

# EVALUATION DE LA COMPACTITE DES SOLS FERRALLITIQUES FERRITIQUES DE NOUVELLE-CALÉDONIE - RELATION AVEC L'ENRACINEMENT.

BOURDON Emmanuel, BECQUER Thierry et EDIGHOFFER Sylvie

ORSTOM, Laboratoire d'Agropédologie,  
B.P. A5 98848 Nouméa Cedex, Nouvelle-Calédonie.

## RESUME

Les sols ferrallitiques ferritiques (Ferrallisol) de Nouvelle-Calédonie, développés sur les roches ultramafiques, sont connus pour leur très faible fertilité chimique et pour les problèmes que ceci pose lors de leur mise en valeur agricole. Toutefois, les diverses études cartographiques menées sur ces sols ont montré l'existence d'horizons relativement compacts pouvant gêner la pénétration racinaire. Nous avons donc entrepris une étude visant à analyser les relations entre la compacité, estimée de deux façons, d'une part par la mesure de la porosité et d'autre part par des mesures pénétrométriques, et l'enracinement. Ce travail a été réalisé sur une toposéquence sous végétation naturelle comprenant trois des principaux faciès de sols utilisables pour l'agriculture, les sols de piedmonts, les sols de glacis colluvio-alluvial et les sols de terrasse alluviale. Les résultats obtenus semblent montrer une bonne concordance des deux méthodes de mesure de la compacité du sol. Un seuil pénétrométrique, de  $6,29 \text{ kg / cm}^2$  (ou 20 mm), semble indiquer la limite à partir de laquelle les racines de la végétation naturelle ne peuvent plus pénétrer dans le sol. Les horizons concernés sont les horizons de profondeur (au-delà de 20 cm) sur piedmont. Les horizons de glacis et de terrasse alluviale sont situés en dessous de cette limite. Il n'a pas été possible de dégager une relation précise entre les données pénétrométriques et la texture du sol bien que les valeurs les plus fortes correspondent à des horizons dont la teneur en limons est toujours située au-delà de 50 %. Ces résultats ne nous permettent cependant pas, pour le moment, de savoir si la compacité est, en soit, un facteur limitant de l'enracinement ou si la fertilité chimique, extrêmement réduite de ces horizons, empêche toute possibilité de colonisation racinaire et donc toute amélioration de la fertilité physique.

**Mots-clefs :** Sols ferrallitiques ; Nouvelle-Calédonie ; compacité ; pénétrométrie ; enracinement.

## INTRODUCTION

Un développement de l'agriculture sur les sols ferrallitiques ferritiques (Ferrallisols) du Sud de la Nouvelle-Calédonie est souhaité par la Province. Outre les limites chimiques à la fertilité de ces sols, nous nous sommes intéressés aux contraintes physiques pouvant intervenir. Une caractérisation physique de différents profils disposés le long d'une toposéquence représentative de ces sols a donc été entreprise. D'une part, nous avons réalisé des observations sur la morphologie des profils de sol et l'enracinement des plantes en milieu naturel. D'autre part, ces observations ont été complétées par des mesures pénétrométriques, de densité et d'humidité et par des

analyses de granulométrie. Cette étude a pour objectif i) d'analyser l'incidence de la compacité du sol sur l'enracinement et ii) d'étudier la pertinence du pénétromètre à cône (type Yamanaka) comme outil de caractérisation de cette compacité.

## PRESENTATION DU MILIEU

### Le paysage et le modelé

La cartographie des sols de deux zones de référence au 1/25 000<sup>ème</sup> (BOURDON et BECQUER, 1992a, 1992b, 1993) a permis de mettre en évidence deux grandes unités morpho-pédologiques dérivées de substrats ultrabasiques : celle de montagne (montagne *sensu stricto*, piedmonts, glacis) et celle de plaine basse (terrasses alluviales récentes). Hormis les zones de montagne (*sensu stricto*), ces différents faciès de sol sont susceptibles d'être cultivés.

La toposéquence étudiée ( fig. 1) se compose en amont d'un piedmont, en aval d'une terrasse alluviale et d'une zone de transition constituée par un glacis alluvio-colluvial. Le piedmont est soumis à des processus de rajeunissement (décapage) alors que les matériaux s'accumulent en bas de pente. Par ailleurs, ces derniers peuvent être soumis à un battement de nappe temporaire à semi-permanente.

### Les sols

Les sols de ces faciès (fig 1) sont des sols ferrallitiques ferritiques (C.P.C.S, 1967) ou ferrallicol (R.P.F, 1990). Dans les conditions de l'étude, les sols sont meubles avec :

- sur le piedmont, des sols fortement désaturés riches en gravillons ferrugineux,
- sur le glacis, des sols peu évolués, non climatiques, d'apport colluvio-alluvial riches en gravillons ferrugineux,
- sur la terrasse, des sols peu évolués, non climatiques, d'apport alluvial.

Ces sols présentent des capacités d'échanges cationiques limitées aux horizons organiques. La somme de leurs bases échangeables (calcium, magnésium, potassium, sodium) reste faible à nulle. Leur pH est généralement acide. Leur minéralogie - constituée d'oxydes et d'hydroxydes de fer associés à des métaux lourds - se caractérise par l'absence d'argile de néoformation.

## METHODES

La méthode de cartographie des différentes unités morpho-pédologiques est celle décrite par BOULET *et al.* (1982). Les descriptions morphologiques ont été faites en se référant aux travaux de DE BLIC (1976). A l'échelle du profil, ces descriptions définissent les composantes de chaque volume<sup>1</sup> que sont les assemblages des agrégats, la répartition des racines et l'agencement des vides.

Les déterminations physiques complètent ces descriptions morphologiques. La porosité totale (Pt) est calculée d'après la relation  $Pt = 1 - Da / Dr$  avec, Da la densité

---

<sup>1</sup> En condition naturelle les volumes correspondent souvent à l'horizon pédologique. Par contre, sous culture, plusieurs volumes peuvent coexister dans les horizons travaillés.



apparente mesurée au cylindre et  $D_r$  la densité réelle. La micro, méso et macro-porosité (HUMBEL, 1974) sont obtenues à partir des mesures des  $pF$  4.2 et 2.5, ramenés à la densité apparente. La compaction, mesurée par un pénétromètre de poche à aiguille conique de type Yamanaka, s'effectue selon un carroyage (par maille 10 cm) sur l'ensemble du profil.

Le comptage racinaire (nombre, diamètre) est fait sur un carré de 10 cm de côté, avec cinq répétitions par horizon. La répartition, exprimée en pourcentage, est calculée à partir du nombre total de racines présentes dans le sol.

## **RELATIONS ENTRE LA STRUCTURE, LA POROSITE ET L'ENRACINEMENT**

### **Morphologie des sols et enracinement**

De l'observation des profils sur la toposéquence se dégage quatre types d'assemblages structuraux et deux types d'arrangements poraux qui s'organisent de la façon suivante :

- **sur piedmont (OUE1)**, dans l' horizon de surface (0-10 cm), l'agencement des éléments de deux types de structures, particulaire et grumeleuse, définit des vides d'entassement entre les agrégats et/ou les particules. Cet assemblage a une très faible cohérence. Dans les horizons de profondeur (à partir de 15 cm) l'emboîtement d'une structure fine à polyèdres réguliers aboutit à une sur-structure massive présentant une très forte cohérence qui ne permet pas l'individualisation de vides d'entassement et/ou d'arrangement. Cependant ces derniers peuvent être observés lors de phases de forte dessiccation. Par ailleurs, la porosité est tubulaire et intra-agrégats.

Le comportement des racines suit l'organisation structurale de ces horizons. En effet, seul l'horizon de surface est colonisé par un lacis racinaire qui pénètre peu (jusqu'à 20 cm) dans les horizons de profondeur.

- **sur glacis et plaine (OUE 2 à OUE 4)**, dans les horizons de surface (0 à 25 cm), deux types de structures se juxtaposent : des polyèdres fins à moyens à arêtes vives et de formes irrégulières et des agrégats grumeleux. L'agencement de ces deux structures définit des vides d'entassement mais également d'arrangement. Une porosité tubulaire fine, intra-agrégats, est associée à la structure polyédrique. Dans les horizons de profondeur (au-delà de 25 cm et jusqu'à 60 cm) la structure est massive. Les types de vides sont étroitement liés à la nature des matériaux d'apport. Dans le premier cas les apports, à texture plutôt sableuse, se caractérisent par des vides d'entassement. Dans le second cas une porosité tubulaire, fine à moyenne, se développe dans des matériaux à texture plutôt limoneuse. La cohérence de ces matériaux est très faible pour le premier et faible à assez forte pour le second.

Dans les horizons de surface, les racines se développent entre et dans les éléments structuraux. Elles pénètrent assez fortement les horizons sous-jacents et participent à la structuration. Il faut également noter que sur ces zones de bas de pente l'activité faunistique du sol n'est pas négligeable et intervient de façon prépondérante sur l'agrégation. La limite de la pénétration racinaire se situe vers 40 - 60 cm.



## Relation entre la compacité et l'enracinement

La compacité, évaluée à partir de deux méthodes : la mesure de la porosité totale et la pénétrométrie, est comparée à l'enracinement (fig. 2).

Le volume poral total est de 70% pour les horizons de surface(0-20 cm) et de 50 à 60 % pour les horizons sous-jacents de OUE 1. Dans le profil OUE 2, la porosité reste proche de 70 % sur 50 cm et diminue ensuite. Ceci caractérise le passage entre les horizons du glacis qui recouvrent ceux du piedmont, ces derniers étant plus riches en limons (fins et grossiers). Ce volume reste constant, autour de 70 %, sur l'ensemble des profils OUE 3 et OUE 4. Toutefois certaines variations existent et correspondent à des différences granulométriques.

La comparaison entre les variations des volumes poraux et les valeurs pénétrométriques montre qu'il existe une bonne concordance entre ces deux méthodes de mesure. Une relation significative ( $r = 0,75$ ) met en évidence une liaison entre la diminution du volume poral et l'accroissement de la compacité des horizons [3 horizons de surface, OUE 11, OUE 21 et OUE 31 ainsi qu'un horizon de profondeur uniquement gravillonnaire, OUE 45, ont été exclus de la comparaison].

Enfin, la comparaison entre les valeurs de compactage (exprimées en mm ou  $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) et l'enracinement montre que le développement racinaire est arrêté pour des valeurs supérieures à 20 mm ( $6,29 \text{ kg}/\text{cm}^2$ ).

## Relation entre la compacité et la texture du sol

Les analyses granulométriques sur la partie fine du sol mettent en évidence trois grands groupes texturaux (Fig. 3). Le premier concerne les horizons de surface à texture Limono-argilo sableuse (LAS), le second ceux à texture limono- sablo argileuse(LSa) et le troisième ceux à texture plutôt sableuse (Sa à SS).

Nous constatons qu'une même texture peut avoir des valeurs pénétrométriques et des densités apparentes différentes. Bien qu'il soit prématuré de proposer des valeurs critiques de pénétrométrie qui soient fonction de la granulométrie des sols, les valeurs les plus fortes sont obtenues sur les horizons texturaux à teneur en limons située au-delà de 50%.

## CONCLUSION

Ces différentes méthodes, nous ont permis d'évaluer la compacité de trois faciès de sol ferrallitique ferritique, l'un étant situé sur piedmont et les autres sur glacis et terrasse alluviale. Elles nous montrent qu'il existe une bonne concordance entre la caractérisation morphologique des différents assemblages structuraux, les mesures physiques (densité, pénétrométrie) et l'enracinement. En effet à un seuil de pénétrométrie de  $6,29 \text{ kg}/\text{cm}^2$ , pour un volume poral inférieur ou égale à 60 %, les racines de la végétation naturelle ne peuvent plus pénétrer dans le sol. Sur piedmont la profondeur maximale explorée par les racines n'excède guère 20 cm tandis que sur glacis elle se situe entre 40 et 60 cm. La description morphologique reste donc un outil essentiel pour apprécier, *in situ*, l'état structural des sols et les contraintes qui y sont associées.

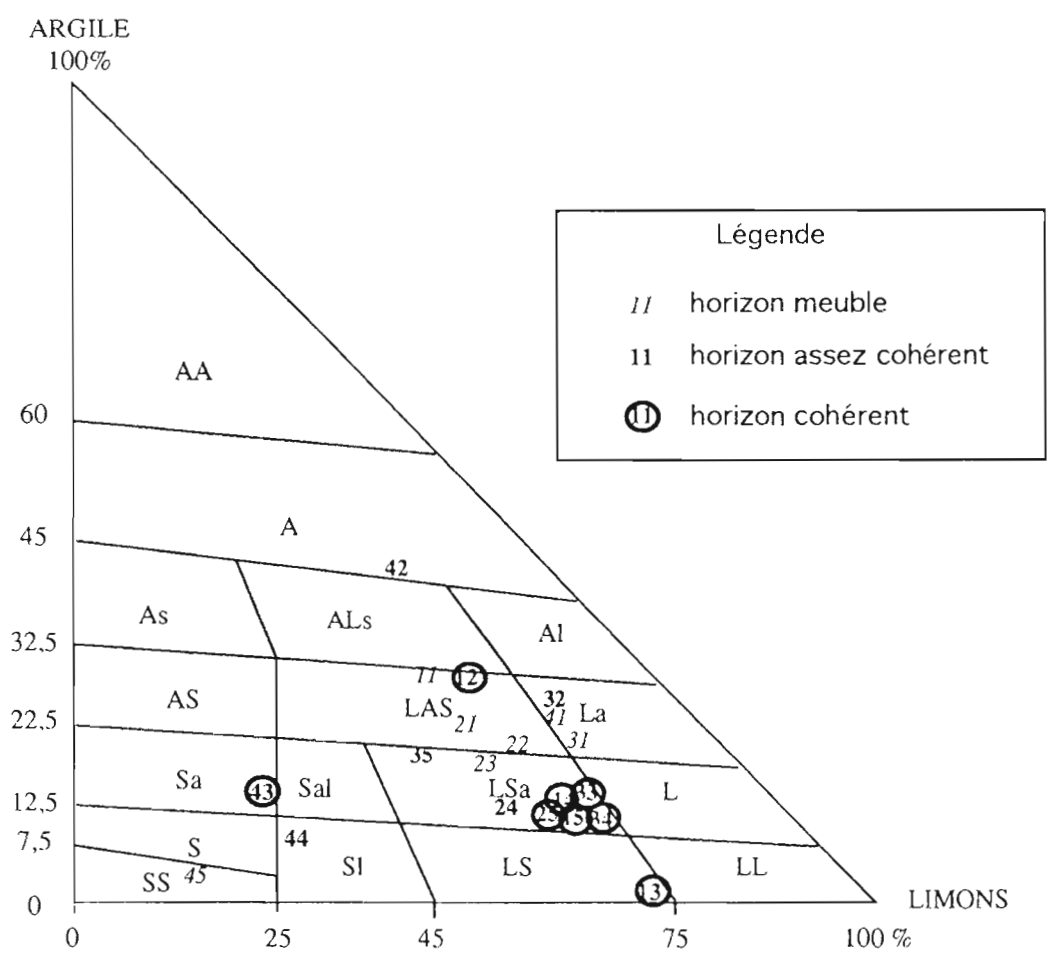


Figure 3 : Relation entre les textures et les valeurs pénétrométriques

Le pénétromètre de type Yamanaka semble être un outil intéressant pour apprécier le degré de compaction des sols et la profondeur maximale explorée par les racines. Toutefois, des analyses complémentaires sont encore indispensables pour, d'une part, évaluer l'effet de la teneur en eau sur la mesure et, d'autre part, analyser l'effet de la texture, ce qui permettrait de proposer des indices de sensibilité au compactage. Cependant, dans le cadre d'un suivi de l'évolution des caractéristiques physiques des sols sous culture, cet outil risque d'être peu précis pour mesurer, en particulier, le passage entre l'horizon cultivé, le fond de labour et les horizons pédologiques. La pénétrométrie à partir de la surface pourrait être plus adaptée. Il convient d'effectuer ces deux types de mesures et de les comparer.

Toutefois, la comparaison entre le complexe d'échange du sol et le pourcentage de racines présentes dans chaque horizon montre également que le développement racinaire décroît de la même façon que la capacité d'échange cationique. Pour le moment, il est donc difficile de savoir si cette déficience à la pénétration est essentiellement mécanique, chimique ou bien être la combinaison de ces deux facteurs.

## **BIBLIOGRAPHIE**

- BOULET R., CHAUVEL A., HUMBEL F.X et LUCAS Y., 1982 - Analyse structurale et cartographie en pédologie. Cah. ORSTOM, sér. Pedol., vol. XIIX n° 4, 1982: 323-339.
- BOURDON E. et BECQUER T., 1992 - Etude préliminaire de l'organisation pédologique des sols ferrallitiques des massifs du sud de la Grande Terre : zone de La Coulée et de la Lembli. Convention Science de la vie-Agropédologie n° 12, ORSTOM Nouméa, 19 p.
- BOURDON E. et BECQUER T., 1992 - Etude de l'organisation pédologique des sols ferrallitiques des massifs du sud de la Grande Terre : zone de La Coulée et de la Lembli. Caractérisation physico-chimique des sols. Convention Science de la vie - Agropédologie n° 16, ORSTOM-Nouméa, 88 p.
- BOURDON E. et BECQUER T., 1993 - Mise en valeur des sols ferrallitiques des massifs du Sud de la Nouvelle-Calédonie. Etude de l'organisation des sols : bassin amont de la rivière des Pirogues. Convention Science de la vie - Agropédologie n° 19, ORSTOM-Nouméa, 70 p.
- C.P.C.S., 1967 - Classification des sols, Grignon, 87p., multigr.
- DE BLIC Ph. , 1976 - Le comportement de sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire après défrichement et mise en culture mécanisée : rôle des traits hérités du milieu naturelle. Cah. ORSTOM, sér. Pedol., vol. XIV n° 2, 1976 : 113-130.
- HUMBEL F.X., 1974 - La compacité de sols ferrallitiques du Cameroun : une zonalité dans ce milieu en relation avec la dessiccation saisonnière. Cah. ORSTOM, sér. Pedol., vol. XII n° 1, 1974 : 73 - 101.
- R.P.F., 1990 - Référentiel Pédologique Français, 3 ème proposition, avril 1990, INRA.