

Les facteurs et les mécanismes de la pédogenèse dans les sols rouges et jaunes ferrallitiques sur sables et grès en Afrique

R. FAUCK

*Pédologue de l'ORSTOM
24, rue Bayard, Paris - 75008*

RÉSUMÉ

Dans les régions tropicales et équatoriales les sols ferrallitiques développés sur des sables et des grès présentent des profils profonds soit à B textural rouge soit à B de couleur jaune. Les facteurs essentiels conditionnant le type de morphologie sont le drainage des profils et la bonne perméabilité des matériaux. Les mécanismes orientant la différenciation vers un type de profil ou un autre sont la libération de silice soluble à partir des quartz du squelette et la migration plus ou moins intense des acides fulviques.

ABSTRACT

The factors and mechanisms of the pedogenesis in red and yellow ferallitic soils on sands and sandstones in Africa.

In tropical and equatorial regions, the ferallitic soils developed on sands and sandstones show deep profiles with a B horizon show deep profile with a B horizon either red and of texture, or yellow and of colour. The main factors conditioning the type of morphology are the drainage of the profiles and the efficient permeability of the materials. The mechanisms directing the differentiation towards one profile type or to another are the liberation of soluble silica from skeleton quartz and the more or less intense migration of fulvic acids.

РЕЗЮМЕ

В тропических и экваториальных областях, ферраллитные почвы развитые на песках и песчаниках являются глубокие профили либо с текстурным красным B, либо с B желтого цвета. Основными факторами обуславливающими морфологический тип являются дренаж профилей и хорошая проницаемость материалов. Механизмами направляющими дифференциацию к тому или иному типу профиля являются выделение растворимого кремнезёма из скелетного кварца и более или менее интенсивная миграция фульвокислот.

LES SOLS

Des superficies importantes de sols ferrallitiques ont été inventoriées en Afrique sur des matériaux sableux et gréseux d'origines continentales comparables à des sidérolithiques. Les études ont porté sur des profils originaires du Sénégal, de la Haute-Volta, du Dahomey et du Gabon. Il s'agit de sols profonds, dont les caractères géochimiques des horizons B sont plus ou moins hérités de pédogenèses anciennes. Deux grandes catégories peuvent être distinguées, des types « rouges » et des types « jaunes ». Leurs caractères

morphologiques communs sont les suivants : grande épaisseur des horizons B, de 6 à 8 mètres avec des transitions progressives, horizons de surface toujours appauvris en argile par rapport aux horizons B, argile minéralogique du type kaolinitique, teneur en quartz toujours supérieure à 50 %, fer entièrement à l'état d'hydroxydes cristallisés ou amorphes mais toujours sans aucune forme de concrétionnement, absence de gibbsite en quantités appréciables et enfin rapport moléculaire $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ généralement compris entre 1,9 et 2,0.

Les différences entre les types rouges et les types jaunes sont les suivantes : présence d'un horizon B rubéfié, argilo-sableux, riche en pseudo-sables pour les premiers alors que les seconds ont un horizon B de couleur jaune ou ocre, de texture sablo-argileuse, avec peu de pseudo-sables. Les pH sont moyennement acides (5,0 à 5,5) pour les rouges, acides (4,0 à 4,5) pour les horizons B des sols jaunes, en rapport avec une désaturation moyenne à élevée pour les sols rouges, et très élevée pour les sols jaunes. C'est ainsi que ces derniers (Gabon) ont un taux de saturation du complexe adsorbant inférieur à 10 %.

LES FACTEURS

Les matériaux originels peuvent être considérés comme comparables bien qu'il s'agisse d'une approximation car leur état initial n'est pas connu, l'altération ayant atteint des profondeurs importantes. Les conditions de localisation sur le modelé sont également voisines, tous les sols étant développés sur des plateaux ou des systèmes de glacis à pentes très faibles et très longues. Ce sont donc les conditions climatiques, et les types de végétation en découlant, qui sont les deux facteurs de la pédogenèse pouvant expliquer la différenciation entre les profils de sols rouges et jaunes.

Les types à horizon B rubéfié sont répartis sous des climats à une ou deux saisons des pluies, mais dont la pluviométrie annuelle est comprise entre 900 et 1 800 mm. Les types « jaunes » n'ont été inventoriés jusqu'à présent que sous des pluviométries dépassant 1 600 mm, c'est-à-dire en Afrique, sous des climats à deux saisons des pluies.

Le facteur pluviosité conditionne la quantité d'eau mise à la disposition des plantes, susceptibles de participer à l'évapotranspiration et en rapport avec la végétation luxuriante des régions équatoriales. Mais une partie des précipitations peut percoler et drainer à travers les profils puisque ROOSE (1972) considère

qu'il y a drainage en profondeur sous les sols lorsque la pluviométrie annuelle dépasse 700 mm. C'est-à-dire que les quantités d'eaux qui percolent deviennent très importantes pendant les mois les plus arrosés de l'hivernage, surtout dans le cas de pluviométries supérieures à 1 800 mm. Ce sont ces quantités d'eau traversant des sols et des matériaux filtrants qui ont provoqué la désaturation intense des profils des sols jaunes ferrallitiques. Cependant, compte-tenu de ce que le fer ferreux, seul ion mobile dans les solutions, n'existe pas à l'état libre dans les sols, il faut faire intervenir des mécanismes autres que la simple percolation pour expliquer la déferrification, poussée dans les sols jaunes, et partielle dans les horizons supérieurs des sols à B rubéfié.

LES MÉCANISMES

Les études poursuivies au Sénégal et en Haute-Volta sur des toposéquences de sols rouges, et les expériences de laboratoires effectuées sur des échantillons de sols rouges et de sols jaunes en provenance du Sénégal, de Haute-Volta et du Gabon, nous permettent d'avancer les conclusions suivantes :

Un premier mécanisme fondamental est le départ de silice solubilisée à partir des quartz du squelette dans les horizons A, B et surtout C. Des études récentes (MILLOT, FAUCK 1971) ont montré qu'en l'absence de minéraux altérables susceptibles de fournir de la silice, c'est à partir du quartz que cet élément peut être libéré. L'équilibre quartz-solution étant atteint pour une valeur déterminée de $6 \cdot 10^6$ de SiO_2 , c'est en-dessous de cette valeur que le quartz peut se dissoudre. Lorsque la teneur en solution tombe en-dessous de $1 \cdot 10^6$ la kaolinite peut se désilicifier à son tour et fournir de la gibbsite.

Dans le cas des sols sur sables quartzeux, la grande perméabilité des matériaux, jointe à une pluviométrie suffisante permet la baisse des teneurs en silice des solutions du sol en-dessous de $6 \cdot 10^6$. Cependant, l'abondance du quartz comme source de silice limite les cas où tombe en-dessous de la valeur de $1 \cdot 10^6$.

Dans les horizons C des types « rouges » la libération de silice est importante puisqu'elle peut provoquer avec suffisamment de temps, des pertes atteignant 50 % du stock initial de quartz. Il en résulte plusieurs conséquences. D'une part, il y a concentration relative en argile et en fer, et il y aurait recombinaison de la silice avec de l'alumine éventuellement libérée dans les horizons supérieurs du fait d'une dégradation de la kaolinite elle-même. D'autre part, il se produit des

tassements dans les sols et des abaissements appréciables de la surface topographique allant souvent jusqu'à la création de dépressions fermées sur les plateaux.

Dans les sols jaunes la désilicification à partir des quartz n'a pu être évaluée quantitativement, mais l'absence de gibbsite dans des régions où les autres sols sur roches moins siliceuses en contiennent suggère le même phénomène.

Le deuxième mécanisme fondamental est la percolation des acides fulviques.

Dans le cas des sols à B rouge, la partie superficielle est constituée d'un horizon superficiel (0 à 20 cm) contenant de 1 à 2 % de matière organique totale dont le rapport acides humiques/acides fulviques est voisin de 1,9 suivi d'un horizon de transition de 20 à 25 cm. Ce dernier comporte, entre 30 et 55 cm, une accumulation relative d'acides fulviques qui correspond donc à la partie inférieure de l'horizon appauvri en argile et en fer, mais aussi à la zone où les pseudo-sables perdent de leur stabilité par rapport à ceux de l'horizon B sous-jacent. Des expériences de laboratoire ont permis de vérifier que les acides fulviques créés en surface par minéralisation et biodégradation migrent vers la profondeur, et que c'est entre 30 et 50 cm que se produit leur accumulation relative. Il est logique de penser qu'elle est en rapport avec certains phénomènes pédogénétiques signalés à ce niveau, en particulier la dégradation des pseudo-sables, la variation brusque de la granulométrie des quartz, et surtout l'appauvrissement en argile et en fer.

Dans ces conditions, ce sont probablement les acides fulviques qui provoquent l'évolution de la partie supérieure des horizons B rubéfiés. L'épaisseur des horizons supérieurs appauvris des sols rouges est donc la résultante entre l'ablation par l'érosion due au ruissellement et l'approfondissement progressif de la limite supérieure de l'horizon B argileux désorganisé par les acides fulviques.

Dans le cas des sols sableux à horizon B jaune, les pseudo-sables sont rares, et la déferrification est élevée. Les acides fulviques sont dominants par rapport aux acides humiques, même dans les premiers centimètres du sol, et ils se répartissent plus profondément dans le profil, en créant souvent des horizons dits « sombres » entre 40 et 80 cm. Au laboratoire, par simple percolation du sol par de l'eau, sans aucune addition de litière, on recueille, comme pour les sols rouges, des acides fulviques, mais en quantités beaucoup plus importantes. De plus, on constate qu'il y a surtout des acides aliphatiques constitués essentiellement d'acide oxalique auquel s'ajoute de l'acide tar-

trique et de l'acide quinique. La persistance de tels acides complexants pour le fer jusqu'à une grande profondeur dans le sol peut expliquer la déferrification poussée des sols jaunes et leur pauvreté en argile qui a probablement été entièrement expurgée hors des profils situés sur les plateaux. Cette persistance des acides fulviques doit être en rapport avec l'acidité du milieu qui freine la biodégradation.

CONCLUSIONS

Dans les régions chaudes et humides la formation préférentielle d'acides fulviques dans les horizons supérieurs croît avec la pluviométrie et l'abondance de la végétation. Dans des conditions de très bon drainage interne les solutions du sol contenant ces acides migrent profondément en entraînant non seulement tous les cations ce qui provoque une désaturation poussée mais aussi les hydroxydes de fer, et une partie de l'argile granulométrique. La kaolinite peut être partiellement dégradée par désilicification mais la richesse en quartz du matériau provoque une recombinaison de l'alumine avec de la silice solubilisée dans les solutions des sols qui sont constamment renouvelées dans les régions équatoriales.

Ces phénomènes rappellent ceux existant dans les podzols. Dans ces derniers, les acides issus surtout des litières traversent les horizons A et s'arrêtent dans les horizons B. Dans les sols ferrallitiques jaunes la même migration se ferait à l'échelle de la toposéquence ou du paysage.

Les deux mécanismes essentiels qui conduisent à la différenciation des profils de sols ferrallitiques sur sables et grès, dans des conditions de bon drainage externe et interne, sont donc la libération de la silice à partir des quartz, et la mobilité des acides fulviques libres.

Selon l'intensité et la durée de ces deux mécanismes le résultat pourra être très différent sur le plan de la morphologie. Dans un cas on observera un profil à horizon B argileux, riche en pseudo-sables mais surmonté d'horizons dont l'appauvrissement en argile se transmet progressivement en profondeur. Dans l'autre cas on décrira des sols très homogènes de couleur jaune, aux horizons fortement désaturés, à faible activité biologique, plus ou moins déferrifiés et probablement très lessivés en argile par rapport aux matériaux sédimentaires originels dont l'état initial avant pédogenèse est difficile à reconstituer.

Manuscrit reçu au SCD le 20 février 1974

BIBLIOGRAPHIE

- BRUCKERT (S.), 1970. — Influence des composés organiques solubles sur la pédogenèse en milieu aride. *Ann. agron.*, 21, 6, pp. 725-757.
- CHAUVEL (A.), FAUCK (R.), 1969. — Sur la mise en évidence et la caractérisation d'un horizon B dit de « comportement » dans les sols rouges de Casamance (Sénégal). *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 269, sér. D, pp. 2081-2083.
- MARTIN (D.), 1967. — Géomorphologie et sols ferrallitiques dans le Centre Cameroun. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, V, 2, pp. 189-218.
- FAUCK (R.), 1970. — Evolution des quartz dans les sols rouges ferrallitiques développés sur les roches sableuses et gréseuses de l'Afrique occidentale. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 271, sér. D, pp. 2273-2276.
- FAUCK (R.), 1973. — Contribution à l'étude des sols des régions tropicales : les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique occidentale. Thèse 1971, *Mém. ORSTOM*, 61, Paris, XII, 259 p.
- MILLOT (G.), FAUCK (R.), 1971. — Sur l'origine de la silice des silicifications climatiques et des diatomites quaternaires du Sahara. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 272, sér. D, pp. 4-7.
- ROOSE (E.), 1972. — Quelques effets des pluies sur la mise en valeur des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux. Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, 16 p. *multigr.*