

Dans le cadre d'une étude de sol fortement podzolique, sol faiblement cultivé podzolique et sol tourbeux-podzolique à gley on a déterminé leur nature complexe polygénétique: la combinaison des processus de podzolisation, lessivage et gleiygation superficielle de la saison. La mise en culture des sols fait flichir la podzolisation et intensifie le lessivage. Le processus de podzolisation est prédominant dans l'horizon  $A_2$  de tous les sols étudiés. La gleiyfication superficielle intensifie la migration des composés ferrominéraux.

## Zusammenfassung

Durch Untersuchungen eines typischen stark podsoligen, eines schwach kultivierten Podsol- und eines Torf-Podsol-Gleybodens konnte ihr komplexer polygenetischer Charakter nachgewiesen werden. Es handelt sich um eine Kombination von Prozessen der Zerstörung von Tonteilchen, der saisonbedingten Pseudovergleyung sowie der Lessivage. Die Kultivierung trägt zu einer gewissen Abschwächung der Zerstörung von Tonteilchen und zur Lessivageintensivierung bei. Als vorwiegender Prozess in allen Böden ist die Zerstörung von Ton- und anderen Teilchen im  $A_2$ -Horizont zu bezeichnen. Die Pseudovergleyung intensiviert die Migration von Eisen-Humusverbindungen.

10<sup>e</sup> congrès international de la  
Science du sol. Moscou. 1974

LES MOUVEMENTS D'ARGILE DANS CERTAINS SOLS  
FERRALLITIQUES CENTRAFRICAINS

A.G. Beaudou, Y. Chatelin  
Centre ORSTOM, Bangui, France

## Introduction

La ferrallitisation se distingue, parmi les phénomènes supergènes, par l'ampleur des redistributions de matière qu'elle opère. Elle est étudiée spécialement sous cet aspect de bilan géochimique, de l'échelle microstructurale (Millot, Bonifas, 1955) à l'échelle mondiale (Erhart, 1956). Au grand développement des formations ferrallitiques s'appliquent particulièrement bien les conceptions qui opposent, sous diverses formulations, une partie supérieure plus spécifiquement pédologique à l'ensemble de la croûte d'altération (Sibirtsev, 1914, Polynov, 1934). C'est surtout dans l'infersol (Chatelin, Martin, 1972) que se réalisent les départs de silice et de bases, ainsi que les transferts des sesquioxydes (D'Hoore, 1954, Maignien, 1958).

Les mouvements de matière sont beaucoup plus discrets dans les horizons supérieurs meubles, géochimiquement très évolués, dans lesquels la pédoplasation (Flach et al. 1968) associe étroitement phyllites, sesquioxydes et squelette résiduel. Les sols ferrallitiques, réputés pour la stabilité de leurs argiles et l'absence de lessivage, montrent pourtant dans les horizons supérieurs, un appauvrissement en argile (Aubert G., Segalen P., 1966, Fauck R., 1971, Muller J.P. 1972) sans que la granulométrie ne fasse apparaître d'accumulation correspondante. Dans la mesure où les déplacements d'argiles laissent des figures observables, ils peuvent être mis en évidence par l'analyse micromorphologique. Peu d'études de ce type ont été faites jusqu'à présent sur les sols ferrallitiques. Nous tenterons de résumer ici les premières observations réalisées sur les sols centrafricains. Les descriptions micromorphologiques seront présentées avec les diagnostics et la terminologie de Brewer (1964) et situées dans les principales unités typologiques des sols ferrallitiques (Chatelin, Martin, 1972) et plus pré-

5 AVR. 1977

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

n° 8608

Pédo

cisément des sols centrafricains (Chatelin et al. 1972).

1 - Le paysage pédologique. La zone pédogénétique comprenant les régions étudiées (entre 4° et 9° nord) est caractérisée par la dominance des sols ferrallitiques rouges. Elle s'étend entre celle des sols ferrallitiques jaunes du milieu typiquement équatorial, et celle des sols ferrugineux tropicaux des régions à climat plus sec.

1.1 - Les sols rouges des positions hautes. Par aplanissements successifs s'est constitué un relief en gradins, avec à l'Ouest de hauts plateaux à 1200 et 1000 mètres, au centre une surface dicyclique inclinée entre 650 et 450 mètres et au sud une surface plus récente à 400 mètres d'altitude. Les sols de ces surfaces aplanies, rouges, à cuirasses sub-affleurantes ou surmontées d'une épaisseur variable d'horizons meubles, contiennent de la kaolinite, des sesquioxides et de l'alumine libre d'autant plus abondante que les sols sont plus anciens. Sur les hauts plateaux apparaissent les sols aliatiques (Chatelin, Martin, 1972), très épais, fortement drainés et à structure poudreuse. Les sols des surfaces plus récentes ont une structure moins divisée. Les versants escarpés et érodés, surtout autour des hauts plateaux, portent des sols peu évolués ou faiblement développés qui ne seront pas considérés ici. Des sols rouges, remaniés, gravillonnaires, géochimiquement comparables aux sols des surfaces tabulaires, occupent environ les deux tiers supérieurs des versants plus adoucis du paysage.

1.2 - Les sols jaunes ou beiges des bas de versants. Au nord, dans les savanes les moins humides, le versant le plus général est convexo-concave, avec un bas de pente faiblement concave ou rectiligne, assez étendu, défini comme "glacis". Dans la région forestière du sud le versant classique est en "demi-orange" (Tricart et al. 1965) à forte convexité. Le passage à des bas-fonds plats hydromorphes est rapide. Les séquences pédologiques à gradation régulière de la couleur ont été souvent étudiées (Chatelin Y., 1969; Boulvert Y., 1968; Boulvert Y., 1971; Beaudou A.G., 1974). Dans les différentes unités géomorphologiques, se succèdent des sols rouges en positions hautes, tabulaires ou non, des sols ocre intermédiaires, des sols jaunes et beiges de bas de versants. Longue sur les glacis, la séquence est très courte sur les versants en demi-orange. A la limite nord des régions étudiées, les sols beiges sont considérés comme ferrugineux tropicaux, les sols rouges et ocre comme ferrallitiques. Sous les climats plus humides, les sols beiges et ocre sont classés comme ferrallitiques à influence hydromorphe. Les matériaux indurés ont moins d'importance dans les sols

rouges. L'alumine libre disparaît et les argiles micacées prennent de l'importance, mais la kaolinite reste l'élément principal.

2 - Les expressions micromorphologiques. Les mouvements d'argile sont considérés dans trois horizons majeurs. L'appumite (horizons A et parfois AB) est caractérisé par son contenu humifère et son éventuel appauvrissement en argile. La profondeur moyenne, 40 cm sous savane, s'accroît sous forêt. Le structichron (horizons B meubles) dû à la pédoplasation est de couleur vive et de structure spécifiquement pédologique. Dans l'horizon gravillonnaire, une phase structichrome réduite rassemble les gravillons qui sont des accumulations figurées de sesquioxides, généralement considérées comme les produits du remaniement d'anciennes cuirasses. Dans beaucoup de sols, l'analyse granulométrique fait apparaître un appauvrissement sensible en argile au moins dans les vingt premiers centimètres de l'appumite. Malgré la variété des origines lithologiques, les différences de couleur et de macrostructure, certains caractères semblent assez constants à l'examen micromorphologique. (Fig 1).

2.1 - Les appumites appauvries en argile. Conséquence de l'appauvrissement en argile, un squelette quartzéux très abondant caractérise ces horizons. Dans la majorité des quartz, de tailles et formes très variables, des picotés et des golfes de corrosion témoignent de fortes dissolutions. Les individus de grande taille assez souvent fissurés présentent de fréquentes imprégnations ferrugineuses. Dans les sols rouges, le plasma des appumites est peu orienté (insépique ou asépique) ou orienté seulement près des grains du squelette (squelisépique). L'arrangement, intertextique lorsque le plasma est suffisamment abondant, devient granulaire dans les appumites les plus appauvries. Dans les sols jaunes et beiges, quelques cutanes apparaissent dès la base de l'appumite. La porosité élevée est visualisée par des vides d'entassement nombreux, des chenaux et cavités plus rares. Il n'est jamais apparu d'arrangement particulier du squelette résultant directement d'un processus de lessivage comme l'arrangement laminaire observé dans les zones tropicales plus sèches (Bocquier, 1972). La faune, très active, peut être responsable de sa disparition.

2.2- Les structichrons rouges à argiles sédentaires. Leur richesse en argile donne aux structichrons un arrangement argillasépique et parfois faiblement insépique. Les figures d'illuviation sont absentes mais la fraction fine subit cependant des réarrangements qui aboutissent à la formation de pseudo-particules (Chauvel, Pedro, 1967). Seuls les sesquioxides semblent se déplacer suivant des mouvements de faible

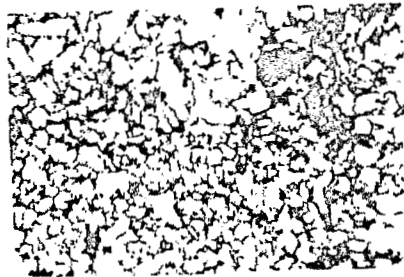


Fig. 1. Arrangement granulaire  
(LPNA, 25x)

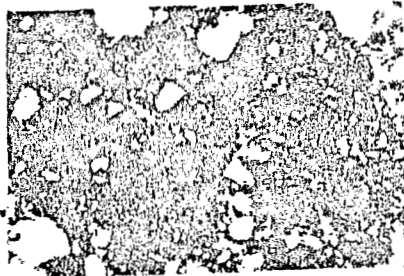


Fig. 2. Structichron à pseudo-  
particules (LPNA, 25x)



Fig. 3. Ferri-argillane complexe  
dans la phase structichrome  
d'un horizon gravillonnary  
(LPNA, 63x)



Fig. 4. Structichron beige à  
argillanes composées  
(LPNA, 63x)

amplitude. La première ébauche de pseudoparticule n'est qu'une légère concentration ferrugineuse assez diffuse à l'intérieur du fond matriciel. Autour de ces zones, plus rouges, le plasma apparaît en jaune. Plus tard naissent des séparations plasmiques renforcées par une microfissuration grossièrement orthogonale. La concentration croissante en hydroxydes, l'élargissement des fentes, conduisent à l'isolement de pseudo-particules ovoïdes de diamètre très variable. Dans les sols rouges typiques, la proportion de pseudo-particules et l'orientation plasmique restent modérées. Dans les sols aliatiques de sites géomorphologiques anciens, la disparition de l'orientation plasmique est presque complète et les pseudo-particules envahissent la majeure partie du fond matriciel. Les pseudo-particules ne semblent pas être des structures figées, car les sols les plus anciens montrent actuellement tous les stades de réarrangement qui les font apparaître ou disparaître. (Fig 2).

2.3- Les horizons gravillonnaires à ferranes et ferri-argillanes. De nombreux chenaux verticaux, obliques et circum-gravillonnaires où se déposent des ferranes et ferri-argillanes d'illuviation, parcourent ces horizons. Ces cutanes, d'une épaisseur importante, sont fortement orientées. Leur structure complexe se caractérise par une zonation relativement régulière, en bandes jaunes et rouges, ou rouge plus ou moins intense. A faible grossissement, les cutanes se présentent comme des plages homogènes; à fort grossissement, une multitude de petits grains de nature indéterminable au microscope optique, leur donne un aspect granuleux. Ces cutanes de vides, complexes et très épaisses, s'accompagnent de minces ferri-argillanes localisées autour des grains du squelette, des pseudo-particules, des petits gravillons et dans quelques fentes étroites. Plusieurs générations de cutanes se manifestent donc dans les horizons gravillonnaires les plus anciennes incluses dans les gravillons, les plus récentes localisées autour des éléments figurés du sol. Les cutanes de vides ou de grains ne représentent qu'une faible proportion de la phase structichrome entourant les gravillons. (Fig 3).

2.4 - Les structichrons jaunes et beiges à argillanes. A l'exception des cas liés à des particularités lithologiques, les structichrons beiges et jaunes n'apparaissent, dans les sols ferrallitiques centrafricains, que lorsque les conditions sont partiellement hydromorphes. Le plasma nettement orienté, insépique, masépique et bi-masépique, devient lattisépique lorsque l'hydromorphie est plus accusée, ou omnisépique quand l'argillification, encore incomplète, laisse sub-

sister de nombreux minéraux altérables. Les argillanes nombreuses et fortement orientées, sont pauvres en fer, de couleur jaune, ou même complètement déferrifiées et blanchies. Granuleuses au fort grossissement, elles sont nettement zonées en bandes jaunes diversement nuancées. Les horizons les plus hydromorphes sont les plus riches en argillanes. Il s'agit surtout de cutanes de chenaux et de cavités, parfois de grains ou de fentes, appartenant à plusieurs générations, dont la plus ancienne est représentée par des papules, anciens débris de cutanes composées fossilisées dans le plasma, et la plus récente par de fines cutanes de grains et de fentes. (Fig 4).

#### Conclusion

3- Les structures de départ et d'accumulation de l'argile. Les appumites appauvris représentent les structures de départ de l'argile. Leur appauvrissement est défini par un gradient textural, mais la microstructure est celle de matériaux sableux et il n'apparaît pas de figures montrant explicitement un enlèvement d'argile. Dans les sols rouges des surfaces tabulaires et des hauts de pente, l'appauvrissement est irrégulier. Absent de certains profils, il n'affecte qu'une faible profondeur dans les autres. Dans les sols jaunes et beiges de bas de pente au contraire, l'appauvrissement est général et se développe sur toute la profondeur de l'appumite. Il est difficile d'estimer le rôle de ces structures de départ de l'argile. Elles ne représentent actuellement qu'un faible volume actif, mais cela peut provenir d'un équilibre entre le décapage superficiel et le développement de l'horizon appauvri. Il se peut aussi, notamment pour les sols de bas de pente, que la texture sableuse des horizons appauvris soit due à des remaniements. Les apports superficiels sont mis en évidence dans certains appumites contenant des minéraux altérables qui disparaissent dans les horizons plus profonds.

Les accumulations d'argiles s'effectuent dans deux structures privilégiées; les horizons gravillonnaires des sols rouges et les structichrons à caractère hydromorphe des sols ocre ou beiges. Dans le premier cas, l'origine des matériaux illuviés paraît complexe. Il existe plusieurs sortes de cutanes qui peuvent représenter des phénomènes polyphasés. Ces cutanes sont plus riches en fer que les argiles des horizons qui peuvent être soumis au lessivage. Formations résiduelles remaniées, les horizons gravillonnaires continuent à jouer, après leur mise en place, un rôle de structure d'accumulation. Dans le cas des structichrons jaunes et beiges, les argillanes sont au contraire défer-

rifiées, d'autant plus fortement que l'hydromorphie est plus intense. Le départ du fer peut s'expliquer par l'existence de conditions réductrices.

Les structichrons à argiles sédentaires sont souvent surmontés d'horizons appauvris. Ils séparent parfois ces derniers horizons de structures d'accumulation profondes, horizons gravillonnaires ou structichromes hydromorphes. Les argiles déplacées des appumites traversent-elles sans relais ces structichrons, ou y forment-elles des dépôts trop dispersés pour être discernables ? Le déplacement de l'argile ne s'effectue peut-être pas à partir de l'horizon appauvri suivant une verticale. Des redistributions à courte échelle ou des déplacements latéraux plus lointains peuvent être aussi envisagés. Néanmoins, les structichrons rouges à forte prosité, qui ne paraissent jamais retenir d'argiles illuviées, constituent un des traits les plus originaux des sols ferrallitiques de climats à saisons contrastées.

#### Bibliographie

- Millot G., Bonifas M., Bull.Serv.Carte géol. Als.Lorr., 8, 1, 3-10, 1955.  
 Erhart H., Masson, Paris, 83, 1956.  
 Sibirtsev N.M., 1914 Soil Sci. 3rd Ed. Isr. Progr. for Sci. Transl. 1966, 354, 1914.  
 Polynov B.B., 1934 - Th. Murby & Co, London, 219, 1937.  
 Chatelin Y., Martin D., Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 10, 1, 25-43, 1972.  
 D'Hoore J., INEAC, sér. sci. 62, 132, 1954.  
 Maignien R., Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 16, 235, 1958.  
 Flach K.W., Cady J.G., Nettleton W.D., 1968 - Intern. Congr. Soil Sci. 9 Adelaïde, 4, 343-351, 1968.  
 Aubert G., Segalen P., Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 4, 4, 97-112, 1966.  
 Fauck R., Thèse Fac. Sci. Strasbourg, 377 p. multigr. 1971.  
 Muller J.P. A paraître 1972.  
 Brewer R., J. Wiley & Sons, 470, 1964.  
 Chatelin Y., Boulvert Y., Beaudou A.G., Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 10, 1, 61-78, 1972.  
 Tricart J. Cailleux A., SEDES, Paris, 322, 1965.  
 Chatelin Y., Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 7, 4, 449-494, 1969.  
 Poulvert Y. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 6, 3-4, 259-275, 1968.  
 Boulvert Y., Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 9, 1, 43-81, 1971.  
 Beaudou A.G., Cah. ORSTOM, sér. Pédol., 9, 2, 147-187, 1971.  
 Bocquier G., Thèse Fac. Sci. Strasbourg, 364, p. multigr, 1972.  
 Chauvel A., Pedro G., C.R. Acad. Sci., 264, 17, 2089-2092, 1967.

### Résumé

Une succession de surfaces étagées définit le paysage ferrallitique centrafricain. Dans chaque ensemble géomorphologique, des sols rouges bien drainés occupent les positions hautes et des sols jaunes ou beiges partiellement hydromorphes les positions basses. Légèrement appauvris en surface, les sols rouges révèlent une grande stabilité des argiles. Dans les horizons meubles, la proportion de pseudoparticules croît avec l'âge des sols. L'illuviation du fer et de l'argile se limite aux horizons gravillonnaires. Les sols jaunes ou beiges, nettement appauvris dans les horizons supérieurs, contiennent d'abondantes cutanes d'illuviation argileuses dans les horizons profonds. L'analyse micromorphologique précise les migrations d'argile.

### Summary

A succession of step situated surfaces defines the ferrallitic landscape of Central Africa. In each geomorphic complex, well drained red soils occupy the upper sites, and yellow or yellowish-brown partly hydromorphic soils, the lower ones. Though slightly impoverished in the surface horizons the red soils reveal a good stability of clays. In the loose horizons, the proportion of micropeds increases with the age of soils. The iron and clay illuviation is confined to the iron-gravelled horizons. The yellow and yellowish-brown soils poor in clay in their upper horizons contain plentiful cutans of clays in the deep horizons. The micromorphological analysis makes evident the clay migrations.

### Zusammenfassung

Die zentralafrikanische Ferralitenlandschaft wird durch eine Reihe von stufenweise gelegenen Flächen bestimmt. In jedem geomorphologischen Komplex nehmen die gut dränierten rotfarbenen Böden erhöhte Abschnitte des Reliefs, während die teilweise hydromorphen gelben und strohgelben Böden tiefere Abschnitte ein. Trotz einer Verarmung der oberflächlichen Horizonte durch Anwesenheit von Tonpartikeln weisen die rotfarbenen Böden eine grössere Stabilität des Tonmaterials auf. In den lockeren Horizonten nimmt der Gehalt an Mikroaggregaten mit dem Bodenalter zu. Die Illuvierung des Eisens und des Tons geschieht nur in den Horizonten mit Eisen- und Kiesgehalt. Die in den oberen Horizonten stark verarmten gelben und strohgelben Böden sind durch zahlreiche Häutchen von illuviiertem Tonmaterial in tieferen Horizonten gezeichnet. Die mikromorphologische Analyse deutet auf eine Tonmigration hin.

### Резюме

Ряд ступенчато расположенных поверхностей определяют Центрально-африканский ферралитный ландшафт. В каждом геоморфологическом комплексе хорошо дренированные красные почвы занимают повышенные участки рельефа, а частично гидроморфно желтые или палевые почвы - пониженные участки. Несмотря на некоторое обеднение глинистыми частицами поверхностных горизонтов красные почвы обнаруживают большую стабильность глинистого материала. В рыхлых горизонтах содержание микроагрегатов увеличивается с возрастом почвы. Иллювиование железа и глины проходит только в железисто-гравелистых горизонтах. Сильно обедненные в верхних горизонтах желтые или палевые почвы характеризуются обильными пленками иллювиованного глинистого материала в глубоких горизонтах. Микроморфологический анализ выявляет миграцию глины.