

Pédogenèse sur le socle granito-gneissique du Togo

Différenciation des sols et remaniements superficiels *

André LÉVÊQUE

Pédologue de l'ORSTOM, B.P. 20, Abidjan (Côte d'Ivoire)

I. INTRODUCTION

Au Togo, comme dans de très nombreuses régions intertropicales, on observe très généralement, tout au long des versants, des associations de sols très différents les uns des autres.

Sur le socle granito-gneissique, qui offre le plus large éventail pédologique de tout le pays, une cartographie assez détaillée a permis de reconnaître que l'ordre de succession des différents sols en fonction de la topographie se retrouve partout identique à lui-même. Cet ordre de succession a conduit à la notion synthétique de « toposéquence virtuelle générale » qui s'étend, par de très nombreuses gradations, entre les deux pôles suivants :

— Dans les parties les plus hautes du paysage, la kaolinite est exclusive, au moins dans les horizons A et B, tandis que le fer, dissocié de toute combinaison silicatée, est fortement exprimé sous forme de sesquioxides. Ces deux caractères traduisent la lixiviation des constituants les plus solubles.

— Dans les parties basses, au contraire, la prédominance de la montmorillonite et la richesse en bases, accompagnées d'une expression faible ou nulle des sesquioxides, indiquent la concentration des constituants les plus mobiles.

Une telle distribution pose le problème de la part respective des dynamiques verticale et latérale dans le paysage pédologique, des constituants libérés par l'altération des roches.

En fait, il est très rare de retrouver sur le même interfluve, l'association complète des différents sols de la toposéquence virtuelle générale. L'un ou l'autre de ses deux pôles (ou même quelquefois les deux) fait défaut dans la majorité des cas. L'étude détaillée de nombreuses toposéquences a montré que celles-ci se groupent en trois types fondamentaux.

II. LES TROIS TYPES FONDAMENTAUX DE TOPOSÉQUENCES ET LEUR RÉPARTITION

Sur toute l'étendue du socle granito-gneissique, les quatre facteurs pédogénétiques suivants restent à peu près constants.

— Le climat est du type guinéen (baouléodahoméen) ou soudano-guinéen, avec une longue saison très sèche de la fin octobre à la mi-mars ou au début d'avril. La pluviosité moyenne annuelle est de 1 200 mm.

— Les caractères topographiques des versants sont comparables : les dénivelées varient, dans la plupart des cas, entre 20 et 30 m pour des longueurs de 0,9 à 2 km. Les pentes moyennes sont comprises entre 1,4 à 3 %.

— Le couvert végétal climacique est assuré par une série de faciès intermédiaires entre la savane arborée dense et la forêt semi-décidue.

— Une activité intense et parfois profonde, de la faune affecte tous les sols.

Par contre, le soubassement géologique présente une forte hétérogénéité.

* Résumé d'une thèse présentée le 24 juin 1975 à la Faculté des Sciences de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, pour obtenir le grade de Docteur es Sciences Naturelles.

A. Le premier type de toposéquence : dominance des sols ferrallitiques et des sols ferrugineux.

Les toposéquences du premier type (fig. 1a) se raccordent à l'amont, à un témoin d'une surface d'érosion fortement aplanie. Cette surface est la plus ancienne phase géomorphologique que l'on peut retrouver sur le socle. Elle est l'homologue du haut glacis des géomorphologues qui ont étudié l'Afrique de l'Ouest. A l'aval, le drainage est, en général, assuré par l'une des ramifications extrêmes du réseau hydrographique. Entre ces deux termes, le versant présente un profil en long rectiligne et réalise, par

l'ensemble de ses grands caractères, l'homologue du moyen glacis.

La succession des sols est la suivante.

— Des sols ferrallitiques couvrent, à l'amont, la partie de l'interfluve façonnée dans le haut glacis et la zone de raccord au moyen glacis. Leurs horizons A et B sont parfaitement drainés et leur plancher d'altération se situe, pour la plupart d'entre eux, à plus de 12 m de profondeur. Ils réalisent le pôle le plus élevé de la toposéquence virtuelle générale : dans les horizons A et B, la kaolinite est exclusive et les sesquioxydes de fer sont complètement individualisés.

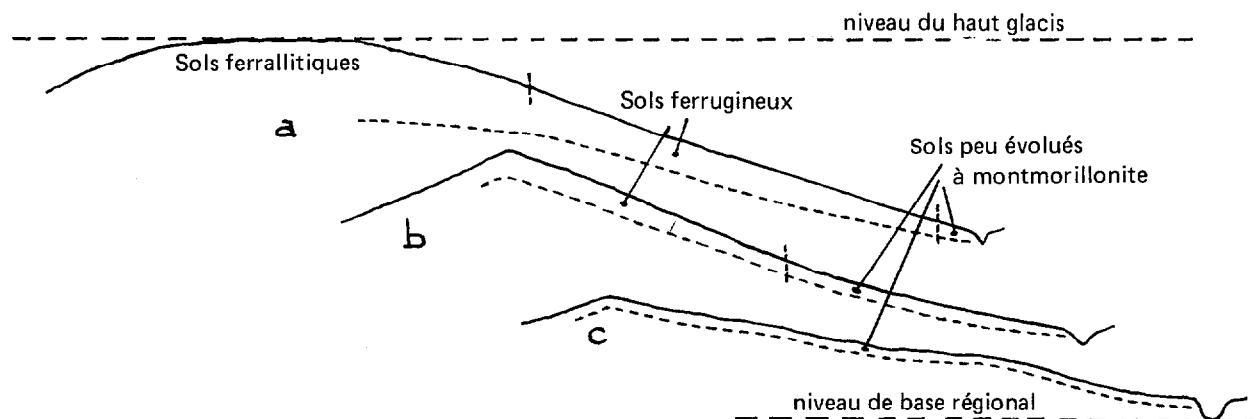


FIG. 1. — Distribution schématique dans le paysage des principales unités géomorphologiques et des toposéquences fondamentales.

C'est dans cette unité pédo-géomorphologique que l'on trouve les zones de cuirassement les plus fréquentes et les mieux caractérisées. Mais dans l'ensemble, l'induration des sesquioxydes de fer, principalement sous forme de nodules, est modeste. Les horizons supérieurs éluviés en argile sont également assez peu développés. D'autre part, la présence de montmorillonite s'observe dans l'horizon C, à une profondeur d'autant plus restreinte que la roche-mère est basique.

— Des sols ferrugineux font suite aux sols ferrallitiques et ceci presque jusqu'à la base du versant. Leur plancher d'altération est atteint à une profondeur généralement inférieure à 4 m. L'hydromorphie temporaire est peu marquée dans ceux de l'amont où elle est localisée à la base de l'horizon B. Vers l'aval, elle affecte progressivement une plus grande partie du profil pour remonter jusqu'à la base des horizons

A₁. Les horizons supérieurs éluviés en argile sont beaucoup mieux individualisés et plus épais que ceux des sols ferrallitiques. Les horizons de concentration ferrugineuse sont très intensément concrétionnés et présentent leur développement maximum un peu en-dessous de la mi-pente en général, avant le passage, vers l'aval, dans la zone des sols ferrugineux hydromorphes. L'induration en masse est moins fréquente que dans les sols ferrallitiques. Elle se limite, dans la plupart des séquences, à d'étroites bandes de carapace nodulaire fragile, discontinues, et parallèles aux courbes de niveau. Les phyllites des horizons A et B sont composées de kaolinite exclusive ou très dominante dans les sols ferrugineux de l'amont. Vers l'aval, des interstratifiés ou de l'illite, selon la roche-mère, en représentent une proportion progressivement croissante, qui atteint parfois plus de 50 %. Dans les horizons C et BC, la fraction fine présente

des caractères montmorillonitiques de plus en plus nets vers l'aval tandis que subsistent des silicates primaires encore intacts ou en voie d'altération et progressivement plus nombreux.

— Une mince bande de sols que l'on peut rattacher au sous-groupe régoïque de la classe peu évoluée, sépare l'ensemble précédent de l'axe de drainage de la séquence. Elle est souvent discontinue. Les profils sont beaucoup moins différenciés que ceux des sols de l'amont bien qu'un horizon supérieur éluvié en argile et un B structural s'individualisent. Ils sont constitués pour l'essentiel, d'un matériau argileux à nets caractères montmorillonitiques, dont on peut suivre en profondeur, les différents stades de développement aux dépens de la roche-mère. L'expression des sesquioxides de fer et leur concrétionnement sont très discrets. Au sein de cet ensemble, on note, dans certaines séquences, des zones d'alcalisation. Celles-ci sont en discontinuité avec les sols qui les environnent et sont localisées sur des passées du socle plus riches en sodium que la moyenne.

Cet ensemble de sols réalise le pôle inférieur de la toposéquence virtuelle générale.

B. Le second type de toposéquence : absence de sols ferrallitiques, importance accrue des sols à montmorillonite.

Les toposéquences du second type (fig. 1b), se développent sur des interfluves qui culminent en dessous des cotes les plus basses des témoins du haut glacis. Les versants, qui se recourent, sur les lignes de crête, selon un angle vif, présentent deux parties. Dans une section amont, le profil en long est rectiligne alors que, dans la section aval, il s'adoucit selon une concavité plus ou moins marquée. Cette seconde partie s'étend d'une façon très préférentielle aux dépens des formations basiques du socle et de très nombreux exemples montrent que le modelé de ce socle est, en grande part, sous le contrôle du couple « altération-érosion » différentielles. Plusieurs éléments d'appréciation permettent de rattacher la partie amont au système des moyens glacis et la partie aval, à celui des bas glacis.

Dans ce second type de toposéquences, les sols ferrallitiques font défaut. Les sols ferrugineux se retrouvent dès le sommet du versant avec les mêmes grands caractères que précédemment, les phyllites à réseau 2/1 dominant d'emblée dans le matériau fin des horizons C et subsistant partiellement plus haut dans le profil. Leur profondeur est dans l'ensemble plus faible que celle de leurs homologues du

premier type de séquence et leur extension fréquemment réduite à la moitié supérieure du versant, au plus.

Les sols à profil peu différencié et à montmorillonite très dominante couvrent une grande partie aval qui correspond au bas glacis. Ils composent un complexe dans lequel diverses tendances évolutives s'affirment plus ou moins : soit vers des faciès d'alcalisation, ce qui est rare, soit vers des sols ferrugineux peu profonds soit, plus fréquemment vers des sols vertiques, selon les particularités de la lithologie ou du drainage. D'abondants silicates de la roche-mère subsistent à partir d'une faible profondeur dans tous les profils de ce second ensemble de sols.

C. Le troisième type de toposéquence : exclusivité ou dominance de la montmorillonite.

Les interfluves sur lesquels se développent les toposéquences du troisième type (fig. 1c) sont encore plus surbaissés que ceux du type précédent. L'analyse de leurs grands caractères permet de retenir qu'ils sont les homologues du système ouest-africain des bas glacis.

Le développement des sols présente une très faible différenciation de l'amont vers l'aval. Dès le sommet nous trouvons le complexe des sols peu évolués à montmorillonite dominante ou exclusive. Les sols ferrugineux sont absents ou seulement représentés, sous un faciès mince (de profondeur inférieure à 1 m), par de très petits ensembles liés à des passées du socle plus acides que la moyenne. Quand, au contraire, la roche-mère est basique, des vertisols plus ou moins francs se développent. Les concentrations d'éléments très solubles (calcium et, plus rarement, sodium) sont indépendantes de la situation sur le versant. L'importance des concentrations calcaires (sous forme de nodules) en particulier, est étroitement liée au pourcentage de calcium de la roche-mère.

Parmi les traits communs des sols qui composent cet ensemble, il faut retenir la profondeur très faible du plancher d'altération (souvent inférieure à 2 m) et la persistance de minéraux primaires abondants souvent jusqu'au sommet des profils.

Les travaux de cartographie ont permis d'étudier la répartition sur le socle de ces trois types de toposéquences (fig. 2). Le premier type, dans lequel les sols ferrallitiques couronnent les interfluves, s'observe surtout dans les régions les plus éloignées du niveau de base. Il faut rappeler que les termes amont de ce premier type, dont l'évolution géochimique est la plus poussée, se raccordent au système du haut glacis et que celui-ci est la plus ancienne unité géomorpho-

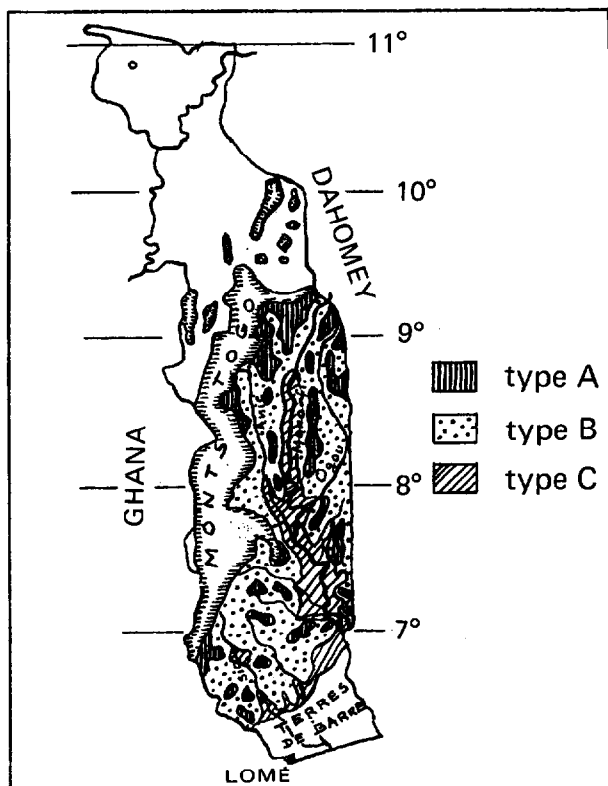


FIG. 2. — Zones de fréquence maxima des trois types de toposéquences.

logique. Au pôle géochimique opposé, le troisième type de toposéquences, dans lequel la montmorillonite est, en général, exclusive jusqu'au sommet des profils et sur toute la surface de l'interfluve, se cantonne aux abords du niveau de base. Celui-ci est représenté par les plus importants axes de drainage, moteurs de l'évolution géomorphologique. Ces zones sont soumises au rajeunissement le plus actif. Le second type de toposéquence couvre entre ces deux extrêmes la majorité du socle.

La gradation géochimique du premier vers le troisième type de toposéquences s'accompagne d'un amincissement des profils et d'une permanence de plus en plus marquée dans les sols, des silicates de la roche-mère, à mesure que l'on se rapproche du niveau de base.

Cette convergence de fait rend nécessaire de situer en fonction de la durée d'évolution, les différents types d'organisation pédologique des versants, les uns par rapport aux autres. Les sols qui recouvrent un inter-

fluve correspondent à des périodes d'autant plus prolongées que le niveau de base est éloigné et que les actions de rajeunissement ont été freinées. Les interfluves les plus éloignées du niveau de base ont subi d'une façon très incomplète les diverses phases de rajeunissement quaternaires. L'érosion régressive s'est alors facilement amortie des points bas vers les sommets.

La dominance de la montmorillonite jusqu'au sommet de profils apparaît donc découler d'une mise récente à l'affleurement de matériaux peu altérés et encore riches en silice et en bases.

A l'importance de la durée d'évolution, qui est primordiale dans la différenciation latérale, il convient d'ajouter celle de la nature des roches-mères. Transparaissant dans les sols ferrallitiques, ce second facteur est particulièrement important dans ceux des unités géomorphologiques les plus jeunes.

III. L'ORIGINE ET LA MISE EN PLACE DES DIFFÉRENTS MATÉRIAUX

Au-delà des variations pédologiques latérales, relatives aux grands caractères de l'évolution géochimique des matériaux d'altération, la différenciation verticale des profils s'effectue principalement sous l'action des deux processus suivants :

— des concentrations ferrugineuses, souvent très importantes, sous forme de nodules ou de concrétions,

— la perte d'argile, également très poussée, subie par les horizons supérieurs de presque tous les sols.

D'importants mouvements de matière ont donc affecté les matériaux livrés par l'altération des roches-mères. Il est nécessaire d'en préciser la direction et le sens et de rechercher, en particulier, s'ils n'ont pas constitué un facteur supplémentaire de différenciation latérale par redistribution à l'échelle du paysage.

Le problème est, cependant, compliqué par les remaniements superficiels. Ceux-ci sont soulignés par la concentration de gravats à plus ou moins grande profondeur et par de nettes discontinuités morphologiques. Leur caractère le plus marquant est qu'on les reconnaît dans tous les types de sols et en toute situation topographique. Les remaniements superficiels constituent un phénomène absolument général. Il importe donc, avant d'aborder les mouvements de fer et d'argile, de préciser les modalités de ces bouleversements. Il s'agit d'abord, d'étudier l'origine et la mise

en place des matériaux impliqués afin de pouvoir dégager, ensuite, l'importance du phénomène dans l'individualisation et la constitution des différents horizons.

A. Modalité des remaniements superficiels

Les remaniements superficiels se traduisent par l'individualisation, dans tout le profil, de trois groupes d'horizons, ou « niveaux » selon la terminologie de Laporte. Ces niveaux présentent une morphologie fréquemment contrastée de l'un à l'autre.

— Un niveau superficiel (I) est constitué essentiellement de matériaux fins (de taille inférieure à 2 mm). Il est caractérisé par une forte éluviation de l'argile. S'y différencient les horizons A1, parfois A2 et plus rarement AB.

— Dans un niveau de profondeur moyenne (II), est concentrée la plus grande partie, sinon la totalité des éléments grossiers du profil : nodules, concrétions, parfois des blocs cuirassés, des graviers et cailloux de quartz. Ces derniers sont omniprésents et leur caractère essentiel est de présenter, pour nombre d'entre eux, des figures d'éroulé intense et même, une morphologie de véritables galets. Dans ce niveau grossier, les nodules et les concrétions ferrugineux, constituent fréquemment un horizon B_{fe} très développé. La fraction fine est, dans la majorité des cas, évoluée en un horizon B qui s'individualise du reste du profil, surtout par sa couleur et sa structure et, dans une moindre mesure, par sa texture. Dans certains profils, l'éluviation de l'argile peut avoir gagné profondément en-dessous du niveau I. La fraction fine est alors transformée en un horizon A2 puissant qui se juxtapose à l'horizon B_{fe} réalisé par la concentration ferrugineuse grossière.

— Dans le niveau III, profond, la texture (au sens géologique du terme) de la roche-mère est en partie conservée. Les filons les plus résistants à l'altération sont peu ou pas disloqués et aucune trace d'éroulé n'est visible. Dans ce niveau, on peut suivre les différents stades de transformation de la roche-mère en un matériau meuble et de plus en plus argileux (horizon C et, dans certains profils, BC).

L'ensemble des niveaux I et II, où toute trace d'organisation pétrographique a disparu, mais auquel sont incorporés des éléments dont l'usure mécanique est manifeste, a été intensément bouleversé. Il peut, à priori, être considéré comme allochtone. Mais cette présomption d'allochtonie n'a pu être vérifiée. Plusieurs caractères conduisent, au contraire, à penser

que les bouleversements mécaniques superficiels des profils se sont effectués sans déplacement latéral sensible.

— La puissance des niveaux remaniés est largement indépendante de la situation topographique et, en particulier, aucun atterrissement n'est décelable à la base des versants.

— A toute modification de la richesse en filons de quartz du soubassement, correspond une nette variation dans les profils sus-jacents, du pourcentage de graviers et cailloux de quartz anguleux et émoussés.

— Sauf accidents dans l'homogénéité verticale de la roche-mère, le cortège des minéraux lourds peu altérables est le même dans les horizons remaniés et dans les horizons en place.

— Les variations de la granulométrie des sables quartzeux en fonction de la profondeur dans la partie remaniée, s'effectuent selon le même schéma, indépendamment de la situation topographique et du type de sol :

- . pour les fractions de 2 000 à 500 microns en moyenne : concentration au plancher du niveau II,
- . pour les fractions de 315 à 80 microns : concentration au sommet du profil,
- . les pourcentages maxima des sables de taille inférieure à 80 microns s'observant dans la majorité des cas, à la base du niveau II.

La reconstitution, par le calcul, de la granulométrie, des sables de l'ensemble des niveaux I et II permet d'établir un bilan comparatif de la partie remaniée des profils par rapport au niveau III en place. Ce bilan présente les grands traits suivants (fig. 3) :

— déficit des sables grossiers (supérieurs à 500 microns) et en sables les plus fins (inférieurs à 100 microns),

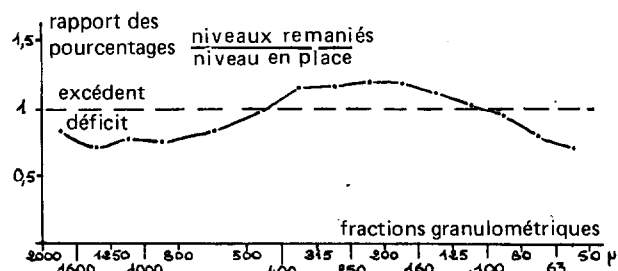


FIG. 3. — Valeurs médianes du rapport des pourcentages des diverses fractions granulométriques, entre l'ensemble des niveaux remaniés et le niveau en place.

— excédent des sables de taille intermédiaire (entre 500 et 100 microns).

Comme pour la distribution granulométrique en profondeur, *ce bilan est indépendant du type pédologique et de la situation topographique*. De plus, il se retrouve identique à celui des autres sols, dans ceux qui, en bas de pente, présentent une épaisseur remaniée supérieure à la moyenne et que l'on a souvent tendance, à interpréter comme développés dans des colluvions.

L'étude granulométrique des matériaux de termitières permet d'expliquer à la fois, le bilan et la distribution granulométrique de la partie remaniée. Elle montre que les termites sélectionnent de façon *très précise*, les particules en faveur des fines. Il en résulte dans la partie remaniée, dont les matériaux proviennent de termitières effondrées, un déficit de sables grossiers. Mais au cours de la vie d'un édifice termitique, l'érosion par les pluies, qui ruissellent sur la muraille, entraîne les particules les plus fines d'une façon préférentielle, d'où le déficit constaté pour ces dernières fractions. Tout au long de l'histoire d'un sol ce tri constant par les termites et l'érosion sélective non moins continue ont pour résultat une nette stratification des sables en fonction de leur taille. Cette action de la faune aboutit également à la concentration, en profondeur, de tous les éléments grossiers dispersés à l'origine dans le profil, par prélèvements des particules plus fines.

B. Les concentrations ferrugineuses

1. La formation des nodules et des concrétions

Le problème des concentrations ferrugineuses a été limité à l'étude de l'origine des nodules et des concrétions. Ces éléments grossiers contiennent en effet, en moyenne 75 % du fer total de l'ensemble des horizons A et B dans les sols ferrallitiques et dans les sols ferrugineux.

Les nodules et les concrétions (concrétions au sens large) présentent une morphologie spécifique du type de sol dans lequel on les trouve. Tout au long d'une séquence, les variations de leur forme, de leur structure, de leur taille, de leurs inclusions de minéraux primaires, etc., sont en conformité avec celles des différents caractères de la fraction fine. Il en est de même dans la direction verticale, quand on passe du sommet du profil à la base des horizons B_{fe}.

D'autre part, la répartition des gravats quartzeux et des concrétions, tout au long des toposéquences

fait ressortir, dans la majorité des cas, deux zones. Dans une première zone, à l'amont, ces deux types d'éléments grossiers sont répartis assez uniformément dans le niveau II. Dans la seconde zone, à l'aval, leurs concentrations respectives sont au contraire dissociées : les quartz se retrouvent à la base du niveau II alors que les concrétions sont pratiquement exclusives au-dessus.

Cet ordonnancement dans l'espace, des caractères et de la concentration des concrétions permet d'écarter l'hypothèse selon laquelle les éléments ferrugineux grossiers sont originaires de l'épandage de produits de démantèlement d'anciens sols. Un tel phénomène aurait abouti à l'inverse de ce que nous observons, c'est-à-dire à l'uniformisation des caractères des concentrations ferrugineuses et à un mélange encore plus poussé à l'aval qu'à l'amont, de leurs éléments avec les gravats quartzeux.

L'étude de la composition géochimique des concrétions et des formes du fer montre également des variations ordonnées dans les deux directions, verticale et latérale. On peut en déduire que les sesquioxides concentrés varient quantitativement et qualitativement en liaison avec la différenciation des sols actuels.

En d'autres termes, *les concrétions se sont formées sur place dans la très grande majorité des cas*. Tout au plus, une descente verticale d'ensemble des concentrations ferrugineuses grossières s'est effectuée à mesure du prélèvement en profondeur des fractions fines par la faune du sol.

La genèse autochtone des concrétions peut être constatée grâce à l'observation des différents stades de leur développement au sommet du niveau III en place de certains sols de types pédologiques divers. Il existe, en outre, une liaison statistique très étroite pour les teneurs en fer, en titane, en quartz, etc., entre les concrétions des niveaux remaniés et celles du niveau en place.

2. L'origine du fer des concrétions

La formation sur place des concrétions n'exclut pas a priori l'apport de fer à partir de matériaux de l'amont. Dans la plupart des séquences on note, en effet, que les plus importantes concentrations de sesquioxides se trouvent en situations topographiques assez basses.

Dans cette optique, l'attention a été concentrée sur un site qui, de toutes les toposéquences étudiées, présentait les conditions les plus favorables à l'apport oblique de fer. Il s'agit d'une nappe qui s'écoule,

en saison des pluies, à partir d'une profonde zone d'altération de gneiss à pyroxènes située au sommet d'un versant. A l'aval, l'écoulement est barré par des sols imperméables à montmorillonite. La répartition du fer montre dans ce cas particulier, que les quantités concentrées dans les divers profils qui s'échelonnent sur le cheminement de la nappe, n'entretiennent aucune liaison avec l'apport d'eau.

D'une façon plus générale, l'analyse statistique des résultats recueillis sur l'ensemble du socle montre que l'importance de la concentration ferrugineuse d'un profil donné est indépendante des masses de sesquioxides qui, à l'amont, sont éventuellement offertes à la redistribution latérale.

Dans certaines toposéquences, sous réserve de la présence de roches-mères assez basiques, les termes les plus évolués du matériau original sont riches en montmorillonite dès le sommet du versant. C'est en cette situation topographique que les masses de fer concrétionné sont alors les plus importantes. Ceci est à mettre en parallèle avec ce qui est observé dans la plupart des cas : de l'amont vers l'aval, dès que

l'on passe de matériaux originels à kaolinite dominante à ceux qui sont riches en phyllites ferrifères du type montmorillonitique, le concrétionnement atteint un maximum, dans les niveaux remaniés où s'individualisent les horizons B_{fe} . Plus en aval, l'engorgement prolongé de saison des pluies permet le maintien des montmorillonites ferrifères jusqu'au sommet des profils, tandis que les masses de fer concrétionné décroissent fortement.

Toutes ces données permettent de cerner les conditions optima de la concentration du fer. Ces conditions sont réunies sur un versant donné, au niveau topographique où la base de la zone à drainage rapide des horizons supérieurs remaniés recoupe des matériaux plus profonds riches en fer pouvant être facilement redistribué (fig. 4). Ce niveau topographique, à nature de roche-mère égale, est d'autant plus éloigné du sommet du versant que celui-ci est façonné dans des matériaux anciens.

La répartition des sesquioxides de fer dans le paysage apparaît donc dépendre beaucoup plus de facteurs stationnels que de mouvements obliques.

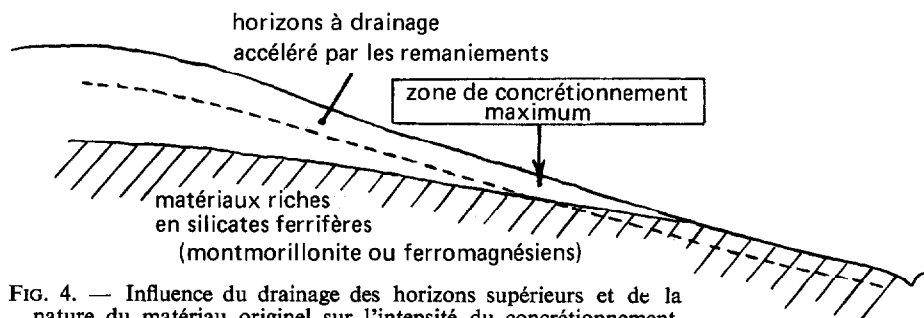


FIG. 4. — Influence du drainage des horizons supérieurs et de la nature du matériau original sur l'intensité du concrétionnement.

C. La fraction granulométrique argileuse

1. Variations à l'échelle du profil

A l'échelle du profil, la variation des pourcentages d'argile fait ressortir dans tous les types de sols ce qu'il est convenu d'appeler un « ventre argileux ». Le taux maximum s'observe à une plus ou moins grande profondeur, mais se situe, dans la majorité des cas, dans le niveau II grossier ou au sommet du niveau III. L'étude de lames minces montre qu'au ventre argileux, est loin de correspondre systématiquement la présence de revêtements d'argile orientée (argilanes). Ceux-ci sont, d'une façon générale, localisés

sur les parois des vides tubulaires du niveau grossier remanié et seulement dans la mesure où les phyllites de cette partie du profil sont constituées de kaolinite exclusive ou de kaolinite et d'illite. Ils sont très rares dans les matériaux à dominance d'interstratifiés ou de montmorillonite. Les traits micro-morphologiques qui permettent de diagnostiquer l'illuviation apparaissent donc liés principalement aux matériaux géochimiquement très évolués (les plus anciens) et bien drainés.

L'étude comparée des pourcentages d'argile et de ceux de la silice et de l'alumine totales a été effectuée. Les enrichissements de l'horizon B par rapport aux horizons C en ces constituants des phyllites, mis en

évidence, sont assez faibles et non systématiques. De plus aucune différence ne ressort entre les profils qui présentent des argilanes et ceux qui en sont dépourvus. Ceci amène à formuler deux conclusions.

— Les pourcentages maxima d'argile procèdent pour l'essentiel, de l'altération et de l'argilification de minéraux primaires, progressivement plus poussées en direction du sommet des profils.

— Les argilanes sont, dans de nombreux cas, le résultat de redistributions limitées au sein d'un même horizon, sans grand déplacement vertical.

Les pourcentages d'argile beaucoup plus faibles des horizons superficiels ne peuvent s'expliquer par une dégradation des phyllites suivies d'une exportation des produits les plus solubles : aucun gradient géochimique ne vient étayer cette hypothèse. Il s'agit principalement d'une perte par entraînement physique. Mais ce déficit n'est pas compensé par un gain de l'horizon B comme le calcul des rapports géochimiques l'a montré. Il y a, en outre, indépendance statistique totale entre l'abaissement du taux d'argile des horizons de surface éluviés et le maximum observé au « ventre ». Par contre, il existe une liaison très étroite entre la profondeur affectée par l'éluviation et l'épaisseur de l'ensemble des horizons remaniés.

De plus, si l'on suit la courbe des pourcentages d'argile, de la base vers le sommet des profils, on note que la diminution la plus rapide se situe entre la partie profonde où se concentrent les sables grossiers et la partie sus-jacente où se concentrent les sables des fractions de taille moyenne.

Ces deux dernières données permettent de retenir que la distribution de la fraction argileuse dans les profils est liée, comme celle des sables, à l'action de la faune. De fait, l'ensemble des matériaux des termitières présente un taux d'argile relativement élevé, fréquemment supérieur à celui de n'importe quel des horizons des sols voisins et qui dépasse dans tous les cas celui des horizons A. Ce taux d'argile ne peut être que le résultat de prélèvements sélectifs. Rapportées en surface, ces particules fines sont, encore plus facilement que les sables les plus ténus, exportées par le ruissellement des pluies sur la muraille des termitières. Elles sont finalement entraînées jusqu'aux axes de drainage par l'érosion superficielle comme l'indique l'absence d'accumulation dans les zones basses. Le besoin inéluctable en argile des termites entraîne ceux-ci à approfondir leurs prélèvements au fur et à mesure que les horizons de surface deviennent plus sableux.

2. Variations à l'échelle de la toposéquence

A l'échelle des toposéquences, les pourcentages d'argile de l'horizon B présentent dans certains cas, un minimum dans une partie médiane du versant ou plus en amont, et se relèvent en aval. On peut donc penser à priori, à une redistribution latérale d'argile. En fait tous, ou presque tous, les maxima d'argile en situation aval se notent, dans ces cas, au sommet du niveau III, non remanié, et dépourvu d'argilanes ou de débris d'argilanes. La différenciation latérale des teneurs en argile semble pouvoir dépendre principalement des conditions de l'argilification des minéraux primaires. Cette argilification est régie fondamentalement par les trois facteurs suivants.

— La composition du substrat varie souvent dans la direction latérale. L'altération différentielle du socle a, comme nombre d'exemples le prouve, permis aux zones déprimées de se développer d'une manière préférentielle, aux dépens des roches-mères les plus basiques, c'est-à-dire les plus riches en constituants potentiels des phyllites.

— Le gradient hydrique latéral entraîne, à la base des versants, un confinement qui limite les pertes de silice. L'argilification est, par ailleurs, favorisée, puisqu'elle nécessite une forte hydratation. De plus, l'argilification et le confinement se renforcent mutuellement.

— L'évolution pédologique est le troisième facteur. Les sols des situations dominantes sont, en général, plus vieux que ceux de l'aval d'où le cumul au cours du temps, des pertes en constituants « argilisables » et en phyllites les plus fragiles. A ceci s'ajoute dans la majorité de ces sols, le blocage de constituants potentiels des phyllites, dans les concrétions. La présence de celles-ci dans la fraction inférieure à 2 mm diminue d'autant le pourcentage d'argile.

Enfin, l'absence de redistribution latérale est confirmée par l'analyse statistique : l'ensemble des résultats recueillis à l'échelle du socle ne permet de dégager aucune différence significative des taux maxima d'argile, d'une situation topographique à l'autre.

IV. CONCLUSIONS

L'étude de la répartition des différents matériaux fait ressortir que les phénomènes de redistribution des constituants libérés par l'altération des roches-

mères sont sinon nuls, du moins insensibles à l'échelle des versants. *Les divers sols d'une même toposéquence ne sont pas génétiquement liés, la situation topographique n'apparaissant pas comme le facteur le plus déterminant sur le développement d'un type pédologique donné.*

Il est probable qu'une partie des eaux qui percolent dans les sols de l'amont et qui entraînent des constituants solubilisés suivent à partir d'une certaine profondeur, un trajet oblique. Mais aucun indice d'accumulation n'est visible à l'aval. Il semble donc que le sort définitif des constituants lixiviés soit l'exportation hors du paysage par les nappes profondes puis par le réseau de drainage.

La même tendance à l'exportation définitive est montrée par les fractions fines des matériaux figurés. Celles-ci suivent d'abord un trajet vertical ascendant, à la suite du prélèvement par la faune, et par les termites en particulier. Ensuite, elles effectuent un trajet oblique dans leur transit d'érosion superficielle jusqu'au réseau hydrographique. Tel est le sort de l'ensemble des particules allant des sables fins jusqu'à l'argile. C'est aussi celui des sesquioxydes qui restent à l'état de fines particules liées aux phyllites et des éléments que celles-ci incluent dans leur réseau. Par contre, une très importante partie du fer reste en place, sous forme de concrétions qui, par leur taille, échappent à l'érosion superficielle.

Si les deux facteurs fondamentaux de la pédogenèse sont la durée de l'évolution et la nature de la roche-mère, le rôle de la situation topographique n'est cependant pas négligeable. Cette situation commande, en effet, le régime hydrique des sols et interfère par conséquent avec la durée de l'évolution en accélérant ou en freinant la lixiviation des constituants solubles. De fait, si l'on se réfère à la gradation minéralogique en profondeur et aux pourcentages des diverses phyllites, pour une unité géomorphologique et une roche-mère données, c'est à l'amont que la kaolinite prend le plus d'importance, la formation de montmorillonite ou d'autres argiles à réseau 2/1 (selon la roche-mère), se révélant être une constante des premiers stades de l'altération.

L'évolution pédologique quaternaire peut donc être caractérisée par la « descente » de la kaolinite dans le paysage, dans la mesure où l'incision du réseau hydrographique a laissé subsister des matériaux de plus en plus anciens vers l'amont et progressivement mieux drainés.

Dans le cadre de cette évolution générale, *les remaniements superficiels, par les termites principalement,*

ont affecté tous les sols et ont conditionné très largement la différenciation des horizons de chaque profil. Ils sont responsables, en particulier, des phénomènes suivants :

— *l'individualisation très tranchée des horizons Bfe concrétionnés,*

— *l'appauvrissement en particules fines des horizons supérieurs,*

— *la réorganisation structurale des matériaux livrés par l'altération,*

— *l'amélioration du drainage de la partie supérieure du profil.*

A ce dernier phénomène, peuvent être reliées les variations minéralogiques rapides des phyllites, que l'on constate dans de très nombreux sols, ferrugineux ou moins évolués : au passage du niveau non perturbé à ceux qui sont remaniés, la montmorillonite cède la place à des interstratifiés ou même à la kaolinite, selon la durée de l'évolution.

D'autre part, on ne peut rejeter l'hypothèse d'un auto-accroissement simultané du concrétionnement et de l'éluviation de l'argile sous l'influence de ces remaniements biologiques. En effet, au cours de l'évolution d'un profil, le concrétionnement bloque dans les particules grossières néoformées, une quantité croissante de fines et d'argile en particulier. Pour satisfaire leurs *besoins inéluctables* en matériaux plastiques, les termites sont ainsi conduits à explorer un plus grand volume de sol, c'est-à-dire à l'approfondissement de leurs prélèvements. Il s'en suit la remontée et l'exposition aux conditions plus sévères de surface, de matériaux moins évolués et plus altérables, d'où un apport de fer disponible pour un concrétionnement rapide, et ainsi de suite.

L'ensemble de ces phénomènes avec leurs conséquences multiples sur la différenciation des profils, comme par exemple, la structure, et la netteté des limites entre les horizons, se trouve être caractéristique du développement des sols ferrugineux. Il semble donc que l'hypothèse avancée puisse expliquer la dominance de ce grand groupe pédologique sur le socle togolais, dominance qui se réalise aux dépens d'un large éventail de matériaux. Cette dominance est la plus poussée dans les zones de transition entre la forêt et la savane où précisément l'activité des termites constructeurs de grands édifices est, comme on peut l'observer, la plus forte.

Manuscrit reçu au S.C.D. de l'ORSTOM le 16 février 1976