

# Les oxydisols dans quelques milieux insulaires du Pacifique — Étapes de leur formation.

Marc LATHAM

Pédologue O.R.S.T.O.M.  
70-74 route d'Aulnay 93140 Bondy.

---

## SOMMAIRE

*Les oxydisols sont constitués d'oxydes et d'hydroxydes métalliques et sont pratiquement dépourvus de phyllites argileuses. Ils représentent le terme le plus avancé de la ferrallitisation. On les rencontre fréquemment dans les îles du Pacifique sur roches dépourvues de quartz : roches volcaniques, basiques et ultrabasiqes. Sur roches ultrabasiqes en Nouvelle-Calédonie, des sols ferritiques peuvent se former, en fonction d'une pluviosité décroissante, directement, sans phase transitoire argileuse, ou indirectement avec comme intermédiaire une altérite smectitique. En ce qui concerne la formation des sols allitiques sur roches volcaniques basiques, seuls des intermédiaires amorphes sont présents entre la roche et le sol, à Taveuni sous très fortes précipitations. Alors que sous climat plus contrasté, à Lakéba, on observe des argiles de la famille des kaolinites. Enfin, en milieu calcaire, la désilicification paraît accélérée. Ainsi, dans les cas étudiés, climat et présence de calcaire sont les deux principaux facteurs déterminant les étapes de la formation des oxydisols.*

Les oxydisols en suivant les définitions de SEGALÉN et al (1979) sont constitués d'oxydes et d'hydroxydes métalliques et sont pratiquement dépourvus de phyllites argileuses. Ils représentent l'étape la plus avancée de la ferrallitisation. Leur présence est fréquente dans les îles du Pacifique Sud où on les rencontre sur trois types de substrats : des roches ultrabasiqes, des roches volcaniques basiques et des ponces et cendres sur les calcaires des atolls surélevés (LATHAM 1980-1981). Les étapes de la désilicification de ces matériaux pour former des oxydisols sont variées. Elles mettent en œuvre l'intervention de minéraux plus ou moins bien cristallisés : smectites, métahalloysites, allophanes, oxydes et hydroxydes. Dans cette présentation préliminaire, abordée à base d'exemples deux grandes catégories d'oxydisols seront traités : les sols ferritiques et les sols allitiques.

### 1. LES SOLS FERRITIQUES. (fig. 1)

Les sols ferritiques étudiés sont ceux formés sur roches ultrabasiqes. Leur teneur en  $Fe_2O_3$  dépasse 60 %. Deux cas vont être envisagés : celui d'une ferritisation indirecte par l'intermédiaire de smectites et celui d'une ferritisation directe.

Analyse totale %

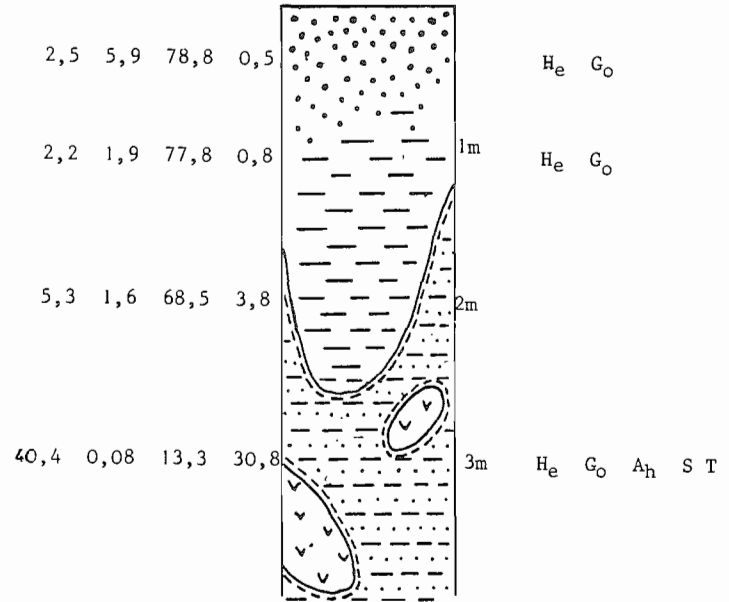
Minéralogie

Chimie %

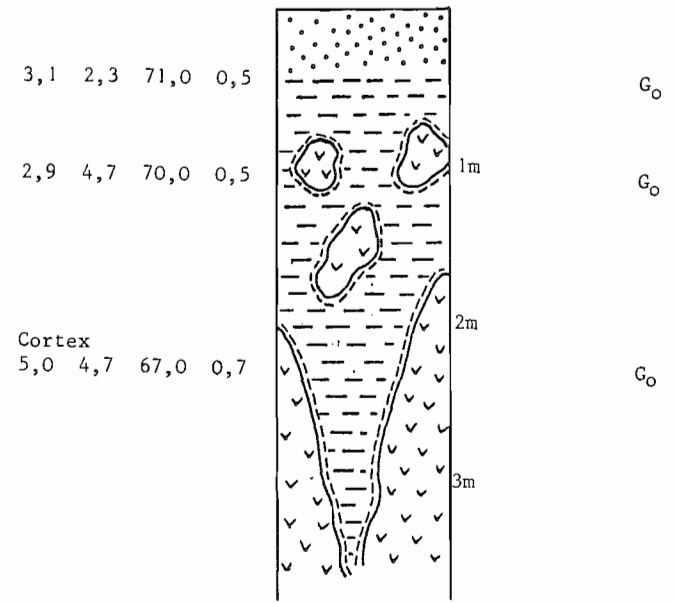
Minéralogie

S<sub>1</sub>O<sub>2</sub> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MgO

Si O<sub>2</sub> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> MgO



Ferritisation indirecte (P=1200mm/an)



Ferritisation directe (P=3000mm/an)

Légende

nodules ferrugineux

texture limoneuse

texture sablolimoneuse

roche peu altérée

G<sub>o</sub>: goethite

H<sub>e</sub>: hémateite

A<sub>h</sub>: antigorite

S : smectite

T : talc

FIGURE 1 : Sols ferritiques sur roches ultrabasiques (Massif du Boulinda — Nouvelle-Calédonie)

## FERRITISATION INDIRECTE.

Le cas d'une ferritisation indirecte est le cas le plus classique sur roches ultrabasiques. Il a notamment été décrit par TRESCASES 1973, QUANTIN et NALOVIC 1972 et BESSET 1978 en Nouvelle-Calédonie, par BONIFAS 1959 en Guinée et par NAHON et al 1982 en Côte d'Ivoire, MELFI et al (1979-1980) au Brésil. Dans ce cas la roche s'altère par l'intermédiaire d'une saprolite pour donner une ferrite.

Un exemple de ferritisation indirecte a été étudié sur le Mont Boulinda au Centre-Ouest de la Nouvelle-Calédonie, en position de bas plateau, à 400 m. d'altitude, sous des précipitations moyennes annuelles de 1200 mm. La roche-mère est une harzburgite.

Le profil comprend de haut en bas :

- un horizon brun-rouge nodulaire de 60 cm. d'épaisseur, présentant une concentration de nodules ferrugineux à proximité de la surface. Cet horizon est constitué à 75 % de  $Fe_2O_3$ , 5 % d' $Al_2O_3$  et de 2,5 % de  $SiO_2$ . L'analyse diffractométrique aux rayons X révèle une constitution à base d'hématite et de goéthite ;

- un horizon brun-rouge de 60 à 200 cm. d'épaisseur, de texture limoneuse. Cet horizon de composition similaire à celle du précédent est plus riche que celui-ci en goéthite et moins riche en hématite. La transition avec l'horizon inférieur est en forme de langue pouvant atteindre une amplitude supérieure à 1 m. Cette transition est rapide et se fait sur moins de 5 cm. par l'intermédiaire d'une interpénétration de matériaux ferrugineux et smectitiques ;

- un horizon d'altération de la péridotite de couleur jaunâtre et de texture sablo-argileuse, présentant des cortex d'altération autour des noyaux de roche peu altérée verdâtre. Cet horizon riche en silice, en magnésium et en fer est constitué par des smectites, de l'antigorite et du talc. Il peut se développer sur deux à trois mètres d'épaisseur avant que la péridotite saine n'apparaisse. Microscopiquement, il est formé d'un plasma smectitique contenant des lithoreliques de pyroxène et de péridot serpentinisé.

Des extractions successives du fer par HCl concentré dans les horizons ferrugineux suivant les méthodes développées par SEGALEN (1968) et par QUANTIN, LAMOUREUX (1974), mettent en évidence de faibles quantités de cet élément, ce qui serait un signe d'une bonne cristallisation de ces minéraux. On observe ainsi une ferritisation indirecte de la péridotite par l'intermédiaire d'une altérite riche en smectite et en talc. Notons que les faibles teneurs en aluminium de la roche-mère (moins de 1 %) ne permettent pas la formation de kaolinite. On a donc une transition directe entre la smectite et les oxyhydroxydes ferrugineux.

## FERRITISATION DIRECTE.

Le cas de la ferritisation directe est beaucoup moins fréquent que le précédent. Il a été observé toujours sur le massif du Boulinda en position plane mais à 1100 m d'altitude, sous une pluviométrie moyenne annuelle voisine de 3000 mm ; la roche-mère étant comme dans le cas précédent une péridotite de type harzburgite.

Le profil comprend :

- un horizon superficiel brun-foncé à ocre, nodulaire (60 % d'éléments ferrugineux de forme nodulaire) de 35 cm d'épaisseur ; cet horizon, composé de 70 % de  $Fe_2O_3$ , 3 % d' $Al_2O_3$  et de 4 % de  $SiO_2$  est constitué du point de vue minéralogique uniquement de goéthite ;

- il surmonte un horizon ocre de texture limoneuse, de 100 à 200 cm d'épaisseur contenant des blocs décimétriques de péridotite saine. Cet horizon, à très forte microporosité, a une composition presque uniquement ferrugineuse sous forme de goéthite. Les blocs de roche présentent un cortex d'altération de 1 à 2 cm d'épaisseur constitué de lithoreliques de péridots et de pyroxènes entourés par un plasma ferrugineux. Au microscope une ferruginisation est observée le long du maillage des péridots où le fer prend la place de l'antigorite et dans les mâcles des pyroxènes. Aucune trace de smectite n'a pu être mise en évidence à l'analyse diffractométrique aux rayons X. Des amas de silice sous forme de microfilonets de quartz secondaire ont pu être observés ;

- cet horizon repose sur une roche fortement diaclasée présentant comme des blocs précédents une ferruginisation directe des pyroxènes et des péridots le long des réseaux de fentes.

Les extractions successives de fer par HCl concentré libèrent des teneurs beaucoup plus élevées de cet élément que dans le cas précédent, et cela, plus en profondeur qu'en surface.

La ferritisation directe se traduit par une formation de goethite, peut-être moins bien cristallisée que dans les sols de basse altitude. Aucun intermédiaire argileux n'a pu être mis en évidence entre les minéraux primaires de la roche et la ferrite.

## 2. LES SOLS ALLITIQUES. (fig. 2 et 3)

Les sols allitiques considérés présentent suivant les normes de SEGALIN et al (1979), au moins 60 % d'oxydes métalliques et 30 % d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> libre.

Deux cas sont étudiés :

- des sols présentant une allitisation par l'intermédiaire d'argile de type kaolinique,
- des sols dans lesquels le stade kaolinique ne semble pas avoir été présent.

### ALLITISATION PAR L'INTERMÉDIAIRE DE KAOLINITE DÉSORDONNÉE.

Ce cas classique comporte la formation de métahalloysite puis l'évolution de cette métahalloysite vers une allite.

Un exemple a été étudié sur l'île de Lakéba à Fidji. Le profil retenu se trouve sur un plateau de 220 m d'altitude sur andésite, sous une pluviosité moyenne annuelle de 2000 m.

Il comprend :

— Une succession d'horizons de couleur rouge sombre à rouge, limono-argileux contenant des nodules ferromanganésifères. Leur composition minéralogique telle que révélée par une analyse aux rayons X est un mélange de gibbsite, de boehmite, de goethite et d'hématite. L'alumine représente plus de 45 % de la composition pondérale de ces horizons et la silice moins de 1 %, à l'exception de la partie superficielle, probablement enrichie par des phytolithes.

— Vers 1,5 m de profondeur et de façon progressive sont observés des horizons argileux plus riches en silice que les horizons précédents et moins bien pourvus en alumine. L'analyse minéralogique révèle la présence de métahalloysite.

Latéralement, dans des secteurs tronqués par l'érosion, est observé le passage à l'altérite et à la roche saine par l'intermédiaire de kaolinite désordonnée et de traces de montmorillonite.

Dans ce cas, le profil ferrallitique est complet avec une phase fugace de montmorillonite, kaolinite désordonnée et oxyhydroxydes.

### ALLITISATION PAR L'INTERMÉDIAIRE DE PRODUITS AMORPHES

Une allitisation plus directe et probablement plus rapide avec comme intermédiaire des produits amorphes peut aussi être observée. C'est le cas des sols du Nord de l'île de Taveuni à Fidji, sur roches volcaniques récentes de type basaltique, sous climat perhumide (DENIS, 1978) ou sur dépôts de ponces et de cendres sur les calcaires des atolls surélevés des îles Loyauté (TERCINIER, 1971, LATHAM et MERCKY, 1981) ou de Kabara à Fidji (LATHAM, 1982).

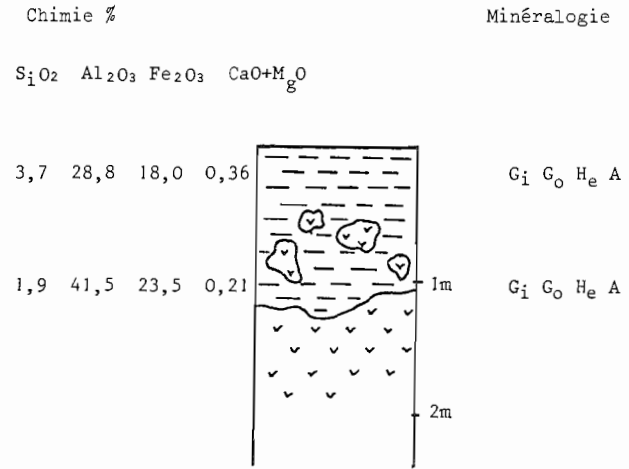
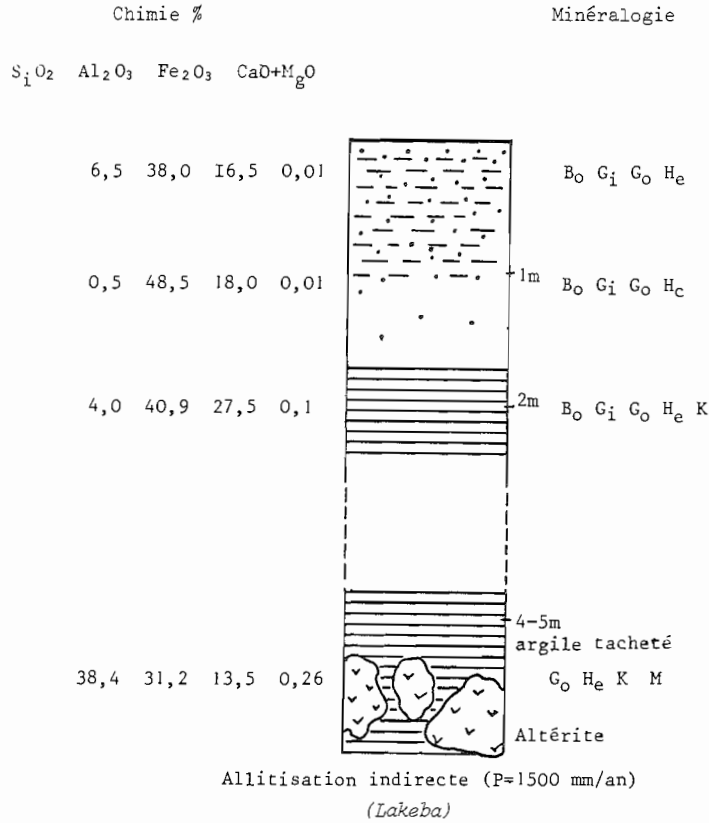
A Taveuni, dans la partie septentrionale de l'île, DENIS a observé des sols allitiques volcaniques sur des coulées récentes (quelques dizaines de milliers d'années) sous des précipitations moyennes annuelles de 3 à 6 m. Ces sols sont riches en cailloux et blocs de basalte peu altérés. La terre fine est constituée à 30 à 40 % d'alumine libre, à 20 à 25 % d'oxydes de fer et à 2 à 5 % de silice. L'analyse minéralogique révèle une composition à base de gibbsite, d'hématite, associées à des traces de minéraux amorphes. Dans la partie méridionale de cette île, sur des coulées et lapillis subactuels et sous un même type de climat se développent des andosols contenant des allophanes et des traces de montmorillonite.

Cette évolution : roche → produits amorphes → oxyhydroxydes, sans intermédiaire de kaolinite a aussi été signalée à Tahiti sur la presqu'île de Taravao dans les mêmes conditions climatiques (TERCINIER, 1974).





Aux Loyauté et à Kabara sous moins de 1 500 mm de pluie par an, seules les deux étapes extrêmes de cette évolution sont observées, des sols allitiques sur les plateaux calcaires d'une part, et des sols sur des ponces peu altérées contenant des traces d'allophanes, sur les hautes plages, d'autre part. Aucune autre argile n'a pu être mise en évidence.

Fig. 2 : SOLS ALLITIQUES SUR ROCHE BASIQUE

FIGURE 2 : Sols allitiques sur roche basique (Iles Fidji)

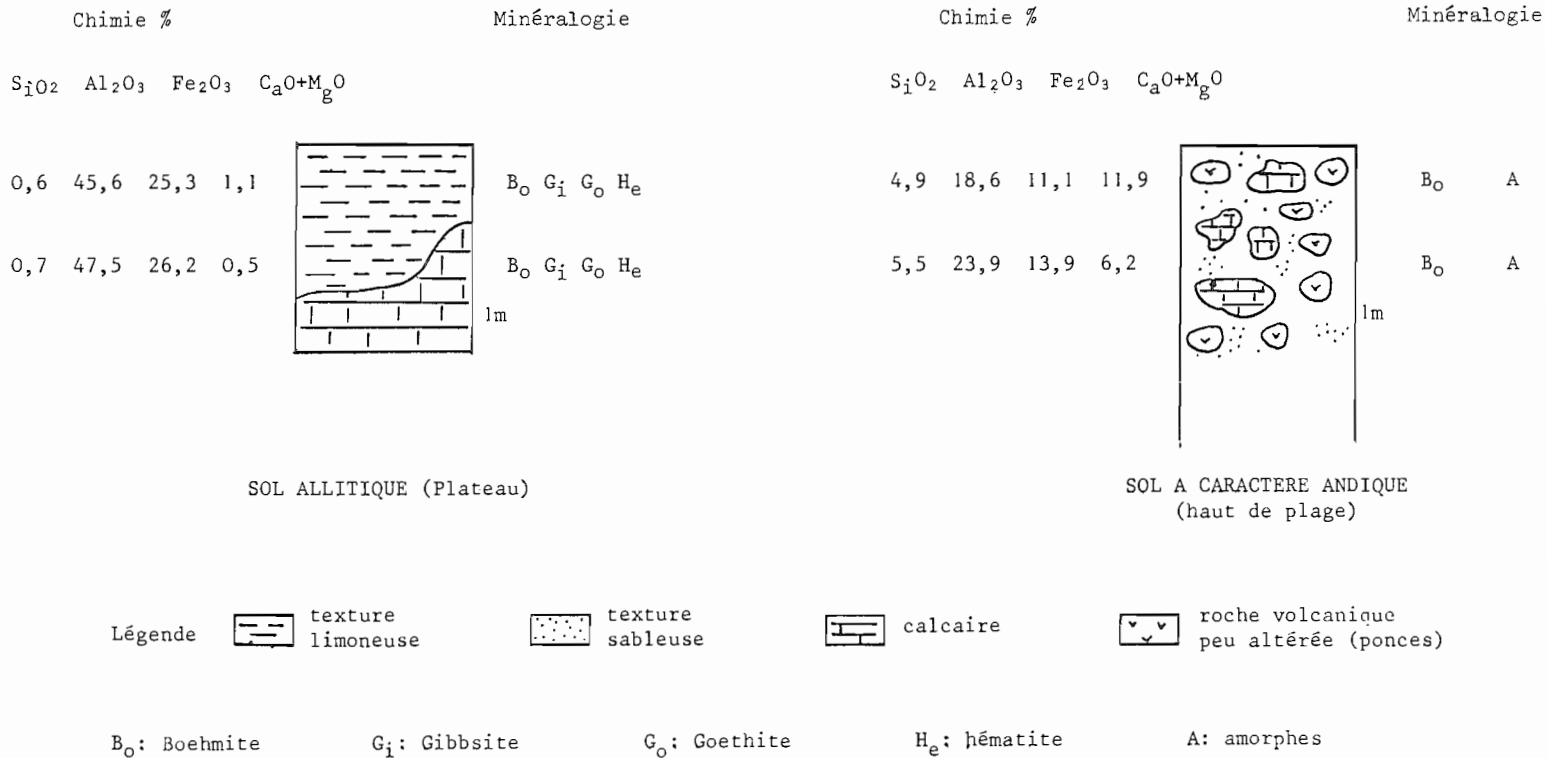


Légende

-  Nodule ferrugineux
-  texture limoneuse
-  texture argileuse
-  roche peu altérée

B<sub>0</sub>: Boehmite    G<sub>i</sub>: Gibbsite    G<sub>o</sub>: Goethite    H<sub>e</sub>: Hématite    K: Kaolinite    A: Amorphes    M: Montmorillonite

FIGURE 3 : Sols allitiques sur dépôt volcanique sur calcaire (Iles Loyauté)



### 3. DISCUSSION

Ainsi la formation des oxydisols peut emprunter des cheminements plus ou moins complexes. Elle est directe dans le cas de certaines ferrites sur roches ultrabasiqes sous climat perhumide. Elle peut suivre des étapes minéralogiques multiples avec formation de matériaux amorphes, de smectites et de kaolinite sur certaines roches basiques. Dans ces milieux elle arrive très fréquemment à son terme ultime lorsque les sols ne sont pas tronqués par l'érosion. Ceci est dû, en premier lieu, à l'absence de quartz dans les substrats étudiés. FAUCK (1970) a montré au Sénégal que la présence de quartz protégeait la kaolinite de la désilicification dans les sols rouges sur Continental Terminal. Ici, rien de tel et c'est probablement la raison majeure de la fréquence des oxydisols dans ces milieux. L'absence de réserve en silice sous forme de quartz peu soluble, amène une désilicification presque totale suivant les possibilités du drainage interne et l'abondance des précipitations.

D'une façon générale, les possibilités de drainage interne sont très bonnes en position haute dans ces milieux. Dans la plupart des substrats le drainage vertical l'emporte sur les écoulements latéraux. Il se fait par l'intermédiaire des diaclases sur les roches ultrabasiqes ou de la porosité interne sur les roches volcaniques, sans parler des calcaires où il est « libre ». Si bien qu'on a souvent une circulation karstique des eaux et donc toute possibilité d'exportation rapide des bases et de la silice. Il faut noter que les matériaux volcaniques récents sont plus perméables que les anciens.

Dans ces milieux bien drainés, la pluviosité joue un rôle majeur dans l'orientation de la pédogenèse. Sous climat très humide la désilicification est très rapide. Elle libère des hydroxydes accompagnés ou non de produits amorphes. La goéthite élaborée est finement cristallisée comme le suggèrent les fortes quantités de fer extraites par HCL. La silice est évacuée hors du profil par les eaux de sources, ou recristallise sous forme de filonnets de quartz secondaire. En revanche, lorsque les précipitations représentent moins de 1 500 mm/an, la désilicification est retardée; il y a possibilité de formation de phyllites argileuses : talc et smectites sur roches ultrabasiqes, smectites puis kaolinites désordonnées sur roches basiques. Les oxydes et les hydroxydes formés semblent mieux cristallisés.

Enfin, des teneurs suffisantes en cations et en particulier en calcium et en magnésium ainsi qu'un milieu à pH basique sont très certainement, comme l'indiquent MILLOT (1964), TRICHET (1970), et TERCINIER (1971), un facteur d'inhibition de la formation d'argiles kaolinitiques aux Loyautés et à Kabara. Un passage très rapide de la roche à des allites et en particulier l'individualisation de boémite, peuvent y être observés.

### CONCLUSION

Ainsi des conditions favorables à la formation des oxydisols dans les îles du Pacifique Sud sont fréquentes (roches sans quartz, milieu tropical avec bon drainage), mais avec un large éventail climatique. Diverses étapes dans la formation de ces sols peuvent être mises en évidence à l'échelle macro-morphologique. Mais la compréhension des processus à une échelle plus fine peut être expliquée grâce à l'observation de matériaux non perturbés, avec des moyens d'investigation microscopique : microscope optique, microscope électronique, microsonde... C'est le sens de nos recherches actuelles sur les sols issus de roches ultrabasiqes.

### REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier M. le professeur LENEUF et M. P. QUANTIN pour avoir relu ce texte et par leurs critiques avoir permis de l'améliorer.

## SUMMARY

## OXIDISOLS IN SOME PACIFIC ISLANDS ENVIRONMENTS STEPS OF THEIR FORMATION.

*Oxidisols are composed of metallic oxides and hydroxides and contain hardly any argillaceous phyllites. They represent the most advanced stage of the ferralization process. They are found in the Pacific Islands on rocks devoid of quartz: ultrabasic and basic volcanic rocks.*

*Ferritic soils can form directly without any argillaceous phase on ultrabasic rocks subject to a perhumid climate in New Caledonia at high altitude. In this case (fig. I), poorly crystallized goethite is the major soil mineral. Lower in the landscape, a smectite containing alterite is formed between rock and ferrite under a more contrasted climate (fig. I). The oxihydroxides present are well crystallized goethite and haematite.*

*The rainfall also plays a significant part in the formation of allitic soils on basic volcanic rocks. Thus, under very high precipitations, only amorphous transitions are present between the rock and the haematitic and gibbsitic soils of Taveuni (Fiji, fig. II). While some clays of the kaolinitic group can be observed under a more contrasted climate (Lakeba, Fiji, fig. II).*

*Finally desilicification is quicker on the limestones of the uppelevated atolls of the Loyalty islands (New Caledonia, fig. III), and under their rather dry climate (rainfall amounting to 1500 mm/year), no kaolinite could be observed between the slightly weathered pumice, recent deposits of the beaches and the bauxitic soils of the old terraces.*

*So, on these rocks devoid of quartz, the formation of kaolinite appears to be difficult. The internal drainage is very good and in most cases a vertical water circulation, due to a karstic evolution, overcomes the lateral water circulation. Thus, the rainfall is the main factor of soil evolution. But the limestone substratum and the high pH which is involved may be a secondary factor of desilicification, on the soils of Loyalty islands.*

## Références bibliographiques

- BESSET (F.), 1978. — Localisation et répartitions successives du nickel au cours de l'altération latéritique des péridotites de Nouvelle-Calédonie. Thèse, Montpellier, 117 p.
- BONIFAS (M.), 1959. — Contribution à l'étude géochimique de l'altération latéritique. Mémoire, Serv. de la carte géol. d'Alsace-Lorraine, n° 17, 159 p.
- DENIS (B.), 1978. — A descriptive note of the soils of Taveuni, in Taveuni land, population and production UNESCO/UNEP Fiji Island report n° 3, Canberra Anu for UNESCO, p. 13-20.
- DUCHAUFOUR (Ph.), 1977. — Pédogenèse et classification. Masson éd., 477 p.
- 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. Sc. Paris, 271 p., 2273-2276.
- LATHAM (M.), 1979. — The natural environment of Lakeba. In UNESCO/UNEP Fiji Island report n° 5, Canberra Anu for UNESCO, p. 13-64.
- LATHAM (M.), 1980-1981. — Les oxydisols dans quelques milieux insulaires du Pacifique Sud. Cah. ORSTOM, n° 3-4, p. 305-316.
- LATHAM (M.), 1983. — Kabara an atoll surélevé. In Iles Fidji Orientales et étude du milieu naturel, de son utilisation et de son évolution sous l'influence humaine. Travaux et documents ORSTOM n° 162, 184 p.
- LATHAM (M.), MERCYX (P.) 1981. — Etude des sols des îles Loyauté. ORSTOM Nouméa, 37 p. multigr. + annexes.
- MELFI (A.-G.), TRESCASES (J.-J.), BARROS DE OLIVEIRA (S.-H.), 1979-1980. — Les «latérites nické-lifères» du Brésil, Cah. ORSTOM, Ser. Géol. vol. II, p. 15-42.
- MILLOT (G.), 1964. Géologie des argiles. Masson, Paris, 499 p.
- NAHON (D.), PAQUET (H.), DELVIGNE (J.), 1982. — Lateritic weathering of ultramafic rocks and the concentration of nickel in the western Ivory Coast. Econ. Geol., vol. 77, n° 5, p. 1159-1175.
- NALOVIC (Lj.), QUANTIN (P.), 1972. — Evolution géochimique de quelques éléments majeurs et traces dans un sol ferrallitique ferritique de Nouvelle-Calédonie issu de péridotites. Interprétation d'observation à l'aide de la microsonde de Castaing. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. X, n° 4, p. 389-410.
- QUANTIN (P.), LARMOUROUX (M.), 1974. — Adaptation de la méthode cinétique de SEGALÉN à la détermination des constituants minéraux de sols variés. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XII, n° 1, p. 13-46.



- SEGALEN (P.), 1968. — Note sur une méthode de détermination des produits minéraux amorphes dans certains sols à hydroxydes tropicaux. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. VI, n° 1, p. 105-126.
- SEGALEN (P.), FAUCK (R.), LAMOUREUX (M.), PERRAUD (A.), QUANTIN (P.), ROEDERER (P.), VIELLEFON (J.), 1979. — Projet de classification des sols. S.S.C. de l'ORSTOM Bondy, 301 p.
- TERCINIER (G.), 1971. — Contribution à la connaissance des phénomènes de bauxitisation et d'allitisation. Les sols des karts d'atolls surélevés du Sud-Ouest Pacifique. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. IX, n° 3, p. 307-334.
- TERCINIER (G.), 1974. — Cristallogénèse des sols ferrallitiques totalement désilicifiés d'une région très humide de l'Océanie tropicale. C.R. 10<sup>e</sup> Congr. Inter. Sci. du sol, Moscou, p. 61-68.
- TRESCASES (J.-J.), 1975. — L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiqes en zone tropicale et la formation des minerais de nickel en Nouvelle-Calédonie. Mémoire ORSTOM, n° 78, 259 p.
- TRICHET (J.), 1970. — Contribution à l'étude de l'altération expérimentale des verres volcaniques. Thèse Fac. des Sci. Paris, Ecole Normale Supérieure Paris, 153 p.

