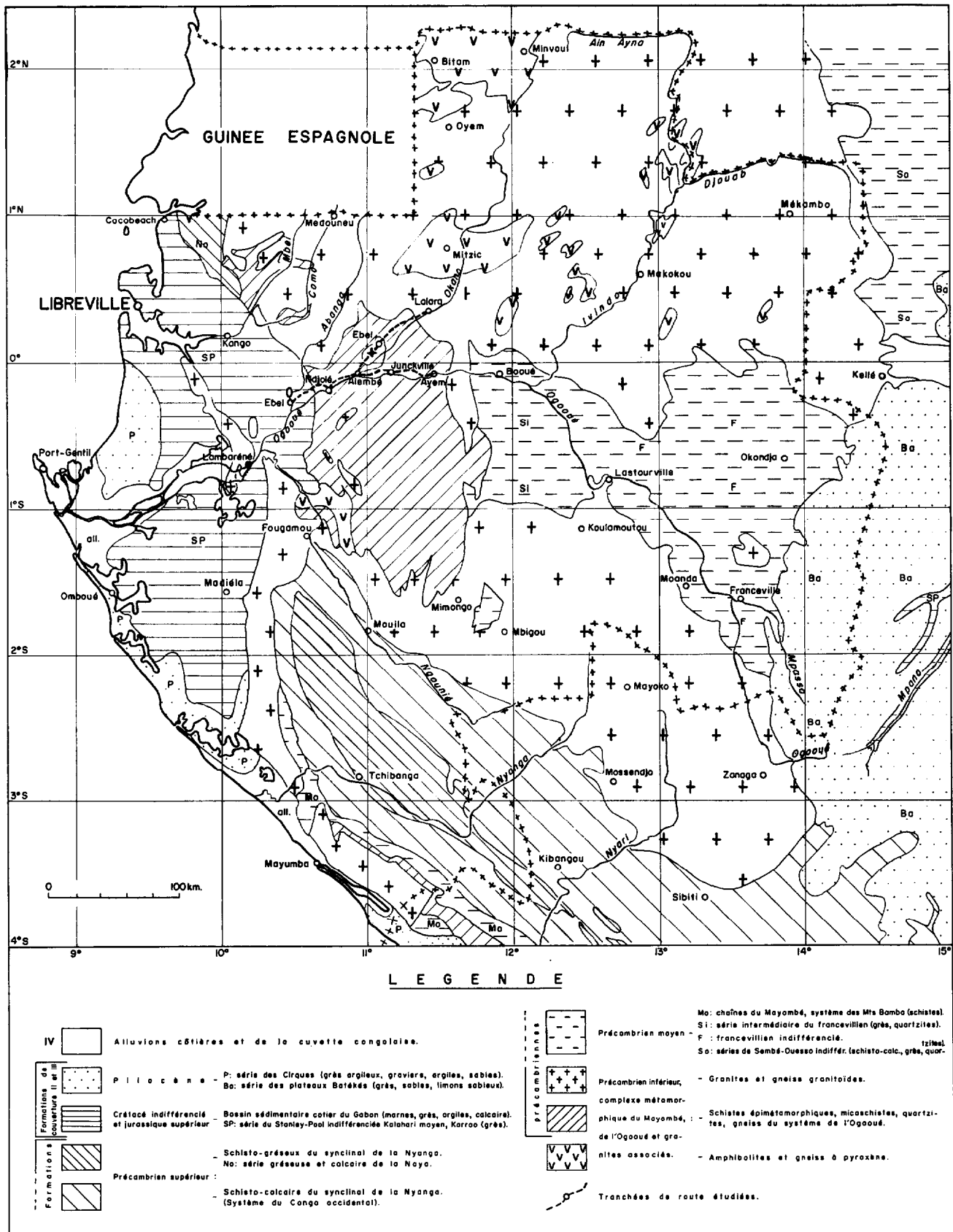


Fig. 1 — Carte de localisation des tranchées de route étudiées et Esquisse géologique du Gabon (d'après la Direction des Mines et de la Géologie de l'AEF)

dres, les bas-fonds sont souvent marécageux et caractérisés fréquemment par des sols semi-tourbeux et hydromorphes peu humifères à gley ou pseudo-gley.

Une petite rivière (La Manguéné) forme la limite entre ces formations sédimentaires crétacées et le socle précambrien.

1.22 - Les formations cristallophylliennes

Les géologues distinguent :

— un ensemble de schistes, quartzites, micaschistes à biotite ou à deux micas constituant le système de l'Ogooué qui sont repérés constamment sur les routes : rivière La Manguéné Ndjole-Alembe, Alembe-Ayem, et d'une façon discontinue sur l'axe Alembe-Lalara.

— des gneiss à nombreux passages d'amphibolites et quartzites figurant en lambeaux au sein de roches cristallines. Ces formations, cartographiées en « ectinites métasomatiques » deviennent fréquentes sur l'axe Alembe-Lalara.

D'un paysage largement ondulé qui caractérisait les formations sédimentaires on passe à une topographie beaucoup plus accidentée à chevelu hydrographique dense tout au moins sur les schistes et mica-schistes. Les altitudes atteignent 150 m à proximité de l'Ogooué mais oscillent plus fréquemment entre 200 et 300 m dans l'arrière pays. Les affleurements de quartzite se traduisent toujours dans le paysage par des crêtes beaucoup plus élevées (500 à 600 m) et dont les directions tectoniques sont ainsi facilement repérables.

Les schistes donnent un moutonnement de collines en « demi-orange » (BIROT, 1965) séparées par des petites vallées étroites, à fond plat rarement marécageux, dépourvues d'alluvions et se terminant souvent en petit « amphithéâtre » à parois verticales. La différence d'altitude entre le sommet et le talweg dépasse souvent 100 m, les mi-pentes atteignent souvent 35°, un ruissellement diffus, violent, pendant des laps de temps courts y détermine des micro reliefs en marches d'escalier. Les marigots et rivières sont également alimentés par une quantité importante d'eau percolant profondément dans le sol et faisant résurgence. Ces schistes s'altèrent en un matériau limono-argileux brun rouge souvent encore injecté de filons de quartz à peine fragmentés, ce matériau supporte d'épais sols argileux (50 à 60 %) jaune brun à jaune plus soutenu (7,5 à 10 YR 5/8) bien structurés.

Les gneiss (ectinites métasomatiques précédemment citées) donnent lieu à une morphologie sensiblement différente. Ses affleurements se repèrent dans le paysage par une topographie simplement ondulée et peut-être déprimée (absence de document topographique) par rapport aux reliefs plus accidentés des schistes. Cette morphologie est particulièrement visible sur le « môle d'Ebel », massif de gneiss à deux micas et épidote de 15 km de large et traversé sur ses 30 km de longueur par l'axe routier Alembe-Lalara ; les sols y deviennent argilo-sableux grossier parfois argilo-graveleux, toujours bien structurés et présentent souvent en profondeur une zone d'argile tachetée particulièrement nette.

Toute cette région du Moyen-Ogooué est caractérisée par un intense rajeunissement du relief ; dont l'origine peut être soit tectonique : récent abaissement du niveau de base de l'Ogooué, soit climatique : SEGALIN (1967) pense que l'« érosion chimique », plus qu'une érosion linéaire a pu s'effectuer plus efficacement que partout ailleurs du fait d'une plus longue durée du climat équatorial dans toute cette région.

1.3 - CLIMATOLOGIE

1.31 - Pluviométrie

Cette région est soumise au climat équatorial de transition ; le régime pluviométrique comporte deux maxima : mars-avril et octobre et deux minima des précipitations donnant lieu à une courte saison sèche de juin à août, mois écologiquement secs, et une « petite saison sèche » de décembre et janvier qui n'est en fait qu'une atténuation des précipitations puisque pendant cette période l'indice pluviométrique reste ≥ 100 mm.

Il s'agit cependant d'une zone particulière où la moyenne annuelle des précipitations est une des plus faibles du Gabon : 1 500 mm.

Exemple : station de Ndjole +47 m - 00°12'S - 10°45'E, moyennes pluviométriques établies sur 10 ans avec R = hauteur moyenne mensuelle des pluies en millimètres et N = nombres moyens maxima et minima de jours de pluie par mois.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
R	96	121	193	192	128	31	2	3	50	279	269	136	1 503
N	6/5	6/5	11/2	9/8	7/3	3/4	3/1	2/1	6/1	15/7	14/2	8/3	

1.32 - Température

- moyenne annuelle : 26 °C.
- maximale moyenne annuelle : 30 à 31 °C (avril).
- minimale moyenne annuelle : 20 à 21 °C (juillet).

1.33 - Humidité

Les valeurs de l'humidité caractérisant tout le Gabon restent applicables à ce secteur : 90 % (pouvant même atteindre 98 %) la nuit et 75 % le jour, cette humidité pourrait descendre à 40 % pendant les heures les plus chaudes de la journée dans les savanes qui sont fréquentes dans le secteur étudié.

L'intensité et le régime des précipitations, la température élevée expliquent la profonde altération des roches et l'évolution ferrallitique du matériau qui en résulte. Pendant 9 mois de l'année les précipitations sont largement en excédent sur les évaporations ; il est probable qu'en fin de saison sèche (août), les réserves en eau du sol s'amenuisent, l'évaporation réelle est limitée par rapport à l'évapotranspiration potentielle (1) ces réserves se reconstituent d'ailleurs rapidement dès le mois de septembre.

L'évocation des paléoclimats tertiaires et quaternaires de l'Afrique centrale serait des plus intéressante et contribuerait peut-être à étayer les hypothèses concernant la genèse des stone-lines qui supposent

(1) Les formules climatiques peuvent seulement être établies pour la station météorologique de Lambaréné (+ 82 m — 00° 43'S—10°13'E) mieux équipée et dont les relevés sont surtout plus complets.

des phases d'aplanissement du relief en climat tropical. Les aires climatiques ne sont pas immuables et ont suivi les vicissitudes de l'équateur. Les données paléoclimatiques sont souvent contradictoires quant à la répartition et l'extension des zones de part et d'autre de l'équateur mais il semblerait que ces régions n'ont pas toujours été soumises à un régime équatorial.

Actuellement les grands glacis en voie de cuirassement sont situés en zone tropicale ; au vu des fragments de cuirasse constituant souvent les niveaux d'éléments grossiers du secteur étudié, il est raisonnable d'envisager la possibilité d'une extension passée de cette zone tropicale dans toute cette région du Moyen-Ogooué. Ces reliquats de glacis, témoins de climats à longue saison sèche, sont rares ou inexistantes ici mais sont encore visibles au Congo et au Cameroun.

1.4 - VÉGÉTATION

La plus grande partie du secteur étudié est couverte par la forêt équatoriale mais est souvent interrompue par quelques zones de savane.

1.41 - La forêt

Il s'agit bien souvent d'une ancienne forêt secondaire ce qui implique une végétation dense, sempervirente de grands arbres, à sous-bois peu touffu. Dans les zones où l'action humaine a été la plus récente il a pu s'installer une jeune forêt secondaire caractérisée par un fouillis de lianes, herbes, fougères, bois tendres et quelques grands arbres résiduels de l'ancienne formation.

L'érosion des sols sous forêt doit exister mais reste faible, sa manifestation la plus visible est la création des microreliefs en marches d'escalier parallèles aux courbes de niveau, généralement au 1/3 inférieur de chaque unité de modelé là où la pente est la plus forte. Il doit y avoir par altération de la roche-mère et constitution du matériau originel une certaine compensation : malgré les éléments fins sans cesse entraînés sur les premiers centimètres des sols (appauvrissement) le profil du versant reste à peu près identique à lui même.

1.42 - La savane

Les premières taches de savane apparaissent sur l'axe Alembe-Ayem à partir du PK 20 et seront fréquentes en vastes zones dans les forêts jusqu'à Ayem. Plutôt que de savanes il s'agit de steppes herbueses à *Hypparenia* et *Pobeguinea*, la strate arbustive à *Hymenocardia* et *Sarcocephalus* est surtout représentée en lisière de la grande forêt, celle-ci est très découpée on la retrouve en galeries dans les fonds de talweg ou au sommet des plus hauts reliefs.

Il semble qu'il faille rechercher leur origine dans une action humaine (région en bordure de fleuve jadis très peuplée).

AUBREVILLE (1962) qualifie de « formations écologiquement aberrantes » ces aires savanisées à climat forestier. Il pense que l'« explication anthropique est partiellement valable » mais suppose également que ces savanes sont des reliquats de végétation des zones semi-arides qui couvraient ces régions il y a quelque 10 000 à 20 000 ans lors de la « phase de dessiccation » accompagnant la descente en latitude de l'équateur géographique (migration sud de 12° 5).

La bande équatoriale de forêt dense humide serait ensuite remontée à la suite d'un nouveau déplacement du pôle jusqu'à sa position actuelle mais la « reconquête » des aires savanisées par la forêt ne serait pas encore terminée. Pour l'auteur ce décalage des zones climatiques est une conséquence du « déplacement réel ou relatif des pôles au IV » qui aurait également eu pour conséquence une ultime glaciation européenne.

L'érosion en savane est beaucoup plus nette, il peut ainsi se constituer d'importants « gradins » ramenant en surface par le creep un lit de cailloux provenant soit des filons de quartz de la roche-mère, soit d'un niveau de stone-line préexistant ; à d'autres endroits des manifestations plus brutales du colluvionnement ont amené une interstratification d'éléments grossiers.

2 - LE REMANIEMENT DES SOLS DANS LA RÉGION DU MOYEN-OGOOUÉ

2.1 - PRÉCISION SUR LA TERMINOLOGIE UTILISÉE

L'étude des sols remaniés a obligé ceux qui se sont intéressés à la question à utiliser une terminologie plus ou moins bien adaptée au sujet traité mais qui a été souvent consacrée par l'usage.

L'expression « niveau de stone-line » désigne la zone où l'on observe dans le profil l'accumulation brutale d'éléments grossiers, nous parlerons de « niveau de couverture » pour désigner les matériaux meubles très souvent superposés au niveau de stone-line ; pour éviter des répétitions ces différents niveaux sont affectés des chiffres :

- I — pour désigner le niveau de couverture.
- II — pour désigner le niveau de stone-line.
- III — pour désigner le matériau sous-jacent au niveau II.

Ces différents niveaux seront souvent subdivisés en a, b, etc., pour rendre compte de variations internes d'ordre pétrographique et morphologique. Pour désigner certaines figurations du niveau II nous reprenons les termes employés par MARCHESSEAU (1965) et LAPORTE (1962) (exemple : ondulation, involutions, poches).

Graviers, cailloux, blocs sont à prendre au sens granulométrique ; il pourra tout aussi bien s'agir de fragment d'éléments quartzeux que d'éléments ferrugineux.

2.2 - CARACTÈRES MORPHOLOGIQUES ET PHYSIQUES DES SOLS FERRALLITIQUES REMANIÉS

2.21 - Niveau I

Matériau meuble d'épaisseur très variable, il peut manquer totalement, être réduit à l'état de lambeaux ou atteindre des épaisseurs considérables (8 à 10 m) lorsqu'interviendrait des colluvionnements,

il semble donc peu possible d'en fixer une valeur moyenne. Ce matériau est souvent de teinte jaune parfois plus rouge selon la nature de la roche-mère (valeurs fréquentes 10 à 7,5 YR 5/8).

Les profils sur schistes constituant la majorité du secteur sont argileux (50 à 60 %), ils peuvent devenir argilo-sableux par contamination alluviale ou argilo-sableux grossier à argilo-graveleux sur les gneiss.

Il contient peu d'éléments grossiers mais leur taux augmente légèrement (1 à 5 %) et progressivement vers le niveau II. Il s'agit souvent de graviers de quartz, gravillons ferrugineux ronds très indurés avec ou sans cuticule noire brillante, petites concrétions, pseudo-concrétions. Les cailloux, et beaucoup plus rarement les blocs, sont également représentés mais n'atteignent en aucun cas la fréquence caractéristique du niveau II, ce sont donc des éléments résiduels de la roche-mère (quartz) ou d'une pédogenèse antérieure (fragments de cuirasse), les éléments encore altérables sont rares, ils présentent tous les stades d'usure depuis le galet jusqu'au caillou resté anguleux mais aux angles rarement vifs, ils peuvent être plus ou moins ferruginisés, picotés, selon les profils ou selon leur profondeur à l'intérieur de ce niveau.

Ce matériau est généralement bien structuré avec une surstructure prismatique artificielle sur les tranchées.

La limite entre le niveau I et le niveau II est souvent brutale mais peut également donner lieu à un « niveau de transition » où le taux d'éléments grossiers s'accroît brusquement (10 à 15 %) mais n'est en aucun cas comparable à celui qui atteindra le niveau II.

2.22 - Niveau II

« Niveau de stone-line » caractérisé par une accumulation brutale d'éléments grossiers de granulométrie, pétrographie variables. Il s'agit souvent d'éléments centimétriques résiduels d'une roche-mère ou d'une pédogenèse antérieure.

Son épaisseur est variable, il peut être sporadique, continu et ne faire que quelques centimètres d'épaisseur ou atteindre une puissance de quelques mètres.

Ce niveau est grossièrement adapté à la topographie, sa trace sur la tranchée est rarement rectiligne, celui-ci décrit des ondulations de plus ou moins grande amplitude et parfois des poches plongeant le niveau sous-jacent, il peut s'interrompre et donner l'impression d'avoir été étiré. Ses deux limites sont rarement parallèles, il subit en effet souvent des épaissements et rétrécissements généralement en relation avec les « accidents » cités précédemment. Ceux-ci sont d'ailleurs plus importants et plus fréquents sur les schistes précambriens où l'altération s'effectue sur des extrémités redressées de roches bien souvent hétérogènes alors que les bancs des formations sédimentaires s'altèrent par tranches plus ou moins horizontales et homogènes.

Le taux des éléments grossiers qui le constitue est très élevé (60 à 90 %) ; ceux-ci sont, à quelques exceptions près, très jointifs. Il s'agit souvent d'un mélange de toute granulométrie et pétrographie, dans d'autres cas nous avons pu subdiviser ce niveau en a, b, etc., rendant ainsi compte d'une hétérogénéité verticale soit granulométrique, soit pétrographique ou des deux à la fois.

Dans la majorité des cas, il s'agit d'éléments résiduels de la roche-mère et (ou) d'éléments résiduels d'une pédogenèse antérieure, donc d'éléments qui ne sont plus rapidement altérables ; leur étude sera plus détaillée lors des descriptions des profils types, nous nous limiterons donc à signaler que ce sont surtout des cailloux de quartz, quartzites, des gravillons, concrétions, fragments plus importants de cuirasse, débris de roche-mère ferruginisés. Ces éléments, surtout le quartz, sont plus ou moins usés, depuis d'authentiques galets jusqu'aux cailloux anguleux ayant gardé le débit parallélépipédique du quartz filonien mais dont les arêtes sont rarement vives. Les quartz sont plus ou moins frais : blanc opaque, peu craquelés ou alors poudreux, friables et plus ou moins abondamment ferruginisés soit en enduit soit dans la masse fissurée du caillou.

Ces éléments grossiers sont emballés dans un matériau argileux à argilo-graveleux présentant souvent de grandes analogies de teinte et texture avec celui du niveau I mais pouvant aussi rappeler en profondeur le niveau III.

Alors que la limite supérieure est souvent tranchée, la limite inférieure est plus diffuse et se repère par exemple, par une diminution plus progressive du taux des éléments grossiers en fonction de la profondeur.

2.23 - Niveau III

Il s'agit souvent du matériau originel (horizon C) mais ce n'est pas une règle absolue :

— lorsqu'il s'agit néanmoins du matériau originel, celui-ci pourra ou non présenter la structure géologique de la roche-mère (litage des minéraux, schistosité, feuilletage). Celui-ci est souvent argilo-limoneux, argilo-sableux fin et même limono-argileux ; les seuls éléments grossiers que nous y trouvons sont ceux qui étaient primitivement contenus dans la roche-mère : filons de quartz fragmentés mais à peine disloqués dans les profils sur schistes, éléments apparus lors des processus d'altération de cette roche-mère, par exemple des concrétions ferrugineuses rondes à cuticule noire brillante à aspect de gravillons provenant de la transformation de minéraux primaires déjà très ferrugineux (pyrite, oligiste, magnétite).

— le niveau III peut encore appartenir à l'horizon de concentration des sesquioxydes qui constituait déjà le niveau I et présentera donc avec celui-ci de sérieuses analogies.

— enfin sur les marnes, argilites sédimentaires et sur bien des gneiss il est fréquent de trouver comme niveau III un horizon d'argiles tachetées.

Comme nous venons de le voir ces trois niveaux correspondent rarement aux horizons pédologiques, c'est ainsi que l'on peut également trouver l'horizon d'argiles tachetées dès la base du niveau I.

Il n'a été donné dans ces définitions que les caractères qui permettent de rendre compte du plus grand nombre de cas possibles ; il n'existe pas, tout au moins dans le secteur étudié, un « orthotype » de profil de sol remanié mais des convergences de forme entre toute une série de cas particuliers que nous avons cependant tenté de regrouper en catégories.

2.3 - ESSAI DE CLASSIFICATION ET PRÉSENTATION DE QUELQUES PROFILS DE SOL REMANIÉ DE LA RÉGION DU MOYEN-OGOOUÉ

Tout au long des 250 km de route il a été possible de sélectionner un certain nombre de profils qui furent ensuite classés soit parce qu'ils étaient suffisamment représentatifs d'un grand nombre de cas, soit parce qu'ils présentaient des caractères particuliers permettant d'élucider le ou les processus ayant abouti à leur mise en place. Plutôt qu'une classification génétique il était préférable d'utiliser des critères morphologiques, ceci afin d'éviter autant que possible les descriptions orientées. Il est néanmoins cité ou proposé en conclusion de ces descriptions des hypothèses de formation paraissant rendre le mieux compte de l'actuelle morphologie des profils étudiés.

Il a été ainsi distingué :

a - *Profils à stone-line d'éléments résiduels de la roche-mère* : le niveau II y est souvent constitué de quartz filonien primitivement inclus dans la roche-mère.

b - *Profils à stone-line d'éléments résiduels d'une pédogenèse antérieure* : il se trouve alors surtout dans le niveau II des fragments de cuirasse, gravillons ferrugineux, concrétions ferrugineuses et débris de roches-mères ferruginisées.

c - *Profils à stone-line dont les éléments ont une origine alluviale* : il faut entendre par là ceux dont le niveau II comporte une majorité d'éléments quartzeux ayant manifestement subi une usure souvent importante par les eaux courantes.

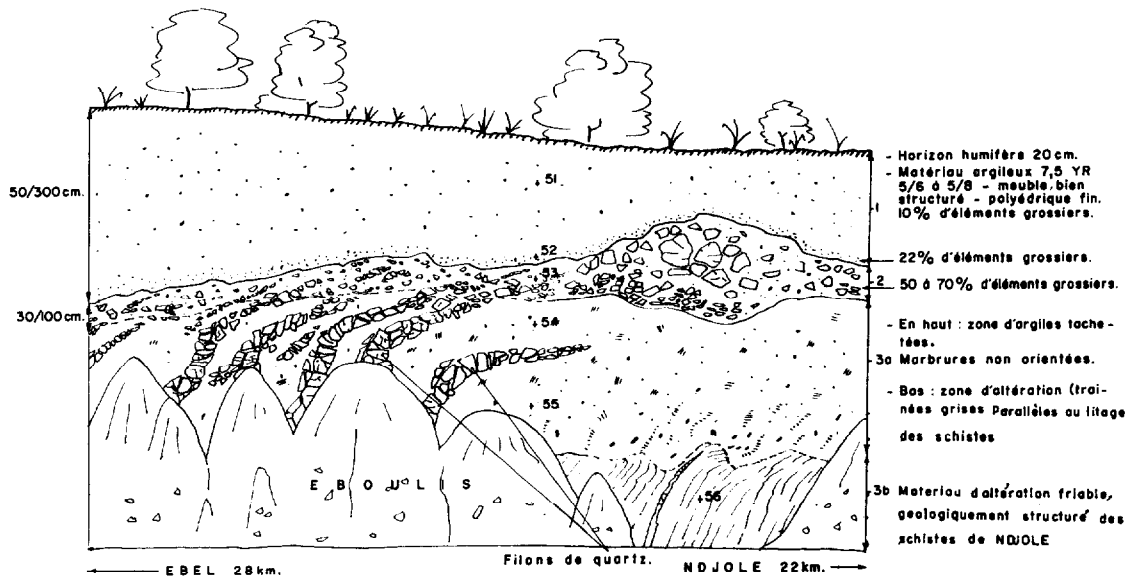
d - *Profils à stone-line mixte* : rares (deux sur 250 km de route) mais permettent de rendre compte de la possibilité de colluvionnement d'éléments d'une stone-line de type a — sur un niveau de stone-line de type c.

Il faut également mentionner les cas particuliers de profils présentant une morphologie telle qu'il est nécessaire, pour les interpréter, de faire appel à plusieurs processus ; il ne s'agit pas d'exceptions, ils sont aussi largement représentés que ceux appartenant aux quatre autres catégories.

2.31 - Profils à stone-line d'éléments résiduels de la roche-mère

2.3.1.1 - PREMIER EXEMPLE (fig. 2).

Profil observé au 1/3 supérieur d'un versant, « moutonnement » de petites collines dont l'altitude moyenne avoisine les 200 m. Forêt secondaire ancienne mais souvent éclairée en bordure de route. Le maté-



- 2 - A gauche : limite inférieure peu nette car les filons de quartz viennent se "raccorder" et se "débiter" dans la STONE-LINE où les cailloux et blocs restent d'ailleurs ± alignés obliquement.
- A droite : éléments grossiers mal classés.

Fig. 2 — Coupe du JC 5 - PK 28 route Ebel-Ndjolé altitude 165 m

riau d'altération géologiquement structuré des schistes de Ndjole laisse supposer une roche-mère très plissotée, en bancs redressés et fortement injectés de gros filons de quartz.

Niveau I

La tranchée de route atteint 500 cm à l'endroit du profil dont 80 à 100 cm de matériau meuble « de couverture » mais cette épaisseur est très irrégulière et peut varier entre 50 et 300 cm sur les 150 m de tranchée observée.

Sous un mince horizon humifère se trouve un horizon B de teinte jaune homogène, 7,5 YR 5/8, argileux, le refus du tamis 2 mm fournit 10 % d'éléments grossiers dont :

- 60 % de graviers de quartz frais ou légèrement jaunés, exclusivement anguleux et assez bien classés 2 à 3 mm.
- 40 % de graviers et plaquettes de schistes ferruginisés de diamètre identique, brun rougeâtre. On trouve également quelques petits cubes de pyrite altérée et entièrement ferruginisée.

Le passage au niveau II, se fait par un niveau de transition de 5 cm d'épaisseur et contenant 28 % d'éléments grossiers se répartissant comme suit :

- 80 % de graviers de quartz toujours frais et anguleux mais de diamètre légèrement plus important : 3 à 5 mm, certains encore accolés à une lamelle de schiste ferruginisé.
- 20 % de petites plaquettes de schistes très ferruginisés. Transition avec le niveau II brutale.

Niveau II

La stone-line d'épaisseur très inégale, décrit de larges ondulations, subit des épaisissements et retrécissements importants ; la limite supérieure fait quelques involutions de faible amplitude et longueur d'onde. La limite inférieure est nette dans certains cas (à droite sur le schéma) ou plus diffuse, notamment dans la zone où de gros filons de quartz viennent se raccorder ou se débiter dans la stone-line, les éléments de quartz filonien issus de la fragmentation des filons restent bien souvent alignés jusqu'à la limite supérieure de la stone-line. Cette disposition déjà signalée par LAPORTE (1962) est rare dans ce secteur, la plupart du temps les filons enracinés se disloquent en cailloux et blocs au sommet du niveau III ou en limite des niveaux II et III.

Ce niveau est donc constitué de 50 à 70 % d'éléments grossiers répartis comme suit :

- 80 % de graviers, cailloux, blocs de quartz filonien généralement mal classés, mais le 1/3 inférieur de ce niveau est surtout constitué de graviers et cailloux à débit lamellaire pouvant passer pour d'anciens blocs écrasés et « laminés » à cause du « creep » affectant les horizons et niveaux sus-jacents.
- 20 % d'éléments ferruginisés à granulométrie de graviers et cailloux, brun-rouge en masse, gréseux assez fragiles ; il pourrait s'agir de fragments de « panneaux » plus riches en minéraux ferromagnésiens interstratifiés dans les schistes.

Tous ces éléments sont emballés dans un matériau argileux identique à celui du niveau I.

Niveau III

On passe ensuite à un horizon d'argile tachetée dont la présence est constante tout au long de la tranchée étudiée.

La teinte générale est jaune rouge, 5 à 7,5 YR 5/8, et présente des marbrures discrètes rouge sombre et grises déjà nettes à quelques 20 cm sous le niveau II. Vers 200 cm des traînées parallèles au litage des

schistes et alternativement rouges et plus jaunes, 2,5 Y 7/4, deviennent plus nettes. Vers 300 cm apparaissent de larges plages gris-violacé que l'on peut déjà attribuer à la roche-mère altérée car la structure feuilletée des schistes y est conservée. Vers 380 cm après une limite nette on trouve uniquement le matériau d'altération encore géologiquement structuré en feuillets grisâtres.

L'horizon d'argile tachetée (III a) possède une texture argileuse devenant plus finement sableuse à limoneuse en profondeur. 50 cm sous le niveau II le refus du taux fournit 3,5 % d'éléments grossiers, 150 cm sous le niveau II : 2,8 % d'éléments grossiers se répartissant en :

- 50 % de fragments de roche-mère fortement ferruginisés et de nombreux minéraux primaires ayant souvent gardé leurs caractères minéralogiques (faces de troncature planes).
- 50 % de graviers de quartz anguleux, 2 à 3 mm de diamètre, dont une grande partie de grains blanc opaque fortement cariés, à consistance poudreuse.

Les filons de quartz, représentés à gauche sur le schéma commencent à s'incurver, à contre-pente, vers 100 cm sous la limite inférieure du niveau II, ils s'y débitent en cailloux et blocs jointifs encore engrenés les uns dans les autres.

Ce niveau III est plus compact que le niveau I, plus largement structuré et polyédrique moyen à surstructures prismatiques secondaires délimitées par les fentes de dessiccation verticales d'un matériau argileux exposé à l'air.

Analyse granulométrique

ECH.	Niveau	E.G. %	Terre fine %					H ₂ O
			A	LF	LG	SF	SG	
JC 51	I (60)	10,0	53,7	16,2	6,9	10,4	7,4	4,9
52	I (100)	28,0	52,7	15,8	6,2	9,3	7,8	6,2
53	II (120)	60,0	43,1	10,8	4,8	10,2	27,0	3,3
54	III (200)	2,8	51,3	22,4	4,4	9,1	6,3	6,0

Conclusion

L'analyse mécanique de la terre fine révèle une nette identité des trois niveaux, il faut peut-être voir dans l'augmentation du taux de sables grossiers du niveau II le résultat de la pulvérisation de certains graviers très craquelés et fragiles n'ayant pas résisté à l'analyse mécanique.

L'étude morphoscopique des sables grossiers n'a révélé la présence d'aucun grain émoussé.

Ce type de profil est très fréquent sur le système des schistes de l'Ogooué et présente des caractères qui peuvent aussi bien servir d'arguments aux « autochtonistes » qu'aux « allochtonistes ». Dans bien des cas, les éléments grossiers constituant le niveau II forment un chaos de cailloux et blocs qui pourraient donc correspondre à un épandage sur glaciais d'érosion ensuite recouvert par des éléments fins constituant l'actuel niveau I.

Mais il est gênant de constater qu'à certains endroits les cailloux et blocs de quartz restent encore engrenés ou tout au moins alignés à l'intérieur du niveau II ; un épandage par colluvionnement aurait sans aucun doute bouleversé cet agencement. L'infléchissement des filons de quartz vers la partie supérieure du niveau III peut s'interpréter, lui, de différentes façons :

- il ne faut pas perdre de vue qu'il peut tout simplement s'agir d'un changement d'orientation d'ordre tectonique, ces formations schisteuses lorsqu'elles apparaissent plus nettement sur les tranchées sont souvent plissotées.

- il a pu y avoir fauchage de filons accompagnant le creep des formations sus-jacentes, ceci est peu probable puisque nous avons vu qu'il s'effectuerait à contre-pente.

- ces filons ont été « couchés » et plus ou moins fragmentés à la suite de tassements verticaux affectant l'actuel niveau IIIa et la partie supérieure du niveau IIIb, tassements dus à des exportations de matières dans le matériau d'altération et accompagnant la perte de structure géologique de ce matériau.

2.3.1.2 - DEUXIÈME EXEMPLE (fig. 3).

Tranchée de route à mi-pente d'une colline. Paysage très accidenté. Les sommets arrondis culminent à environ 250 m (niveau des moyennes eaux de l'Ogooué 45 m). Belle forêt, sous-bois clair. Rochère : schistes de la série de l'Ogooué, pendage apparent E. 45 à 50°.

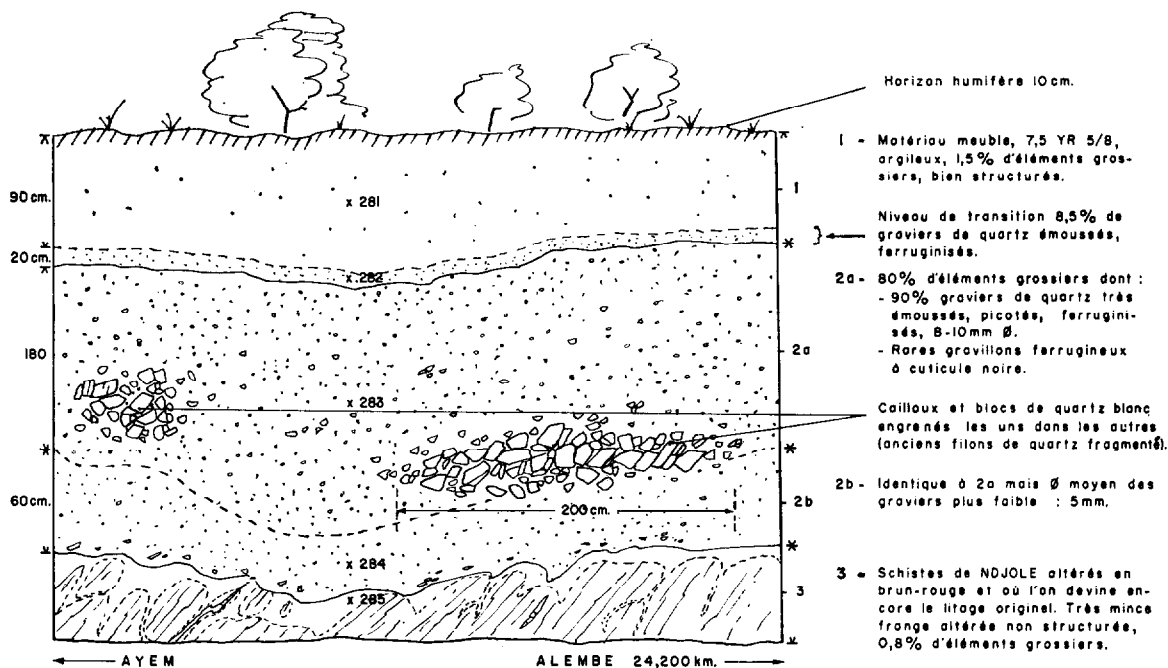


Fig. 3 — Coupe du JC 28 - PK 24,200 route Alembé-Ayem altitude 145 m

Niveau 1

Le matériau meuble a une épaisseur très irrégulière, il peut manquer à certains endroits ou atteindre 2 m. Cette irrégularité d'épaisseur est fréquente sur cet axe de route et peut s'expliquer par d'anciennes déforestations suivies d'une érosion de ces niveaux de couverture. De teinte homogène brun-jaune (7,5 YR 5/8), argileux à 50 cm (JC 281), ce matériau contient 1,5 % d'éléments grossiers dont :

- 80 % de graviers de quartz dont les 2/3 sont fortement émoussés (altération ou usure par les eaux vives), et imprégnés de fer, diamètre fréquent 2 à 5 mm.
- 20 % de plaquettes de schistes ferruginisés, longueur fréquente 2 à 3 mm.

Il est par ailleurs bien structuré et polyédrique fin et possède une bonne porosité.

La transition avec le niveau II se fait par un niveau intermédiaire (JC 282) de 15 à 20 cm d'épaisseur, constant, il suit toutes les involutions décrites par la limite supérieure du niveau de stone-line, beaucoup plus graveleux (8,5 % d'éléments grossiers) dont une majorité de graviers de quartz, toujours fortement émoussés, picotés, abondamment ferruginisés, diamètre fréquent 2 à 5 mm, et quelques plaquettes de schistes et gravillons brun-noir sans cuticule (2 à 3 mm).

Niveau II

La transition est brutale par changement de classe granulométrique. Ce niveau de stone-line décrit des ondulations de grande longueur d'onde. La limite supérieure subit peu d'involutions et reste dans tous les cas brutale. On peut le subdiviser en deux niveaux :

— IIa (JC 283) : sur 150 cm, 82 % d'éléments grossiers qui se répartissent en : 90 % de graviers de quartz (de 5 à 25 mm de diamètre avec une fréquence plus grande des éléments de 10 mm), très arrondis, presque tous picotés et ferruginisés, ce qui leur donne une teinte brun-rouille et les fait confondre parfois avec des gravillons ferrugineux, les cailloux sont plus rares, plus anguleux mais toujours picotés ferruginisés et quelques très rares gravillons ferrugineux, brun-sombre en coupe, gréseux, à cuticule noire brillante (5 à 10 mm).

Localement, et au 1/3 inférieur du niveau IIa ou à la limite IIa/IIb, on trouve des cailloux et blocs de quartz blanc, anguleux, 30 à 50 cm de diamètre, restant engrenés les uns dans les autres ; leur assemblage constitue alors d'énormes « lentilles » ou « amas circulaires » rappelant leur origine filonienne. Il paraîtrait logique de les rattacher au niveau III, mais au-dessous, on trouve de nouveau des éléments grossiers en quantité équivalente à celle du niveau IIa. Ces amas engrenés de blocs de quartz ne sont pas en relation avec la roche-mère.

— IIb (JC 284) : ce niveau semble se justifier car *sous les blocs de quartz engrenés, et sur 60 cm, on retrouve 41 % d'éléments grossiers* dont 90 % de graviers de quartz toujours émoussés, picotés, légèrement, moins ferruginisés, diamètre fréquent 5 mm (donc plus faible que celui des graviers de IIa), le reste étant constitué par des gravillons ferrugineux, bruns, ronds, généralement sans cuticule. A la base de IIb, on voit apparaître, en plus grande quantité, des petits cubes de quartz blanc directement issus des filons de la roche-mère.

Les éléments de IIa et IIb sont emballés dans un matériau argilo-limoneux plus rouge que le niveau I.

Niveau III

Transition nette, sur quelques centimètres. Les éléments grossiers disparaissent (JC 285 : 0,8 %). Les schistes altérés, structurés sont brun-rouge et leur schistosité originelle se retrouve après 30 cm de matériau limono-argileux meuble (IIIa). De temps en temps, de gros filons de quartz viennent buter en s'infléchissant sous la limite supérieure de IIb.

Analyse granulométrique

ECH.	Niveau	E.G. %	Terre fine %					H ₂ O
			A	LF	LG	SF	SG	
JC 281	I (50)	1,5	50,2	8,3	10,4	22,4	6,0	2,5
282	I (100)	8,5	47,8	8,0	9,4	19,5	13,3	2,2
283	IIa (200)	82,3	47,3	25,2	4,1	9,1	13,9	1,5
284	IIb (310)	41,2	32,3	26,4	10,4	18,1	12,5	1,4
285	IIIa (380)	0,9	27,8	33,7	8,9	17,7	12,1	1,3

Conclusion

Il semblerait que la limite pédologique entre les horizons B et C soit située au milieu du niveau de stone-line et serait repérable par une augmentation nette du taux de limons fins et un changement de teinte plus progressif annonçant celle du matériau originel. L'étude morphoscopique des sables grossiers n'indique encore une fois aucune contamination alluviale, la présence de paillettes de graphite, constante dans les différents niveaux étudiés, confirme une identité d'origine de ceux-ci sans constituer d'ailleurs une preuve suffisante quant à l'entière autochtonie de ces formations : un remaniement latéral à faible distance s'effectuant aux dépens d'une roche-mère latéralement homogène pourrait aboutir au même résultat.

Cependant l'épandage sur un glaciis d'érosion que l'on pourrait à la limite admettre pour le JC 5 est encore plus difficilement envisageable ici ; les lentilles et amas de blocs de quartz encore engrenés à la façon d'un puzzle sont situés au milieu du niveau II et au-dessus d'un niveau contenant encore 40 % d'éléments grossiers, un épandage bouleverserait cet assemblage en dispersant uniformément dans ce niveau II blocs et cailloux. Ces amas de quartz sans racine apparente avec la roche-mère peuvent évidemment correspondre à la trace sur le plan de la tranchée d'un filon « enraciné » plus profondément en arrière ou en avant du plan de coupe mais ceci ne change rien quant à la façon dont ils furent hérités plus ou moins intacts par le niveau II.

Il semble que là encore il faille faire intervenir un processus d'« évolution en place » qui sera étayée et développée au dernier chapitre de cette étude.

2.32 - Profils à stone-line d'éléments résiduels d'une pédogenèse antérieure**2.3.2.1 - PREMIER EXEMPLE (fig. 4).**

La tranchée de route passe au sommet d'une colline ; le paysage reste accidenté. Dernière ligne de crête avant de descendre vers la vallée de l'Ogooué. Cette stone-line gravillonnaire est utilisée par une entreprise de Travaux Publics pour recharger les routes en latérite ; la couverture a ainsi été décapée sur 100 cm. La forêt secondaire des environs a été bien souvent détruite et la plupart des collines avoisinant Ndjolé sont couvertes de plantations de manioc. Les bancs de « schistes de Ndjolé » injectés de nombreux filons de quartz sont particulièrement visibles sur cette tranchée.

Niveau I

Matériau meuble d'épaisseur très inégale étant donné les fortes ondulations décrites par le niveau de stone-line. A l'endroit du profil étudié, ce niveau de couverture devait atteindre 200 à 250 cm d'épais-

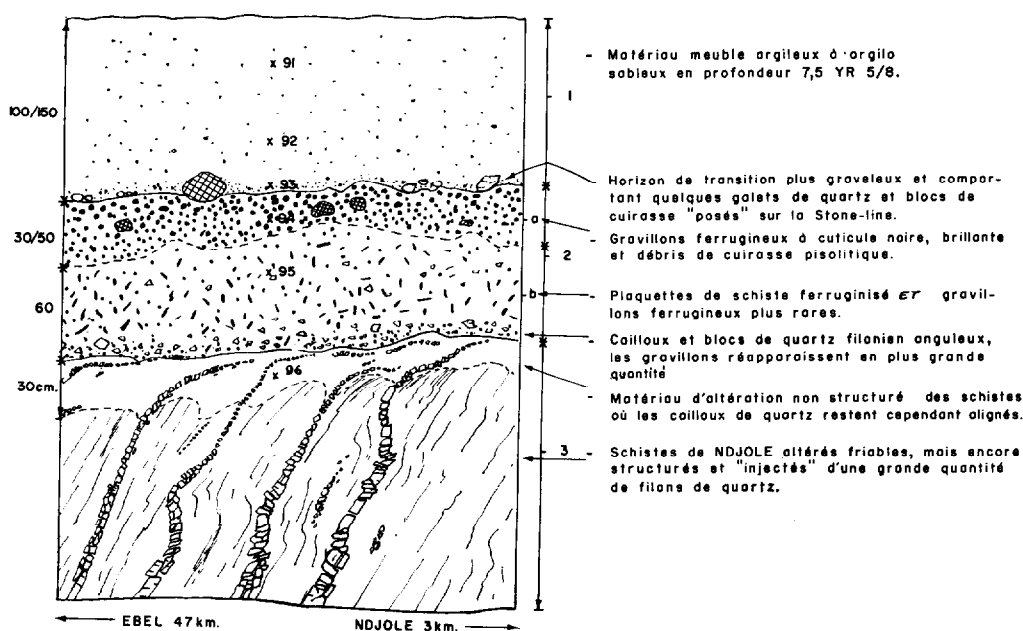


Fig. 4 — Coupe du JC 9 - PK 47 route Ebél-Ndjolé altitude 140 m

seur. Teinte homogène horizontalement brun-jaune (7,5 YR 5/8) passant en profondeur à des nuances plus rouges (5 YR 5/8). Argileux devenant en profondeur argilo-sableux et même argilo-graveleux juste au-dessus de la « stone-line ».

Vers 50 cm, le refus du tamis 2 mm a fourni :

- des graviers de quartz, le plus souvent corrodés et anguleux, de 2 à 3 mm de diamètre,
- des éléments ferrugineux, dont la moitié est constituée par des petits gravillons ferrugineux ronds à cuticule noire brillante et des petits débris de schistes ferruginisés en lamelles de 2 à 5 mm de longueur.

Vers 100 cm, la quantité d'éléments grossiers ainsi que leur diamètre augmentent ; les quartz restent corrodés, sales, anguleux, les gravillons ferrugineux et plaquettes de schistes ferruginisés deviennent beaucoup plus nombreux jusqu'à atteindre la totalité du refus du tamis 2 mm.

Vers 150 cm (juste au-dessus du niveau de stone-line et sur 5 cm), le taux d'éléments grossiers augmente encore (13 %) mais il reste dans tous les cas suffisamment masqué par l'argile pour que l'on puisse encore parler de niveau de transition à la base du niveau I. Les 13 % d'éléments grossiers sont constitués par :

- graviers de quartz anguleux (3 à 5 mm de diamètre),
- gravillons ferrugineux à cuticule noire brillante,
- lamelles de schistes simplement altérés et rarement ferruginisés.

On trouve également dans cette couverture des blocs de cuirasse généralement pisolitiques, fortement émoussés et à moitié « enchassés » dans la limite supérieure du niveau de stone-line. Dans une position similaire, on note la présence de galets de quartz (50 à 80 mm de diamètre) groupés par 3 ou 4.

Ce niveau est bien structuré, polyédrique fin. La porosité est bonne, surtout d'agrégats. La transition est brutale, ondulée, d'ordre granulométrique.

Niveau II

Epais niveau de stone-line (100 à 120 cm) décrivant de larges ondulations mais pas de poches à proprement parler (longueur d'onde des ondulations : 5 à 10 m, amplitude : 1 m). La limite supérieure nette décrit de discrètes involutions.

On peut subdiviser ce niveau en deux parties d'après la nature et le diamètre des éléments qui le constituent.

— II a — Premier niveau de 30 à 50 cm, constitué de :

— 80 % de gravillons ferrugineux et débris de cuirasse. Les gravillons ferrugineux sont généralement plus gros vers le haut, leur diamètre diminue progressivement vers le bas, ce qui est fréquemment le cas des « stone-lines gravillonnaires ».

Les plus gros gravillons (35 à 40 mm de diamètre) que l'on peut dans certains cas confondre avec des débris de cuirasse, présentent les formes les moins régulières et possèdent une cuticule continue très dure de quelques dixièmes de mm d'épaisseur, noire brillante en surface. En coupe, ces gravillons présentent plusieurs aspects :

— massifs, on ne distingue aucun pore, la masse du matériau ferrugineux présente une teinte uniformément rouge sombre.

— poreux ou vacuolaires, et alors les vacuoles renferment fréquemment un matériau terreux jauneroille qu'il est facile de dégager à la pointe d'un couteau.

— certaines concrétions sont gréseuses, dans d'autres cas il semble que l'on puisse retrouver un alignement des cavités et des éléments inclus.

Remarque : dans la plupart des cas, il semble que ces gravillons correspondent à une désagrégation mécanique des blocs de cuirasse ou à la destruction d'une cuirasse en place de type pisolitique. A l'intérieur des fragments ainsi obtenus, il pourrait y avoir une redistribution des différents oxydes métalliques et leur disposition en pellicules concentriques autour du fragment, mais sous quelle forme ? (amorphe, cryptocristalline), comment peut s'effectuer cette migration dans une masse déjà indurée ? Ou alors, s'agit-il d'un piégeage de solution circulant dans la masse du sol ? S'il s'agit de migrations dans la pisolite, en admettant que celui-ci soit suffisamment poreux, quel gradient d'humidité pourrait permettre la circulation de solutions, puisque la cuticule une fois formée est continue et semble être imperméable ?

Toujours dans ce niveau II a, en plus des gravillons, on trouve :

— des graviers et cailloux de quartz très altérés, fissurés, poudreux, picotés en surface et présentant un enduit brun-rouge gagnant l'intérieur de la masse craquelée sur quelques mm. On passe ensuite d'une façon régulière et distincte au niveau II b.

— II b — 60 cm dont les 2/3 supérieurs sont constitués par :

— 60 % de fragments de schistes fortement ferruginisés de teinte brun-rougeâtre, en lames pour

les plus gros fragments (L = 30 mm e = 5 mm), beaucoup plus émoussés et arrondis pour les plus petits fragments (5 à 10 mm).

— 40 % de gravillons ferrugineux identiques à ceux de II a mais avec un diamètre maximum de 8 à 10 mm. Vers la limite inférieure de la stone-line, le pourcentage de graviers et cailloux de quartz filoniens à débit cubique augmente, mais il a aussi été trouvé un gravier de quartz parfaitement usé (8 mm de diamètre) dans le refus du tamis 2 mm, alors que les autres graviers de quartz restent anguleux, blanc-jaunâtre et prennent souvent par altération un aspect saccharoïde.

La limite inférieure est généralement nette et régulière.

Niveau III

On passe à 30 cm de matériau d'altération meuble des « schistes de Ndjolé », teinte homogène, brun-rouge (5 à 2,5 YR 5/8) — III a.

Texture hétérogène, limono-argileuse devenant plus graveleuse dans les zones à injection de quartz. Les filons de quartz très nombreux dans ces schistes s'infléchissent fortement dans cet horizon d'altération tout en s'y débitant, mais les graviers, cailloux et blocs ainsi obtenus restent alignés. En profondeur, on passe aux schistes altérés, encore géologiquement structurés, très redressés - IIIb.

Analyse granulométrique

ECH.	Niveau	E.G. %	Terre fine %					H ₂ O
			A	LF	LG	SF	SG	
JC 91	I (50)	0,8	43,3	13,9	11,6	17,3	8,5	2,7
92	I (100)	2,1	47,2	13,9	10,0	16,0	7,8	2,7
93	I (130)	13,0	46,9	18,8	9,0	13,6	7,1	2,7
94	II (160)	80,0	58,2	11,7	6,9	10,6	8,7	2,7
95	II (200)	75,0	51,1	14,9	5,4	10,3	15,0	2,6
96	III (260)	6,0	33,9	17,9	5,4	19,3	21,8	1,4

Conclusion

L'étude morphoscopique des sables grossiers des différents niveaux de ce profil s'est révélée assez décevante car les caractères que pouvaient présenter ces sables à l'origine sont dans de nombreux cas masqués par l'altération ferrallitique ; tout ce que l'on peut dire c'est qu'il y a probablement eu, à une époque de la genèse de ces formations, des contaminations alluviales. On trouve en effet de nombreux grains émoussés, picotés et même quelques rares émoussés luisants dans le niveau I. Cette contamination alluviale est d'ailleurs confirmée par la présence de rares galets à la limite des niveaux I et II.

L'allochtonie des éléments du niveau II ne semble guère faire de doute avec cependant une restriction quant à l'origine des fragments de quartz de la base du niveau IIb.

La superposition gravillons - plaquettes de schistes ferruginisés n'est pas incompatible avec le « schéma du retournement » (SEGALEN, 1967) ; il suffit d'orienter logiquement le recul d'un front d'érosion qui attaquerait d'abord les extrémités redressées de schistes ferruginisés avant de morceler la cuirasse du relief résiduel (fig. 5).

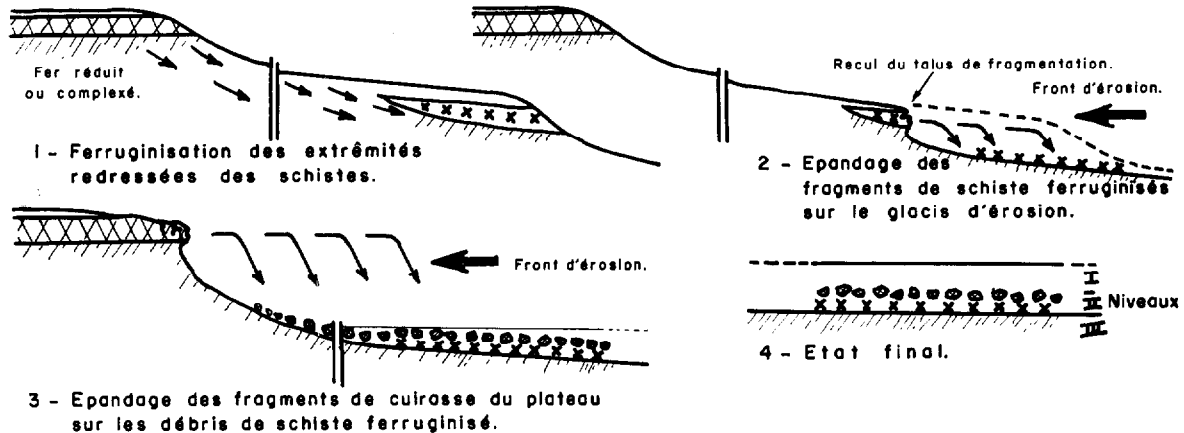


Fig. 5 — JC 9 : superposition des niveaux II e et II b

Dans la majorité des cas de profils à stone-line de gravillons et cuirasses, les plus gros fragments sont situés au sommet du niveau II ou en limite des niveaux I et II, le diamètre des gravillons diminue d'ailleurs progressivement vers le bas de ce niveau, ceci sera encore plus net pour l'exemple suivant ; il existe donc un classement vertical de ces éléments. L'origine de ce classement peut se concevoir de la façon suivante : lors du recul du front d'érosion les eaux vives dégagent et épanchent sur le talus de fragmentation et le glacis les plus petits fragments facilement détachables tandis que sont entraînés un peu plus loin les éléments fins sus et sous-jacents. La cuirasse plus massive arrive alors en surplomb et s'éboule : les blocs et fragments plus importants viennent ainsi recouvrir d'une façon continue les éléments granulométriquement plus petits.

2.3.2.2 - DEUXIÈME EXEMPLE (fig. 6).

Il est possible d'envisager pour le profil qui est maintenant présenté l'intervention de deux processus successifs et différents afin de rendre compte de l'actuelle morphologie de son niveau II.

La tranchée de route coupe le sommet d'un léger relief dans un paysage ondulé à faiblement accidenté. Depuis le PK 34, la topographie était plus accidentée et le niveau de stone-line souvent à ciel ouvert, ici, le relief moins accidenté permet le maintien d'un niveau de couverture de faible épaisseur ; seuls, les versants de collines présentant les plus fortes déclivités s'érodent en marches d'escalier.

La butte présente en surface quelques blocs de quartz filonien, et plus rarement des fragments de cuirasse vacuolaire et pisolitique arrondis, (60 cm de diamètre).

La végétation est une steppe herbacée. La roche-mère est toujours constituée par les schistes du système de l'Ogooué mais l'arrière-pays est constitué par des pointements de quartzite. Quelques galeries forestières marquent le tracé des talwegs.

Niveau I

Niveau de couverture de matériau meuble, relativement mince pour les raisons déjà invoquées (érosion due à une déforestation ancienne). 30 à 50 cm d'épaisseur. Peut se subdiviser en 2 horizons et un niveau de transition :

— A1 0 à 15-20 cm : horizon humifère, humide 7,5 YR 5/4 sur les 3 premiers cm, passant progressivement

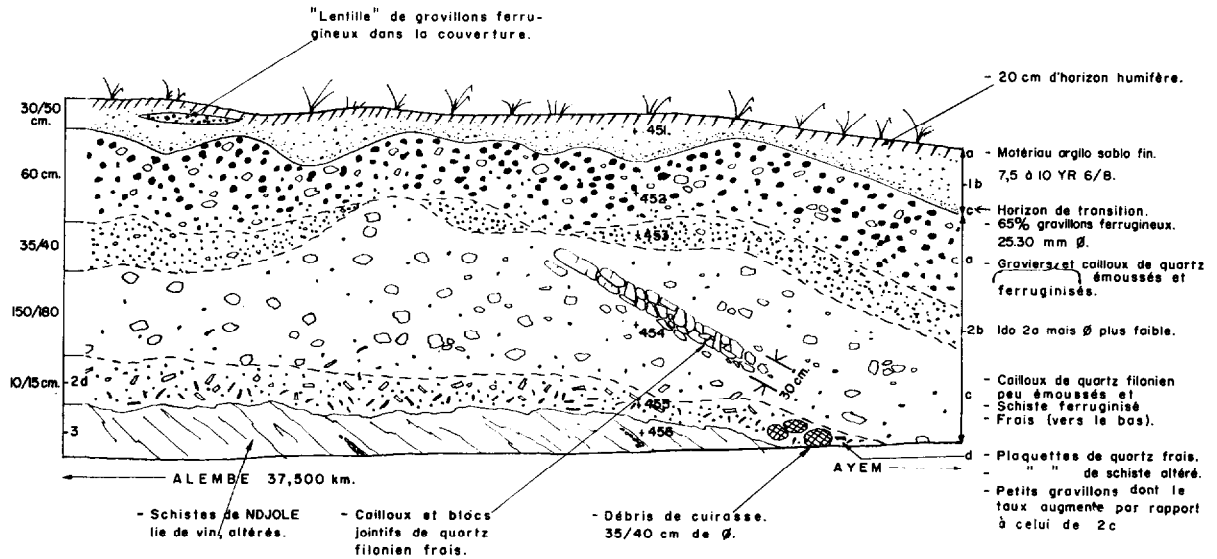


Fig. 6 — Coupe du JC 45 - PK 37,500 route Alembé-Ayem

à 5/6 en profondeur ; limono argilo-sableux fin ; moyennement structuré et grumeleux fin à moyen ; agrégats très friables ; bonne porosité structurale et texturale ; nombreuses petites racines fines de la strate herbacée réparties uniformément jusqu'à la base de cet horizon. La limite est régulière et distincte. En surface, du fait de la dessiccation, apparaissent de larges fentes de retrait.

— B2 20 à 45-50 cm : matériau très sec, dur 7,5 à 10 YR 6/8, très homogène ; limono argilo-sableux fin ; quelques sables grossiers et graviers de quartz extrêmement picotés, et à enduit brun-rouille, petits gravillons ferrugineux (2 à 5 mm) à patine noire et de forme irrégulièrement arrondie ; structure peu visible, étant donnée la forte compacité de cet horizon, assez bonne porosité texturale et tubulaire.

La limite avec le niveau IIa est nette, mais le passage se fait par un niveau de transition de 5 à 8 cm d'épaisseur, où la densité des éléments grossiers précédemment cités, augmente.

Niveau II

Il se présente comme une brutale accumulation de gravillons ferrugineux et de quartz d'origine filonienne, sous une épaisseur à peu près constante de 250 à 300 cm. Ce niveau subit peu d'ondulations mais de fortes involutions de sa limite supérieure. Des discontinuités granulométriques, pétrographiques ont permis de distinguer les niveaux suivants :

— II a - Transition brutale par apparition de 78 % d'éléments grossiers dont :

- 65 % de gros gravillons ferrugineux, dont le diamètre le plus fréquent se situe entre 25 et 30 mm, leur forme est irrégulièrement arrondie, leur cuticule brun-noir brillante est très vernissée ; en coupe, cette cuticule est épaisse (quelques dixièmes à 1mm), la structure est massive, la teinte générale brun-rouge avec des traînées irrégulières plus rouille ou alors des taches noires à irisations bleutées.

- 35 % de gravillons et cailloux de quartz à débit cubique, fortement émoussés, mais la forme

galets n'a jamais été rencontrée, diamètre fréquent 50 mm. Ces débris de quartz sont extrêmement picotés et ferruginisés, en coupe, ils présentent une auréole brun-rouille qui est à l'origine de leur patine, cette auréole se prolonge vers l'intérieur en suivant les fissures et craquelures séparant les cristaux. Certains graviers de quartz de faible diamètre sont tellement ferruginisés qu'il est parfois malaisé de les distinguer des gravillons ferrugineux gréseux.

Tous ces éléments sont emballés dans un matériau argilo-sableux fin de teinte identique à celle de I.

La limite IIa/IIb est distincte, car les constituants de ce deuxième niveau deviennent plus petits, ce fait est constant sur toute la tranchée.

— II b - 85 % d'éléments grossiers. En fait on y retrouve tous les éléments de IIa mais avec un diamètre fréquent plus faible (8 à 10 mm). Ces éléments sont d'autre part plus jointifs que dans IIa. Ce niveau peut parfois manquer, son épaisseur maximum est de 40 à 50 cm, il peut également constituer le dernier niveau de la stone-line et reposer alors directement sur la roche-mère altérée. La transition est facilement repérable par une modification de la granulométrie et de la nature pétrographique des éléments qui constituent le niveau IIc sous-jacent.

— II c - Ce niveau est sporadique, il peut manquer totalement ou devenir très épais (180 cm). Il est constitué de 75 % d'éléments grossiers dont une majorité de quartz filoniens, très peu émoussés (beaucoup moins que ceux de IIa) et qui peuvent prendre 2 aspects : soit picotés, brun-rouille lorsqu'ils sont enduits d'oxydes de fer (la majorité), soit beaucoup plus frais et blancs opaques vers la base de ce niveau.

On trouve dans ce niveau, un banc de cailloux et blocs de quartz engrenés les uns dans les autres et aligné parallèlement au pendage apparent des schistes. Ici se repose le problème de la présence d'un banc de quartz, à apparence de filon, resté plus ou moins intact au milieu du niveau de stone-line. Ce filon n'a pas de relation avec l'actuelle limite d'affleurement des schistes altérés structurés.

Transition avec le niveau sous-jacent régulière et très progressive.

— II d - 67 % d'éléments grossiers, plus petits (10 à 15 mm) :

— petits graviers de quartz très peu émoussés, cubiques ou en plaquettes très faiblement ferruginisées,

— gravillons ferrugineux (5 à 8 mm) à cuticule noire mate, réapparaissant en nombre plus important que dans IIc,

— petites plaquettes de schistes (10 à 20 mm) simplement altérées et gris-verdâtre provenant des schistes sous-jacents,

— à droite du profil étudié (fig. 6), sous le banc de blocs de quartz, on trouve quelques fragments émoussés de cuirasse scoriacée (20 à 30 cm de diamètre) présentant très souvent en coupe des lits brun-noirâtre. Il pourrait s'agir de fragments de schistes cuirassés.

Depuis la base du niveau IIc, la terre fine emballant les éléments grossiers devient limono sableuse prend une teinte plus sombre (2,5 à 5 YR 4/8) rappelant la texture et la teinte du matériau originel d'altération des schistes.

Niveau III

Limite brutale, au millimètre près, avec le matériau d'altération des schistes encore géologiquement structurés, à fort pendage apparent E.N.E.

Analyse granulométrique

ECH.	Niveau	E.G. %	Terre fine %					
			A	LF	LG	SF	SG	H ₂ O
JC 451	I (20)	5,1	25,0	6,5	7,6	49,1	7,8	0,1
452	IIa (100)	77,8	34,0	4,5	8,6	44,4	8,3	0,7
453	IIb (120)	86,3	—	—	—	—	—	—
454	IIc (250)	75,0	—	—	—	—	—	—
455	IId (280)	67,7	25,1	12,0	9,4	40,0	12,6	1,1
456	III (400)	6,5	12,8	11,0	10,1	54,3	9,9	0,5

Conclusion

Il faut considérer avec prudence le taux de sables fins du niveau III : il s'agit pour moitié de fragments de schistes ferruginisés à granulométrie de sables fins ; cette ferruginisation des schistes sous-jacents est d'ailleurs sporadique et est probablement à l'origine des fragments représentés en bas et à droite de la figure 6, ces débris cuirassés sont de nature totalement différente de celle des plus gros fragments que l'on trouve quelquefois dans le niveau IIa.

La teneur élevée en sables fins quartzeux dès les niveaux de surface peut être attribuée à la proximité des pointements de quartzite qui s'altèrent en libérant un matériau sableux. Ceci confirmerait l'allochtonie au moins du niveau I, qui aurait été transporté sur une assez grande distance avec peut-être de discrètes contaminations alluviales car l'étude morphoscopique des sables grossiers révèle la présence de quelques grains émoussés picotés en quantité d'ailleurs peu évaluable.

Les niveaux IIa et IIb pourraient bien correspondre aux plus anciens niveaux de la stone-line, ils proviendraient de la destruction d'une très ancienne surface cuirassée, ce qui est compatible avec le schéma du retournement, le niveau I, comme cela a été suggéré, aurait la même origine. Les éléments constituant les niveaux IIa et IIb sont encore une fois classés verticalement, l'explication proposée pour le JC 9 serait également valable ici. Mais les autres niveaux, IIc et IId, se seraient formés en place, par évolution secondaire du matériau d'altération de la roche-mère. Le problème des « reliquats de filon », (blocs de quartz encore engrenés et, ici, parallèles au litage des schistes sous-jacents) déjà évoqué pour le JC 28 peut recevoir la même interprétation et confirmerait l'autochtonie de ces niveaux. En effet, si l'on tente d'expliquer la formation de la totalité du niveau II par le processus du retournement, on ne pourrait observer cette classification des éléments grossiers, et les fragments de cuirasse, gravillons et cailloux de quartz filonien, se trouveraient mélangés.

Les éléments grossiers des niveaux IIc et IId étaient primitivement contenus dans le matériau d'altération, encore géologiquement structuré, de la roche-mère ; au fur et à mesure que ce matériau perd sa structure, qu'il se produit des soutirages d'éléments solubilisables par les eaux percolant dans le sol, la densité numérique de ces éléments jadis contenus dans ce matériau augmente, une accentuation de ce processus pourrait ensuite et finalement amener leur rassemblement en un niveau de stone-line.

Les niveaux IIa et IIb sont donc allochtones, les niveaux IIc et IId autochtones et séparés des précédents par ce qui pourrait correspondre à l'ancienne surface du glacis d'érosion.

On observe également une progressive atténuation en fonction de la profondeur de la ferruginisation des éléments quartzeux, l'enduit brun rouille et net en haut alors que les quartz de la base du niveau II sont beaucoup plus frais ; si l'on admet que cet enduit s'est formé dans le sol il est logique qu'il soit plus important autour des éléments les plus anciennement soumis à la pédogenèse donc les plus anciennement dégagés du matériau d'altération.

2.33 - Profils à stone-line dont les éléments ont une origine alluviale

La morphologie et l'interprétation du profil qui suit sont caractéristiques d'un grand nombre de cas de ce que l'on pourrait également désigner par l'expression « stone-line à galets ».

JC 48 et 48' ; PK 66, route Alembe-Ayem ; altitude 85 m (fig. 7).

La tranchée de route où a été observé le JC 48 coupe une zone à topographie plane, de faible superficie, puisqu'à 300 m du fleuve on retrouve le paysage accidenté : collines de micaschistes dont les versants plongent d'ailleurs dans l'Ogooué au JC 48' situé 250 m plus loin vers Ayem.

Végétation : uniquement strate herbacée qui ne correspond pas à la végétation naturelle pour le JC 48 (campement d'une entreprise de T.P.), vieille forêt secondaire au JC 48'

La roche-mère est un micaschiste à deux micas.

JC 48 - PK 65,800 -

Niveau I

Ce niveau de couverture meuble possède une épaisseur régulière (les ondulations du niveau de stone-line sont de faible amplitude) qui atteint 280 à 340 cm sur le profil étudié. La teinte, très homogène sur toute la tranchée, est nettement différente de celle qui caractérisait les niveaux de couverture sur micaschistes ; ici le matériau est jaune (10 YR 6 à 7/8 sec - 7,5 YR 5 à 6/8 humide), à partir de 180 cm apparaissent quelques taches plus roses mais toujours discrètes car peu contrastées. La texture est argileuse à argilo-sableuse avec très peu d'éléments grossiers (1 % à 100 cm) constitués par des grains de quartz anguleux très frais (2 à 3 mm) et des petites concrétions ferrugineuses, brun mat, arrondies (2 à 3 mm), les paillettes de muscovite sont en quantité appréciable. La structure peu affirmée en haut, devient beaucoup plus nette vers 150 cm et polyédrique moyenne à fine, les agrégats sont fermes car le sol est sec. Porosité et perméabilité sont bonnes.

Répartis uniformément dans ce niveau I, on trouve des galets de quartz très arrondis, très propres (diamètre 35 à 50 mm), et vers 200 cm quelques amas d'éclats de quartz. Vers 280 cm et situé à quelque 50 cm au-dessus de la stone-line, un niveau de concrétions suit les ondulations de cette dernière, mais en les atténuant considérablement. Sa limite supérieure est plus tranchée que sa limite inférieure où les concrétions se disjoignent de plus en plus.

Ces concrétions ont une teinte brun-jaune, de formes arrondies à très contournées pour les plus grosses (diamètre de 8 à 20 mm), elles présentent en coupe un matériau assez induré, jaune-rouille, sont souvent enrobées d'une cuticule brun-sombre encore plus dure ; elles sont emballées dans un matériau argileux jaune présentant des taches brun-rouge de plus en plus nettes vers la profondeur.

La limite entre les niveaux I et II est nette et largement ondulée.

Niveau II

Son épaisseur est irrégulière : minimum 10 cm, fréquente 25 à 30 cm, il peut également atteindre 45 cm au sommet des ondulations. Ce niveau décrit de larges ondulations de 100 à 150 cm d'amplitude et 400 à 500 cm de longueur d'onde.

On peut le subdiviser en deux niveaux :

— IIa qui n'existe que dans le creux des poches et pourrait, à la limite, être également considéré comme un niveau de transition ; il atteint au maximum 25 cm et se termine en biseau à chacune de ses

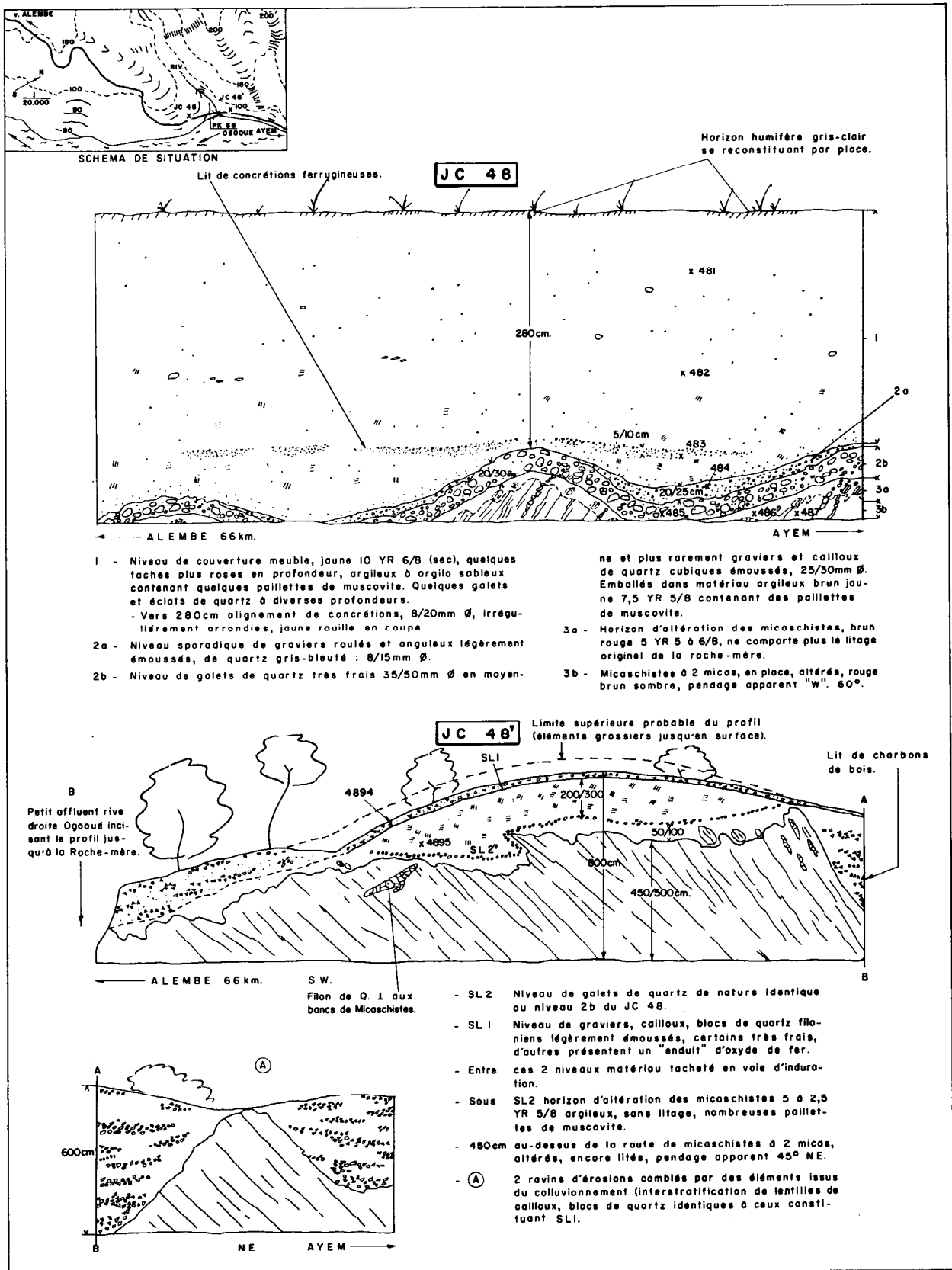


Fig. 7 — Coupe des JC 48 - PK 65,800 et JC 48' - PK 66,050 route Alembé-Ayem altitude 85 m

extrémités, il est constitué de graviers roulés de quartz, gris-bleuté, très propre, souvent classés verticalement, on trouve en effet au sommet les formes les plus arrondies (8 à 15 mm) et vers le bas des graviers plus petits, plus anguleux.

— IIb à limite supérieure nette, il s'agit d'un niveau de galets de quartz et quartzite, de débris de quartz extrêmement émoussés mais ayant gardé le débit cubique du quartz filonien. Les galets sont blanc-jaunâtre, très sains, peu corrodés, leur diamètre le plus fréquent est situé entre 35 et 50 mm, certains peuvent atteindre 80 mm.

Tous ces éléments sont emballés dans un matériau argileux, brun-jaunâtre (7,5 YR 5/8) contenant souvent des paillettes de muscovite.

La transition avec l'horizon d'altération de la roche-mère est brutale.

Niveau III

Celui-ci peut se subdiviser en :

— IIIa : horizon d'altération des micaschistes à deux micas, dont la teinte générale est brun-rouge (5 YR à 6/8) avec quelques taches contrastées plus jaunes, il ne comporte plus le feuilletage originel des micaschistes, argilo-sableux fin, avec de très nombreuses paillettes de muscovite libres, mais la texture est souvent hétérogène, on trouve en effet des zones plus limoneuses. Ce niveau est encore assez bien structuré et polyédrique moyen. Ce niveau contient également des lits de graviers et parfois cailloux de quartz filonien anguleux, gris-bleuté, ces filons atteignent souvent la base du niveau II.

— IIIb : transition avec IIIa tranchée mais irrégulière, en « dents de scie », IIIb correspond au matériau d'altération de la roche-mère en place, altéré en rouge-sombre mais encore feuilleté, les lits de micas y sont encore très apparents. Pendage W., couches très redressées.

Remarque : Légèrement en retrait de la route, et vers Alembé le niveau I devient plus rouge, le niveau II contient 70 % de graviers et cailloux de quartz beaucoup moins émoussés, d'origine filonienne, et à enduit rouille (25 à 35 mm). Tous ces éléments sont emballés dans un matériau argileux, jaune-rougeâtre, rappelant en cela le niveau I.

JC 48'.

20 m après le pont du PK 66, les versants des collines forment de nouveau des abrupts dans l'Ogooué. La tranchée de route atteint 8 m et ce profil comporte deux niveaux de stone-line superposés, distants l'un de l'autre de 250 à 300 cm.

Le premier niveau (fig. 7 SLI) qui affleure et constitue le sommet de la butte comprend des graviers et cailloux de quartz filonien anguleux à légèrement émoussés, certains sont relativement propres, d'autres présentent un enduit brun-rouille d'oxydes de fer, il n'y a pas de galets. Tous ces éléments sont emballés dans un matériau argileux jaune-brun (7,5 YR 5/8). Ce premier niveau tend à s'épaissir vers le pont et est brutalement interrompu par l'incision d'un petit affluent rive droite de l'Ogooué.

On passe ensuite à un niveau presque entièrement dépourvu d'éléments grossiers, de 250 à 300 cm de puissance, fortement tacheté (teinte générale 5 YR 5/8) et en voie d'induration. On peut en détacher des petits granules arrondis, de 15 à 20 mm de diamètre, brun-rouge en coupe, à enrobage argileux jaunâtre, encore très peu indurés.

Le second niveau de stone-line (fig. 7 SLII) forme un lit de 10 à 20 cm d'épaisseur, décrivant une large ondulation interrompue par un rejet oblique de 100 cm et qui semble correspondre à un banc de micaschistes moins altérable. Ce deuxième niveau comporte des cailloux et blocs de quartz frais, fortement émoussés et même d'authentiques galets de quartz blanc également très frais.

On passe en dessous au matériau d'altération de la roche-mère, 50 à 100 cm de matériau ne présentant plus le feuilletage originel des micaschistes, ce matériau est brun-rouge très soutenu (2,5 à 5 YR 5/8), argileux, comportant encore beaucoup de paillettes de muscovite libres et quelques fragments de micaschistes très altérés.

Sur 450 cm et jusqu'au niveau de la route, on retrouve le matériau d'altération des micaschistes à deux micas encore géologiquement structuré. La limite entre les deux matériaux est très nette et en « dents de scie ». Le pendage apparent N.E. des micaschistes atteint ici 45°.

30 m à droite vers Ayem, tout le profil semble avoir été entaillé jusqu'au niveau de la route, par des ravins d'érosion qui furent ensuite comblés par un matériau argileux, très micacé, comportant des lentilles de blocs et cailloux de quartz anguleux à légèrement émoussés. Ces « amas lenticulaires » de quartz sont interstratifiés et superposés jusqu'à la partie supérieure du profil. A signaler à 250 cm un lit continu de charbon de bois.

Analyse granulométrique

ECH.	Niveau	E.G. %	Terre fine %					
			A	LF	LG	SF	SG	H ₂ O
JC 481	I (70)	0,2	45,2	4,1	3,4	38,0	8,2	1,7
482	I (200)	—	—	—	—	—	—	—
484	IIa (300)	15,3	48,6	6,8	2,0	17,9	21,4	2,7
485	IIb (330)	84,3	50,5	10,2	3,4	24,7	9,7	2,2
486	IIIa (350)	38,3	48,7	12,7	3,6	21,1	7,0	6,4
489	(1)	0,3	60,6	3,2	3,0	25,6	4,5	4,2
4891	(2)	0,2	35,9	2,7	3,3	47,5	9,7	1,5
4893	(3)	78,8	55,4	4,3	2,2	20,9	13,9	3,8
4894	(4)	79,1	59,7	3,8	2,0	14,8	11,2	8,9
4895	(4)	21,2	46,2	9,4	3,3	21,1	14,2	4,5

- (1) échantillon prélevé dans le niveau I (150 cm) à 120 m vers Alembé.
 (2) échantillon prélevé sous forêt, 100 m perpendiculairement à la route.
 (3) échantillon prélevé dans le niveau II à 250 m du JC 48 vers Alembé.
 (4) cf. figure 7, schéma JC 48'.

Conclusion

JC 48. Ces formations sont probablement d'origine exclusivement alluviale :

- différence de teinte très nette entre les niveaux I de ces formations (jaune-clair) et les niveaux I qui caractérisaient jusqu'alors les profils de régions plus accidentées (jaune-brun).
- important taux de grains de quartz émoussés aussi bien dans le niveau I que dans le niveau II.
- niveau II presque entièrement constitué de galets et graviers fortement roulés.
- niveau de concrétions qui peut être considéré comme le début de la formation d'une cuirasse de nappe de fond de vallée.

Il s'agit vraisemblablement d'un dépôt de basse terrasse, étant donnée sa cote relative par rapport au niveau des moyennes eaux de l'Ogooué. Au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'arrière pays plus accidenté, les caractères alluviaux s'estompent (dans le niveau II les quartz sont de plus en plus anguleux).

Ces formations alluviales jadis horizontales ont peu à peu acquis une configuration de stone-line, le niveau de galets s'est ondulé en s'adaptant à la limite du matériau d'altération encore géologiquement structuré ; cette adaptation est le fait d'une destructuration plus rapide dans certains bancs de ce matériau provenant d'une roche-mère bien souvent hétérogène . Les exportations de corps solubles peuvent également être plus importantes à certains endroits, précisément à cause de cette hétérogénéité.

Le lit de concrétions d'hydromorphie apparu plus tard n'est presque pas intéressé par ces « tassements » puisque les ondulations de ce niveau de concrétions sont très atténuées par rapport à celles du niveau de galets.

JC 48'. Le niveau de stone-line SL II (cf. fig. 7, schéma 48') possède la même cote que le niveau II du JC 48, il s'agit également d'une formation alluviale déposée sur les micaschistes. Des colluvionnements ou creep apportent un matériau qui vient se mélanger aux alluvions fines situées au-dessus du niveau SL II ; il se constitue le niveau intermédiaire entre SL I et SL II. Celui-ci subit un enrichissement absolu en fer par les solutions migrant depuis les sommets du nord de l'Ogooué puis un début d'induration ; l'abaissement du niveau de base de l'Ogooué provoque une reprise de l'érosion, il en résulte toute une série de ravinelements sur les versants les plus rapprochés du fleuve. Les éléments fins s'en vont, les éléments grossiers se regroupent en un niveau de stone-line SL I. Localement, l'écoulement diffus peut se concentrer en rigoles, ravins ; c'est ce qui s'est passé en « A » (cf. schéma 48'), il y a interstratification d'éléments grossiers (phases d'érosion les plus actives) et d'éléments fins. Plus récemment, le réajustement au niveau de base local a pu s'effectuer et l'on obtient le ravin de gauche « B » interrompant les niveaux de stone-line.

2.34 - Profils à stone-line mixte (fig. 8)

Ce profil présenté ici plus simplement, montre à quel point certaines formes du colluvionnement, probablement un creep ici, peuvent modifier secondairement des profils déjà entièrement différenciés ; il apporte également quelques précisions sur l'ordre chronologique des processus ayant abouti à son aspect actuel.

Milieu et interprétation

Le paysage est très accidenté, la route longe à flanc de coteau une large vallée à fond plat orientée WSW. - ENE., empruntée par une petite rivière coulant dans les schistes. L'actuel gabarit de cette rivière n'est pas en rapport avec la largeur de cette vallée.

ROCHE-MÈRE : après le môle gneissique d'Ebel, on retrouve au PK 43, les schistes du système de l'Ogooué. Il s'agit d'un métamorphisme dans la zone des micaschistes supérieurs, qui a donné des séricitoschistes avec quelques bancs de quartzite. Pour des raisons d'ordre stratigraphique, les géologues les distinguent des schistes de Ndjolé : schistes de l'Okano. En fait, ils présentent les mêmes faciès d'altération que les schistes de Ndjolé.

VÉGÉTATION : ancienne forêt secondaire, à sous-bois clair.

Sur une centaine de mètres, la tranchée révèle un pointement de schistes de l'Okano, en plis isoclinaux, dont le pendage apparent, W.S.W, atteint 40° ; de part et d'autre de ce pointement, viennent « buter » des formations de type alluvial. Le schéma représente plus particulièrement la zone de contact entre les formations de stone-line d'éléments résiduels de la roche-mère et ces formations de stone-line dont les éléments ont une origine alluviale et reposent sur les extrémités redressées des bancs de schistes de l'Okano.

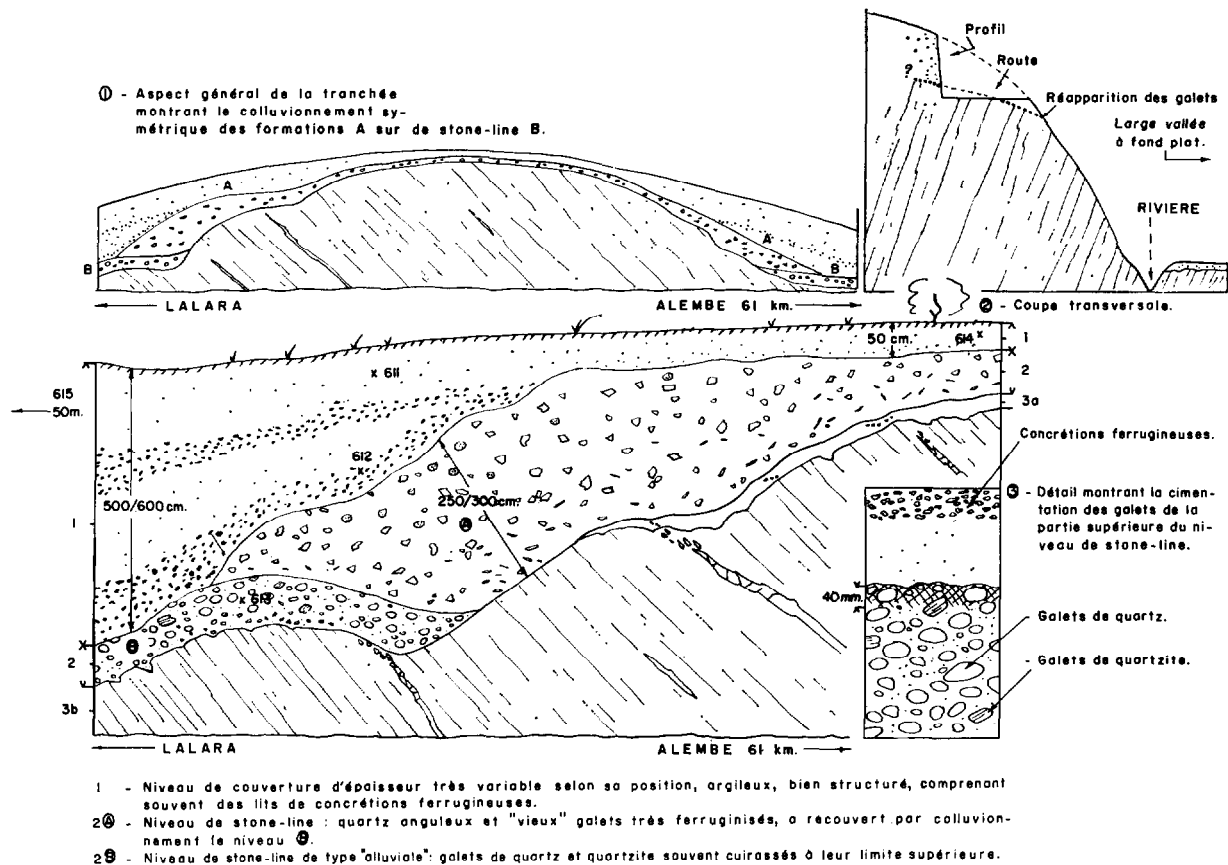


Fig. 8 — Coupe du JC 61 - PK 47 route Alembé-Lalara altitude 165 m

La partie alluviale de ce profil présente de grandes analogies avec le JC 48 et peut s'interpréter de la même façon. La limite supérieure du niveau de galets est souvent cuirassée par ses oxydes de fer (cf. schéma de détail). On peut proposer deux explications :

— Il est fréquent de trouver dans le lit de l'Ogooué des galets en partie cimentés en cuirasse conglomératique, ce qui pourrait être dû à la mise en solutions, migration, précipitation des oxydes de fer selon un rythme saisonnier auquel correspondent les crues et étiages de ce fleuve ; ce processus peut d'ailleurs très bien s'être produit sous une épaisse couverture de sables actuellement décapés.

— Processus semblable quant à la dynamique du fer mais se produisant dans le sol aux dépens des concrétions ferrugineuses sus-jacentes.

La superposition des deux types de stone-line peut se concevoir de la façon suivante :

a) Un abaissement du niveau de base a décapé les sols et même une partie de la roche-mère, située de part et d'autre de la colline indiquée sur le schéma. Par stabilisation du niveau de base, il y a alluvionnement et dépôt, directement sur les schistes, de galets et éléments fins.

b) Pendant que s'édifie un nouveau sol, le creep amène la superposition des formations pédologiques de « A » sur le lit de galets de « B ». Par défaut de drainage interne, des taches d'hydromorphie apparaissent au sein du profil, ces taches évoluent en concrétions. La présence de deux niveaux superposés de concrétions est à attribuer aux variations verticales du niveau de l'axe de drainage qui devait être jadis plus important. On s'explique en effet assez mal la disproportion qui existe entre la largeur de la vallée et le faible gabarit de la rivière qui l'occupe. Celle-ci coule actuellement sur les schistes, on peut donc supposer que les variations du niveau de base ont abouti à l'assèchement d'un axe de drainage jadis plus important (qui est d'ailleurs parallèle au cours actuel de l'Okano).

On peut objecter que les profils qui viennent d'être décrits ne sont caractéristiques que de la vallée de l'Ogooué puisque les axes routiers l'empruntent souvent. Il a été constaté lors de prospections au sud de la rive gauche de l'Ogooué et dans les Monts de Cristal, à l'occasion d'autres tranchées de route ou de chemins forestiers suffisamment encaissés qu'il y existait également et ceci d'une façon presque continue, des sols remaniés présentant les mêmes caractères que ceux décrits précédemment. Les stone-lines à quartz filonien semblent avoir la plus vaste répartition ; les stone-lines à gravillons et fragments de cuirasse sont plus rares et souvent plus localisés mais il semble hasardeux de dégager des corrélations sérieuses entre leur présence et la nature du modelé actuel ; les stone-lines d'origine alluviale sont également bien représentées le long des axes de drainage les plus importants.

3 - RAPPEL DES THÉORIES EN COURS ET PROPOSITION D'UNE THÉORIE TENDANT A RENDRE COMPTE DE L'ACTUELLE MORPHOLOGIE DES FORMATIONS REMANIÉES DANS LE SECTEUR ÉTUDIÉ

On a proposé pour expliquer la genèse de ces formations deux catégories de théories :

- Celles qui font appel à des processus de différenciation en place et utilisent comme principal argument l'identité des niveaux I et II : théories autochtonistes.
- Celles qui font état de transports latéraux, sur des distances souvent peu précisées, de matériaux qui aboutissent à la formation des niveaux I et II allochtones sur le matériau III autochtone : théories allochtonistes.

3.1 - ÉVOLUTION EN PLACE : AUTOCHTONIE

3.11 - Hypothèse d'une différenciation en place

LAPORTE (1962) suppose un enfoncement d'éléments « hétéroclites » (produits ferrugineux provenant de la fragmentation d'une ancienne cuirasse), de tous les éléments quartzeux d'origine externe et d'une partie de ceux d'origine interne que l'on trouve dans ce niveau (p. 113 de son mémoire). La séparation entre ces éléments grossiers et les éléments fins serait le fait des processus suivants :

- homogénéisation par brassage biologique dans le niveau de couverture, ce qui aboutirait à une descente verticale des éléments grossiers primitivement contenus dans ce niveau. L'auteur pense d'ailleurs plus à un « remaniement sur place » qu'à une remontée d'éléments fins par la faune du sol.

- les produits grossiers du sol ont tendance à s'enfoncer grâce à des propriétés physiques du matériau fin gorgé d'eau, à des modifications physiques du matériau fin reposant sous l'élément grossier (thixotropie ?) et également à l'action des alternances d'humectation et de dessiccation.

3.12 - Hypothèse du remaniement par les termites

GRASSE et NOIROT (1959), BOYER (1959), DEPLOEY (1964) attribuent une grande importance à l'action de la faune du sol et plus particulièrement à celle des termites qui remonteraient la terre meuble prise sous le niveau d'éléments grossiers affleurant par un décapage antérieur ; ceci aboutirait à la constitution d'un niveau sus-jacent de matériaux fins, meubles, présentant donc des degrés de parenté avec le matériau situé sous le niveau d'éléments grossiers.

a) *Action des termites :*

Elle n'est guère spectaculaire dans les forêts du Gabon, il s'agit de termites édifiant des nids arboricoles, et quelques rares et petites termitières épigées, leurs galeries souterraines sont cependant fréquentes et ces termites remontent ou tout au moins déplacent latéralement dans le sol une certaine quantité d'argile mais, semble-t-il, hors de proportions avec les épaisseurs souvent considérables que peut atteindre actuellement le niveau I. Le travail des termites améliore certainement la porosité qui, dans bien des sols en devient nettement macrotubulaire et contribue donc à faciliter la circulation des eaux percolant dans le profil.

b) *Modifications physiques dans le matériau de couverture :*

Pour que le matériau constituant le niveau de couverture puisse devenir fluide il faudrait que son humidité atteigne le domaine des limites d'Atterberg ce qui est difficilement envisageable quant à la quantité d'eau qui devrait être considérable pour des sols dépassant souvent 60 % de A + L. D'autre part il faudrait que cette humectation se fasse d'une façon homogène sur un volume de sol suffisamment important pour qu'il puisse y avoir migration d'éléments grossiers centimétriques. Il ne semble pas que, pendant la saison des pluies, cette humectation se fasse d'une façon homogène dans le sol : les sols sur schistes constituant la majorité du secteur étudié sont argileux et souvent bien structurés, polyédrique fin à moyen, ils présentent souvent, dès les 50 cm, une surstructure prismatique dont les unités sont délimitées par des fissures verticales souvent profondes ; les parois de celles-ci présentent des revêtements argileux à aspect chagriné suggérant une boue plus ou moins desséchée, il ne s'agit probablement pas de « coatings » d'argiles lessivées. Il est vraisemblable que les eaux percolant dans le sol utilisent préférentiellement ces fissures dont une faible tranche d'argiles constituant les parois pourraient à certains moments atteindre la « limite de liquidité » alors que les unités structurales seraient beaucoup plus longues à s'imbiber.

Si certaines parties du sol peuvent, même en profondeur atteindre les limites d'Atterberg, elles sont très localisées et ne peuvent en aucun cas être le lieu de migrations d'éléments grossiers, ceci d'autant plus que ces migrations auraient parfois dû s'effectuer sur quelque 10 m de niveau I.

Les alternances d'humectation et de dessiccation, surtout pour les « argiles gonflantes », et ce n'est pas le cas ici, peuvent effectivement provoquer des mouvements mais il n'est pas évident qu'il s'agisse d'une descente dans un milieu restant malgré tout rigide. D'autres objections ne concernant plus spécialement les propriétés mécaniques des sols ont déjà été formulées par différents auteurs, et ne seront pas mentionnées ici.

Nous pensons que dans certains cas, les niveaux I et II sont effectivement autochtones mais que les éléments grossiers constituant l'actuel niveau II n'ont jamais été dans le niveau I et ne sont donc pas descendus dans ce niveau.

3.2 - TRANSPORTS LATÉRAUX : ALLOCHTONIE

3.21 - Glissements de terrain et colluvionnement

SHARPE, IRELAND, EARGJE (1959) font état de glissements de terrains : les masses de sol en mouvement cisailent dans leur descente « la roche plus résistante du substratum dont les fragments s'épandent sous les blocs ou la masse du sol qui a glissé ».

Ce processus est facilement envisageable mais ne peut présenter qu'un caractère local, accidentel, l'évolution d'un modelé ne se fait pas uniquement par glissement de terrain surtout en climat équatorial et sous végétation forestière.

RUHE (1959) présente une hypothèse plus facilement généralisable : attaque par l'érosion d'anciennes surfaces structurales, il se produit sur les versants, érodés par les eaux courantes des ravinements ; au pied du versant qui recule se forme un glacis d'érosion sur lequel s'épandent les éléments grossiers, « le sédiment plus fin dérivé des versants attaqués plus haut est transporté vers le bas et en travers ou déposé sur la nappe de graviers située sur la surface d'érosion ». Processus qui permet de rendre compte de la superposition du niveau I meuble sur un niveau II d'éléments grossiers mais qui ne se déroule plus en climat équatorial où l'altération l'emporte sur l'érosion ; il n'explique pas l'actuelle morphologie de ces sols remaniés dans le secteur étudié.

3.22 - Hypothèses faisant appel à des processus multiples

DE HEINZELIN (1952) fait intervenir l'influence de paléoclimats et indique l'existence probable de trois phases :

(a) 1^{re} phase humide : altération profonde des sols ; (b) 2^e phase sèche : l'érosion linéaire redevient importante, déblayant les éléments fins et répartissant un « pavage d'éléments grossiers » qui pourraient alors acquérir une certaine patine ; (c) 3^e phase plio-pléistocène : les formations précédentes sont recouvertes par des dépôts fluvio-lacustres plus ou moins contaminés par des sables éoliens ; l'auteur accorde également une grande importance à l'activité des termites qui pourraient « concentrer les sédiments fins au-dessus des plus grossiers ».

MARCHESSEAU (1965) admet également l'intervention de processus qui ont pu dans certains cas opérer successivement et aboutir à l'édification de profils caractérisés par une convergence de forme. Il présente, dans son ouvrage une classification surtout géomorphologique des profils à stone-line.

VOGT et VINCENT (1966) dans une récente mise au point retracent l'historique de la question et développent également l'hypothèse des processus multiples.

3.23 - Hypothèse de l'inversion des matériaux : « retournement »

SEGALEN (1967) reprend et développe le schéma de Ruhe : érosion d'anciennes surfaces d'aplanissement généralement cuirassées du début à la fin tertiaire selon les endroits. En zone tropicale, le recul d'un front d'érosion par abaissement du niveau de base provoque une inversion des matériaux : les éléments grossiers épandus sur le glacis d'érosion sont simultanément recouverts par les éléments fins provenant des horizons meubles et retenus par le couvert végétal au lieu d'être entraînés par les axes de drainage.

Ce processus a intéressé de vastes zones jadis soumises au régime tropical et notamment une grande partie de l'actuelle zone équatoriale. L'auteur admet d'autre part qu'il puisse se produire en climat équatorial, des modifications morphologiques de cette stone-line par des processus « d'érosion chimique » en relation avec une reprise de l'érosion et un approfondissement des axes de drainage.

Les éléments constituant actuellement le niveau II en zone équatoriale seraient donc entièrement hérités de cette inversion des matériaux. L'auteur désigne également ce processus par le terme de « retournement ».

3.3 - CRITIQUE ET HYPOTHÈSE TENDANT A PROUVER L'ÉVOLUTION EN PLACE DE CERTAINES DE CES FORMATIONS

L'hypothèse du retournement met en cause un processus général à l'échelle de zones climatiques, facilement envisageable si l'on tient compte de l'évolution géomorphologique d'une grande partie de l'Afrique occidentale.

On peut raisonnablement supposer que ce processus s'est également déroulé au Gabon où CHATELIN (1964) signale aussi des reliquats de surface d'aplanissement au N.E. (penéplaine granitique de l'Ivindo) faisant suite à celles du sud Cameroun et au S.E. (plateaux cuirassés manganésifères de la série de Franceville).

Il n'est donc pas exclu que d'anciennes surfaces aient jadis occupé le secteur étudié à des cotes altimétriques plus élevées ; de part et d'autre de ce secteur de telles surfaces doivent bien encore exister et il devrait être possible d'en retrouver des reliquats, notamment au sommet des crêtes de quartzite, malheureusement ces régions sont difficiles d'accès et rarement cartographiées.

Très récemment un rapport de la Direction des Mines (1966) signale la présence de manganèse au nord de Ndjolé et apporte quelques précisions quant à son gisement : « les principales minéralisations se trouvent sur les reliefs les plus élevés comportant à leur sommet des lambeaux de cuirasse ancienne et liés à un soubassement de quartzites fins ».

La destruction de ces surfaces a amené la formation de « stone-lines de retournement » de type JC 9 et niveaux II a-b du JC 45 héritées d'un processus s'étant déroulé en climat tropical. Les modifications (ondulation, poches, etc...) subies par ces formations sont à attribuer à :

— une reprise de l'érosion.

— une nouvelle évolution pédogénétique caractéristique de climat équatorial et impliquant donc une profonde altération de type ferrallitique, l'action conjuguée de ces deux facteurs aboutit à remodeler le paysage qui acquiert peu à peu l'aspect actuel évoqué dans le premier chapitre.

Cette deuxième phase d'évolution en place permettrait d'expliquer certaines particularités que l'on peut résumer :

a) présence dans le niveau II de blocs de quartz encore engrenés et à aspect « d'anciens filons »,

b) importante augmentation vers la base du niveau II d'éléments directement issus de la roche-mère tels que quartz filonien plus anguleux et, souvent, petits fragments de matériau d'altération de la roche-mère,

c) dans le cas de stone-lines constituées en même temps de quartz et d'éléments ferrugineux ; les fragments de cuirasse, usés, résiduels d'une pédogenèse antérieure sont toujours situés au-dessus du niveau d'éléments grossiers quartzeux (JC 45). Si les mises en place de ces deux catégories d'éléments étaient simultanées on devrait observer le mélange de ceux-ci,

d) différenciation verticale de bas en haut de l'aspect des éléments quartzeux et qui se traduit généralement par une progressive ferruginisation des quartz les plus anciennement hérités de la roche-mère,

e) les niveaux de stone-line d'éléments uniquement quartzeux sont d'autant plus épais que la roche-mère immédiatement sous-jacente contient plus de filons,

f) la limite inférieure du niveau II est dans bien des cas plus diffuse que la limite supérieure ce qui ne devrait pas exister s'il était uniquement question d'un épandage d'éléments grossiers sur un glacis d'érosion.

Cette nouvelle évolution en climat équatorial, dans une zone à intense rajeunissement du relief ne serait pas uniquement responsable de la concentration de quartz résiduel de la roche-mère sous des « stone-lines de retournement » mais pourrait également aboutir à l'entière constitution de certaines stone-lines à quartz filonien ou à concrétions.

La principale objection, si l'on considère cette possibilité, est bien évidemment l'origine du niveau I ; on peut pour cela concevoir le processus suivant :

1. Certaines régions ont pu être épargnées par le retournement ou, tout au moins, n'en ont pas gardé de trace ce qui doit être possible si l'on tient compte de la différence d'altitude qui existe entre les surfaces nord Congo et sud Cameroun culminant à environ 700 m et les altitudes où ces stone-lines sont actuellement observées (250 m même en s'éloignant de la vallée de l'Ogooué). Héritées telles quelles à certains endroits, ces formations remaniées purent être déblayées dans d'autres endroits à cause des différents cycles d'érosion qui ont suivi celui ayant amené l'inversion des matériaux.

Dans ces zones il subsiste ou il s'établit un « profil normal » où les éléments grossiers sont uniformément répartis dans toute la puissance des horizons pédologiques, donc un sol non remanié.

2. Le profil en long de l'Ogooué tend à se régulariser, ce qui amène une adaptation de tous ses affluents à toute une série de niveaux de base locaux correspondant à leur confluence avec l'Ogooué ; tous les axes de son bassin versant s'encaissent ce qui provoque un approfondissement des sols puisque les eaux percolent de plus en plus profondément avant de rejoindre les axes collecteurs.

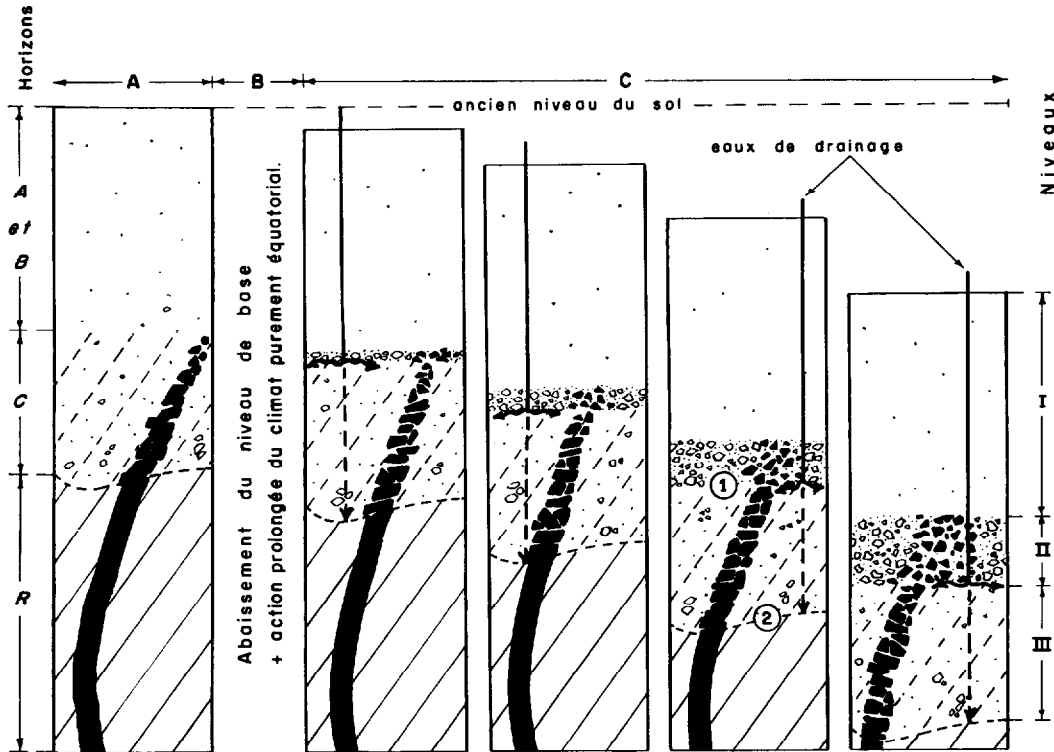
3. A la limite de l'horizon B et du matériau d'altération de la roche-mère encore géologiquement structurée (C) — donc à la limite de deux matériaux physiquement différents — une partie des eaux percolant dans le profil circule plus latéralement ce qui : (a) accentue l'élimination des produits solubilisés et hydrolysés primitivement par altération — (b) provoquerait la disparition de la foliation que présente encore le matériau d'altération de la roche-mère, la désorganisation du litage des minéraux altérés et, bien souvent épigénisés. On observe alors un accroissement numérique de la densité des éléments grossiers peu altérables primitivement inclus dans ce matériau : quartz, minéraux primaires ferrugineux et dont l'altération ferrallitique a accentué la ferruginisation.

Les éléments grossiers pourraient donc se rassembler après le passage d'un front « de destructuration »

Il faudrait admettre que, dans l'espace, ceux-ci en se rassemblant, descendent, ainsi que les horizons et niveaux sus-jacents qui garderaient théoriquement une épaisseur constante s'il n'intervenait pas érosion ou colluvionnement. Ces éléments grossiers « enrichissent » peu à peu le niveau de stone-line par sa base et n'ont donc jamais été contenus dans le niveau I.

Il n'y aurait par contre pas de modifications pour les horizons pédologiques déjà développés avant la reprise de l'érosion : l'actuel niveau I serait hérité de l'horizon B du profil primitif sans stone-line (fig. 9).

Ce processus qui allègue des modifications physiques dans les profondeurs du sol, provoquant en définitive un abaissement général des niveaux du sol pourrait constituer une des multiples formes de l'érosion générale mais dont l'importance serait très difficile à évaluer étant données les modifications extérieures subies simultanément ou ultérieurement par les horizons de surface.



— ASPECTS SUCCESSIFS D'UN MÊME PROFIL POUR DES TEMPS CROISSANTS →

Fig. 9 — Représentation schématique de la formation d'une stone-line d'éléments résiduels de la roche-mère

1. Front de « destructuration » : transformation d'un matériau encore géologiquement structuré en un matériau pédologiquement structuré.

2. Front d'altération : passage de la roche saine D à un matériau originel C encore géologiquement structuré mais friable.

Niveau I : niveau de couverture meuble.

Niveau II : niveau de stone-line d'éléments quartzeux résiduels de la roche-mère.

Niveau III : matériau d'altération géologiquement structuré parcouru par des filons de quartz fragmentés et dont les éléments restent alignés.

A. Sol ferrallitique non remanié.

B. Abaissement du niveau de base, tous les axes de drainage d'un bassin versant se réajustent progressivement aux niveaux de base locaux, les talweg s'engrèssent mais les différents niveaux apparus s'adaptent au nouveau modelé, il ne se produit que peu d'incisions de la surface topographique.

C. Représentation schématique de la formation d'une « stone-line d'éléments résiduels de la roche-mère ». Pour des temps croissants la destructuration de la zone limitrophe niveau II/niveau III et l'exportation de corps solubles apparus par altération ferrallitique amène une augmentation de la densité numérique des éléments grossiers et la constitution d'une stone-line quartzeuse explicitée par la présence d'un filon de quartz en noir sur le schéma. Ces destructurations et exportations seraient le fait de la circulation préférentielle d'une partie des eaux de drainage (indiquées par les flèches) à la partie supérieure du niveau III et vers les axes de drainage les plus proches.

Cette conception est évidemment critiquable : on peut objecter qu'il ne pourra pas y avoir un « rassemblement » des éléments grossiers tel que ceux-ci soient plus ou moins jointifs ce qui est actuellement observé dans bien des niveaux de stone-line ; il faut peut-être alors tenir compte des faits suivants :

— le niveau II doit actuellement introduire une discontinuité dans la dynamique des eaux percolant dans le profil ce qui pourrait tendre à rapprocher les éléments grossiers qui étaient plus lâchement rassemblés par le processus précédent.

— il ne faut pas perdre de vue les possibles hétérogénéités pétrographiques de la roche-mère dont certains bancs ont pu être jadis plus riches en éléments grossiers peu altérables ; de par le déroulement de ce processus il n'en subsiste que les éléments grossiers et leur matériau argileux d'emballage qui constituent actuellement une partie de la stone-line.

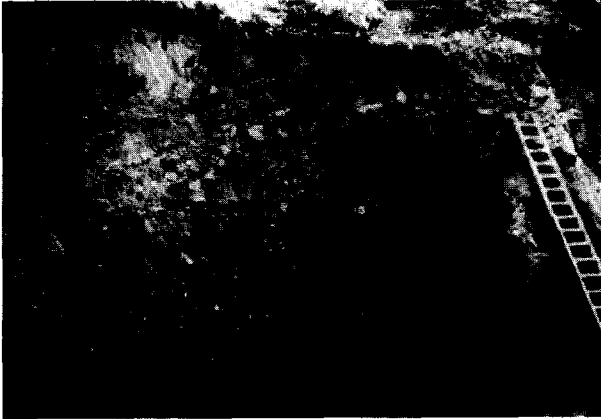
D'autres processus existent certainement et peuvent juxtaposer leurs effets ; c'est ainsi que le creep de la partie supérieure du sol peut également contribuer à enrichir certains horizons en éléments grossiers : des filons de quartz primitivement inclus dans l'horizon C ont, par exemple, tendance à s'infléchir dans le sens de ce mouvement et les éléments quartzeux plus ou moins disloqués peuvent très bien prendre à la limite des niveaux I et II une configuration de stone-line parallèle à la surface topographique. Il ne semble pas qu'il faille cependant l'invoquer uniquement et systématiquement puisque l'on trouve de très épais niveaux d'éléments grossiers au sommet des reliefs ainsi qu'en topographie trop peu accidentée pour qu'il puisse s'y produire des glissements de la partie supérieure du sol.

4 - CONCLUSION

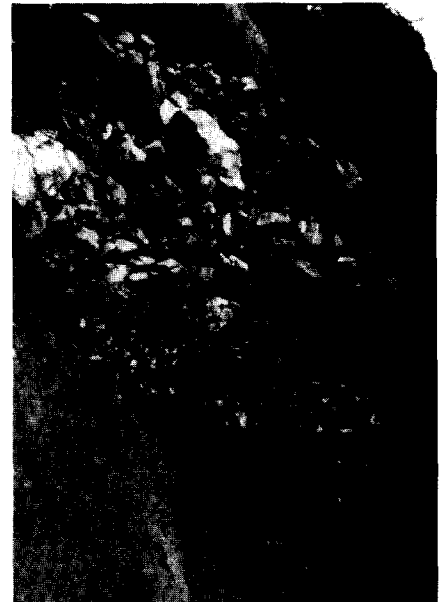
L'érosion chimique (SEGALEN, 1967) est responsable de modifications morphologiques de stone-lines formées jadis en climat tropical mais elle pourrait aussi actuellement, en climat équatorial, contribuer à l'édification de niveaux d'éléments grossiers primitivement inclus dans la roche-mère. Ce processus aboutirait à la formation de certaines stone-lines de quartz filonien ; dans d'autres cas, de stone-lines de concrétions ferrugineuses particulièrement nettes sur les roches sédimentaires du bassin créacé. On pourrait également expliquer par ce processus et considérer comme niveau de stone-line et ce serait un cas limite — certains niveaux, particulièrement nets dans la région de Libreville, constitués de blocs d'ancienne cuirasse vacuolaire fracturée et dont les éléments basculant et « jouant » plus ou moins les uns par rapport aux autres épousent actuellement les limites du matériau d'altération géologiquement structuré et par suite se trouvent adaptés à l'actuel modelé.

Dans le processus qui a été évoqué intervient la descente d'un front de « destructuration » qui, faute de mieux, est attribué à l'action d'une partie des eaux percolant dans le profil ; peut-être existe-t-il d'autres causes qui n'ont pas été repérées, toujours est-il qu'une réponse pourrait peut-être se trouver dans l'étude des processus physiques qui amènent une perte de la structure originelle du matériau d'altération.

Le remaniement des sols pose aussi des problèmes pratiques pour la cartographie : il est bien rare de trouver de telles tranchées qui permettent de révéler la présence d'un niveau de stone-line sous des épaisseurs souvent considérables de matériau meuble de couverture. Pour définir le « groupe » il serait utile de fixer la profondeur limite où l'on peut observer le niveau II, quitte à sous-entendre ce remaniement et ne tenir compte que des critères pédologiques fournissant la clé des autres groupes pour tous les autres cas où les fosses ne révèlent qu'un matériau meuble homogène pouvant très bien correspondre à un niveau I.



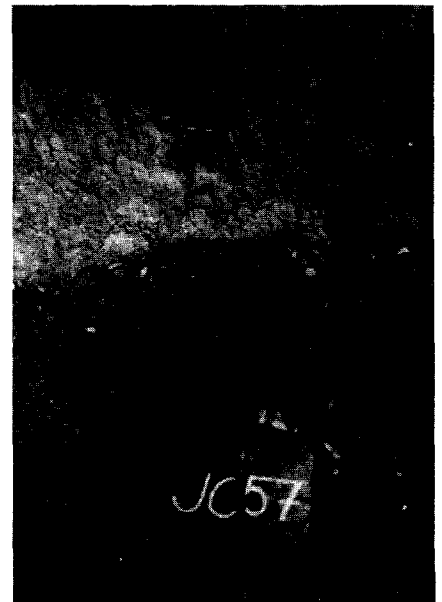
1 — JC 5 : stone-line de quartz filonien, remarquer la présence des gros filons de quartz, qui se débitent dans le niveau II.



2 — JC 5 : détail du niveau II.



3 — JC 57 : stone-line gravillonnaire apparaissant au niveau de la route.



4 — JC 57 : détail du niveau gravillonnaire (très exceptionnellement les éléments grossiers sont ici lâchement rassemblés), remarquer la limite supérieure nette et la limite inférieure plus diffuse.



5 — JC 17 : poche symétrique avec excroissance en champignon dans un niveau de stone-line gravillonnaire.



6 — JC 18 : épaisse stone-line de quartz filonien à gauche, brutalement interrompue et laissant la place à une stone-line de galets à droite ; il n'y a aucune contamination de l'une par l'autre.



7 — JC 56 : stone-line à galets sur gneiss d'Ebel en bancs subverticaux dont la structure est particulièrement bien conservée.



8 — JC 61 A : colluvionnement de graviers et cailloux de quartz filonien anguleux sur un niveau de galets visible juste au-dessus des schistes.

BIBLIOGRAPHIE

- ALIMEN (H.), 1966. — Préhistoire de l'Afrique. Éd. N. Boubée et Cie, Paris, 551 p.
- AUBERT (G.), SEGALEN (P.), 1966. — Projet de classification des sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. IV, n° 4, pp. 97-112.
- AUBREVILLE (A.), 1962. — Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. *Adansonia*, t. II, fasc. 1, pp. 16-84.
- BIROT (P.), 1965. — Géographie physique générale de la zone intertropicale (à l'exclusion des régions arides et semi-arides). Les cours de Sorbonne. C.D.U., Paris, 290 p. multigr.
- BOURGEAT (F.), PETIT (M.), 1966. — Les « stone-lines » et les terrasses alluviales des hautes terres malgaches. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. IV, 2, pp. 3-19.
- BOYER (Ph.), 1959. — De l'influence des termites de la zone intertropicale sur la configuration de certains sols. *Rev. Géomorph. dyn.* X, n° 1-2 et 3-4, pp. 41-44.
- CHATELIN (Y.), DELHUMEAU (M.), 1964. — Études pédologiques dans les régions traversées par le projet de voie ferrée Owendo-Belinga. ORSTOM, Mission au Gabon, Libreville. Fasc. 2 : Les sols des massifs cristallins ou cristallophylliens des Monts de Cristal, des Monts de N'Djolé et du Chaînon de Lambaréné-Chinchoua. 21 p., multigr. Fasc. 4 : La vallée du Moyen-Ogooué de Booué à Junckville. 27 p. multigr. Fasc. 5 : La route de Ndjolé à Lalara. 17 p. multigr.
- CHATELIN (Y.), 1964. — Notes de pédologie gabonaise. 1. 2. 3. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. II, fasc. 4, pp. 3-28.
- CHATELIN (Y.), 1966. — Essai de classification des sols ferrallitiques au Gabon. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.* vol. IV, n° 4, pp. 45-60.
- DE CRAENE (A.), SOROTCHINSKY (C.), 1954. — Essai d'interprétation nouvelle de la genèse de certains types de « stone-line ». *Conf. interafr. Sols*. 2. Léopoldville, vol. I, pp. 453-456.
- DE HEINZELIN (J.), 1952. — Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur Nord-oriental du bassin du Congo. *INEAC*, Bruxelles, 172 p.
- DE HEINZELIN (J.), 1952. — Observation sur la genèse des nappes de gravats dans les sols tropicaux. *Publ. INEAC, sér. Sci.*, n° 64. Bruxelles, 37 p.
- DELHUMEAU (M.), 1964. — Reconnaissance pédologique de N'Djolé à Belinga. ORSTOM, Mission du Gabon, Libreville, 72 p. multigr.
- DELHUMEAU (M.), 1965. — Notes de pédologie gabonaise n° 4. Les sols ferrallitiques jaunes formés sur le socle granito-gneissique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. III, fasc. 3, pp. 207-221.
- GRAS (F.), 1967. — Étude pédologique des abords de la Bouenza dans la coupure SIBITI. Centre ORSTOM de Brazzaville, MC 142, 89 p. multigr.
- KOECHLIN (J.), 1961. — La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo. *Mém. ORSTOM n° 1, I.R.S.C.*, Brazzaville ; ORSTOM, Paris, 310 p.
- LAPORTE (G.), 1962. — Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog. *I.R.S.C. MC 119*. Brazzaville, 149 p. multigr.
- MARCHESSEAU (J.), 1965. — Études minéralogiques et morphologiques de la « Stone-line » au Gabon. BRGM. Libreville, 65.A. 9, 109 p. multigr.
- ROUGERIE (G.), 1960. — Le façonnement actuel des modelés en Côte d'Ivoire forestière. *Mém. IFAN*, n° 58, Dakar, 542 p.
- RUHE (R.V.), 1959. — « Stone-lines » in soils. *Soil Sci.*, vol. 87, n° 4, pp. 223-231.
- SEGALEN (P.), 1967. — Le remaniement des sols et la mise en place de la stone-line en Afrique. ORSTOM, réunion annuelle des pédologues, 1967, Bondy. 22 p. multigr.
- SEGALEN (P.), 1967. — Les sols et la géomorphologie du Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, vol. V, n° 2, pp. 137-187.
- TRICART (J.), CAILLEUX (A.), 1965. — Traité de Géomorphologie. t. V. Le modelé des régions chaudes, forêts et savanes. *SEDES*, Paris, 322 p.
- VINCENT (P.L.), 1965. — Formations meubles superficielles au sud du Congo et au Gabon, Mission 1964-1965. *BRGM* Brazzaville, 65.A.9.
- VOGT (J.), VINCENT (P.L.), 1966. — Terrains d'altération et de recouvrements en zone intertropicale. *Bull. BRGM.*, 4, pp. 1-111.