

Les oxydisols dans quelques milieux insulaires du Pacifique sud :
caractérisation, conditions de formation, fertilité, classification (1)

Marc LATHAM

Pédologue O.R.S.T.O.M. Centre de Nouméa, B.P. A5, Nouméa Cedex (Nouvelle-Calédonie)

RÉSUMÉ

Les oxydisols sont des sols dépourvus de phyllites argileuses et constitués de sesquioxydes métalliques. Ils sont caractérisés par une très faible capacité d'échange de la matière minérale qui est dépendante du pH du sol, et ont été classés dans la « Soil taxonomy » en Acrhumox, Acrorlhox et Acrustox. Ces sols peu courants par ailleurs sont assez bien représentés dans le Sud Pacifique.

Trois cas sont décrits :

- les ferrites constituées principalement de sesquioxydes de fer, sur roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie et aux îles Salomon ;*
- les allites peu profondes associées à des calcaires, formées de sesquioxydes d'aluminium et de fer, de réaction neutre à faiblement acide que l'on rencontre sur les atolls surélevés des Loyauté et du Sud Est des Fidji en particulier ;*
- les allites profondes sur roches volcaniques, de constitution analogue aux précédentes, mais beaucoup plus acides, que l'on a observées dans les îles orientales des Fidji et à Tahiti.*

Les conditions de formation de ces sols sont :

- une roche mère dépourvue de quartz ;*
- un climat tropical humide ayant agi pendant un temps plus ou moins long et qui a permis une intense désilicification des profils ;*
- des conditions géomorphologiques stables qui ont facilité le développement des profils.*

Cette forte évolution des constituants minéraux, la très faible capacité d'échange de la matière minérale et la rétrogradation du phosphore dans des complexes métalliques peu assimilables donnent à ces sols une fertilité naturelle médiocre. Lorsqu'ils sont couverts de forêt, la matière organique compehse en partie ces défauts en permettant une meilleure fixation des ions tout en favorisant les qualités physiques et en particulier la structure. Mais des défrichements mal conduits ou des brûlis répétés les dégradent rapidement.

Ces sols ont toutefois entre eux des caractères de fertilité naturelle très différenciés :

- l'abondance de métaux lourds (Ni, Cr, Co) et la grande pauvreté des ferrites en éléments nutritifs majeurs (P_2O_5 , K_2O et CaO) rend leur mise en culture très problématique ;*

(1) Communication présentée à la conférence sur les sols à charges variables de Palmerston North (11-18 février 1981).

— la faible épaisseur des allites sur calcaire limite leur possibilité d'utilisation et rend ces sols très fragiles ;
 — enfin l'acidité des allites profondes sur roches volcaniques risque de provoquer des toxicités aluminiques et des fixations irréversibles de phosphore.

Ces sols qui ont été mal définis dans la plupart des classifications forment des unités pédoédaphiques naturelles.

Ils mériteraient des études plus poussées et une place plus précise dans les classifications et en particulier dans la Soil taxonomy qui n'envisage que les ferrites.

ABSTRACT

Oxidisols are soils composed of metallic sesquioxides which lack argillaceous phyllites. They are characterized by a very low cation exchange capacity which is connected with the pH of the soil, and have been classified in Soil Taxonomy as Acrhumox, Acrorthox and Acrustox. Although these soils are generally uncommon they are quite well represented in the South Pacific.

Three types will be described :

— *ferrites composed chiefly of iron sesquioxides formed on ultrabasic rocks in New Caledonia and in the Solomon Islands ;*

— *shallow allites on limestone composed of aluminium and iron sesquioxides, neutral to slightly acid, found in particular on raised atolls in the Loyalty Islands and in South East Fiji ;*

— *deep allites on volcanic rocks similar in composition to the preceding type, but much more acid, found in the eastern islands of Fiji and in Tahiti.*

The conditions for the formation of these soils are :

— *a base rock without quartz ;*

— *a wet tropical climate which has existed for long enough to severely desilicify profiles ;*

— *stable geomorphological conditions which facilitate the development of profiles.*

The highly evolved mineral constituents, the low cation exchange capacity, and the binding of phosphorous into metal complexes which cannot be easily assimilated, give these soils a natural low fertility. When they are covered with the natural forest, organic matter improves their physical characteristics, especially their structure, and allows better cation fixation. But they deteriorate rapidly when the vegetation is subjected to badly managed clearings or repeated fires.

At the same time these soils can be distinguished from each other by their different types of fertility :

— *the high levels of heavy metals (Ni, Cr, Co) and the lack of principal mineral nutrients (P_2O_5 , K_2O and CaO) in the ferrites make them very difficult to cultivate ;*

— *the shallowness of the allites on limestone restricts their usefulness and makes them very fragile ;*

— *the acidity of the deep allites on volcanic rocks can lead to aluminium poisoning and irreversible phosphorous fixation.*

These soils, which have been badly defined in most classifications form a natural pedo-edaphic group. They are worth a more serious study and a more detailed classification in particular in Soil Taxonomy which at present recognizes only ferrites.

Les oxydisols, constitués de sesquioxydes métalliques, sont pratiquement dépourvus de phyllites argileuses. Ces sols sont fréquents dans les îles du Pacifique Sud et méritent une attention particulière de la part des pédologues. Ils sont très diversifiés et, de ce fait, cet exposé sera limité à trois catégories que nous avons plus particulièrement étudiées :

— les sols ferritiques sur roches ultrabasiqes, qui sont constitués essentiellement de sesquioxydes de fer ;

— les sols allitiques peu profonds, associés à un substrat calcaire, dont la fraction minérale est formée de sesquioxydes d'aluminium et de fer, la fraction aluminium l'emportant sur la fraction

TABLEAU 1
Sols ferritiques, caractéristiques chimiques

| N° de l'échantillon | BOU 121 | BOU 122 | BOU 123 | BOU 124 | BOU 125 |
|--|---------|---------|---------|---------|---------|
| Profondeur en cm..... | 0-10 | 30-40 | 50-60 | 90-100 | 240-250 |
| Matière organique % | 2,6 | 0,64 | — | — | — |
| pH eau..... | 5,6 | 5,5 | 5,0 | 5,1 | 4,8 |
| pH Kcl..... | 4,8 | 5,3 | 5,8 | 5,9 | 5,9 |
| <i>Complexe d'échange en mé/100 g</i> | | | | | |
| Ca ⁺⁺ | 0,16 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Mg ⁺⁺ | 0,16 | 0,02 | 0,01 | 0,43 | 0,32 |
| K ⁺ | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Na ⁺ | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Al ⁺⁺⁺ | tr | tr | tr | — | — |
| Capacité d'échange pH 7... | 6,94 | 3,09 | 0,33 | 0,01 | 0,01 |
| Capacité d'échange pH 8,2... | — | 4,2 | 5,4 | 5,5 | 5,3 |
| <i>Éléments totaux %</i> | | | | | |
| Perte au feu..... | 10,1 | 10,4 | 12,5 | 13,4 | 14,3 |
| Résidu..... | 0,41 | 0,64 | 0,34 | 0,18 | 0,10 |
| SiO ₂ | 0,58 | 0,47 | 1,18 | 1,67 | 1,73 |
| Al ₂ O ₃ | 3,94 | 4,83 | 4,43 | 3,00 | 2,58 |
| Fe ₂ O ₃ | 76,7 | 73,3 | 75,1 | 76,7 | 76,5 |
| TiO ₂ | 0,23 | 0,20 | 0,16 | 0,06 | 0,06 |
| MnO ₂ | 0,19 | 0,23 | 0,45 | 0,44 | 0,57 |
| NiO..... | 0,12 | 0,08 | 0,55 | 1,23 | 1,16 |
| Cr ₂ O ₃ | 6,77 | 8,31 | 5,35 | 3,61 | 3,17 |
| CoO..... | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 |
| SiO ₂ /Al ₂ O ₃ | 0,25 | 0,16 | 0,45 | 0,94 | 1,13 |
| SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,06 |

ferrugineuse. Ces sols ont un pH neutre à faiblement acide qui est en relation avec la proximité du substrat calcaire;

— les sols alitiques profonds sur roches volcaniques dont la composition est voisine de celle des précédents mais qui sont franchement acides.

Seront successivement abordées les principales caractéristiques de ces sols, leurs conditions de formation, leur fertilité et leur classification.

1. Principales caractéristiques

LES SOLS FERRITIQUES

Les sols ferritiques qui recouvrent en Nouvelle-Calédonie les principaux affleurements de roches ultrabasiqes occupent près de 20 % de la surface du territoire. Ils se développent sous des pluviosités moyennes annuelles allant de 1 200 mm à plus de 3 000 mm dans un relief formé de surfaces d'aplanissement et de pentes très fortes. Des sols de ce type

ont été observés aux îles Salomon (LEE, 1969) et en Papouasie Nouvelle-Guinée (LOEFLER, 1978).

Ce sont généralement des sols profonds : certains profils pédologiques peuvent atteindre près de 100 m de profondeur sur le massif de la Tiebaghi dans le Nord de la Nouvelle-Calédonie. Mais ils sont le plus souvent tronqués par érosion sur les pentes fortes qui bordent les surfaces anciennes d'aplanissement. Dans leur profil on distingue :

— un horizon humifère, de couleur brun-rouge foncé, de texture sablo-limoneuse, riche en concrétions ou graviers ferrugineux;

— un horizon B, de 50 cm à plusieurs mètres d'épaisseur, de couleur brune (7,5 YR 4/4) à rouge sombre (10 R 3/4), de texture limoneuse. Dans certains profils, on peut noter une induration en cuirasses ainsi que des débris ferrugineux indurés de taille variable;

— un horizon BC, de un à plusieurs mètres d'épaisseur, à structure de la roche conservée, de couleur brun-rouge (5 YR 4/4) à jaune-rouge

TABLEAU 2

Sols allitiques sur calcaire, caractéristiques chimiques

| N° de l'échantillon | Li 101 | Li 102 | MA 11 | MA 12 |
|--|--------|--------|-------|-------|
| Profondeur en cm..... | 0-10 | 40-50 | 0-10 | 30-40 |
| Matière organique %..... | 9,2 | 3,1 | 16,4 | 5,5 |
| pH eau..... | 6,6 | 5,5 | 7,5 | 5,9 |
| pH Kcl..... | 6,1 | 5,6 | 7,1 | 5,8 |
| <i>Complexe d'échange en mé/100 g</i> | | | | |
| Ca ⁺⁺ | 20,3 | 1,43 | 65,6 | 6,5 |
| Mg ⁺⁺ | 3,69 | 0,60 | 19,8 | 3,4 |
| K ⁺ | 0,62 | 0,06 | 0,29 | 0,04 |
| Na ⁺ | 0,09 | 0,01 | 0,37 | 0,21 |
| Al ⁺⁺⁺ | tr | tr | tr | tr |
| Capacité d'échange pH 7..... | 30,2 | 14,3 | 57,9 | 21 |
| Capacité d'échange pH 8,2..... | — | — | 89,1 | 34,3 |
| <i>Éléments totaux %</i> | | | | |
| Perte au feu..... | 24,4 | 19,5 | 34,7 | 28,9 |
| Résidu..... | 1,07 | 1,32 | 0,60 | 0,98 |
| SiO ₂ | 0,62 | 0,71 | 0,73 | 0,90 |
| Al ₂ O ₃ | 45,6 | 47,5 | 34,8 | 43,7 |
| Fe ₂ O ₃ | 25,3 | 26,7 | 20,0 | 23,6 |
| TiO ₂ | — | — | — | — |
| MnO ₂ | 0,64 | 0,65 | 0,70 | 0,66 |
| SiO ₂ /Al ₂ O ₃ | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |

(5 YR 4/6), de densité apparente très faible et présentant parfois une induration lamellaire le long d'anciens plans diaclasiques de la roche. Au microscope sont observés des fantômes de péridots et de pyroxènes entièrement ferruginisés;

— la transition vers la roche saine se fait par l'intermédiaire d'un horizon C riche en minéraux peu altérés dont l'épaisseur varie de quelques millimètres à plusieurs mètres.

Ces sols sont acides (pH < 6); leur teneur en bases échangeables et leur capacité d'échange sont très faibles et liées à leur richesse en matière organique. Dans les horizons B, capacité d'échange et bases échangeables sont difficiles à mesurer vu leur faible valeur. Cela est d'autant plus valable pour la détermination de la capacité d'échange au CaCl₂ tamponné qui peut être faussée par les risques de fixation des ions chlorures sur les hydroxydes. L'analyse totale révèle des teneurs en silice inférieures à 1 %, et en hydroxydes et oxydes de fer de 60 à 80 %, d'alumine et de chrome de 5 à 10 %. Ces sols sont essentiellement constitués de goethite et d'hématite, ces goethites pouvant être alumineuses.

Ces sols se présentent donc comme des sols ferrallitiques, dépourvus de kaolinite et à constitution essentiellement ferrugineuse.

LES SOLS ALLITIQUES ASSOCIÉS À UN SUBSTRAT CALCAIRE

Les sols allitiques associés à un substrat calcaire ont été observés sur les atolls surélevés des îles Loyauté (Nouvelle-Calédonie) et de Kabara (île du Sud-Est des Lau aux Fidji). Ils sont localisés sur d'anciens fonds de lagon, aujourd'hui exondés et sous des pluviosités actuelles de 1 300 à 2 000 mm/an. L'origine volcanique allochtone, ponce et cendres flottées de leur matériau originel a été mise en évidence par TERCINIER (1971).

Ces sols sont constitués de matériaux rougeâtres de 40 à 80 cm d'épaisseur, reposant sans transition sur un substrat calcaire. Là où la forêt dense naturelle a été conservée, on observe un horizon humifère d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, de couleur brun-rouge foncé (5 YR 3/3), à texture limono-argileuse et structure grumeleuse très nette.

TABLEAU 3

Sols allitiques sur andésite, caractéristiques chimiques

| N° de l'échantillon | LK 121 | LK 122 | LK 123 | LK 124 | LK 126 |
|--|--------|--------|--------|---------|---------|
| Profondeur en cm..... | 0-10 | 30-40 | 60-70 | 100-110 | 180-190 |
| Matière organique %..... | 4,7 | 0,52 | — | — | — |
| pH eau..... | 5,0 | 4,7 | 4,9 | 4,2 | 4,6 |
| pH Kcl..... | 5,0 | 5,3 | 5,6 | 5,7 | 5,9 |
| <i>Complexe d'échange en mé/100 g</i> | | | | | |
| Ca ⁺⁺ | 2,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Mg ⁺⁺ | 2,3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| K..... | 0,3 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| Na ⁺ | 0,2 | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,04 |
| Al ⁺⁺⁺ | tr | tr | — | — | — |
| Capacité d'échange pH 7.... | 30,7 | 10,2 | 2,7 | 0,01 | 0,01 |
| Capacité d'échange pH 8,2.. | 41,5 | 10,1 | 9,0 | 3,3 | 3,5 |
| <i>Éléments totaux %</i> | | | | | |
| Perte au feu..... | 32,0 | 25,6 | 25,8 | 24,6 | 22,0 |
| Résidu..... | 2,6 | 3,0 | 4,2 | 2,9 | 2,4 |
| SiO ₂ | 6,5 | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 4,0 |
| Al ₂ O ₃ | 38,0 | 48,5 | 48,5 | 47,5 | 40,9 |
| Fe ₂ O ₃ | 16,5 | 18,5 | 18,0 | 24,0 | 27,3 |
| TiO ₂ | 1,7 | 2,1 | 1,9 | 2,5 | 2,6 |
| MnO..... | 3,5 | 3,5 | 4,0 | 0,33 | 0,22 |
| SiO ₂ /Al ₂ O ₃ | 0,31 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 0,15 |
| SiO ₂ /Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |

Mais lorsque des défrichements prolongés se sont produits, la structure devient massive, peu cohérente, et la couleur du sol devient plus claire (7,5 YR 4/4). Sous l'horizon humifère se développe un horizon B, brun à brun-rouge (7,5 YR 4/4), limono-argileux à structure massive mais peu cohérente.

Les sols sont très riches en matière organique (souvent plus de 10 %) et ont une réaction neutre à faiblement acide. Leur capacité d'échange et leur teneur en bases échangeables sont très élevées dans l'horizon humifère du fait de la matière organique mais elles baissent rapidement en profondeur. L'analyse totale révèle de très faibles teneurs en silice (< 1 %) et une prédominance de l'aluminium sur le fer au niveau des oxydes métalliques (40 à 50 % d'Al₂O₃ et 20 à 25 % de Fe₂O₃). La diffractométrie aux rayons X indique une composition à base de boehmite, de gibbsite et de goéthite plus ou moins bien cristallisées (TERCINIER, 1971).

Ces sols allitiques, considérés comme des bauxites de karst bien connues des géologues MILLOT (1964), ont été observés sur les principaux atolls surélevés de la région, Rennel (WEISSE, 1970), Niue (WRIGHT

et VAN WESTERNDORP, 1965) ainsi que dans les Caraïbes, Jamaïque (ZANS, LEMOINE, ROCHE, 1961, AHMAD *et al.*, 1966).

LES SOLS ALLITIQUES SUR ROCHES VOLCANIQUES

Des sols allitiques profonds ont été décrits à Lakeba, aux îles Fidji, sur un substrat andésitique. On en note aussi à Taveuni, Fidji (DENIS, 1978), à Tahiti (TERCINIER, 1974) et à Santo, Vanuatu (QUANTIN, 1976). Ils se forment dans les régions à pluviosités élevées, 2 000 à plus de 3 000 mm/an, sur des replats ou dans des paysages faiblement accidentés.

Les sols de Lakeba ont été décrits sur des plateaux, témoins d'une morphologie ancienne (LATHAM, 1979). Ils sont profonds, souvent plus de 3 m, et présentent la succession suivante d'horizons :

— un horizon humifère brun-rouge sombre (5 YR 3/2) très faible, riche en concrétions ferromanganésifères, associées parfois à de petits éléments de meulière, à texture limoneuse et à structure polyédrique fine peu développée;

— un horizon B, rouge (2,5 YR 4/6), de texture limono-argileuse, à structure polyédrique moyenne nette, de densité apparente faible (inférieure à 1) liée à une forte microporosité et riche en concrétions ferromanganésifères;

— un horizon B C de texture argileuse, à structure polyédrique moyenne.

Ce sont des sols acides, très désaturés en bases échangeables hormis dans les horizons humifères. La capacité d'échange cationique de leurs horizons minéraux est très faible et difficilement mesurable au chlorure de calcium à pH 7. Leur composition totale est alumineuse et à un moindre degré ferrugineuse. Ils sont pratiquement dépourvus de silice. Les analyses diffractométriques aux rayons X indiquent une prédominance de la gibbsite, associée à un peu de boehmite. On note aussi des quantités importantes d'hématite et un peu de goethite. L'analyse n'a pas révélé de minéraux argileux à l'exception d'un peu de métahalloysite dans l'horizon B.C.

Ces sols sont dénommés classiquement « bauxites latéritiques ».

ANALOGIES ENTRE CES SOLS

Ces sols, différents par certaines de leurs caractéristiques morphologiques, physico-chimiques et minéralogiques, forment une entité au sein des sols ferrallitiques ou des « oxisols ». Ils ont en commun :

— une absence de silice et de minéraux argileux dans leurs horizons A et B et une composition à base de sesquioxides métalliques;

— une capacité d'échange cationique mesurée à pH 7 très faible dans les horizons minéraux. Cette détermination est toutefois souvent difficile à réaliser du fait des liaisons intimes qui peuvent exister entre la matière minérale et la matière organique. Cette capacité d'échange cationique augmente fortement lorsqu'on la mesure à pH 8,2, ce qui indique l'importance des charges variables dans ces sols;

— un pH KCl des horizons minéraux généralement supérieur au pH eau du fait de la présence de sesquioxides de fer à fortes charges variables;

— une grande friabilité, une importante microporosité et une densité apparente très faible;

— une très faible agrégation des sols lorsqu'ils sont pauvres en matière organique, donnant des structures massives peu cohérentes.

2. Conditions de formation

La genèse de ces sols passe par une désilicification complète des altérites due à :

— l'absence de quartz dans la roche mère;

— au climat chaud et humide et à l'intensité des précipitations qui provoque une rapide et forte lixiviation du profil;

— des conditions géomorphologiques stables qui permettent le développement profond des profils.

L'absence de quartz empêche dans ces sols une réserve permanente en silice qui permettrait la cristallisation de kaolinite ordonnée. Seules des phases silicatées secondaires et fugaces (smectite, allophanes, métahalloysite) peuvent se présenter entre la roche mère et les horizons pédologiques.

— Dans les sols ferritiques sur roches ultrabasiqes, l'altération peut se traduire soit par une ferruginisation directe des périclites et des pyroxènes dans les secteurs soumis à une très forte lixiviation, soit par un horizon intermédiaire riche en antigorite et en smectites ferrifères et magnésiennes dans les secteurs soumis à une plus faible pluviosité. Le passage de cet horizon profond à smectites aux horizons ferritiques est toujours brutal et se fait sans intermédiaire d'argile 1/1.

— Pour les sols allitiques des îles Loyauté, TERCINIER (1971) a pu mettre en évidence sur le pourtour de ces atolls des dépôts, de ponces en partie allitisées mais contenant encore des minéraux amorphes de type allophane. Ces allophanes seraient les intermédiaires entre le matériau pyroclastique et les allites.

— Enfin, sur les plateaux de Lakéba, l'intermédiaire entre le matériau allitique et la roche mère est une métahalloysite.

L'absence de kaolinite bien cristallisée dans ces sols est un signe de l'état transitoire fugace des silicates secondaires dû à l'absence d'alimentation continue en silice par l'intermédiaire du quartz.

Cette désilicification est favorisée dans les milieux étudiés par une pluviosité importante variant dans ces îles entre 1.500 et 3.000 mm/an. La lixiviation est facilitée par une position haute dans le paysage et par une forte porosité du milieu. Les périclites sont très diaclasées et leur évolution karstique a été reconnue (TRESQUES, 1975; LATHAM, 1977) : les calcaires des Loyauté sont pour leur part très perméables; enfin, les andésites des Fidji en s'altérant forment un matériau à forte microporosité. Certains des sols décrits se trouvent parfois dans des conditions climatiques limites; c'est le cas des sols ferritiques dans certains secteurs où il pleut moins de 1 200 mm/an et où actuellement l'évolution smectitique l'emporte sur la ferritisation. Mais ces sols sont souvent très anciens; certains sols ferritiques de Nouvelle-Calédonie seraient datés du Miocène inférieur. Ils représentent en fait le résultat d'une très

TABLEAU 4

Baisse de la fertilité des horizons A_1 des sols des îles Loyauté après défrichement et culture

| | Forêt M. 4 éch. | Culture M. 2 éch. | Jachère M. 3 éch. | Savane M. 2 éch. |
|-----------------------------------|--------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Structure * | G | P | G | P |
| Carbone % | 11.1 | 6.6 | 6.8 | 7.6 |
| Azote % | 0.9 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |
| C/N | 12.2 | 13.0 | 11.3 | 12.0 |
| pH eau | 7.4 | 7.1 | 6.7 | 6.8 |
| Ca ⁺⁺ éch. en mé/100 g | 62.8 | 21.9 | 19.6 | 21.0 |
| Mg ⁺⁺ éch. en mé/100 g | 12.0 | 5.9 | 8.2 | 12.7 |
| K ⁺ éch. en mé/100 g | 0.35 | 0.71 | 0.43 | 0.30 |
| T en mé/100 g | 60.1 | 37.3 | 39.7 | 43.3 |
| S/T % | 98.0 | 86.0 | 71.1 | 76.6 |
| P ₂ O ₅ % | 24.0 | 31.0 | 25.2 | 23.1 |

* G. Structure grumeleuse ; P. Structure particulaire.

longue pédogenèse qui a pu évoluer sous des climats plus humides. Cela est aussi valable pour les sols allitiques des îles Loyauté qui ont évolué sur place depuis l'émergence de ces atolls, ou pour les sols de Lakéba. L'importance et le temps durant lequel s'est effectuée la lixiviation sont donc des facteurs importants de cette désilicification.

Cette notion de temps d'évolution pédogénétique amène à envisager le problème de la stabilité du relief. Les sols ferritiques ou allitiques sont particulièrement bien développés dans les ensembles géomorphologiques stables : plateaux, épaulements, glacis surélevés. Ils sont ainsi protégés contre les effets de l'érosion et d'une troncature des profils qui amèneraient en surface des horizons d'altération contenant des silicates. Ils peuvent se former dans un relief plus accidenté, mais leur présence est liée à un climat actuel très humide comme c'est le cas à Taravao, à Tahiti (2.000 mm/an) et à Taveuni, aux îles Fidji, où, sur un matériau volcanique récent, il pleut plus que 3.500 mm/an dans les secteurs humides d'altitude sur péridotite en Nouvelle-Calédonie.

Les conditions de formation des sols ferritiques et allitiques sont donc assez similaires. C'est le stade d'évolution le plus poussé de sols formés dans des conditions tropicales humides en milieu drainé, sur des roches silicatées dépourvues de quartz.

3. Fertilité naturelle

Cette forte évolution des constituants minéraux donne à ces sols un potentiel de fertilité naturelle médiocre. Ils sont très peu cultivés, à l'exception des sols allitiques sur calcaire et, lorsqu'ils le sont, de

longues jachères sont pratiquées entre chaque culture. Pour sa part, la forêt dense naturelle est très sensible au feu sur les sols les plus profonds et lorsqu'elle a été détruite, cette forêt est bien souvent remplacée par une fougère ou par un maquis pauvre en graminées. Sa régénération naturelle est alors lente.

La fertilité de ces sols est intimement liée à la matière organique qui sert à la fois de réserve en éléments minéraux et de fixateur de ces éléments. Elle est donc très fragile. Il est symptomatique de voir aux îles Loyauté, après une mise en culture prolongée, une acidification des horizons superficiels, une baisse de teneurs en matières organiques et en bases échangeables et de la capacité d'échange ainsi qu'une dégradation de la structure (tabl. 4). Cela explique le système de jachère prolongée utilisé : 2 ans de culture pour 7 à 8 ans de jachère. Cette baisse de fertilité peut être accentuée sur pente par une érosion superficielle qui peut entraîner une quasi-stérilisation du sol comme cela a pu être observé sur sols ferritiques en Nouvelle-Calédonie. Dans ce cas, on a pu noter, dans des secteurs où la végétation a été soumise à de nombreux feux, une disparition complète de la végétation et même une légère induration superficielle dans les zones où les hydroxydes de fer peu cristallisés abondent.

Le phosphore de ces sols est lié à la matière organique et aux sesquioxides métalliques. Il est peu abondant sauf dans les zones qui ont reçu des apports de guano, lequel a pu favoriser la formation de phosphate de fer ou d'aluminium. Des teneurs de 2 à 5 % de P₂O₅ total, principalement sous forme de crandalite, un phosphate d'aluminium, ont été signalés aux îles Loyauté. Sur cuirasses ferritiques

aux îles Belep, dans le Nord de la Nouvelle-Calédonie, on a pu analyser jusqu'à 1 % de P_2O_5 total. Mais ce phosphore est loin d'être entièrement assimilable et, hormis quelques cas particuliers, la carence en phosphore est l'une des causes les plus régulièrement avancées de la faible fertilité de ces sols. Il a été constaté, par les forestiers de Nouvelle-Calédonie, que des apports d'engrais phosphatés dans des plantations de *Pinus caribaea* sur sol ferritique n'avaient qu'un effet réduit sur la croissance des arbres, du fait probable d'une rapide rétrogradation de cet élément sous forme de phosphate de fer.

Des carences en silice sont aussi à envisager pour certaines cultures exigeantes en cet élément, comme cela a été noté à Hawaï pour la canne à sucre (Fox *et al.*, 1967). Ainsi des maïs qui avaient des difficultés de croissance sur sol allitique aux îles Loyauté, avaient une composition chimique équilibrée à l'exception de teneurs très faibles en silice (moins de 1 % par rapport à la matière sèche, contre des teneurs de quelques pour cent dans le cas normal).

Avec ces causes générales de faible fertilité interviennent des aspects plus spécifiques :

— sur les sols ferritiques, les très faibles teneurs en éléments nutritifs majeurs (P_2O_5 , K_2O et CaO) sont très probablement la cause principale des difficultés rencontrées par les plantes courantes pour se développer dans ce milieu, mais l'abondance de métaux lourds, nickel, chrome et cobalt a aussi été envisagée comme un frein à la croissance des plantes non adaptées. Les toxicités dues au nickel, au chrome ou au cobalt ont été avancées pour expliquer l'originalité du maquis minier en Nouvelle-Calédonie (BIRREL et WRIGHT, 1945; JAFFRE, 1980). Mais, si l'effet toxique de ces éléments a pu être démontré en vases de végétation avec des apports de sels, il reste à préciser dans les conditions naturelles. C'est ainsi que les maraîchers de la région de Nouméa, faute d'autre terre à proximité de la ville, ont cultivé depuis une dizaine d'années, avec succès, des sols ferritiques; ils apportent des amendements calciques, du fumier et des engrais minéraux et réussissent très bien leurs légumes. Ces sols présentent, en effet, des caractéristiques physiques de friabilité et de drainage très recherchées pour ce type de culture.

— La faible épaisseur des sols allitiques sur substrat calcaire et une forte carence en potasse liée à un déséquilibre entre cet élément et les autres cations échangeables sont les principales limites d'utilisation de ces terres. Des blocages, du fait du pH, de certains oligo-éléments : zinc, manganèse et bore, ont aussi été signalés (TERCIER, 1971; MANCIOT, 1979). Cela n'empêche pas la pratique de cultures vivrières traditionnelles avec de longues périodes de jachère. Après fertilisation potassique,

des cultures maraîchères ont été réalisées avec succès ces dernières années.

— Enfin, les sols allitiques profonds comme les sols ferritiques pourraient présenter d'éventuelles toxicités aluminiques et manganiques. La présence d'aluminium échangeable a été décelée sous forme de traces dans les horizons humifères de ces sols, mais, en présence de KCl, le pH de ces terres remonte, ce qui influe probablement sur la solubilité de l'aluminium.

Il apparaît ainsi, que ces sols présentent de très nombreuses contraintes pour leur mise en valeur, ce qui les a fait le plus souvent, considérer comme très peu fertiles. Ils possèdent cependant, des caractéristiques physiques très intéressantes et il est probable que, grâce à des amendements spécifiques, ils pourraient devenir des terres productives.

4. Problème de classification

Jusqu'à présent, ces sols n'ont pas reçu une place explicite dans les principales classifications.

Dans la classification française, ces sols doivent être inclus dans la classe des sols ferrallitiques, mais leur spécificité n'a pas véritablement été retenue. Les sous-classes sont définies d'après le taux de saturation du complexe d'échange dans l'horizon B (C.P.C.S. 1967). Or le taux de saturation n'a pas la même signification dans ces sols dépourvus de capacité d'échange cationique au niveau de la matière minérale.

Récemment, DUCHAUFOR (1977) a proposé la création de ferrallites dans la classe ferrallitique pour les sols à dominance de sesquioxides métalliques, au sein desquels il distingue des ferrites et des allites. Enfin, SEGALIN *et al.* (1979) dans leur « projet de classification des sols » proposent la création d'oxydisols pour des sols présentant plus de 60 % d'oxydes métalliques libres et moins de 10 % de kaolinite et de minéraux primaires altérables dans la fraction 20-200 μ .

Dans la « Soil Taxonomy » (1976), ils ont leur place dans les « oxisols » bien que, pour les sols allitiques sur calcaire, des questions de profondeur de l'horizon oxisse se posent parfois. Au sein des « oxisols », leur différenciation se fait non pas au niveau des sous-ordres mais au niveau des grands groupes. Ils devraient tous être inclus dans les grands groupes « Acr », aucune différenciation n'étant faite à ce niveau entre les trois catégories décrites, à l'exception des critères de teneur en humus ou de présence de cuirasse. Les sols allitiques ne peuvent pas, en effet, rentrer dans le groupe « gibbsi » car ils ne présentent pas de graviers gibbsitiques indurés. Mais les grands groupes « Acr » de la « Soil taxonomy »

sont principalement réservés aux sols ferritiques dérivés de roches ultrabasiques de Porto-Rico.

Récemment le groupe ICOMOX (1), dans sa circulaire n° 6/80, a proposé la création du sous-ordre des « akrox » avec la définition d'un « akric soil material » basée sur une capacité d'échange effective des cations inférieure à 1,5 mé/100 g d'argile et un delta pH entre pH KCl et pH eau supérieur à $-0,2$. Seraient exclus de cette définition les sols présentant une dominance de gibbsite sans sesquioxydes de fer.

Dans ces conditions, les sols présentés entreraient dans cette unité, la dominance de la gibbsite dans les sols allitiques étant toujours contre balancée par d'importantes quantités d'hydroxydes de fer. Il reste, toutefois, à séparer chacune des unités décrites ci-dessus, si possible à un niveau supérieur à celui de la famille.

Le problème des critères de classification de ces sols reste toutefois posé et deux écoles s'affrontent à ce sujet :

— l'école française qui retient la teneur en sesquioxydes métalliques libres;

— l'école américaine qui privilégie la capacité d'échange cationique de l'argile et les charges variables.

Dans la mesure toutefois où la capacité d'échange et les charges variables sont subordonnées à la teneur en sesquioxydes métalliques, il apparaîtrait plus logique de classer directement les sols d'après cette teneur.

Il ressort de cette discussion que la classification de ces oxydisols demeure encore imprécise et qu'elle demanderait à être examinée plus en détail

Conclusion

Les oxydisols forment un pôle extrême du processus de ferrallitisation. Ils sont variés, mais très différenciés au sein des sols ferrallitiques par rapport aux kaolisols. Ils sont caractérisés par :

— une composition à base de sesquioxydes métalliques sans silice et sans minéraux argileux;

— une capacité d'échange à pH 7 généralement inférieure à 1,5 mé/100 g d'argile et de fortes charges variables;

— une grande friabilité, une forte porosité et une densité apparente inférieure à 1 dans les horizons B.

Ils sont spécifiques d'une pédogenèse tropicale humide en milieu bien drainé sur des roches dépourvues de quartz, dans des conditions de forte pluviosité et dans un contexte géomorphologique stable. Leur fertilité naturelle est faible, et ils ont souvent été considérés comme des sols à ne pas utiliser au point de vue agronomique. Or il apparaît qu'avec des apports d'amendements et d'éléments fertilisants, du fait de leurs caractéristiques physiques favorables et pour des spéculations rentables, il serait possible de les cultiver de façon intensive.

Leurs conditions d'emploi demandent cependant à être précisées, de même que leur classification. Ainsi tant pour leur intérêt théorique qu'économique, ces sols devraient être pris en considération de façon plus approfondie.

Remerciements

L'auteur tient à remercier M. le professeur LENEUF et MM. DE BOISSEZON et SÉGALEN pour avoir relu ce texte et contribué par leurs remarques à l'améliorer.

(1) I.C.O.M.O.X. : International Committee on the Classification of Oxisols.

BIBLIOGRAPHIE

- AHMAD (N.), JONES (R. L.), BEAVERS (A. H.), 1966. — Genesis, mineralogy and related properties of West Indian soils : Bauxitic soil of Jamaica. *Soil Sci. Amer. Proc.*, vol. 30, n° 6 : 719-722.
- BIRREL (K. S.), WRIGHT (A. C. S.), 1945. — A serpentine soil in New Caledonia. *N. Z. J. Sci. Techn* 27 4 : 72-76.
- C.P.C.S., 1967. — Classification des sols. Lab. Pédologie-Géologie, E.N.S.A., Grignon, 87 p. *multigr.*
- DENIS (B.), 1978. — A descriptive note of the soils of Taveuni, in Taveuni : land, population and production U.N.E.S.C.O./U.N.F.P.A. Fiji Island report, n° 3. Canberra. A.N.U. for U.N.E.S.C.O. : 13-20.
- DUCHAUFOUR (Ph.), 1977. — Pedogenèse et classification. Masson ed., 477 p.
- FOX (R. L.), SILVA (J. A.), YOUNG (O. R.), PLUCKNET (D. L.), SCHERMAN (G. D.), 1967. — Soil and plant silicon and silicate response by sugar cane. *Soil Sci. Amer. Proc.*, vol. 31, n° 6 : 775-779.
- JAFFRÉ (T.), 1980. — Étude écologique du peuplement végétal des sols dérivés des roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie. Thèse Science Paris Sud, 273 p.
- LATHAM (M.), 1975. — Les sols d'un massif de roches ultrabasiques de la Côte Ouest de la Nouvelle-Calédonie : le Boulinda. Les sols à accumulation ferrugineuse relative. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, vol. XIII, n° 2 : 159-172.
- LATHAM (M.), 1977. — On geomorphology of northern and western New Caledonian ultramafic massifs. Symp. Inter. de Géodynamique du Sud-Ouest Pacifique. Ed. technip : 235-244.
- LATHAM (M.), 1979. — The natural environment of Lakeba. U.N.E.S.C.O./U.N.F.P.A. *Fiji Island report n° 5*, Canberra A.N.U. for U.N.E.S.C.O. : 13-64.
- LATHAM (M.), MERCKY (P.), 1980. — Étude des sols des îles Loyauté. O.R.S.T.O.M., Nouméa 37 : *multigr.* + annexes.
- LEE (K. E.), 1969. — Some soils of the British Solomon Islands protectorate. *Phil. Trans. Roy. Soc. B* 255 : 211-257.
- LOEFLER (E.), 1978. — Karst features of Igneous rocks in Papua New Guinea in Landform evolution in Australia. A.N.U. press : 238-249.
- MANCIOT (R.), 1979. — Étude technique et socio-économique de la cocoteraie calédonienne. Proposition d'intervention I.P.H.O., Paris, 70 p.
- MILLOT (G.), 1964. — Géologie des argiles. Masson & C^{te}, 500 p.
- QUANTIN (P.), 1976. — Archipel des Nouvelles-Hébrides : sols et quelques données du milieu naturel. Santo. O.R.S.T.O.M., Paris, 37 p.+2 cartes.
- SÉGALEN (P.), FAUCK (R.), LAMOUREUX (M.), PERRAUD (A.), QUANTIN (P.), ROEDERER (P.), VIELLEFON (J.), 1979. — Projet de classification des sols S.S.C. de l'O.R.S.T.O.M., Bondy, 301 p.
- TERCINIER (G.), 1971. — Contribution à la connaissance des phénomènes de bauxitisation et d'allitisation. Les sols des karst d'atolls surélevés du Sud-Ouest Pacifique. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Pédol.*, vol. IX, n° 3 : 307-334.
- TERCINIER (G.), 1974. — Cristalochimie des sols ferrallitiques totalement désilicifiés d'une région très humide de l'Océanie intertropicale. C.R. 10^e Congr. Inter. Sci. du sol, Moscou : 61-68.
- TRESCASES (J. J.), 1975. — L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiques en zone tropicale et la formation des gisements nickelifères en Nouvelle-Calédonie Mémoire O.R.S.T.O.M., n° 78, 259 p.
- U.S.D.A. Soil Survey staff. 1976. — Soil Taxonomy, a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Agric. Handbook n° 436, 734 p.
- WEISSE (G. de), 1970. — Bauxite sur un atoll du Pacifique. L'île de Rennell dans l'archipel des Salomon. *Mineral deposits* 5-2 : 181-183.
- WRIGHT (A. C. S.), VAN WESTERDORF (F. J.), 1965. — Soils and agriculture of Niue Island. *N.Z. Dep. Sci. and Ind. resch. soil Bur. Bull.*, n° 17, 80 p.
- ZANS (V. A.), LEMOINE (R. G.), ROCHE (E.), 1961. — Genèse des bauxites des Caraïbes. *C.R. Acad. Sci. Paris*, 252 : 3302-3304.

ANNEXE

Description des principaux profils

1. SOL FERRALLITIQUE FERRITIQUE EN ROCHE ULTRABASIQUE : BOU 12

- *Localisation* : Nouvelle Calédonie, Massif du Boulinda sous le Pic Poya.
- Paysage accidenté, replat entourant une dépression fermée.
- *Altitude* : 820 m.
- *Pluviométrie* : 2 000 mm/an.
- *Roche ultrabasique* : harzburgite.
- *Végétation* : lande avec quelques *Araucaria rulei*, en strate arborée, et de nombreuses fougères en strate herbacée.

En surface très nombreux blocs de cuirasse vacuolaire et bréchiq, certains de grande taille (1 m de long).

0-20 cm A₁ :

— Frais, rouge sombre, 2,5 YR 3/2, à matière organique non directement décelable, très nombreux (9,5 %) éléments ferrugineux de forme nodulaire (scoriacés) de 1 à 5 cm de diamètre et blocs de cuirasse, sableux, structure particulière, volume des vides très important entre les éléments grossiers, meuble, quelques racines moyennes et fines.

Transition distincte et régulière.

20-40 cm, A₂ :

— Humide, rouge sombre, 2,5 YR 3/2, très nombreux (9,5 %) éléments ferrugineux de forme nodulaire (scoriacés), de petite taille, sableux, structure particulière, volume des vides très important entre les éléments grossiers, friable, quelques racines moyennes et fines.

Transition nette et régulière (à la limite entre ces deux horizons on observe une mince pellicule indurée).

40-70 cm, B₂ :

— Humide, brun rougeâtre foncé, 2,5 YR 3/4, quelques éléments ferrugineux de forme nodulaire de faible dimension et quelques galets ferrugineux de 3 à 4 cm de diamètre, limono-argileux, structure fragmentaire, polyédriques fine nette, parfois légère induration sur les éléments structuraux, volume des vides faible entre les agrégats, friable, quelques racines moyennes et fines.

Transition graduelle et régulière.

70-120 cm, B₃ :

— Humide, brun rougeâtre, 5 YR 4/4, limono-argileux avec quelques sables de chromite, structure fragmentaire, polyédrique fine nette, volume des vides faible entre les agrégats, friable, pas de racine.

Transition graduelle et régulière.

120-250 cm, B₃C :

— Humide, brun rougeâtre, 5 YR 5/4, quelques taches diffuses jaune-brunâtre, 10 YR 6/6, on reconnaît par endroits des plages de minéraux en voie d'altération (pyroxène, péridot), limono-argileux, structure fragmentaire polyédrique moyenne assez nette, volume des vides assez important entre les agrégats, microporosité importante, friable, pas de racines.

2. SOL FERRALLITIQUE ALLITIQUE HUMIFÈRE SUR CALCAIRE : LI 10

- *Localisation* : Nouvelle-Calédonie, Lifou, Hmeleck.
- *Climat* : tropical océanique : pluviométrie moyenne 1 468 mm/an.
- *Site* : fond de lagon surélevé.
- *Matériau originel* : matériau volcanique sur calcaire.
- *Végétation* : défriche à *Lantana camara*, *Psidium*, *Indigofera* sp. et Malvacées.

0-25 cm

Frais, 7,5 YR 4/4 brun, limono-argileux, pseudo-concrétions brunes, structure fragmentaire nette grumeleuse moyenne à fine, volume des vides important entre les agrégats, agrégats peu poreux, meuble, friable, nombreuses racines fines quelques moyennes, transition nette et irrégulière (semelle de labour).

25-40 cm à 80 cm

— Frais, 7,5 YR 4/4, brun, limono-argileux, structure massive à débit angulaire, quelques petites pseudo-concrétions brunes, volume des vides faible, microporosité importante, friable, quelques racines fines, transition très nette et ondulée.

3. SOL FERRALLITIQUE ALLITIQUE HUMIFÈRE SUR CALCAIRE : MA 1

- *Localisation* : Nouvelle-Calédonie, Maré, La Roche, Route de Rawa à 100 m du croisement.
- *Climat* : tropical océanique ; pluviométrie moyenne 1 513 mm/an.
- *Site* : ancien lagon surélevé.
- *Matériau originel* : matériau volcanique sur calcaire.
- *Végétation* : fourré à faux poivrier, *Dodonea viscosa*, *Lantana camara* et *Imperata cylindrica*.

0-15 cm

— Frais, brun foncé, 7,5 YR 3/2, limono-argileux, structure fragmentaire nette grumelleuse à polyédrique fine, volume des vides assez important entre les agrégats, microporosité importante, friable, meuble, nombreuses racines moyennes et fines, transition distincte et régulière.

15-40 cm

— Frais, 7,5 YR 4/4 brun, limono-argileux, structure massive, meuble, microporosité très importante, densité apparente très faible, très friable, quelques racines moyennes et fines, transition nette et régulière.

40 cm et plus

- Calcaire friable

4. SOL FERRALLITIQUE ALLITIQUE SUR ANDÉSITE : LK 12

- *Localisation* : Fidji, Lakéba, plateau, zone centrale de l'île, altitude 220 m.
- *Climat* : tropical océanique à saison sèche marquée ; pluviométrie 2 000 mm/an.
- *Site* : plateau niveau Ia.
- *Matériau originel* : Andésite.
- *Végétation* : Formation à Talasiga, strate herbacée, *Dicranopteris linearis*, *Pteridium esculentum*, graminées, composées, strate arbustive et arborée, *Dodonea viscosa*, *Metrosideros collina*, *Miscanthus floridulus*, *Pandanus odoratissimus*, *Casuarina equisetifolia*.

A₁ - 0-8 cm

— Frais, brun rouge très foncé, 5 YR 3/2, à matière organique non directement décelable, sablo-argileux, nombreux petits gravillons ferro-manganésifères, quelques éléments de meulière dispersés à la surface, structure fragmentaire peu nette, polyédrique subangulaire fine, volume des vides important, friable, nombreuses racines moyennes et fines.

Transition distincte et régulière.

A₂ - 8-52 cm

— Frais, rouge sombre, 5 YR 3/4, limono-argileux, quelques concrétions ferro-manganésifères, structure fragmentaire peu nette, polyédrique subangulaire moyenne à fine, volume des vides important, nombreux pores tubulaires, très friable, nombreuses racines moyennes et fines.

Transition graduelle et régulière.

B₁ - 52-85 cm

— Frais, rouge sombre, 5 YR 3/4, argileux, quelques gravillons ferro-manganésifères, structure fragmentaire peu nette, polyédrique moyenne, volume des vides faible, agrégats poreux, ferme, quelques racines moyennes et fines.

Transition graduelle et régulière.

B₂ - 85-120 cm

— Frais, rouge, 2,5 YR 4/6, argileux, quelques gravillons ferro-manganésifères, structure fragmentaire très faible, peu poreux, faces luisantes, légère cimentation, quelques racines fines.

Transition graduelle et régulière.

B₃ - 120-150 cm

— Frais, rouge, 2,5 YR 4/6, argileux, quelques rares concrétions ferro-manganésifères, structure fragmentaire nette, polyédrique moyenne, volume des vides faible, peu poreux, faces luisantes, friable, pas de racine.

Transition graduelle et régulière.

B_{3C} - 150-190 cm

— Frais, rouge, 2,5 YR 4/6, argileux, structure fragmentaire peu nette, polyédrique moyenne, volume des vides faible, quelques pores tubulaires, friable, pas de racine.