

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
AGROPÉDOLOGIE

N° 5

1990

Variations morphologiques et physico-chimiques
des sols d'une parcelle d'expérimentation
de la vallée de la Coulée
(Sud de la Nouvelle Calédonie)

Emmanuel BOURDON

Avenant 2 à la Convention 4
Territoire / ORSTOM
notifié le 4 juillet 1989

CONVENTIONS
SCIENCES DE LA VIE
AGROPÉDOLOGIE

N° 5

1990

**Variations morphologiques et physico-chimiques
des sols d'une parcelle d'expérimentation
de la vallée de la Coulée
(Sud de la Nouvelle Calédonie)**

Emmanuel BOURDON

**Avenant 2 à la Convention 4
Territoire / ORSTOM
notifié le 4 juillet 1989**



**INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION**

CENTRE DE NOUMÉA

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	4
1 - PRESENTATION DU MILIEU NATUREL.....	5
1.1 La situation géographique de la parcelle.....	5
1.2 Le choix de l'implantation du futur site d'expérimentation	5
1.3 Description géomorphologique du site	5
1.4 La géologie.....	7
1.5 Le climat.....	8
1.5.1 La pluviométrie	8
1.5.2 La température	8
2 - CARACTERISATION DES SOLS DE LA PARCELLE	10
2.1 Classification.....	10
2.1.1 Classe.....	10
2.1.2 Sous-classe.....	10
2.1.3 Groupe.....	10
2.2 Caractéristiques morphologiques des sols	10
2.2.1 Les horizons de surface	13
2.2.2 Les horizons de profondeur.....	13
2.3 Description des profils.....	14
2.4 Propriétés physico-chimiques	18
2.4.1 La texture.....	18
2.4.2 La capacité de rétention en eau.....	18
2.4.3 Le pH.....	20
2.4.4 La somme des bases échangeables.....	20

2.4.5 Le complexe d'échange.....	20
2.4.6 Le phosphore total	22
2.4.7 La matière organique	22
2.4.8 Les éléments totaux.....	22
3 - HOMOGENEITE ET HETEROGENEITE DES DIFFERENTS CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DES PROFILS OBSERVES	22
3.1 Variation des caractères morphologiques.....	22
3.2 Variation des caractères physico-chimiques.....	23
4 - CONCLUSION.....	24
BIBLIOGRAPHIE.....	25
ANNEXES	28

RESUME

Les sols ferrallitiques ferritiques du Sud de la Nouvelle-Calédonie issus des formations de piedmonts peuvent faire l'objet d'une mise en valeur. Cette étude décrit le modelé d'une de ces formations. Elle précise l'état initial des types de sol présents, l'hétérogénéité de leurs différents caractères morphologiques et physico-chimiques pour une future parcelle d'expérimentation.

Ces données constituent les premiers éléments d'un référentiel sur l'étude des conditions de mise en valeur de ces sols et de ces type de modelés.

AVANT-PROPOS

Dans le cadre des recherches conjointes Territoire - ORSTOM pour "l'étude des effets des fumures et des amendements sur les sols cultivables de Nouvelle-Calédonie", une enquête agropédologique a été menée en 1988 dans le Sud du Territoire sur les sols ferrallitiques ferritiques. Dans un premier temps le but de cette enquête était de trouver un site d'expérimentation représentatif du type ferrallitique ferritique modal, dans un second de caractériser l'état initial du sol de la parcelle expérimentale.

Le site recherché ayant été trouvé fin 1989, les objectifs de la présente étude étaient ainsi les suivants :

- donner une image précise de la couverture pédologique de la parcelle d'expérimentation;
- apprécier les variations latérales;
- caractériser finement l'état initial du sol.

La description et les levés de terrain ont été effectués en mai 1989 et février 1990 par E.BOURDON, P.PODWOJEWSKI et W.NIGOTE.

Les analyses physico-chimiques des échantillons de terre ont été confiées au Laboratoire d'Analyse du Centre ORSTOM de Nouméa (responsable J.PETARD).

Les figures accompagnant le texte ont été réalisées à l'aide des progiciels d'applications tels que EXCEL et PAINT sous environnement WINDOWS (Microsoft). Le dessin final des figures a été effectué par le Service Cartographique du Centre ORSTOM de Nouméa (Mmes M.LECORRE et V.SERY; M.PENVERN, responsable du service).

Enfin le tirage du document a été réalisé par J.MERMOUD et N.GALAUD de l'Atelier de Reprographie du Centre ORSTOM de Nouméa.

1 - PRESENTATION DU MILIEU NATUREL

1.1 Situation géographique de la parcelle (fig. 1)

Le futur site d'expérimentation se trouve dans la vallée principale du bassin versant des rivières La Coulée et Lembi. Il est situé sur le méridien 166° 36' de longitude Est et par le parallèle 22° 14' de latitude Sud. Le relief de commandement est caractérisé par un alignement de chaînons rocheux étroits et très allongés dont les pentes sont très fortes (plus de 50%). L'altitude moyenne de ces massifs est comprise entre 450 et 550 mètres.

Les piedmonts, associés au paysage des plaines, se raccordent aux chaînons rocheux par des pentes inférieures ou égales à 25 %. Ils constituent des surfaces relativement importantes par rapport à la plaine alluviale.

Le réseau hydrographique s'enfonce rapidement dans ce modelé en créant une vallée principale (La Coulée) et une vallée secondaire (la Lembi). Très encaissées en amont, celles-ci s'élargissent en aval pour former une petite plaine deltaïque. Au confluent des deux rivières se développe une zone de marais.

1.2 Choix de l'implantation du futur site d'expérimentation

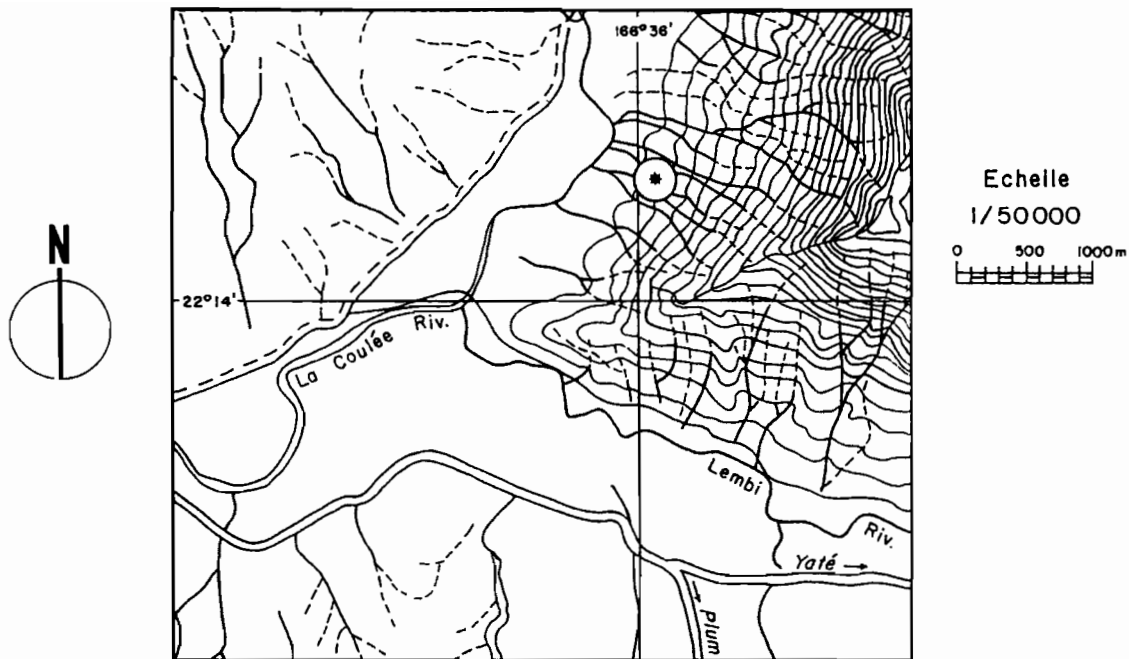
Le choix du futur site expérimental a été dicté par le fait qu'il est, à première vue, représentatif des zones de piedmonts du Sud Calédonien. Ils représentent environ le tiers des zones mécanisables. Pour le reste, le paysage de cette région est constitué de plaines marécageuses, de plaines alluviales inondables de faible extension, et de plateaux cuirassés.

Le futur site d'expérimentation est ainsi implanté en zone de piedmont, sur la rive droite de la rivière La Coulée, dans les terrains domaniaux jouxtant la propriété de M. Cochard.

1.3 Description géomorphologique du futur site d'expérimentation (fig. 1)

Les piedmonts forment de longues bandes incisées par des ruisseaux temporaires ou permanents. Ils sont convexes à leur partie supérieure et concaves à leur partie inférieure de sorte qu'ils se raccordent progressivement avec le fond de la vallée.

La future parcelle d'expérimentation se situe au tiers inférieur de ce modelé à la rupture de pente entre la forme à profil longitudinal convexe et celle à profil longitudinal concave. Les pentes moyennes du modelé sont de l'ordre de 11% sur le profil longitudinal de la parcelle (dans la zone rectiligne concave). Au milieu de la parcelle, le passage de la forme convexe à la forme concave est marqué par une rupture de pente de 24 %. L'altitude moyenne est de 18 mètres dans le haut de la parcelle et la dénivelée est de l'ordre de 15 mètres.



* BLOC DIAGRAMME ET MODELÉ
DE LA FUTURE PARCELLE D'EX-
PÉRIMENTATION .

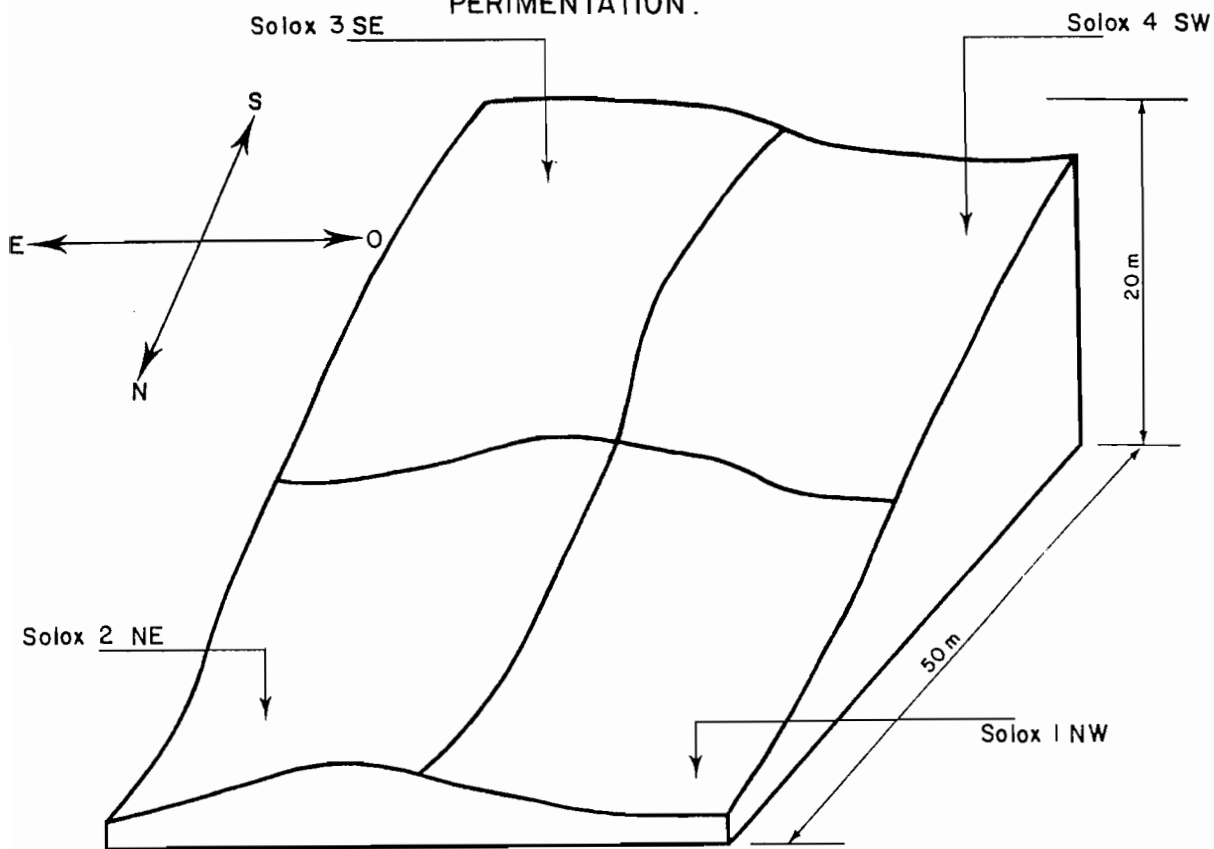


Figure 1 - Plan de situation

Remarque :

Sur ces modelés, sans couvert végétal, l'érosion s'exprime dans le paysage par des formations de ravines qui en se ramifiant aboutissent aux lavakas.

1.4 La géologie

Le relief de commandement de la vallée principale (La Coulée) est un ensemble ultrabasique peu différencié. Cette ensemble est constitué par des harzburgites, des niveaux dunitiques et une alternance de dunites et de pyroxénites. Ces roches se caractérisent par leur richesse en magnésium et par une déficience en aluminium et en calcium (annexe I a).

Les péridotites observées dans la vallée de La Coulée sont constituées pour l'essentiel de harzburgites. Celles-ci se caractérisent par l'absence, dans leur constitution minéralogique, de minéraux alumineux (feldspaths), ce qui ne permet pas la néoformation d'argile (*).

L'altération des roches, associée à des variations climatiques et soumise à des mouvements tectoniques durant le Plio-quaternaire, a joué un rôle déterminant dans l'évolution et la mise en place des formations superficielles continentales et littorales présentes dans ce bassin versant. De l'aval vers l'amont elles s'individualisent de la façon suivante (J.H Guillon et J.J Trescases, 1976) :

- les formations littorales actuelles sont représentées par des dépôts deltaïques alimentés par des apports terrigènes provenant pour un part du massif de péridotite et pour l'autre part de la plaine alluviale (grains de chromite, antigorite, grenailles ferrugineuses, nontronite);

- les formations fluviatiles récentes proviennent des formations de versant et elles sont remaniées par des crues successives. Cela aboutit à des apports hétérogènes où se succèdent, en intercalation, des matériaux fins et grossiers hérités de la roche mère (sables, graviers, galets, blocs) et des matériaux de néoformation (hydroxydes de fer amorphes, antigorite, talc, nontronite);

- les formations de piedmont sont constituées par des matériaux provenant de l'altération des péridotites (oxydes et hydroxydes de fer) auxquels s'ajoutent quelques rares blocs de roches, de "silice" et de cuirasse.

Remarque :

(*) Dans certains cas, il faut noter que la présence d'oxyde d'aluminium est souvent associée aux spinelles chromifères.

1.5 Le climat

La Nouvelle-Calédonie est située entre 20 et 23° de latitude Sud et au Nord du tropique du Capricorne. Son régime climatique est contrôlé par les variations annuelles de la ceinture anticyclonique subtropicale au Sud, et par la zone intertropicale de convergence (Z.I.C) au Nord. Les mouvements de ces hautes et basses pressions déterminent les variations climatiques saisonnières suivantes :

- de décembre à mars, l'été austral, période chaude et humide accompagnée de fortes dépressions tropicales évoluant parfois en cyclones;
- d'avril à mai, une saison intermédiaire, plus fraîche et sèche; l'alizé est établi;
- de juin à août, l'hiver austral accompagné de précipitations modérées;
- de septembre à novembre, une saison sèche.

1.5.1 La pluviométrie (fig. 2)

Elle est comprise entre les isohyètes 1750 en amont et 1500 en aval du bassin versant de la rivière La Coulée. Le maximum des précipitations se situe entre décembre et avril. A partir du mois de mai les précipitations décroissent jusqu'au mois d'octobre. La période la plus sèche s'étend de septembre à novembre.

La normale annuelle des précipitations est de 1594 mm, pour une décennale sèche de 1210 mm et une décennale humide de 2275 mm. Ces données ont été calculées (loi de Goodrich) à partir d'un échantillonnage statistique (pour la période 1952 à 1989) entre les postes météorologiques de Kouandji et Plum (données hydrologiques de l'ORSTOM).

1.5.2 La température (fig. 3)

La température moyenne annuelle est de 24,8°C contre 23°C à Nouméa. Les températures moyennes annuelles varient de 28,5°C, pour l'été austral, à 20°C pour la saison fraîche. Le maximum absolu observé, sur une période de cinq ans (1985 - 1989), est de 39°C en janvier 1986 et le minimum absolu de 13°C en août de la même année.

Ces variations de températures sont influencées d'une part par la proximité de la mer et pour l'autre part par l'encaissement de la vallée diminuant l'influence des alizés. Ceux-ci, en fin de journée, s'affaiblissent et une inversion diurne, en s'établissant, apporte un air plus froid des sommets.

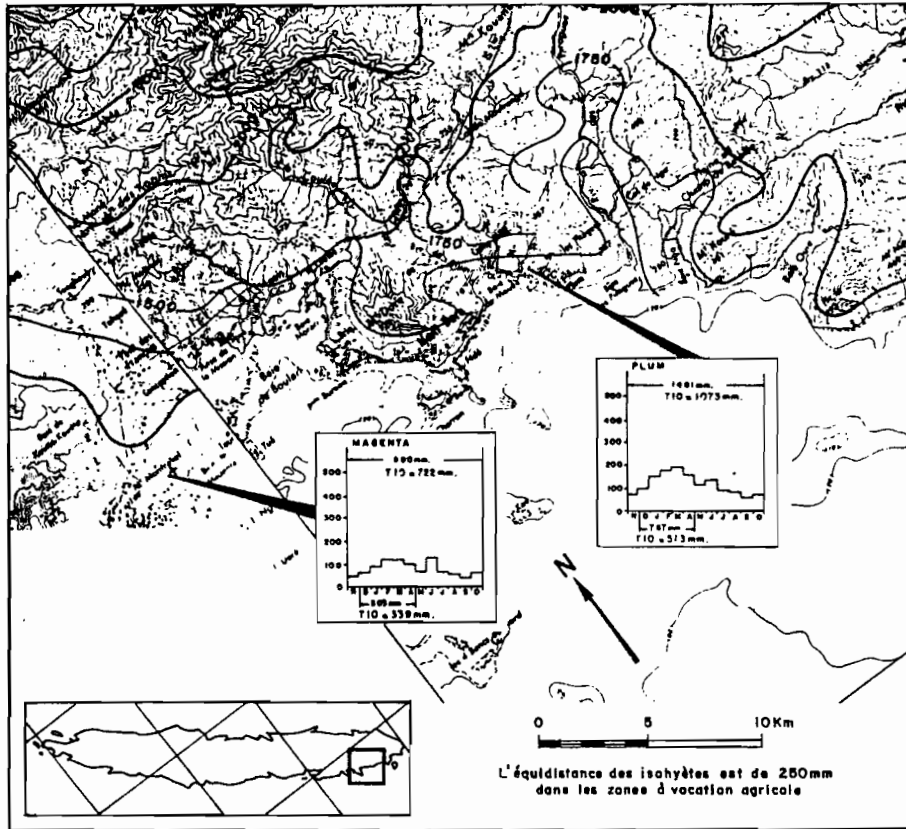


Figure 2 - Carte de répartition des précipitations (d'après J. Danloux)

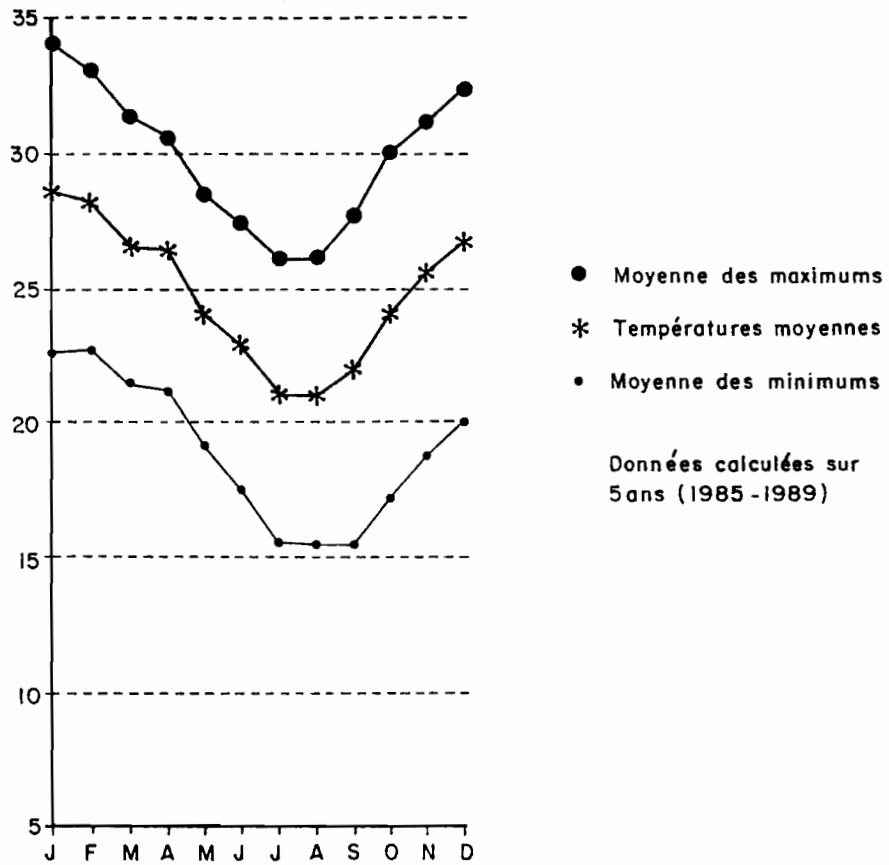


Figure 3 - Variations des températures moyennes mensuelles établies à partir du poste météorologique de Kouandji

2 - CARACTERISATION DES SOLS DE LA PARCELLE

2.1 Classification

Dans le cadre de la classification des sols C.P.C.S (1967) qui a repris les principaux éléments de la classification de G. AUBERT (1965), (G.AUBERT ; P.SEGALEN, 1966), pour les sols ferrallitiques, et les travaux de cartographie des sols néo-calédoniens de M.LATHAM (1978), les sols de la future parcelle d'expérimentation peuvent se rattacher à la nomenclature suivante :

2.1.1 Classe :

- des sols ferrallitiques

Ces sols, par leur composition minérale très riche en sesquioxides de fer, peuvent être apparentés dans la classification française avec les sols ferrallitiques.

2.1.2 Sous-classe :

- des sols ferrallitiques ferritiques ou sols oxydiques

La faiblesse ou l'absence de capacité d'échange cationique n'autorise pas la séparation classique au niveau de la sous-classe en fonction du taux de désaturation. C'est pourquoi nous avons proposé de créer une sous-classe des sols ferrallitiques "ferritiques" (M.LATHAM, 1978).

2.1.3 Groupe :

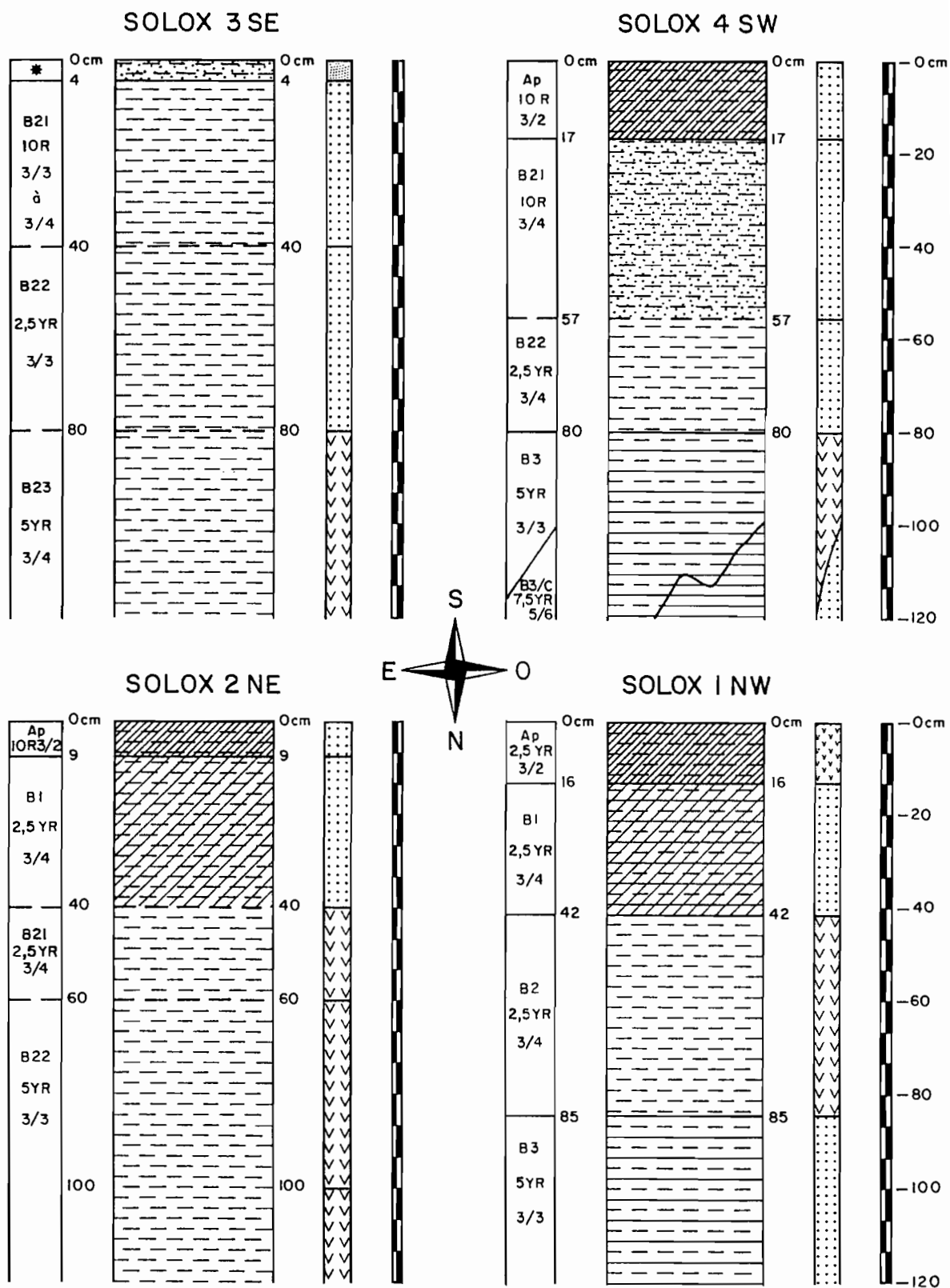
- des sols ferrallitiques ferritiques fortement désaturés remaniés rajeunis par érosion (SOLOX 1 NW et 4 S ; fig 4 et annexes I b, IV b);

- des sols ferrallitiques ferritiques fortement désaturés rajeunis par érosion (SOLOX 2 NE et 3 SE ; fig 4 et annexes II b, III b).

2.2 Caractéristiques morphologiques des sols ferrallitiques ferritiques (fig. 4)

Les horizons Ap et les horizons sous-jacents B ont été définis selon la classification C.P.C.S (1967) par la présence de matière organique, les changements de texture et l'apparition de la roche mère altérée.

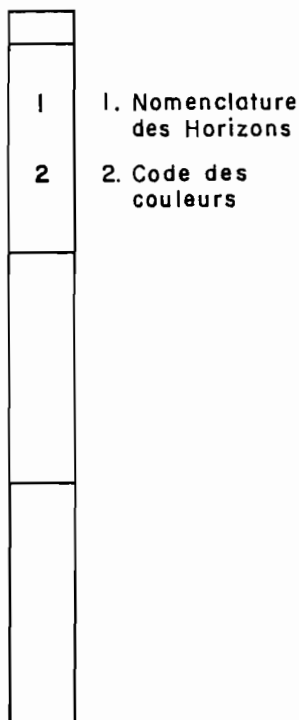
Sur les formes convexes de la parcelle - dans la partie NE et SE - les sols ferrallitiques ferritiques sont profonds (supérieur à 120 cm) avec un horizon B bien développé. Latéralement, sur les formes concaves - dans la partie NW et SW de la parcelle - la profondeur du sol diminue, les horizons sont bien



* Dans le cas de SOLOX 3 SE, il s'agit d'une pellicule de Battance.

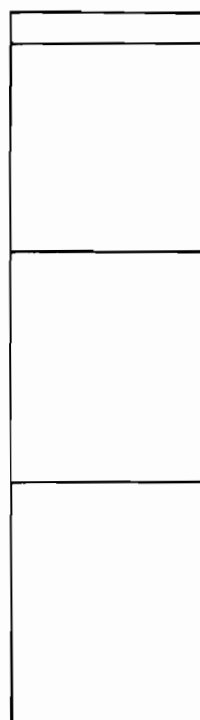
Figure 4 a - Schémas des profils pédologiques

SCHÉMA SYNTHÉTIQUE



1. Nomenclature des Horizons
2. Code des couleurs

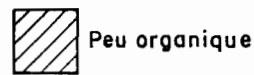
SCHÉMA MORPHOLOGIQUE



Matière organique

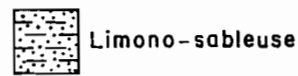


Organique

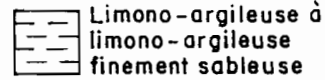


Peu organique

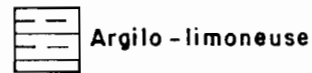
Texture



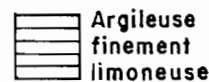
Limono-sableuse



Limono-argileuse à limono-argileuse finement sableuse



Argilo-limoneuse



Argileuse finement limoneuse

SCHÉMA DES STRUCTURES



Grumeleuse



Polyédrique moyenne à fine



Massive



Lamellaire



Les Horizons sont limités par un trait horizontal continu (limite distincte) ou discontinu (limite graduelle)

Figure 4 b - Légende des profils

différenciés et de type ABC. L'horizon B₃ et B₃C apparaissent rapidement dans le profil (inférieur à 120 cm).

2.2.1 Les horizons de surface

Les travaux de défrichage ont modifié considérablement ces horizons généralement de type A mais noté Ap (perturbés). Ils sont rouge foncé (10 R 3/2) à rouge sombre (2,5 YR 3/2). Ces horizons contiennent entre 8 à 10% de sables grossiers. Leurs structures sont massives, probablement micro-agrégées, à l'exception de l'horizon Ap de SOLOX 1 NW. La porosité de ces horizons est très forte : elle est constituée de nombreux pores très fins tubulaires. Il faut noter, à titre indicatif, la présence de nombreuses racines fines à moyennes.

Remarque :

Dans le haut de la parcelle (SOLOX 3 NE) l'horizon A ou Ap a totalement disparu. Il ne subsiste qu'une pellicule de battance rouge foncé (10 R 3/3) à structure lamellaire.

2.2.2 Les horizons de profondeur

L'horizon B situé au-dessous de Ap se caractérise de la façon suivante:

- un horizon B₁ de "transition avec A, mais plus proche de B que de A". Il est présent dans deux profils, sa couleur est brun rougeâtre foncé (2,5 YR 3/4). Le pourcentage en sables grossiers de ces horizons varie de 4,7 à 7 %. Sa structure est massive et probablement micro-agrégée. La porosité de ces horizons est forte : elle est constituée de très nombreux pores très fins tubulaires;

- un horizon B₂ "constituant la partie essentielle de B, correspond soit une accumulation principale, soit au développement maximum de la différenciation". Cet horizon, présent dans l'ensemble des profils, est de couleur brun rougeâtre foncé (2,5 YR 3/4). Le pourcentage en sables grossiers de ces horizons varie de 1 à 14 %. Sa structure massive passe progressivement, en profondeur, à une structure fragmentaire nette : polyédrique subanguleuse moyenne à fine. La porosité de cet horizon reste forte : elle est constituée de très nombreux pores fins tubulaires;

- un horizon B₃ "de transition avec C, mais plus proche de B que de C." Cet horizon apparait dès 80 cm. Cet horizon, présent dans deux profils, est de couleur brun rougeâtre (5 YR 3/3). Le pourcentage en sables grossiers de ces horizons est compris entre 1,6 et 1,9 %. Du haut vers le bas de la parcelle, sa structure est pour une part fragmentaire (polyédrique subanguleuse moyenne), pour l'autre part massive (micro-agrégée). La porosité de cet horizon est moyenne : elle est constituée de pores très fins tubulaires.

Remarques :

.Les chiffres secondaires (B_{21} , B_{23} , etc...), affectés aux horizons B_2 , introduisent une subdivision.

.Il existe dans le profil SOLOX 4 SW un horizon intergrade avec l'horizon B et l'horizon C, noté B_3C .

2.3 Description des profils

Cas des sols ferrallitiques ferritiques fortement désaturés remaniés rajeunis par érosion :

- SOL OX 1NW :

0-16 cm :

2,5 YR 3/2, rouge sombre à reflets violacés ; à matière organique non directement décelable ; éléments ferrugineux de forme arrondie, peu indurés (structure pyrogénée ?) ; limono-argileux ; structure fragmentaire nette : grumeleuse fine ; volume des vides très important entre les agrégats ; très meuble ; très poreux ; peu plastique ; non collant ; très nombreuses racines fines et moyennes.

Transition nette et régulière.

16-42 cm :

2,5 YR 3/4, brun rougeâtre foncé ; argilo-limoneux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides très faible ; meuble à assez cohérent ; très poreux, nombreux pores fins tubulaires ; peu plastique ; non collant ; quelques racines fines.

Transition distincte et irrégulière.

42-85 cm :

2,5 YR 3/4, brun rougeâtre foncé ; 5 Y 2,5/1, revêtements noirs à verts très foncés associés aux faces structurales, occupant 10% du volume de l'horizon ; limono-argileux ; structure fragmentaire assez nette : polyédrique subanguleuse moyenne à fine ; volume des vides faible entre les agrégats ; cohérent ; très poreux, nombreux pores fins et très fins tubulaires ; peu plastique ; non collant ; quelques racines fines.

Transition distincte et régulière.

85-100 cm :

5 YR 3/3, brun rougeâtre ; 2,5 YR 3/2 à 3/4, volumes et ponctuations associés aux racines ; argilo-limoneux ; structure massive ; volume des vides très faible ; assez cohérent ; poreux, pores fins tubulaires ; peu plastique ; non collant ; quelques racines fines.

- SOL OX 4 SW :

0-17 cm :

10 R 3/2 à 3/4, rouge foncé ; limono-argileux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides faible ; assez cohérent ; poreux, pores fins tubulaires ; peu plastique ; non collant ; racines fines d'orientation horizontales.

Transition distincte et régulière.

17-57 cm :

10 R 3/4, rouge foncé ; limono-argileux finement sableux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides faible ; meuble à assez cohérent ; très poreux, pores fins tubulaires ; peu plastique ; non collant.

Transition graduelle et régulière.

57-80 cm :

2,5 YR 3/4, brun rougeâtre foncé ; quelques taches noires associées aux racines ; limono-argileux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides faible ; assez cohérent ; très poreux, pores tubulaires très fins et fins ; peu plastique ; non collant.

Transition distincte et régulière.

80-120 cm :

5 YR 3/3, brun rougeâtre ; nombreuses taches noires occupant 10% du volume de l'horizon ; argilo-limoneux ; structure fragmentaire peu nette : polyédrique subanguleuse moyenne ; volume des vides faible ; assez cohérent ; poreux, pores très fins tubulaires ; peu plastique ; non collant.

Latéralement passage graduel à la roche mère altérée (7,5 YR 5/6).

Cas des sols ferrallitique ferritique fortement désaturés rajeunis par érosion :

- SOL OX 2 NE :

0-9 cm :

Horizon bariolé, rouge foncé à brun rougeâtre, 10 R 3/2 ; 2/5 YR 3/4, 5 YR 3/3 ; limono-argileux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides très faible ; assez cohérent ; poreux, pores fins tubulaires ; peu plastique ; non collant ; nombreuses racines moyennes à fines.

Transition nette et régulière.

9-40 cm :

2,5 YR 3/4, brun rougeâtre foncé ; limono-argileux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides très faible ; meuble à assez cohérent ; très poreux, pores très fins tubulaires ; peu plastique, non collant ; quelques racines fines

Transition diffuse.

40-60 cm :

Horizon de transition, 2,5 YR 3/4, brun rougeâtre foncé ; limono-argileux ; structure fragmentaire peu nette : polyédrique subanguleuse moyenne ; volume des vides faible ; assez cohérent ; poreux, pores fins tubulaires ; peu plastique ; non collant.

Transition diffuse.

60-100 cm :

5 YR 3/3, brun rougeâtre ; 5 Y 2/5, taches noires, en revêtements ou en volumes ; limono-argileux ; structure fragmentaire assez nette : polyédrique subanguleuse moyenne à fine ; volume des vides assez important entre les agrégats ; assez cohérent ; poreux, pores fins tubulaires ; peu plastique ; non collant.

- SOL OX 3 SE :

0-4 cm :

10 R 3/3, pellicule de battance, rouge foncé ; limono-sableux ; structure lamellaire assez nette ; volume des vides très faible ; assez cohérent ; peu poreux, quelques pores tubulaires très fins ; peu plastique ; non collant.

transition nette et régulière.

4-40 cm :

10 R 3/3 à 3/4, rouge foncé ; limono-argileux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides très faible ; assez cohérent ; très poreux, nombreux pores fins et très fins tubulaires ; peu plastique ; non collant ; nombreuses racines fines et moyennes, d'orientation horizontale.

Transition progressive et régulière.

40-80 cm :

2,5 YR 3/3, brun rougeâtre foncé ; limono-argileux ; structure massive (micro-agrégée) ; volume des vides très faible ; assez cohérent ; poreux, pores très fins tubulaires ; peu plastique ; non collant.

Transition graduelle.

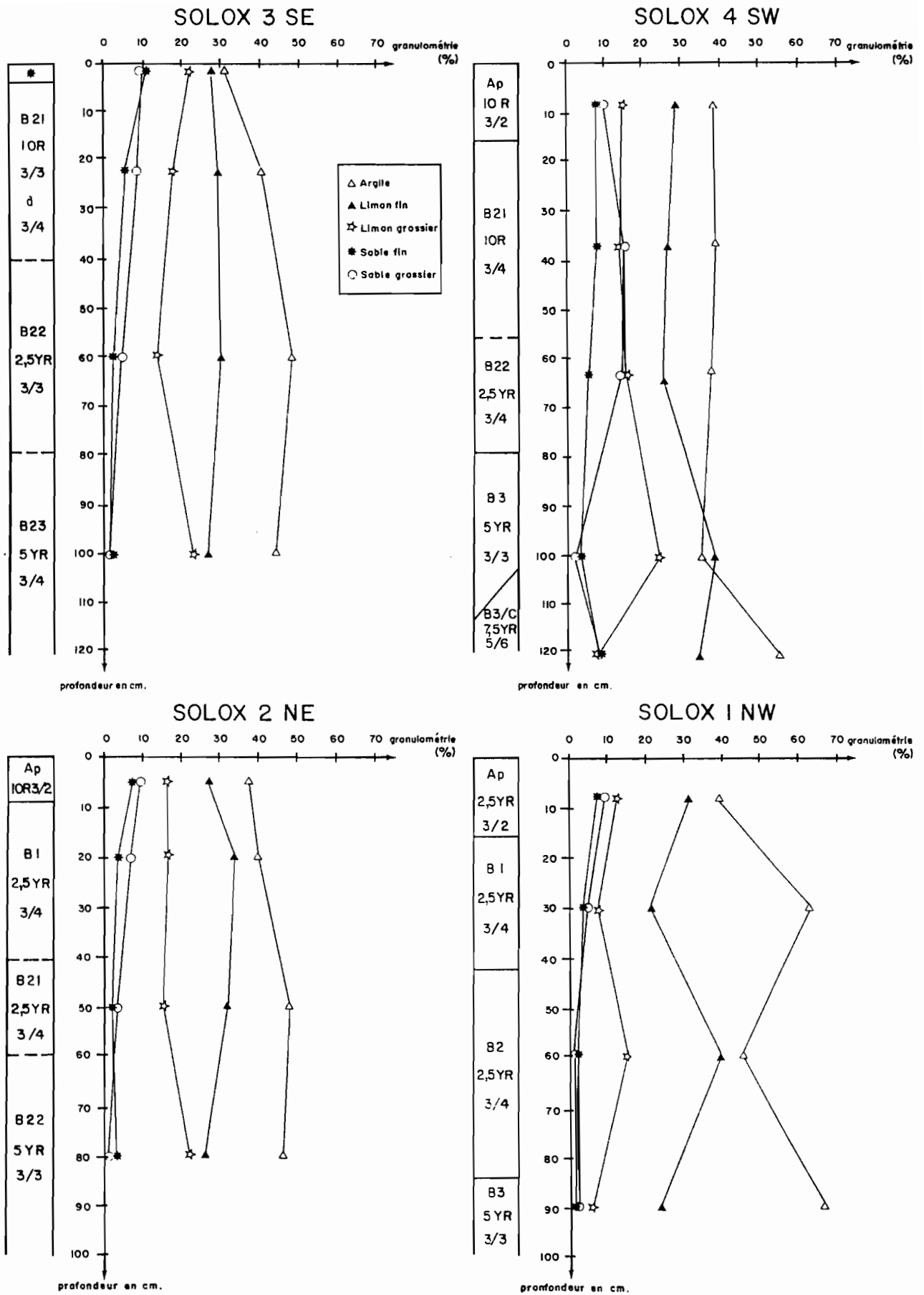


Figure 5 - Caractérisation des squelettes granulométriques

80-120 cm :

5 YR 3/4, brun rougeâtre ; limono-argileux ; structure fragmentaire peu nette : polyédrique subanguleuse moyenne ; volume des vides très faible ; assez cohérent ; peu poreux ; peu plastique ; non collant.

2.4 Propriétés physico-chimiques

L'interprétation des résultats analytiques a été faite d'après les travaux de G. TERCINIER (1967), B.DABIN (1968), M.LATHAM (1978), A.G BEAUDOU (1984), D.BAISE (1988).

2.4.1 La texture (fig. 5)

La texture dans les premiers horizons est limono-argileuse. Le taux d'argile granulométrique est voisin de 38 %. Dans les horizons sous-jacents ce taux augmente progressivement pour atteindre des pourcentages supérieurs à 40 %. Cependant il existe une discontinuité texturale probablement due pour une part à des apports latéraux, pour l'autre à un départ d'éléments fins par érosion.

Dans le premier cas, les profils observés se situent dans les formes concaves et de plus faibles pentes :

- dans le haut de la parcelle la séquence texturale est alors masquée par une texture limono-argileuse finement sableuse où le taux de sables fins et grossiers atteint 22% du squelette granulométrique;

- dans le bas de la parcelle la séquence texturale passe rapidement à une texture argilo-limoneuse où le taux d'argile atteint brutalement 63% du squelette granulométrique.

Dans le second cas, les profils observés se situent dans les formes convexes et de plus fortes pentes :

- la séquence texturale présente un squelette granulométrique sensiblement identique sur l'ensemble des deux profils. Il faut toutefois noter, dans le haut de la parcelle, un abaissement relatif du taux argile granulométrique (30%).

2.4.2 La capacité de rétention en eau (fig. 6)

Les courbes de variations des pF 4,2 et 2,5 des profils observés semblent correspondre aux courbes théoriques des textures limono-sableuses. En effet, le sol est saturé pour une humidité comprise entre 20 et 30% à pF 4,2. Cela indique probablement une faible capacité de rétention en eau mais un réessuyage rapide des horizons. La réserve utile en eau du sol se situe entre les courbes des pF 4,2 et 2,5. La mesure de la densité apparente permettrait de la calculer.

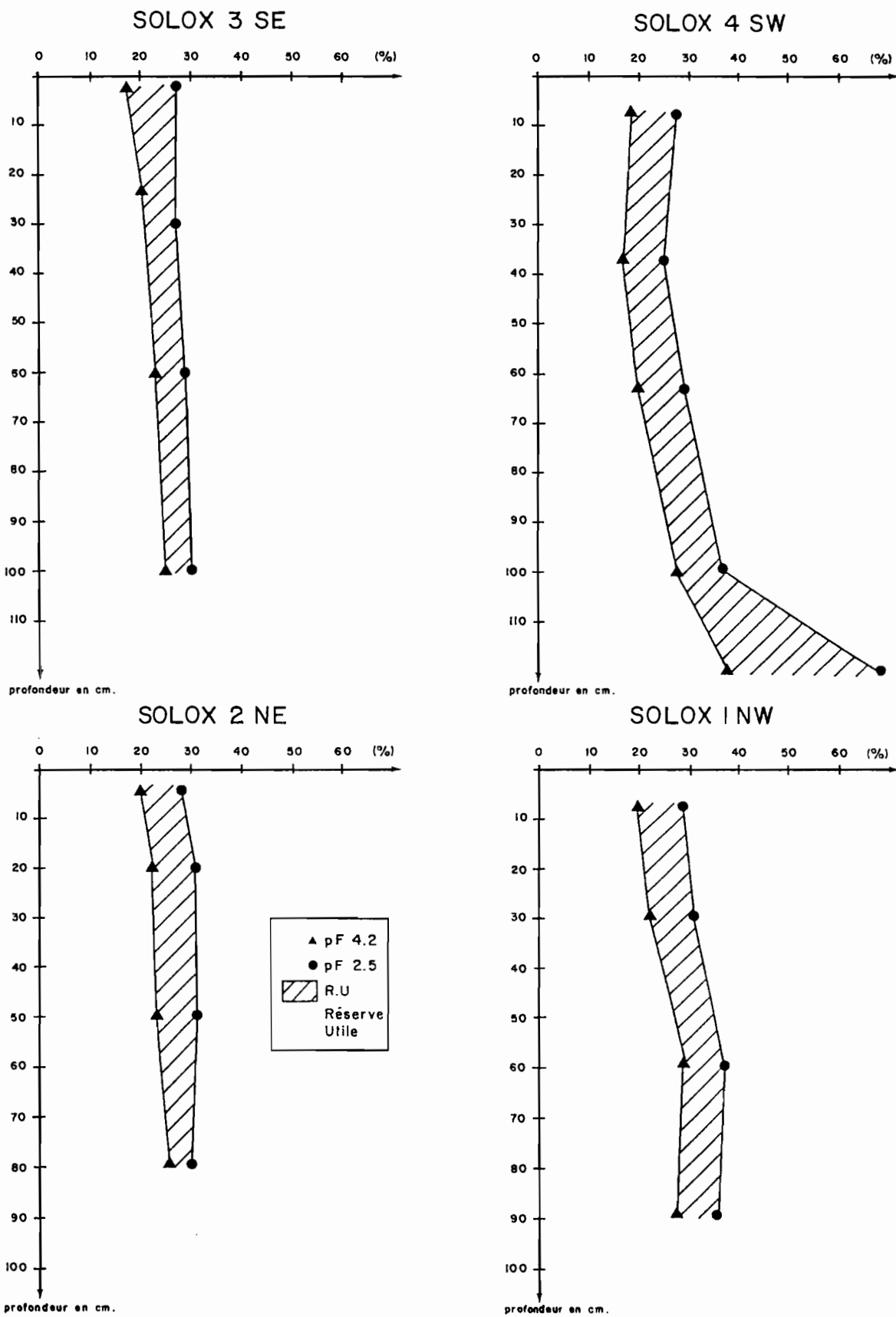


Figure 6 - Variations des pF 4,2 et 2,5 en fonction de la profondeur

2.4.3 Le pH (fig. 7)

Sur l'ensemble des profils la réaction du sol est acide (pH eau compris entre 5 et 5,5) dans les horizons de type Ap, à très acide (pH eau inférieur ou égale à 5) dans les horizons de type B₁ et B₂. L'acidité décroît (pH eau égale à 6) dans l'horizon du type B₃C.

2.4.4 La somme des bases échangeables

Dans les horizons A, la teneur en bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) est très faible. Elle varie entre 3,6 et 2,4 mé pour 100g de terre sur les formes concaves de la parcelle (annexes I b et IV b). Sur les formes convexes la teneur en bases varie de 1,1 à 0,24 mé (annexes II b et III b).

Dans ces horizons la teneur en Ca⁺⁺ est légèrement supérieure à celle de Mg⁺⁺ mais elle présente un niveau de contrainte élevé dû aux teneurs très basses en ces éléments :

- dans le premier cas, les taux sont respectivement de 0,87 mé pour 100g de terre en calcium et de 0,66 mé en magnésium (annexe I b);

- dans le second cas, les taux sont respectivement de 0,12 mé en calcium et de 0,01 mé en magnésium (annexe III b).

Dans les horizons B₁, B₂ et B₃, la teneur en bases échangeables présente un niveau de contrainte élevé. En effet, pour l'ensemble de ces horizons, la somme des bases est comprise entre 0,58 et 0,18 mé pour 100g de terre. Les teneurs sont extrêmement basses en calcium, magnésium, potassium et sodium. Ces valeurs sont sensiblement identiques dans le haut et le bas de la parcelle.

Dans l'horizon B₃/C (annexe IV b), proche de la roche sous-jacente, la teneur totale en bases échangeables est égale à 35 mé pour 100g de terre. Parmi les cations basiques le magnésium échangeable représente 33,6 mé.

2.4.5 Le complexe d'échange

Le taux de saturation T(NH₄) a été mesuré suivant la méthode de Tucker à pH 7. Elle indique que :

- les horizons A ont une très faible capacité de fixation cationique (de 3,6 à 2,4 mé), laquelle est probablement liée à la matière organique;

- les horizons B ont probablement une capacité de fixation anionique qui varie dans ces horizons de 5,4 à 2,3 mé/100g de terre séchée par valeurs négatives. Pour l'ensemble des profils observés, ces horizons sont très fortement désaturés en cations échangeables et ils présentent une capacité de fixation cationique très faible.

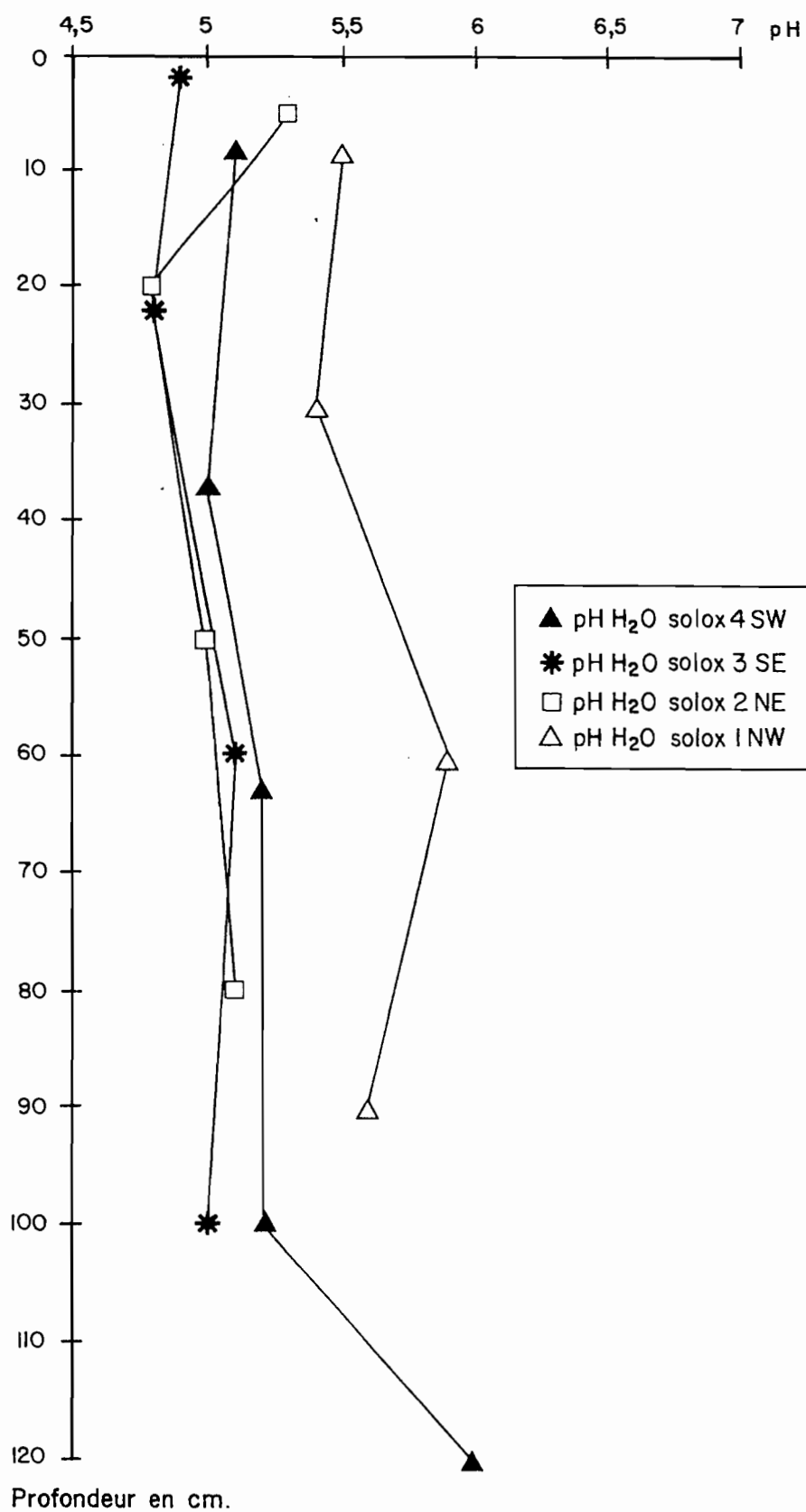


Figure 7 - Variation du pH H₂O des quatre profils en fonction de la profondeur

2.4.6 Le phosphore total

La teneur en phosphore total (annexes I b à IV b) sur l'ensemble des profils analysés est très faible et n'excède guère 0,20 mé/ 100 g de sol sec (à 105°) pour les horizons de surface. Ce taux décroît rapidement dans les horizons de profondeur pour atteindre parfois des valeurs inférieures à 0,01 mé/100g.

2.4.7 La matière organique

Les travaux de défrichement ont précédé les observations des profils pédologiques et modifié les horizons de surface soit par un décapage (annexe II b) soit par une accumulation de matière organique (annexe IV b). L'interprétation des résultats analytiques a été faite sur la tranche de sol comprise entre 15 et 40 cm et concerne les horizons B₁ et B₂. Le taux de matière organique y est généralement médiocre à faible (0,7 à 1 %) et le rapport C/N est élevé (8,4 à 16,3). Ceci semble indiquer que l'humification est lente et la nitrification difficile dans ces horizons.

2.4.8 Eléments totaux (annexes I c à IV c)

La constitution des sols est exclusivement ferrugineuse. Le taux de Fe₂O₃ est compris entre 70 % dans les horizons de surface et 74,8% dans les horizons de profondeur. Les valeurs en Cr₂O₃ sont plus élevées (2,7%) dans la partie supérieure des profils et elles décroissent en profondeur (1.1%). A l'inverse les valeurs en NiO₂ suivent les mêmes variations que le fer : de 0,7% elles passent à 1,8%. Sur les profils analysés, il semble que le manganèse (MnO₂) se concentre à partir de 80 cm dans les horizons B2 et B3.

Les réserves en bases totales sont extrêmement faibles. Certains éléments, tel que potassium, sont présents à l'état de trace.

Les teneurs en ces différents éléments sont sensiblement identiques dans le haut et le bas de la parcelle.

3 - HETEROGENEITE DES DIFFERENTES CARACTERES MORPHOLOGIQUES ET PHYSICO-CHIMIQUES DES PROFILS OBSERVES

3.1 Variation des caractères morphologiques

L'hétérogénéité des caractères morphologiques des sols s'exprime par l'apparition et/ou la disparition des horizons et la variation de leurs caractères intrinsèques tels que la profondeur, la couleur, la texture,

la structure, le volume des vides et la porosité (Cf : § 2.2 ; fig. 1 et 4). Elle s'exprime de la façon suivante :

- **dans le haut de la parcelle**, sur la forme convexe, les horizons Ap et B1 disparaissent. Sur la forme concave l'horizon Ap se maintient mais l'horizon B1 n'est pas présent. Par contre, les horizons B3 et B3/C apparaissent à partir de 80 cm;

- **dans le bas de la parcelle** les horizons Ap et B1 sont présents mais sur la forme concave l'horizon B3 apparaît à partir de 85 cm;

- **sur l'ensemble de la parcelle** l'horizon B2 est commun aux quatre profils observés mais il est plus développé sur les formes convexes.

3.2 variation des caractères physico-chimiques

La comparaison des profils, en fonction de leur situation topographique sur la parcelle, montre une hétérogénéité et/ou une homogénéité des caractères physico-chimiques suivants :

- **entre les formes concaves et convexes de la parcelle** la texture indique latéralement une discontinuité importante des granulométries (fig. 5 et 6 ; annexes I b à IV b). Mais les variations des pF 4.2 et 2.5 en fonction de la profondeur semblent montrer que la capacité de rétention en eau varie peu (jusqu'à 100 cm) sur l'ensemble de la parcelle;

- **dans les premiers 40 cm de sol** les variations des teneurs en cations échangeables, en réserve en bases et en éléments totaux sont remarquables. Elles sont intimement liées à la présence (annexes I b, II b et IV b) ou l'absence (annexe III b) de matière organique;

- **au-delà de ces 40 cm et jusqu'à 100 cm** les teneurs en ces différents éléments sont sensiblement identiques.

4 - CONCLUSION

Cette description de la morphologie et des caractères physico-chimiques des sols de la future parcelle d'expérimentation montre qu'il faudra, soit adapter soigneusement le dispositif expérimental aux deux types de sols reconnus, soit utiliser en permanence la covariance pour l'analyse statistique des résultats.

Des expérimentations, sur vase de végétation avec de la terre provenant du site, ont déjà été entreprises par le Centre de Recherche et d'Expérimentation Agronomique de Nessadiou (CREA) en collaboration avec le Laboratoire d'Agropédologie de l'ORSTOM (UR 3D/A). Elles ont eu pour objectifs :

- de définir les doses optimales des fumures phospho-potassiques et des amendements calciques et silicatés pour une plante-test (le maïs);
- de tester l'influence d'apports de matière organique sur l'amélioration de la capacité d'échange cationique, de la réserve en eau etc...

Elles devront être complétées par une étude des seuils acceptables des teneurs en chrome, nickel et manganèse.

Enfin, les données de cette caractérisation des sols, associés à un modelé typique de la vallée de La Coulée, constituent les premiers éléments d'un référentiel sur l'étude des conditions de mise en valeur des sols ferrallitiques ferritiques sur pente. Mais, cette étude devra être complétée afin de préciser les variations latérales, à l'échelle du Sud, des différents horizons observés par types de sol.

BIBLIOGRAPHIE

- BAIZE D., 1988 - *Guide des analyses courantes en pédologie*. Paris : INRA. 172 p.
- BLAVET D., 1987 - Caractères morphologiques et analytiques, commentaires de quelques profils pédologiques (exemples de profils représentatifs des principaux sols des régions Ouest, Nord, et Sud de la Nouvelle- Calédonie). Nouméa : ORSTOM. 103 p., multigr.
- BEAUDOU A.G, FROMAGET F., PODWOJEWSKI P., BOURDON E., LE MARTRET H., BLAVET D., 1984 - Cartographie typologique des sols : méthodologie. Nouméa : ORSTOM . 31 p. multigr.
- BOURDON E., PODWOJEWSKI P., 1988 - Morphopédologie des formations superficielles dans le Sud de la Nouvelle-Calédonie (Rivière des Pirogues, Plaine des Lacs). *Rapp. sci. tech., Sci. Terre, Pédol.* 2 : 43 p.
- C.P.C.S. 1967 - Classification des sols. Grignon. 87 p., multigr.
- DABIN B., 1968 - Etude des facteurs de fertilité des sols tropicaux : facteurs chimiques. in "Technique rurale en Afrique". PARIS : ORSTOM-BDPA-Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères. . 278 p.
- DANLOUX J., 1987 - Notice et carte de répartition des précipitations dans les zones à vocation agricole de la Nouvelle-Calédonie au 1/200.000. Nouméa : Paris : ORSTOM. *Conv., Sci. Terre, Hydrol.* 1.
- DUCHAUFOUR PH., 1977 - *Précis de Pédologie*. Tome, 1 : pédogenèse et classification. Paris : Masson. 269 p.
- GUILLOIN J.H., TRESCASES J.J., SAOS J.L., PYENS Y., RIVIERE F., SCHMID M., 1972 - Carte et notice explicative de la carte géologique de Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50.000 : feuille de Saint-Louis. Orléans : BRGM. 35p.
- LATHAM M., 1986 - *Altération et pédogenèse sur roches ultrabasiques en Nouvelle-Calédonie ; genèse et évolution des accumulations de fer et de silice en relation avec la formation du modelé*. Paris : ORSTOM . *Etudes et Thèses*, 331 p.
- LATHAM M., QUANTIN P., AUBERT G., 1978 - *Etude des sols de la Nouvelle-Calédonie. Carte pédologique et d'aptitudes culturales et forestières des sols de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/111 000 000*. Paris : ORSTOM. *Notice explicative*, 78, 138 p.
- LOZET J., MATHIEU C., 1986 - *Dictionnaire de Science du Sol*. Paris : Lavoisier. 269 p.

Mémento de l'agronome, 1980 - *Techniques rurales en Afrique*. PARIS : Ministère de la Coopération. 1600p.

MOREAU R., 1987 - Variations spatiales d'une couverture pédologique relativement homogène et expérimentation agronomique en basse Côte d'Ivoire. *IBSRAM Proceedings* ,4, 183 p.

SOLTROP, 1989 - Actes du premier Séminaire Franco-Africain de Pédologie Tropicale, Lomé, 6 - 12 février 1989. Paris : ORSTOM. *Colloques et Séminaires*. 484 p. + annexes.

TERCINIER G., 1967 - Résultats d'analyses chimiques des terres. Mode d'interprétation spécialement adapté à la Nouvelle-Calédonie. Nouméa : ORSTOM. 31 p. Multigr.

THENG B.K.G, 1980 - *Soils with variable charge*. Wellington : Soil Bureau, DSIR. 448 p.

TRESCASES J.J., 1975 - *L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiqes en zone tropicale. Formation des gisements nickélicifères de la Nouvelle-Calédonie*. Paris : ORSTOM. *Mém. ORSTOM*, 78, 254 p.

ANNEXES

Annexe I a

Composition chimique des péridotites d'après J.H GUILLON, 1975

Echantillon n° 1, Dunite (région de Ouenarou)

Echantillons n°2et3 prélevés par forage,Harzburgite(embouchure de la Ouinné)

Exprimée en %

	N° 1	N° 2	N° 3
SiO ₂	35,60	36,50	41,10
Al ₂ O ₃	0,00	0,09	0,10
FeO	4,95	4,02	5,55
Fe ₂ O ₃	2,75	3,56	1,70
MgO	45,50	45,95	44,33
MnO	0,10	0,09	0,10
CaO	0,07	0,96	0,20
Na ₂ O	0,09	0,04	0,09
K ₂ O	0,00	0,27	0,00
TiO ₂	0,12	0,00	0,10
NiO	0,32	0,27	0,32
Cr ₂ O ₃	0,20	0,35	0,27
H ₂ O	9,30	8,83	4,70
TOTAL	99,00	100,93	98,56

Annexe I b

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

N°profil:SOLOX 1 NW				
N° ECHANTILLON	1	2	3	4
PROFONDEUR (cm)	8	30	60	90
TEXTURE %				
Argile	38,40	63,60	45,20	66,80
Limon fin	31,70	21,20	39,60	23,90
Limon grossier	12,20	7,10	15,00	5,60
Sable fin	7,10	3,60	1,50	1,60
Sable grossier	8,80	4,70	1,00	1,90
Element grossier				
M.O totale	3,20	1,00		
Totale	101,40	101,20	102,30	99,80
pF				
pF 4.2	20,00	22,80	29,90	28,20
pF 3	26,90	28,90	35,60	33,10
pF 2.5	29,40	31,80	37,90	35,70
pH				
pH (H2O)	5,5	5,4	5,9	5,6
pH (KCl)	5,6	6,3	6,9	6,7
MATIERE ORGANIQUE (mg/g)				
Carbone	18,70	5,53	< 0.1	0,15
Azote	0,95	0,40	0,06	0,06
C/N	19,70	13,80		2,50
COMPLEXE D'ECHANGE (mé/100g)				
Calcium	0,87	0,08	0,10	0,08
Magnésium	0,66	0,08	0,01	0,02
Potassium	0,06	0,07	0,05	0,03
Sodium	0,14	0,14	0,19	0,09
Somme des bases	1,73	0,37	0,35	0,22
BASES TOTALES (mé/100g)				
CaO	1,29	0,67	0,10	0,03
MgO	6,14	5,33	11,88	11,75
K2O	0,07	0,17	0,19	0,08
Na2O	0,05	0,03	0,18	0,05
Somme	7,55	6,20	12,35	11,91
Capacité d'échange	3,60	-2,40	-4,80	-4,30
Taux de saturation				
Aluminium				
PHOSPORE (mé/100g)				
Total	0,2	0,03	0,08	0,01
Assimilable				

Annexe I c

ELEMENTS TOTAUX

exprimés en %

N°profil:SOLOX 1NW				
N° ECHANTILLON	1	2	3	4
PROFONDEUR (cm)	8	37	63	100
Perte au feu	13,25	12,95	12,78	12,78
Résidu insoluble	1,17	0,90	0,28	0,34
SiO2 silicates	2,84	1,86	2,05	1,80
Al2O3	6,76	6,61	5,03	5,39
Fe2O3	70,08	73,06	74,47	74,63
TiO2	0,14	0,10	0,05	0,05
MnO2	0,44	0,47	1,15	1,23
NiO2	0,68	0,97	1,05	1,02
Cr2O3	2,78	2,30	1,85	1,71
CoO	0,07	0,08	0,14	0,17
CaO	0,04	<0,01	<0,01	<0,01
MgO	0,56	0,31	0,45	0,44
K2O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Na2O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Somme	98,81	99,61	99,30	99,56
SiO2/R2O3	0,10	0,10	0,10	0,10
SiO2/Al2O3	0,70	0,50	0,70	0,60

Annexe II b

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

N°profil:SOLOX 2 NE				
N° ECHANTILLON	1	2	3	4
PROFONDEUR (cm)	5	20	50	80
TEXTURE (%)				
Argile	37,70	40,20	48,30	46,40
Limon fin	27,30	34,20	32,30	26,40
Limon grossier	16,50	16,70	15,40	22,40
Sable fin	7,50	3,80	2,40	3,20
Sable grossier	9,60	7,00	3,60	1,10
Element grossier				
M.O totale	2,20	0,90	0,30	0,10
Totale	100,80	100,80	102,30	99,60
pF				
pF 4.2	20,20	22,00	23,60	25,90
pF 3.0	25,90	27,90	29,00	29,10
pF 2.5	28,60	31,20	31,30	30,60
pH				
pH (H2O)	5,3	4,8	5	5,1
pH (KCl)	5,7	5,5	5,7	6
MATIERE ORGANIQUE (mg/g)				
Carbone	13,03	5,30	1,97	0,42
Azote	0,54	0,31	0,13	0,05
C/N	24,10	17,10	15,20	8,40
COMPLEXE D'ECHANGE (mé/100g)				
Calcium	0,35	0,11	0,02	0,07
Magnésium	0,29	0,01	0,01	0,01
Potassium	0,09	0,04	0,02	0,02
Sodium	0,28	0,16	0,10	0,06
Somme des bases	1,01	0,32	0,15	0,17
BASES TOTALES (mé/100g)				
CaO	0,55	0,08	0,10	0,10
MgO	9,86	6,52	8,75	16,21
K2O	0,13	0,02	0,05	0,02
Na2O	0,11	0,10	0,01	0,12
Somme	10,65	6,72	8,91	16,41
Capacité d'échange	0,70	-2,50	-4,30	-5,30
Taux de saturation				
Aluminium				
PHOSPHORE (mé/100 g)				
Total	0,17	0,14	0,13	0,11
Assimilable				

Annexe II c

ELEMENTS TOTAUX

exprimés en %

N° profil:SOLOX 2 NE				
N° ECHANTILLON	1	2	3	4
PROFONDEUR (cm)	5	20	50	80
Perte au feu	16,23	13,31	12,88	11,94
Résidu insoluble	0,48	0,34	0,26	0,26
SiO ₂ silicates	1,70	1,40	1,40	1,50
Al ₂ O ₃	6,69	7,23	7,11	6,02
Fe ₂ O ₃	72,15	73,60	73,90	74,81
TiO ₂	0,14	0,15	0,15	0,09
MnO ₂	0,51	0,33	0,36	0,61
NiO ₂	0,85	0,72	0,77	0,91
Cr ₂ O ₃	2,81	2,04	1,83	2,27
CoO	0,07	0,06	0,07	0,10
CaO	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
MgO	0,53	0,26	0,30	0,60
K ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Na ₂ O	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Somme	98,18	99,44	99,03	99,11
SiO ₂ /R ₂ O ₃	0,10	<0,10	<0,10	<0,10
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,40	0,30	0,30	0,40

Annexe III b

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

N°profil:SOLOX 3 SE				
N° ECHANTILLON	1	2	3	4
PROFONDEUR (cm)	2	22	60	100
TEXTURE (%)				
Argile	31,40	40,40	48,60	44,20
Limon fin	27,70	29,50	30,40	26,90
Limon grossier	22,00	17,90	13,90	23,40
Sable fin	10,90	5,70	2,60	1,90
Sable grossier	10,00	8,70	4,80	1,60
Element grossier				
M.O totale	0,60	0,40	0,20	
Total	102,60	102,60	100,50	98,00
pF				
pF 4.2	17,90	20,80	23,00	25,60
pF3	24,60	24,40	27,50	29,20
pF 2.5	27,20	27,40	29,50	30,70
pH				
pH (H2O)	4,9	4,8	5,1	5
pH (KCl)	5,9	5,8	6,1	6
MATIERE ORGANIQUE (mg/g)				
Carbone	3,37	2,26	1,37	0,10
Azote	0,25	0,18	0,08	0,03
C/N	13,50	12,60	17,10	3,30
COMPLEXE D'ECHANGE (mé/100g)				
Calcium	0,12	0,04	0,02	0,03
Magnésium	0,01	0,01	0,01	0,01
Potassium	0,01	0,04	0,04	0,04
Sodium	0,10	0,12	0,11	0,10
Somme des bases	0,24	0,21	0,19	0,18
BASES TOTALES (mé/100g)				
CaO	0,07	0,08	0,12	0,05
MgO	4,01	3,64	3,26	5,99
K2O	0,03	0,04	0,02	0,20
Na2O	0,06	0,42	0,36	0,23
Somme	4,17	4,18	3,76	6,47
Capacité d'échange	-3,40	-4,00	-4,80	-5,40
Taux de saturation				
Aluminium				
PHOSPORE (mé/100g)				
Total	0,11	0,03	0,03	0,13
Assimilable				

Annexe III c

ELEMENTS TOTAUX

exprimés en %

N° profil:SOLOX 3 SE				
N° ECHANTILLON	1	2	3	4
PROFONDEUR (cm)	2	22	60	100
Perte au feu	12,96	12,73	12,93	12,20
Résidu insoluble	0,46	0,40	0,30	0,32
SiO2 silicates	1,18	1,24	1,27	1,45
Al2O3	9,13	8,85	9,32	7,91
Fe2O3	71,96	72,85	72,48	73,78
TiO2	0,21	0,20	0,17	0,10
MnO2	0,34	0,28	0,36	1,13
NiO2	0,68	0,69	0,75	1,01
Cr2O3	2,06	1,91	1,62	1,60
CoO	0,05	0,05	0,05	0,22
CaO	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
MgO	0,25	0,21	0,18	0,25
K2O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Na2O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Somme	99,28	99,41	99,43	99,97
SiO2/R2O3	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
SiO2/Al2O3	0,20	0,20	0,20	0,30

Annexe IV b

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE

N°profil:SOLOX 4 SW					
N° ECHANTILLON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR (cm)	8	37	63	100	120
TEXTURE (%)					
Argile	38,50	39,00	37,60	34,50	55,00
Limon fin	28,80	26,20	25,00	38,00	34,00
Limon grossier	14,90	13,80	15,30	23,90	7,30
Sable fin	7,90	7,60	5,50	2,70	8,00
Sable grossier	9,90	14,80	14,20	1,60	8,30
Elément grossier					
M.O Total	2,80	0,70	1,50		
Total	102,80	102,10	99,10	100,70	100,00
pF					
pF 4.2	19,20	17,10	20,20	28,20	38,90
pF 3	25,70	23,20	26,70	35,80	59,60
pF 2.5	28,30	25,00	29,00	37,50	69,20
pH					
pH (H2O)	5,1	5	5,2	5,2	6
pH (KCl)	5,5	6	5,8	6,2	5,3
MATIERE ORGANIQUE (mg/g)					
Carbone	16,20	4,24	8,60	0,10	1,83
Azote	0,81	0,26	0,45	0,07	0,25
C/N	20,00	16,30	19,10		7,30
COMPLEXE D'ECHANGE (mé/100g)					
Calcium	0,63	0,08	0,27	0,05	0,52
Magnésium	0,34	0,01	0,09	0,01	33,66
Potassium	0,05	0,03	0,12	0,02	0,09
Sodium	0,14	0,13	0,10	0,17	0,75
Somme des bases	1,16	0,25	0,58	0,25	35,02
BASES TOTALES (mé / 100g)					
CaO	0,79	0,03	0,40	0,11	0,63
MgO	6,71	3,69	6,38	6,42	389,90
K2O	0,17	0,04	0,16	0,03	0,16
NA2O	0,28	0,19	0,24	0,28	0,87
Somme	7,97	3,94	7,18	6,84	385,60
Capacité d'échange	2,40	-2,30	-1,00	-3,80	40,50
Taux de saturation					
Aluminium					
PHOSPHORE (mé/100g)					
Total	0,23	0,15	0,29	0,17	0,17
Assimilable					

Annexe IV c

ELEMENTS TOTAUX

exprimés en %

N° profil:SOLOX 4 SW					
N° ECHANTILLON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR (cm)	8	37	63	100	120
Perte au feu	13,72	14,07	13,20	12,99	11,22
Résidu insoluble	0,52	0,52	0,49	0,77	1,76
SiO ₂ silicates	1,67	1,42	1,53	1,25	26,81
Al ₂ O ₃	6,95	8,51	7,02	5,82	6,78
Fe ₂ O ₃	71,32	71,50	72,38	72,89	39,52
TiO ₂	0,16	0,19	0,14	0,05	0,05
MnO ₂	0,54	0,28	0,67	1,45	1,03
NiO ₂	0,84	0,67	0,87	1,24	1,79
Cr ₂ O ₃	2,79	3,13	2,50	2,24	1,12
CoO	0,07	0,05	0,09	0,20	0,21
CaO	0,03	0,00	0,01	0,00	0,03
MgO	0,42	0,32	0,39	0,32	8,02
K ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Na ₂ O	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Somme	99,03	100,66	99,29	99,22	98,36
SiO ₂ /R ₂ O ₃	0,10	<0,10	<0,10	<0,10	1,30
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	0,40	0,30	0,40	0,40	6,70

