

**U.F.R. DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE  
INSTITUT DE GÉOLOGIE  
STRASBOURG**

## **THÈSE**

**présentée à  
L'UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR  
pour obtenir le titre de**

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR  
DE STRASBOURG**

**Mention: Géologie - Pédologie**

**par**

**Pascal PODWOJEWSKI**

**LES VERTISOLS À GYPSE DE NOUVELLE CALÉDONIE  
DANS LEUR ENVIRONNEMENT PÉDOLOGIQUE.**

**Soutenue publiquement le 6 novembre 1992 devant la Commission d'Examen:**

<b>MM</b>	<b>C. CHEVERRY</b>	<b>Rapporteur externe</b>
	<b>A. HERBILLON</b>	<b>Rapporteur externe</b>
	<b>M. LATHAM</b>	<b>Examineur</b>
	<b>J. LUCAS</b>	<b>Directeur de thèse</b>
<b>MME</b>	<b>H. PAQUET</b>	<b>Examineur</b>



## AVANT-PROPOS

*Lorsque , frais émoulu de ma première année d'élève ORSTOM, je me suis installé pour la première fois dans le DC 10 d'UTA à destination de l'autre bout du monde, je ne savais pas qu'en m'installant du côté gauche de l'appareil, après plus de 22 heures de vol, la première photo du "caillou" que j'allais prendre au travers du hublot, pendant la phase d'approche de l'appareil sur l'aéroport de La Tontouta, fût précisément celle de la vallée de la Oua-Tom où j'allais effectuer ma première rencontre avec les vertisols à gypse.*

*Ce fut Marc LATHAM qui m'accueillit à l'aéroport, ce fut aussi Marc qui me fit connaître et aimer la Nouvelle Calédonie. Enfin, ce fut l'instigateur de cette thèse car il m'a proposé, comme premier terrain de stage, la cartographie de la vallée de la Oua-Tom, où des problèmes de sels avaient été entrevus. A la suite de ce choix judicieux, il a guidé mes premiers pas et surtout a été le premier à remettre en cause l'origine marine évaporitique du gypse. Il était à ce point convaincu de l'apport des embruns qu'il m'avait demandé de laver le toit en tôle d'une case à proximité de la séquence de Tiaré pour en recueillir les sels. !*

*La première prospection s'est déroulée avec Pierre MERCKY, qui nous a quitté trop rapidement et dont je tiens à saluer la mémoire.*

*Puis ce fut le terrain et encore le terrain, les barbelés dans la prairie et des trous, des petits trous, des moyens trous, des grands trous, avec tous mes collègues pédologues. A l'actif de l'équipe : plus d'un millier en une dizaine d'années, y transformant les sols de Nouvelle Calédonie en gruyère suisse où nous trouvâmes grenouilles, lézards, souris, mais aussi faon et même vache.... et souvent de la boue, beaucoup de boue .... C'est ainsi que nous pouvions tester le gonflement des vertisols : après une pluie, le trou s'était-il ou non rebouché ???...*

*J'ai ainsi pu partager mes idées, le volant, les outils et le casse-croûte avec Joseph BALY, l'homme de Mouli, Dudley NICHOLLS, le Néo Hébridais, et mes collègues "expatriés" Bernard DENIS, Michel FROMAGET, Hervé LE MARTRET, Didier BLAVET, auteur du petit lexique cité en appendice, avec une mention spéciale pour Alain BEAUDOU et Emmanuel (Manu) BOURDON. Alain m'a tempéré dans mes certitudes grâce à sa rigueur scientifique tant sur le terrain que dans le laboratoire. Il m'a convaincu d'adopter sa méthodologie originale pour la description des paysages et des sols. Quant à Manu, ce fut un compagnon de tous les instants, le faiseur héroïque de lames minces, devenant pour un temps le roi de la cuirasse, mais ça, c'est encore une autre histoire.*

*A chaque retour de mission, le laboratoire de Nouméa fut la première étape du périple des échantillons. A ce propos, je tiens à remercier l'ensemble des personnes du laboratoire dont Jacques CHANUT, Michel MARLY et Jean PETARD avec lequel je me suis très longuement entretenu pour finalement tester avec succès de nouvelles méthodologies analytiques.*

*Puis, vint le retour en France. Claude CHEVERRY était mon "parrain scientifique" durant mes premières années d'"Orstomien". Alors que je visitais son laboratoire à Rennes, il m'a chaudement recommandé de passer une thèse et m'a suggéré l'institut de géologie de Strasbourg comme une option intéressante. Dès mon premier passage à Strasbourg, le professeur Jacques LUCAS, fut aussitôt intéressé par la thématique des vertisols à gypse et a accepté de diriger cette thèse. Par ses interrogations et par son souci de la précision, il m'a amené à mieux ordonner mes idées. Tous deux méritent ma profonde reconnaissance et je les remercie d'avoir pu me guider dans ma démarche scientifique.*

*Je remercie Hélène PAQUET d'avoir pris une part importante dans la réalisation de ce travail. Sans doute lui rappelait-il quelques bons souvenirs de vertisols et de solonetz solodisés.*

*Lors de mes visites au CRPB de Nancy, haut-lieu de ma formation initiale, Adrien HERBILLON, directeur du centre, s'est toujours montré comme un esprit curieux, intéressé par les spécificités géochimiques de sols néo Calédoniens. Je tiens à lui exprimer ma gratitude pour avoir jugé ce travail.*

*Je suis également reconnaissant à tous ces qui ont contribué à l'achèvement de ce mémoire :*

*- A Michel ARNOLD, du CRPG de Nancy, pour m'avoir consacré un grand nombre de journées à m'éclairer sur la géochimie isotopique du soufre et à Bertrand JACQUIER pour les analyses de ces isotopes.*

*- A mon collègue géographe, Jacques ILTIS, avec lequel je regrette de n'avoir pas fait suffisamment de terrain ; nous avons longuement associé nos données, lui pour le Nord, moi pour le Sud pour des conclusions très convergentes.*

*- A Frédéric BALTZER, avec qui j'ai pu m'entretenir à Orsay et qui m'a fait partager son expérience des zones littorales.*

*- Au professeur ROGNON, et de notre discussion fructueuse en matière de paléoclimats et de dépôts éoliens.*

*- A mes collègues Orstomiens de Bondy dont Mireille DELAUNE, la reine des minéraux lourds ; Marc FOURNIER, son laboratoire de chimie isotopique et ses excellents conseils pour les interprétations de mes datations ; Marie-Jeanne POUGET et Gérard BELLIER pour les mesures au rétractomètre ;*

*mais aussi à Ginette MILLOT, pour les RX, à Annie BOULEAU et Sylvain LOCATI pour le MET et le MEB, à Huguette GUENIN pour ses analyses chimiques "dépannages", entre deux séries ; à Edith DRIFFORT pour ses "collages minute".*

*- A mes collègues du CGS de Strasbourg ;  
aux "thésards" qui m'ont aidé entre deux cafés, à Laurent RICHARD et Mohamed BEN BACCAR pour ne pas s'être "dissous" ou "évaporés" quand j'avais besoin d'eux ; à Claude HAMMECKER pour ses conseils loin d'être "creux" en matière de la porosité ;*

*A Christine MOSSER, qui m'a consacré quelques soirées tardives à une rédaction plus rationnelle de mes conclusions et résumés,*

*A Philippe KARCHER et ses magnifiques photos de MEB, à Philippe LARQUÉ et ses interprétations des rayons X, même effectués sur lame mince, à Gilles MORVAN et ses spectres de diffraction ;*

*Aux dessinateurs, sans lesquels cette thèse n'aurait pas fière allure, à M. HAMMEL, dont le bénévolat force mon admiration, à Yves PENVÈRN et surtout à Marika LECORRE qui a réussi à transformer des cristaux de gypse en oeuvre d'art.*

*A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la construction de cet ouvrage*

# SOMMAIRE

	<b>PAGE</b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>CHAPITRE PREMIER</b>	
<b>Cadre général de l'étude</b> .....	<b>3</b>
I - INTRODUCTION.....	3
II - LES VERTISOLS .....	5
III - CONDITIONS NECESSAIRES A LA MISE EN PLACE DES VERTISOLS.....	7
 <b>PREMIERE PARTIE : LES SOLS</b>	
<b>Localisation, morphologie, caractères analytiques</b> .....	<b>21</b>
 <b>CHAPITRE DEUX</b>	
<b>ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE LA REGION DE TIARE</b> .....	<b>23</b>
I - LOCALISATION - PRESENTATION.....	23
II - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS .....	23
III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS .....	34
IV - CONCLUSION .....	47
 <b>CHAPITRE TROIS</b>	
<b>ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE L'ILE LEPREDOUR</b> .....	<b>51</b>
I - LOCALISATION - PRESENTATION.....	51
II - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS .....	54
III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS .....	68
IV - CONCLUSION .....	86
 <b>CHAPITRE QUATRE</b>	
<b>ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE LA BASSE VALLEE DE LA TAMOA</b> .....	<b>93</b>
I - LOCALISATION - PRESENTATION.....	93
II - DESCRIPTION DES SOLS .....	97
III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS .....	106
IV - CONCLUSION .....	132
 <b>DEUXIEME PARTIE</b>	
<b>Origine, fonctionnement et évolution des sols</b> .....	<b>135</b>
 <b>CHAPITRE CINQ</b>	
<b>RECONSTITUTION HISTORIQUE DU PAYSAGE ET DES CONSTITUANTS</b> .....	<b>137</b>
I - LES VERTISOLS ET L'ORIGINE MARINE .....	137
II - AGE DES VERTISOLS A GYPSE.....	143
III - CONCLUSION.....	176
 <b>CHAPITRE SIX</b>	
<b>ORIGINE DU GYPSE DANS LES VERTISOLS CALCIMAGNESIENS DE NOUVELLE CALEDONIE</b> .....	<b>178</b>
I - LES PRINCIPAUX MODES DE FORMATION DU GYPSE .....	178
II - LES CARACTERISTIQUES ISOTOPIQUES DU SOUFRE DANS LE GYPSE .....	185
III - DISCUSSION.....	191
IV - CONCLUSION .....	195

<b>CHAPITRE SEPT</b>	
<b>MISE EN PLACE DES VERTISOLS ET DU GYPSE, EVOLUTION ACTUELLE DES SOLS.....</b>	<b>198</b>
I - MECANISME DE LA MISE EN PLACE DES VERTISOLS.....	198
II - MECANISME DE LA MISE EN PLACE DU GYPSE .....	199
III - EVOLUTION ACTUELLE DES PAYSAGES ET DES SOLS .....	206
IV - CONCLUSION .....	213
<b>CHAPITRE HUIT</b>	
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>215</b>
I - LES VERTISOLS.....	216
II - LES ÉLÉMENTS FIGURÉS .....	216
III - LES VERTISOLS A GYPSE, ENREGISTREURS DES PALEOCLIMATS.....	218
IV - PLACE DES VERTISOLS A GYPSE DANS LA PEDOGENESE TROPICALE .....	219
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>221</b>
<b>ANNEXE : Lexique des termes techniques.....</b>	<b>239</b>
<b>TABLES .....</b>	<b>251</b>

# INTRODUCTION

Actuel troisième producteur mondial de nickel, la Nouvelle Calédonie a fondé son activité économique presque exclusivement sur l'extraction de ce minerai.

Pour se dégager de la trop grande dépendance d'une mono-activité soumise à la variabilité des cours du minerai, ce territoire tente depuis la fin des années 1970 de rééquilibrer les différents secteurs d'activité dont celui de l'agriculture qui ne représentait en 1985 que 5% du PIB de l'archipel.

Or la faible part de l'agriculture néo-calédonienne n'est pas explicable seulement par le désintérêt de la population pour ce secteur d'activité concurrencé par l'attrait de la mine et de ses activités annexes, par l'étroitesse du marché, par le manque de personnel qualifié ; les contraintes pédo-climatiques sévères représentent probablement le handicap majeur pour la promotion de ce secteur. La pluviométrie est très fluctuante et les sécheresses prolongées alternent avec des épisodes très humides ponctués par le passage de cyclones tropicaux. Les pentes souvent fortes, la faible épaisseur des sols, leur variabilité spatiale importante, la fertilité naturelle réduite par des carences chroniques en phosphore et en azote, les excès d'acidité et d'aluminium échangeable, ainsi que les spécificités liées à l'extension des péridotites - des sols très riches en oxydes ou hydroxydes de fer et des sols hypermagnésiens pour lesquels les références en matière d'utilisation agronomique sont restreintes - : tous ces caractères contribuent à limiter le développement des activités agricoles.

A partir des années 1977-1978, la principale activité des pédologues de l'ORSTOM a donc été l'établissement d'une cartographie de semi-détail (1/50 000 à 1/25 000) de zones représentatives des différents paysages de l'archipel.

Au cours de cet inventaire, il s'est avéré que sur la côte ouest, les vertisols, appelés localement "argiles noires", présentaient un potentiel intéressant, cependant peu exploité alors que dans d'autres régions du monde, y compris sur le continent australien tout proche, ces sols comptent parmi les plus fertiles.

En effet, les vertisols occupent des surfaces planes ou à faible pente ; facilement mécanisables, ils sont profonds, peu sensibles à l'érosion, aisément accessibles et offrent souvent des possibilités d'irrigation (en particulier lorsque ces sols occupent les terrasses alluviales des cours d'eau principaux).

En Nouvelle Calédonie, les vertisols couvrent près de 100 000 ha, à peine 6% de la superficie totale de la Grande Terre, mais près de 50% de celle des terres facilement cultivables. Les principales contraintes d'utilisation de ces vertisols sont liées à leurs propriétés physiques et aussi à leurs propriétés chimiques : il existe des vertisols sodiques et acides (10 000 ha), des vertisols hypermagnésiens (30 000 ha) et des vertisols calcimagnésiens (55 000 ha). Ces derniers posent le moins de contraintes chimiques et peuvent être le support de cultures intensives avec un minimum d'aménagements.

Mieux connaître les caractéristiques et les propriétés de ces vertisols a donc été une préoccupation constante des pédologues, agronomes et chimistes de l'ORSTOM de Nouméa. Il était nécessaire de déterminer à la fois leur environnement climatique, géographique, et géochimique ainsi que la nature des constituants du sol, leur origine, leur évolution dans le temps et les propriétés physico-chimiques de ces sols. Ce travail assoit les bases d'une première synthèse jamais établie sur ces sols en Nouvelle Calédonie, en prenant les vertisols calcimagnésiens en exemple. Cette étude permettra ainsi d'optimiser les essais agronomiques menés en parallèle.

Ce travail a débuté dès 1981 par l'étude du bassin versant aval de la Oua-Tom et qui s'est conclu par mon rapport d'élève ORSTOM. Il a été suivi par les prospections respectives de la Tontouta, de Tiaré, de Leprédour et enfin à nouveau de La Toutouta, plus précisément de la basse vallée de La Tamoia. Au cours de ces prospections, huit années se sont écoulées.

La pédologie est une science vivante, en perpétuelle évolution :

- évolution dans la classification des sols grâce à l'apport du Référentiel Pédologique Français (RPF). Celui-ci est en bonne voie d'achèvement, et s'est affiné au cours du temps et des versions successives, ce qui nous permet à présent (3ème proposition, 1990) de disposer d'un outil de référence beaucoup plus complet que celui de la CPCS (1967) ;

- évolution dans la description des sols grâce à l'outil typologique (typologie BEAUDOU et CHATELIN, 1977 ; BEAUDOU et al., 1983b ; BEAUDOU, 1988). Rappelons que cette typologie n'est en rien une classification, mais la composante d'une synthèse d'informations, basée exclusivement sur la morphologie descriptive au niveau de chaque horizon. Cet outil est surtout utilisé pour la description des profils. Dans la thèse, les termes typologiques sont référenciés lors de chaque citation, exception faite de mots qui sont à présent passés dans le langage courant de la pédologie comme structichron et altérite ou régolite ;

- évolution dans les méthodologies analytiques spécifiques utilisées pour le dosage des sels solubles et des cations échangeables des vertisols à gypse.

Du fait de toutes ces évolutions, les études successives des différents bassins versants présentés dans la thèse sont de qualité inéquivalente, non seulement du fait de ces diverses évolutions mais également et peut-être davantage du fait de mon expérience de terrain qui a progressé au cours du temps. Ainsi le lecteur trouvera sans doute des disparités de descriptions et de présentations de résultats analytiques entre le chapitre 2 (Tiaré) et le chapitre 4 (Tamoia). Mais il n'en demeure pas moins vrai que la genèse de ces sols et leur fonctionnement n'a pas varié durant le temps qui m'a été imparti pour les étudier.

# CHAPITRE PREMIER

## CADRE GÉNÉRAL DE L'ÉTUDE

### I - INTRODUCTION

#### 1.1 - RAPPEL HISTORIQUE

Les vertisols de la côte ouest ont longtemps été décrites comme des "argiles noires" surmontant d'autres argiles de teinte beige à olive.

La distinction entre ces "argiles" s'est longtemps faite à partir de la nature des éléments figurés qu'elles contiennent, parfois en quantités très appréciables : "argiles à giobertite" (magnésite) et "argiles à gypse". Ce minéral, associé à une position géomorphologique très basse, a longtemps été l'argument pour une origine marine de ces formations.

Les argiles gypsifères sont déjà décrites par PIROUTET en 1917 comme des "dépôts palustres anciens". ROUTHIER (1953) attribue aux "argiles à gypse" une origine marine synchrone, de type évaporitique. Cette affirmation est reprise successivement par AVIAS (1963) qui établit une corrélation entre les bordures de mangrove et les "argiles noires à gypse", et GONORD (1977) qui date l'ensemble des dépôts littoraux post-Miocène moyen et ante-Pléistocène.

La synthèse géologique faite par PARIS (1981) distingue très nettement des "argiles" à gypse marin lagunaire d'arrière-mangrove, d'âge holocène, - décrites par AVIAS (1963) et surtout par BALTZER (1965) -, des "argiles noires" à gypse qui seraient plutôt continentales, palustres et dues à une évolution pédogénétique sous climat tropical à longue saison sèche.

Cependant, dès la première synthèse cartographique des sols de la Nouvelle Calédonie, les unités pédologiques constituant les "argiles noires tropicales" ont été interprétées par TERCINIER (1962), comme une sous-classe de sols formés à partir de l'altération de roches en place, et comparables aux sols noirs décrits dans d'autres régions subtropicales ou tropicales sèches et semi-arides. Cette classification est reprise pour les cartographies de détail qui lui succèdent (TERCINIER, 1965) et le terme de vertisols désignant ces "argiles noires" comme des sols caractéristiques des milieux intertropicaux à longue saison sèche et à drainage externe plutôt réduit, est adopté par TERCINIER en 1967. Une première classification des vertisols, basée sur leurs propriétés physico-chimiques, est établie par LATHAM et al. (1978) et les nombreuses cartographies de détail qui ont suivi ont fort bien délimité leur extension (LATHAM et MERCKY, 1979 ; DENIS, 1979 ; PODWOJEWSKI, 1981 ; DENIS et MERCKY, 1982 ; PODWOJEWSKI et al., 1983 ; BEAUDOU et al., 1983a). Seule une synthèse consacrée au mode de formation de ces sols, faisait encore défaut en Nouvelle Calédonie.

#### 1.2 - PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La Nouvelle Calédonie, terre de contrastes, est située dans la zone intertropicale, dans le Pacifique SW, entre 164 et 167° de longitude est, et 20 et 22°30' de latitude sud (Fig. 1).

Petit "bâton" allongé dans le sens NW-SE, long de 400 km pour 40 km de large, d'une superficie de 16800 km<sup>2</sup> (deux fois la Corse ou la moitié de la Belgique), la Grande

Terre (encore surnommée "Le Caillou") ou Nouvelle Calédonie au sens strict, est l'île principale de l'archipel de la Nouvelle Calédonie.

La Nouvelle Calédonie n'est pas une île ordinaire dans l'Océan Pacifique. Son relief est dissymétrique. Une chaîne centrale, dont l'axe est allongé dans le même sens que l'île plonge rapidement dans la mer sur la côte est et délimite de nombreuses plaines côtières sur le bord ouest de l'île.

La pluviométrie est contrastée entre une côte est "au vent" qui reçoit annuellement environ 3000 mm de pluie, et une côte ouest "sous le vent" qui ne reçoit en moyenne que 1000 mm.

Située à l'avant de la plaque pacifique, ce n'est pas un arc insulaire actif, ni une île corallienne, bien qu'étant entourée de la deuxième plus longue barrière récifale du monde. La Nouvelle Calédonie est constituée de formations volcano-sédimentaires terrigènes plissées ; les plus âgées sont ante-permiennes. Elle se singularise par sa nappe de péridotites chevauchante apparue au Miocène et qui recouvre près d'un tiers du territoire. L'altération des péridotites concentre le nickel.

Tous les facteurs de la pédogenèse sont contrastés : des substrats lithologiques très variés et peu répandus en si grande proportion ailleurs dans le monde (péridotites), de nombreux épisodes morpho-climatiques durant le Quaternaire (les influences de mouvements néotectoniques récents, des variations eustatiques et des réajustements isostatiques). La variété des sols se traduit par un véritable "patchwork" où se côtoient dix des douze classes de sols signalées par la classification CPCS (1967).

Le reflet de ce milieu original est sans conteste la végétation qui, éloignée de l'influence continentale asiatique ou australienne, est endémique à près de 75%.

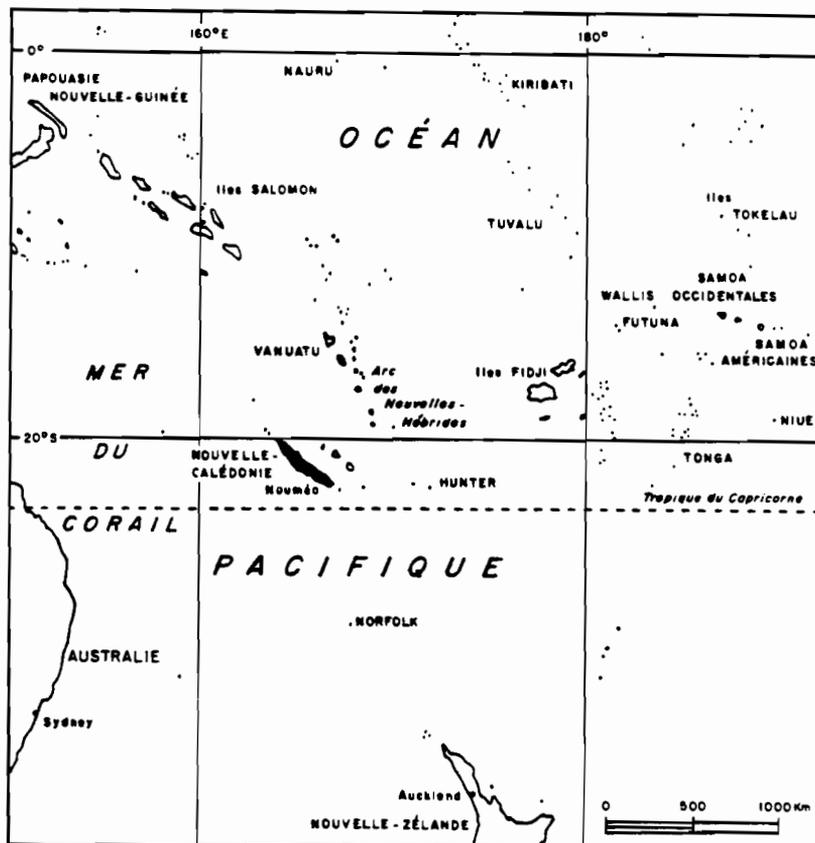


Figure 1 : Carte de localisation de la Nouvelle Calédonie

## II - LES VERTISOLS

### 2.1 - DEFINITION

Dans les régions à climat tropical contrasté, on connaît depuis fort longtemps des sols argileux, profonds, de couleur foncée, aptes à gonfler sous l'effet d'une humectation. Ces sols ont souvent, de par le monde, une appellation vernaculaire. Celle-ci évoque la plupart du temps leur couleur sombre ou noire et parfois la structure grumeleuse des horizons de surface. Le terme de vertisol a été utilisé pour la première fois au 6ème congrès de l'ISSS à Paris en 1956. Du fait de leurs propriétés physiques particulières, ces sols sont soumis à des mouvements, ou brassages internes d'où leur nom de vertisol dont l'étymologie latine "vertere" signifie tourner, retourner.

Selon le *Référentiel Pédologique Français* (BOULAIN, 1990) : les vertisols sont des "sols argileux qui, suivant les saisons alternativement sèches, puis humides, se gonflent ou se rétractent et qui montrent de larges et profondes fentes de retrait en périodes sèches."

Selon la *Soil Taxonomy* (USDA, édition 1983) les vertisols sont définis comme des sols :

1. qui n'ont pas de contact lithique ou paralithique, avec un horizon pétrocalcique ou un horizon induré siliceux (silico-pétro-stérite) à moins de 50 cm de la surface ;
2. qui, après mélange sur une épaisseur de 18 cm, tout comme un labour, contiennent plus de 30% d'argile dans tous les horizons, jusqu'à une profondeur de 50 cm et plus ;
3. qui, sauf s'ils sont cultivés ou irrigués, présentent à un moment de l'année, des "fentes ouvertes" (open cracks), larges d'au moins 1 cm, à une profondeur de 50 cm ; remontant jusqu'à la surface ou à la base de la couche de labour ou d'une croûte de surface ;
4. qui ont un ou plusieurs des caractères suivants :
  - a. un microrelief ondulé de type "Gilgai" ;
  - b. à une profondeur comprise entre 25 cm et 1 m, des "faces de glissement" (slickensides) assez denses pour se recouper ; ou
  - c. à une profondeur comprise entre 25 cm et 1m, des agrégats structuraux naturels en forme de coins qui ont leur grand axe orienté de 10 à 60° par rapport à l'horizontale.

### 2.2 - LA REPARTITION DES VERTISOLS

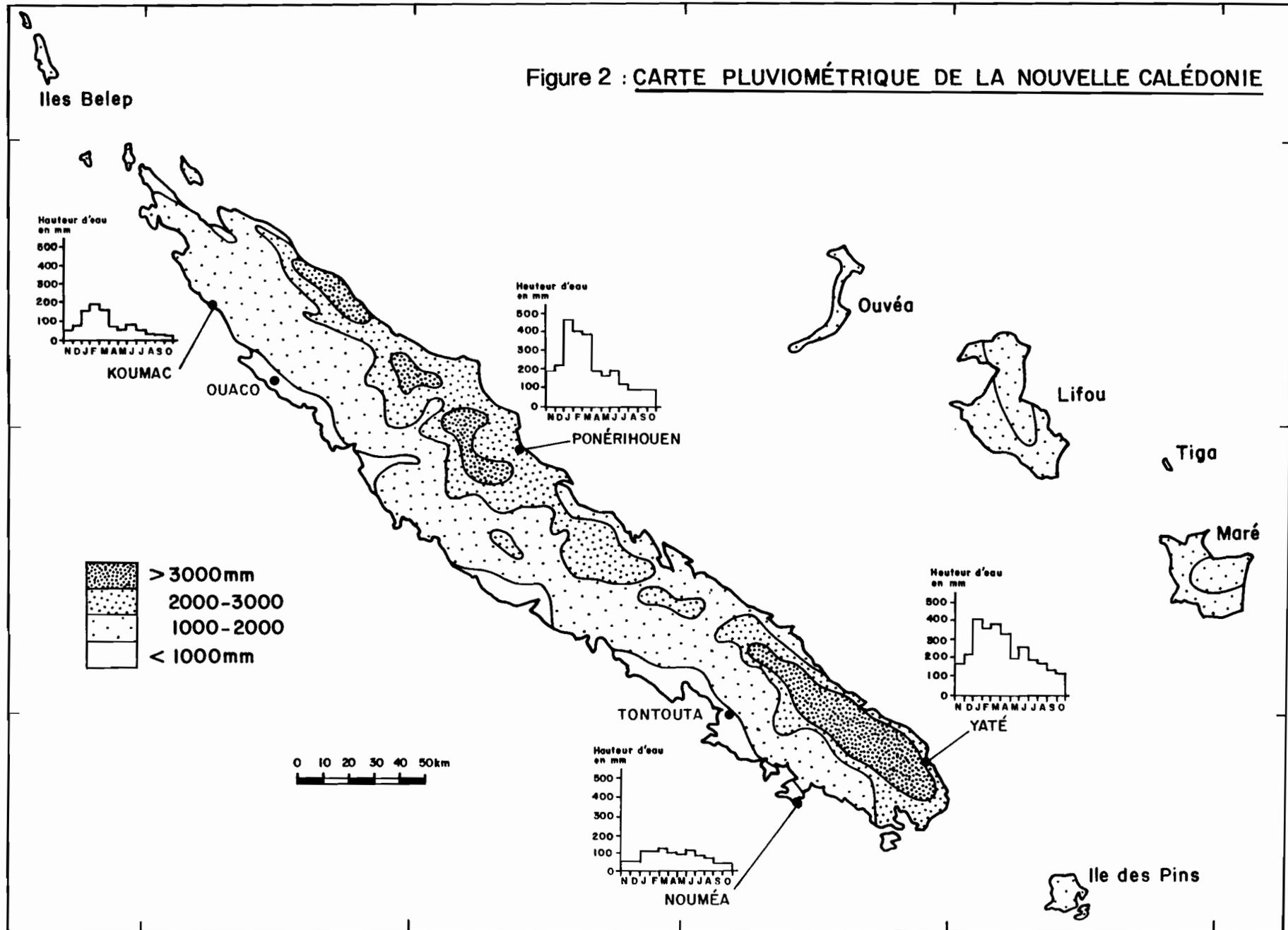
Les vertisols et sols associés occupent 320 millions d'ha soit 2,4 % de la surface de la planète, mais cette proportion augmente de façon considérable si l'on ne considère que les terres cultivables, déduction faite de celles des zones désertiques, de montagne ou toujours gelées (WILDING et PUENTES, 1988). Les pays comme l'Australie (70 millions d'ha), l'Inde (70 millions d'ha), ou le Soudan (50 millions d'ha) recèlent, à eux trois, près de 60 % de la superficie totale de ces sols.

Les vertisols obéissent à des règles de répartition dictées en premier chef par les conditions climatiques :

- 60% d'entre-eux sont situés dans la zone intertropicale, 30% dans la zone subtropicale ;
  - 65% sont situés dans des conditions semi-arides, 18% dans les zones arides ;
- mais toutes ces zones ont un point commun : une alternance marquée de saisons humides puis sèches, responsables d'un gonflement et du retrait des argiles.

Dans la région du Pacifique Sud, outre l'Australie où les vertisols sont plutôt localisés à l'est du pays, on les retrouve également sur la côte ouest (sous le vent) de certaines îles comme à Malekula (Vanuatu), Viti Levu (Fiji) ou la Nouvelle Calédonie.

Figure 2 : CARTE PLUVIOMÉTRIQUE DE LA NOUVELLE CALÉDONIE



## 2.3 - CARACTERES MAJEURS

Les caractères morphologiques majeurs des vertisols sont leur forte proportion d'argile (supérieure à 30%), de type smectite, et leurs fentes de retrait verticales en saison sèche pouvant atteindre plus de 5 cm de large et 60 cm de profondeur. Ces fentes délimitent un réseau formé de polygones.

La structure spécifique, qui apparaît vers 40 à 60 cm de profondeur, est constituée d'agrégats de forme rhomboïdale, à surfaces luisantes et/ou striées, souvent obliques. Ces faces luisantes sont appelées faces de glissement ou *slickensides*. Elles ont un développement très important vers 80 cm de profondeur. Elles font un angle de 20 à 40° par rapport à l'horizontale et se recoupent en formant des angles aigus saillants, d'où le terme de structure *sphénoclode* retenu par BEAUDOU et al. (1983 b) et BEAUDOU (1988) dans la recherche d'un vocabulaire typologique, ou le terme de *sphenoid* utilisé plus récemment dans une synthèse faite par ESWARAN et al. (1988). Elles sont provoquées par le cisaillement du sol sous l'effet des contraintes horizontales provoquées par le gonflement des argiles en saison humide.

Si le comportement spécifique des argiles, dont dérivent les propriétés structurales, est lié aux *variations climatiques*, les conditions nécessaires aux concentrations dans le sol d'argiles de type smectite sont liées à la *nature chimique du substrat* et à la *topographie* : soit en contrebas de toposéquences, soit sur des surfaces planes à drainage externe limité (comme les terrasses alluviales).

## III - CONDITIONS NECESSAIRES A LA MISE EN PLACE DES VERTISOLS

La localisation des vertisols dans le monde et la définition même des vertisols imposent des conditions nécessaires à leur mise en place. Ces conditions sont principalement de trois ordres :

- d'ordre *climatique*, avec un climat généralement de type tropical à pluviométrie contrastée,
- d'ordre *géochimique* : les vertisols dérivent généralement de roches basiques susceptibles de libérer des cations alcalino-terreux,
- d'ordre *topographique* : les vertisols se développent davantage sur des surfaces planes, à drainage externe réduit.

Les vertisols de Nouvelle Calédonie se sont développés en générale conformité avec ces conditions, avec, toutefois, quelques variantes que nous allons exposer.

### 3.1 - CONDITIONS CLIMATIQUES

Généralités du climat en Nouvelle Calédonie et localisation des vertisols

Les vertisols sont localisés sur la côte ouest de la Grande Terre qui est aussi la zone la plus sèche du Territoire (Fig. 2 et 3, Tab. I).

#### 3.11 - Les variations saisonnières

La Nouvelle Calédonie est située dans la Zone Intertropicale. Les types de climats sont déterminés par les variations en latitude de la zone dépressionnaire intertropicale située au nord de l'archipel et de la ceinture anticyclonique située au Sud (BAUDUIN et BRUNEL, 1981). L'année pluviométrique débute au mois de novembre qui correspond à la fin de la saison sèche. Quatre saisons peuvent être délimitées :

- la saison humide qui va de la mi-décembre à la fin mars. Elle correspond à la saison chaude et au passage des dépressions et des cyclones tropicaux ;
- une petite saison de transition en avril-mai durant laquelle la pluviométrie décroît ;

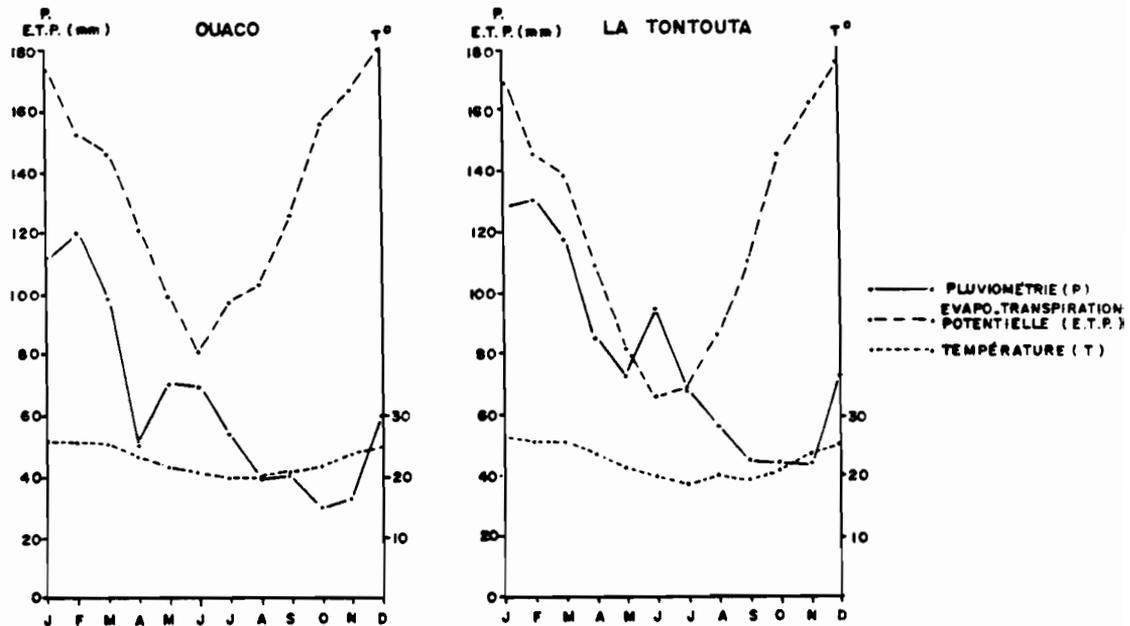


Figure 3 : climogrammes des postes météo de Ouaco et de La Tontouta

Tableau Ia : Données climatiques mensuelles du poste Météo de Ouaco (DANLOUX, 1987)

Mois	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct
pluviométrie(mm)	34	80	90	110	90	50	67	66	48	36	34	31
%	5	11	12	15	12	7	9	9	6	5	5	4
E.T.P.* (mm)	167	181	174	153	147	121	99	81	88	103	126	156
P - E.T.P. (mm)	-133	-101	-84	-43	-57	-71	-32	-15	-50	-67	-92	-125
Température °C**	24,0	25,1	25,9	26,9	25,8	24,0	22,5	21,1	20,1	20,1	20,8	22,2

\* E.T.P. calculée à Koumac - \*\* Températures relevées à Koumac

Ajustement de l'échantillon de 32 ans (Période 1952-84) à une loi Log-Normale

Coefficient d'irrégularité : 2,10

Médiane : 746 mm

Décennale humide : 1098 mm

Décennale sèche : 522 mm

Tableau Ib : Données climatiques mensuelles du poste Météo de La Tontouta (DANLOUX, 1987)

Mois	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Sep	Oct
pluviométrie(mm)	38	77	109	125	117	67	70	95	66	55	39	48
%	4	9	12	14	13	7	8	10	8	6	4	5
E.T.P.* (mm)	162	176	169	146	139	109	82	66	69	86	110	145
P - E.T.P. (mm)	-124	-99	-60	-21	-22	-42	-12	+29	-3	-31	-71	-97
Température °C	23,8	24,9	26,3	25,9	25,9	23,9	21,7	20,2	19,0	20,0	19,5	21,0

\* E.T.P. calculée à Nouméa

Ajustement de l'échantillon de 32 ans (Période 1952-84) à une loi Log-Normale

Coefficient d'irrégularité : 2,10

Médiane : 906 mm

Décennale humide : 1324 mm

Décennale sèche : 629 mm

Données pluviométriques : Archives du service météorologique de Nouvelle Calédonie et de l'ORSTOM.

- une petite saison humide correspondant à la saison fraîche de l'hiver austral et qui couvre les mois de juillet-août ;
- la grande saison sèche (peu pluvieuse) qui s'étend du mois de septembre à la mi-décembre.

La pluviométrie est contrastée. 50% des précipitations sont réparties de décembre à la fin mars durant la saison chaude.

### 3.12 - La pluviométrie

*L'effet orographique* : La dissymétrie de la répartition spatiale des précipitations est due à l'orientation générale de l'île. Les vents dominants soufflent d'un secteur compris entre l'est-nord-est au sud-est. L'axe de la chaîne centrale est parallèle aux côtes et déporté vers la moitié est de l'île. Il délimite la côte est, étroite, très arrosée, située "au vent" de la côte ouest plus étendue et située "sous le vent".

La pluviométrie décroît au fur et à mesure que l'on se rapproche de la côte ouest. Si la pluviométrie annuelle moyenne est inférieure à 1100 mm, les extrêmes sont inférieurs à 900 mm à Boulouparis et inférieurs à 800 mm à Ouaco (Fig. 3). Ces deux localités sont elles-mêmes situées sous le vent des stations les plus arrosées (Yaté et Poindimié) où la pluviométrie moyenne excède 3000 mm/an.

*La variabilité géographique* : Il y a peu de variations entre le nord et le sud de la Grande Terre. La petite saison des pluies de la saison fraîche associée à des perturbations d'origine polaire affecte davantage le Sud de l'île, tandis que les dépressions tropicales venant du Nord atteignent cette région plus tôt, dès le mois de novembre.

*La variabilité interannuelle et intersaisonnière* : D'une année à l'autre, la pluviométrie est très variable, aussi il est quelque peu abusif d'utiliser les termes de saison des pluies et de saison sèche couramment utilisés dans les régions tropicales.

Les irrégularités interannuelles sont importantes et peuvent également affecter tous les mois (Fig. 4a et 4b). Le coefficient d'irrégularité est élevé (>2) (DANLOUX, 1987a). D'une façon générale, les deux tiers des mesures montrent des valeurs inférieures à la médiane (qu'elle soit mensuelle ou annuelle). Elles renforcent le caractère contrasté et la relative sécheresse du climat.

La Nouvelle Calédonie subit une forte influence océanique qui affecte principalement la température et les vents.

### 3.13 - Les températures

Les températures moyennes sont assez stables tout au long de l'année aux alentours de 23°C. A La Foa, localité où les amplitudes saisonnières sont les plus marquées, les moyennes des températures sont les suivantes : 18°C pour le mois d'août, mois le plus frais, 26°C pour le mois de janvier, mois le plus chaud de l'été austral. Mais, dans cette commune, une amplitude diurne de plus de 15°C est fréquente.

### 3.14 - Les vents

En dehors du passage des perturbations, la Nouvelle Calédonie est soumise à l'influence des alizés qui soufflent d'une direction comprise entre l'ENE et le SE. Les vents sont modérés à assez forts. A Nouméa, les alizés soufflent près de 220 jours par mois, de 2 à 6 m/s en saison fraîche et de 4 à 8 m/s en saison chaude.

### 3.15 - L'évapotranspiration

L'évapotranspiration réelle ou E.T.R. a été mesurée par la section hydrologie du centre ORSTOM de Nouméa, le long de la côte ouest, sur des bacs de type Colorado (Fig 5). Les mesures traduisent une augmentation de cette évaporation depuis la côte vers

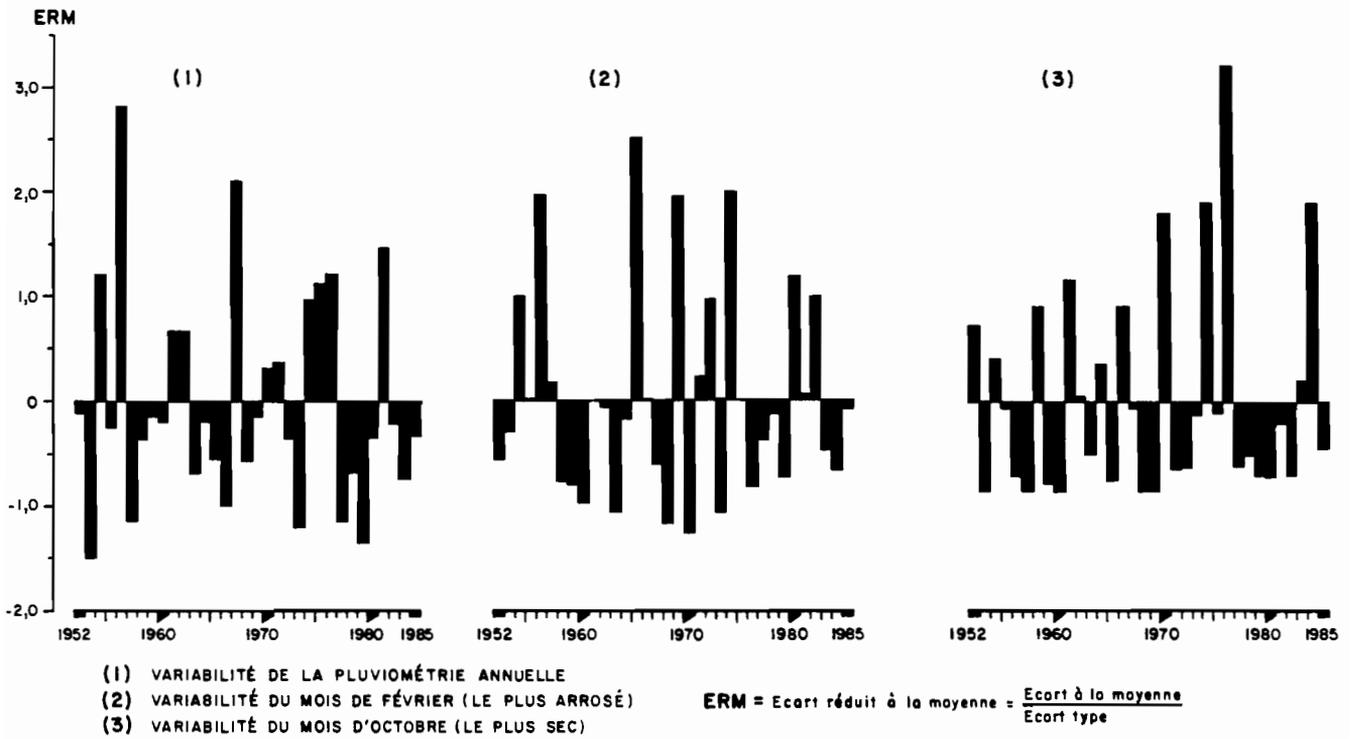


Fig. 4a VARIABILITE DE LA PLUVIOMÉTRIE - STATION MÉTÉO DE OUACO - PÉRIODE 1952/1985

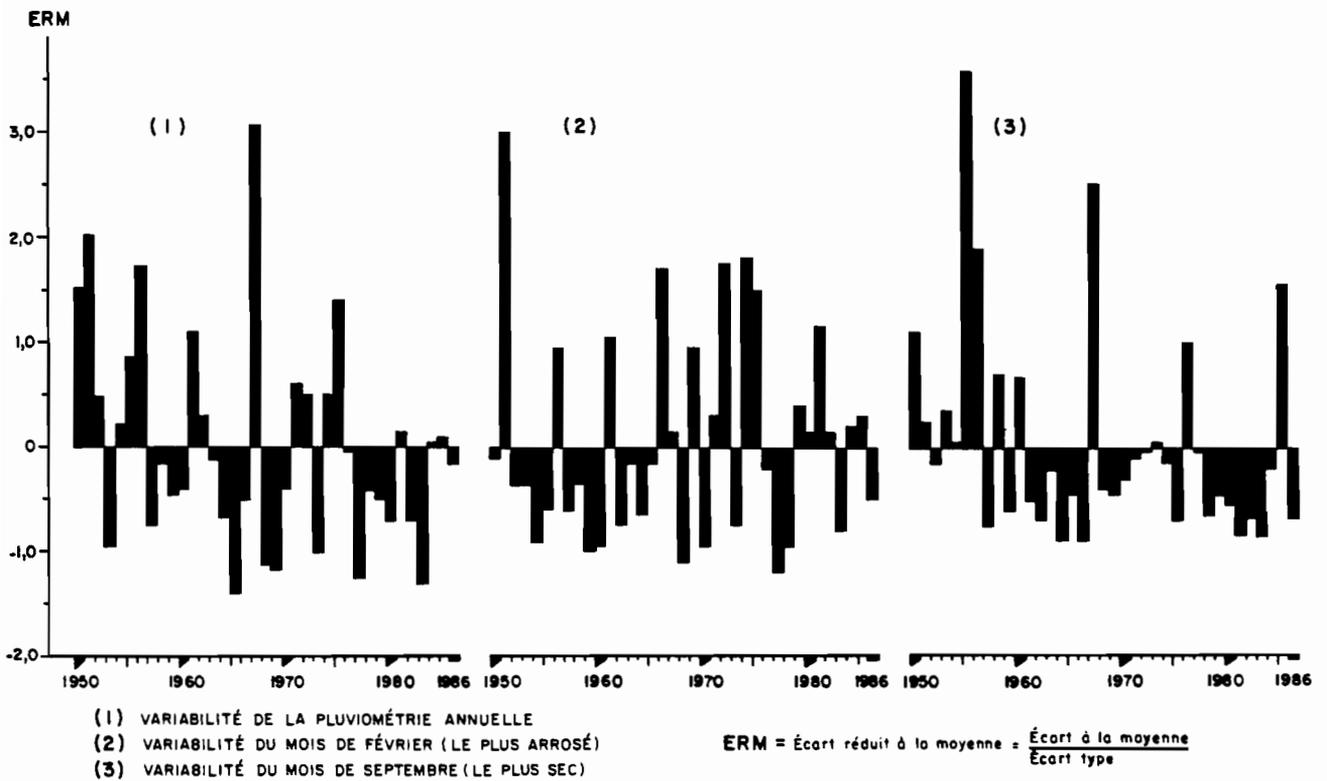


Fig. 4b VARIABILITE DE LA PLUVIOMÉTRIE - STATION MÉTÉO DE LA TONTOUTA - PÉRIODE 1950/1986

la chaîne centrale, cette augmentation allant de pair avec la diminution des précipitations, renforce le caractère d'aridité de la bande côtière.

L'évapotranspiration potentielle ou E.T.P.\* a été calculée à Nouméa et à Koumac selon la formule de PENMAN\*\* (préférable à la formule de THORNTHWAITE qui adoucit les fluctuations de l'E.T.P., en ne tenant pas compte de certains facteurs climatiques comme le vent ou le rayonnement). Elle montre que le déficit hydrique (Pluviométrie - E.T.P.) est important dans les quatre derniers mois de l'année où il représente près de 75% du déficit total annuel.

Ce déficit hydrique (P - E.T.P.) est entretenu par l'inefficacité de certaines pluies à reconstituer le stock d'eau dans les sols ou les nappes. Les coefficients d'écoulement des principales rivières sont élevés. Les pentes fortes associées à un faible couvert végétal et des sols vite saturés lors de pluies violentes contribuent au ruissellement.

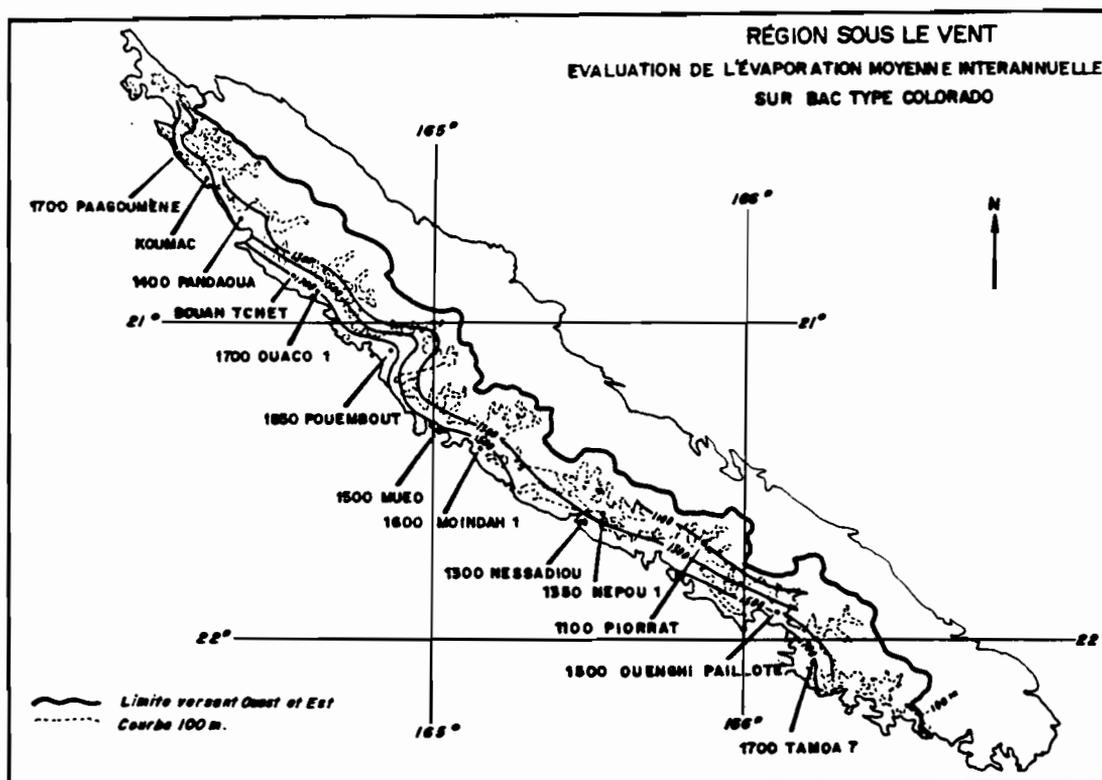


Figure 5 : Evaluation de l'évapo-transpiration réelle (E.T.R.) sur la côte ouest de la Grande Terre

\*E.T.P. ou évapotranspiration potentielle : Elle représente schématiquement la limite supérieure vers laquelle tendrait l'évapotranspiration réelle d'un couvert végétal dense qui ne souffrirait d'aucune restriction d'eau. On peut la considérer plutôt comme une demande énergétique de l'atmosphère (BAUDUIN, BRUNEL 1981).

\*\* Calcul de l'E.T.P. selon la formule de PENMAN

$$E.T.P. = \phi (R_n) + \phi (E_a)$$

$$\phi (R_n) = L^{-1} \cdot [R_n F(T)\gamma^{-1}] \cdot [1 + (F(T)\gamma^{-1})^{-1}]$$

$$\phi (E_a) = E_a [1 + (F(T)\gamma^{-1})^{-1}]$$

R<sub>n</sub> = Rayonnement net ; T = Température de l'air sous abri

E<sub>a</sub> = Pouvoir évaporateur de l'air ; γ = Constante psychométrique

L = Chaleur latente d'évaporation de l'eau

Tableau II : Principales formations géologiques de la Grande Terre et grands types de sols qui en découlent

Age	Type de matériau lithologique	Localisation	Grands types de sols sur versants	Partie aval de séquence
Eocène supérieur	nappe de péridotites	<i>côte ouest</i> de Poum à Bourail : massifs isolés <i>côte est</i> : de Houaïlou à Thio <i>grand massif du Sud</i>	sol oxydique meuble , à oxydes de fer	sol oxydique meuble et/ou cuirassé
	filons de serpentinite	matériau encaissant des péridotites	brunisol hypermagnésien	VERTISOL HYPERMAGNÉSIEEN
	gabbros et granodiorites	intrusions dans les péridotites : Sud, Thio	sol ferrallitique	sol ferrallitique ; carapace oxydique alumineuse
Eocène moyen à supérieur Eocène inférieur	flyschs carbonatés, intercalations de calcaires et phtanites phtanites, arénites siliceuses, calcaires massifs <i>roches riches en sulfures</i>	<i>côte ouest</i> : région de Bourail ; de Boulouparis à Nouméa <i>Nord, côte ouest</i> : de Koumac à Bourail, alignement discontinu	sol d'érosion ; brunisol calcique ; brunisol vertique (Ca, Mg) sol d'érosion ; sol très siliceux, très lessivé	VERTISOL À GYPSE podzol, sol très lessivé
Crétacé supérieur	formation des basaltes : basaltes, jaspes, dolérites, gabbros	<i>côte ouest</i> : de Koumac à Bourail, écaillés de Boulouparis à Nouméa <i>côte est</i> : pointements de Poindimié, de Canala à Thio	sol d'érosion ; brunisol ; brunisol vertique (Ca, Mg) sol d'érosion, fersialsol désaturé non lessivé	VERTISOL À GYPSE fersialsol ; sol hydromorphe
	formations à charbons, grès, siltites, conglomérats, arénites siliceuses <i>roches riches en sulfures</i>	<i>côte ouest</i> : le long de l'accident ouest Calédonien <i>côte est</i> : de Poindimié à Thio, le long de la chaîne centrale	sol d'érosion ; fersialsol très désaturé lessivé sol d'érosion ; fersialsol très désaturé non lessivé	sol hydromorphe ; planosol ; solonetz solodisé sol hydromorphe
Trias-Jurassique	formations volcano-sédimentaires, grauwackes, dépôts terrigènes	<i>côte ouest</i> : de Bourail à Nouméa <i>chaîne centrale</i> : Canala et <i>côte est</i> : Touho à Houaïlou	sol d'érosion ; brunisol acide ; brunisol vertique acide (Mg, Na, Ca) sol d'érosion ; fersialsol très désaturé non lessivé	VERTISOL ACIDE ET SODIQUE sol hydromorphe ou fersialsol
Permo-Trias	tufs fins issus d'un matériau éruptif de type basalte ou andésite	<i>côte ouest</i> : de Moindou à Baie de St Vincent <i>chaîne centrale</i> : Thio	sol d'érosion ; brunisol ; brunisol vertique (Ca, Mg) sol d'érosion ; fersialsol désaturé, non lessivé	VERTISOL À GYPSE ; brunisol colluvial ; colluvisol sol hydromorphe ; fersialsol ou planosol
	complexe volcanique : gabbro, dolérite, basalte, diorite, tufs	<i>chaîne centrale</i> : Koh, Sphinx, Cantaloupaï	sol d'érosion ; fersialsol peu saturé non lessivé	
Ante Permien	matériau fin quartzo-feldspathique métamorphisé	<i>chaîne centrale</i>	sol d'érosion ; fersialsol désaturé, non lessivé	sol hydromorphe ; solonetz solodisé

### 3.16 - Conclusion

Malgré une forte variabilité, le climat de la côte ouest de la Grande Terre est caractérisé par une pluviométrie contrastée favorable au développement des vertisols et une relative aridité confirmée par un bilan hydrique négatif dix mois par an en moyenne.

Ce déficit hydrique, favorable à la conservation des sels contenus dans le sol (principalement des sulfates et des carbonates), est plus important le long de la frange côtière.

### 3.2 - CONDITIONS GEOCHIMIQUES

En raison du rajeunissement par l'érosion subi par la majorité des sols de la Nouvelle Calédonie, la couverture pédologique manifeste une étroite lithodépendance, liée principalement à la géochimie mais aussi à la morphologie des faciès (Tab. II).

Afin de replacer les vertisols dans leur contexte géologique, il est utile de résumer les principales étapes de l'histoire géologique de la Nouvelle Calédonie grâce à la couverture cartographique complète au 1/50 000 de la Grande Terre réalisée par le BRGM\*, et la synthèse géologique au 1/200 000 établie par PARIS (1981) (Fig. 6).

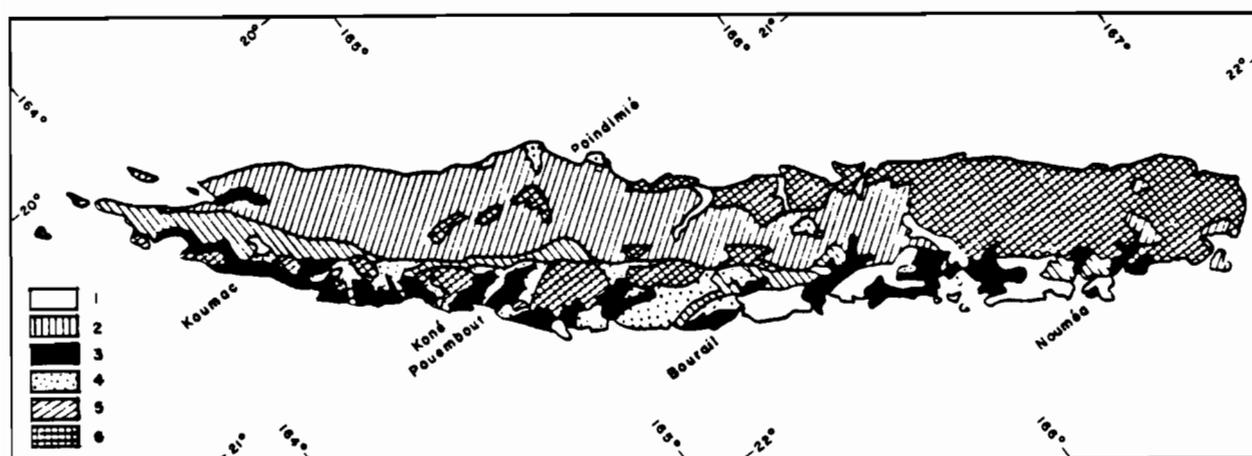


Figure 6 : Esquisse lithologique de la Nouvelle Calédonie (d'après PARIS, 1981)

1. Formations pélitiques plus ou moins calcaires (Permo-Trias ou Eocène moyen et supérieur) ; 2. Formations gréseuses et siliceuses (Sénonien ou Eocène inférieur) ; 3. Alluvions anciennes et récentes ; 4. Formation "des basaltes" (Sénonien à l'Eocène moyen) ; 5. Micaschistes et pélites siliceuses (Ante-Permien ou Trias-Jurassique), glaucophanites, gabbros et granodiorites (post Eocène) ; 6. Péridotites et serpentinites (Eocène terminal).

#### 3.21 - Rappel de l'Histoire géologique

- L'édification du bâti axial débute avant le Permien par des schistes quartzofeldspathiques métamorphisés et plissés.
- Les formations volcano-sédimentaires du Permien et du Trias inférieur constituent les premières formations datées. Elles résultent du démantèlement d'un arc volcano-sédimentaire actif situé à l'ouest du territoire.

\* Toutes les cartes géologiques au 1/50 000 de la Grande Terre ayant servi à la détermination du substrat géologique de la côte ouest de la Nouvelle Calédonie sont mentionnées dans une bibliographie spécifique.

## Analyses des principales roches à l'origine des vertisols

Tableau III : La formation des basaltes (Sénonien - Eocène moyen)

	1	2	3	4	5	6	7	
P. Feu	2,79	2,54	2,75	3,86	10,53	2,25	2,42	1 : basalte Nouméa - Boulouparis (Go)
SiO <sub>2</sub>	47,74	47,39	46,67	48,50	50,98	49,10	48,35	2 : basalte Bourail - Moindou (Go)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,06	14,17	16,26	15,05	10,67	16,23	13,92	3 : basalte/dolérite Bourail - Moindou (B.)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,54	10,33	10,53	9,10	8,45	7,61	11,66	4 : basalte/dolérite Poya (Guillon, 1971)
TiO <sub>2</sub>	1,58	1,26	1,03	1,04	0,78	1,00	1,29	5 : basalte/dolérite Poya (Go)
MnO	0,16		0,18	0,40	0,07	0,36	0,40	6 : Gabbro Poya (B.)
CaO	8,13	12,77	10,52	10,72	3,58	10,89	11,47	7 : Dolérite Voh Ouaco (B.)
MgO	7,54	7,50	7,89	10,23	11,33	8,80	7,99	(Go) : H. Gonord, 1977
K <sub>2</sub> O	1,03	0,26	0,55	0,05	0,99	0,18	0,10	(B.) : analyses de l'université d'Auckland
Na <sub>2</sub> O	3,77	1,21	3,00	1,90	3,36	3,30	2,00	par R. N. Brothers

Tableau IV : Les grauwackes (Trias moyen - Jurassique supérieur)

	1	2	3	4	5	6	7	
P. Feu	1,72	3,76		3,01	2,97	3,61	2,65	Jurassique Inférieur
SiO <sub>2</sub>	74,78	56,41	60,90	54,57	56,85	56,84	58,20	1 : grès grauwackeux Teremba (Avias, 1953)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,14	18,17	14,92	18,42	17,48	17,95	14,17	2 : grauwacke schistosé de Bâ (Avias, 1953)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,56	6,55	10,28	8,62	7,89	7,92	10,49	
TiO <sub>2</sub>	0,60	1,20	0,90	0,65	1,34	1,20	1,38	Jurassique Moyen et Supérieur
MnO			0,19	0,17				3 : grauwacke de l'île Puen (Avias, 1953)
CaO	0,33	6,24	3,65	3,15	3,37	2,99	3,31	4 : Goapin (Gonord, 1977)
MgO	0,20	2,29	2,71	2,73	2,53	3,27	2,44	5, 6 et 7 formation de Sarraméa
K <sub>2</sub> O	0,41	2,10	3,26	2,37	1,26	1,41	0,60	(Gonord, 1977)
Na <sub>2</sub> O	5,31	3,94	4,45	5,59	5,39	3,97	5,19	

Tableau V : Les roches ultrabasiqques (charriées à l'Eocène)

	1	2	3	4	5	6	
P. Feu	8,33	8,5	7,51	13,0	14,1	14,2	1 : dunite Ouenarou (Guillon, 1975)
SiO <sub>2</sub>	36,50	39,10	41,27	49,2	42,1	42,1	2 : harzburgite Ouinné (Guillon, 1975)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	0,59	2,03	0,70	1,50	0,70	3 : lherzolite Tiebaghi (Latham, 1985)
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,58	8,13	7,38	9,10	6,40	7,40	4 : serpentinite Tiébaghi (Latham, 1985)
TiO <sub>2</sub>	tr	0,15	0,12	tr	tr	tr	5 : serpentinite Ouaco (Latham, 1985)
MnO	0,09	0,10	0,12	0,15	0,05	0,09	6 : serpentinite Boulinda (Latham, 1985)
CaO	0,96	0,38	1,71	tr	tr	tr	
MgO	45,95	42,20	38,28	28,60	35,70	34,10	
K <sub>2</sub> O	0,27	tr	0,03	0,10	tr	tr	
Na <sub>2</sub> O	0,04	tr	0,02	tr	tr	tr	
NiO	0,27	0,33	0,34	0,30	0,03	0,03	
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,35	0,45	0,36	0,40	0,30	0,40	

- La période qui s'étend du Trias moyen au Jurassique supérieur, est caractérisée par de grandes séquences de roches volcano-sédimentaires avec des faciès détritiques terrigènes. La marge littorale de ce bassin de sédimentation se situe sur la côte ouest, la chaîne centrale s'éloigne de cette bordure.
- Au Crétacé inférieur, l'émergence de la Nouvelle Calédonie se traduit par un faible métamorphisme et des mouvements tectoniques en blocs le long de fractures majeures, parallèles à l'axe d'allongement de la Nouvelle Calédonie.
- Le Sénonien transgressif est composé de dépôts détritiques terrigènes littoraux témoignant d'un milieu confiné littoral. avec d'importantes formations à charbon.
- Paléocène et Eocène inférieur sont caractérisés par une sédimentation en eau peu profonde sur le bord occidental du territoire.
- A l'Eocène moyen à supérieur, les flyschs détritiques carbonatés se déposent dans les bassins subsidents.
- L'épanchement de la série des basaltes (basaltes, dolérites, gabbros, avec interstratifications de jaspes et d'argillites) est datée du Sénonien à l'Eocène moyen ; cette formation est plutôt localisée sur les côtes ouest et sud.
- A l'Eocène terminal, à l'apogée de l'orogénèse alpine, le charriage de la nappe de péridotites (fragment de la lithosphère océanique) s'effectue du NE vers le SW sur les séries du bâti néo-calédonien. Ce charriage s'accompagne de la mise en place des filons de serpentinite dans les matériaux encaissants.
- Durant l'Oligocène a lieu un soulèvement tarditectonique et l'émergence de la Nouvelle Calédonie.
- A partir du Miocène, l'érosion des substrats géologiques et principalement du massif de péridotites permet de distinguer sept niveaux d'aplanissement (LATHAM, 1986). Ils traduisent des périodes de stabilité relative entre les variations eustatiques et le soulèvement.

### 3.22 - Les faciès géologiques et géochimiques

La pédogenèse des vertisols dérive de l'altération de roches plutôt basiques (PODWOJEWSKI, 1988), et les variations géochimiques de ces roches se traduisent par la formation de vertisols différents (Fig. 7) :

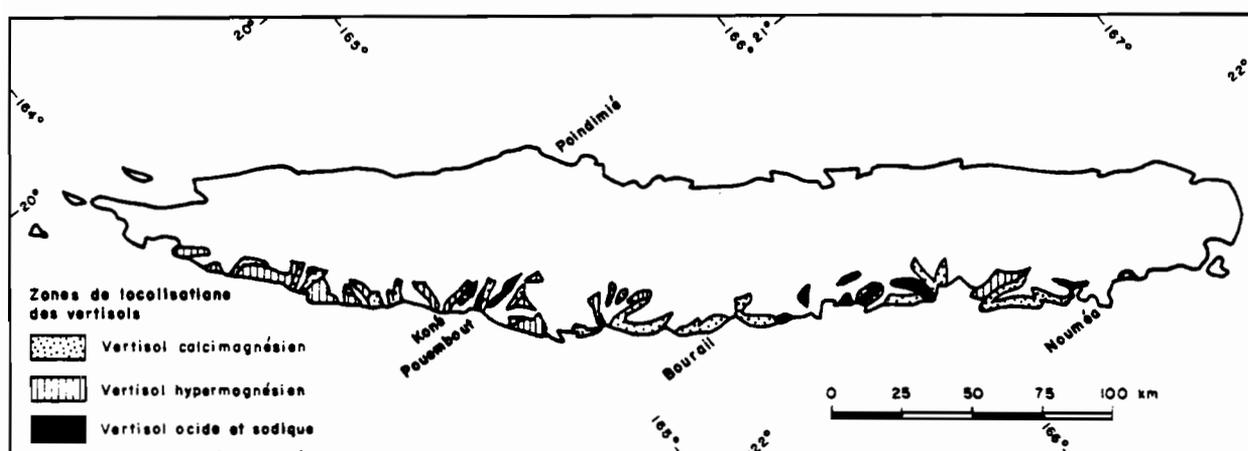


Figure 7 : Carte de localisation des différents types de vertisols en Nouvelle Calédonie (PODWOJEWSKI, 1988).

Les tufs du Permo-Trias, la "formation des basaltes" du Crétacé supérieur à l'Eocène inférieur ou les flyschs carbonatés et calcaires de l'Eocène moyen à supérieur sont des roches basiques riches en calcium, mais dont les teneurs en sodium et surtout en magnésium demeurent élevés (Tab. III). Les teneurs en potassium sont en revanche faibles. L'altération de ces roches est à l'origine des **vertisols calcimagnésiens** qui vont constituer l'essentiel de cette étude.

Les grauwackes et les formations volcano-sédimentaires, généralement datées du Trias-Jurassique, sont des roches moyennement acides, assez riches en sodium, de teneur un peu plus modeste, mais équivalente en calcium et en magnésium (Tab. IV). Les concentrations en potassium sont faibles, mais demeurent importantes au regard des concentrations de cet élément dans les autres roches-mères génératrices de vertisols. Ces roches sont à l'origine des **vertisols acides et sodiques**.

Les roches ultrabasiques, comme les péridotites et les serpentinites, qui se sont mises en place à l'Eocène supérieur, constituent l'originalité principale de la Nouvelle Calédonie car elles occupent près du tiers de la superficie de l'île. Ces roches sont presque exclusivement composées de magnésium, de silicium et de fer, sont complètement dépourvues de calcium, de potassium, de sodium et surtout d'aluminium (Tab. V). Cette caractéristique importante sera développée ultérieurement lors de la détermination des matériaux pédologiques.

Si l'altération de ces roches conduit la plupart du temps à des sols oxydiques, **des vertisols hypermagnésiens** se développent sur la côte ouest et se forment à partir de roches ultrabasiques litées, finement diaclasées ou fragmentées, comme les serpentinites et les colluvions de péridotites.

Les formations géologiques sont grossièrement alignées selon l'axe d'allongement de l'île. Les bassins versants, en particulier ceux du versant ouest recourent des formations géologiques de lithologie très variable surtout dans leur partie amont, et participent ainsi au mélange de matériaux parfois fort complexes des formations alluviales.

Les vertisols dérivent soit directement de l'altération de roches en place, soit de la maturation pédologique de matériaux d'apport (*Entaféron* - typologie BEAUDOU et al., 1983b ; BEAUDOU, 1988) sous la forme d'alluvions ou de colluvions dont les principaux composants sont issus de roches basiques.

### 3.3 - CONDITIONS TOPOGRAPHIQUES

#### Modèle des ensembles structuraux géologiques

La formation des vertisols nécessite une disposition bien précise dans le paysage. Ces sols sont situés dans les zones confinées, à faible drainage externe, en aval de toposéquences ou sur d'anciennes terrasses alluviales. En Nouvelle Calédonie, la disponibilité de surfaces sur lesquelles de tels sols peuvent se développer est réduite. L'orographie et l'hydrographie du territoire ont jalonné des surfaces qui répondent également aux conditions climatiques et géologiques énoncées précédemment.

#### 3.31 - Orographie

L'île présente sur la quasi-totalité de son grand axe un relief montagneux, en dépit d'altitudes modérées qui n'atteignent que 1500 m en de rares sommets isolés.

La chaîne centrale, dont près de 25% de la surface est supérieure à 500 m d'altitude, est axée sur la grande longueur de la Nouvelle Calédonie et est excentrée vers l'Est. Elle dégage une côte ouest à pentes plus faibles et aux surfaces planes plus développées que sur la côte est (DUPON, 1981 - Fig 8).

Sur le versant occidental, à l'ouest de l'accident ouest calédonien, les plaines côtières suivent généralement l'axe d'écoulement des rivières descendant de la chaîne centrale. Ces plaines sont dominées dans la moitié nord du territoire par une série de reliefs vigoureux isolés, buttes témoins imposantes du grand charriage de péridotites. Vers le Sud, de Bourail au Mont Dore, des ensembles collinaires relaient ces massifs isolés, en avant de la chaîne centrale, alternant avec des plaines côtières de moindre ampleur (ILTIS, 1981).

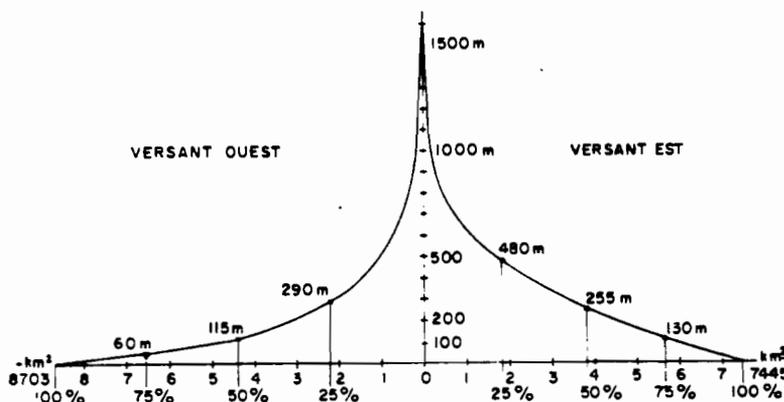


Figure 8 : Courbe hypsographique des deux versants de la grande Terre (DUPON, 1981)

### 3.32 - Hydrographie

La forme de la chaîne centrale détermine un réseau hydrographique perpendiculaire à ce grand axe - exception faite des extrémités nord et sud avec respectivement les bassins de la Nehoué et du Diahot d'une part, avec le bassin de la Yaté d'autre part. Les bassins versants ont une superficie restreinte, inférieure à 400 km<sup>2</sup>. Sur la côte ouest, ces rivières ont des variations de débit très importantes ; le coefficient d'irrégularité est compris entre 3,5 et 6 (BAUDUIN et BRUNEL, 1981). La partie amont des cours d'eau a souvent un régime torrentiel. Les crues liées aux dépressions tropicales cycloniques sont brutales. Elles s'accompagnent d'un creusement des lits dans la partie amont, d'un transport important de matières solides et de dépôts massifs sur les terrasses alluviales récentes après les débordements ou dans les embouchures qui se comblent rapidement en deltas. Le débit des cours d'eau suit de façon rapprochée l'évolution de la pluviométrie. Le déficit d'écoulement est faible ; il est compris entre 500 et 1000 mm. Il est favorisé par les pentes très fortes (aussi est-il moins important sur la côte est), mais aussi par la faible perméabilité des sols et le taux de boisement souvent réduit.

### 3.33 - Les formations superficielles

Le long de la côte ouest, on peut dénombrer quatre niveaux de terrasses alluviales (ILTIS, 1989). Mieux visibles dans le nord du territoire, leur disposition longitudinale montre successivement de l'amont vers l'aval, un étagement, un emboîtement, puis une superposition .

Les terrasses récentes et moyennes (cette dernière est très peu visible dans le sud de la Grande Terre) sont datées respectivement de l'Holocène et du Pléistocène moyen. Leur extension limitée et leur pédogenèse peu affirmée dénotent, dans les secteurs non anthropisés, la faible intensité des processus récents et actuels.

La haute terrasse, édifiée au Pléistocène moyen est très étendue. Dans la moitié sud du Territoire, elle est presque entièrement recouverte de *vertisols* à concentrations de sels divers (gypse et carbonates).

Au pied des collines, les versants sont raccordés vers l'aval à des glacis colluviaux. Cette concavité est plus marquée à l'aval des formations non ultra-basiques. Ainsi, on peut observer un *continuum* entre les glacis colluviaux et les terrasses alluviales anciennes. Les vertisols sont présents dans toutes ces zones d'accumulation, et peuvent même dans ces conditions se former sur des pentes supérieures à 10%.

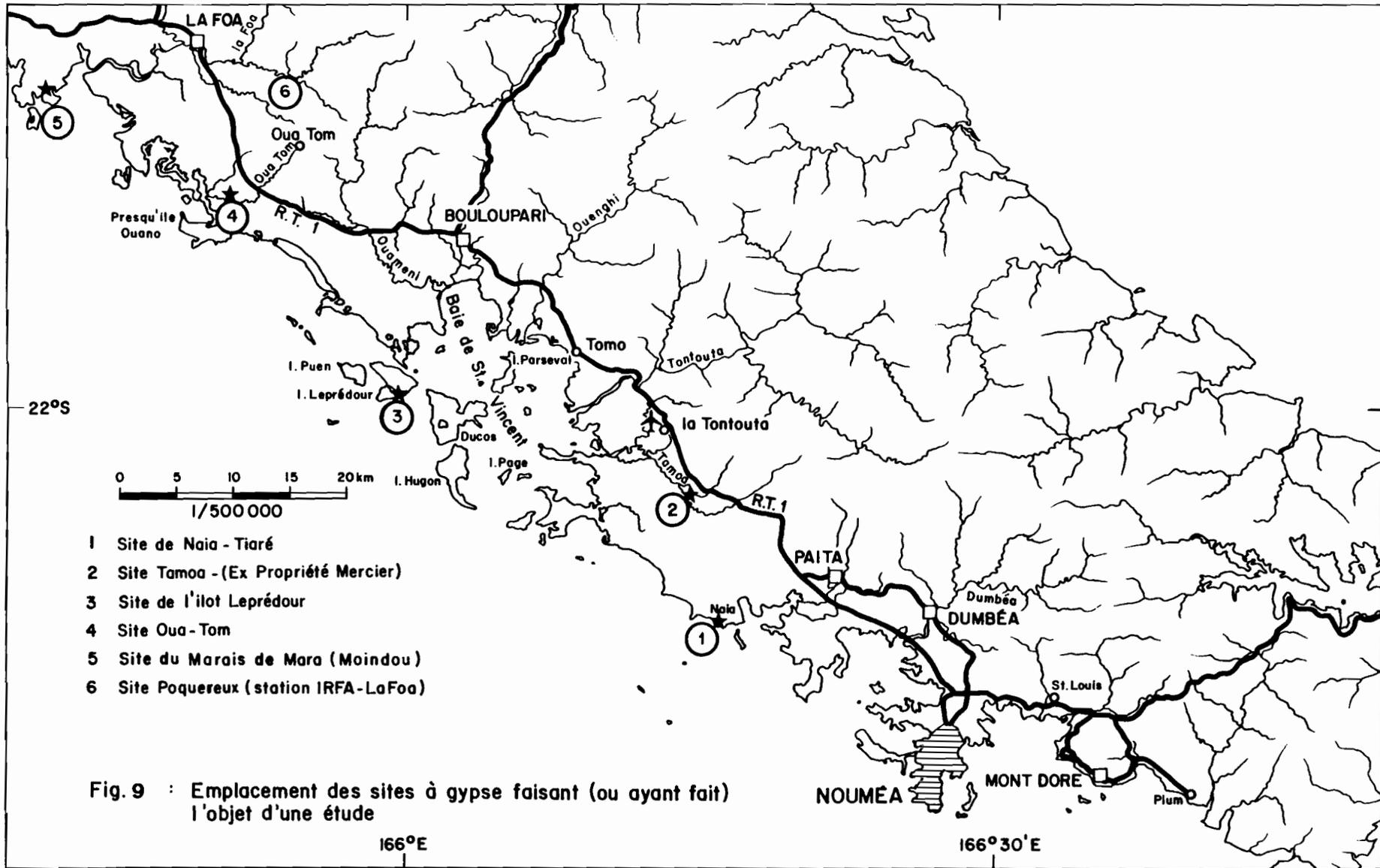
### 3.4 - CONCLUSION

Les vertisols de Nouvelle Calédonie obéissent aux conditions de formation générales de tous les vertisols. Ils ne sont présents que le long de la côte ouest, à proximité du littoral qui offrent les conditions climatiques idéales (précipitations assez faibles et contrastées). Ils ne sont présents que sur les matériaux d'altération de certaines roches ; celles-ci conditionnent les propriétés chimiques des vertisols. Ils apparaissent soit à l'aval des séquences, soit sur des accumulations colluviales et alluviales à pente généralement faible et à drainage réduit.

Les conditions de formations n'expliquent pas le mode de mise en place des différents matériaux sur lesquels se sont développés les vertisols, ni la nature et surtout l'origine des différents constituants de ces sols (en particulier les sels). Elles ne prennent pas non plus en compte le temps, ni les fluctuations des conditions de formation (variation du climat et de la topographie). L'origine de ces vertisols s'insère dans l'histoire de la formation du paysage régional de la Nouvelle Calédonie.

# **PREMIERE PARTIE**

## **LES SOLS : localisation, morphologie, caractères analytiques**



# PREMIERE PARTIE

## LES SOLS : LOCALISATION, MORPHOLOGIE, CARACTÈRES ANALYTIQUES

Les caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des vertisols calcimagnésiens à gypse seront développées par l'étude de trois séquences distinctes, toutes localisées au sud-ouest de la Grande Terre (Fig. 9), et présentant un degré d'organisation différent :

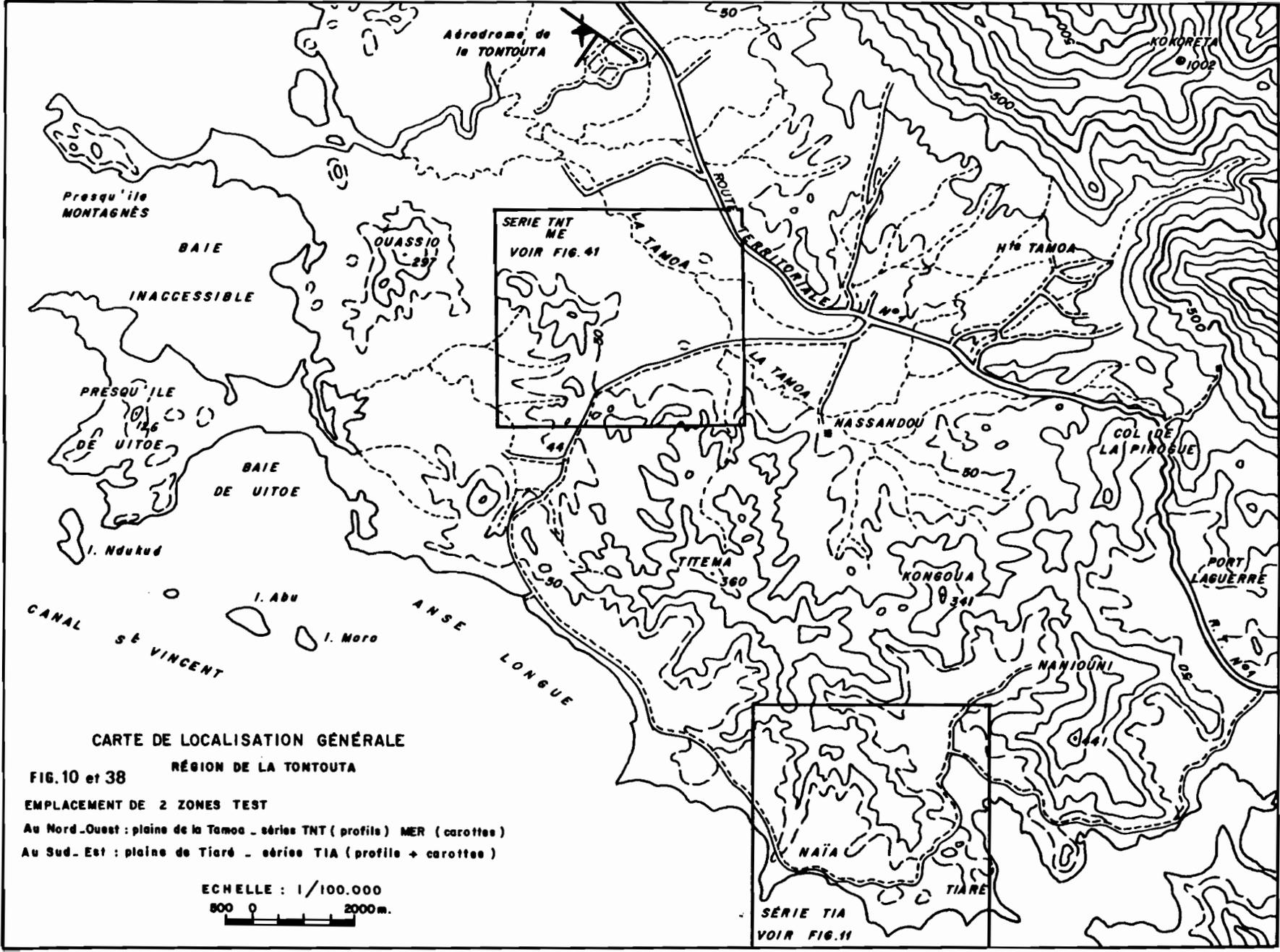
1° - **La séquence TIA** du site de Tiaré (site n°1) représente le cas le plus simple : c'est une séquence sur flyschs avec une relative homogénéité dans la lithologie de la roche-mère et dans les dépôts alluviaux qui proviennent du même type de roche.

2° - **Les séquences LEP de l'île Leprédour** (site n°3), localisées une doline au sommet de l'île, dérivent de calcaires dont la variation lithologique entraîne une différenciation entre des vertisols avec et sans gypse. L'étude s'est également étendue aux sols à gypse situés au contrebas de la doline et qui ne sont pas des vertisols au sens strict.

Ce site a également été retenu à cause de l'altitude culminante des séquences de vertisols à gypse.

3° - **La séquence MER à La TAMOA** (site n°2) enfin représente un cas plus complexe : le passage d'un vertisol calcimagnésien à gypse dérivant de basalte à un vertisol hypermagnésien dérivant d'alluvions issus de péridotites.

Cette dernière étude servira de transition pour expliquer l'évolution successive du paysage, de la mise en place des matériaux et enfin, par référence au passé et au présent, au devenir de ces matériaux.



**CARTE DE LOCALISATION GÉNÉRALE**  
**RÉGION DE LA TONTOUTA**

**FIG. 10 et 38**  
**EMPLACEMENT DE 2 ZONES TEST**

Au Nord-Ouest : plaine de la Tamoà - séries TNT ( profils ) MER ( carottes )  
 Au Sud-Est : plaine de Tiaré - séries TIA ( profils + carottes )

**ECHELLE : 1/100.000**  
 800 0 2000m.

# CHAPITRE DEUX

## ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE LA REGION DE TIARE

**CAS SIMPLE** : morphologie d'une séquence de sols contenant des vertisols sur matériau d'un seul type et relativement homogène.

### I - LOCALISATION - PRESENTATION

La zone d'étude est située au SE de La Tontouta (aéroport international), au niveau du lieu-dit : Naïa-Tiare, à proximité du littoral (Fig. 10).

**La Géologie** : le substrat est constitué de flyschs de l'Eocène moyen à supérieur caractérisés par le remaniement de roches volcaniques basiques où alternent des bancs de calcarénites, de microbrèches et de marnes grises. Il est fréquent d'y observer des éléments remaniés de phanites siliceuses ou de calcaires à globigérines datés de l'Eocène inférieur (FAURE et PARIS, 1979 ; PARIS, 1981).

**La Géomorphologie** : la chaîne de flyschs est allongée selon un axe NW - SE, parallèle à la côte. Son point culminant dépasse 400 m et l'altitude moyenne de la ligne de crêtes se situe à 200 m. Les cours d'eau temporaires drainent ce massif en formant une série de bassins versants parallèles, délimités par des chaînons en appendices perpendiculaires à l'axe principal de la chaîne. Ces vallées s'étendent rarement sur plus de 200 ha, pour une longueur n'excédant pas 2 km et une largeur d'environ 500 à 1000 m. Ces vallées en forme d'auge ont un fond très plat ; leur altitude varie de + 5 à + 20 mètres environ. Les flancs abrupts ont des pentes de plus de 50%. Les deux bordures latérales de la vallée sont légèrement divergentes, l'extrémité amont est un demi-cercle, tandis l'extrémité donnant sur la mer est très faiblement évasée (Fig. 11). Les versants sont généralement de type convexo-concaves et la partie en aval est souvent constituée d'un glacis de piedmont à pente rectiligne.

**La Végétation** : la forêt sclérophylle ne subsiste plus que sur de rares flancs ou en fond de vallées. Elle a cédé la place à une savane arbustive avec un tapis de graminées continu de *Botriochloa pertusa*, parfois d'*Heteropogon contortus*, cette strate herbacée est également composée d'herbe bleue (*Stachytarpheta indica*) ou d'herbe à balais (*Sida acuta*). La strate arbustive est constituée presque exclusivement d'*Acacia farnesiana* ou "Cassis" et de fourrés denses de *Lantana camara*. Dans la basse plaine, la strate arborée se singularise par un important peuplement introduit d'*Acacia nilotica*.

Sur les croûtes calcaires le "mimosa" (*Leucaena leucocephala*) constitue souvent un peuplement monospécifique ; il est accompagné parfois de "bois de fer" (*Casuarina collina*).

### II - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS

La morphologie des pentes permet le découpage d'un versant rectiligne en trois segments principaux sur lesquels un total de sept profils a été décrit et analysé (Fig. 12 et 13).

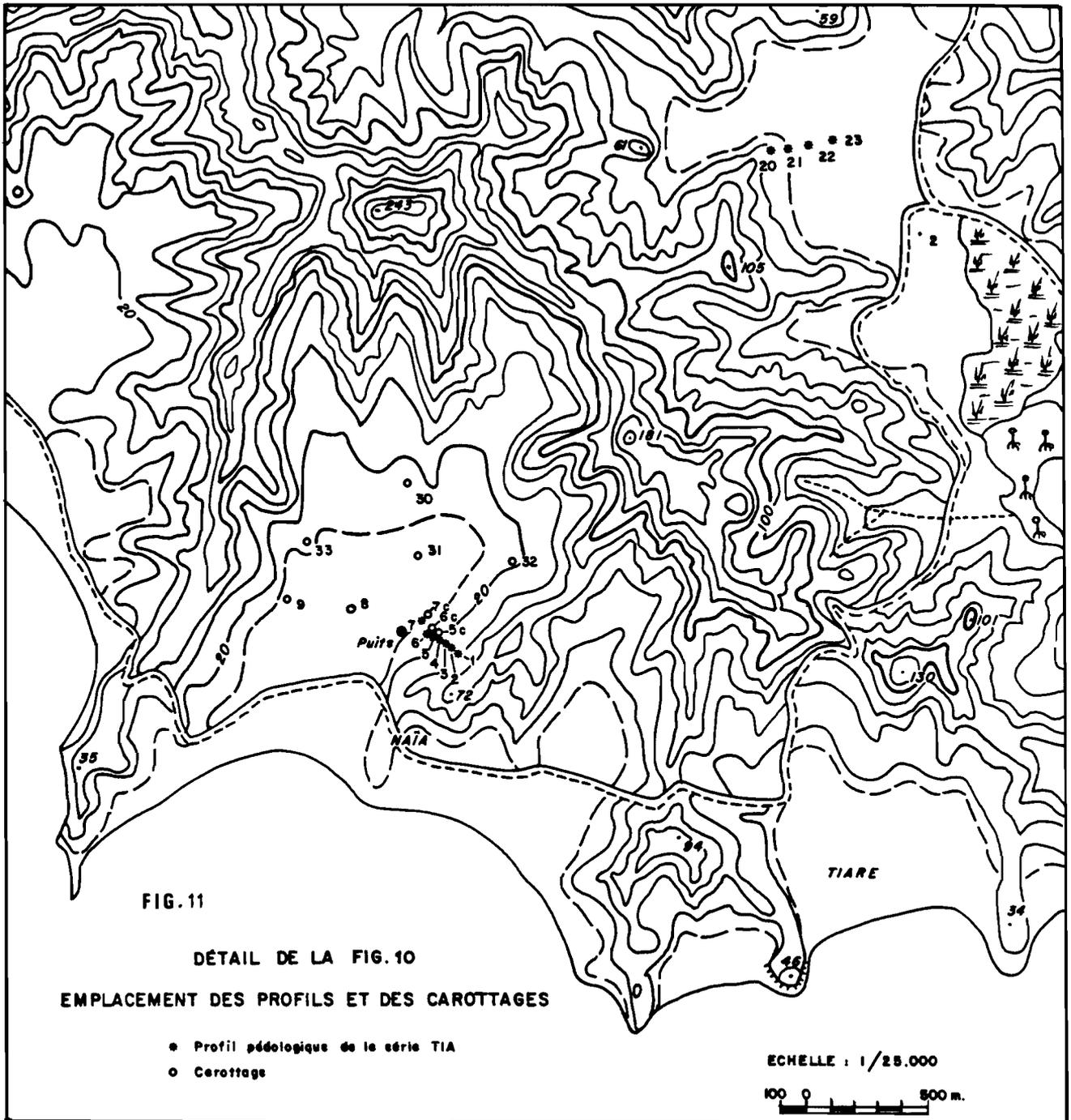


FIG. 11

DÉTAIL DE LA FIG. 10  
 EMPLACEMENT DES PROFILS ET DES CAROTTAGES

- Profil pédologique de la série TIA
- Carottage

ECHELLE : 1/25.000  
 100 0 500 m.

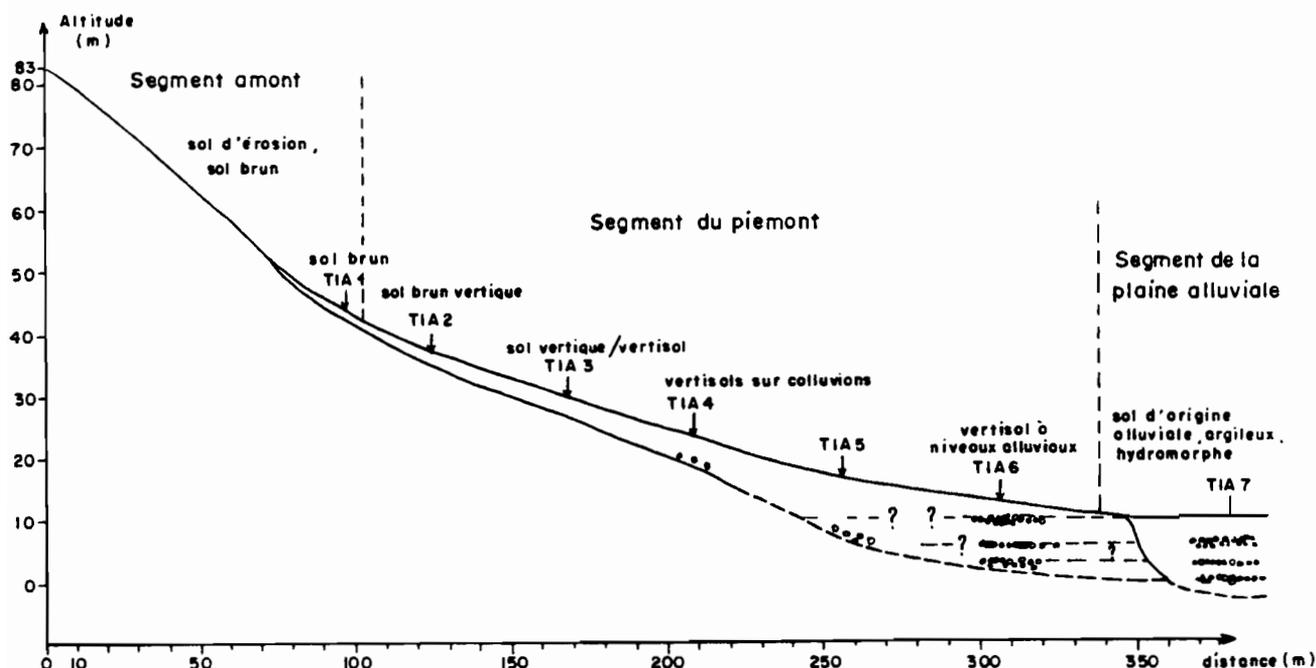


Figure 12 : Description de la séquence TIA. Emplacement des profils.

## 2.1 - LE SEGMENT AMONT

Il se situe dans la partie convexe-rectiligne de la forme, sur une pente forte  $> 40\%$  dans la partie amont de la séquence. Ce segment représente plus de  $60\%$  de la longueur de la séquence.

Les sols, peu différenciés, sont marqués par une faible épaisseur, généralement inférieure à 50 cm. et peuvent être absents dans les zones les plus pentues. L'altérite affleurante est souvent associée à des filonnets ou des pellicules fines de calcaire pulvérulent. Selon la CPCS (1967), ces sols peuvent être classés en sols d'érosion régosoliques ou en sols peu évolués d'érosion, selon BAIZE (RPF, 1990) ils sont classés en régosols ou selon BEAUDOU (1988) en anapexols. Ces sols d'érosion sont associés à des sols leptiques de type sols bruns eutrophes (LATHAM et al., 1978), ou brunisols (RPF, 1990) dont voici les principaux caractères :

- la couleur est homogène : gris très foncé à brun gris très foncé : 10 YR 3/2 à 3/1 ;
- la structure de type anguclode est polyédrique, fine à moyenne en surface (0,2 à 1cm), un peu plus grossière en profondeur (0,5 à 1 cm) ;
- la macro-porosité d'entassement interagrégats est importante en surface et passe rapidement à une macro-porosité de fentes inférieures à 0,2 cm d'écart et d'orientation quelconque ;
- la texture est argilo-limoneuse en surface et argileuse plus en profondeur, avec quelques sables grossiers siliceux ;
- l'épaisseur de l'altérite est relativement faible (10 cm) ; par contre, la roche-mère en place, de teinte beige à jaune-orangé, est altérée sur une grande épaisseur.

Le profil TIA 1 est situé à la limite entre le segment amont et le segment du piémont. La présence de fentes verticales débutant dans le second horizon et traversant les horizons jusqu'à la base du profil annonce l'évolution verticale de la couverture pédologique. TERCINIER (1962) fait référence pour ces sols au terme de "murrum", utilisé à cette époque en Inde, pour désigner des sols noirs de faible épaisseur reposant sur des basaltes ou des calcaires érodés.

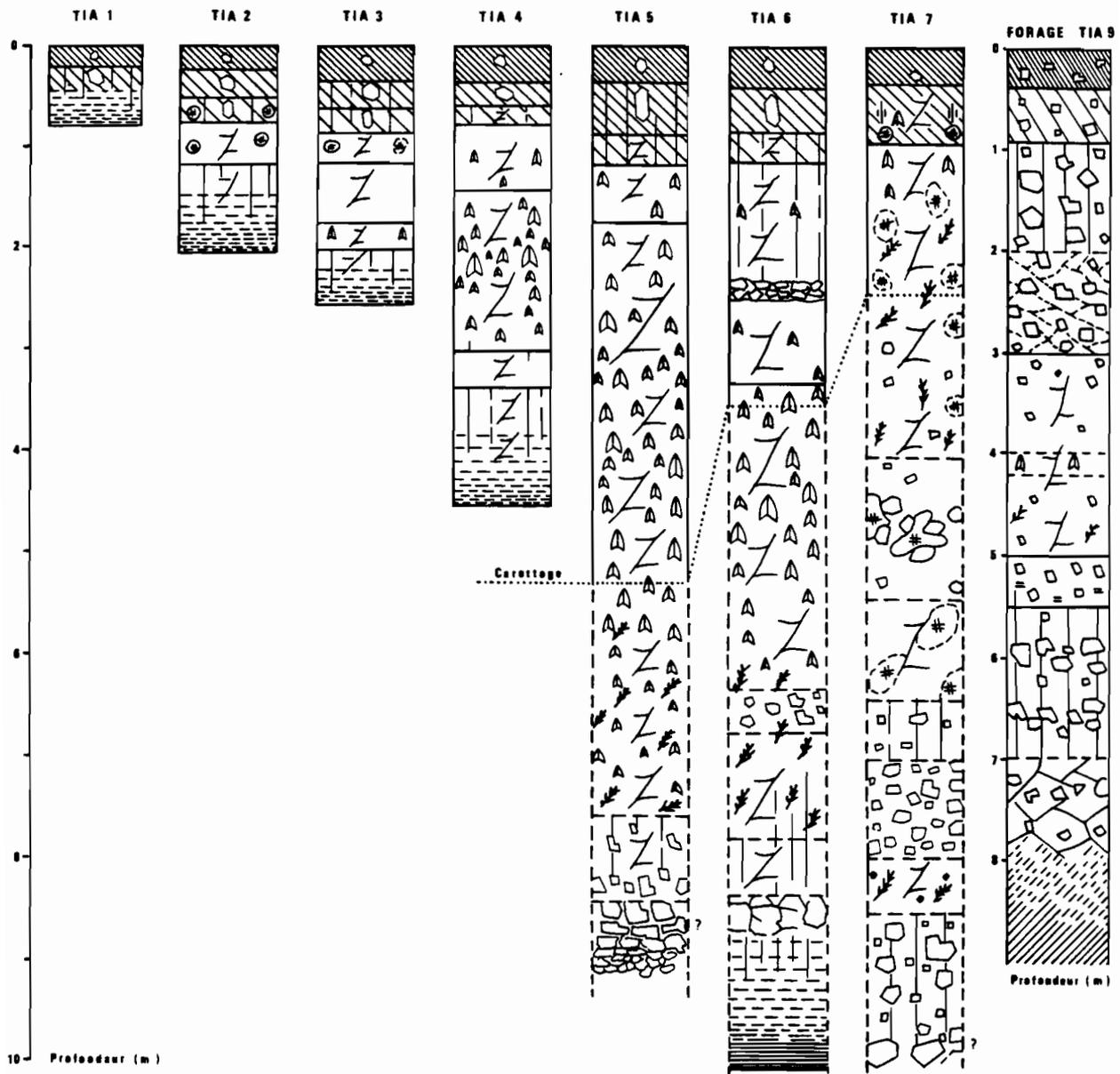


Figure 13 : Profils et carottes de la série TIA. Légende des figurés : Fig. 23

**Dans cette partie : l'érosion se surimpose à la pédogenèse.** La couverture pédologique est soumise à des mouvements de solifluxion. La surface du sol est caractérisée par la présence de glissements étagés exprimés par des banquettes discontinues, de largeur décimétrique. Ces terrassettes paraissent accentuées par le piétinement du bétail d'où leur nom de "pieds de vache" (ILTIS, 1979). La frange d'altération des flyschs est généralement réduite. Le faible développement de l'allotérite et des horizons de transition aléatoires provoquent un contraste textural entre une isaltérite sableuse, relativement friable, et un ou des horizon(s) humifère(s) à pédoplasmation déjà très avancée contenant plus de 30% d'argile. Cette discontinuité texturale favorise une érosion en solifluxion sur les fortes pentes, surtout après la disparition du couvert forestier. La présence fréquente de fines croûtes calcaire en feuillets parallèles à la pente accentue le décollement possible des horizons humifères.

Ces solifluxions n'affectent que les matériaux à forte capacité d'absorption d'eau (comme les argiles). La présence de sels solubles, agents flocculants des argiles, favorise les mouvements, car ils sont à l'origine des structures grumeleuses qui facilitent la pénétration de l'eau, principal moteur de ces glissements. Aussi, ces mouvements ne sont-ils bien exprimés que dans les régions à précipitations suffisantes et prolongées (COQUE, 1988).

## 2.2 - LE SEGMENT DU PIEMONT

La forme du segment du piémont correspondant à une partie rectiligne-concave de la pente rappelle celle d'un glacis. Il se subdivise en deux parties assez distinctes, mais le passage de l'une vers l'autre est graduel. **Dans ce segment, dans les conditions climatiques actuelles, la pédogenèse se surimpose à la morphogenèse.**

### 2.21 - La partie amont

Elle est définie par le profil TIA 2, et assure une transition entre les sols bruns du segment amont et les vertisols au sens strict, situés plus en aval. La pente est encore forte : 26% au niveau de TIA 2, mais l'évolution entre les profils TIA 1 et 2 est très distincte. Le sol s'approfondit nettement ; il atteint 1,70 m. Sous les horizons humifères, se développe un horizon minéral très argileux, structuré de teinte brun jaunâtre 10 YR 4/4 à 10YR 5/5.

Des caractères structuraux liés aux vertisols apparaissent avec une structure prismoclode soulignée par un réseau de fentes verticales, à partir de 20 cm jusqu'à 60 cm environ ; à partir de 60 cm de profondeur se développe un autre réseau de fentes plutôt obliques, délimitant des faces structurales de 1 à 5 cm parfois luisantes et striées. Les éléments figurés sont représentés par des *nodules carbonatés* en forme classique de "poupée", de taille inférieure à 1 cm. Ces nodules qui représentent moins de 5% du volume, apparaissent avec le structichron, c'est-à-dire dans la partie minérale à pédoplasmation du profil, de 60 à 155 cm. Des *efflorescences blanchâtres*, autre type d'élément figuré, se développent sur les parois du profil ayant séché, à partir de 1,15 m de profondeur, et annoncent des traces possibles de présence de gypse.

L'horizon d'altération atteint 30 cm d'épaisseur et se compose d'une alternance de bancs plus ou moins altérés de flysch.

### 2.22 - La partie aval

Cette seconde partie du segment comprend les profils de TIA 3 à 6. La pente décroît régulièrement (17% TIA 3, 14% TIA 4, 11% TIA 5 et 9% TIA 6) et les sols s'approfondissent très rapidement de l'amont vers l'aval. L'altérite est atteinte à 2,20 m

pour le profil TIA 3, 3,80 m pour TIA 4, plus de 8,50 m pour TIA 5, et 9,70 m pour TIA 6 (pour les profils TIA 5 et 6, l'altérite a été atteinte par carottage\* ).

Il y a une évolution dans la composition morphologique de ces profils, mais la disposition et la composition des horizons est très proche. Ils ont en commun : des horizons humifères épais, un ou des horizons de transition à caractères vertiques, des horizons vertiques différenciés par la nature et la proportion des éléments figurés, pour les profils les plus en amont (3 et 4), une perte progressive des caractères vertiques en profondeur, et le passage à un horizon d'altération meuble avant d'atteindre l'altérite.

### Les horizons humifères

L'épaisseur d'ensemble des horizons humifères est voisine de 60 cm. Généralement au nombre de trois, ils se différencient par leur couleur et leur structure (Tab. VI). L'horizon de surface de texture argilo-limoneuse est moins sombre (10 YR 3/2) que les horizons plus profonds de texture argileuse (10 YR 2/1). Cet horizon de surface a une structure assez fine, anguclode de type polyédrique, avec une macroporosité importante dominée par le volume des vides interagrégats.

Les horizons situés sous l'horizon de surface développent une structure anguclode polyédrique plus grossière à laquelle se surimpose une structure de type prismoclude, ainsi que des faces structurales parfois luisantes de taille inférieure à 5 cm (structure pauciclude). Le volume des vides est dominé par une macroporosité matérialisée par des fentes verticales débutant immédiatement sous l'horizon de surface et se terminant à la base des horizons humifères. Ces fentes ont un écartement compris entre 0,2 et 1 cm.

Les éléments figurés sont représentés par des orthotubules et des copropèdes humiques.

Tableau VI : Tableau récapitulatif des caractéristiques des horizons humifères

profil	Hz	1	2	3	4	5	6	7
épaisseur (cm)	1	0 - 5	0 - 10	0 - 15	0 - 15	0 - 15	0 - 8	0 - 15
	2	5 - 20	10 - 25	15 - 35	15 - 35	15 - 35	8 - 20	15 - 40
	3	20 - 40	20 - 60	35 - 60	35 - 55	35 - 65	20 - 55	40 - 70
	1	10 YR 3/2	10 YR 4/2	10 YR 3/2	10 YR 2/1	10 YR 3/2	10 YR 3/2	10 YR 3/0
	2	10 YR 3/1	10 YR 3/1	10 YR 3/1	10 YR 3/1	10 YR 3/1	10 YR 3/1	10 YR 2/1
	3	10 YR 3/2	10 YR 3/1	10 YR 3/1	2,5 Y 4/2	10 YR 2/1	10 YR 2/1	5 Y 3/1
structure forme et taille (cm)	1	ang 0,2 - 1	ang 1 - 3	ang 0,2 - 0,8	ang 0,3 - 0,8	ang 0,5 - 1	ang 0,2 - 1	ang 0,2 - 1
	2	ang 0,5 - 1	ang 1 - 3	ang 0,3 - 1	ang 0,3 - 0,8	ang 1 - 3	ang 0,5 - 2	ang 0,5 - 2
	3	ang 0,5 - 1	ang 1 - 3	pri 0,5 - 2	pri 1 - 2	pau 2 - 5	pri 1 - 2	pri 1 - 2
			pau 3 - 5	ang 1,5 - 3	ang 0,5 - 3	ang 1 - 5	ang 1 - 5	ang 1 - 5
				pau 0,5 - 5	pri 3 - 10	pau 3 - 5	pau 3 - 5	pau 3 - 5

Hz = horizon ; ang = anguclode ; pri = prismoclude ; sph = sphénoclude ("fentes en coins")  
pau = pauciclude (structure discontinue, caractérisée par des faces structurales)

### Les horizons de transition

Le passage entre la partie supérieure et humifère du sol et la partie minérale vertique s'effectue au travers d'un à deux horizons de transition situés à une profondeur allant de 55 à 80 cm (plus rarement supérieure à un mètre).

\*Les carottages ne peuvent donner qu'une idée de la couleur, de la texture et de la présence de certains éléments figurés. Par contre, ils ne peuvent fournir d'indication ni sur la structure, ni sur l'étendue exacte des éléments figurés. De plus, les carottages ont été effectués à l'aide d'eau salée, interdisant toute analyse chimique.

Le caractère transitionnel est d'abord visible par la couleur (Tab. VII). Celle-ci est intermédiaire entre les horizons humifères de surface et les horizons minéraux de profondeur (10 YR 3/2 à 2,5 Y 4/3 ; des couleurs différentes sont juxtaposées à la couleur de fond, en taches ou en raies de teinte sombre (10 YR 2/1 à 3/1) et proviennent, soit de métatubules organiques issus de l'activité biologique (les métatubules provenant des horizons minéraux profonds sont généralement plus rares), soit de descente de matière organique le long de fentes (raies subverticales) ou d'anciennes fentes, puis recomposition de ces amas par des contraintes latérales (taches).

L'organisation structurale subit également une modification importante. Les fentes verticales disparaissent ou s'incurvent au profit de fentes obliques qui se prolongent dans les horizons inférieurs, ou de fentes de direction quelconque, les plus nombreuses, mais d'écartement ou de longueur généralement plus réduite. La structure qui en découle est généralement pauciclude (avec quelques petites surfaces luisantes) et anguclide jusqu'à 5 cm. Les deux structures sont juxtaposées et il est difficile d'en déterminer la forme ou la taille dominante. Cette structure annonce la structure verticale qui sera très bien visible dans les horizons inférieurs.

Tableau VII : Tableau récapitulatif des caractéristiques des horizons de transition.

profil	Hz	1	2	3	4	5	6	7
épaisseur	4		60 - 75	60 - 80	55 - 75	65 - 80	55 - 80	70 - 95
couleur	4		2,5 Y 4/4	2,5 Y 4/3	2,5 Y 4/3	10 YR 3/1	10 YR 3/2	2,5 Y 3/2
taches			10 YR 4/2	10 YR 3/1	10 YR 2/1		10 YR 3/1	10 YR 5/4
structure	4		ang 1 - 3 pau 30 - 50	ang 0,3 - 5 pau 0,5 - 5	sph 0,3 - 1,5 ang 0,5 - 2	pau 0,5 - 5	ang 3 - 5 pau 5 - 10	ang 0,5 - 2

Même légende que pour le tableau VI

L'humidité et la plasticité de cet horizon sont, sur le terrain, généralement plus élevées que celles des horizons supérieurs ou inférieurs.

Les éléments figurés, de même nature que dans la partie amont de la séquence, sont mieux exprimés.

- **Les efflorescences salines** de teinte blanche recouvrent les parois des profils quelques jours après leur creusement. Elles forment une pellicule très fine (<1 mm), des ponctuations très denses dont la nature n'est pas déterminable à l'oeil nu. L'observation à la loupe binoculaire permet de reconnaître des microcristaux de gypse issus de la précipitation des sels solubles contenus dans l'eau du sol après son évaporation.

- Comme dans le profil TIA 2, le profil TIA 3 contient entre 0,60 m et 1,00 m **des nodules carbonatés** en forme de poupées. Ces nodules d'une taille inférieure à 2 cm de diamètre, apparaissent en même temps que les efflorescences salines et semblent disparaître au contact des horizons gypseux\*. Leur proportion ne dépasse guère 5% du poids du volume.

### Les horizons vertiques

Débutant à 80 cm de profondeur, les horizons vertiques sont caractérisés par la présence de la structure verticale spécifique (Cf. définition et description chapitre 1). Les "slickensides" occupent des surfaces allant de quelques centimètres carrés à plusieurs

\* Cette caractéristique n'a pas été bien exploitée au moment de la description des profils ; par contre, elle coïncide avec l'incompatibilité de la présence simultanée de gypse et de carbonate qui sera étudiée dans les profils de la série MER de la Tamoia et qui a également été observée dans la région de Beaupré, à Poya.

décimètres carrés. Les volumes pédologiques "en coins" se débitent parfois en une sous-structure de type anguclode polyédrique de 1 à 5 cm.

Leur couleur est relativement homogène de 10 YR 4/4 à 5/4 de brun jaunâtre foncé à brun jaunâtre (Tab. VIII)

Tableau VIII : Tableau récapitulatif des caractéristiques des horizons vertiques.

profil	Hz	1	2	3	4	5	6	7*
épaisseur (cm)	5			80 - 115	75 - 140		80 - 115	
	6		115 - 155	115 - 155	140 - 200	110 - 140	115 - 150	130 - 150
	7			155 - 175	200 - 250	140 - 180	150 - 180	
	8				250 - 290	180 - 600+		
	9			290 - 320			200 - 220	
	10						220 - 300+	
couleur	5			10 YR 5/4	10 YR 5/4		10 YR 5/3	
	6		10 YR 5/5	10 YR 5/4	10 YR 5/4	10 YR 4/3	10 YR 4/4	2,5 Y 5/4
	7			10 YR 4/4	10 YR 5/4	10 YR 4/4	10 YR 4/4	
	8				10 YR 5/4	10 YR 4/4		
	9			10 YR 4/4			10 YR 5/4	
	10						10 YR 4/4	

\* L'horizon 6 du profil 7 n'est pas vertique, mais hydromorphe

Ces horizons se différencient entre-eux de par la nature et le pourcentage des éléments figurés.

- **Les cristaux de gypse** constituent la plus grande part des éléments figurés. S'ils apparaissent parfois à moins de 80 cm de profondeur à l'état de traces, à partir d'une profondeur de 1 m environ, leur nombre et leur taille s'accroît régulièrement. Les cristaux sont lenticulaires, zonés, d'une taille homogène généralement comprise entre 0,5 et 3 cm. Ils sont d'une teinte beige pâle à jaune pâle dérivant de celle du milieu encaissant. Les cristaux sont orientés ; le grand axe d'allongement des lentilles est généralement vertical, perpendiculaire aux contraintes latérales exercées dans les vertisols. A proximité des faces de glissement, l'orientation des cristaux s'infléchit pour devenir parallèle aux faces structurales.

Dans le profil TIA 3, les horizons gypseux sont compris entre 0,80 m et 1,95 m de profondeur, la proportion de gypse reste inférieure à 5% du volume de sol et la taille des cristaux est inférieure à 0,5 cm. Ceux-ci disparaissent dès lors que les premières traces de l'altérite (allotérite) se manifestent et que la structure vertique laisse place à une structure anguclode.

Dans le profil TIA 4, les horizons gypseux sont compris entre 0,75 m et 2,90 m de profondeur. La quantité maximale de gypse est observée entre 2,00 m et 2,50 m où il représente plus de 20% en poids de sol sec\*. A partir de 2,50 m, la taille et le nombre des cristaux décroît régulièrement en même temps que les caractères vertiques s'estompent. Tout comme dans le profil précédent, le gypse a disparu lorsque les traces d'altérite se manifestent.

\* Le pourcentage de gypse n'a pas été déterminé avec précision. Une grande partie des plus gros cristaux a été écartée lors de l'échantillonnage. Les cristaux dépassant 2mm sont considérés comme des éléments grossiers (refus) et éliminés par tamisage. Seule une très faible partie du gypse (moins de 5%) a été conservée lors des analyses chimiques.

Dans le profil TIA 5, le carottage montre une diminution de la taille des cristaux et de leur nombre vers 6,50 m, et leur disparition totale se situe aux environs de 8,00 m. La disparition des cristaux n'intervient que vers 6,00 m de profondeur environ dans le profil TIA 6.

- **Les accumulations de manganèse**, représentant d'autres types d'éléments figurés, se présentent sous forme de dendrites et de ponctuations ; à l'état de traces à partir de 3,00 m de profondeur dans le profil TIA 4, elles sont relativement abondantes de 6,00 à 8,00 m de profondeur dans les profils TIA 5 et 6. Signe fréquent d'un faible drainage, et d'une hydromorphie temporaire, ces éléments figurés sont absents des profils en amont et des horizons supérieurs.

- **Les éléments grossiers** en majeure partie de nature siliceuse (interstratifiés dans les flyschs) constituent moins de 5% (en poids) des horizons ; leur proportion est généralement plus élevée dans l'horizon de surface alimenté par les colluvionnements occasionnels lors des fortes précipitations cycloniques.

Mais, ces éléments grossiers peuvent se concentrer dans le profil TIA 4, sous la forme de blocs de silice à bords anguleux de plusieurs décimètres, répartis entre 2 et 3 m de profondeur dans une proportion inférieure à 5% du volume. Dans le profil TIA 5, à 8,50 m de profondeur, les blocs, cailloux et graviers de silice forment un niveau de plus de 50 cm d'épaisseur. Le profil TIA 6 contient plusieurs niveaux à forte proportion d'éléments grossiers. Dans la partie creusée du profil, cet horizon de 20 cm d'épaisseur, situé entre 1,80 et 2,00 m de profondeur, est constitué à plus de 60% d'éléments grossiers anguleux siliceux de taille très variable de 0,2 à 20 cm de diamètre, enveloppés dans une matrice argileuse de teinte et d'aspect très voisins de ceux des horizons vertiques, sus et sous-jacents. Un second horizon à accumulation d'éléments grossiers apparaît au carottage entre 6,30 m et 6,50 m.

Ces éléments grossiers indiquent une accumulation colluviale dans le profil TIA 4, marquée par une dispersion de gros blocs dans une matrice argileuse, et une accumulation alluviale dans les profils les plus en aval, soulignée par des dépôts horizontaux d'éléments grossiers siliceux insérés entre des niveaux argileux.

### Les horizons d'altération

Tableau IX : Tableau descriptif des caractéristiques des horizons d'altération.

profil	Hz	1	2	3	4	5	6	7*
épaisseur (cm)	4	40 - 55						
	5	55 - 60+						
	7		155 - 170					
	8		170 - 180+					
	9			195 - 210				
	10			210 - 220+	320 - 340			
	11				340 - 380+			
couleur	4	10 YR 3/2						
	5	10 YR 6/6						
	7		7,5 YR 4/6					
	8		7,5 YR 4/6					
	9			7,5 YR 4/6				
	10			7,5 YR 4/6	10 YR 4/6			
	11				10 YR 5/6			

Dans les profils TIA 3 et 4, les caractères vertiques disparaissent progressivement sur une épaisseur de 15 à 20 cm. A la structure verticale se surimpose une structure anguclode de type polyédrique très grossière de 3 à 50 cm. Le structichron d'une teinte plus orangée (10 YR à 7,5 YR 4/6) se substitue progressivement au vertichron (Tab. IX). La texture devient moins argileuse et plus sableuse. Dans la partie inférieure de cet

horizon apparaissent les premières traces de l'altérite sous forme d'une allotérite sablo-limoneuse en bancs centimétriques alternant avec des niveaux limono-argileux, ce qui traduit la variabilité texturale des bancs de la roche-mère. A la macro-porosité interagrégal caractéristique des horizons vertiques, se surimpose une importante micro-porosité sous forme de nombreux pores tubulaires très fins à fins. Dans cet horizon, il n'y a pas d'éléments figurés (ni efflorescences salines, ni accumulation de gypse, ni dendrites de manganèse), ce qui reflète probablement un bon drainage interne.

Sous cet horizon de transition, l'allotérite se transforme en isaltérite plus cohérente.

### 2.3 - SEGMENT DE LA PLAINE ALLUVIALE

Le segment de la plaine alluviale constitue la partie aval et plane du relief, depuis la base du piémont jusqu'à l'axe de drainage externe de la vallée (exprimée parfois par un petit sillon creusé par un cours d'eau à débit très sporadique). La rupture de pente entre les flancs de la vallée et cette surface plane n'est pas toujours bien visible.

Les sols, définis par le profil TIA 7, sont homogènes et argileux, ce qui traduit, dans ce petit bassin versant, une pédoplasation ancienne. L'alluvionnement actuel n'est plus fonctionnel. Les carottes ont montré des successions de lits d'éléments grossiers siliceux, peu altérés, séparés par des niveaux argileux dont la couleur beige uniforme alterne avec des taches réticulées olive et brun orangé.

Malgré la dominante argileuse des horizons, ceux-ci ne présentent *pas de caractères vertiques nets* dans les horizons compris entre la surface et 1 m de profondeur ; seules quelques grandes faces de glissement apparaissent en profondeur. Par contre, ils présentent *des signes d'hydromorphie* : la teinte des deux horizons supérieurs de 0 à 40 cm est noire et celle des horizons de profondeur est brun gris à olive, avec de petites taches orangées, arrondies. Témoins de cette hydromorphie temporaire, les ponctuations et dendrites de manganèse apparaissent vers 70 cm, en même temps que les taches.

Des accumulations de volumes pulvérulents carbonatés assez nets apparaissent à 40 cm de profondeur. Elles se transforment en concrétions indurées à partir de 70 cm. Leur apparition coïncide avec celle des efflorescences salines. Quelques amas cristallins de gypse cariés ont été observés par carottage et uniquement dans les horizons présentant des caractères vertiques.

### 2.4 - LES SOLS SUR PHTANITES

Sur le versant opposé de la séquence décrite, la chaîne de flyschs datée Eocène supérieur est interrompue par une intercalation de phtanites, shales et pélites siliceuses datées de l'Eocène inférieur. Ces roches très siliceuses sont assez peu altérables.

Le contact brutal (décimétrique) entre les flyschs et les phtanites est parfaitement visible grâce à la modification tout aussi brusque de la couverture végétale. Les acacias disparaissent au profit du niaouli (*Melaleuca quinquenervia*), le couvert herbacé est composé de graminées du genre *Themeda sp* ou *Aristida sp*. et des fougères acidophiles comme *Pteridium esculentum* et *Dicranopteris linearis*. La couverture végétale est discontinue et la faible stabilité structurale des sols engendre des phénomènes érosifs importants sous forme de ravines.

Les sols sont peu profonds, de 30 à 70 cm, et limités à un horizon humifère peu épais reposant sur un structichron argileux orange vif à rouge vif. Souvent, en bas de pente, un horizon à texture plus sableuse, blanchi, s'intercale entre ces deux horizons. Vers l'aval, le structichron devient tacheté rouge et jaune, signe d'une hydromorphie temporaire.

Les forages effectués dans les alluvions proches de cette formation (forage TIA 9) montrent une succession d'accumulations massives d'éléments grossiers siliceux argileux et de niveaux argileux tachetés avec des traces d'oxyde de manganèse.

LATHAM (1985) a défini pour ces sols sur pélites siliceuses et phanites, surtout représentés dans le Nord du territoire, la succession suivante, selon la CPC (1967) : sol peu évolué d'érosion lithique - sol fersiallitique lessivé à horizon "A2 podzolique" - sol hydromorphe à l'aval. Tous ces sols sont très acides, fortement désaturés, *sans aucune manifestation de phénomènes vertiques, ni aucune accumulation de carbonates et de gypse.*

## 2.5 - CONCLUSION

Dans une même zone climatique, sur des pentes à morphologie identique, les vertisols ne se forment qu'à partir de roches basiques dans la succession suivante régosol - brunisol - brunisol vertique - vertisol - vertisol à gypse - fluvisol hydromorphe carbonaté (RPF, 1990). Les cristallisations de gypse sont, dans cette étude précise, limitées aux seuls vertisols (Fig. 14).

A partir de roches acides comme les phanites, la couverture pédologique est composée de sols acides très désaturés souvent érodés et/ou lessivés. sans aucune accumulations de gypse ou de carbonates.

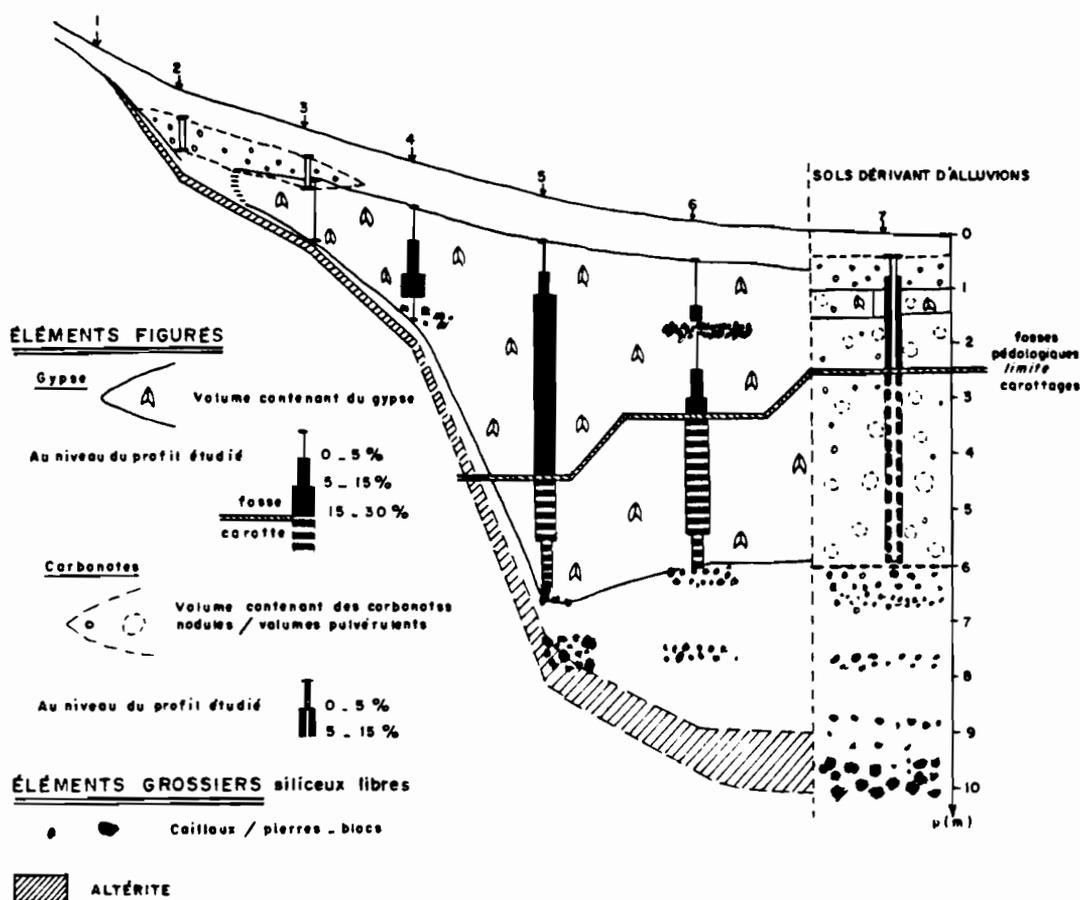


Figure 14 : Distribution des éléments figurés dans la séquence de Tiaré.

### 2.51 - Caractéristiques pédologiques des sols sur flyschs

Les caractères morphologiques majeurs des sols vertiques sont les suivants :

- Les horizons humifères ont 0,40 m à 0,60 m d'épaisseur. Leur structure est grumo-anguclode en surface. Les fentes verticales débutent à partir de 20 cm de profondeur environ, et n'ont jamais été observées depuis la surface.
- Les horizons vertiques ne débutent qu'à partir de 60 cm environ. Un horizon de transition assure la liaison entre les horizons humifères et les horizons vertiques

minéraux. Ces derniers sont de teinte brun jaunâtre et d'une épaisseur pouvant atteindre 7 à 8 m. (TIA 5 et 6).

- La transition à l'altérite est rapide, mais régulière. Elle se traduit par la disparition des caractères vertiques au profit d'un structichron, puis d'une allotérite souvent en alternance avec une isaltérite en fonction de la nature lithologique des bancs de flyschs.

Les principaux éléments figurés (Fig. 14) sont constitués de nodules carbonatés, de 0,5 à 2 cm de diamètre, localisés dans la partie supérieure des sols bruns et bruns vertiques, et de cristaux de gypse sous forme de lentilles centimétriques. Ces cristaux, de grand axe vertical, apparaissent brutalement dans les vertisols à partir de 0,80 m à 1,00 m. Leur proportion peut atteindre 15 à 20 % en poids de sol sec. Leur disparition du profil est également rapide, mais plus progressive que leur apparition.

*Le fond de la vallée* est occupé par des successions d'apports alluviaux anciens dont certains épisodes ont recouvert la partie aval des séquences de sols vertiques (TIA 6). Les sols développent des caractères d'hydromorphie (taches d'oxydo-réduction) et plus rarement, en profondeur, quelques caractères vertiques.

Les éléments figurés sont constitués de ponctuations, de dendrites d'oxyde de manganèse ainsi que de volumes pulvérulents carbonatés accompagnés de nodules. Quelques rares cristallisations de gypse ont été observées lors de forages.

## 2.52 - Morphologie des séquences de sols sur flyschs

Dans la partie amont de la séquence, l'érosion l'emporte sur la pédogenèse. Dans la partie aval, et uniquement sur les facettes rectilignes et concaves, la pédogenèse se surimpose actuellement à la morphogenèse.

Les vertisols sont localisés dans la partie aval de la séquence, au tiers inférieur de la pente. Cette pente rectiligne ou légèrement concave décroît régulièrement de 17% à 6%. Elle a une déclivité bien supérieure à la moyenne générale des pentes (entre 0 et 8%) signalées par DUDAL (1967) pour les vertisols. Ces vertisols ressemblent, de par leur disposition, à ceux des îles Canaries qui sont également d'origine colluviale et formés sur pente forte mais présentant localement des replats (RODRIGUEZ HERNANDEZ et al., 1979).

# III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS

## 3.1 - COMPOSANTS MINERAUX

Les composants minéraux du sol caractérisent parfaitement l'évolution morphologique des sols de la séquence TIA : brunisol - brunisol vertique - vertisol - fluvisol.

### 3.11 - Le profil TIA 1

Ce profil situé à mi-pente caractérise **les brunisols**. La texture de l'ensemble du profil épais de 55 cm est peu différenciée. Les limons sont dominants et le taux d'argile oscille entre 23 et 29% tout comme la proportion des sables (Fig. 15).

Les smectites sont les argiles dominantes dans l'ensemble du profil. Les DRX montrent la présence de smectites, des traces d'halloysite à 7Å, mais aussi du quartz et

des feldspaths. Le résultat de l'analyse chimique après attaque triacide\* montre un rapport moléculaire  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  compris entre 4,7 et 5,9 (Tab X). Le taux de résidu à l'attaque triacide, entre 42 et 44%, est important.

Les teneurs en alcalins et alcalino-terreux sont constantes dans l'ensemble du profil avec un pourcentage équivalent en calcium et en magnésium voisin de 2,5% et des taux plus faibles de potassium et de sodium.

*L'horizon de surface* est le plus sableux. Les DRX montrent un pic de smectites à 14,8 Å, peu développé et très étalé.

Dans *l'horizon d'altération*, sur les DRX, les smectites apparaissent mieux cristallisées que dans les horizons sus-jacents. Le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  mesuré après l'attaque triacide est le plus bas de tout le profil. Les minéraux primaires résiduels sont essentiellement composés de quartz et d'un peu de feldspaths. Les minéraux ferromagnésiens ont été presque entièrement dissous à l'attaque triacide, mais il en subsiste quelques traces\*\*.

Tableau X - Analyse chimique des altérites (allotérite et isaltérite) de la séquence TIA.

Principaux éléments chimiques présents dans l'extraction triacide et dans l'analyse du "Résidu" par attaque (FH +  $\text{ClO}_4\text{H}$ ).

Profil/ Horizon	1.4	2.6	2.7	2.8	3.7	3.8	3.9	4.9	4.10	4.11	
R%	43,35	37,50	37,80	39,60	32,45	35,10	43,30	31,35	31,85	30,20	
$\text{SiO}_2$	T	42,19	46,56	45,10	37,52	44,71	45,22	44,71	51,42	47,32	45,99
	R	72,60	81,60	82,51	76,46	77,94	73,33	69,21	90,59	82,57	79,57
	tot	55,37	59,70	59,24	52,88	55,49	55,09	55,32	63,67	58,55	56,13
$\text{Al}_2\text{O}_3$	T	15,00	18,08	18,01	16,06	16,65	16,33	14,29	18,65	17,61	19,20
	R	13,29	11,31	10,69	12,12	13,56	16,13	17,48	5,81	10,46	12,55
	tot	14,26	15,54	15,24	14,50	15,65	16,26	15,67	14,62	15,33	17,19
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	T	18,53	11,76	17,85	19,45	17,76	19,41	19,58	14,57	17,61	16,91
	R	1,41	0,11	0,13	0,88	0,15	0,28	0,67	0,06	0,09	0,10
	tot	11,11	11,14	11,15	12,10	12,05	12,70	11,39	10,02	12,03	11,83
CaO	T	4,27	1,14	1,33	5,25	2,47	1,22	3,26	0,52	0,60	0,56
	R	4,71	1,25	1,80	4,65	1,60	2,54	4,23	0,57	0,91	1,13
	tot	4,46	1,18	1,51	5,01	2,19	1,68	3,68	0,54	0,70	0,73
MgO	T	4,66	2,75	4,05	7,78	2,83	3,98	5,38	1,78	3,36	3,71
	R	2,05	0,03	0,03	1,41	0,03	0,09	0,79	0	0	0
	tot	3,53	1,73	2,53	5,26	1,92	2,61	3,39	1,22	2,29	2,52
$\text{K}_2\text{O}$	T	0,44	0,56	0,68	0,53	0,34	0,35	0,42	0,28	0,32	0,42
	R	1,11	1,20	0,98	0,81	1,45	1,60	1,32	0,51	1,92	2,02
	tot	0,73	0,80	0,79	0,64	0,70	0,79	0,81	0,35	0,83	0,90
$\text{Na}_2\text{O}$	T	0,74	0,67	0,71	1,11	0,80	0,99	1,48	0,76	0,79	0,80
	R	4,73	4,51	3,84	3,59	5,27	7,18	6,30	2,55	4,05	4,64
	tot	2,47	2,11	1,89	2,09	2,25	2,76	3,57	1,32	2,83	1,96

R % = pourcentage de résidus après attaque triacide

T = Pourcentage d'un élément dans la seule attaque triacide

R = Pourcentage d'un élément dans la seule analyse du résidu

tot = Pourcentage total des principaux oxydes dans les sols

\* L'attaque triacide a pour effet de détruire entièrement les minéraux argileux et de conserver au moins en partie les minéraux primaires (quartz, feldspaths peu altérés, etc...)

\*\* Les roches éruptives de type basalte ou les flyschs dérivant de basalte sont profondément altérés en affleurement. Ces roches ne peuvent être observées à l'état frais que dans le lit vif des cours d'eau (PARIS, 1981). Dans la région de Poya, un carottage effectué par le BRGM dans un basalte montre des traces d'altération jusqu'à près de 20 mètres de profondeur (Com. pers. du laboratoire de géologie-géophysique de l'ORSTOM).

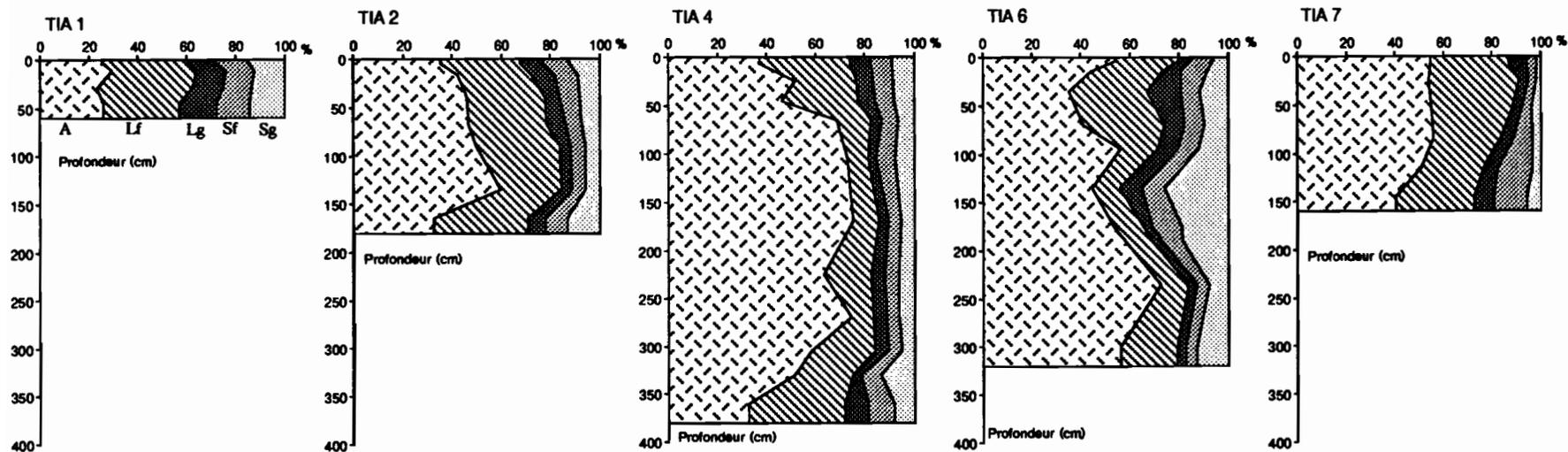


Figure 15 : Composition granulométrique des principaux sols de la série TIA, de l'amont vers l'aval.

TIA 1 : brunisol ; TIA 2 : brunisol vertique ; TIA 4 : vertisol à gypse ; TIA 6 : vertisol à gypse remanié par des alluvions ; TIA 7 : sol alluvial hydromorphe  
De la gauche vers la droite de chaque graphique : argiles (A) ; limons fins (Lf) ; limons grossiers (Lg) ; sables fins (Sf) ; sables grossiers (Sg)

### 3.12 - Profil TIA 2

Ce profil est représentatif des **brunisols vertiques**. Dès les horizons supérieurs, sa teneur en argile se situe entre 35 et 46% (Fig. 15).

*L'horizon de surface* contient toujours une proportion de sables, supérieure à 20%.

*L'horizon vertique* s.s. apparaît vers 1,15 m de profondeur. Le pourcentage d'argile passe alors brusquement de 49% dans les horizons de transition à 59%. Dans cet horizon vertique, le taux de résidus après l'attaque triacide est de 37% (Tab X). L'analyse chimique totale du résidu permet de conclure à une composition presque exclusive de quartz et d'un peu de feldspaths. La majeure partie du sodium et dans une moindre proportion du potassium sont présents dans les minéraux résiduels. Les feldspaths résiduels sont donc en partie constitués de plagioclases de type albite issues de la spilitisation des feldspaths et d'un peu de feldspaths potassiques. Les teneurs très faibles en fer et en magnésium indiquent que les minéraux ferro-magnésiens primaires ont été complètement altérés.

*L'horizon d'altération* est comparable aux horizons du profil TIA 1. Il est beaucoup plus sableux (22% contre 11%) et moins argileux (32% contre 59%) que l'horizon vertique qui le surmonte. Le taux de résidu à l'attaque triacide est à peine plus élevé que dans l'horizon vertique sus-jacent : 39% contre 37%. Ces résidus ont une composition chimique peu éloignée de celle de l'horizon vertique, cependant les teneurs relatives en quartz sont plus faibles, tandis que celles en ferro-magnésiens sont plus élevées.

En lame mince, le squelette est largement dominé par des grains de quartz anguleux de la taille des limons avec quelques cristaux de feldspaths. On peut distinguer des fragments de basalte assez grossiers, de 100 à 500  $\mu\text{m}$ , composés d'une association porphyroïde de gros minéraux ferromagnésiens très altérés, non reconnaissables, et de cristaux de feldspaths au sein d'une matrice partiellement argillifiée. Ces petits îlots sont entourés par un plasma argileux orienté de type squelsépique et vosépique. Les analyses chimiques totales du dernier horizon vertique et de l'altérite du profil de sol vertique TIA 3 confirment les analyses du profil TIA 2.

### 3.13 Profil TIA 4

Ce profil caractéristique des **vertisols** possède des horizons vertiques à très forte teneur en argile, comprise entre 58 et 75% (Fig. 15). Ces argiles sont à dominante smectitique. Le rapport moléculaire  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  de l'analyse triacide est toujours supérieur à 4. Dans l'ensemble du profil, on note également une nette dominance de  $\text{MgO}$  sur  $\text{CaO}$  ; le rapport  $\text{MgO}/\text{CaO}$  est supérieur à 2, sauf lors de la présence de gypse.

*Les horizons humifères* et en particulier l'horizon de surface sont moins argileux que les horizons sous-jacents. Le taux de résidus après l'attaque triacide est important : 47% contre 30 à 37% pour les horizons vertiques. Les DRX de la fraction argileuse révèlent un pic de smectites très large et peu intense centré sur 14,5Å. Ils dévoilent également des pics de quartz et de feldspaths.

*Les horizons vertiques* sont caractérisés par l'abondance de smectites bien exprimées sur les DRX, dont le pic est centré sur 14,8 Å. Malgré l'abondance des cristaux de gypse\*, le rapport  $\text{MgO}/\text{CaO}$  total varie de 1 à 2. Le calcium total est pratiquement entièrement immobilisé sous forme de gypse (Cf. : chapitre 3.22).

---

\* La quasi-totalité des cristaux de gypse ont une taille supérieure à 2mm. Or les analyses de sols sont effectuées conventionnellement sur la fraction de terre fine, tamisée à 2mm. Ces cristaux sont donc assimilés au "refus" comme éléments grossiers ou ont été triés au préalable. Certains fragments de gypse, minéral facilement clivable, se sont mêlés à la terre fine sans pour autant modifier de façon importante les résultats chimiques après l'attaque triacide.

La micromorphologie de ces horizons vertiques se compose d'un squelette constitué de grains de quartz anguleux de 20 à 50  $\mu\text{m}$  et d'éléments de cherts plus grossiers, arrondis, d'une taille moyenne comprise entre 100 et 200  $\mu\text{m}$ .

La porosité est très faible et les vides sont le plus souvent planaires. Le plasma argileux est de type porphyrosquélique et les séparations plasmiques sont linéaires (sepic fabric : BREWER, 1964 ; 1972) de type lattisépique, avec un assemblage masépique au niveau des faces de cisaillement. Les séparations plasmiques ne sont pas associées aux vides planaires : il n'y a pas d'assemblage vosépique bien distinct. De même, aucune trace d'illuviation n'est visible, il n'y a pas de cutanes. L'assemblage squelsépique n'est observable qu'autour des éléments les plus grossiers du squelette. Bien que ce mode d'assemblage ne soit pas caractéristique des seuls vertisols, il est commun à la plupart des sols présentant des caractéristiques de gonflement et de retrait. (BREWER et al., 1983 ; MERMUT et al., 1988).

Les éléments figurés sont essentiellement constitués de cristaux de gypse centimétriques, lenticulaires, à bords nets, peu altérés. Ils possèdent quelques inclusions argileuses plutôt orientées selon les faces de clivage. Il n'y a pas ou que peu de traces de petits cristaux. Bien qu'ils soient souvent regroupés en amas, la très grande majorité des cristaux sont bien individualisés dans leur matrice argileuse. Contrairement aux cas généraux (NETTLETON et al., 1983), les cristaux sont situés dans des horizons bien inférieurs à la base des fentes de retrait, et ne semblent pas être liés directement aux vides. On peut également noter la présence de rares concrétions ferro-manganésifères arrondies, bien individualisées, dont le diamètre est inférieur à 100  $\mu\text{m}$ .

Dans l'*horizon de transition* (horizon 4.9), à caractères vertiques moins marqués et à teneur plus faible en argile (50% contre 65 à 70% dans les horizons vertiques), le mode d'assemblage plasmique dominant est toujours lattisépique. On note cependant la présence d'îlots plasmiques distincts, arrondis, non orientés (assemblage insépique), non homogénéisés à l'ensemble de la matrice argileuse, de 50  $\mu\text{m}$  de diamètre résultant de l'altération de gros cristaux ou de fragments de basalte bien individualisés. Ces îlots argileux ou papules, également décrits par NETTLETON et SLEEMAN (1985), sont entourés d'un plasma orienté de type squelsépique. Cet assemblage serait caractéristique des faibles mouvements internes dans cet horizon (ROSSIGNOL, 1981) mais reste suffisant pour faire disparaître toute trace de cutanes illuviaux (BLOCKHUIS, 1982). Mis à part ces papules, il n'y a plus aucune trace d'éléments figurés.

*Au niveau de l'altérite*, les teneurs en argiles baissent et n'atteignent plus que 30%. L'analyse triacide montre que le degré d'altération reste tout de même élevé, car les quantités de résidus, après l'attaque triacide, sont inchangés et les teneurs en alcalins et alcalino-terreux sont identiques à celles des horizons sus-jacents. L'absence totale de minéraux ferro-magnésiens dans les résidus confirme le degré d'altération poussée de l'altérite, pourtant assez cohérente. Les résidus sont largement dominés par le quartz, mais des feldspaths, surtout de type albite, subsistent avec quelques feldspaths potassiques. Les DRX confirment l'abondance de smectites avec cependant pour l'horizon le plus profond, une baisse sensible de l'intensité des pics sur les diagrammes d'argiles orientées. Les traces de métahalloysite (caractéristiques de l'altération des verres de matériaux volcaniques) de l'horizon 10 deviennent bien marquées dans l'horizon 11.

L'analyse micromorphologique montre une succession subhorizontale de strates d'épaisseur millimétrique. Ces strates sont composées d'une alternance de lits de 200 à 500  $\mu\text{m}$  d'épaisseur, de nature micro-gréseuse, dont les éléments quartzeux ont de 20 à 50  $\mu\text{m}$  de long, et dont le plasma de type intertextique n'a pas d'assemblage plasmique particulier, et de lits plus riches en éléments feldspathiques ou ferro-magnésiens, difficilement identifiables, au sein d'un plasma orienté de type vo-squel-masépique. L'assemblage de type vosépique est présent autour des pores laminaires, nombreux, parallèles au litage, et comportant des traces d'argillanes et de mangananes ; il est squelsépique autour des éléments de roche altérés ; il est masépique car de même orientation parallèle au litage. L'assemblage

plasmique de ces niveaux confirme la forte porosité observée à l'oeil nu. Par la présence de cutanes, il confirme également les mouvements illuviaux qui étaient complètement absents dans les horizons vertiques.

A partir du profil TIA 5, l'altérite n'est plus visible que par forage. Le profil TIA 5 est peu différent du profil TIA 4, dans sa partie supérieure. Les forages montrent néanmoins des traces d'éléments grossiers issus d'un colluvionnement.

### 3.14 - Profil TIA 6

Le profil TIA 6 est proche de la plaine. Il a subi des influences alluviales qui se manifestent par un lit de cailloux et graviers (63% de refus) entre 180 et 200 cm. Dans, et au-dessus de ce niveau, la fraction fine est dominée par les argiles entre 35 et 58%, d'où l'apparition de caractères vertiques peu nets. La granulométrie est fluctuante, parfois riche en sables (31 et 37%) ou en limons (41 et 45%) et confirme ainsi le caractère hétérogène des constituants du sol soumis à des apports alluviaux répétés et variés (Fig. 15).

Sous le niveau à éléments grossiers, le sol est constitué à 72% d'argile générant, dans cet horizon, un caractère vertique très développé qui diminue quelque peu vers le bas, quand le taux d'argile se réduit à 56%, principalement en faveur des limons.

### 3.15 - Profil TIA 7

Ce profil est situé à la base de la séquence dans sa partie alluviale. La granulométrie du profil, dominée par la fraction argileuse, est relativement constante. La proportion de sables, faible en surface (5%), augmente progressivement en profondeur pour atteindre 20% à 1,50 m. Le taux de résidu à l'analyse triacide passe progressivement de 36 à 51%. Le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  demeure élevé (>5) dans tout le profil.

*Dans l'horizon de surface*, les DRX de la fraction argileuse montrent un pic de smectites très étalé autour de 15Å, et des traces d'hallowysite à 7Å.

Le pic de smectites apparaissant sur le DRX de la fraction argileuse de *l'horizon de profondeur*, est plus intense que celui de l'horizon de surface bien que dernier soit plus riche en argiles que l'horizon de profondeur.

### 3.16 - Conclusion

Cette séquence est très classique :

*Les brunisols* sont peu profonds et contiennent environ 30% d'argiles à dominante smectitique, mieux cristallisées dans l'altérite. Le taux de résidu est important et se compose de quartz, de feldspaths et de quelques rares minéraux ferro-magnésiens.

Dans les *sols vertiques*, les teneurs en argile sont plus faibles (généralement inférieures à 40%) et les smectites moins bien cristallisées dans l'horizon de surface que dans les horizons profonds. Un colluvionnement récent d'éléments altéritiques issus de l'érosion de la moitié supérieure de la séquence (la pente est supérieure à 25% en amont du profil TIA 2), enrichit les horizons supérieurs en sables et en limons.

Les horizons vertiques ont une teneur très élevée en argiles de type smectite bien cristallisée (souvent supérieure à 60%) confirmant ainsi la structure de type "sphénoclude", les faces de glissement et les fentes de retrait. Ces mouvements actifs sont à l'origine d'un assemblage plasmique de type lattisépique. Ces mouvements

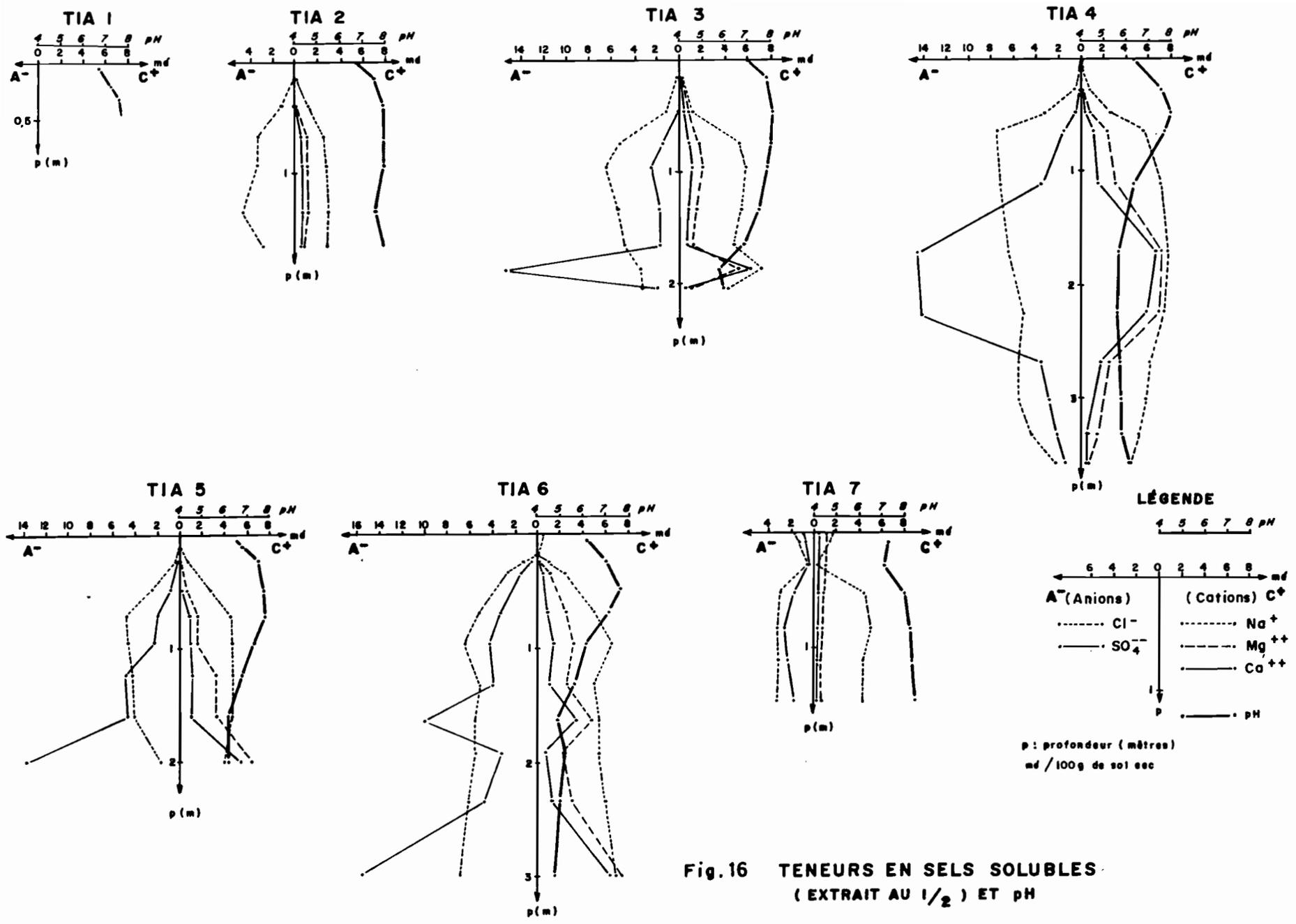


Fig.16 TENEURS EN SELS SOLUBLES (EXTRAIT AU 1/2) ET pH

décroissent d'intensité vers le bas, au niveau des horizons assurant la transition avec l'altérite.

Dans les horizons d'altération, les argiles sont de type smectite bien cristallisée en alternance avec des linéaments de minéraux primaires à dominance de microquartz. Ces altérites développent une porosité plus importante que les horizons susjacentes, et présentent un degré d'altération poussé : les minéraux primaires de type feldspaths sont bien moins abondants que dans les altérites des sols bruns et les ferro-magnésiens sont absents.

*Dans les sols alluviaux*, le matériau dominé par les argiles dont la proportion est supérieure à 50% sauf dans l'horizon de profondeur où elle n'est que de 40%. Le sol est homogène, sans variation texturale importante, possible preuve d'une évolution déjà ancienne de ces sols, bien que l'allochtonie de l'horizon de surface soit récente. Les teneurs en argile augmentent de la profondeur vers la surface alors que le degré de cristallinité des smectites décroît.

## 3.2 - AUTRES RESULTATS ANALYTIQUES

### 3.21 - La matière organique

La matière organique n'a pas une importance fondamentale dans la détermination de l'origine des vertisols à gypse. Le carbone et l'azote ont été dosés à titre indicatif dans les horizons organiques dont on a effectué l'analyse granulométrique.

Ces résultats analytiques partiels montrent des teneurs en matière organique relativement élevées dans l'horizon de surface par rapport à d'autres références de vertisols non cultivés (DUDAL, 1967 ; SPAIN et al., 1983) : les taux de carbone total varient de 2,1 à 3,7%, pouvant aller jusqu'à 7% dans l'horizon TIA 6.1, alors qu'habituellement les teneurs en carbone total dépassent rarement 2 à 2,5%. Ces taux diminuent rapidement en profondeur. Ces sols n'étant pas cultivés, mais couverts par une savane arborée à *Acacia nilotica*, la restitution de matière organique par l'intermédiaire du bétail ainsi que la non prolifération de feux dans ce secteur pourrait expliquer les teneurs élevées en carbone. Par ailleurs, en Australie, les teneurs en carbone mesurées sous *Acacia harpophylla* sont le double de celles observées sous couvert de graminées (PROBERT et al., 1987).

Le rapport C/N varie entre 12 et 13 dans les horizons organiques des profils situés sur la partie la plus pentue de la séquence, alors qu'à l'aval, ce rapport est faible et se situe entre 10 et 11. Il est vraisemblablement dû à 2 facteurs :

- la présence d'un peuplement d'acacias, légumineuses de grande taille, favorise la restitution d'azote au sol et maintient les fortes teneurs en carbone des horizons humifères ;
- les profils sont situés à proximité d'un puits où le bétail a l'habitude de boire : celui-ci rumine fréquemment à l'ombre des acacias et restitue au sol de la matière organique enrichie en azote.

### 3.22 - Les sels solubles

Les extractions ont été faites au 1/2 et les résultats sont exprimés en mé/100g de sol ; ils permettent de tracer les courbes de la figure 16.

**Le brunisol (TIA 1) ne contient pas de sels solubles.**

**Le brunisol vertique (TIA 2) ne contient pas de sel dans ses horizons supérieurs.** Les chlorures augmentent progressivement depuis les horizons de transition et atteignent leur maximum dans l'horizon vertique avec 4mé/100g de sol. Les teneurs en chlorures sont équivalents à ceux de  $\text{Ca}^{++}$  +  $\text{Mg}^{++}$  +  $\text{Na}^+$ , ce dernier cation étant largement dominant. L'ensemble du profil est dépourvu de sulfates.

**Les sols vertiques** (TIA 3, 4, 5 et 6 en partie) ne contiennent pas de sels dans leurs horizons supérieurs.

- Le taux de chlorures augmente très rapidement et atteint son maximum entre 60 cm et 1,00 m avec un léger ventre (entre 5 et 7 mé/100g). Il se stabilise dans tout le profil et ne décroît qu'au niveau des horizons d'altération.
- Les sulfates apparaissent à partir de 40 cm de profondeur. Les concentrations sont faibles (<4mé/100g). Elles augmentent brutalement dans les horizons à gypse pour atteindre 14 mé/100g et saturer la solution. Ces concentrations baissent à nouveau très rapidement au niveau des horizons d'altération.
- A l'augmentation brutale des teneurs en sulfates correspond un accroissement, non seulement de  $\text{Ca}^{++}$ , mais aussi de  $\text{Mg}^{++}$  et de  $\text{Na}^+$ .
- Les courbes de répartition de  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  sont relativement parallèles et suivent l'évolution de la courbe des sulfates avec une intensité plus faible. Le taux de  $\text{Mg}^{++}$  est presque toujours légèrement supérieur au taux de  $\text{Ca}^{++}$ .
- La courbe de répartition des ions  $\text{Na}^+$  est relativement symétrique à celle des chlorures sauf au niveau des horizons gypseux.

Le profil TIA 6 enregistre, au niveau des horizons d'apport alluviaux grossiers dépourvus de gypse (entre 1,80 et 2,00m), une baisse sensible des teneurs en sulfates qui passent de 10 à 3,0 mé/100g, et corrélativement une baisse en  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  qui passent respectivement de 4 à 1 mé/100g et de 5 à 2 mé/100g. Par contre, les teneurs en  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  demeurent constantes (entre 4 et 5mé/100g) dans cette partie du profil.

**Le sol alluvial** contient des traces significatives de sels dans l'horizon de surface ; ces traces diminuent fortement dans l'horizon sous-jacent. Dans le bas du profil, les teneurs en chlorures sont constantes et plus faibles que dans les horizons vertiques (3 mé/100g) ; elles sont proches des teneurs en sulfates (2 mé/100g). Les cations sont très largement dominés par  $\text{Na}^+$ .

### Conclusion

Les sels sont lixiviés dans les horizons supérieurs (excepté peut-être dans le premier horizon du sol alluvial). Ils s'accumulent dans les horizons vertiques. Leur diminution régulière à partir des horizons d'altération semble accréditer la thèse d'un **soutirage** de ces sels par les eaux circulant facilement dans les horizons d'altération qui présentent une forte microporosité.

Les chlorures s'accumulent à partir de 0,60 m et leur teneur est ensuite constante dans tous les horizons argileux. Les sulfates sont peu abondants dans les horizons non gypseux. Leur accumulation brutale vers 1,00 m de profondeur provient de la dissolution du gypse. Cette dissolution met en solution davantage de cations  $\text{Mg}^{++}$  que de cations  $\text{Ca}^{++}$ .

### 3.23 - Détermination du Soufre total et du gypse

Le soufre total a été extrait par coulométrie sur tous les horizons meubles de la séquence. Le pourcentage de gypse est déterminé lors du dosage des sulfates par turbidimétrie (LOVEDAY, 1974) après une mise en solution du sol dans l'acétone (RICHARDS, 1954). Ces méthodes anciennes ne sont pas très précises.

Hormis dans les horizons gypseux, les teneurs globales sont très faibles. *Les horizons de surface* sont plus riches en soufre total que les horizons humifères sous-jacents. Ce soufre non lié à la présence de gypse ou de sulfates est donc en grande partie d'origine organique. Les teneurs sont très faibles, <0,05% (Tableau XI)

Tableau XI : Teneurs en Soufre total (S° %) dans les horizons humifères

Profil	1	2	3	4	5	6	7
Hz 1	0,035	0,027	0,031	0,033	0,026	0,012	0,053
2	0,021	0,015	0,016	<0,010	<0,010	<0,010	0,016
3	0,013	<0,010	0,011	<0,010	0,021	0,034	0,030

Dans les horizons vertiques, les teneurs en soufre total peuvent atteindre, voire dépasser 0,5%. Dans certains d'entre eux, le soufre est à plus de 80% sous forme gypse (Tableau 12). Dans certains horizons de la série Leprédour (LEP) ou de la basse Tamoa (MER), les teneurs en cristaux gypse d'une taille supérieure à 2 mm oscillent entre 10 et 20%, en poids de sol sec. Les cristaux de gypse de la séquence TIARE diffèrent très peu de ceux des autres séquences. La grande majorité du gypse est donc concentrée dans la fraction grossière ; la fraction fine ne fournit guère plus de 4% de gypse.

Tableau XII : Teneurs en soufre et gypse dans les horizons vertiques

Horizon	S° total	S° gypse	% Sg/St	%gypse	Horizon	S° total	S° gypse	% Sg/St	%gypse
TIA 2.6	0,014	0,025	56	0,075	TIA 5.6	0,086	0,015	17	0,081
TIA 3.5	0,049	0,034	69	0,184	5.7	0,072	0,021	29	0,114
3.6	0,038	0,022	58	0,119	5.8	0,606	0,083	14	0,449
3.7	0,039	0,014	36	0,076	TIA 6.5	0,093	0,001	1	<0,001
TIA 4.5	0,062	0,028	45	0,151	6.6	0,102	0,001	<1	<0,001
4.6	0,366	0,115	31	0,622	6.7	0,182	0,005	<1	0,002
4.7	0,769	0,704	91	3,810	6.9	0,096	0,001	1	<0,001
4.8	0,087	0,061	70	0,330	6.10	1,840	0,505	27	2,730
4.9	0,068	0,041	60	0,220	TIA 7.6	0,043	<0,001	<1	<0,001

Les % sont calculés en fonction du poids de sol séché à l'air et tamisé à 2 mm.

S°total = Soufre total (%); S°gypse = Soufre lié au gypse (%);

%Sg/St = Pourcentage de Soufre lié au gypse par rapport au soufre total;

% gypse = Pourcentage de gypse (S°gyp x 5,41)

Les cristallisations de gypse immobilisent également une grande partie du calcium total qui peut dépasser 95% dans certains horizons vertiques à gypse (Tableau XIII).

Tableau XIII : Relations entre le calcium total et le calcium lié au gypse

Horizon	CaO total	CaO gypse	%CaOg/CaOt	Horizon	CaO total	CaO gypse	%CaOg/CaOt
TIA 1.1	2,51	0	0	TIA 2.6	0,71	0,023	3
1.2	2,56	0	0	2.7	0,83	0,021	2
1.3	2,62	0	0	TIA 3.7	1,67	0,023	1
1.4	2,64	0	0	3.8	0,79	0,830	100
TIA 4.1	1,11	0	0	3.9	1,85	0,003	<1
4.2	1,04	0	0	TIA 7.1	1,10	0,003	<1
4.3	0,80	0,002	<1	7.2	1,20	0,018	<1
4.4	0,59	0,021	3	7.3	1,12	0,002	<1
4.5	0,46	0,046	10	7.4	0,94	0,002	<1
4.6	0,87	0,189	22	7.5	0,63	0	0
4.7	1,20	1,159	96	7.6	0,91	0	0
4.8	0,35	0,100	28				
4.9	0,36	0,068	19				
4.10	0,41	0,012	3				
4.11	0,39	0,003	<1				

CaOtotal = Calcium total (%); CaOgypse = Calcium lié au gypse (%);

%CaOg/Cat = Pourcentage de Calcium lié au gypse par rapport au Calcium total

Dans les horizons d'altération, les quantités de soufre total sont très faibles, entre 0,01 et 0,06% (tableau XIV). Les basaltes et les flyschs contiennent des traces bien visibles de sulfures (pyrite et chalcopryrite) sur roche fraîche non altérée. Mais dans le cas des altérites, aucune trace de sulfure ni d'oxydation de sulfures n'est visible lors d'analyses micromorphologiques. De plus, ces faibles teneurs en soufre total ne permettent guère d'argumenter en faveur d'une origine purement continentale du gypse.

Tableau XIV : Teneurs en soufre des horizons d'altération de la séquence TIA

Horizon	1.4	2.7	3.9	4.10	4.11
S°%	0,013	0,023	0,031	0,060	0,042

### 3.24 - Le pH

En surface, le pH (H<sub>2</sub>O) est compris entre 6,6 et 7,0 (sauf pour l'horizon TIA 6.1 où il n'est que de 6,2 et l'horizon TIA 7.1 où il atteint 7,2). Il augmente sensiblement (de 7,6 à 8,0) dans les horizons humifères, situés sous l'horizon de surface. Cette augmentation était prévisible dans les profils TIA 1, 2, 3 et 7 en raison de la présence de carbonates sous forme de nodules bien visibles. Mais elle sous-entend la présence de carbonates non directement visibles dans les profils TIA 4, 5 et 6.

Sous ces horizons humifères, la courbe de pH suit de façon inverse la courbe des sulfates (Fig. 16) En présence de gypse, le pH baisse de façon très sensible (AL DROUBI, 1976). Il est alors généralement compris entre 5,6 et 6,1. Il est inférieur à 5,0 dans toute la partie basse du profil TIA 6, y compris dans l'horizon d'accumulation alluviale.

Le pH est donc complètement dépendant de certains sels solubles (Fig. 16).

### 3.25 - Le complexe d'échange

#### 3.251.- La capacité d'échange

La capacité d'échange cationique ou C.E.C., est relativement élevée dans tous les horizons ; elle oscille entre 35 et 50 mé/100g, excepté dans les profils sableux et caillouteux du profil tia 6, où elle ne dépasse guère 25 mé/100g. Mais ces valeurs ne sont pas très élevées, en particulier dans les horizons vertiques contenant plus de 60% d'argile de type smectite. Il n'y a guère que dans les horizons d'altération où la capacité d'échange ramenée à la seule fraction argileuse soit élevée (Tableau XV).

#### 3.252.- Les cations échangeables

L'extraction des cations échangeables par l'acétate d'ammonium, méthode d'extraction préconisée par la Soil Taxonomy, la FAO ou la CPCS, pose deux problèmes :

- en milieu riche en chlorure de sodium, elle ne permet pas de faire la différence entre la part de Na<sup>+</sup> lié à la fraction échangeable et celle qui est liée à la fraction soluble ;
- en milieu gypseux ou carbonaté il arrive fréquemment que le taux de calcium échangeable extrait soit supérieur à la capacité d'échange.

Les résultats analytiques nécessitent donc une correction.

- Cl<sup>-</sup> est l'anion généralement associé à Na<sup>+</sup>, en quantité équivalente, dans la fraction soluble. En soustrayant les valeurs de Cl<sup>-</sup> dans l'extrait à l'acétate aux valeurs de Na<sup>+</sup> total, on obtient par différence les teneurs en Na<sup>+</sup> échangeable.

$$[\text{Na}^+] \text{ échangeable} = [\text{Na}^+] \text{ extrait} - [\text{Cl}^-] \text{ extrait}$$

- En agissant de même avec  $\text{SO}_4^{2-}$  ou  $\text{CO}_3^{2-}$ , on peut corriger les valeurs de  $\text{Ca}^{++}$  en soustrayant la fraction soluble anionique équivalente.

Mais, en Nouvelle Calédonie, les sols montrent toujours une relative abondance du cation  $\text{Mg}^{++}$ . Celui-ci peut s'associer en particulier à des carbonates (sous forme de magnésite ou de dolomite) et il devient alors impossible de différencier la part de  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  soluble et échangeable. Dans ce cas précis, les sols étant de type calcimagnésiens à gypse peu carbonatés, on admettra que :

$$[\text{Ca}^{++}] \text{ échangeable} = [\text{Ca}^{++}] \text{ extrait} - [\text{SO}_4^{2-}] \text{ extrait.}$$

Les sols, relativement saturés en bases, sont surtout calci-magnésiens (Fig. 17). L'ion sodium peut être présent en quantités non négligeables avec un rapport  $\text{Na}^+/\text{T}$  largement supérieur à 10%. Par contre, les quantités de potassium échangeable sont toujours très réduites (<1 mé/100g), même dans les horizons humifères où il est le plus abondant. Pour cette raison, il ne sera pas fait référence à  $\text{K}^+$  pour la caractérisation de ces sols.

Tableau XV : Capacité d'échange ramenée à la fraction argile (R1) et la fraction argile + limons fins (R2)

Horizon	C.E.C.	R1	R2	Horizon	C.E.C.	R1	R2
TIA 1.1	41,0	137	58	TIA 6.1	46,0	60	41
1.2	42,0	129	60	6.2	34,7	70	42
1.3	44,1	179	67	6.3	35,0	91	48
1.4	42,5	163	75	6.4	34,2	80	44
TIA 2.1	41,3	101	53	6.5	27,1	46	37
2.2	42,0	92	54	6.6	24,6	52	42
2.3	38,7	80	48	6.7	24,4	45	37
2.4	36,5	77	45	6.8	24,0	41	35
2.5	40,4	82	48	6.9	30,8	42	37
2.6	36,8	62	44	6.10	28,8	51	36
2.7	38,3	117	54	TIA 7.1	46,7	79	50
TIA 4.1	38,4	88	44	7.2	45,4	72	43
4.2	37,8	67	45	7.3	41,6	70	44
4.3	36,7	75	45	7.4	43,4	75	50
4.4	40,3	57	48	7.5	35,0	69	46
4.5	36,5	50	45	7.6	34,3	85	47
4.6	49,0	65	57				
4.7	51,5	81	62				
4.8	39,8	53	48				
4.9	38,4	66	46				
4.10	39,2	76	52				
4.11	40,7	125	57				

CEC = Capacité d'échange cationique (en mé/100g ou en  $\text{cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

R1 = Capacité d'échange calculée des argiles

R2 = Capacité d'échange calculée des argiles et limons fins confondus

$R1 = [\text{CEC} - ((\% \text{MO} \times \text{CECn})/100)] / \% \text{argile}$  ;  $R2 = [\text{CEC} - ((\% \text{MO} \times \text{CECn})/100)] / (\% \text{argile} + \% \text{lf})$

CECn = Capacité d'échange cationique de la matière organique  $\approx 100$  mé/100g

% MO = % Matière organique ; %lf = % limons fins

Dans les *brunisol*s, le cation dominant est le calcium à près de 60%. Les variations entre les horizons sont faibles : une très légère baisse progressive en profondeur de  $\text{Ca}^{++}$  au profit de  $\text{Mg}^{++}$  (39 à 42%) et  $\text{Na}^+$  (0,2 à 1,1%). Le rapport  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$  est inférieur à 1 dans tout le profil. Le taux de saturation évolue progressivement de 87% en surface à 99% en profondeur.

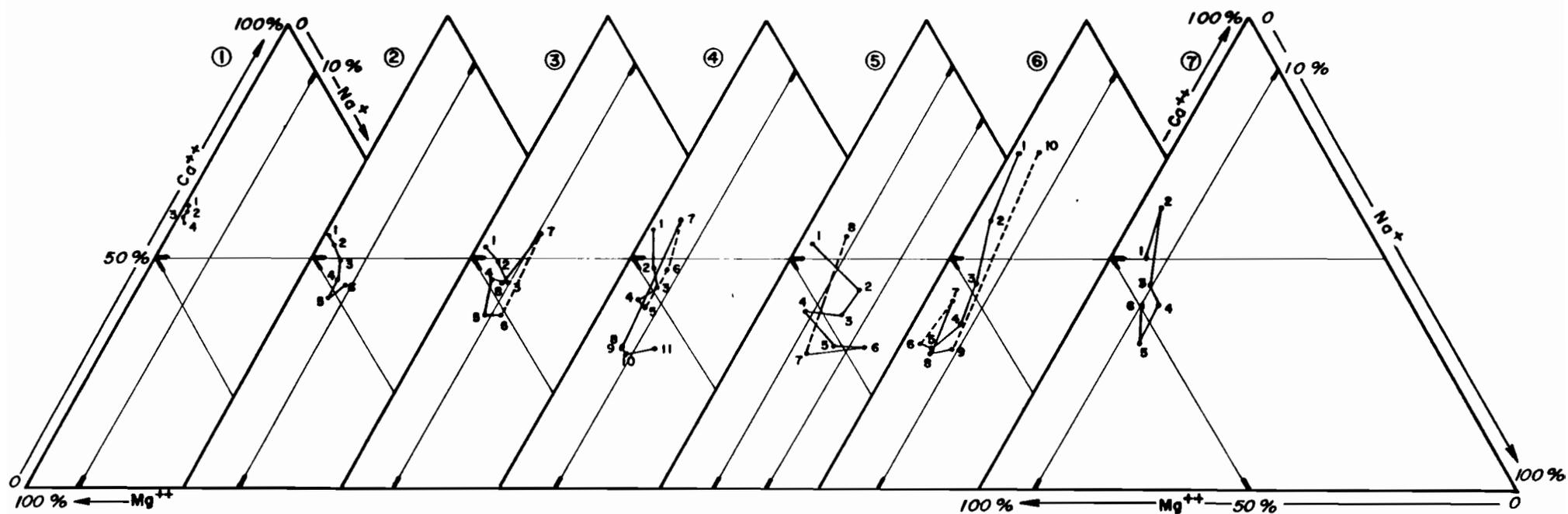


FIG. 17 POURCENTAGE RELATIF DES PRINCIPAUX CATIONS ÉCHANGEABLES DE LA SÉQUENCE TIA ( Avec corrections de  $\text{Na}^+$  )  
Méthode d'extraction à l'acétate d'ammonium - Correction des valeurs de  $\text{Na}^+$

----- augmentation brutale de  $\text{Ca}^{++}$  due à la présence de gypse

*Les brunisols vertiques* sont saturés en bases à l'exception de l'horizon de surface (97%).  $\text{Ca}^{++}$  est le cation dominant dans les horizons de surface (54%), mais il cède la place en profondeur à  $\text{Mg}^{++}$  qui passe progressivement de 45 à 53%, tandis que  $\text{Na}^+$  passe de 1 à 9,7%. Le rapport  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$  s'inverse de la surface vers les horizons argileux vertiques de profondeur et passe de 0,8 à 1,4 pour repasser à 1,1 dans l'altérite.

*Dans les vertisols*, bien qu'il n'y ait pas de résultats très homogènes dans la répartition des cations échangeables, on peut néanmoins en dégager les principaux paramètres. Comme dans les sols vertiques, le complexe d'échange est très légèrement désaturé en surface (96%). Dans ces horizons,  $\text{Ca}^{++}$  est le cation échangeable dominant, mais le rapport  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$  de 0,8 en surface, s'inverse fortement en profondeur pour atteindre 2 dans les horizons vertiques, et peut même atteindre 5 au niveau des horizons à gypse. Il régresse à 3 dans les horizons altéritiques. La proportion de  $\text{Na}^+$  toujours faible en surface (1% des cations échangeables) atteint près de 15% en profondeur.

Au niveau des horizons gypseux, l'essentiel des cations  $\text{Ca}^{++}$  est immobilisée sous forme de gypse. A ce niveau,  $\text{Mg}^{++}$  échangeable est le cation dominant adsorbé par les argiles. Dans ces horizons, le complexe d'échange n'est saturé qu'à 80% (voire 50% dans certains horizons).

On peut également noter que les pH les plus bas correspondent aux horizons gypseux non saturés et dans une moindre mesure aux horizons de surface.

*Dans le sol alluvial*, tout comme dans le sol vertique, le profil est entièrement saturé en bases (comme le prouve le pH qui se situe entre 7,2 et 8,5). Les proportions de  $\text{Ca}^{++}$  passent de 60% dans le second horizon à 27% alors que corrélativement, les taux de  $\text{Mg}^{++}$  passent de 34 à 57% et ceux de  $\text{Na}^+$  de 3 à 16%. L'horizon de profondeur qui est carbonaté voit les proportions de  $\text{Mg}^{++}$  et de  $\text{Na}^+$  diminuer quelque peu au profit de  $\text{Ca}^{++}$ .

Cette méthode d'extraction à l'acétate d'ammonium, malgré les corrections, n'est pas satisfaisante et a nécessité la mise au point d'une autre méthode d'extraction au chlorure d'ammonium en milieu alcoolique. Cette méthode, développée dans le chapitre 4 consacrée aux cations échangeables de la série TIA, sera utilisée pour tous les vertisols des autres sites étudiés.

### 3.26 Conclusion

Ces vertisols non cultivés, sont relativement riches en matière organique. Ils présentent les propriétés classiques des vertisols de la région : ils ont une capacité d'échange élevée, sont saturés en bases ; les teneurs en sels solubles augmentent en profondeur pour atteindre un maximum au niveau des horizons vertiques à gypse.

Le milieu dont le pH dépend étroitement de la teneur en sels solubles, est plutôt basique dans les horizons humifères, plutôt acide dans les horizons à gypse et proche de la neutralité au niveau de l'altérite.

Les cristallisations de gypse immobilisent la plus grande partie du calcium et du soufre présents dans les horizons. Les teneurs en soufre total dans les horizons d'altération sont faibles. Cette seule source continentale de sulfates semble trop restreinte pour expliquer l'abondance du gypse dans ces vertisols.

## IV - CONCLUSION

La séquence TIA est représentative des séquences de sols sur flyschs et basalte de la bordure côtière ouest de la Nouvelle Calédonie.

Les vertisols se sont formés dans les zones de piémont, à l'aval des séquences, sur pente relativement forte à partir d'un matériau d'origine colluviale. Ils présentent les

caractères macro et micromorphologiques classiques des vertisols, mais les fentes de retrait ne sont que peu ou pas visibles depuis la surface.

Ces vertisols sont constitués presque exclusivement de smectites. Celles-ci sont moins bien cristallisées dans les horizons de surface également appauvris en argile. Des traces d'halloysite à 7 Å apparaissent au niveau de l'altérite.

Les cristaux de gypse lenticulaires, de taille centimétrique, apparaissent brutalement à partir d'un mètre de profondeur, et disparaissent progressivement vers la base des profils.

L'origine du soufre, un des composants majeurs du gypse, ne semble pas provenir de l'altération de la roche mère en place.

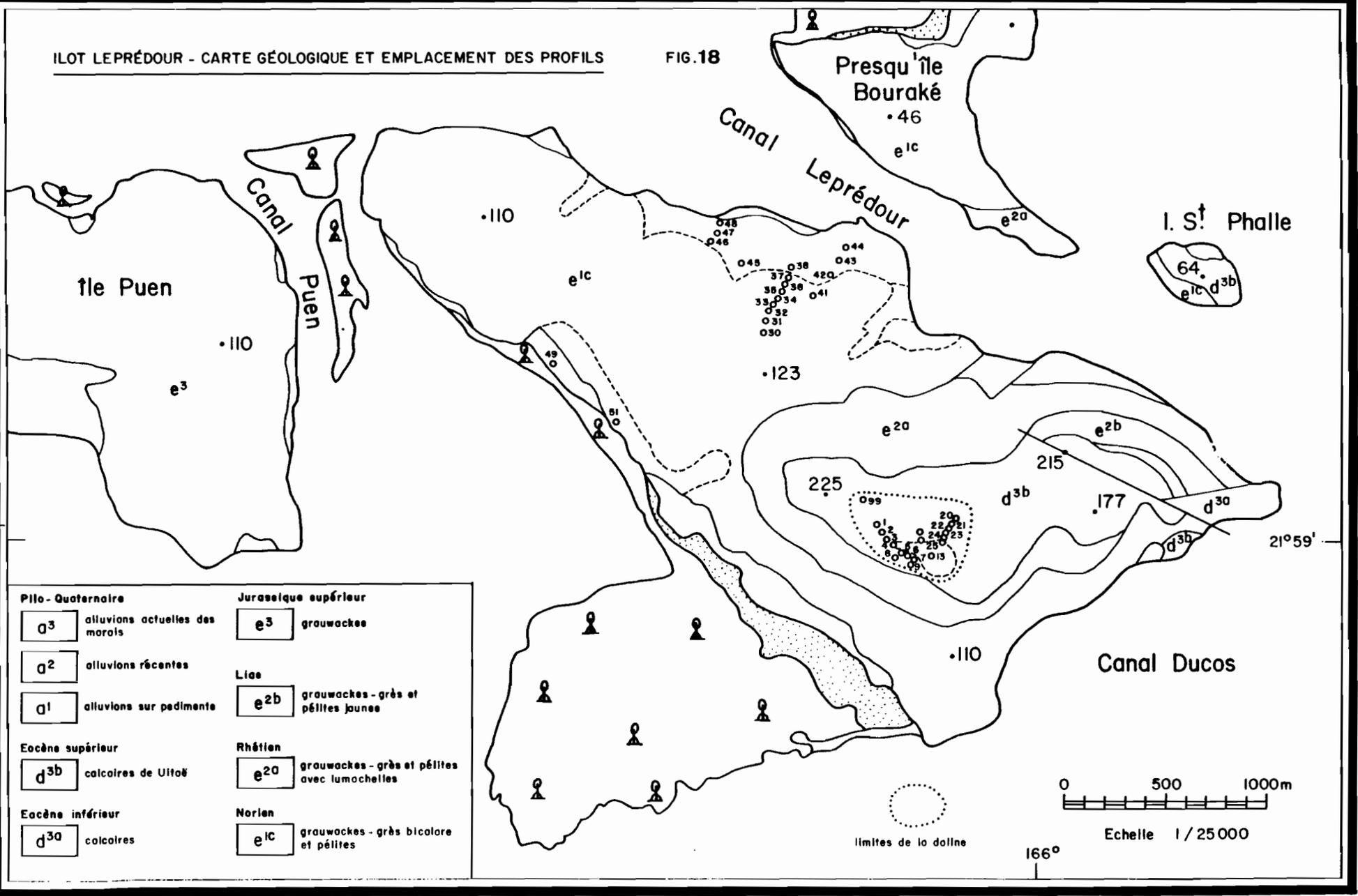
Malgré la présence de gypse ou de carbonates de calcium, le complexe d'échange présente l'originalité d'être saturé principalement par du magnésium.

# CHAPITRE TROIS

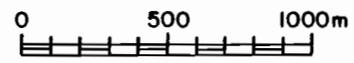
ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE  
L'ILE LEPREDOUR

ILOT LEPRÉDOUR - CARTE GÉOLOGIQUE ET EMPLACEMENT DES PROFILS

FIG.18



<b>Pilo-Quaternaire</b>	<b>Jurassique supérieur</b>
d <sup>3</sup> alluvions actuelles des marais	e <sup>3</sup> grauwackes
d <sup>2</sup> alluvions récentes	<b>Lias</b>
d <sup>1</sup> alluvions sur pédiments	e <sup>2b</sup> grauwackes - grès et pélites jaunes
<b>Eocène supérieur</b>	<b>Rhétien</b>
d <sup>3b</sup> calcaires de Uitaë	e <sup>2a</sup> grauwackes - grès et pélites avec lamochelles
<b>Eocène inférieur</b>	<b>Norien</b>
d <sup>3a</sup> calcaires	e <sup>1c</sup> grauwackes - grès bicolore et pélites



Echelle 1 / 25 000

166°

limites de la doline

# CHAPITRE TROIS

## ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE L'ILE LEPREDOUR

La présence d'anciennes mines de gypse à près de 200 m d'altitude a incité à l'étude des sols de cet îlot. GONORD (1977), s'appuyant sur l'idée que les gypses étaient d'origine marine (évaporitique), a émis l'hypothèse d'une néotectonique cassante durant le Mio-Pliocène qui aurait abouti au surélévement de l'île (Cf. § 5). Il était donc intéressant d'observer en détail la morphologie des formations superficielles associées au gypse.

### I - LOCALISATION - PRESENTATION

L'îlot Leprédour, d'une surface de 570 ha est situé au NW de la baie de St Vincent, à 80 km au Nord de Nouméa. Il est séparé de la presqu'île de Bouraké par le canal Leprédour (ou canal Bouraké) large de 500 m.

Leprédour se situe dans une des zones les moins arrosées de la Nouvelle Calédonie. La pluviométrie annuelle moyenne y est plus faible qu'à Boulouparis (Cf : § 1, Fig. 3), c'est-à-dire nettement inférieure à 800 mm (Communication pers. du laboratoire d'hydrologie de l'ORSTOM - Nouméa).

#### 1.1 - LA GEOLOGIE

L'îlot possède une forme pyramidale dont le sommet est arasé et la base fortement évasée. Il culmine à 225 m. Les roches sédimentaires qui le composent présentent une succession décrite par NOESMOEN (1970) et ESPIRAT (1971) (Fig. 18).

- Le Trias supérieur ou Norien (e 1c) affleure dans toute la moitié ouest de l'île et constitue les formations basales de la partie est. Les roches sont composées de grauwackes stratifiés, en petites couches centimétriques ou décimétriques de grès feldspathiques, de pélites et de tufs.

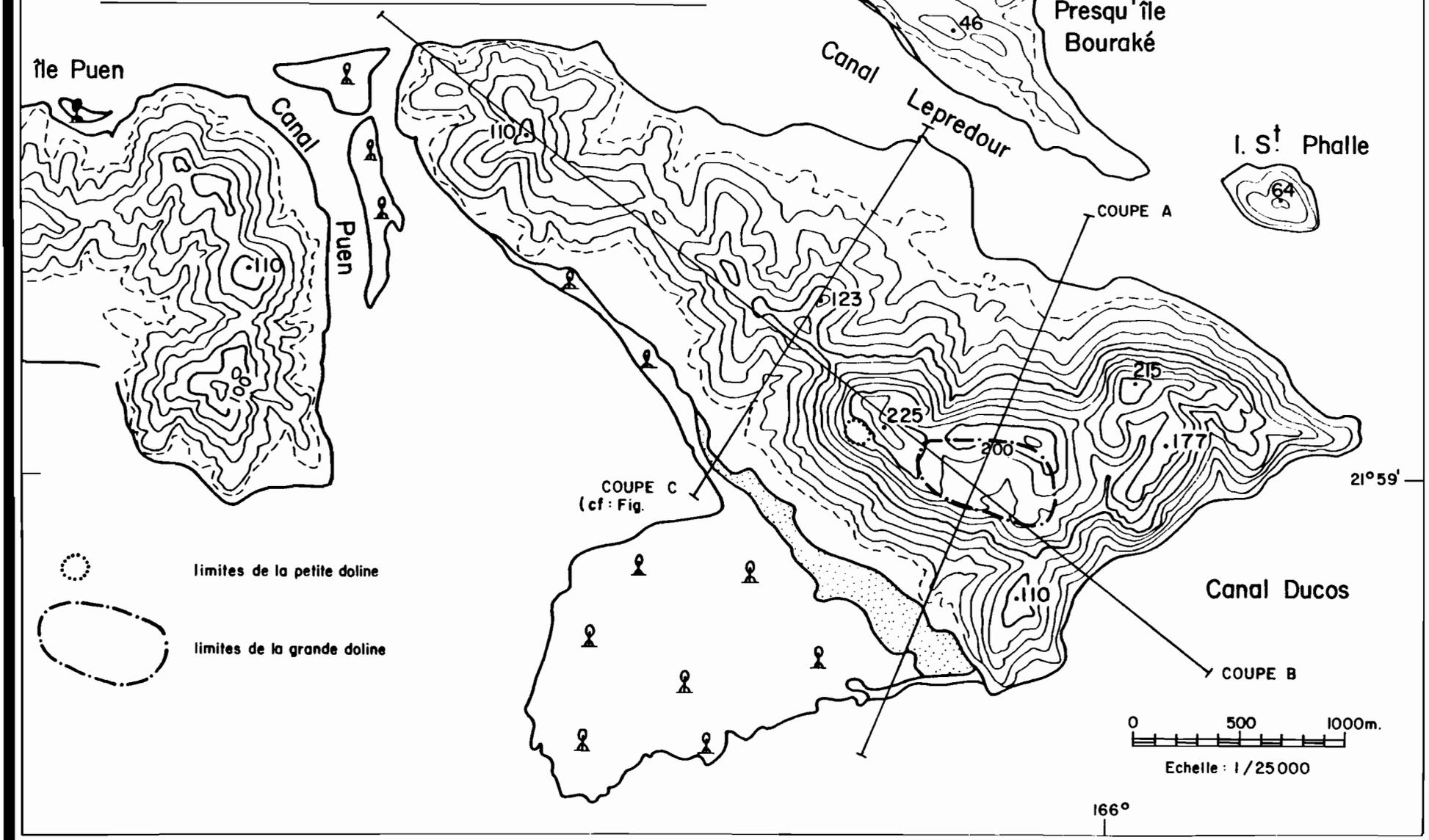
- Le Rhétien et le Lias (e 2a et e 2b) surmontent en continuité les assises noriennes dans la moitié SE de l'île. Leur composition est très voisine. Certains bancs du Lias constituent par endroits une véritable lumachelle.

- L'Eocène inférieur (d 3a) affleure sous forme de calcaire à la pointe NE seulement.

- L'Eocène moyen et supérieur (d 3b) est constitué par un flysch, transgressif sur les grauwackes triasiques ou liasiques, qui se compose des séries suivantes : à la base, un calcaire sableux et glauconieux grisâtre ; puis un calcaire rose violacé à brun rougeâtre légèrement feldspathique ; la séquence s'achève par un calcaire gréseux, ocre-rouge, où les éléments lithiques sont composés de tufs et de grauwackes.

- (NOESMOEN, 1970) et ESPIRAT (1971) ont décrit, dans une optique de géologues, trois faciès dans les formations colluvio-alluviales. *Les alluvions sur pédiments* (a1) désignent les sols développés directement à partir de la roche (principalement des grauwackes du Lias) et de leurs colluvions dans les plaines côtières. Ils se distinguent des assises triasiques par une importante rupture de pente. Les accumulations pédologiques sont plus importantes au Nord de l'île. Les sols les plus épais apparaissent directement au pied des formations rocheuses dans la partie haute de l'unité tandis que dans la partie basse, la roche-mère apparaît le plus souvent sous une couverture pédologique n'excédant pas 40 cm. *Les alluvions récentes* (a2) correspondent aux zones de plages surélevées, principalement dans la partie sud de l'île, ainsi qu'aux terrasses alluviales récentes de cours d'eau très éphémères. *Les alluvions des marais* (a3) composent la vaste mangrove à palétuviers, dotée d'un tanne s'étendant au sud-est de l'îlot.

ILOT LEPREDOUR - TOPOGRAPHIE - EMLACEMENT DES COUPES FIG.19



## 1.2 - LA GÉOMORPHOLOGIE (Fig. 19)

Dans la moitié SE de l'île, les calcaires reposent sur les grauwackes et constituent la partie sommitale de l'île (Fig. 20). Ils délimitent la partie de l'îlot où les pentes sont les plus fortes. A l'opposé, la moitié NW, dépourvue de calcaires est formée de collines à pente douce (Fig. 21).

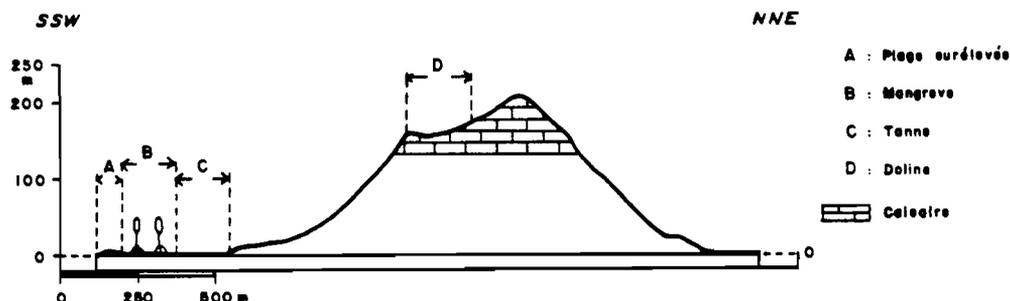


Figure 20 : Coupe transversale de l'îlot Leprédour (coupe A de la figure 19).

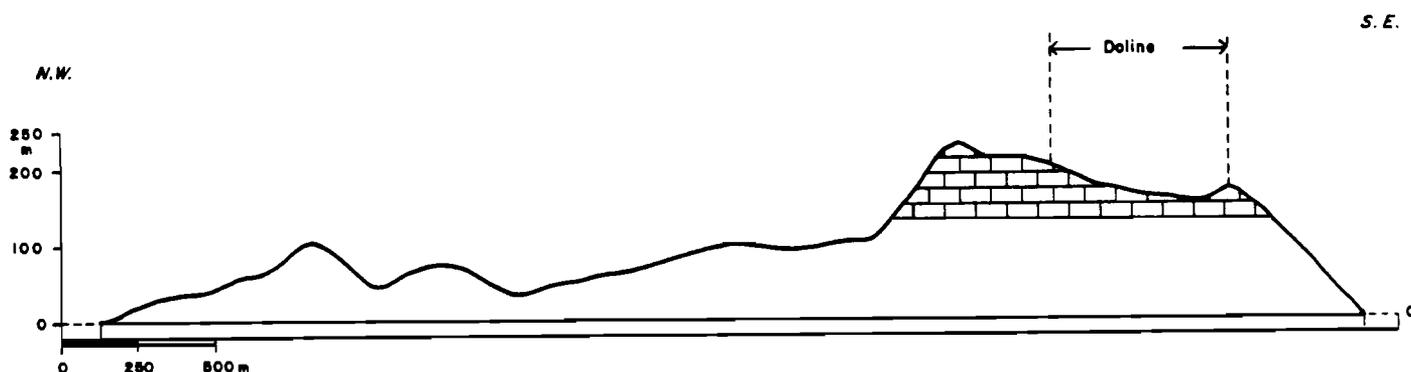


Figure 21 : Coupe longitudinale de l'îlot Leprédour (coupe B de la figure 19).

### Les calcaires

Dans cet édifice karstique, l'érosion a créé deux dolines. La première, inférieure à un hectare, se situe au sud du point culminant de l'île. La seconde, plus étendue, couvre une quinzaine d'hectares et se localise au SE du sommet principal. **Cette grande doline fait l'objet d'une étude détaillée, car elle contient le principal gisement de gypse de l'îlot.**

En forme de cuvette dissymétrique, la grande doline présente un exutoire vers le Sud. Une petite digue a été érigée en vue d'établir une retenue collinaire, laquelle est toujours dépourvue d'eau \*. Dans la partie nord de la doline, la roche mère composée de calcaires gris et roses affleure fréquemment en petites corniches marquant le pourtour de la cuvette, et en dos de baleine sur les bords intérieurs de la

\* La doline est fonctionnelle. J'ai pu observer à la suite d'une forte précipitation (80 mm en une nuit) une hauteur d'eau de 4 m dans la retenue. Moins de 5 h après la fin de l'averse, cette hauteur n'était plus que de 50 cm. L'eau s'était infiltrée dans les réseaux de fracture du calcaire par un exutoire au point le plus bas de la doline et alimentait des sources très éphémères à la base de la formation.

doline. Dans la partie sud, d'énormes blocs de calcaire gréseux à patine brun rouge foncé s'amassent en chaos rocheux. Leur forme est très aplatie et les bords sont arrondis.

### Les grauwackes

Dans la moitié SE de l'île, les grauwackes protégés de l'érosion par un "chapeau" de calcaire offrent des pentes très raides, pratiquement dépourvues de végétation et fortement ravinées par l'érosion.

Dans la moitié NW de l'île, ces grauwackes constituent les sommets arrondis à pentes plus molles recouvertes d'une végétation continue. On peut aussi constater sur le versant NE un petit replat au tiers inférieur de la pente à +60 m. Ce replat marque la partie supérieure des encroûtements carbonatés très développés dans le tiers inférieur de la pente. Ces croûtes calcaires disparaissent lorsque la déclivité décroît.

### Les plaines littorales

Dans la partie nord de l'île, la pente diminue progressivement et forme en contrebas un petit glacis et une plaine littorale.

Dans la partie sud, au contraire, la rupture de pente est plus brutale et l'on passe brusquement à une plaine littorale de dimension très restreinte où les éléments de nature colluviale se mêlent souvent à une ancienne plage exondée. En aval de cette plaine, le tanne et la mangrove s'étendent vers le SW, bordés au Sud par un cordon littoral composé de débris coralliens.

## 1.3 - LA VÉGÉTATION - L'OCCUPATION DES SOLS

L'îlot Leprédour a été institué en réserve zoologique et botanique intégrale. Autrefois peuplée de chèvres, et ayant contenu plus de 1000 cerfs dans un passé récent, l'île a fortement souffert d'un surpâturage excessif. Ainsi, le sous-bois de la forêt sclérophylle a été fortement endommagé compromettant la régénération du couvert arborescent. Celui-ci ne subsiste que sous une forme très dégradée sur les falaises calcaires et au fond des têtes de vallées encaissées.

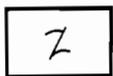
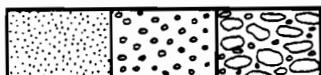
Dans la grande doline, la forêt a fait place à une savane à bois de fer *Casuarina collina*, avec des arbustes comme *Wickstroemia indica* et un couvert herbacé continu d'*Aristida neocaledonica*. Le couvert herbacé a été complètement arasé dans les parties les plus escarpées du SE et l'érosion affecte fortement les grauwackes en ravines profondes et parallèles.

Dans la moitié SE, la végétation est fortement dégradée. Il ne subsiste qu'une savane à rares arbustes rabougris comme *Wickstroemia indica*, *Lantana camara*, *Acacia farnesiana*. Le couvert herbacé à base de graminées de l'espèce *Botriochloa pertusa* est très discontinu. Dans la moitié NW de l'île, sur les collines de grauwackes à pente plus douce, se développent une savane arborée à gaïacs *Acacia spirorbis* et un couvert de graminées continu du type *Botriochloa pertusa*. Dans les plaines littorales, apparaissent quelques rares niaoulis *Melaleuca quinquenervia*. Sur le flanc nord, dès que les croûtes calcaires commencent à se développer, la densité des gaïacs et leur taille augmente de façon spectaculaire conjointement aux Casuarinas. Cette densité diminue à nouveau vers la plaine au fur et à mesure que les croûtes calcaires s'amenuisent.

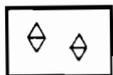
## II - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS

Trois séquences distinctes ont été décrites sur l'île Leprédour. Les deux premières intéressent la grande doline, sur calcaire gris d'une part et sur calcaire gréseux d'autre part. La troisième est placée au flanc nord de l'île, sur grauwacke.

Figure 23 : LEGENDE DES FIGURES

Horizon humifère \* (*humite*)*(humite) : pédotype (Beaudou, 1988)*Horizon structural - S \* (*structichron*)Horizon vertique - V (*vertichron*)Horizon à oxydes et hydroxydes de fer et/ou de manganèse  
-taches rouilles dans les gleys, ou horizons BPs des podzols (*oxydon*)Horizon à oxydes de fer réduit  
-taches verdâtres ou grises des gleys, horizon g (*réducton*)Horizon d'apport alluvial (*entaféron*)  
argiles et limons (*lutite*) / sables (*arénite*) / galets, pierres (*rudite*)Eléments grossiers formés "in situ" (*lapidon*)  
lithoreliques / altélithoreliques (frange d'altération) / nodulesEléments figurés (*séméton*)  
accumulations de manganèse dendrites, ponctuations /  
cristaux de gypse/  
volumes pulvérulents carbonatésHorizon carbonaté continu non induré (croûte calcaire) - K (*calcofragistérite*) /  
Horizon carbonaté continu induré (croûte calcaire) - Km (*calcopétrostérite*)

Altérite de roche en place - C

Roche mère en place - R (*régolite*)Horizon éluvié blanchi - E (*leuciton*)  
Figures 59a et 59b

\* Pour les horizons humifères et les horizons structuraux, l'augmentation de l'écart des hachures correspond à une diminution de l'importance du caractère du pédotype.

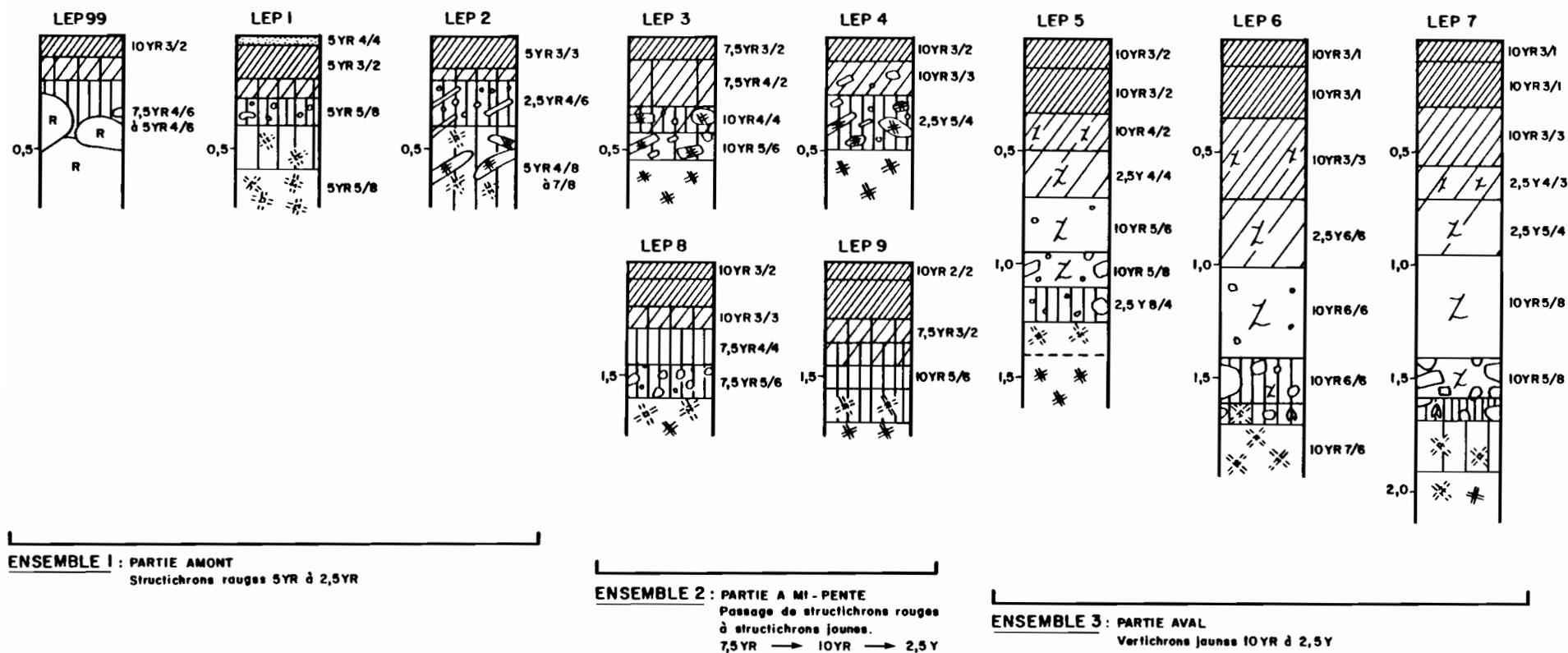


FIG:24- SÉQUENCE DE SOLS SUR CALCAIRE GRIS

## 2.1 - LES SOLS SUR CALCAIRE GRIS

La séquence sur calcaire gris, longue d'environ 400 m, est située sur le flanc NW de la doline (Fig. 22). A cet endroit, l'extrémité supérieure de la doline est délimitée par une corniche rocheuse ; la pente ne laisse apparaître que de rares affleurements lisses de calcaire massif en "dos de baleine". La séquence évite ces affleurements et comprend 10 profils répartis le long d'une pente moyenne à faible assez régulière et de morphologie légèrement concave. Les profils peuvent être répartis en 3 ensembles (Fig. 23 et 24).

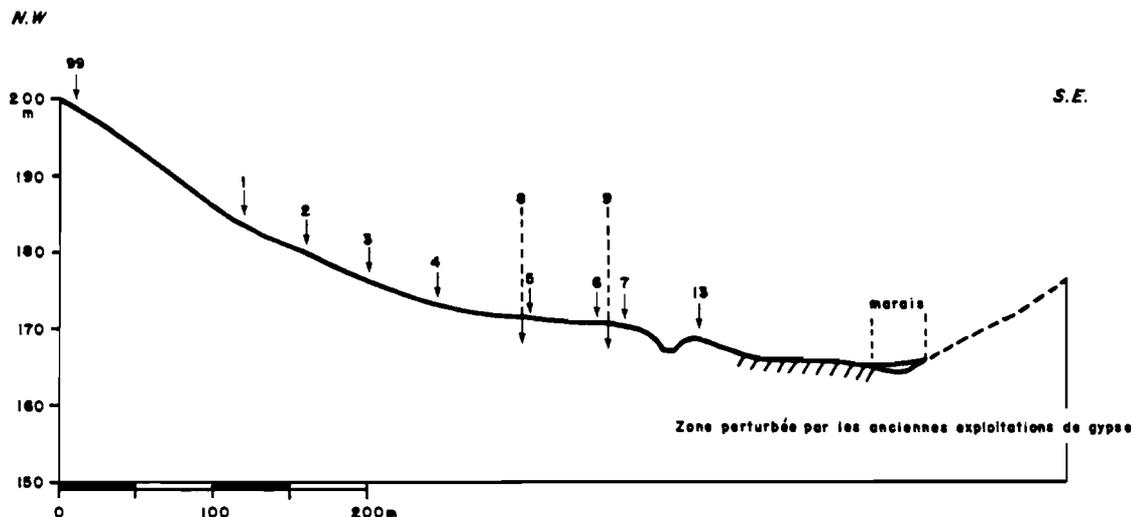


Figure 22 : Séquence de sols sur calcaire gris - Flanc NW de la doline.

### 2.11 - La partie amont (ou ensemble 1)

La pente proche de 10% au sommet de la séquence décroît sensiblement pour atteindre 8% à mi-hauteur du flanc de la doline. Trois profils ont été décrits sur ce segment : LEP 10, LEP 1 et LEP 2. Ils sont dotés de caractères morphologiques similaires.

L'apexol, épais de 60 cm environ, se décompose en plusieurs horizons. L'horizon humifère, brun rouge foncé, épais d'une quinzaine de centimètres surmonte un horizon de 10 à 20 cm qui fait transition avec un horizon à pédoplasation (structichron) de teinte rouge 5 YR 5/8 à 2,5 YR 4/6. Ces horizons meubles ont une structure anguclode fine très nette et une texture argilo-limono-sableuse. La terre fine ne réagit pas à l'acide ; elle montre les signes d'une intense activité biologique.

L'infrasol présente deux morphologies distinctes. Au niveau du profil LEP 10, situé au sommet de la doline, le calcaire massif apparaît brusquement. Il est surmonté d'une croûte carbonatée pelliculaire de 1 à 2 cm. Au niveau des profils LEP 1 et 2, plus en aval, le passage à la roche mère est plus progressif : on passe à une croûte calcaire à éléments de pédoplasation puis à une croûte calcaire à éléments de roche-mère calcaire. Ces éléments occupent 15 à 30% du volume sous forme de plaquettes horizontales dont la face supérieure est recouverte d'un encroûtement rubané de 1 à 2 cm d'épaisseur.

Le profil LEP 1 est surmonté d'un horizon d'apport de quelques centimètres. Il résulte de l'accumulation de matériaux fins en provenance d'une phase d'érosion en nappe.

### 2.12 - La partie à mi-pente (ou ensemble 2)

La pente décroît faiblement. De LEP 2 à LEP 4, elle passe progressivement de 8 à 4 %. Les profils LEP 3 et 4, auxquels il convient de rapprocher les profils LEP 8 et 9 désaxés sur le côté ouest de la séquence, montrent une succession d'horizons identiques à ceux situés plus en amont.

Cependant, la teinte de l'horizon de pédoplasation varie de 2,5 YR - 5 YR 4/6 (rouge - rouge jaunâtre) dans le profil LEP 2, à 7,5 YR - 10 YR 5/6 (brun vif - brun jaunâtre) dans les profils LEP 3, 8 et 9 ; elle passe à 10 YR - 2,5 Y 5/4 (brun jaunâtre - brun olive clair) dans le profil LEP 4. *Ainsi, la couleur devient plus jaune au fur et à mesure que l'on se rapproche de la partie basse de la séquence.* La structure devient également plus grossière et une structure prismatique se dégage dans certains structichrons.

### 2.13 - La partie aval de la séquence (ou ensemble 3)

Les profils LEP 5, 6 et 7 constituent la partie basse de la séquence. La pente décroît encore et s'annule aux abords du profil LEP 7. Brusquement, les sols s'épaississent et s'approfondissent vers l'aval. Ils atteignent une profondeur de 1,5 à 2,0 m. Leur morphologie s'apparente à celle des vertisols décrits dans la séquence TIA.

Les horizons humifères atteignent à présent 40 cm d'épaisseur. Leur teinte s'assombrit. La structure grumo-anguclode fine de surface passe à une structure anguclode grossière à prismoclude accompagnée de fentes verticales de 0,5 à 1 cm d'écart, jusqu'à 60 cm de profondeur.

Les horizons de transition, de teinte plus claire développent une structure anguclode polyédrique grossière à prismoclude, à laquelle s'ajoute parfois la présence de faces luisantes et striées. A la base de cet horizon de transition, on observe très fréquemment des descentes de matière organique sous forme de traînées ou de langues verticales le long d'anciennes fentes actuellement non visibles.

L'horizon verticale, de teinte brun jaunâtre à brun olive clair, possède une structure en fentes en coin (sphénoclude) typique, avec de très grandes faces de glissement parfois métriques. Des lithoreliques de calcaire gris, non altérés, à patine lisse, à bords arrondis, apparaissent dans l'horizon verticale. Leur dimension peut atteindre la taille de blocs (supérieure à 50 cm de diamètre).

Vers 1,20 m (LEP 5) à 1,60 m (LEP 6 et 7), l'horizon verticale perd progressivement sa structure sphénoclude exclusive, la structure devient plus massive, les faces de glissement moins nombreuses. Dans ce structichron apparaissent de nombreux granules carbonatés inférieurs à 1 cm de diamètre, puis des nodules, centimétriques. Ces poupées calcaires ont une teinte jaunâtre et sont souvent creuses. Dans les profils LEP 6 et 7, quelques rares lentilles de gypse d'une taille inférieure à 1 cm sont localisées immédiatement sous les blocs relictuels de calcaire.

Vers 1,40 m (LEP 5) à 1,80 m (LEP 7), le structichron passe très progressivement à une croûte calcaire pulvérulente. La proportion de terre fine carbonatée pulvérulente beige clair augmente régulièrement en profondeur au détriment de la phase argileuse. Ces volumes pulvérulents carbonatés continus s'indurent en profondeur pour former une croûte calcaire massive.

### 2.14 - Conclusion

Sur le flanc NW de la doline, la pente est faible, de forme rectiligne à légèrement concave. La déclivité décroît progressivement de 10% à 0.

## Les sols

Trois segments distincts se partagent la séquence.

En amont, les sols sont peu épais (leptiques) caractérisés par un structichron rouge, décarbonaté, de texture argileuse et de structure polyédrique fine. Cet horizon présente la morphologie d'un horizon fersiallitique FS d'un fersialsol rouge (BRESSION, RPF 1990) issu de la décarbonatation du calcaire massif.

A mi-pente, dans ces leptopexols, cet horizon rouge se transforme peu à peu en horizon jaune avec une surstructure prismatique, caractéristique de l'horizon fersiallitique jaune ou FSj d'un fersialsol jaune (RPF, 1990). Classiquement, cet horizon se trouve à l'aval de la séquence en position moins bien drainée.

A l'aval, le sol s'approfondit brutalement, l'horizon organique s'épaissit et passe progressivement à un horizon vertique épais, de teinte jaune sur un substrat carbonaté continu.

## Les éléments figurés

La morphologie des éléments figurés carbonatés dont la typologie a été définie par RUELLAN (1971) et MOREAU (1981) varie comme les sols en fonction de la position topographique et des conditions du drainage.

Au sommet, une fine *pellicule carbonatée* enrobe les éléments grossiers calcaires.

Du sommet jusqu'à mi-pente, un *encroûtement lamellaire* d'une dizaine de centimètres se développe sur les parties supérieures d'éléments individualisés d'une *croûte feuilletée*. Cette croûte devient continue en profondeur.

A l'aval, au niveau des sols vertiques, à la base du profil, les caractères vertiques disparaissent pendant que le sol s'enrichit en *granules* puis en *nodules* en forme de poupées. Le structichron passe progressivement à un *encroûtement massif* assez tendre. Cette zone doit connaître un drainage profond déficient (MOREAU, 1981).

Dans les vertisols, les autres éléments figurés sont représentés par de rares *cristaux de gypse lenticulaires* et quelques *ponctuations et concrétions* millimétriques *ferromanganésifères*.

## 2.2 - LES SOLS SUR CALCAIRE GRÉSEUX

Localisée sur le flanc NE de la doline, la séquence de sols sur calcaire gréseux est plus courte, 300 m, contre 500 m pour la séquence sur calcaire gris. La dénivelée est plus importante d'une vingtaine de mètres et la rupture de pente plus brutale que sur calcaire gris.

La pente est de forme classique convexo-concave : très forte dans le premier tiers (supérieure à 20%), elle diminue brusquement dans le deuxième tiers de la pente et pour finir, elle est régulière et rectiligne (environ 5%) dans la dernière partie. Elle permet de distinguer trois grandes unités pédologiques : une partie amont, une partie à mi-pente et une partie aval (Fig. 25 et 26).

### 2.21 - La partie amont (ou ensemble 1)

En amont, sur forte pente supérieure à 20%, les sols sont constitués d'un apexol réduit à un horizon humifère d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, très riche en éléments grossiers de calcaire massif ou de fragments de croûte calcaire. Comme le montre le profil LEP 20 représentatif de cet ensemble, l'horizon organique repose directement sur une croûte calcaire meuble (calcofragistérite) de couleur rose (7,5 YR 7/2). Au sein de cette croûte, il subsiste des traces de pédoplasation de teinte rouge le long du système racinaire horizontal.

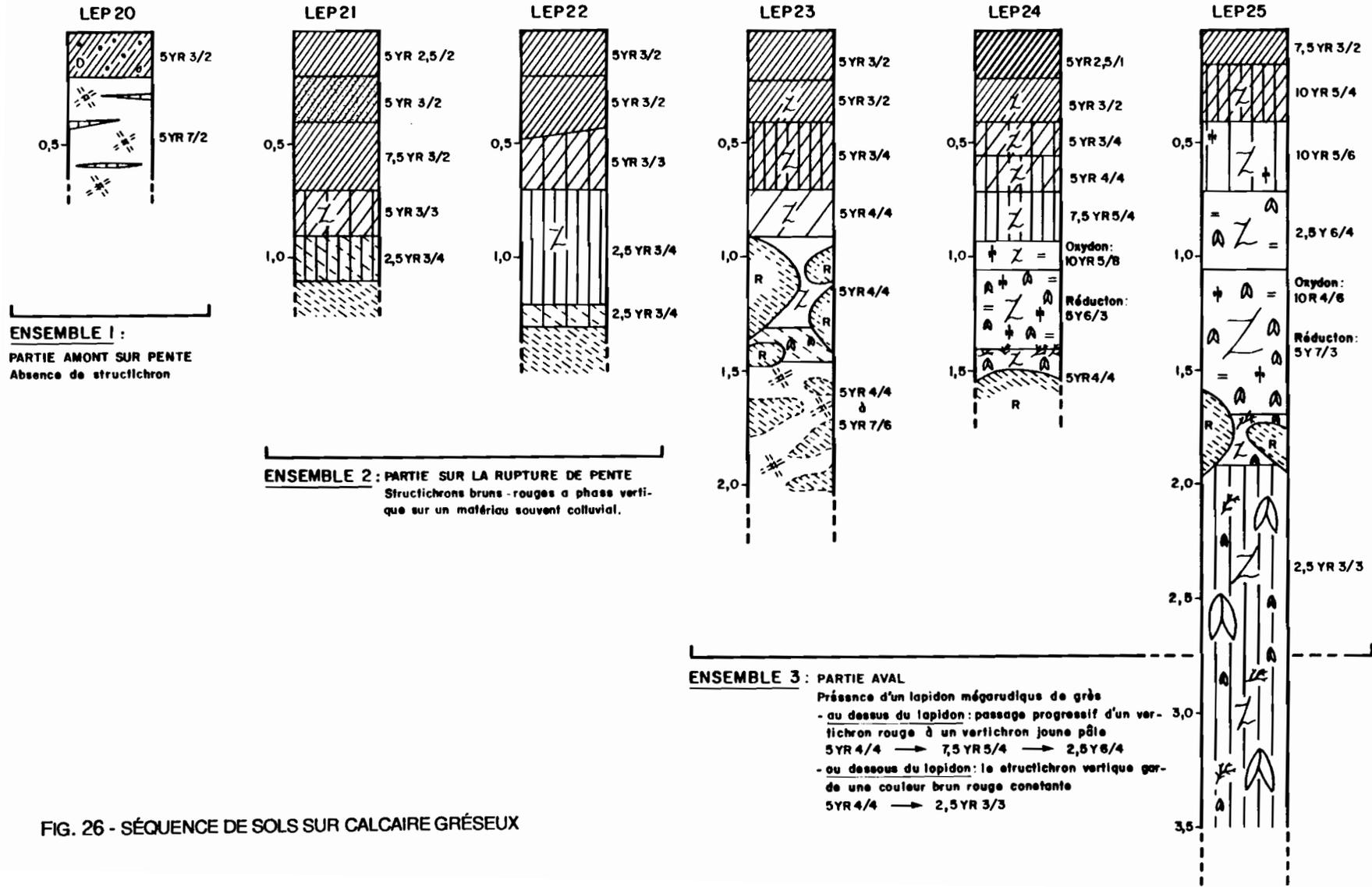


FIG. 26 - SÉQUENCE DE SOLS SUR CALCAIRE GRÉSEUX

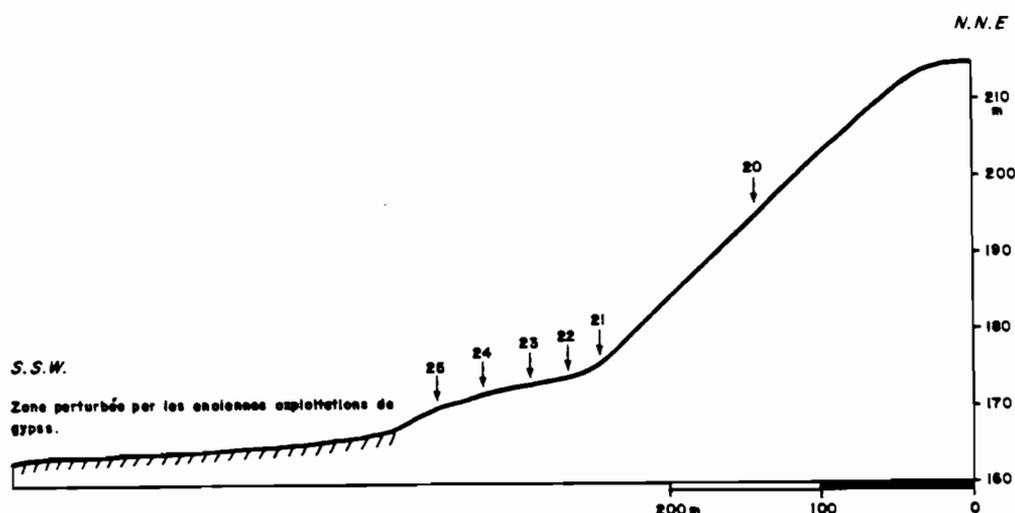


Figure 25 : Séquence de sols sur calcaire gréseux - Flanc NNE de la doline.

## 2.22 - La partie à mi-pente (ensemble 2)

La pente se réduit brusquement et passe de 20 à 10%. Les profils LEP 21 et 22 sont profonds de plus d'un mètre. Un horizon humifère d'épaisseur supérieure à 60 cm, de couleur brun-rouge foncé se développe à partir d'un matériau sablo-argileux, en grande partie d'origine colluviale. A la base du profil apparaissent successivement un horizon à pédoplasation très argileux, puis un horizon de transition avec l'altérite, plus sableux, tous deux de couleur brun rouge (2,5 YR 3/4). L'horizon très argileux présente des faces luisantes et striées décimétriques. L'ensemble des deux profils contient des éléments grossiers de la taille de graviers siliceux ou de nodules carbonatés centimétriques et arrondis.

## 2.23 - La partie aval (Ensemble 3)

Ce dernier segment est défini par 3 profils : LEP 23, 24 et 25. La pente s'adoucit. Elle passe progressivement à 7 puis 5%. Outre leur épaisseur plus affirmée, ces profils montrent tous dans l'infrasol de gros blocs décimétriques à métriques de calcaire gréseux très aplatis, à bords arrondis, à patine d'aspect lisse et un cortex d'altération de 1 à 5 cm.

On observe également une modification de la morphologie des profils.

**Le profil LEP 23** est constitué d'une succession classique et progressive (séquence TIA) : horizon humifère, horizon de transition, horizon vertique de teinte brun rouge (5 YR 4/4). La matière organique peut imprégner le profil jusqu'à 80 cm d'épaisseur par des traînées verticales descendues à la faveur d'anciennes fentes de retrait.

Vers un mètre, apparaissent les gros blocs altérés de calcaire gréseux. A partir de ce niveau, les horizons vertiques se chargent progressivement en petits cristaux de gypse lenticulaire d'une épaisseur inférieure à 0,3 cm, de teinte brun rouge, la même couleur que le matériau encaissant.

Sous les blocs de calcaire, entre 1,20 m et 1,50 m, apparaît un matériau très meuble, poreux, composé de grandes plages anastomosées d'une altérite de calcaire gréseux de teinte rouge, parfois orangé, au sein d'une croûte carbonatée

pulvérulente. Cette croûte carbonatée est épaisse de plus de 80 cm avant d'atteindre l'altérite.

**Le profil LEP 24** montre la même succession d'horizons. Cependant, les horizons humifères brun rouge (5 YR 3/4) sont moins épais.

Les caractères vertiques s'affirment à partir de 70 cm de profondeur avec les habituelles "descentes" de matière organique le long d'anciennes fentes verticales. La teinte de fond de l'horizon devient plus jaune (7,5 YR 5/4) et il apparaît des traces réticulées d'oxydo-réduction de teinte rouge et olive pâle. La proportion de couleur jaune augmente en profondeur.

De petits cristaux de gypse lenticulaires inférieurs à 0,3 cm de long apparaissent dans cet horizon. Ils ont une teinte orangée, sorte de résultante entre les couleurs rouges et beiges réticulées du matériau encaissant.

A la base de l'horizon vertique oxydo-réduit, un petit horizon noir, épais de 2 à 3 cm composé de dendrites et volumes pulvérulents délimite peut-être une limite de battement d'une nappe temporaire.

Brutalement, la couleur de l'horizon vertique devient à nouveau brun rouge (5 YR 4/4) avec quelques rares taches relictuelles d'oxydo-réduction. Les éléments figurés sont représentés par des cristallarias de gypse, tous inférieurs à 0,5 cm lenticulaires aplatis et orangés ou en sphéroïdes issus de l'agglomération de plusieurs cristaux lenticulaires plus petits, de teinte blanchâtre avec quelques traces noires de MnO<sub>2</sub>. L'ensemble de l'horizon est parsemé de ponctuations et dendrites de MnO<sub>2</sub>.

A partir de 1,50 m, un énorme bloc de calcaire gréseux incontournable masque la partie inférieure du profil.

**Dans le profil LEP 25**, les transformations annoncées dans le profil plus en amont s'expriment encore davantage.

L'horizon humifère est réduit à une vingtaine de centimètres. On passe immédiatement à un horizon de transition à caractères vertiques, de teinte brun jaunâtre (10 YR 5/4).

A partir de 0,40 m jusqu'à 1,70 m, les horizons vertiques montrent un réseau réticulé de taches d'oxydo-réduction. Dans la partie supérieure du profil, la teinte dominante est brun jaune à brun jaune clair (10 YR 5/4 à 2,5 Y 6/3). Les taches oxydées sont plutôt brun vif à orangé. Le contraste s'accroît en profondeur avec une teinte très claire (5 Y 7/3) de la phase réduite et une teinte rouge de la phase oxydée (10 R 4/6).

De très nombreux cristaux de gypse sont associés à ces horizons à partir de 70 cm de profondeur. Les cristaux peuvent atteindre 3 cm de long, 0,5 cm d'épaisseur et dépasser 30% en poids de sol sec! Les cristaux sont bicolores, à cœur rouge et à périphérie beige.

Vers 1,70 m, comme pour les profils précédents, apparaissent les blocs de calcaire gréseux. Leur cortex d'altération, sous forme de sable à éléments siliceux fins faiblement cimentés, peut atteindre 5 à 10 cm. Il est parcouru de ponctuations et de dendrites d'oxyde de manganèse.

Ces ponctuations et dendrites se retrouvent également dans l'horizon bariolé entre les éléments grossiers. Dans cet horizon, les cristaux de gypse, comme dans le cas du profil LEP 24, ont deux morphologies distinctes : une forme lenticulaire, de 1 à 2 cm de long, de teinte le plus souvent bicolore et une forme agglomérée, sphéroïdale, inférieure à 1 cm de diamètre, de teinte orangée.

Sous le niveau à blocs, se développe un sol de teinte brun rouge, argileux à sables grossiers, très compact avec des faces structurales luisantes et striées. L'horizon contient plus de 20% de cristaux de gypse lenticulaires agglomérés. Leur couleur est brun rouge avec de fréquentes taches noires d'oxyde de manganèse. Ces agglomérats ont une morphologie rappelant celle de "roses des sables" et leur taille peut atteindre 25 cm de long. L'épaisseur de cet horizon dépasse 1,50 m.

La séquence est interrompue dans le tiers inférieur de la pente par les remblais de l'ancienne mine de gypse.

## 2.24 - Conclusion

### Les sols

Trois ensembles pédologiques distincts se partagent la séquence en totale conformité avec la morphologie du modelé.

*Sur la pente forte*, le sol est de type calcimagnésique leptique, ou avec un horizon humifère carbonaté de type Aca reposant sur une croûte calcaire continue meuble, parfois indurée : horizon de type Km, caractéristique des CALCAROSOLS (GIRARD, RPF 1990).

Lorsque la pente décroît brutalement, *dans la partie concave du modelé*, une alimentation colluviale favorise l'épaississement des profils. Les résidus de l'altération des grès calcaires sont importants et riches en sables grossiers siliceux. Les sols sont des BRUNISOLS colluviaux argilo-sableux, de teinte lie-de-vin, peu différenciés. La structure des horizons profonds est mal exprimée, anguclode grossière à prismoclode avec toutefois des faces luisantes et striées, signe de la présence d'argiles gonflantes.

*En aval*, la séquence est occupée par des VERTISOLS. Dans la partie haute du segment, les horizons vertiques sont brun rouge et argilo-sableux ; vers l'aval, sous l'horizon humifère, ils s'enrichissent progressivement en argile et se colorent en jaune, et présentent des signes d'hydromorphie soulignées par des marbrures rouge vif sur un fond beige pâle, dans la partie basse du segment. Ces horizons bigarrés, à dominante jaune, reposent brutalement sur un horizon brun rouge, identique aux horizons vertiques de la partie amont du segment. Ils en sont séparés par un niveau peu épais à oxydes de manganèse et par la présence de blocs d'altélithoreliques de calcaire gréseux.

### Les éléments figurés

La morphologie des *éléments carbonatés* varie également en fonction de la position topographique. La *croûte massive* de la pente disparaît provisoirement dans la partie concave du modelé. Seuls subsistent alors quelques *pseudonodules*, à pellicule faiblement indurée délimitant un volume dont le coeur est identique au matériau extérieur. Dès l'apparition d'horizons vertiques, la base du profil est occupée par une *croûte pulvérulente*, très friable, avec de nombreuses plages sableuses ou structichromiques anastomosées.

Les accumulations d'*oxyde de manganèse* se manifestent dans la partie la plus basse du segment aval. Elles ont la forme de *dendrites*, de *ponctuations* denses et de *revêtements* (mangananes). Elles constituent le pédotype majeur d'un horizon de 5 à 15 cm d'épaisseur et situé vers 1,20 m de profondeur, généralement au même niveau que l'apparition des blocs d'altélithoreliques de calcaire gréseux. Sous ce niveau, dans l'horizon brun rouge argilo-sableux, les traces d'oxydes de manganèse sont plus discrètes.

*Ce niveau délimite une frange supérieure d'horizons argileux jaunes à marbrures rouges et d'une frange inférieure d'horizons argilo-sableux brun rouge. Ce marqueur de nappe aquifère délimite également deux morphologies distinctes de cristallisations de gypse.*

*Les accumulations de gypse* apparaissent dans les vertisols vers 0,80 m de profondeur. Dans les vertisols en amont, ces cristaux lenticulaires, dispersés, inférieurs à 1 cm de long, ont une couleur brun rouge identique à celle du matériau encaissant. Vers l'aval, la proportion des cristaux augmente pour atteindre plus de 25% en poids de sol sec ; leur teinte se modifie pour ressembler à celle du matériau encaissant. Deux morphologies d'associations cristallines sont nettement différenciées. Dans les horizons jaunes à marbrures rouges, les cristaux sont individualisés, centimétriques, *lenticulaires*, *bicolores beiges à la périphérie et rouges au coeur*. Dans les horizons lie-de-vin, les

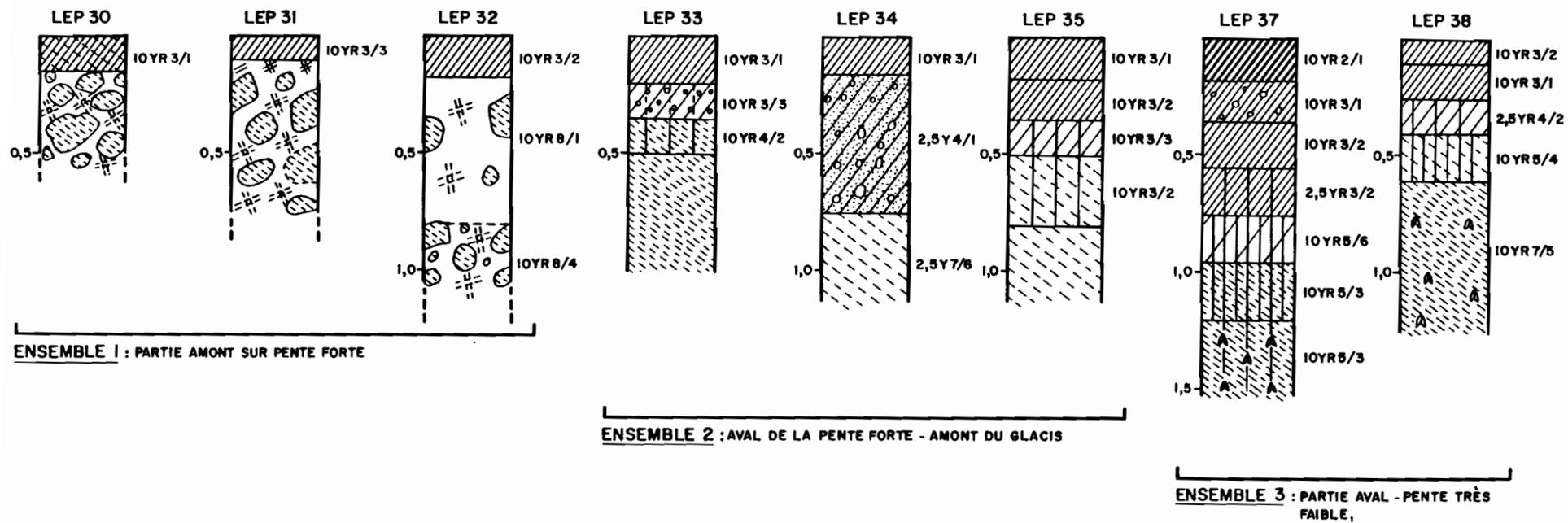


FIG: 28- SÉQUENCE DE SOLS SUR GRAUWACKE

cristaux de même couleur sont *agglomérés* comme des roses des sables en amas parfois décimétriques.

## 2.3 - LES SOLS SUR GRAUWACKE

Sur le versant NE, la dénivelée est très forte jusqu'au tiers inférieur de la pente, où un replat se dessine à la cote +60 m environ (Fig. 27a).

Depuis le sommet jusqu'à ce replat, l'érosion très active ne permet que l'existence de régosols avec un horizon humifère aléatoire reposant directement sur une isaltérite ou un altérégolite de grauwacke. A partir de ce replat, la pente s'accroît à nouveau et la séquence convexo-concave se délimite en trois segments classiques (Fig. 27b et 28).

### 2.31 - La partie amont (ou ensemble 1)

Au sommet du replat, le sol représenté par le profil LEP 30 se réduit à un horizon organique, peu épais, reposant sur une isaltérite de grauwacke dont certains éléments grossiers sont emballés dans une matrice carbonatée pulvérulente.

Sur le segment à forte pente, supérieure à 20%, une croûte calcaire meuble très épaisse se développe au-dessus de l'altérite de grauwacke. Comme le montre le profil LEP 31, elle englobe des éléments grossiers (altéolithoreliques) de la taille de pierres et de blocs de grauwackes non carbonatés. Au bas du segment, dans le profil LEP 32, le développement de cette croûte est maximale et peut atteindre plus d'un mètre d'épaisseur.

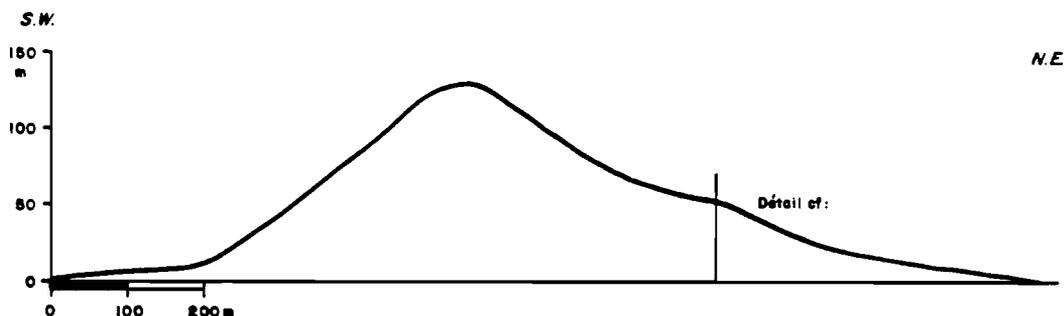


Figure 27a : Coupe C (fig. 19) - Séquence sur grauwackes.

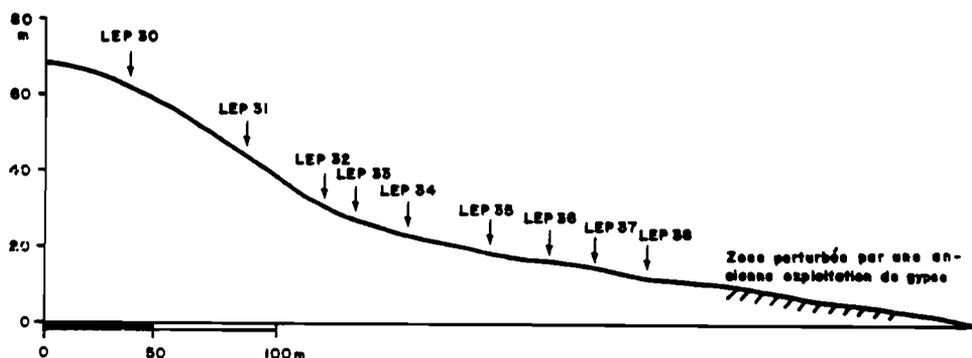


Figure 27b (détail de la figure 27a) : Séquence de sols sur grauwackes - versant NE.

### 2.32 - La partie en piémont (ou ensemble 2)

Dès que la pente s'infléchit ou décroît, la croûte calcaire disparaît totalement et l'altérite de grauwacke apparaît à une profondeur généralement inférieure à 0,70 m (profils LEP 33, 34 et 35). Les seules traces carbonatées sont des pseudomycéliums entre les fragments de l'altérite.

Le sol est généralement composé de 2 à 3 horizons : un horizon humifère, un horizon de transition à nombreux altérolithes dont la plupart sont d'origine colluviale et parfois d'un petit horizon à pédoplasation (STRUCTICHRON ou horizon S, RPF 1990) entre les éléments de l'altérite.

### 2.33 - La partie aval (ou ensemble 3)

Au bas de la séquence, seuls les profils LEP 37 et 38 ont été effectués sur des sols sans remaniement anthropique. La pente est faible (inférieure à 2%). En surface, des éléments grossiers colluviaux, de la taille de pierres ou de cailloux témoignent d'un apport possible d'éléments grossiers venant de l'amont de la pente. Ces apports, occasionnés lors de dépressions cycloniques, sont encouragés par des flancs très raides, peu protégés par une couverture végétale discontinue. La profondeur du sol est limitée à 1,20 m et aurait même tendance à décroître vers l'aval comme l'ont prouvé deux petites séquences effectuées en parallèle.

L'horizon à pédoplasation argilo-limoneux, de teinte brun jaune, qui s'annonçait dans les profils en piémont est bien individualisé.

Entre les bancs de l'altérite, apparaissent des veines où la pédoplasation se développe. Ces veines de 0,5 à 2 cm de large délimitent un réseau entre des éléments de l'altérite de 1 à 10 cm de large. Ce matériau néoformé est poreux ; c'est un lieu de passage des racines et surtout de l'eau. On y remarque de faibles quantités de cristaux de gypse automorphes, de forme polyédrique, d'une taille comprise entre 1 et 3 mm.

### Variantes

De petits ruisseaux à débit très éphémère entaillent le paysage. Les sols développés sur leurs alluvions sont peu différenciés : un horizon humifère repose sur un horizon d'apport constitué d'un mélange peu trié de limons, sables et petits graviers (lithoreliques de grauwacke). On peut remarquer, dans certains macropores, des cristallisations sous forme de volumes pulvérulents de carbonate de calcium. A la loupe, ces cristaux ont la forme d'aiguilles tapissant les parois des pores.

D'anciennes accumulations colluviales occupent les plaines du versant SW, ainsi que certaines poches sur le versant opposé. Ces sols, au départ profonds et peu différenciés, ont une texture très argileuse. L'épaisseur des horizons humifères et l'apparition de faces de glissement dans les horizons profonds montre leur évolution en vertisols. Dans l'horizon minéral de teinte brun olive, on note souvent d'abondantes concentrations de nodules carbonatés centimétriques sous la forme de "poupées calcaires".

### 2.34 - Conclusion

#### Les sols

La succession des différents types de sols est la suivante :

- Dans les deux premiers tiers de la pente, dans la partie où celle-ci est la plus forte (>20%), en amont du replat, les sols sont très érodés avec un horizon humifère aléatoire reposant sur une altérolite de grauwacke. Les sols sont de type LITHOSOL ou plus fréquemment REGOSOL (BAIZE, RPF 1990).

- *En aval de ce replat, jusqu'au bas de la pente* (le tiers inférieur de la pente globale), le sol est constitué d'un horizon humifère très noir reposant directement sur une croûte calcaire meuble, épaisse et continue (horizon K), englobant des éléments de grauwacke et reposant sur une altérite de grauwacke. Le sol est de type CALCAROSOL calcique (GIRARD, RPF 1990).

- *Dans la partie concave de la pente*, les formations de piémont peu épaisses, peu différenciées et riches en éléments grossiers colluviaux, peuvent être classées en BRUNISOLS colluviaux en raison d'une amorce de pédoplasation entre les éléments de l'altérite.

- *Dans la plaine*, les sols sont assez peu épais et dominés par des BRUNISOL qui se développent directement à partir de grauwackes. Leur profondeur tend à diminuer vers l'aval. Certaines accumulations colluviales anciennes évoluent en BRUNISOLS vertiques. Leur épaisseur est plus importante ; leur taux d'argile plus élevé coïncide avec l'apparition d'une structure verticale caractéristique. Les accumulations alluviales récentes liées aux "creeks" saisonniers sont peu évoluées et les FLUVISOLS (sols alluviaux) sablo-limoneux peu différenciés.

### Les éléments figurés

Si des traces de croûte calcaire, sous forme diffuse ou en accumulations discontinues, existent sur l'ensemble du versant sur grauwacke, ces *accumulations* sont *massives* dans le tiers inférieur de la pente à l'aval d'un petit replat.

Dans la partie concave de la pente, les sols bruns colluviaux drainants ne contiennent que des traces de *pseudomycélium* dans les fissures de l'altérite.

Dans la plaine, les accumulations carbonatées se manifestent dans les anciens sols colluviaux vertiques sous la forme de *nodules* centimétriques ou "poupées calcaires" classiquement observées dans les vertisols ; les sols alluviaux contiennent des *volumes pulvérulents carbonatés* qui ont une *forme aciculaire* et qui tapissent les macropores. Ces *accumulations carbonatées témoignent de l'actuelle dissolution des calcaires sommitaux et de la précipitation des carbonates dans les zones en aval très peu pentues.*

Dans la plaine, à l'aval des accumulations carbonatées de pente, les sols bruns contiennent des *cristaux de gypse automorphes* inférieurs à 1cm, dans le plasma argileux présent en réseau entre les éléments de l'altérite. Ces cristallisations se produisent dans les zones de circulations privilégiées de l'eau.

## 2.4 - CONCLUSION

L'île Leprédour contient le gisement de gypse le plus élevé de Nouvelle Calédonie à +180 m.

*Dans la doline sommitale*, les grands types de sols et les accumulations d'éléments figurés sont différents selon le faciès de la roche-mère et la géomorphologie.

Sur calcaire dur à pente moyenne et régulière, la couverture pédologique passe d'un fersialsol rouge à un fersialsol jaune puis à un vertisol jaune très peu pourvu en gypse.

Sur calcaire gréseux à pente forte puis faible, la couverture pédologique passe d'un calcarosol à un brunisol colluvial, un brunisol vertical, un vertisol brun rouge à gypse puis à un vertisol bariolé et brun rouge à gypse. Ce changement de couleur traduit une tendance à l'hydromorphie des horizons supérieurs, se manifestant par des teintes bariolées, et qui se différencient des horizons bruns rouges inférieurs par une accumulation de dendrites et ponctuations d'oxyde de manganèse. Cette limite correspond aussi à un niveau d'accumulation de blocs grossiers, arrondis et altérés de calcaire gréseux.

Dans cette dernière séquence, les cristallisations de gypse ont enregistré les modifications de leur milieu environnant. En amont de séquence, ils sont lenticulaires rouges, tandis qu'en aval, ils sont lenticulaires et bicolores rouges et beiges dans les horizons situés près de la surface, et agglomérés rouges dans la partie inférieure du profil.

*La séquence sur grauwacke* montre la succession de sols suivants : lithosol-régosol sur pente forte, calcarosol sur petit replat, brunisol colluvial, brunisol à gypse ou carbonates, fluvisols ou sols alluviaux sur les abords des cours d'eaux éphémères.

Il y a une quasi absence de vertisols dans cette séquence. Les plaines sont constituées soit de formations colluvio-alluviales relativement récentes et peu matures, soit de sols bruns très argileux peu développés, comme si la plaine était une ancienne surface d'érosion.

Les accumulations de sels le long de la séquence proviennent de la dissolution des calcaires et du gypse en position sommitale. Les calcaires s'accumulent sur plus d'un mètre d'épaisseur à partir de +60 m, dans le tiers inférieur de la pente souligné par un petit replat, tandis que les sulfates s'accumulent en aval des carbonates, entre les éléments de l'altérite de grauwacke, dans des veines où se développe la pédoplasation dans l'altérite, dans les zones de circulation d'eau préférentielles.

Les accumulations carbonatées semblent anciennes car à présent, les sols se forment à partir des ces croûtes calcaires qui deviennent ainsi une nouvelle roche-mère. Les accumulations carbonatées actuelles sont visibles en aval de ces anciennes croûtes dans les alluvions récentes, sous forme de microcristallisations dans les vides poreux.

### III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS

#### 3.1 - ANALYSES DES COMPOSANTS MINÉRAUX

Cette composition a surtout été étudiée dans les sols de la doline, afin de pouvoir comparer les vertisols jaunes, ne contenant que très peu de gypse et formés à partir de calcaire dur, et les vertisols rouges, puis rouges et jaunes à gypse provenant de calcaire gréseux.

##### 3.11 - La texture

###### *Dans la séquence sur calcaire dur*

Dans la partie amont de la séquence, correspondant aux fersialsols (Fig. 29, triangle 1), les profils sont très argileux, avec dans les horizons encroûtés de l'infrasol, des teneurs plus élevées en sables et en limons. Dans la partie aval de la séquence correspondant aux vertisols (Fig. 29, triangle 2), les horizons de surface et les horizons vertiques sont également très argileux, mais dans les horizons encroûtés, friables et très épais, seuls se concentrent les limons.

###### **Les minéraux lourds**

Les minéraux lourds (Tab. XVI) ont été déterminés dans le profil vertical afin de comparer les résultats au vertisol dérivant de calcaire gréseux. Les quantités de minéraux lourds sont assez faibles. Les minéraux transparents sont dominés par le zircon et l'enstatite, avec des traces d'épidote, de grenat, de tourmaline, et de rutile. Ces derniers minéraux, très résistants à l'érosion mécanique ou chimique sont assez caractéristiques des formations détritiques.

La présence d'enstatite, en lieu et place de l'augite, pyroxène caractéristique des formations basaltiques, est explicable en raison d'un possible apport détritique provenant des péridotites lors de leur mise en place contemporaine à ces dépôts volcano-sédimentaires d'une part, et d'autre part à la plus grande résistance chimique de l'orthopyroxène (enstatite) par rapport au clinopyroxène (augite).

###### *Dans la séquence sur calcaire gréseux*

La texture des calcarosols ou des brunisols colluviaux de la partie amont de la séquence est de type argilo-sableux dans les horizons de surface, à sablo-argileux dans

les horizons de profondeur (Fig. 29, triangle 3). Les sables sont surtout représentés par les sables grossiers dont la proportion généralement supérieure ou égale à 20% dans tous les horizons peut dépasser 40% dans l'horizon d'altération. Ces sables grossiers, issus du résidu de décarbonatation, et concentrés par colluvionnement, sont surtout constitués de lithoreliques et d'altélithoreliques de roche éruptive.

Dans la partie aval de la séquence, représentée par les vertisols, la proportion de sables et surtout de sables grossiers demeure importante dans les horizons de surface (supérieure à 20%) où elle est due à des apports colluviaux, et en profondeur au contact des blocs résiduels de calcaire gréseux peu altéré. Dans les horizons vertiques (Fig. 29, triangle 4), la proportion d'argile dépasse 60% pour atteindre 75% dans le profil le plus en aval.

### Comparaison entre les deux séquences

La différence de texture entre les fersialsols et les brunisols colluviaux des deux séquences est manifeste dans leur partie amont. Dans la partie aval, les vertisols des deux séquences montrent un apexol très argileux sans grande distinction possible, mais l'infrasol des vertisols sur calcaire dur est riche en limons alors que celui des calcaires gréseux est riche en sables grossiers.

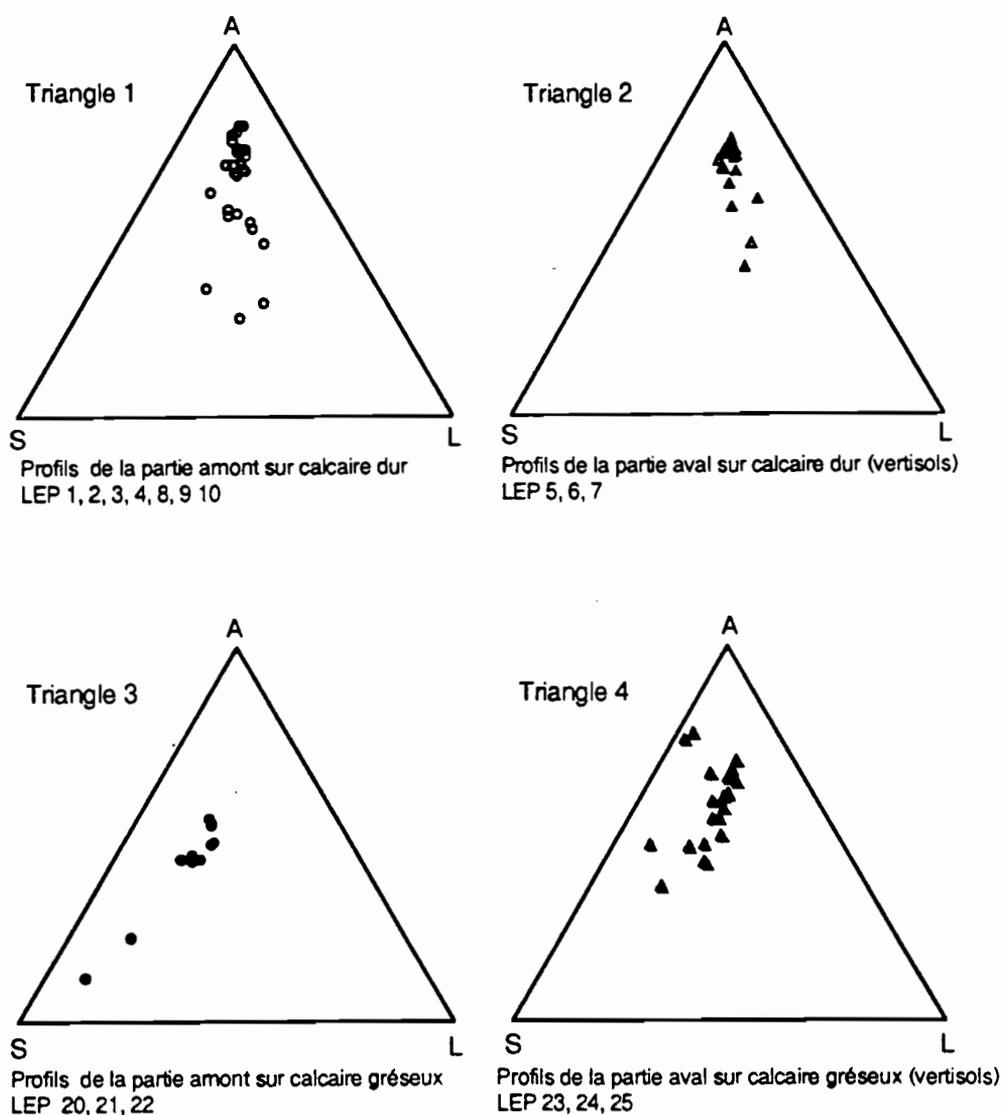


Figure 29 : Composition granulométrique des sols de la doline de l'îlot Leprédour.

### Les minéraux lourds

La nature des minéraux lourds du vertisol à gypse diffère nettement de celle du vertisol jaune de la séquence sur calcaire gris (Tab. XVI). Les teneurs en enstatite sont beaucoup plus réduites, de même que celles en zircon. Les minéraux comme la tourmaline, le rutile et le grenat ont pratiquement disparu. On note cependant l'apparition de barytine, sulfate très peu soluble.

#### *Dans la séquence sur grauwacke*

Que ce soit sur pente forte (régosol) ou dans la zone de piémont à la limite de la rupture de pente (brunisol colluvial), la granulométrie est équilibrée avec des teneurs en argiles, limons et sables (ALS) respectivement de 40-25-35% (LEP 30 à 35). Dans la zone de glaciaire (LEP 37 et 38), les brunisols vertiques à gypse sont plus diversifiés : les horizons supérieurs sont plus riches en sables et en limons (%ALS : 30-30-40), les horizons inférieurs, à cause d'une longue durée de pédoplasation, sont plus argilo-limoneux (%ALS : 55-30-15) tandis que les horizons d'altération sont à nouveau plus équilibrés (%ALS : 30-30-40).

On retrouve cette granulométrie équilibrée dans les brunisols colluviaux des zones d'épandage (LEP 45, 49, 51), tandis que les sols vertiques (LEP 46) sont argileux dès la surface (%ALS : 55-25-20).

Tableau XVI : Identification des minéraux lourds du profil LEP 6 - vertisol jaune sur calcaire dur - et du profil LEP 25 - vertisol à gypse, bariolé, sur calcaire gréseux.

HZ	EN	CR	AU	HO	EP	MO	GR	MU	TO	ZR	RU	AN	BR	BA	??	AL	GLOBAL	RA	%PO
6.1	23		+		14		6		6	49						2	232	88	0,41
2	37	1		+	11	2	2		9	36	+	2				+	268	91	0,38
3	23			2	3		8		11	44	7						419	90	0,72
4	24			+	5	1	4		3	43	11	3					769	90	0,72
5	32				5		8			35	10	10		+			653	93	0,87
6	26				3		3		6	46	6			4		6	202	95	0,87
7	11			1			18		44	41	14			7			216	95	0,31
25.1	68	3	2	1	23		1		1	3							28	80	0,14
2	3			2	3					3							96	75	0,57
3	3				5	2				25							120	90	0,96
4	3				5					9					15		113	92	2,23
5	11			tr	4		2			6	3						58	89	0,33
6	tr				7					+							38	97	0,46
7	1	1			28					59	4						23	97	0,18

HZ : Horizon

Les nombres représentent les pourcentages numériques des minéraux lourds présentés ci-dessous

EN : Enstatite                      CR : Chromite                      AU : Augite                      HO : Hornblende

EP : Epidote                      MO : Monazite                      GR : Grenat                      MU : Muscovite

TO : Tourmaline                      ZR : Zircon                      RU : Rutile                      AN : Anatase

BR : Brookite                      BA : Barytine                      ?? minéraux non identifiés                      AL : Altérés

GLOBAL : nombre de grains/ 1g de sable

RA : Rapport : % (opaques/ opaques + transparents)

% PO : Pourcentage pondéral de minéraux lourds / 100g de sable

### 3.12 - La micromorphologie

#### *Dans la séquence sur calcaire dur*

La micromorphologie des sols de la séquence sur calcaire dur distingue, de manière très nette, les fersialsols de la partie amont, des vertisols de la partie aval (Tab. XVII).

Dans la partie amont de la séquence constituée de fersialsols, les horizons de surface sont caractérisés par un plasma de structure aggloméroplasmique et un assemblage de type argillasépique sans trait pédologique majeur. Dans le structichron (horizon à pédoplasation), le plasma est de type porphyrosquélique et son assemblage de type vosépique, plus faiblement squelsépique, traduit la présence de dépôts cutaniques

(ferro-argillanes) autour des pores. Ces horizons sont donc des *horizons de départ* avec une mobilisation mécanique des éléments fins et des traces de dissolution des nodules carbonatés. Dans la frange d'altération de la croûte calcaire feuilletée et dure, 3 phases se sont succédé :

- la première phase correspond à la mise en place de la croûte calcaire avec dans sa partie supérieure une concentration plus importante de nodules ;
- la deuxième phase constitue en l'altération de ces nodules, au dépôt de ferro-argillanes et de mangananes autour des vides et une diffusion de manganèse dans les nodules ;
- la troisième phase correspond à l'individualisation terminale de micro-cristaux de carbonate de calcium (calcite ou aragonite ?) au milieu des pores.

Tableau XVII : Comparaison micromorphologique entre l'amont et l'aval de la séquence sur calcaire dur.

	AMONT - LEP 2 et 3	AVAL - LEP 6
HORIZON de SURFACE	HORIZON HUMIFERE	HORIZON HUMIFERE
Squelette	quartz : 5%, 20 à 200 µm	quartz : 5 à 10 %, 20 à 100 µm
Vides	tubulaires et vésiculaires	tubulaires et vésiculaires
Plasma	aggloméroplasmique - argillasépique	aggloméroplasmique - argillasépique
Cutanes		
Autres traits	métatubules structichromiques	métatubules structichromiques
HORIZON MINERAL	STRUCTICHRON	VERTICHRON
Squelette	quartz : 5%, 20 à 50 µm	quartz : 5 %, 20 à 100 µm
Vides	tubulaires et vésiculaires	planaires
Plasma	porphyrosquélique, vosépique	porphyrosquélique, bimasépique
Cutanes	ferro-argillanes	
Autres traits	altération des bords externes des nodules carbonatés	<i>papules</i> , nodules fragmentés <i>nodules ferrugineux</i> de 20 à 200 µm <i>concrétions ferro-manganiques</i> de 200 à 1500 µm
HORIZON D'ALTERATION	ALTERITE Altération de croûte lamellaire dure	ALTERITE altération de croûte massive friable
Squelette	quartz : 5%, 20 à 50 µm	quartz : 5 %, 20 à 100 µm
Vides	tubulaires et vésiculaires	tubulaires et planaires
Plasma	porphyrosquélique, vosépique	porphyrosquélique, argillasépique
Cutanes	ferro-argillanes et mangananes sur les bords internes du vide, soluanes sur les bords externes	argillanes diffus
Autres traits	<i>crystallarias</i> de carbonate de calcium de 20 à 50 µm dans les vides pénétration des oxydes de manganèse dans les nodules carbonatés	<i>crystallarias</i> de gypse, groupés en petits cristaux isogranulaires de 20 à 500 µm autour d'une lumière centrale, ou en amas plus isolés de cristaux en voie de dissolution entre 500 et 5000 µm. Gypse pseudomorphosé par de la calcite ? <i>calcitisation</i> englobant des éléments du squelette (quartz, nodules, etc...)

Dans les vertisols de la partie aval de la séquence, les horizons humifères de surface ne sont guère différents de ceux de la partie amont. Par contre, les horizons vertiques dévoilent leur propre organisation : vides planaires, orientation du plasma de type porphyrosquélique dans un mode d'assemblage de type bimasépique à lattisépique, concentrations de petits nodules ferrugineux (<200 µm) et de grosses concrétions de ferro-manganèse (taille souvent > 500 µm). Dans cet *horizon d'accumulation* se trouvent également des nodules ferrugineux fragmentés accréditant la thèse d'un transport mécanique de matériaux fins depuis la partie plus en amont de la séquence. Dans l'horizon d'altération de la croûte calcaire massive et friable, la matrice argileuse perd son

TABLEAU XVIII : Comparaison micromorphologique entre l'amont et l'aval de la séquence sur calcaire gréseux

	AMONT - LEP 20	PIEMONTE - LEP 22	AMONT DU GLACIS - LEP 23	AVAL DU GLACIS - LEP 25
HORIZON de SURFACE	HORIZON HUMIFERE	HORIZON HUMIFERE	HORIZON HUMIFERE	HORIZON HUMIFERE
Squelette	lithoreliques :15%, 300 à 500µm	lithoreliques :15%, 300 à 500µm	quartz : 5%, 20 à 50µm, lithoreliques, 20%, 200 à 500µm	quartz : 5%, 20 à 50µm, lithoreliques, 15%, 200 à 500µm
Vides	tubulaires et vésiculaires	tubulaires, vésiculaires et planaires	tubulaires, vésiculaires et planaires	tubulaires, vésiculaires et planaires
Plasma	aggloméroplasmique, argillasépique	aggloméroplasmique - légèrement squelsépique	aggloméroplasmique - insépique, squel-vosépique	aggloméroplasmique, argillasépique
Cutanes				
Autres traits				
HORIZON MINERAL		STRUCTICHRON	VERTICHRON rouge	VERTICHRON bariolé
Squelette		quartz : 10%, 20 à 50µm, lithoreliques et granules de calcaire, 20%, 200 à 500µm	quartz : 5%, 20 à 50µm, lithoreliques et granules de calcaire, 20%, 200 à 500µm	quartz : 5%, 20 à 50µm, lithoreliques, 10%, 200 à 500µm
Vides		tubulaires	planaires	planaires
Plasma		porphyrosquélique, bimasépique et squelsépique : autour des plus gros éléments du squelette	porphyrosquélique, masépique	porphyrosquélique, bi-masépique
Cutanes				
Autres traits		<i>nodules</i> : agglomération de petits nodules carbonatés en éléments plus gros, <i>septarias</i> carbonatés > 1000µm. <i>concrétions</i> ferro-manganiques de 300 à 400 µm	<i>crystallarias</i> de gypse de 3 à 4mm à inclusions argileuses, isolés dans la matrice <i>concrétions</i> ferro-manganiques de 200 à 400 µm, à partir de vides et du bord externe d'altéolithoreliques	<i>crystallarias</i> de gypse bicolores > 3 mm à inclusions argileuses rouges au cœur <i>papules</i> , anciens tubules et cutanes de ferro-argillanes
HORIZON ALTERATION	ALTERITE	ALTERITE	ALTERITE	
	Altération de croûte massive		altération de croûte massive friable	
Squelette	lithoreliques : 5 %, 400 à 600µm	quartz : 5%, 20 à 50µm, lithoreliques , 40%, 100 à 200µm		
Vides	tubulaires	tubulaires	tubulaires et vésiculaires	
Plasma	porphyrosquélique, cristique	aggloméroplasmique à intertextique masépique et squel-vosépique	porphyrosquélique, cristique et vosépique	
Cutanes	quasi-cutanes : ferro-argillanes revêtant d'anciens pores actuellement colmatés.	ferro-argillanes autour des concrétions, mangananes	ferro-argillanes et mangananes autour des vides et des éléments grossiers	
Autre traits		<i>concrétions</i> ferro-manganiques de 300 à 400 µm, non organisés, à partir de fentes	<i>crystallarias</i> de calcite se formant à partir des vides, corrosion des cristaux de gypse dans les phases du structichron	

organisation plasmique et la porosité redevient tubulaire. Autour de celle-ci, s'organisent de faibles traces de dépôts de type ferro-argillane. On observe par endroits des cristaux épars de gypse de taille moyenne (< 0,5 cm) avec des traces de dissolution et des cristaux de taille plus petite (<0,5 mm) en arrangement sphérolitique autour d'une lumière centrale. Ces arrangements sont la preuve qu'une circulation de l'eau existe au travers de cet horizon, même si elle reste limitée dans son débit.

#### *Dans la séquence sur calcaire gréseux*

Les données comparatives des principaux caractères micro-morphologiques de cette séquence sont résumés dans le tableau XVIII. Sur la pente forte constituée de sols d'érosion (LEP 20) ou dans la zone de piémont constituée de brunisols colluviaux (LEP 21 et 22), les horizons de surface sont constitués de 15% de lithoreliques ou d'altélithoreliques arrondies de roches volcaniques dont on discerne bien les microlites de feldspath plagioclase peu altérés. Ces éléments sont les constituants majeurs du résidu de décarbonatation de ces roches dénommées grès à ciment calcaire par GONORD (1977). La proportion des résidus de décarbonatation oscille entre 35 et 60% en fonction du type de faciès rencontré. L'horizon d'altération de la croûte calcaire massive sur pente forte (LEP 20) montre d'anciens revêtements diffus de pores (quasicutanes) actuellement colmatés par des recristallisations de calcite.

Dans les horizons à structichron du piémont colluvial, le plasma s'oriente, mais de façon peu nette ; des nodules carbonatés sont en cours d'accroissement et "absorbent" des nodules anciens plus petits. Des septarias beaucoup plus grosses, de taille supérieure à 1mm, se forment également, de même que des concrétions ferro-manganiques. Dans l'altérite, des cutanes de ferroargillanes assez épais (> 20  $\mu\text{m}$ ) s'organisent autour des vides et des concrétions. Ils traduisent des propriétés drainantes du sol.

Les vertisols du haut-glacis (LEP 23) diffèrent peu des brunisols, si ce n'est par la présence d'un horizon verticale à structure argileuse de type masépique, orienté selon les faces de contrainte et une porosité de type planaire au lieu d'être tubulaire. Il apparaît également des crystallarias millimétriques de gypse lenticulaire, individualisés dans la matrice argileuse et avec de nombreuses inclusions de nature identique à celles de l'encaissant. Les concrétions ferro-manganésifères, de 200 à 400  $\mu\text{m}$  de diamètre, se développent à partir du remplissage de pores, sous forme de mangananes, soit par l'envahissement progressif d'altélithoreliques par des ponctuations dispersées, soit par une accréation centripète. L'altérite formée par l'altération d'une croûte calcaire friable discontinue, à taches de structichron, montre à nouveau une porosité forte de type tubulaire, avec des traces de revêtements argileux nets autour des éléments grossiers et des vides. Dans les parties constituées de structichron, les cristaux de gypse relictuels sont fortement altérés.

Dans la partie aval du glacis, les horizons humifères du vertisol bariolé (LEP 25) montre une moindre proportion de lithoreliques et une absence d'organisation de plasma. Dans les horizons verticaux le plasma, dont le mode d'assemblage est bimasépique, laisse apparaître des plages brun-rouge et d'autres décolorées beige à gris pâle. Les plages "rouille" ont la forme de traînées laissant à penser qu'il s'agirait de papules provenant d'anciens ferro-argillanes. Si les crystallarias de gypse bicolores (rouille au cœur et beige en périphérie) sont nombreux et de grande taille, par contre *les concrétions de ferro-manganèse sont quasi-absentes*. La limite inférieure des horizons verticaux bariolés correspond à l'apparition de gros blocs altérés de grès. A ce niveau, l'assemblage de type porphyrosquélique et la porosité planaire passent brutalement à une porosité tubulaire forte et un assemblage intertextique. Cette forte porosité est favorable à de nombreux dépôts cutaniques sous forme d'argillanes, de ferro-argillanes et de mangananes. Sous ce niveau, la matrice argileuse rouge reprend le même aspect que dans la partie amont du glacis. Les cristaux de gypse quant à eux présentent des traces de recristallisation.

*Dans la séquence sur grauwacke*

Les caractérisations micromorphologiques de la séquence sur grauwacke n'ont été effectuées que sur les sols bruns vertiques du bas glacis (LEP 37 et 38) et les sols alluviaux (LEP 45) (Tab. XIX).

Tableau XIX : Caractérisations micromorphologiques des principaux sols à l'aval de la séquence sur grauwackes.

	AVAL - LEP 37 et 38	AVAL - LEP 45
HORIZON de SURFACE	HORIZON HUMIFERE	HORIZON HUMIFERE
Squelette	quartz : 5%, 50 à 200 µm lithoreliques : 20 à 30%, 200-800µm	quartz : 5 à 10 %, 20 à 50 µm lithoreliques : 20 %, 200-600µm
Vides	planaires, tubulaires et vésiculaires	tubulaires et vésiculaires
Plasma	intertextique à aggloméroplasmique argilla-sépique à faiblement squelsépique	aggloméroplasmique - argillasépique
HORIZON MINERAL	STRUCTICHRON	ENTAFERON - STRUCTICHRON
Squelette	quartz : 5%, 20 à 50 µm	quartz : 5 %, 20 à 100 µm
Vides	tubulaires et planaires	planaires et tubulaires
Plasma	porphyrosquélique - faiblement masépique	porphyrosquélique, argillasépique
Cutanes		<i>mangananes</i> autour des vides et des éléments grossiers, <i>soluanes</i> de carbonate de calcium dans les vides
Autres traits	<i>nodules</i> carbonatés, de 2 à 5 mm pénétration centripète des oxydes de fer dans les éléments de lithoreliques	
HORIZON D'ALTERATION	ALTERITE de grauwacke à phases de structichron	
Squelette	quartz : 5%, 20 à 50 µm	
Vides	tubulaires et vésiculaires	
Plasma	porphyrosquélique, insépique à vosépique dans le structichron, argillasépique	
Cutanes	argillanes pâles liés aux vides dans le structichron, plusieurs couches d'argillanes, quasicutanes	
Autres traits	<i>crystallarias</i> de gypse lenticulaire, de 50 µm à 1 mm et plus localisés dans le structichron, argillanes autour des cristaux ?, pseudomorphose calcitique des cristaux les plus en amont et les moins profonds.	

Les horizons de surface des sols bruns vertiques montrent une forte proportion de squelette (>40%), de taille et de nature très variables. Les horizons inférieurs, très argileux, ne présentent pas de traces de lessivage. Ces horizons humifères sont appauvris en argile comme la plupart des sols développés sur grauwackes de la région (Oua-Tom). Dans la matrice argileuse, très homogène et sans trait majeur, on peut noter le développement de quelques nodules carbonatés. Les horizons d'altération présentent deux ensembles distincts : des altélithoreliques, dont la pédoplasation présente différents stades d'évolution, et des zones à pédoplasation où la porosité tubulaire est importante. Dans ces zones, le plasma de type vosépique entoure également les éléments lithorelictuels. Les cristallisations de gypse, de tailles très variables, sont localisées exclusivement dans ce plasma. Les cristaux situés dans le profil le plus en amont et dans la partie la plus proche de la surface présentent des traces de dissolution et des

crystallisations connexes de calcite. Ailleurs, les cristaux sont parfois recouverts d'une fine pellicule argileuse.

Les traits pédologiques majeurs du profil d'apport colluvio-alluvial sont une absence d'organisation du plasma argileux et des dépôts d'oxydes de manganèse autour des éléments du squelette et des vides, semblant précéder les dépôts de fines aiguilles de carbonate de calcium dans les vides. Ces aiguilles sont assez abondantes pour être visibles à l'oeil nu.

### 3.13 - Les résultats analytiques

#### *Dans la séquence sur calcaire dur*

Les taux de résidus après décarbonatation du carbonate dur sont inférieurs à 5%. *Dans la partie amont* de la séquence, constituée de sols rubéfiés peu épais, le taux de fer "libre" est compris entre 60 et 75%. Ce taux important est exprimé par le pourcentage de fer DEB par rapport au fer total après attaque triacide et représenterait la fraction du fer non liée aux minéraux argileux ou aux minéraux primaires. Le rapport moléculaire silice/alumine est assez bas, compris entre 2 et 4, (dans le profil LEP 2 inférieur à 3). Ces valeurs confirment la dénomination de ces sols en fersols (Fig. 30, Tab. XX).

La fraction fine des horizons humifères et des horizons minéraux à pédoplasation (*structichron*) se compose principalement d'halloysite déshydratée (7 Å), de quartz, d'un peu de goethite alumineuse et de traces d'hématite. Dans les argiles extraites de la croûte calcaire, on observe des traces non négligeables de smectites.

*Dans la partie aval* vertique et de couleur jaune, on note une baisse sensible du fer "libre" dont la proportion oscille entre 47 et 61% avec un minimum dans les horizons vertiques. La proportion de fer total rapportée à celle de l'alumine atteint également son minimum dans les horizons vertiques. Le rapport silice/alumine est encore compris entre 2 et 4, mais il est supérieur à 3 et donc supérieur à celui enregistré dans la partie amont de la séquence (Fig. 30, Tab. XX).

La nature minéralogique des argiles traduit l'évolution morphologique des sols. Il subsiste des traces non négligeables d'halloysite, confirmant la thèse des apports mécaniques en provenance de la partie amont de la séquence. En revanche, les smectites apparaissent et montrent des pics bien développés. Ces pics atteignent leur maximum d'intensité dans les horizons vertiques, mais demeurent assez étalés.

C'est également dans les horizons vertiques que le pic de la goethite, en partie alumineuse, est le mieux exprimé. Il n'y a plus d'hématite (Fig. 31). La disparition progressive de l'hématite sur le versant de la toposéquence atténue la coloration rouge du sol au profit de la couleur jaune propre à la goethite. Cette teinte jaune est masquée dans la partie amont lorsque les deux états du fer sont présents en même temps dans le sol (TORRENT et al., 1983 ; SCHWERTMANN et TAYLOR, 1989). La disparition de l'hématite serait due à une instabilité plus grande que la goethite, en particulier lorsque cette dernière est en partie alumineuse (FITZPATRICK, 1988) dans les conditions réductrices d'un drainage interne restreint (JEANROY et al., 1991).

Les horizons à croûte friable carbonatée montrent une quasi-disparition de la métahalloysite et le pic très peu étalé de la smectite indique la bonne cristallisation de ce minéral. De rares fibres isolées de *palygorskite* sont observables au MET.

Distribution des éléments majeurs après attaque triacidedans les principaux sols de la doline de l'île Leprédour.

Figure 30

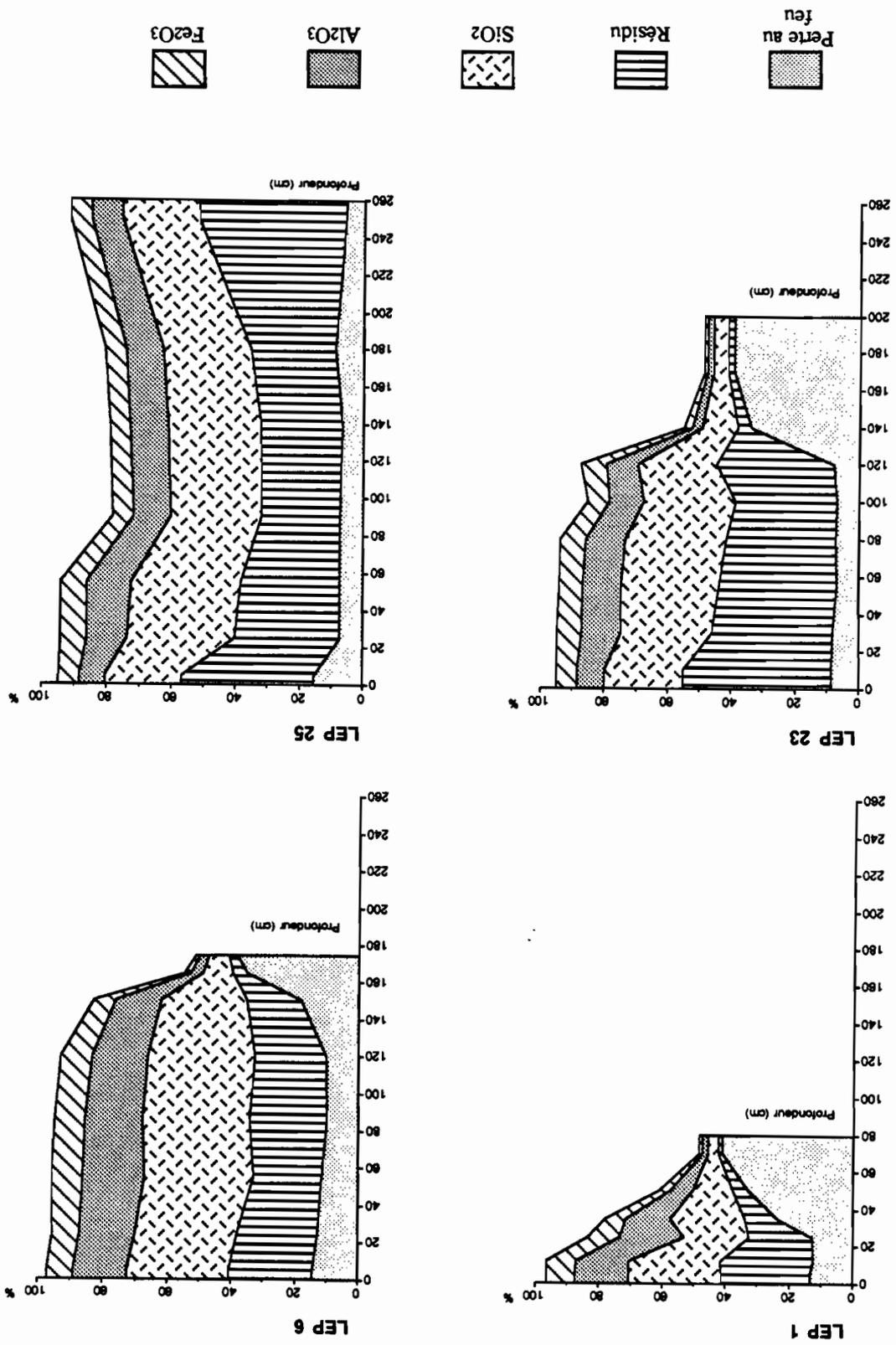


TABLEAU XX : Résultats analytiques et rapports moléculaires (après attaque triacide) des principaux types de sols de la doline.

Sur calcaire dur : LEP 1 : ferralsol rouge et LEP 6 : Vertisol jaune.

Sur calcaire gréseux : LEP 23 vertisol rouge et LEP 25 vertisol jaune et rouge.

Profil Horizon	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> DEB %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO %	MnO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	résidu %	Profil Horizon	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> DEB %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO %	MnO <sub>2</sub> %	SiO <sub>2</sub> / Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	résidu %
1.1	64,59	1,88	0,76	0,26	2,9	28,02	23.1	44,94	1,38	1,34	0,14	4,8	46,40
1.2	68,21	1,85	0,70	0,27	2,9	29,02	23.2	47,80	1,63	1,36	0,18	3,9	37,98
1.3	60,66	2,04	0,81	0,19	2,8	20,00	23.3	41,61	1,59	1,48	0,09	4,3	36,80
1.4	62,96	2,16	0,80	0,08	2,8	10,16	23.4	40,10	1,59	1,89	0,05	4,3	34,32
1.5	72,95	2,19	0,70	0,04	2,9	4,66	23.5	40,67	1,55	1,55	0,67	4,6	31,62
1.6	66,27	2,25	0,46	0,01	3,0	1,16	23.6	30,85	1,27	1,97	0,65	4,1	36,84
							23.7	38,31	1,25	0,78	0,06	4,6	4,42
							23.8	57,89	1,86	0,41	0,03	4,4	1,84
6.1	56,95	2,08	0,96	0,28	3,2	26,36	25.1	43,04	1,34	1,21	0,14	4,9	41,44
6.2	57,97	2,01	0,97	0,27	3,2	25,26	25.2	35,74	1,58	1,29	0,02	4,5	32,90
6.3	50,83	1,99	1,03	0,28	3,0	21,44	25.3	34,17	1,74	1,27	0,01	4,1	31,38
6.4	48,88	1,92	1,08	0,27	3,1	24,22	25.4	37,42	1,77	1,04	0,01	4,2	24,56
6.5	47,79	1,82	1,12	0,40	3,3	22,56	25.5	38,45	1,94	1,07	0,01	4,1	25,66
6.6	53,24	2,12	0,96	0,16	3,2	16,92	25.6	33,60	1,85	1,16	0,19	4,0	26,72
6.7	61,11	2,04	0,60	0,04	3,8	4,44	25.7	39,12	1,53	1,22	0,27	4,2	46,20
6.8		2,16	0,56	0,03	3,9	2,36							

#### *Dans la séquence sur calcaire gréseux*

Les taux de résidus de décarbonation des calcaires gréseux sont fluctuants en raison de la variation latérale de faciès. Ce taux oscille entre 35 et 60% (GONORD, 1977). Le taux de résidus à l'attaque triacide est également élevé dans les sols bruns, en amont de la séquence, et même dans les vertisols brun-rouge (LEP 23). Ces résidus, témoins d'une faible maturation des sols, sont largement dominés par la présence des feldspaths plagioclases, visibles dans les lithoreliques de roche éruptive. Les teneurs en fer libre rapportées au fer total sont généralement comprises entre 40 et 50%, en nette diminution par rapport à la séquence sur calcaire dur. Le rapport silice/ alumine du résultat de l'attaque triacide est supérieur à 4 dans toute la séquence, indice de la présence abondante de smectites (Fig. 30, Tab XX).

Dans la partie aval de la séquence, le pourcentage de résidus est corrélé à la granulométrie : les horizons vertiques bariolés très argileux, contenant peu de sables grossiers ont une teneur en résidus (après attaque triacide) proche de 25% alors que dans les horizons plus sableux, cette teneur peut dépasser 40%. Le rapport alumine/fer (à l'attaque triacide) est plus faible que dans la séquence sur calcaire dur, mais les variations entre l'amont et l'aval de la séquence ne sont pas significatives. Le pourcentage de fer DEB rapporté au fer total est compris entre 30 et 40 ; il est légèrement plus faible que dans la partie amont de la séquence et surtout bien plus faible que dans la séquence sur calcaire dur. Ce pourcentage de fer "libre" plus faible associé à un taux de fer total identique indique qu'à la faveur des conditions d'hydromorphie, une faible fraction du fer s'est intégré au réseau des smectites vraisemblablement aux dépens du magnésium dont le pourcentage total est en légère baisse (FITZPATRICK et LEROUX, 1977).

L'absence presque totale de manganèse dans les horizons bariolés confirme ainsi la rareté des nodules et concrétions de fer-manganèse constatée lors de l'examen micromorphologique de ces horizons.

La coloration des cristaux de gypse dans l'ensemble de la séquence a retenu une attention particulière. Une dissolution complète de différents cristaux de teinte rouge, beige ou de fragments de cristaux bicolores correspondant à une phase rouge ou beige a été effectuée et le résidu de dissolution a été caractérisé par une analyse DRX (Fig. 31). La proportion de la fraction insoluble (entre 1 et 5%) est indépendante de la phase ou de l'horizon. La différenciation par la couleur se fonde essentiellement sur une distinction de la nature minéralogique des inclusions (Tab XXI). Celle-ci montre une concentration plus

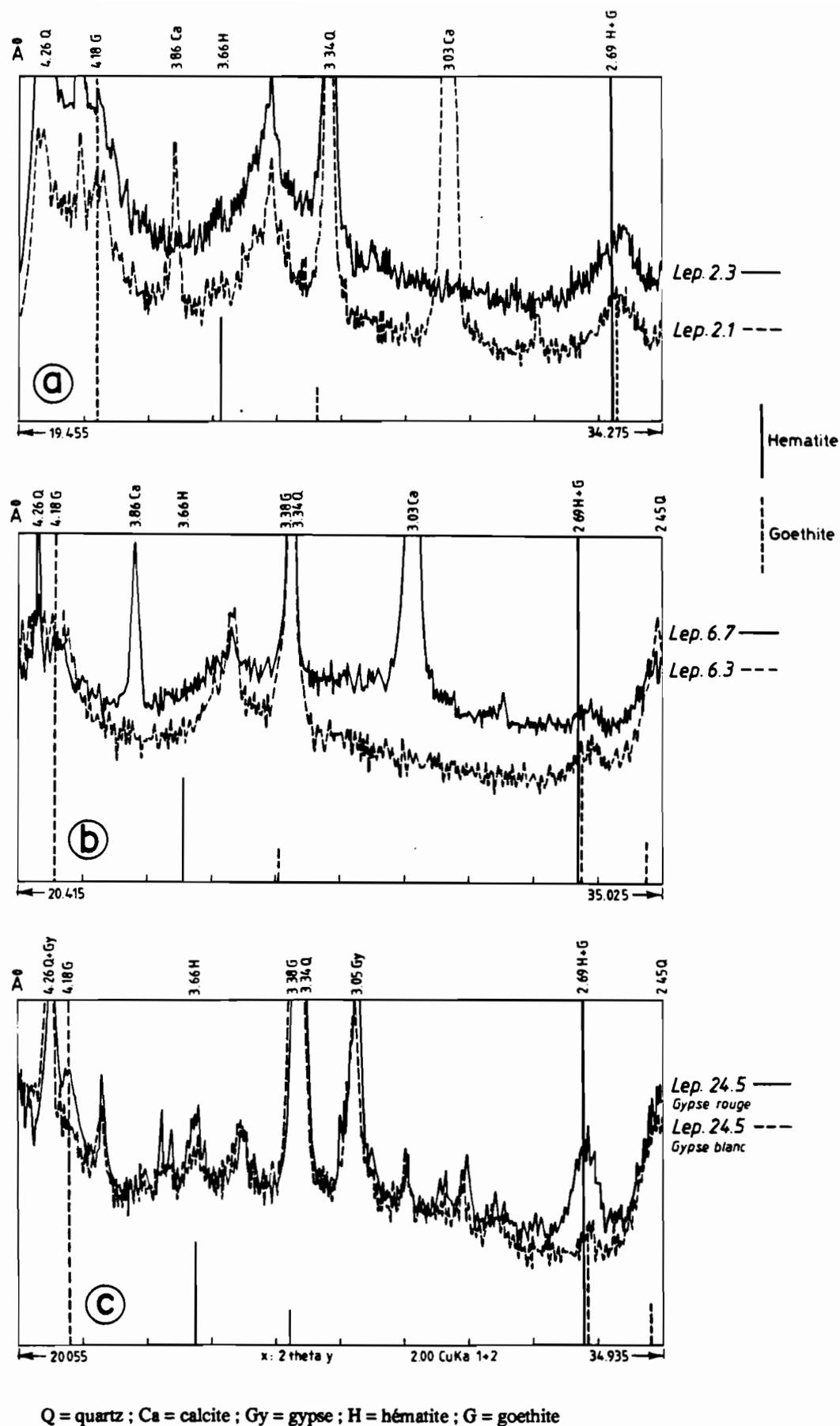


Figure 31 : Diagrammes diffractométriques de la fraction argileuse :

a - Profil LEP 2 - fersialsol de la partie amont de la séquence sur calcaire gris.

Horizon humifère (Lep. 2.1) et horizon fersiallitique rouge décarbonaté (Lep. 2.3). Présence d'hématite et de goéthite alumineuse.

b - Profil LEP 6 - vertisol de la partie aval de la séquence sur calcaire gris.

Horizon vertique décarbonaté (Lep. 6.3) et horizon à crôte calcaire friable (Lep. 6.7). Présence de la seule goéthite alumineuse.

c - Résidu de dissolution d'un cristal de gypse provenant d'un vertisol de la séquence sur calcaire gréseux (LEP 24.5). Coeur rouge du cristal riche en hématite et en goéthite, périphérie blanche pauvre en hématite et goéthite.

importante de fer principalement sous forme d'hématite dans les fractions teintées en rouge, alors que dans la partie beige, les pics de goethite et d'hématite sont plus réduits. Les minéraux communs aux deux fractions sont le quartz, les feldspaths ainsi que les smectites pour la fraction argileuse.

Tableau XXI : Composition minéralogique (R.X.) de la fraction résiduelle après dissolution des différentes fractions colorées du gypse (Or = orange, R = rouge, B = beige).

Horizons Minéraux	LEP 23.5	LEP 24.5		LEP 25.4		LEP 25.6		LEP 25.7	
		Or	B	R	B	R	B	R	B
SMECTITE	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ILLITE (traces)	x	x	x	x	x			x	x
HEMATITE	X	X		X		x		X	
GOETHITE		X		X		x		x	
ANATASE	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Feld. PLAGIO.	X	X	X	X	X	X	X	X	X
QUARTZ	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tableau XXII : Composition chimique de la fraction rouge et de la fraction blanche résiduelle après dissolution d'un cristal de gypse de l'horizon LEP 25.4.

LEP 25.4	pfeu	Résidu	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
Blanc	10,70	25,25	37,20	15,40	8,50	0,02	0,95	0,02	1,50	1,04	0,62	0,16
Rouge	13,25	16,80	32,55	13,30	21,00	0,02	0,77	0,03	1,75	0,92	0,51	0,29

## 3.2 - AUTRES CARACTERISATIONS ANALYTIQUES

### 3.21 - Les sels solubles

Les extraits ont été obtenus par dilution à l'eau au 1/2. Les variations de la conductivité électrique, proportionnelles aux variations de teneurs en sels, sont représentées sur la figure 32. Les principaux ions dissous (Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup> et SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) ont été analysés lorsque la conductivité électrique de la solution était supérieure à 0,5 mS. Les variations de teneurs sont données pour quelques profils sur la figure 33.

Le pH de l'extrait est généralement voisin de 6,0 ; dans les horizons riches en sulfates, il est proche de 5,5.

#### *Dans la séquence sur calcaire dur*

Les fersialsols de la partie amont (LEP 1, 2, 3, 4, 8, 9 et 10) sont trop peu épais pour concentrer des quantités appréciables de sels.

Dans les vertisols de la partie aval (LEP 5, 6 et 7), les sels sont totalement absents des extraits des horizons de surface. Ils se concentrent progressivement à partir des horizons vertiques (0,60 m) pour atteindre un maximum de 3,0 mS vers 1,00 m à 1,50 m de profondeur. Le chlorure de sodium est le sel généralement dominant. Le taux de chlorures est équivalent au taux de Ca<sup>++</sup> + Mg<sup>++</sup> + Na<sup>+</sup> et atteint 5,0 mé/100g de sol. Dans les horizons de profondeur, la présence de gypse se traduit par une brutale augmentation du taux de sulfates correspondant à une augmentation parallèle du taux de calcium et de magnésium.

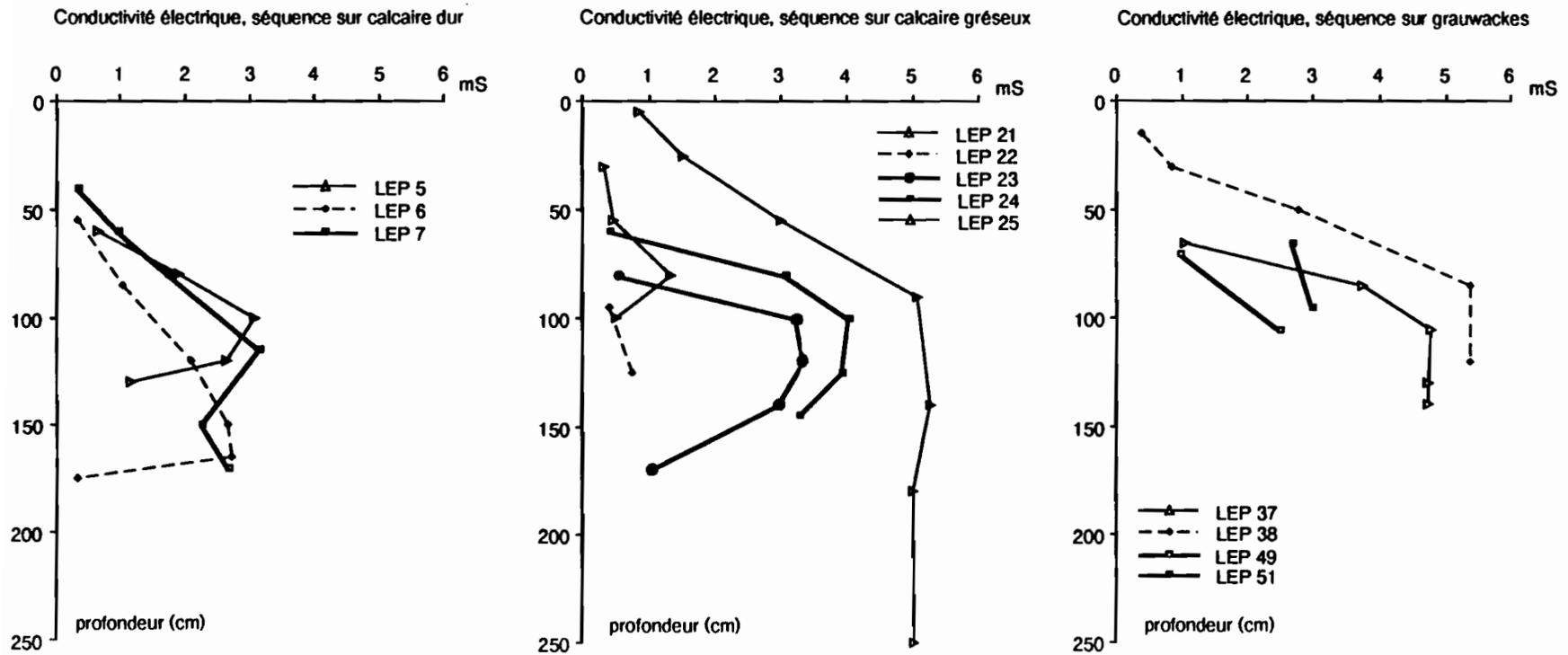


Figure 32

Conductivité électrique de l'extrait des sels solubles (au 1/2, à l'eau) des principaux profils de l'île Leprédour

*Dans la séquence sur calcaire gréseux*

Les sels sont très peu abondants dans les régosols et les brunisols colluviaux (LEP 20 à 22). Ils se concentrent dans les vertisols (LEP 23 à 25). Les horizons supérieurs sont toujours pauvres en sels, le maximum de la conductivité électrique de l'extrait au 1/2 est atteint vers 1,20 m de profondeur. De l'amont vers l'aval du glacis, ce maximum de conductivité augmente de 3,0 à 5,0 mS et les sels se concentrent à partir d'une profondeur de plus en plus faible.

En amont du glacis (LEP 23), le sulfate de calcium représente le seul sel qui s'accumule dans le sol. Le drainage latéral provoqué par la forte pente ne permet pas la concentration du chlorure de sodium. En aval (LEP 25), les chlorures se concentrent déjà à partir des horizons proches de la surface, pour atteindre leur maximum (4mé/100g) vers 1,00 m de profondeur. Ce niveau correspond également à une augmentation brutale des teneurs en sulfates qui se stabilisent à 12 mé/100 g dans l'infrasol, alors que les taux de chlorures décroissent faiblement. L'ion calcium, et dans une moindre mesure l'ion magnésium, suivent la courbe du sulfate et l'ion sodium est en excès par rapport aux chlorures.

*Dans la séquence sur grauwacke*

Tout comme dans les deux séquences décrites ci-dessus, les teneurs en sels sont très peu abondantes dans tous les profils situés sur forte pente (LEP 30 à 35), ou dans les sols alluviaux de la plaine (LEP 45). Dans les vertisols sur colluvions anciennes (LEP 46, 49 et 51), la conductivité ne dépasse pas 3,0 mS à 1,00 mètre de profondeur, tandis que sur le glacis colluvial (LEP 37 et 38), la résistivité de l'extrait atteint 5,0 mS dans l'altérite à 1,00 m de profondeur au niveau de l'horizon d'altération à gypse.

La répartition des sels dans les sols à gypse du glacis (LEP 37 et 38) ressemble à celle du vertisol bariolé de la séquence sur calcaire gréseux (LEP 25). Les teneurs en chlorure de sodium augmentent progressivement depuis la base des horizons humifères pour atteindre un maximum de 4,0 mé/100g environ vers 0,50 m de profondeur, puis leur teneur reste constante dans la partie inférieure du profil, tandis que les teneurs en sulfates augmentent brutalement pour dépasser 10mé/100 g dans les horizons à gypse vers 0,80 m de profondeur, puis restent constantes dans l'altérite.

### 3.22 - Les carbonates

Les carbonates ont été dosés par calcimétrie sur la fraction fine du sol, tamisé à 2 mm.

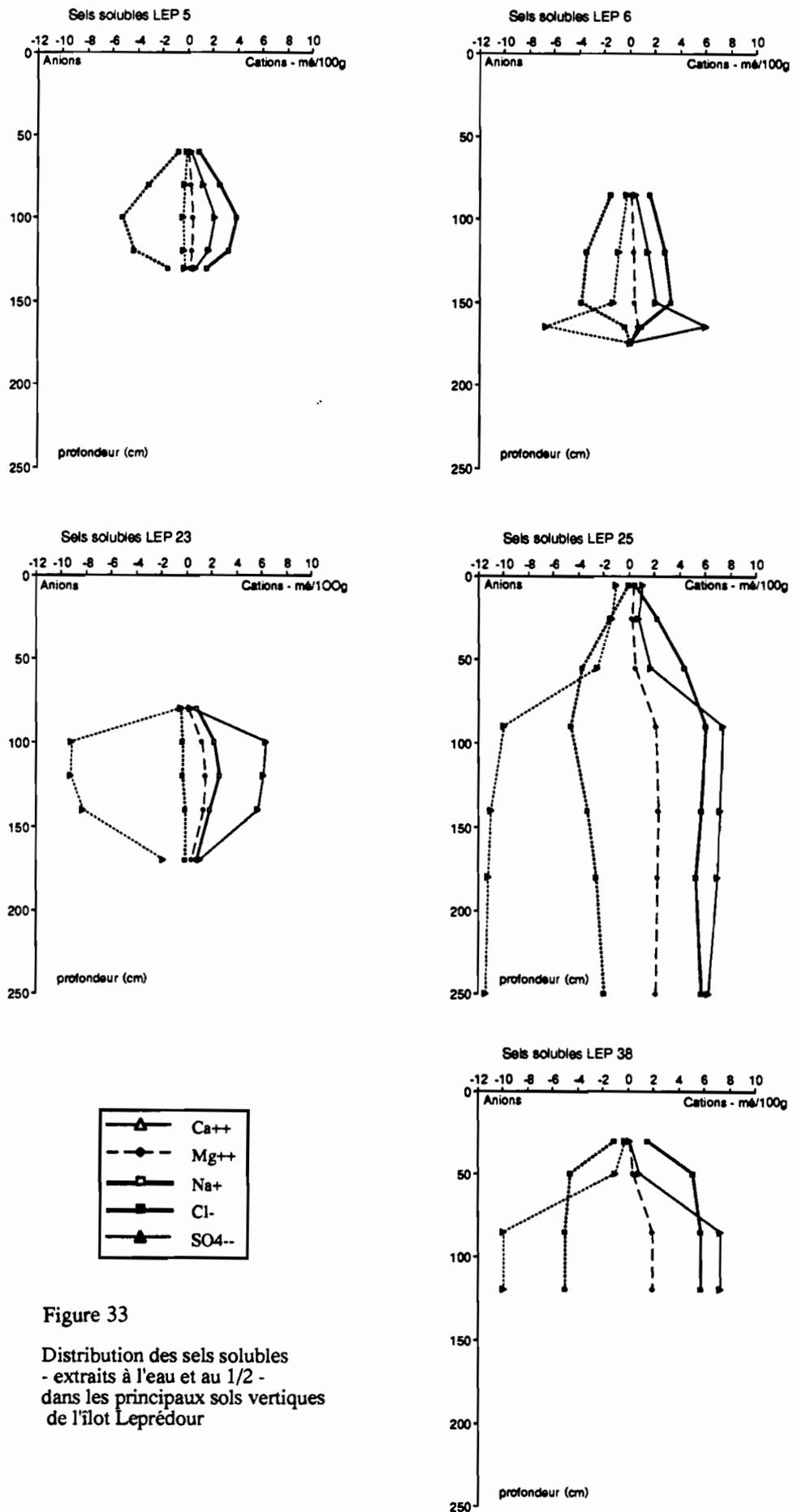
*Dans la séquence sur calcaire dur*

Les fersialsols de la partie amont sont des sols à profil calcaire *fortement différenciés* (Fig. 24), entièrement décarbonatés dans l'apexol. Les faibles taux de carbonates enregistrés dans l'horizon de surface sont généralement dus aux tests de gastéropodes terrestres particulièrement abondants. Ces sols présentent vers 30 cm de profondeur une accumulation brutale de carbonates, sous la forme d'un encroûtement lamellaire recouvrant des éléments d'une croûte feuilletée (LEP 1, Tab. XXIII).

Dans la partie aval, verticale, la *différenciation* du profil calcaire est également *importante*, mais plus progressive. Les horizons sont complètement décarbonatés en surface, les carbonates s'accumulent d'abord sous forme de granules, nodules puis constituent un encroûtement massif, friable et continu, à plus de 60% de CaCO<sub>3</sub> (LEP 6, Tab. XXIII).

*Dans la séquence sur calcaire gréseux*

Les calcarosols sur pente forte sont déjà fortement carbonatés dès l'horizon de surface (15%). Les brunisols colluviaux à texture équilibrée sont imprégnés de petites accumulations carbonatées. Le profil situé en amont de la zone de piémont présente une



*faible différenciation* carbonatée avec une légère concentration à la base du profil, tandis que le profil plus en aval en semble dépourvu (Fig. 26). Cette accumulation serait actuelle, en raison de la faible différenciation de ces sols et donc de leur âge récent (LEP 21, Tab. XXIII).

Dans la partie aval verticale, la décarbonatation est totale dans les horizons de surface avec une concentration rapide et importante dans les horizons profonds, sous les horizons vertiques, de façon similaire à celle rencontrée pour les vertisols de la séquence sur calcaire dur, mais les teneurs en carbonates sont plus faibles (20 à 30%) (LEP 25, Tab. XXIII).

#### *Dans la séquence sur grauwacke*

En amont de la séquence, le lithosol présente des accumulations carbonatées entre les éléments du régolite. Les calcarosols du tiers inférieur de la pente montrent *une différenciation moyenne* entre l'horizon humifère contenant déjà près de 35% de  $\text{CaCO}_3$  et les accumulations sous-jacentes supérieures à 60% dans leur partie supérieure, à 40 % à leur base (Fig. 28, LEP 31 et 32).

Au niveau du piémont colluvial, tout comme dans les alluvions de la plaine, la *différenciation est très faible*, les accumulations carbonatées se manifestant dans tout le profil sous forme de granules, pseudo-mycélium, ou micro-cristaux dans les pores (LEP 33 à 35).

A la base de la séquence, les sols bruns vertiques à gypse de piémont (LEP 37 et 38), issus de l'altération "in situ" des grauwackes, sont *totalemtent décarbonatés* (LEP 38, Tab. XXIII), alors que les sols vertiques plus profonds (LEP 46, 49 et 51), résultant vraisemblablement de l'altération d'accumulations colluviales anciennes, car ils sont beaucoup plus sableux, contiennent des traces de carbonates sous forme de granules et de poupées calcaires (LEP 46, Tab. XXIII).

### 3.23 - Le complexe d'échange

#### La capacité d'échange

La capacité d'échange est fonction des teneurs en matière organique, en argile et de la nature et du degré de cristallisation de ces dernières.

Dans la séquence sur calcaire dur, la fraction argileuse de la partie amont composée d'hallowysite à 7 Å (LEP1, Tab. XXIII) possède une capacité d'échange comprise entre 30 et 40 mé/100g. Dans le vertisol de la partie aval, qui contient également de la métahallowysite à 7 Å et une fraction importante de smectites, cette capacité d'échange des argiles est comprise entre 50 et 65 mé/100g d'argile.

Dans la séquence sur calcaire gréseux (LEP 21 à 25), la capacité d'échange de la fraction argileuse est élevée (65 à 70 mé/100g) en raison de la présence exclusive de smectites.

Dans la séquence sur grauwacke, la fraction argileuse des sols de la partie aval possède une capacité d'échange fluctuante mais élevée, entre 60 et 85 pour les sols bruns vertiques du glacis (LEP 37 et 38), tandis que dans la zone colluviale (LEP 46, 49 et 51), elle culminait entre 80 et 90 mé/100g d'argile.

#### Les cations échangeables

*Dans la séquence sur calcaire dur*, le complexe d'échange des ferralsols n'est pas saturé en cations échangeables; leur taux de saturation est généralement compris entre 80 et 100%, alors que les vertisols sont toujours saturés. Les cations sont largement dominés par le calcium (80%) dans toute la séquence. Dans les vertisols on peut noter une augmentation négligeable des teneurs en  $\text{Na}^+$  et  $\text{Mg}^{++}$  (Fig. 34, triangle 1).

*Dans la séquence sur calcaire gréseux*, le complexe d'échange est toujours saturé. En amont, sur les sols colluviaux, les cations sont largement dominés par  $\text{Ca}^{++}$ . Dans le

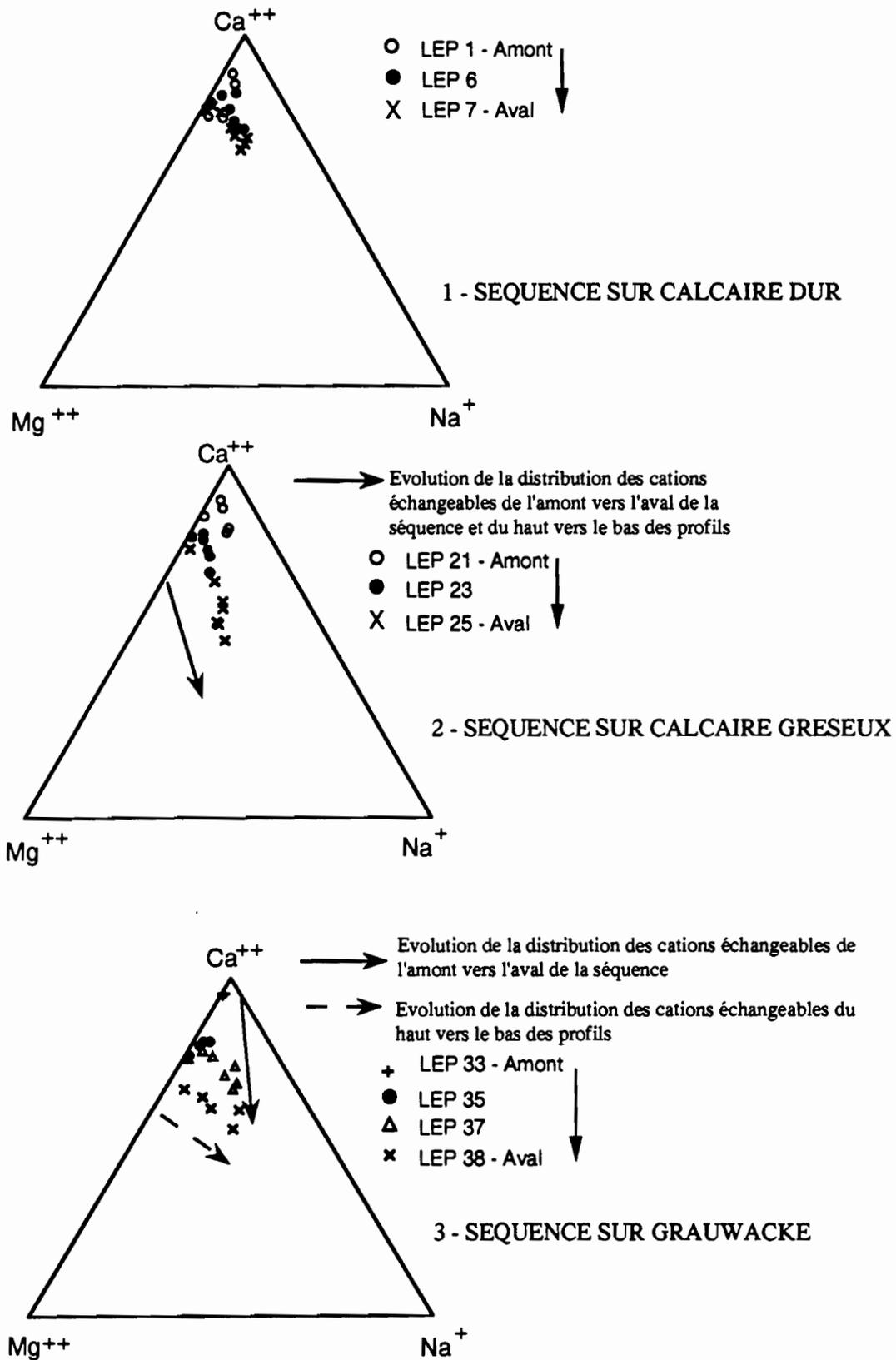


Figure 34 : Distribution relative des principaux cations échangeables dans les profils représentatifs de l'île Leprédour.

vertisol rouge, à l'amont du glacis, on note une augmentation conjointe de  $Mg^{++}$  et de  $Na^+$  au détriment de  $Ca^{++}$  et ce, du haut vers le bas du profil, sauf dans l'infrisol carbonaté. Cet enrichissement est encore plus accentué à l'aval de la séquence dans le vertisol bariolé. Ainsi, l'augmentation relative en  $Na^+$  et  $Mg^{++}$  s'opère au sein de la séquence et au sein du profil (Fig. 34, triangle 2).

Dans la séquence sur grauwackes, on observe le même comportement que sur calcaire gréseux. Les sols sont saturés, le complexe d'échange est largement dominé par le calcium dans la partie amont de la séquence, mais à la différence de la séquence précédente, l'enrichissement relatif en  $Na^+$  et  $Mg^{++}$  ne s'effectue plus que de l'amont vers l'aval de la séquence. Du haut vers le bas de chaque profil, on enregistre plutôt un enrichissement relatif en  $Na^+$  au détriment de  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$  restant constant (Fig. 34, triangle 3). Cette caractéristique s'applique également aux sols vertiques sur colluvions anciennes (LEP 49 et 51) de la plaine alluviale car sur les colluvions et alluvions plus récentes (LEP 45 et 46), le sol est saturé en grande majorité par  $Ca^{++}$ .

Tableau XXIII : Tableau récapitulatif des caractéristiques chimiques majeures des principaux sols de l'île Leprédour.

Profil et horizons	pH	Capacité d'échange mé/100g d'argile	Taux de saturation V(S/T) %	CaCO <sub>3</sub> %	Profil et horizons	pH	Capacité d'échange mé/100g d'argile	Taux de saturation V(S/T) %	CaCO <sub>3</sub> %
1.1	6,4	41	83,4	0,67	6.1	6,8	61	93,9	1,07
1.2	5,8	38	79,8		6.2	6,9	52	94,5	
1.3	5,6	36	83,0		6.3	7,7	51	SAT	
1.4	8,0	38	SAT	52,27	6.4	7,9	60	SAT	0,40
1.5	8,3	40	SAT	64,80	6.5	7,9	63	SAT	1,87
1.6				75,73	6.6	8,0	61	SAT	20,80
					6.7	8,1	51	SAT	59,60
					6.8				68,80
21.1	7,9	67	SAT	4,93	25.1	6,9	69	89,5	
21.2	8,3	64	SAT	5,47	25.2	7,7	70	SAT	
21.3	8,0	66	SAT	2,00	25.3	7,6	71	SAT	
21.4	8,1	65	SAT	4,80	25.4	6,7	60	SAT	
21.5	8,7	78	SAT	25,87	25.5	6,4	49	SAT	
21.6				20,00	25.6	6,6	66	SAT	
					25.7	6,8	66	SAT	
38.2	6,1	66	SAT		46.1	8,3	88	SAT	3,5
38.3	7,5	61	SAT		46.2	8,2	81	SAT	3,0
38.4	8,0	54	SAT	0,1	46.3	8,2	75	SAT	0,8
38.5	8,1	56	SAT	0,2	46.4	8,2	80	SAT	0,5
38.6	7,2	71			46.5	8,3	92	SAT	0,5

Séquence sur calcaire dur : LEP 1 (fersialsol) et LEP 6 (vertisol).

Séquence sur calcaire gréseux : LEP 21 (brunisol colluvial) et LEP 25 (vertisol à gypse).

Séquence sur grauwackes : LEP 38 (brunisol vertique à gypse) et LEP 46 (vertisol sur colluvions).

### 3.24 - Le pH des sols

Le pH des sols (Tab. XXIII) est dépendant de la présence de sels, non seulement des carbonates mais aussi des sulfates. Il reflète également l'état du taux de saturation en bases du complexe d'échange.

*Dans la séquence sur calcaire dur*

Dans l'apexol décarbonaté des fersialsols à profil calcaire fortement différencié, le pH est inférieur à 6,0. Il est inférieur à 7,0 dans les horizons humifères de surface des sols vertiques.

*Dans la séquence sur calcaire gréseux*

Dans le brunisol colluvial, à profil calcaire faiblement différencié, le pH de tous les horizons est supérieur à 7,0. Dans les vertisols, le pH est inférieur à 7,0 dans les horizons à gypse sans atteindre pourtant l'acidité des horizons gypseux des sols sur flysch ou sur basalte des séquences de Tiaré et de la Tamoá.

*Dans la séquence sur grauwacke*

Tout comme dans la séquence sur calcaire gréseux, dans les sols à accumulation carbonatée, le pH est supérieur à 7,0 dès la surface. Sur les sols bruns vertiques du glaciaire, le pH est légèrement acide en surface (6,0), mais rapidement il dépasse 7,5 en profondeur. Quant aux autres sols sur colluvions ou alluvions, contenant tous des carbonates, leur pH est toujours supérieur à 7,0 sauf dans l'horizon humifère.

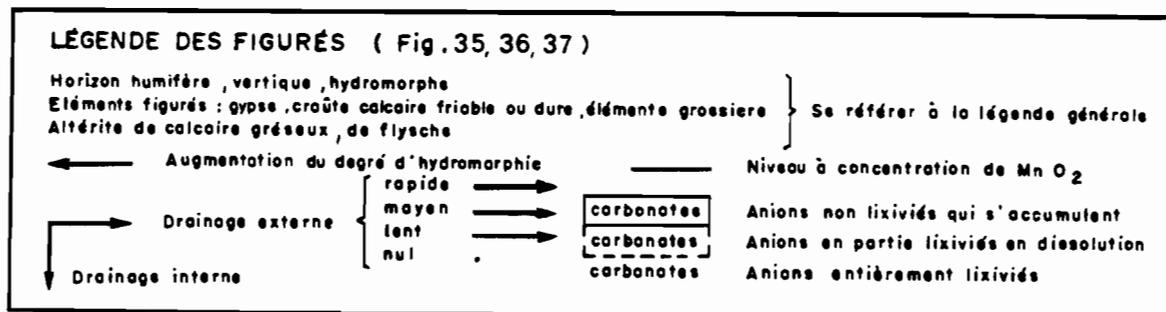
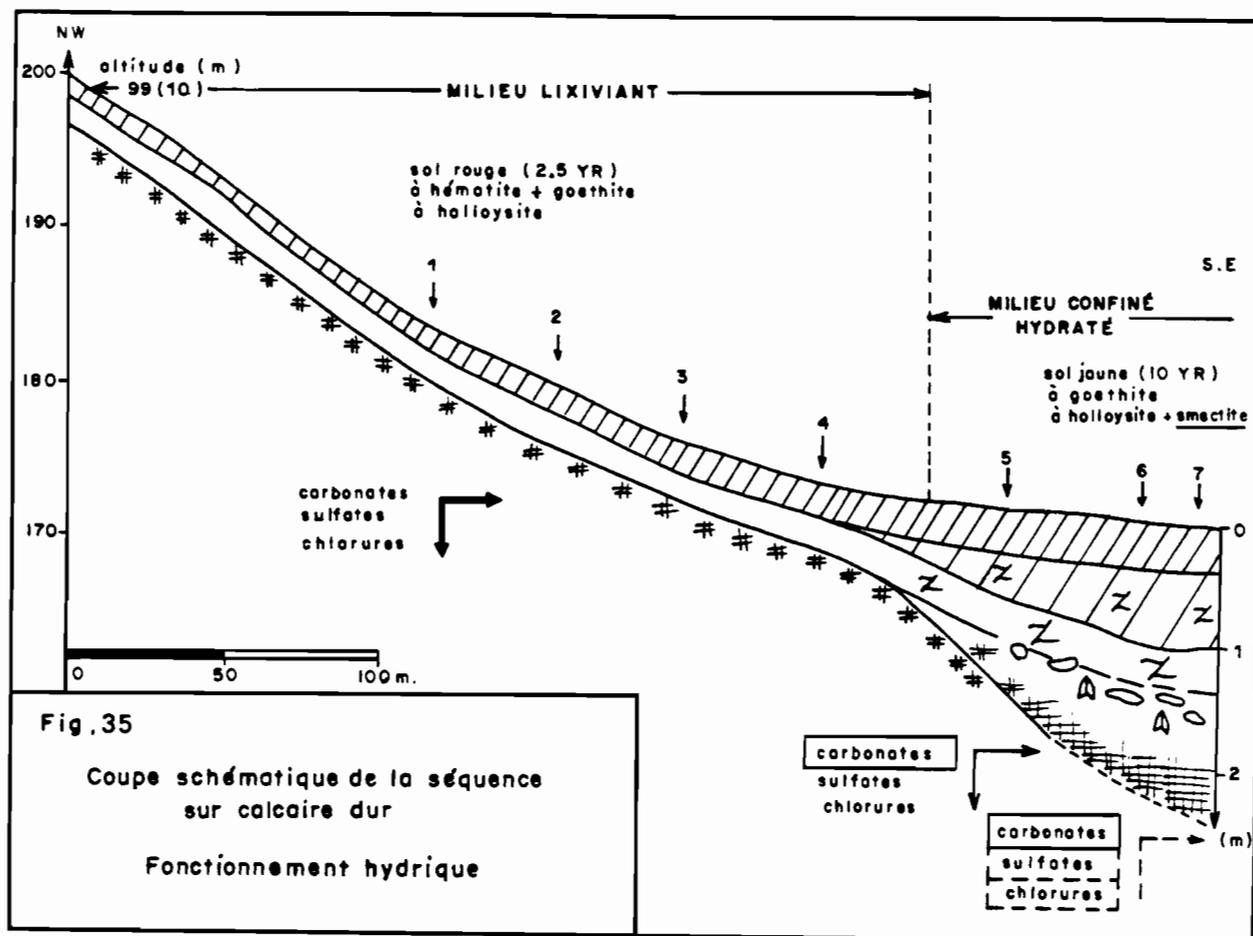
## IV - CONCLUSION

Les sols de la doline de l'île Leprédour fonctionnent selon trois modes de régimes hydriques différents identiques à ceux décrits par LAMOUREUX (1972) sur les sols carbonatés et les karsts du Liban.

*Dans la séquence sur calcaire dur (Fig. 35)*

Les fersialsols de la partie amont de la séquence constituent un **milieu lixiviant**. La texture de la croûte calcaire et du calcaire sous-jacent étant dure et résistante à la désagrégation mécanique, le résidu de la décarbonatation est peu abondant. L'altération agit sur des profils de faible épaisseur, d'une trentaine de centimètres environ. Pour cette zone climatique, l'altération est assez poussée avec une exportation de la silice, une abondance relative de fer "libre" marquée par l'individualisation de sesquioxides à teinte dominante rouge, une totale absence de sels solubles et une lixiviation des cations échangeables et un pH légèrement acide.

Les vertisols de la partie aval constituent un **milieu confiné hydraté**. Les sols sont moyennement épais (1,50 m). L'origine des apports peut être en partie mécanique par l'intermédiaire de coulées boueuses provenant des fersialsols en amont. Les témoins en sont les nodules ébréchés et la fraction importante de métahalloysite dans la caractérisation minéralogique. Mais l'essentiel des apports s'effectue sous forme de solutions. On observe une néoformation de smectites et une individualisation de nodules de goéthite ou de concrétions ferromanganésifères. L'hématite a disparu, le profil se teinte en jaune, couleur habituelle de la goéthite. La base du profil verticale est envahie par les carbonates qui forment une épaisse croûte (>1,0 m) continue et friable. Malgré le caractère confiné du profil, celui-ci conserve des axes de drainage. Les sels se concentrent peu, le complexe d'échange n'est enrichi ni en magnésium ni en sodium ; les gypses sont altérés et se redistribuent autour des vides poraux, preuve d'un sous-tirage ne permettant pas leur accumulation.



*Dans la séquence sur calcaire gréseux (Fig. 36)*

Sur la forte pente de la partie amont de la séquence, l'érosion intense ne permet pas le développement des sols. Au niveau du piémont colluvial, le sol s'épaissit rapidement grâce aux apports colluviaux. Les matériaux de granulométrie hétérogène et la forte pente favorisent le drainage interne et externe, néanmoins le **caractère lixiviant de ces sols est restreint** : on peut observer la formation de nodules carbonatés et des traces de sels solubles à la base du profil.

Rapidement, en amont du glacis, la pédoplasation de l'important résidu de décarbonatation transforme les sols colluviaux en vertisols de couleur brun-rouge, comme le matériau originel. Les sels les moins solubles s'accumulent : les carbonates forment une croûte continue et les sulfates s'individualisent sous forme de gypse qui reste peu abondant et présente d'importantes traces de dissolution. **Ce milieu n'est pas hydraté**, comme dans les vertisols sur calcaire dur, car le drainage externe rapide

restreint la circulation des solutions au travers du sol, comme le montrent les faibles teneurs en chlorures, généralement d'origine éolienne.

Progressivement, vers l'aval du glacis, la couleur brun-rouge des horizons vertiques de l'apexol se transforme en un bariolage aux teintes rouille et blanc pâle. Ces horizons sont caractéristiques des **milieux confinés hydromorphes**. Le fer ferrique passe à l'état ferreux, d'où la décoloration de certaines plages de l'horizon, et s'insère en partie dans le réseau des smectites néoformées, au détriment du magnésium. Les teneurs relatives en fer libre décroissent et les nodules ont disparu. Ce milieu ne permet pas l'élimination des sels du profil, mais au contraire va permettre de les accumuler. Les cristaux de gypse très abondants ont "enregistré" cette hydromorphie *postérieure à leur mise en place*. L'horizon vertique sous-jacent non perturbé par l'hydromorphie conserve sa couleur brun-rouge d'origine avec des accumulations d'oxydes de fer et de manganèse ; les cristaux de gypse présentent des traces d'un nourrissage secondaire, l'origine des solutions gypseuses étant située dans les horizons sus-jacents. L'épaisseur importante du profil, la nature smectitique de ses argiles, et la forte teneur en eau du sol permettent un stockage des sels solubles (TUCKER, 1982), même lorsque la pente est encore forte (voisine de 10%).

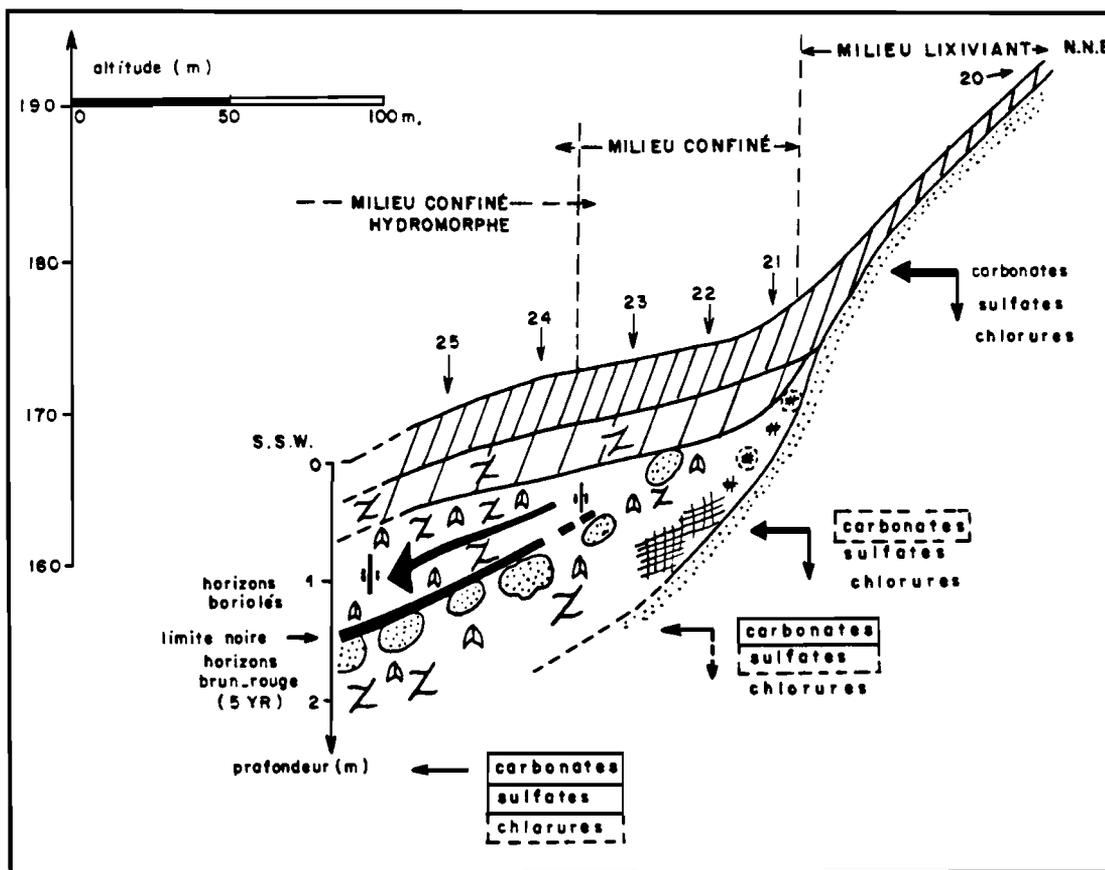


Figure 36 : Coupe schématique de la séquence sur calcaire gréseux ; fonctionnement hydrique.

#### Dans la séquence sur grauwackes (Fig. 37a et b)

L'amont de la séquence - à partir du replat situé au tiers inférieur de la pente - est constitué d'une épaisse croûte calcaire provenant de la dissolution des calcaires éocènes sommitaux et de leur recristallisation.

Le piémont formé par des colluviosols concentre de façon diffuse les carbonates qui se redistribuent dans le paysage à partir des anciennes zones d'accumulation.

Le glacis sur lequel se développent les sols bruns vertiques présente la morphologie d'une ancienne structure d'aplanissement. Les sols sont peu épais (<1,0 m), marqués par un appauvrissement en argile dans les horizons de surface. Le sodium échangeable est

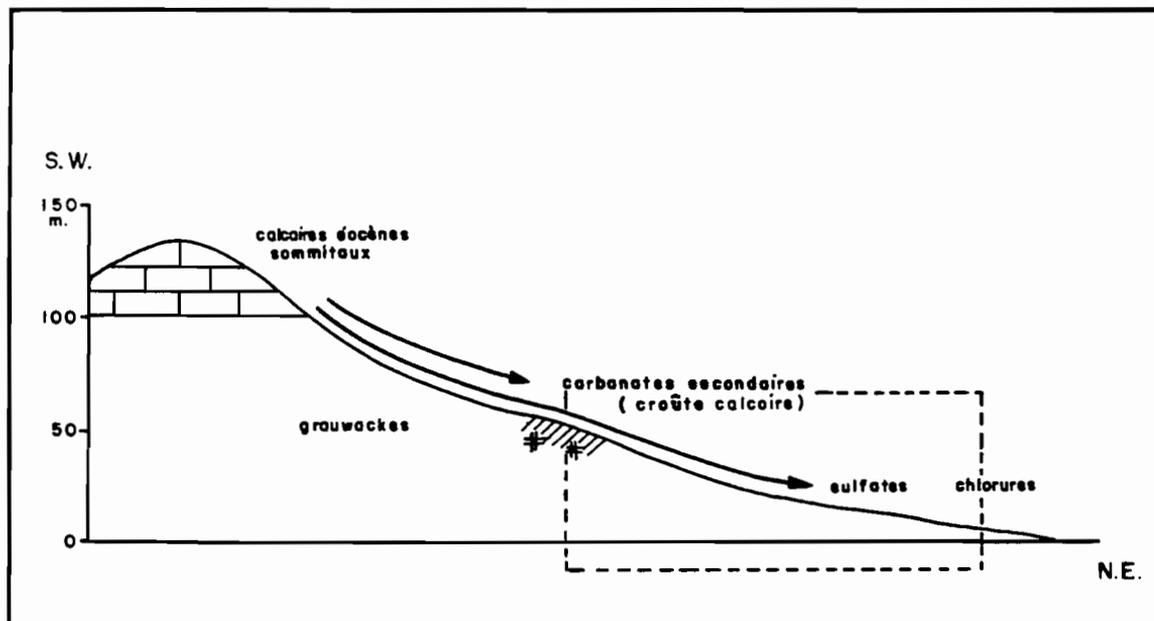


Figure 37a : Dynamique ancienne des anions dans le paysage de l'îlot Leprédour :  
Distribution des sels en fonction de leur solubilité, durant un paléoclimat sec.

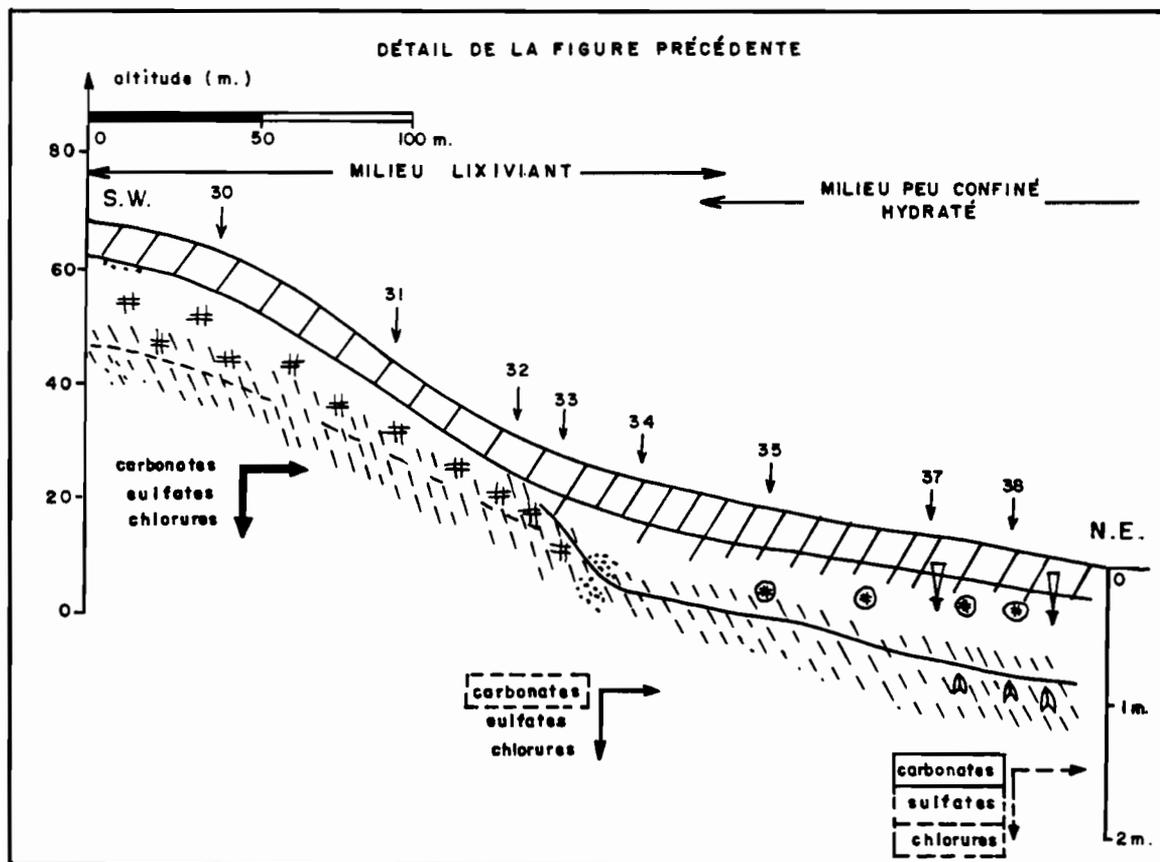


Figure 37b : Coupe schématique de la séquence sur grauwacke ; fonctionnement hydrique actuel

- ▽ Appauvrissement en argile des horizons de surface
- ↓ Argiles en profondeur riches en  $\text{Na}^+$  échangeable

abondant sur le complexe d'échange. Toutes ces caractéristiques sont identiques à celles des sols issus de grauwackes et conservés dans des niveaux anciens, antérieurs à la dernière glaciation. Les sols sont ainsi rajeunis par l'apport plus récent de carbonates, de sulfates et de chlorures qui se concentrent dans les profils au drainage interne limité. La résultante des drainages internes et externes fait cristalliser le gypse dans le plasma argileux au sein de l'altérite.

Les autres sols alluviaux et colluviaux de la plaine aux propriétés plus drainantes ne présentent que des accumulations récentes de carbonates.

L'explication de l'abondance du gypse dans ces vertisols réside donc dans le fonctionnement hydrique des vertisols qui permet au piège à sels d'être efficace. Ce fonctionnement hydrique fluctue selon les variations climatiques.

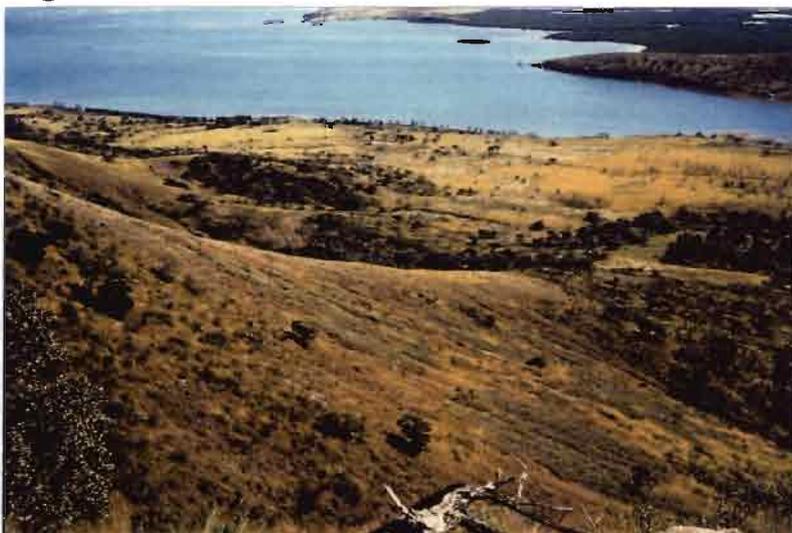
**A**



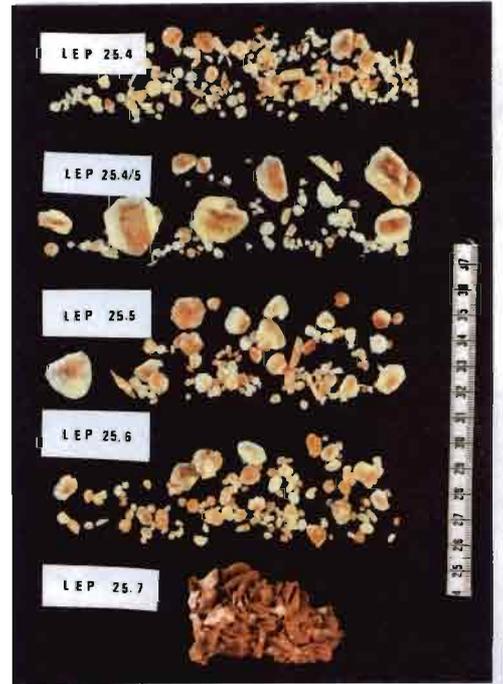
**B**



**C**



**D**



**E**



# LEPREDOUR - PLANCHE I

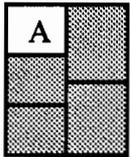


PHOTO A  
Ile Leprédour  
au sommet : calcaire ;  
à la base : grauwackes ravinées par  
l'érosion.

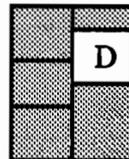


PHOTO D  
Morphologie des types de cristaux de  
gypse dans le profil LEP 25 ;  
le niveau à MnO<sub>2</sub> est situé au niveau de  
l'horizon LEP 6.

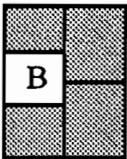


PHOTO B  
Ile Leprédour  
1 - sommet : calcaire ;  
2 - grauwackes ;  
3 - croûte calcaire

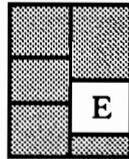


PHOTO E  
LEP 23 : Vertisol brun-rouge sur  
colluvions de calcaire gréseux.

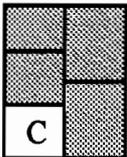
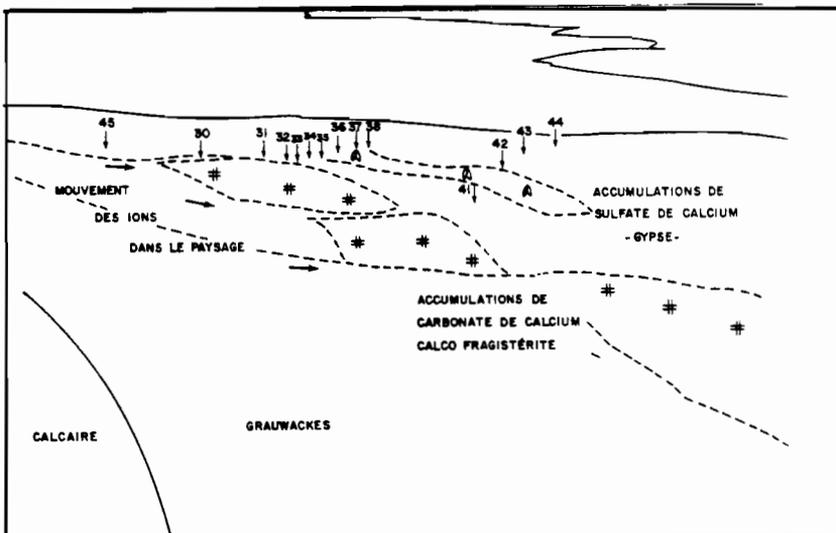


PHOTO C  
Redistribution des éléments le long de la  
pente.



# LEPREDOUR - PLANCHE II

AMONT

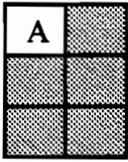


PHOTO A  
Doline sommitale de l'île Leprédour.  
Flanc NW de la doline sur calcaire dur.

AMONT

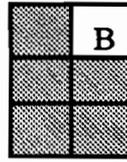


PHOTO B  
Doline sommitale de l'île Leprédour.  
Flanc NNE de la doline sur calcaire  
gréseux.

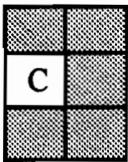
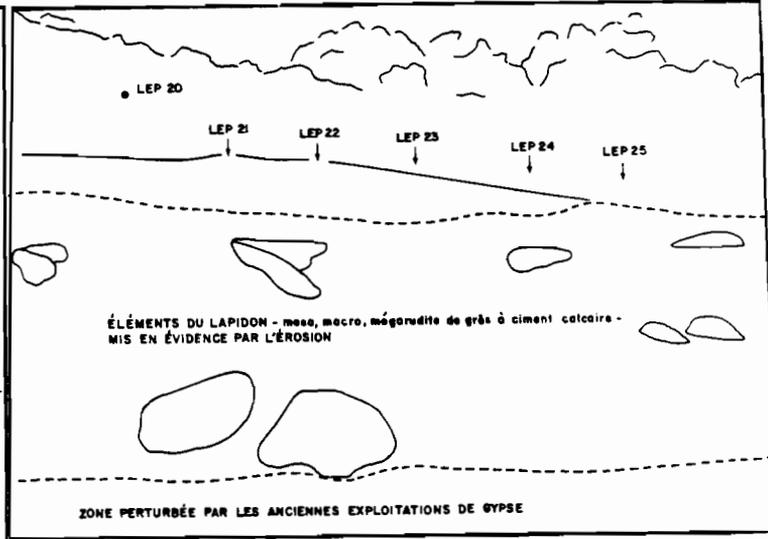
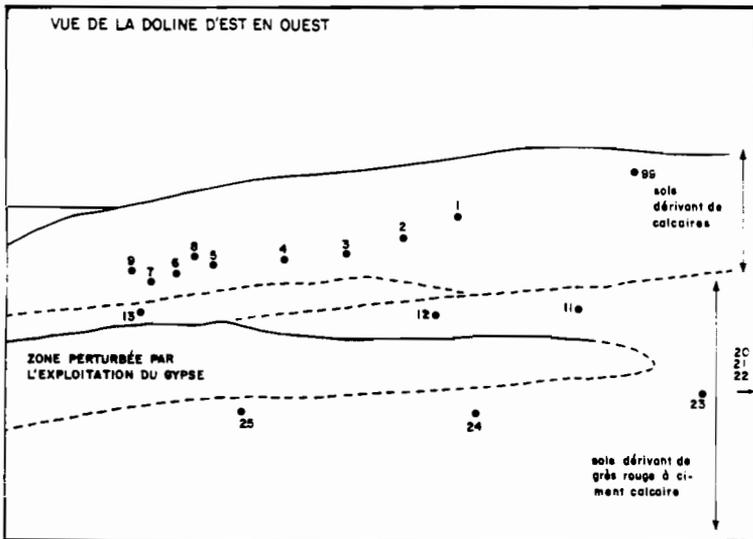


PHOTO C  
LEP 2 : Fersialsol leptique (peu épais),  
rouge sur croûte calcaire dure.

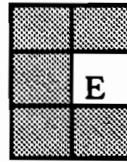


PHOTO E  
LEP 23 : Vertisol brun-rouge sur  
colluvions de calcaire gréseux.

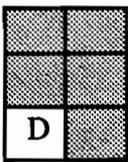


PHOTO D  
LEP 7 : Vertisol jaune, hydraté, pauvre en  
gypse, sur croûte calcaire meuble.

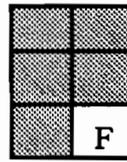
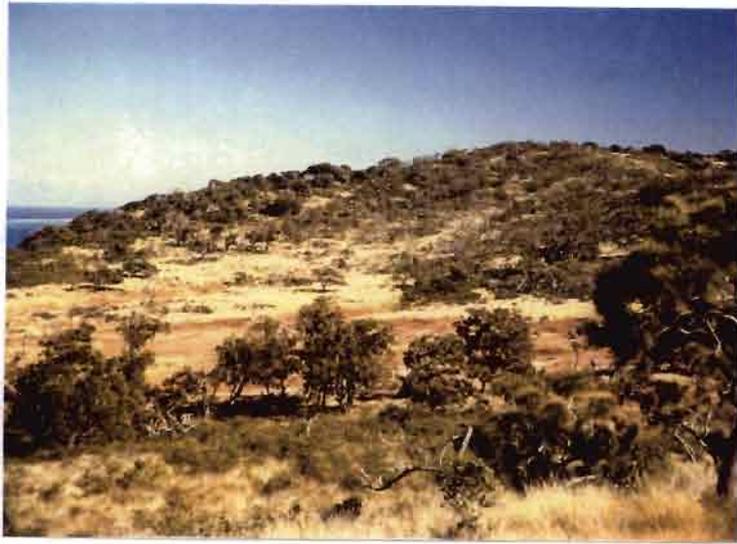


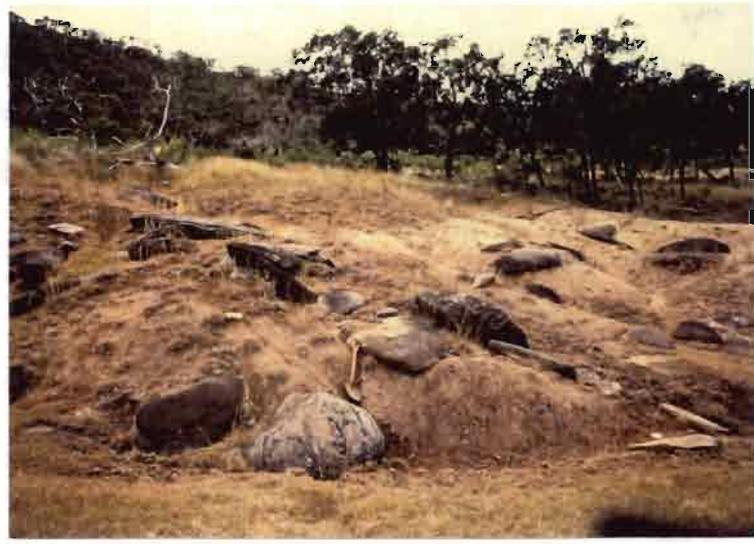
PHOTO F  
LEP 24 : Vertisol hydromorphe, riche en  
gypse  
1 : horizons brun-rouge en surface,  
passage progressif à 2;  
2 : horizon verticale brun jaune, puis  
bariolé;  
3 : horizon noir à dendrites de manganèse;  
4 : transition brutale à un horizon  
verticale brun-rouge.

↓  
AVAL

↓  
AVAL



A



B



C



E

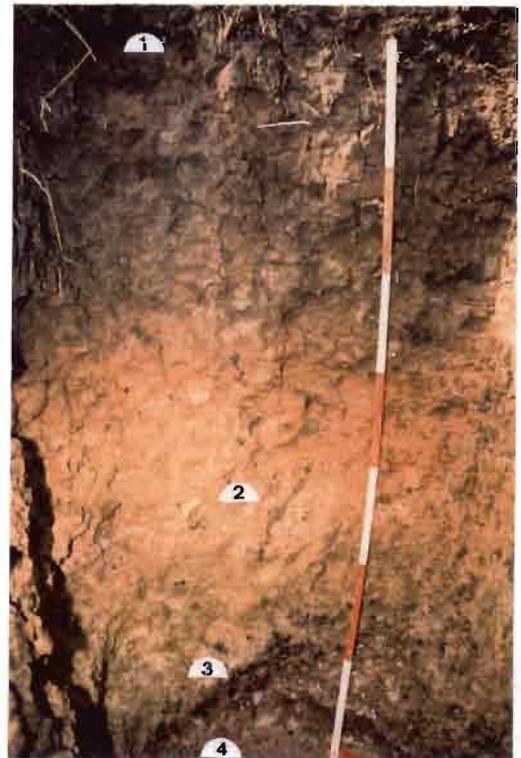
AMONT



AVAL



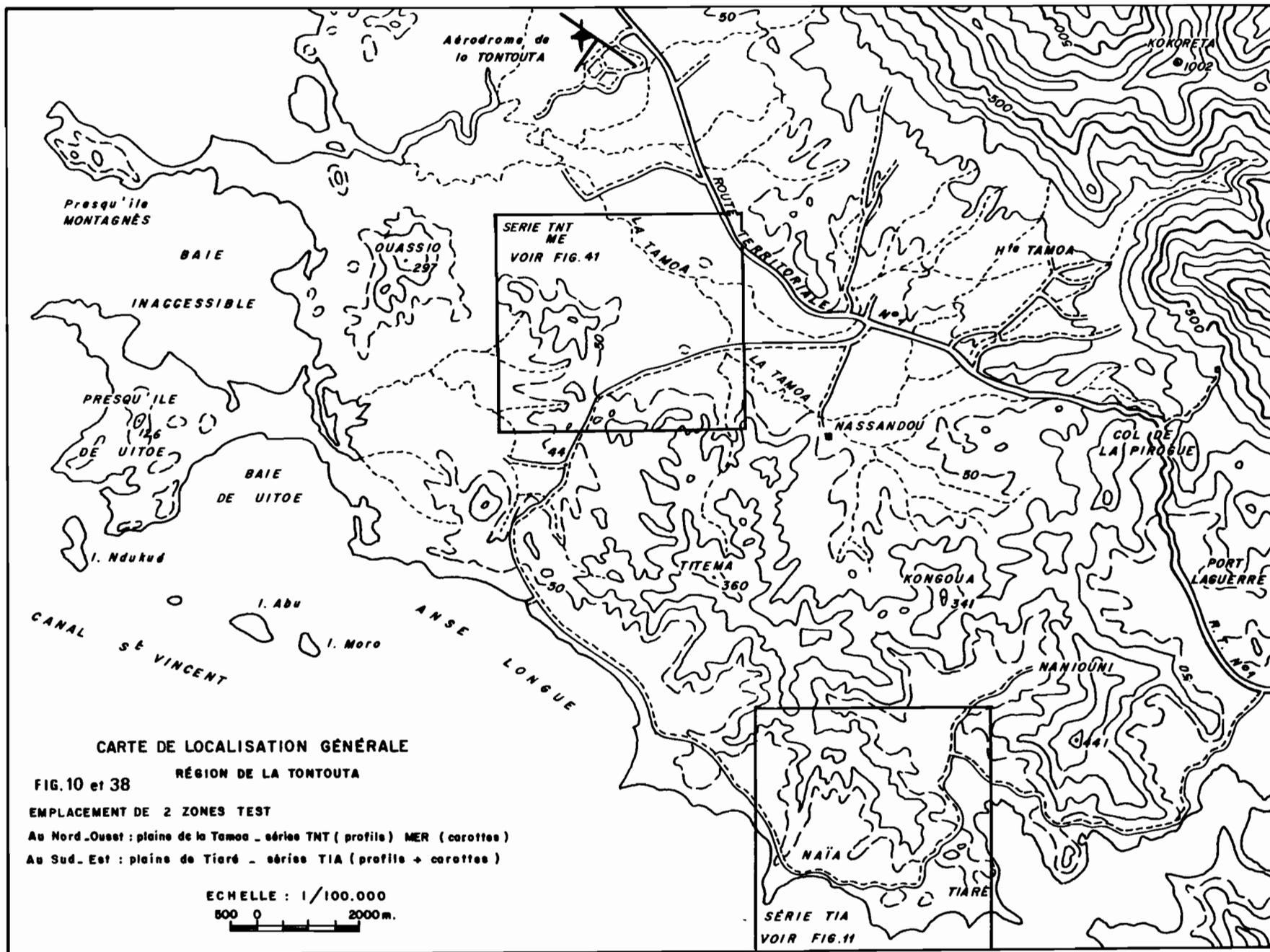
D



F

# CHAPITRE QUATRE

## ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE LA BASSE VALLEE DE LA TAMOA



# CHAPITRE QUATRE

## ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE LA BASSE VALLEE DE LA TAMOA

Cette étude de vertisols est localisée sur la rive gauche de la Tamoia, dans la basse vallée, au contact entre les collines de flyschs, le glacis colluvial et la haute terrasse alluviale de La Tamoia. Les matériaux fournis par les apports alluviaux et colluviaux étant très différents, il était intéressant d'observer l'évolution morphologique et chimique de ces sols.

### I - LOCALISATION - PRESENTATION

La zone d'étude est située à proximité immédiate de l'aéroport international de La Tontouta dans la commune de Païta (Fig. 38). Elle est très proche de la séquence de Tiaré (§ 1) et se trouve exposée au versant "sous le vent" des alizés, au NW de la chaîne de flyschs décrite dans le chapitre précédent.

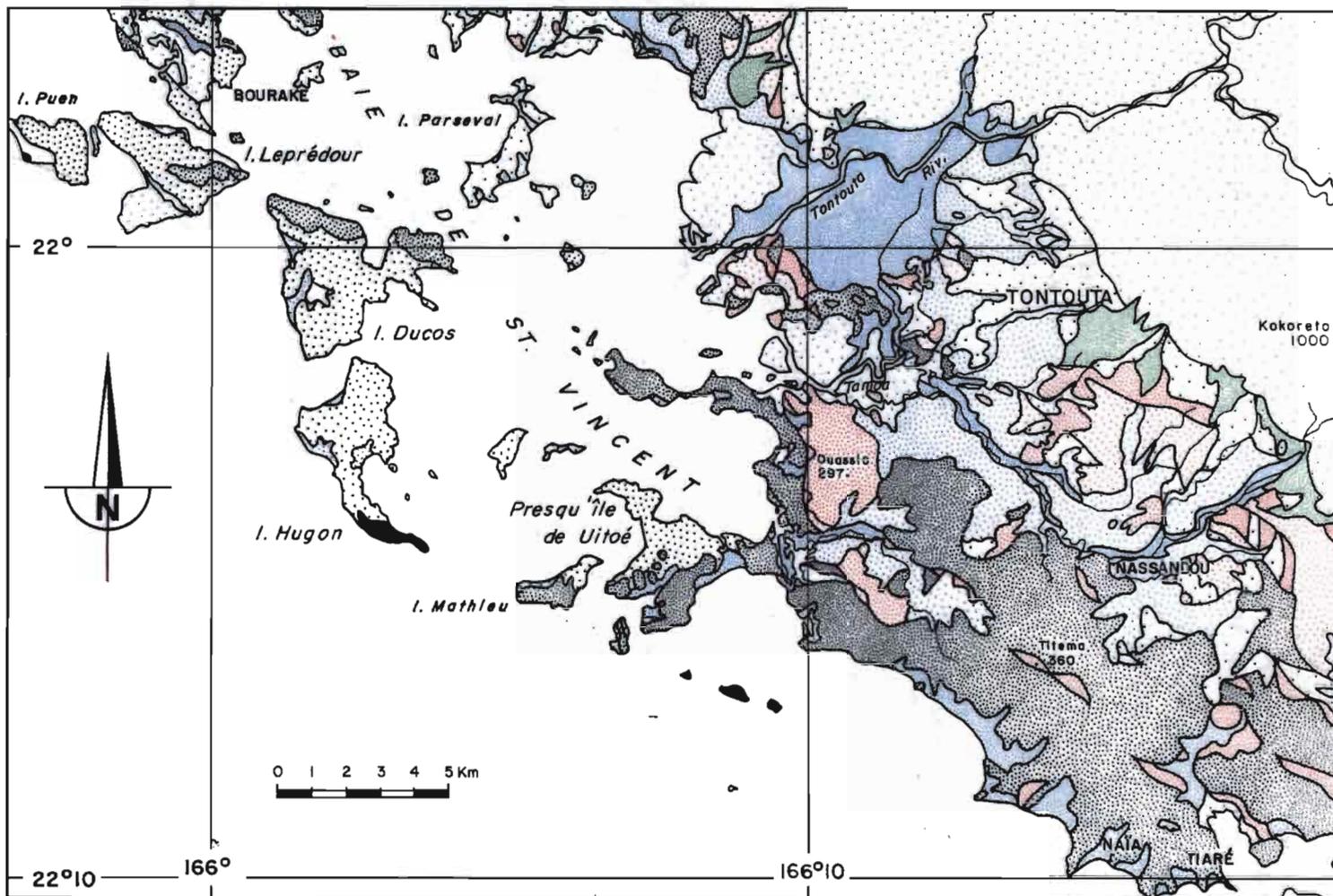
La rivière Tamoia, longue d'une dizaine de kilomètres environ, est un cours d'eau à débit permanent. Elle prend sa source sur le versant sud du Mont Kokoreta, dominant la plaine alluviale à plus de 1000 m d'altitude. Ce pic fait partie d'un alignement de sommets situés le long de la bordure sud-ouest du grand massif de péridotites du Sud (Fig. 39).

La forte pluviométrie, supérieure à 2000 mm/an, régnant au sommet de ces massifs alimente de nombreux cours d'eau qui dévalent le long des pentes abruptes en direction du SE et qui confluent à la base du massif, dans une plaine alluviale après une très forte rupture de pente.

Avant de déboucher dans la plaine, ces torrents entaillent les petits reliefs collinaires situés à la base du massif de péridotites. La formation des basaltes constitue la première série de collines et assure également la base du massif recouverte par le charriage des péridotites. Elle prolonge les versants des péridotites et se retrouve souvent recouverte par des colluvions de matériaux pédologiques composés d'oxyhydroxydes de fer, résultant de l'altération chimique des roches ultra-basiques, et correspondant à des niveaux d'aplanissement ante-quaternaires. Plus en aval, les "formations à charbons" forment la seconde série de collines. Elles sont datées du Sénonien et composées de siltites et d'arénites siliceuses. Les collines ont une forme arrondie et leurs flancs sont entaillés par des ravines et des loupes d'érosion mettant à nu les fines stratifications. Elles sont parfois recouvertes de phanites et de lentilles calcaires datées de l'Eocène inférieur.

La rivière Tamoia, tout comme les nombreux cours d'eau qui lui sont parallèles, infléchit brutalement son cours, une fois arrivées dans la plaine. Elle s'oriente vers le NW, parallèlement à la côte, à l'axe de la chaîne centrale et à la chaîne de flyschs bordant le Sud du bassin versant. Cette chaîne de flyschs carbonatés de l'Eocène moyen est décrite dans le chapitre 1, consacré à la séquence de Tiaré.

La plaine alluviale, dont la dénivelée maximum ne dépasse guère une quarantaine de mètres, est alimentée dans son axe central principalement par des alluvions de nature ultra-basique (péridotites ou serpentinites). Par contre, latéralement, les apports proviennent des basaltes et des formations à charbons pour la rive droite et des flyschs pour la rive gauche. Lors de la cartographie d'inventaire pédologique de La Tontouta (BEAUDOU et al., 1983), cette plaine a fait l'objet d'une attention particulière. Environ 25 profils apparaissent sur le cartouche (Fig. 41), dont 16 sont compris entre la rive droite de la Tamoia et les collines de flyschs bordant le Sud du bassin versant. La grande densité d'observations a été rendue possible par la disponibilité de moyens mécaniques (pelle rétro) et a rendu compte de la variabilité spatiale de ces sols. Postérieurement à la réalisation de la carte, 5 carottages ont été effectués dans la plaine alluviale pour connaître à la fois l'épaisseur des sédiments de la plaine alluviale de La Tamoia et l'étendue des différents faciès rencontrés.



- 12 Mz
- 11 Fz
- 10 Fy
- 9 CA
- 8 Tt
- 7 σ
- 6 ei
- 5 c
- 4
- 3 es  
em-s
- 2 β
- 1 r-t-j

La géomorphologie de l'aire étudiée montre deux ensembles très distincts :

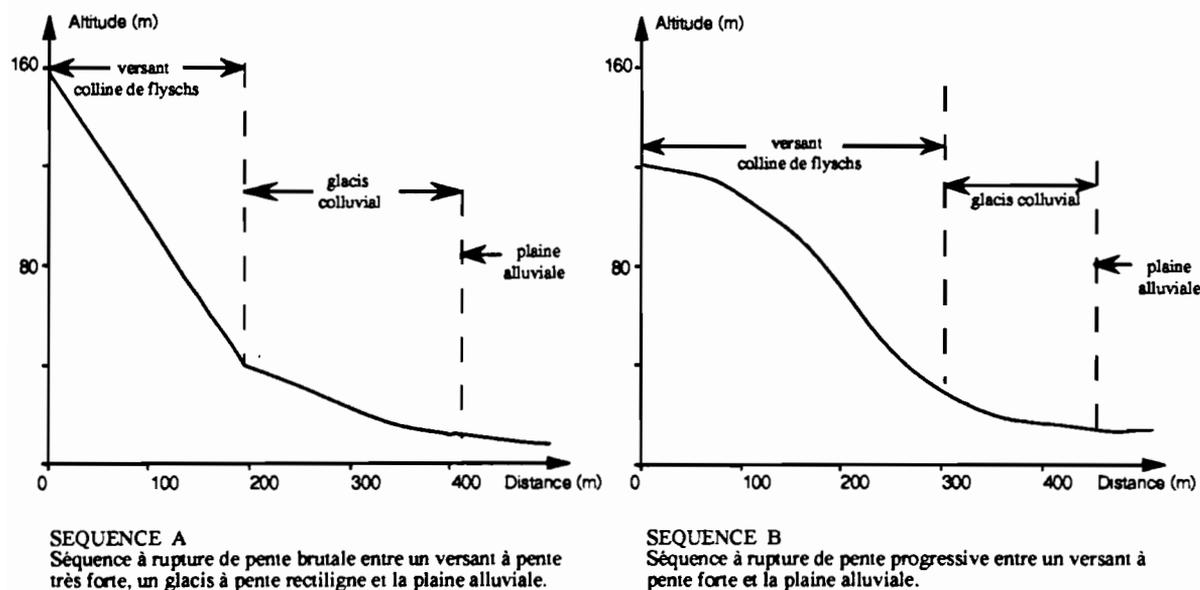


Figure 40 : Comparaisons des deux formes de modelés sur flysch

- Le premier ensemble est formé par la plaine alluviale de la Tamoia elle-même constituée de deux terrasses alluviales, *la terrasse récente* de quelques dizaines de mètres de large qui surmonte la rivière Tamoia de cinq mètres environ et *la haute terrasse*, large de un à deux kilomètres et qui surmonte la basse terrasse également de quatre à cinq mètres. Les deux limites sont très nettes dans le paysage et se manifestent par une brutale rupture de pente.

Figure 39 : ESQUISSE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION ÉTUDIÉE (PARIS, 1980).  
Classification des formations géologiques d'abord par leur nature, puis leur âge.

#### A - FORMATIONS COLLUVIO-ALLUVIALES

- 12. Mz - Dépôts des marais côtiers, mangrove
- 11. Fz - Alluvions et formations littorales récentes
- 10. Fy - Alluvions inactuelles - Terrasses de 8 à 15m et glacis de piémont

#### B - ROCHES ULTRABASIQUES

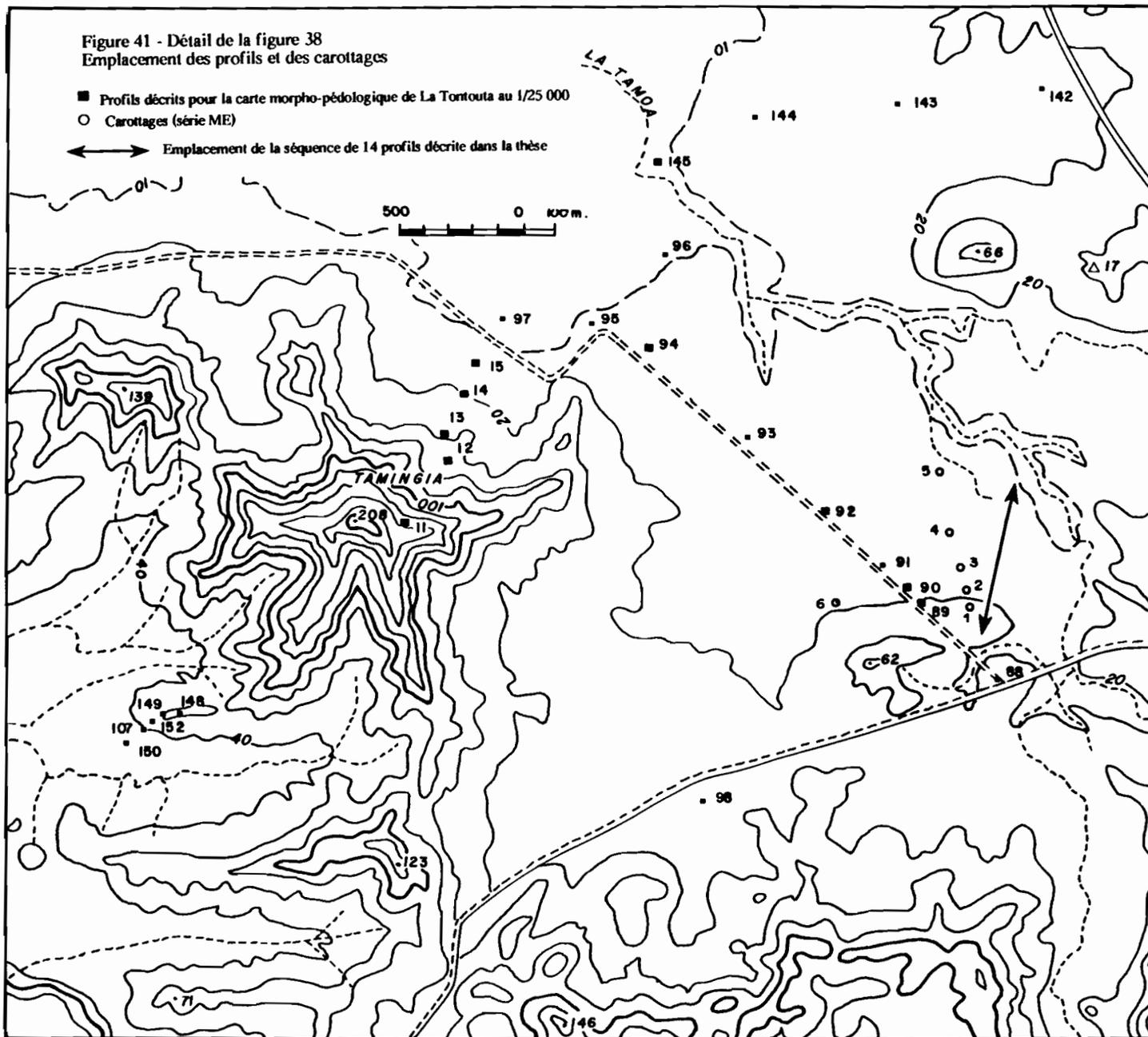
- 9. CA - Colluvions, le plus souvent oxydiques, dérivant de l'altération des péridotites
- 8.  $\pi$  - Péridotites, mise en place à l'Eocène supérieur
- 7.  $\sigma$  - Serpentinites, semelle de la nappe de charriage des péridotites

#### C - ROCHES SILICEUSES

- 6. ei - Eocène inférieur : arénites siliceuses et phtanites, quelques lentilles de calcaire
- 5 c - Crétacé : formations à charbons : siltites, arénites, shales charbonneux

#### D - ROCHES PLUTÔT BASIQUES

- 4. - Eolianites : Anciens cordons littoraux dunaires carbonatés, Pléistocène
- 3. es, em-s - Eocène moyen à supérieur : flyschs carbonatés, brèches, calcarénites, calcaires
- 2.  $\beta$  - formation des basaltes, Crétacé à Paléogène
- 1. r, t, j - Permien, Trias, Jurassique moyen à supérieur : grauwackes et tufs Volcano-sédimentaires



- La chaîne de flyschs (§1.) aux crêtes aiguës, aux versants courts et aux pentes très raides constitue le second ensemble géomorphologique. La transition entre les versants de la chaîne et la plaine présente deux types de modelés : une rupture de pente progressive avec une zone de glacis assez courte, assurant une transition régulière entre les pentes et la plaine alluviale, ou une rupture de pente brutale entre le glacis (lorsqu'il existe) dont la déclivité demeure relativement constante, et les flancs des collines de flyschs en amont ainsi que la plaine alluviale en aval (Fig. 40).

Trois grandes types d'associations végétales, très lithodépendants, se partagent la zone étudiée :

- Une forêt galerie dominée par le bois de fer (*Casuarina collina*) et de rares bancouliers (*Aleurites Moluccana*) couvre l'essentiel de la terrasse alluviale récente.
- La plaine alluviale ancienne, cultivée de façon très épisodique, est constituée par une savane herbacée, pauvre en espèces végétales, dont la graminée dominante est *Dicanthium sp.*, avec de très nombreuses adventices comme l'herbe bleue (*Stachytarpheta indica*) ou *Asclepias sp.*, et quelques formations arbustives comme le "cassis" (*Acacia farnesiana*) et de rares niaoulis (*Melaleuca quinquenervia*), localisés à l'aval des pointements siliceux (phtanites de l'Eocène inférieur) présents dans les flyschs.
- La végétation sur flyschs, plus riche que celle de la plaine alluviale, est malgré tout très dégradée dans cette zone. A la forêt sclérophylle se substitue une savane arbustive composée de nombreuses espèces pionnières très communes comme *Lantana camara*, *Psidium guajava*, *Acacia farnesiana*, *Mimosa pudica*, *Sida acuta*, *Vitex trifolia*. Les graminées sont également diversifiées avec *Dicanthium sp.*, *Botriochloa pertusa*, *Heteropogon contortus* et *Paspalum plicatum*.

Les enseignements de la cartographie pédologique de cette région concernant les vertisols sont en totale conformité avec les grands traits fixés dans le chapitre introductif : les vertisols calci-magnésiens à gypse n'apparaissent qu'à l'aval des séquences sur roches basiques (en l'occurrence des flyschs) ou dans les niveaux de terrasses alluviales anciennes. Mais, dans cette zone apparaissent des données supplémentaires :

- Les sols vertiques dérivant de l'altération des basaltes situés à la base du massif de péridotites ne comptent pas de gypse parmi leurs éléments figurés. Trois raisons peuvent être évoquées : les sols sont trop peu épais pour la conservation des sels, ils sont situés dans une zone trop arrosée (1200 mm/an) avec des circulations d'eau trop importantes, ou les sols sont trop influencés par les apports de magnésium en provenance des péridotites sus jacentes. Ces phénomènes seront développés en détail dans le chapitre consacré à la présence et la conservation des cristaux de gypse dans les vertisols.

- Tous les segments colluviaux en piémont de roches basiques en bord de mer ne sont pas forcément constitués de sols vertiques et de la même façon, les horizons vertiques ne contiennent pas toujours des éléments figurés - gypse en particulier -.

- Les cristaux de gypse apparaissant dans les vertisols formés à partir de colluvions de roches basiques (comme la séquence de Tiaré), sur le bord externe de la haute terrasse de la rivière Tamoá, disparaissent au milieu de cette même terrasse.

Cette dernière observation méritant une analyse plus poussée a conduit au creusement d'une séquence complémentaire de 14 profils, parallèlement aux 5 carottages antérieurs.

## II - DESCRIPTION DES SOLS

### 2.1 - SEQUENCE A PENTE FORTE SUR FLYSCHS

Cette séquence, décrite de façon très succincte, est composée de 5 profils (TNT 11 à 15, Fig. 41). Sa morphologie, décrite dans un paragraphe précédent comprend trois segments bien distincts, comme la séquence de Tiare (Fig. 40).

- Dans le premier segment, sur pente très forte, les profils peu différenciés ont une épaisseur inférieure à 50 cm. La couverture pédologique peut être totalement érodée dans les zones les plus pentues. Par endroits, des poches très argileuses décimétriques apparaissent dans l'altérite très fragmentée. Cette dernière est parcourue de filonnets de calcite. Les horizons humifères sablo-limoneux ont une structure de type anguclode, polyédrique fine à moyenne. Sous l'horizon humifère, le taux d'argile augmente légèrement et la structure devient un peu plus grossière. L'altérite se débite en petits cailloux et graviers à bords anguleux.

- Le glaciaire colluvial débute après une première rupture de pente. Alimentée par des apports colluviaux massifs successifs, la couverture pédologique présente une partie supérieure très sableuse reposant brutalement sur des niveaux argileux vertiques. On retrouve des traces d'horizons humifères enterrés, preuve de l'activité cyclique et relativement récente de ce phénomène.

L'épaisseur de cette nappe colluviale récente décroît depuis l'amont du segment où elle atteint un mètre d'épaisseur, vers l'aval où elle ne compte qu'une vingtaine de centimètres. Le pourcentage de refus, éléments grossiers dont la taille dépasse 0,2 cm de diamètre, varie entre 5 et 15% ; ces refus sont représentés exclusivement par des graviers et petits cailloux. Il n'y a ni pierres, ni blocs.

La structure de ces niveaux de teinte brun-gris à brun est anguclode, polyédrique fine en surface à particulaire (*psammoclode*) en profondeur. La porosité interparticulaire est très forte. Ces horizons meubles reposent brutalement sur des niveaux argileux, à structure verticale caractéristique : faces de glissement obliques se recoupant, de taille décimétrique. Ces horizons sont pratiquement dépourvus d'éléments grossiers. Leur teinte est brun jaunâtre, comme les horizons vertiques de Tiaré. Par contre, leur épaisseur est restreinte, inférieure à 1,00 m et ils ne contiennent pas d'éléments figurés autres que les efflorescences blanchâtres à la surface des parois asséchées des profils. Ces efflorescences sont par ailleurs plus abondantes vers l'aval de la séquence.

- A la deuxième rupture de pente, correspondent l'extrémité de l'étendue colluviale et le début de la plaine alluviale au sens strict. Les sols sont de type verticale classique, avec le développement de fentes de retrait verticales sous l'horizon humifère et l'apparition de faces de glissement centimétriques entre 40 et 60 cm de profondeur. A cet endroit de la séquence, le sol ne présente pas d'éléments figurés comme le gypse ou les carbonates.

Cette zone colluviale montre la tendance actuelle des formes du relief à trouver un état d'équilibre entre les versants très pentus et la plaine alluviale. Au pied de ces formes raides, le façonnement est récent. Il n'engage que des matériaux fins, homogènes, de la taille de graviers et de sables grossiers, à forte porosité, facilement altérables, dans une situation topographique tout à fait favorable à la néogénèse sous climat tropical contrasté de ces matériaux en argiles de type smectite.

## 2.2 - SEQUENCE A RUPTURE DE PENTE PROGRESSIVE SUR FLYSCH

La séquence comprend 14 profils. L'amont de cette séquence est situé sur une petite butte résiduelle, avancée dans la plaine alluviale. Cette butte a été cartographiée au 1/50 000 par les géologues du BRGM comme un pointement basaltique, mais les faciès rencontrés ressemblent plutôt à des flyschs (FAURE et PARIS, 1979). Le sommet de la butte atteint 40 m environ. L'altitude absolue de la plaine alluviale oscille entre 17 et 19 m.

Comme dans le chapitre précédent consacré à la séquence sur flysch (TIA), la morphologie des pentes permet le découpage de la séquence en 3 segments principaux (Fig. 42).

## 2.21 - Le segment amont

Dans le segment amont, à pente rectiligne, représenté par les profils MER 50 et 51, les sols peu différenciés ont une épaisseur maximale de 60 à 70 cm. Ils reposent sur une isaltérite de flysch. Les sols sont de type sol brun ou BRUNISOL typique. L'horizon de surface brun-gris foncé, argilo-limoneux possède une structure anguclode polyédrique fine à moyenne. Les horizons S (structichron) sous-jacents montrent une structure plus grossière à tendance prismoclode et une texture plus argileuse. Leur teinte est encore sombre brun-rouge foncé dans le profil MER 50, à brun-jaune foncé dans le profil MER 51. Ce dernier profil, avec l'apparition de quelques faces luisantes, est un BRUNISOL vertique et marque la transition avec le segment de piedmont et les sols vertiques .

## 2.22 - Le segment de piémont

Tout comme dans la séquence TIA, dans le segment de piémont, on peut distinguer une partie amont assez courte, d'une vingtaine de mètres de long, où la déclivité baisse rapidement de 15 à 5%, représentée par les profils MER 52, 62 et 53, d'une partie aval, plus étendue, d'une cinquantaine de mètres de long, où la pente décroît très progressivement jusqu'à être nulle. Cette partie est représenté par les profils MER 63, 54, 64, 65 et 55.

### *La partie amont*

Elle assure la transition entre les sols bruns situés en amont et les vertisols à gypse situés plus en aval. L'évolution des profils du haut vers le bas du segment est très rapide. Les profils passent de 0,80 m à près de 1,50 m. Les caractères suivants résument la morphologie de ces sols vertiques déjà détaillée chapitre 1.

- Les horizons de surface sont gris foncé, de texture argilo-limoneuse et ont une structure anguclode polyédrique moyenne. Dès 0,20 m, les faces luisantes et striées apparaissent, accompagnées de fentes verticales délimitant une structuration plus grossière. Les horizons de transition sont les plus plastiques, leurs teintes sont gris-olive (5 Y 4/2 à 2,5 Y 4/3), souvent entachées de descentes verticales de matière organique le long d'anciennes fentes de retrait ou de traces de pédotubules. La structure vertique au sens strict apparaît vers 0,60 m. La couleur est alors homogène brun-jaunâtre (de 10 YR 5/4 à 4/6). Le passage à l'isaltérite indurée et fragmentée de flyschs stratifiés se fait en une vingtaine de centimètres. Les éléments figurés, totalement absents dans les profils 52 et 62, à l'exception de ponctuations diffuses d'oxyde de manganèse et d'efflorescences blanchâtres sur les parois des profils asséchés, apparaissent brutalement dans le profil 53, qui assure la transition avec le segment aval.

Les premiers cristaux de gypse de la séquence se forment dans le profil MER 53, vers 1,30 m de profondeur dans un horizon épais de seulement 5 cm. Ils sont lenticulaires, de petite taille (< 1cm), de teinte beige pâle et d'orientation verticale. Sous ce niveau, un horizon noir, de 20 cm d'épaisseur fait son apparition. Les agrégats sont recouverts de cutanes d'oxydes de manganèse, alors que les dendrites sont parsemées dans la matrice argileuse. Au sein de cet horizon, les cristaux sont agglomérés en sphéroïdes ne dépassant pas 1 cm de diamètre, recouverts d'une fine pellicule noire d'oxydes de manganèse. Dans ces deux horizons, la proportion de gypse est nettement inférieure à 5% en poids de sol sec. Dans la partie amont du profil, l'horizon noir passe progressivement à un horizon d'altération où les revêtements manganiques recouvrent la surface des éléments de l'isaltérite. Par contre, dans la partie aval, un horizon de transition apparaît en biseau vers 1,50 m de profondeur, toujours riche en oxyhydroxydes de manganèse, mais parsemé de minuscules granules blancs de carbonate de calcium en lieu et place des cristaux de gypse. Ces granules, de 0,1 à 0,5 cm de diamètre, sont indifféremment pulvérulents ou légèrement indurés. Elles imprègnent également la partie supérieure des horizons meubles d'altération. Ces derniers n'ont que 10 à 15 cm d'épaisseur.

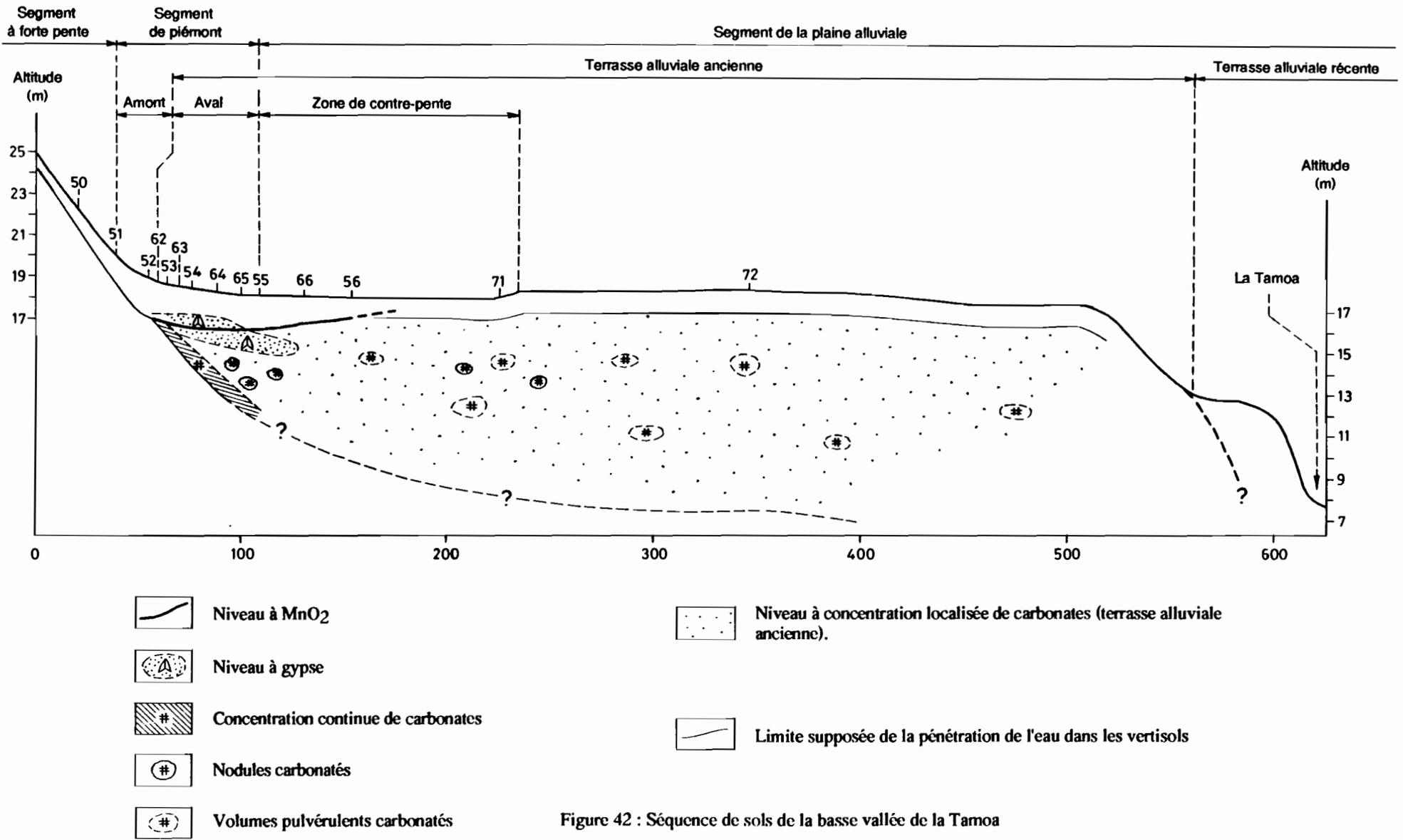


Figure 42 : Séquence de sols de la basse vallée de la Tamoia

### *La partie aval*

Le profil MER 53 assure la transition entre les parties amont et aval du segment de piémont. Tous les horizons - à gypse, - à hydroxydes de manganèse, - à carbonates présents de façon très rapprochés dans le profil 53, s'individualisent et sont beaucoup mieux exprimés dans la partie aval. Depuis le profil 53 au profil MER 55, en un peu moins de 50 m, la pente passe progressivement de 5 à 0%.

Entre les profils 63, 54 et 64, dernier profil complet de la séquence, sur une distance de 20 m et une dénivelée de 40 cm, le sol s'approfondit régulièrement et rapidement et passe de 2,30 m à 3,00 m puis à 3,70 m. Pour les profils suivants, seuls les deux premiers mètres ont été décrits et analysés.

La plupart des caractères des vertisols de cette séquence sont identiques à ceux déjà décrits dans la séquence de Tiare. Ils peuvent se résumer de la façon suivante :

*Les horizons humifères* sont généralement au nombre de trois :

- un horizon de surface gris foncé, épais de 20 cm, à structure anguclode polyédrique moyenne ;
- un horizon noir, sous l'horizon de surface, à structure plus grossière, parfois prismoclode, à partir duquel se développent des fentes verticales ;
- vers 40 cm, sous cet horizon noir, le sol s'éclaircit quelque peu en prenant une teinte brun gris foncé. La structure demeure grossière, parfois pauciclode à prismoclode. Certaines faces luisantes sont couvertes de "stress cutanes".

Dans les *horizons de transition*, les faces de glissement apparaissent entre 40 et 60 cm, au sein d'un matériau souvent humide et plastique, de couleur brun (10 YR 4/3) à brun-olive clair (2,5 Y 5/2 à 5/4). Elles dégagent un début de structure vertique, avec des faces centimétriques. On peut observer de nombreuses "descentes" de matière organique le long d'anciennes fentes de retrait verticales ainsi que des orthotubules remplis de matériaux sous et sus jacents.

*Les horizons vertiques* au sens strict apparaissent entre 60 et 80 cm de profondeur. De teinte brune à brun-olive clair, les faces structurales sont centimétriques à décimétriques, luisantes et striées et se recoupent en angles aigus. A ce niveau, les parois du profil asséchées sont parfois recouvertes d'une fine pellicule blanchâtre. Ces efflorescences ont été identifiées comme étant de minuscules cristallisations de gypse.

Les caractères distinctifs des profils et leur évolution de l'amont vers l'aval du segment sont essentiellement provoqués par la nature et la proportion des éléments figurés (gypse, carbonates, oxydes) présents dans l'infrasol.

A partir d'un mètre de profondeur, les *cristaux de gypse* apparaissent brusquement. D'une taille généralement comprise entre 0,5 et 2 cm, ces cristaux sont individualisés dans la matrice argileuse. Ils ont une teinte beige pâle, ont une forme pseudo-lenticulaire, souvent irrégulière et sont, la plupart du temps, d'orientation verticale ou parallèle aux grandes faces de glissement. Ils peuvent composer jusqu'à 20% du poids de sol sec.

Vers 1,50 m de profondeur, l'apparition brutale d'un horizon noir épais de 15 à 20 cm se distingue dans la relative uniformité de teinte des horizons vertiques. Cette couleur est provoquée par une concentration localisée d'*oxydes de manganèse*. Une observation fine permet de déceler une répartition de ces accumulations en pellicules à la surface des agrégats ou autour des pores, la matrice argileuse demeurant de teinte brun-jaunâtre à brun olive. Ces revêtements sont également accompagnés de dendrites et de minuscules concrétions. La limite supérieure de ce niveau peut présenter une légère ondulation suivant la structure vertique. Elle témoigne de la présence de faibles mouvements postérieurs à la mise en place de cet horizon. A partir de ce niveau et sous celui-ci (comme dans la

séquence LEP, profil 25), les cristaux de gypse s'agglomèrent en amas sphéroïdes dispersés, de 5 à 20 cm de diamètre composés de cristaux de 0,5 à 2 cm soudés les uns aux autres. Dans cet horizon noir, les amas gypseux sont eux-mêmes recouverts d'une fine pellicule noire (Photos 9 et 10).

Cet horizon à oxydes de manganèse est continu et se prolonge dans toute la partie aval du segment. A la base de ce niveau, les traces d'accumulations d'oxydes de manganèse s'estompent progressivement. Elles subsistent cependant à l'état de dendrites et de granules dans une proportion non négligeable. La partie inférieure des profils présente une évolution de l'amont vers l'aval du segment.

Dans la partie amont, représenté par le profil MER 63, la couleur de fond de la matrice argileuse verticale est toujours brun-jaunâtre à brun olive (10 YR 5/3 à 5/4 - 2,5 Y 5/3). Les cristaux de gypse en agglomérats sphéroïdes sont de plus en plus dispersés et leur taille se restreint. Entre 1,80 m à 2,00 m, à la disparition des cristaux de gypse correspond l'apparition de carbonates de calcium. Cette transition, particulièrement bien observée dans le profil 63, montre des agglomérats sphériques très localisés, de 1 à 2 cm de diamètre, très poreux, dont la bordure externe est parfois composée de petits cristaux de gypse jointifs de 0,2 à 0,5 cm, tandis que la partie centrale est composée de fines aiguilles millimétriques blanchâtres indéterminables à l'oeil nu qui, à l'observation au microscope et par diffraction des rayons X se révéleront être de l'aragonite.

Très rapidement les sphérules blanches vont devenir plus nombreuses et de plus grande taille. Les aiguilles cèdent la place à des volumes pulvérulents carbonatés. A cela s'ajoutent des ponctuations et des granules millimétriques un peu plus indurées. Progressivement, vers le bas du profil, les volumes pulvérulents s'indurent en amas friables, puis en nodules. Leurs bordures périphériques sont peu nettes, car elles englobent de nombreuses particules argileuses ainsi que des dendrites d'oxyde de manganèse, mais leur partie centrale est relativement indurée. Au bas du profil, certains amas nodulaires souvent très allongés verticalement ont une forme de septaria. Leurs contours sont peu nets et leur partie centrale se compose de nodules plus durs, souvent très arrondis, dont la bordure laisse entrevoir la présence de cristaux de calcite automorphes de taille millimétrique. Ces petits nodules internes et secondaires sont individualisés et jointifs, mais avec une proportion importante de vide entre eux. Vers le bas du profil, les volumes carbonatés deviennent jointifs pour former un horizon continu, induré et épais de 10 cm environ, au contact de l'altérite de flysch et/ou de basalte.

Vers l'aval, dans les profils MER 54 et 64, sous les niveaux à cristaux de gypse agglomérés, de petits cristaux jointifs se forment en amas pelliculaires, de 0,5 à 1 cm d'épaisseur, sur une longueur de 10 cm environ, à la surface des agrégats, le long de certaines faces de glissement. Ils sont accompagnés de cristaux isolés, très aplatis en forme de losange de 0,5 cm de long. Ces cristaux se localisent à la surface des agrégats et sont maintenus enfoncés par les contraintes de pression. Sitôt ces contraintes supprimées, les cristaux apparaissent en relief à la surface des faces de glissement.

En deçà des horizons gypseux, les plages d'accumulation carbonatées sont plus discontinues et servent de ciment aux éléments de l'altérite.

Plus en aval enfin, vers les profils MER 65 et 55, la partie supérieure du profil est très semblable à celle des vertisols du segment amont. On note toutefois une coloration brun-olive (2,5 Y 5/3 à 5/4) des horizons vertiques à l'intérieur des agrégats, alors que les faces structurales luisantes ont une teinte olive à gris olive très marquée (5 Y 5/2 à 5/3). Cette teinte provient vraisemblablement de la réduction des oxydes de fer dans les zones privilégiées de circulation d'eau.

Les horizons vertiques du profil 65 se distinguent par la présence de poches décimétriques pouvant contenir jusqu'à 30% d'éléments grossiers sous la forme de graviers et de petits cailloux arrondis, très altérés.

A partir de ce dernier profil, la proportion des cristaux de gypse est en nette diminution. Ceux-ci ne sont présents qu'à partir de l'horizon à oxydes de manganèse, toujours sous forme de petits agglomérats très dispersés, en amas pelliculaires ou en "losanges". Enfin, dans le profil 55, dernier profil de la séquence à contenir des cristaux de gypse, ces derniers n'apparaissent plus qu'à 20 cm sous l'horizon à oxydes de manganèse, et seulement sous la forme de "losanges".

Sous les accumulations gypseuses, les accumulations carbonatées adoptent les morphologies classiques des volumes pulvérulents durcis ou de nodules irréguliers à bords diffus.

## 2.23 - Le segment de la plaine alluviale

### *La terrasse alluviale ancienne*

La partie de séquence comportant la terrasse alluviale ancienne est la plus longue (près de 500 m). Cette étendue très plane, de pente inférieure à 0,5%, culmine au centre de la plaine alluviale, dégagant une pente vers la terrasse inférieure et la rivière et une contre-pente vers les collines de flysch. Dans cette zone en cuvette où s'accumulent les eaux de pluie ou les eaux d'inondation, les sols ont acquis certains caractères d'hydromorphie, comme l'individualisation d'un niveau à hydroxydes de manganèse ou la couleur olive à la surface des agrégats.

Les profils situés sur cette haute terrasse sont peu différenciés. Ce constat a déjà été établi à l'issue de la prospection cartographique. Les distinctions entre les vertisols de cette plaine alluviale se font uniquement dans l'infrasol, généralement à une profondeur supérieure à 0,80 m. Les différences portent sur les profondeurs d'apparition des éléments figurés, leur proportion ainsi que sur la granulométrie des niveaux argileux.

Alors que les profils 66 et 56 ne montrent aucune variation texturale, le profil MER 71, au bord de la contre-pente, montre une accumulation de sables et de graviers très importante à partir de 0,70 m de profondeur ; dans le profil MER 72, dernier profil de la séquence, situé au milieu de la terrasse, les niveaux argilo-sableux à graviers alternent avec des strates argileuses dépourvues d'éléments grossiers. La partie supérieure du sol, quant à elle, possède les mêmes caractéristiques que tous les autres vertisols de la séquence. La présence de sables et graviers à partir de 0,70 m à 0,80 m traduit peut-être une limite inférieure d'altération de ces matériaux.

Ces niveaux à infrasol entièrement sableux sont localisés sur les rebords de la terrasse alluviale, en bordure de la terrasse récente, levée de berge ou sur le passage d'anciens chenaux. Les carottages ont déterminé une épaisseur de sédiments argileux d'environ 12 m reposant sur une altérite hydromorphe de flyschs au centre de la terrasse alors que sur le rebord de la terrasse, à proximité du niveau alluvial récent, des dépôts de même épaisseur, mais plus sableux, reposent sur des lits grossiers de galets et de cailloux de roche ultra-basique (Fig. 43).

La marque du toit de la nappe, constitué par l'horizon à accumulation d'oxydes de manganèse, se rapproche de la surface dans les profils MER 66 et 56 situés dans la zone la plus basse de la terrasse: entre 1,00 m et 1,20 m pour MER 66 et 0,85 m et 1,00 m pour MER 56 où ses caractères semblent plus diffus. Ce niveau n'apparaît plus dans les deux premiers mètres de la partie plus haute de la plaine alluviale. En prospection cartographique, le niveau à oxydes de manganèse est bien exprimé et continu dans les zones les plus basses de la terrasse alluviale c'est-à-dire aux abords de la terrasse récente ou au contraire, au bas de la contre-pente vers les collines de flyschs. Dans les autres parties du profil, les oxydes de manganèse n'existent qu'à l'état de dendrites ou de ponctuations dispersées.

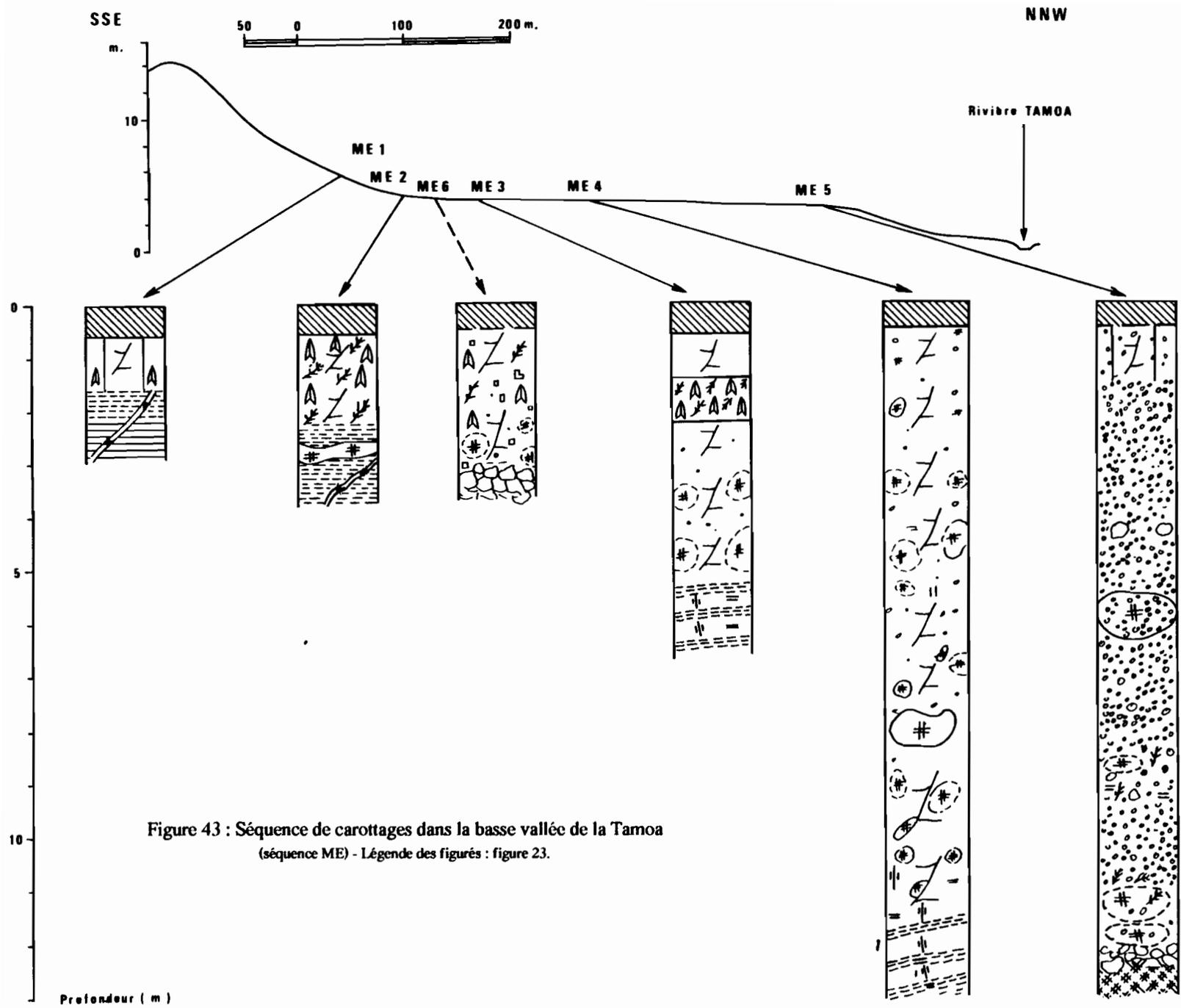


Figure 43 : Séquence de carottages dans la basse vallée de la Tamoa  
(séquence ME) - Légende des figurés : figure 23.

Les accumulations de carbonates sont constituées de volumes pulvérulents de taille décimétrique, à bords diffus, accompagnés de granules un peu plus indurés. Elles apparaissent sous l'horizon à oxydes de manganèse vers 1,5 m, ou dès 0,80 m lorsque cet horizon noir n'est pas visible. Dans le profil MER 72, on observe des poches recoupant parfois plusieurs horizons dans lesquelles apparaissent des nodules de magnésite de 1 à 5 cm de diamètre, très durs, dont le coeur est de couleur blanche immaculée comme ceux décrits par LATHAM (1986).

### *La terrasse alluviale récente*

La surface constituant la plaine alluviale récente n'est large que de quelques dizaines de mètres. Elle est régulièrement recouverte par les crues lors de dépressions tropicales, bien qu'étant située à près de 5 m au-dessus du niveau de la rivière. Les sols très peu différenciés sont de type sol peu évolué d'apport alluvial (CPCS, 1967) ou FLUVISOL typique à brunifié (RPF, 1990). L'horizon humifère et l'horizon sous-jacent ont une texture équilibrée argilo-limono-sableuse, une structure anguclode polyédrique fine à moyenne. La partie inférieure du sol s'enrichit quelque peu en argile avec, par endroits, des faces luisantes (stress cutanes) très localisées. Mis à part les tubules d'origine biologique, il n'y a pas d'éléments figurés visibles dans l'ensemble du profil.

## 2.24 - Conclusion

Deux types de versants apparaissent sur les pentes des collines de flyschs de la basse vallée de La Tamoá.

Au pied des versants à forte déclivité, à rupture de pente brutale, des colluvions récentes de la taille de graviers et de sables grossiers forment un glacis recouvrant d'anciens sols vertiques eux-mêmes peu épais.

Lorsque la rupture de pente est progressive, les sols s'établissent de la même manière que dans la séquence de Tiaré : brunisols, brunisols vertiques, vertisols à gypse et carbonates à la base du piémont sur colluvions anciennes, puis vertisols à carbonates sur alluvions anciennes à stratifications sablo-argileuses et argileuses de la terrasse élevée de La Tamoá. Les vertisols se distinguent par leurs éléments figurés.

Un niveau continu noir de 20 cm d'épaisseur environ, à forte concentration *d'oxydes de manganèse* (dendrites, ponctuations, revêtements etc...) s'étend dans la portion comprise dans la contre-pente depuis la base du piémont jusqu'à la partie haute et centrale de la plaine alluviale, à une profondeur comprise entre 0,80 m et 1,50 m.

*Les concentrations de gypse* apparaissent dans la zone de piémont. Les cristaux sont lenticulaires et individualisés au-dessus de l'horizon noir à oxydes de manganèse ; ils sont agglomérés dans et sous ce niveau. Vers l'aval, le nombre et la taille des cristaux régressent progressivement. Ces cristaux n'apparaissent plus que sous le niveau noir, à la surface des faces de glissement ; ils sont très dispersés et présentent des formes losangiques. **Dans la plaine alluviale au sens strict, les cristaux de gypse ont disparu.**

*Les carbonates* se manifestent tout le long de la pente en petits filonnets au sein de l'altérite. Dans les sols du piémont, ils prennent le relais du gypse. Du haut vers le bas du profil, les carbonates se concentrent en volumes pulvérulents, durcis, à septarias et nodules, puis dans un niveau continu au-dessus de l'altérite. Dans la plaine alluviale, ils ne se présentent plus qu'en larges plages de volumes pulvérulents indurés par endroits. Des nodules blancs de magnésite apparaissent dans des poches sablo-argileuses au milieu de la terrasse alluviale.

### III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS

#### 3.1 - LES COMPOSANTS MINERAUX

##### 3.11 - La texture et la minéralogie

Tous les sols de la séquence sont dominés par une texture très argileuse de nature smectitique. Le détail révèle toutefois quelques variations localisées.

##### Partie amont de la séquence : piémont des collines de flyschs

- brunisols et vertisols à gypse - MER 50, 51, 52, 62, 53, 63, 64

Les sols de la partie amont de la séquence, sont légèrement appauvris en argile dans l'horizon de surface : entre 45 et 50% contre 65% et d'avantage dans les horizons plus profonds (Fig. 44 A). Les argiles sont largement dominées par les smectites auxquelles s'adjoignent quelques traces de métahalloysite dans les horizons d'altération, déjà observées dans les sols de la série TIA.

Les teneurs en sables sont faibles, entre 10 et 15%. Cette proportion passe à moins de 10% dans les horizons vertiques des argiles à gypse. Les minéraux lourds sont peu abondants (<3%). *Dans la partie amont*, la proportion des minéraux transparents oscille entre 20 et 40%. Ceux-ci sont dominés par l'augite, l'épidote, la hornblende, minéraux plutôt caractéristiques de l'altération des basaltes ; *dans la partie aval*, les vertisols profonds à gypse contiennent un faible pourcentage de minéraux transparents (<5%), sauf dans les altérites. Ceux-ci sont constitués, *dans la moitié supérieure* des profils, d'enstatite, de zircon, barytine et de rutile issus des formations détritiques du Sénonien ou des péridotites tandis que *la partie inférieure* des profils est identique aux brunisols sur pente.

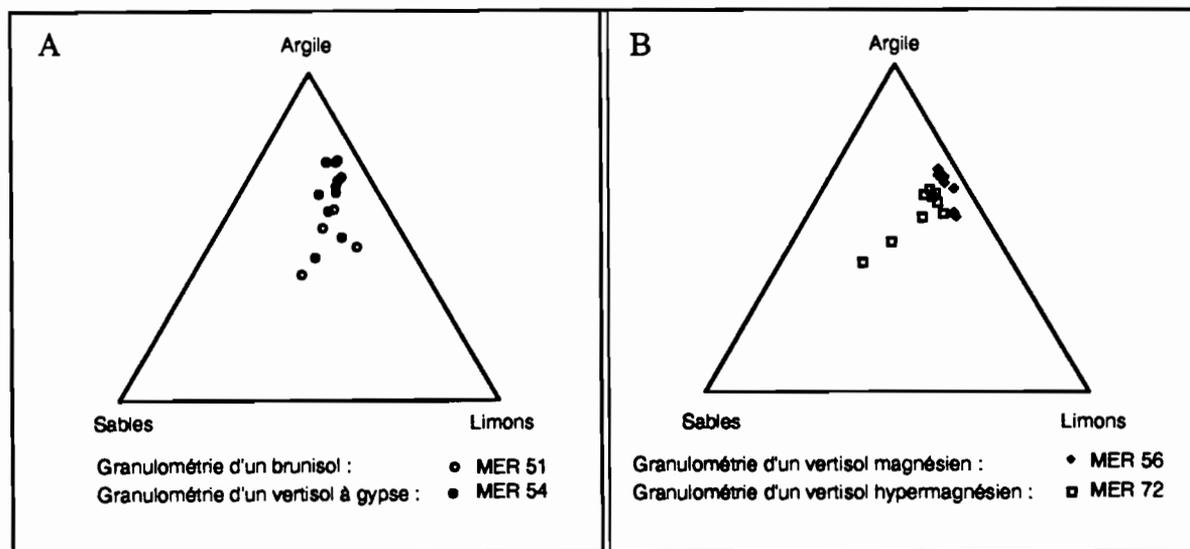


Figure 44 : Triangle textural pour les sols de la partie amont (A) et aval (B) de la séquence

**Partie médiane de la séquence : bordure externe de la plaine alluviale**  
- vertisols magnésiens - MER 65, 55, 66, 56

Les sols deviennent encore plus argileux. Dès la surface, la proportion d'argile est supérieure à 50% pour atteindre 55 à 70% dans les horizons profonds (Fig. 44 B). Les argiles sont essentiellement constituées de smectites. En profondeur, dans l'infrasol, on note également la présence de talc, de chlorite, ainsi que de dolomite.

Les teneurs en sables sont inférieures à 10% et la proportion de minéraux lourds ne dépasse que rarement 4% de cette fraction, mais les grains deviennent plus nombreux en profondeur et la proportion de minéraux transparents passe de 10% en surface à plus de 50% à une profondeur supérieure à 1,00 m. Les minéraux sont largement dominés par l'enstatite à laquelle il faut rajouter la chromite, mais aussi des traces de hornblende, d'épidote, de zircon, de tourmaline et de rutil, minéraux issus de l'altération des formations à charbon du Sénonien.

**Partie aval de la séquence : milieu de la plaine alluviale**  
- vertisols hypermagnésiens - MER 71, 72

Les sols deviennent à nouveau moins argileux, la part des argiles se limitant à 60% dans les horizons vertiques. Cette part décroît en profondeur et n'atteint plus que 40% dans certains horizons alluviaux plus sableux (Fig. 44 B). Les argiles sont presque exclusivement constituées de smectites, avec des traces de talc, caractéristique de l'altération d'enstatite (TRESCASES, 1975) dans les horizons supérieurs, de chlorite ou d'interstratifiés 14C-14S plutôt en profondeur, et quelques traces de hornblende. On note également la présence d'une faible quantité de kaolinite, assez inhabituelle dans le contexte hypermagnésien et smectitique ; cette kaolinite est vraisemblablement détritique (comme celle présente dans les terrasses de la Néhoué, communication pers. de J. ILTIS) ; elle provient de l'altération des formations à charbons du Sénonien et des sols qui s'y sont développés au cours de paléoclimats plus humides. La goethite, composante importante des sols bien drainés sur péridotites (LATHAM, 1986), est pratiquement absente dans ces milieux réducteurs.

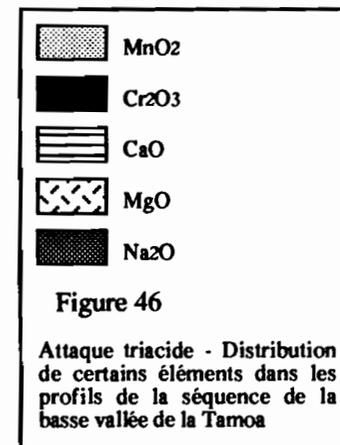
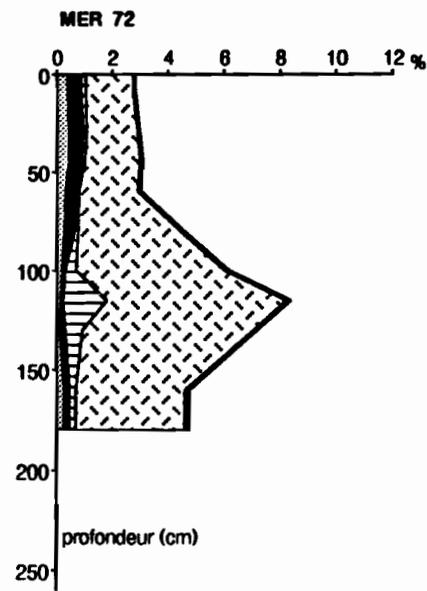
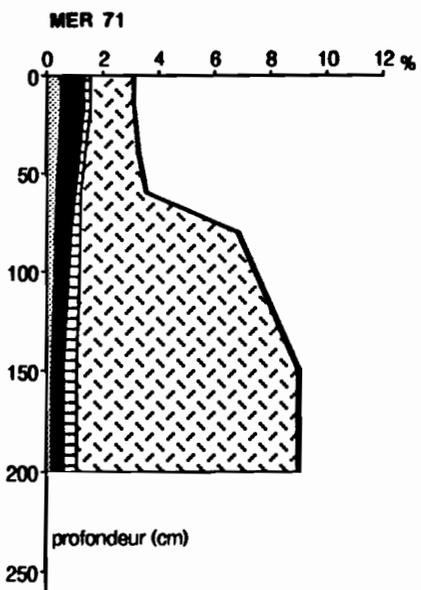
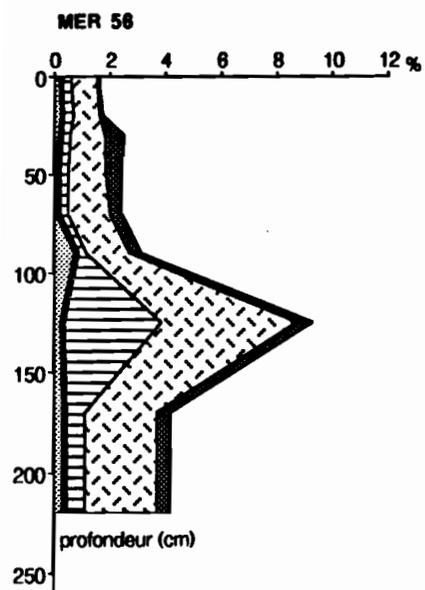
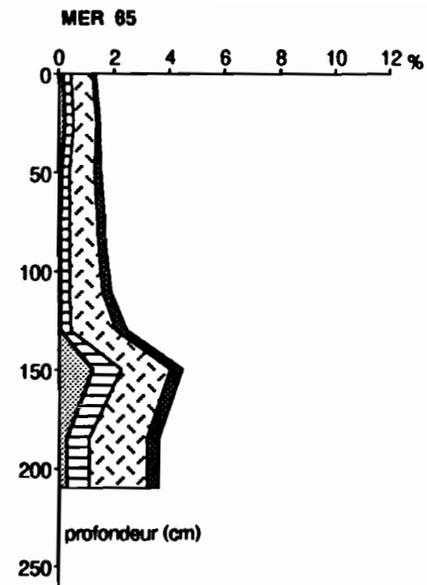
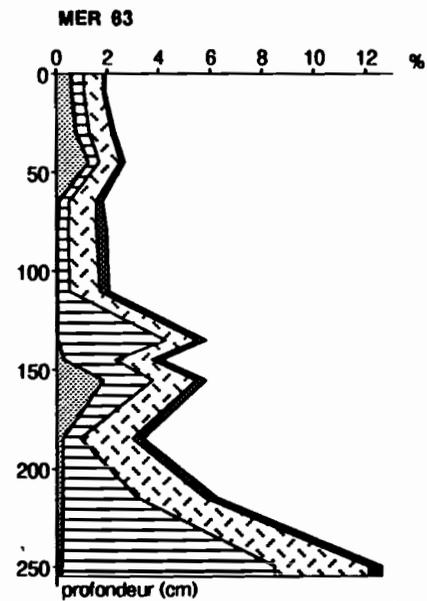
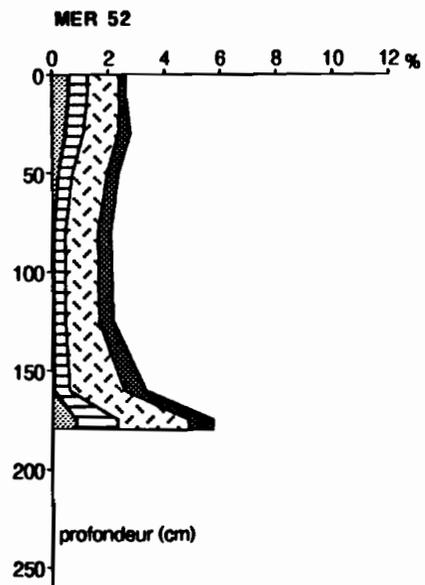
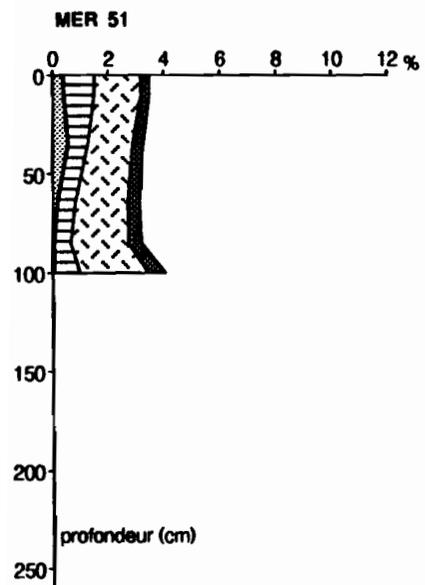
La proportion de sables varie de 10 à 30% dans les niveaux inférieurs caractéristiques des formations alluviales. Le pourcentage pondéral de minéraux lourds augmente très sensiblement et passe de 3% (moyenne de la bordure de la plaine alluviale) à plus de 15%. Cette proportion atteint 25% à la base du profil MER 71 où se situait le passage d'un ancien chenal. La proportion de minéraux translucides, largement dominés par l'enstatite, augmente brusquement à une profondeur de 1,00 m environ. Cette limite correspondrait au maximum de la pénétration des eaux superficielles par drainage vertical dans les vertisols.

### 3.12 - L'analyse chimique triacide

Dans l'ensemble de la séquence, on ne note pas de différences importantes dans la répartition des éléments majeurs résultant de l'analyse triacide ou de l'analyse à la microsonde effectuée de façon ponctuelle dans les zones à plasma argileux (Tab. XXVIII).

Le taux de résidus témoignant de la présence de minéraux primaires peu altérables (quartz, feldspaths etc...) est assez important (35 à 45%) ; il est cependant plus élevé de 15% environ dans les horizons supérieurs et reflète ainsi leur enrichissement relatif en sables. Ce taux est toutefois constant dans les sols hypermagnésiens à forte variabilité texturale de l'infrasol et démontre la forte altérabilité des minéraux sableux qui les composent.

Les rapports moléculaires des éléments majeurs silice, alumine et fer, indiquent la composition minéralogique des argiles. Dans les sols bruns et sols bruns vertiques, ce rapport moléculaire est assez proche de celui des vertisols magnésiens. Les vertisols à gypse et hypermagnésiens s'en différencient quelque peu (Fig. 45) :



- le rapport Si/Al est toujours supérieur à 4, signe de la présence exclusive d'argile 2/1, avec de la silice en excès provenant de la dissolution de micro-quartz ou d'opale. Ce rapport est sensiblement plus élevé dans les vertisols à gypse (entre 4,9 et 5,7) et surtout dans les vertisols hypermagnésiens où il varie entre 6 et 9 ;
- le rapport Al/Fe se situe en moyenne entre 1,5 et 1,7 pour les sols bruns et les sols magnésiens alors que les vertisols à gypse sont enrichis en alumine avec un rapport voisin de 2 et que les vertisols hypermagnésiens sont enrichis en fer avec un rapport entre 0,8 et 1,2.

Pour les vertisols magnésiens à gypse, les smectites sont de type dioctaédrique et leur formule structurale peut se schématiser de la façon suivante :  $(\text{Si}_{3.8} \text{Al}_{0.2}) (\text{Al}_{1.0} \text{Mg}_{0.2} \text{Fe}_{0.7})$  ; dans le cadre des vertisols hypermagnésiens, les argiles semblent se composer d'un mélange de smectites dioctaédriques et trioctaédriques dont la composition moyenne correspondrait à  $(\text{Si}_{3.6} \text{Al}_{0.4}) (\text{Al}_{0.4} \text{Mg}_{1.0} \text{Fe}_{0.9})$ .

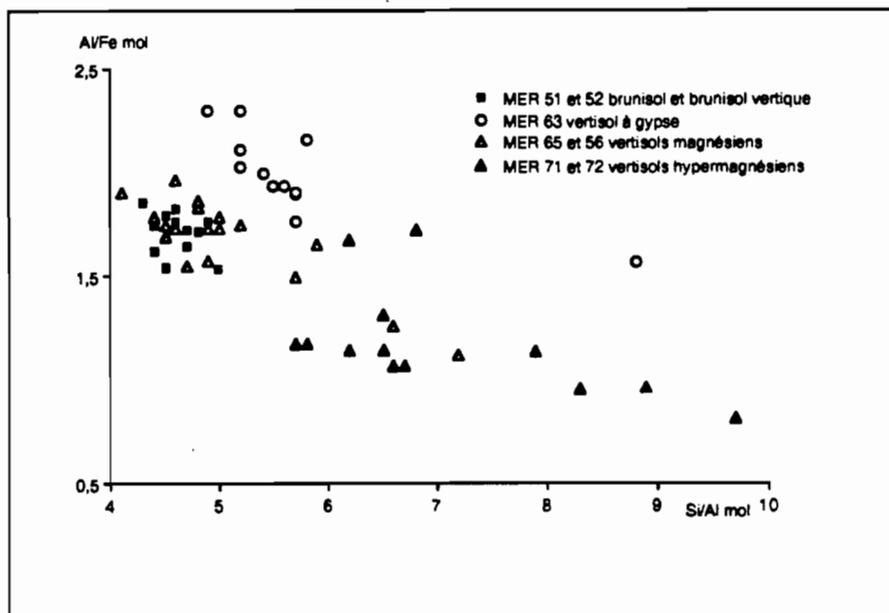


Figure 45 : Distribution des sols en fonction des rapports moléculaires de l'analyse triacide

Les différences analytiques s'observent essentiellement sur la répartition de certains métaux comme le manganèse et le chrome, mais aussi par les teneurs en calcium et magnésium (Fig 46) :

- le manganèse, marqueur de conditions hydromorphes temporaires se concentre préférentiellement à la surface des profils et dans le niveau continu situé vers 1,50 m de profondeur entre la limite de la bordure colluviale et le centre de la plaine alluviale ;
- la chromite ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) provient directement de l'altération des péridotites qui contiennent en moyenne 5% de spinelles chromifères (GUILLON, 1975) ; elle apparaît sous forme détritique, de la taille des sables, dans les vertisols magnésiens ; elle est abondante au sein des vertisols hypermagnésiens et surtout dans le profil MER 71 dont l'infrasol est très sableux ;
- le calcium se concentre évidemment dans les niveaux gypseux et carbonatés, sa présence diminue considérablement vers l'aval de la séquence au profit du magnésium ;
- le magnésium est abondant dans tous les sols de la séquence, mais il est le représentant exclusif des alcalins et alcalino-terreux à l'aval de la séquence.

Tableau XXIV - Principaux caractères micromorphologiques des sols de la basse vallée de la Tamoá

	AMONT - MER 50-51-52	PIEMONT - MER 53 à 64	AVAL DU GLACIS - MER 55, 66
<b>HORIZON de SURFACE</b>	<b>HORIZON HUMIFERE</b>	<b>HORIZON HUMIFERE</b>	<b>HORIZON HUMIFERE</b>
Squelette	30 à 40 % : quartz 50 à 200 µm, lithoreliques > 200 µm	lithoreliques :15%, 300 à 500µm	quartz : 5%, 20 à 50µm ; lithoreliques, 20%, 200 à 500µm
Vides	30 % : tubulaires et vésiculaires	30 % tubulaires, vésiculaires et planaires	tubulaires, vésiculaires et planaires
Plasma	intertextique à aggloméro-plasmique, argillasépique à squel-vosépique	aggloméroplasmique, argilla-sépique à squel-vosépique	aggloméroplasmique, insépique, squel-vosépique
Cutanes		mangananes diffus	ferranes diffus autour de certains pores racinaires
Autres traits	isotubules et striotubules organiques, glébules de 200 µm	ortho et métatubules	ortho et métatubules organiques plus riches en squelette que le plasma
<b>HORIZON MINERAL</b>	<b>STRUCTICHRON</b>	<b>VERTICHRON</b>	<b>VERTICHRON</b>
Squelette	quartz : 15%, 20 à 50 µm ; lithoreliques, 5%, 200 à 500 µm	quartz : 5%, 10 à 50µm, lithoreliques < 1 %, >500µm	quartz : 5%, 20 à 50µm, lithoreliques et granules de calcaire, 20%, 200 à 500µm
Vides	10% : tubulaires, 50 µm et planaires de 50 à 500 µm	5 % planaires, de 50 à 150 µm, tubulaires , de 150 à 300 µm	5 % planaires de 50 à 200 µm ; tubulaires de 100 à 200 µm de 5% à 15% dans l'horizon oxydique ; vésiculaires en milieu riche en carbonates
Plasma	porphyrosquélique, insépique à argillasépique.	porphyrosquélique, lattisépique à bimasépique	porphyrosquélique, lattisépique à bimasépique ; cristique en milieu carbonaté homogène
Cutanes	argillanes autour des lithoreliques, mangananes autour des lithoreliques	mangananes autour des pores tubulaires calcitanes (aragonite) autour de certains pores et lithoreliques	mangananes autour des pores tubulaires calcitanes (aragonite) autour de certains pores et lithoreliques
Autres traits	métatubules humiques, concrétions ferro-manganésifères de 300 à 400 µm nodules ferrugineux	crystallarias de gypse lenticulaire ou aggloméré > 500 µm ; de barytine < 5 µm ; d'aragonite en aiguilles de 5 à > 20 µm. nodules ferrugineux de 150 à 300 µm ; carbonatés polygéniques à cortex, > 500 µm concrétions ferro-manganésifères en auréoles et halos > 500 µm	crystallarias de gypse agglomérés, en dissolution nodules ferrugineux de 150 à 300 µm ; carbonatés polygéniques à cortex, > 500 µm concrétions ferro-manganésifères de 200 à 400 µm, à partir de vides et du bord externe d'alté-lithoreliques
<b>HORIZON D' ALTERATION</b>	<b>ALTERITE</b> Altération de flysch	<b>ALTERITE</b> Altération de flysch	
Squelette	quartz : 10%, 20 à 50 µm ; lithoreliques > 40%, 100 à 300µm	quartz et feldspaths 10%, 20 à 50 µm ; lithoreliques >30%, > 500 µm	
Vides	tubulaires et vésiculaires	25 % tubulaires et vésiculaires	
Plasma	aggloméroplasmique à inter-textique vo-squelsépique	aggloméroplasmique, squel-vosépique, micrite et sparite en milieu carbonaté homogène	
Cutanes	mangananes de 50 à 100 µm et argillanes autour des vides	ferro-argillanes autour des concrétions, mangananes, calcitanes (aragonite) autour de certains pores et lithoreliques	
Autres traits		glébules > 500 µm constituées d'alté-lithoreliques à plasma de structure argillasépique	

### 3.13 - La micromorphologie et l'ultramicroscopie

La micromorphologie des sols est très peu variable de l'amont vers l'aval de la séquence (Tab. XXIV). La distinction des grands ensembles de la séquence tient surtout dans la morphologie des éléments figurés (Tab. XXV).

#### La partie amont de la séquence

- lames minces des profils MER 50, 51 et 52 correspondant aux brunisols et brunisols vertiques.

*Les horizons humifères* de surface montrent un squelette abondant (30 à 40%) dominé par des quartz anguleux, de 50 à 200  $\mu\text{m}$  ainsi que des lithoreliques de taille supérieure à 500  $\mu\text{m}$  de nature siliceuse (quartzite ou éléments de grès). Les vides sont abondants (30 à 40%) mais leur volume décroît rapidement en profondeur pour atteindre 10 à 15% dans les horizons de transition. Ces vides interagrégats sont de type tubulaire et vésiculaire, de taille supérieure à 200  $\mu\text{m}$ . La structure du plasma est intertextuelle à aggloméroplasmique dans l'horizon de surface pour être aggloméroplasmique à porphyrosquélique dans l'horizon de transition. Le mode d'assemblage est généralement argillasépique et parfois localement squelsépique. Les traits pédologiques sont dominés par la présence d'orthotubules (isotubules) et parfois de striotubules. On peut également observer des glébules de 200  $\mu\text{m}$  et davantage (fantômes d'éléments grossiers argillisés) où se concentrent de façon privilégiée les oxydes de fer ; ces derniers peuvent également former des nodules à bord diffus. Parfois ces glébules sont bordés par un liseré noir d'oxyde de manganèse.

*Dans les horizons à pédoplasation (structichron)*, le pourcentage du squelette se réduit à 15% environ. Il est de même nature que dans l'horizon humifère. Les vides sont de type tubulaire et planaire entre 50 et 200  $\mu\text{m}$  d'écartement. Leur proportion se réduit à 10 - 15% du volume. Le plasma très homogène de structure porphyrosquélique présente un mode d'assemblage faiblement ma-squelsépique. Les éléments figurés déjà présents dans l'horizon de surface s'individualisent également dans le structichron.

*Dans les horizons d'altération*, la porosité augmente sensiblement et compose plus de 20% du volume. Les pores sont essentiellement tubulaires et vacuolaires. La proportion de squelette augmente également pour atteindre 40 à 50 % du volume. Ce dernier est composé en majeure partie de lithoreliques et de glébules dont la taille est supérieure à 200  $\mu\text{m}$ . Les lithoreliques dont certaines sont supérieures à 5 mm de long sont composées de fragments de roches gréseuses et de roches volcanique à structure microlitique attestant la nature de type flysch du substrat géologique, contrairement à l'indication de la carte géologique au 1/50 000 de FAURE et PARIS (1979), qui indique en ce point du basalte. Les minéraux primaires s'altèrent et les lithoreliques de roches complexes se transforment en glébules argileux dont l'assemblage est isotique. Glébules et lithoreliques sont entourés de cutanes argileux et baignent dans un plasma de type aggloméroplasmique et d'assemblage in-squelsépique parfois vosépique. Quelques magananes tapissent les pores tubulaires.

#### Aval du segment de piedmont correspondant aux vertisols à gypse

- lames minces des profils MER 53, 63, 54 et 64 -

*Les horizons de surface* sont peu différents de ceux rencontrés en amont. Cependant la proportion du squelette ne dépasse pas 20 à 25% du volume total.

*Les horizons vertiques* se distinguent des horizons du structichron essentiellement par une organisation du plasma de type bimasépique à lattisépique (Planche II, Photo A), caractéristique des vertisols mais aussi par la prédominance des vides planaires sur les vides tubulaires, et par une proportion encore plus faible du squelette qui ne dépasse guère 5%, lequel se compose de quartz de taille comprise entre 20 et 80  $\mu\text{m}$ . Les cristaux de gypse, tous d'une dimension supérieure à 200  $\mu\text{m}$ , se présentent en individus isolés et comprennent de nombreuses inclusions argileuses dont les caractéristiques analytiques se

Tableau XXV

Morphologie, répartition et abondance des éléments figurés dans les horizons principaux d'un brunisol, d'un vertisol à gypse et d'un vertisol magnésien.  
(H : horizon humifère ; S : horizon structuré ; V, VG, VOX, VC : horizon vertique, à concentration de gypse, d'oxydes ou de carbonates ; Alt : altérite)

Dénomination des horizons	H	S	Alt	H	V	VG	Vox	V	VCa	Alt	H	V	Vox	V	VCa	
<b>SULFATES</b>																
cristaux lenticulaires isolés						■										
cristaux agglomérés en partie dissous							■	■	■							
cristallisations proches des faces de glissement								■	■							
cristallisations au sein des micro-vides								■	■							
cristaux en voie de pseudomorphose calcitique								■	■							
concentrations de barytine								■	■							
<b>CARBONATES</b>																
cristallisations en volumes alvéolaires diffus (aragonite)								■	■							
nodules polygéniques à cortex		■	■						■	■						■
calcitanes, remplissage de vides									■	■						■
Imprégnation du plasma									■	■						■
<b>OXYDES DE FER</b>																
en ferranes, autour des chenaux racinaires	■			■							■					
en ferranes, autour des vides tubulaires se courbant		■				■						■				
en auréoles ou en anneaux		■					■					■		■		
en accréation centripète dans les lithoreliques		■	■	■		■		■	■	■		■		■		■
en nodules homogènes							■					■		■		
en concrétions (en association avec MnO <sub>2</sub> )	■			■			■	■	■	■	■	■		■		
en plages diffuses												■		■		■
<b>OXYDES DE MANGANESE</b>																
en concrétions (en association avec MnO <sub>2</sub> )	■			■			■	■	■	■	■	■		■		
en mangananes			■	■			■	■	■	■	■			■		■
en ponctuations							■							■		■



Morphologie ou élément peu fréquent



Morphologie ou élément fréquent



Morphologie ou élément très fréquent

différencient peu des argiles encaissantes (Tab. XXVIII). Ils présentent des traces de dissolution au contact avec des vides poreux tubulaires.

Dans et sous *l'horizon noir riche en oxydes de manganèse*, les cristaux de gypse aux dimensions variant de 50  $\mu\text{m}$  à 1,0 mm et davantage, sont agglomérés et présentent de nombreuses traces de dissolution ; les vides tubulaires de 50 à 500  $\mu\text{m}$  prennent le pas sur les vides planaires des horizons supérieurs. Les parois des vides sont le site de dépôts privilégiés d'oxydes de manganèse (mangananes) de parfois 50  $\mu\text{m}$  d'épaisseur mais ceux-ci apparaissent également sous la forme de ponctuations isolées de 5  $\mu\text{m}$  qui s'agglomèrent en amas, de cutanes autour des lithoreliques ou autour des cristaux de gypse et de concrétions en association avec des oxydes de fer. Ces dernières sont constituées d'auréoles plus ou moins riches en manganèse et à bords très diffus. Les oxydes de fer montrent de nombreux types d'organisation (planche II, photo G) :

- en imprégnant le plasma sous la forme de plages à bords diffus ;
- en ferranes disposés de part et d'autre de vides tubulaires qui se courbent pour adopter une disposition annulaire ou en auréole formant l'ébauche d'une concentration nodulaire sous la forme d'un halo glébulaire ;
- en se développant à partir du bord externe d'une altélithorelique et pouvant se néoformer en nodules par accréation centripète ;
- en petits nodules de 100 à 200  $\mu\text{m}$  de diamètre ;
- en concrétions de taille supérieure à 500  $\mu\text{m}$  sous la forme d'auréoles concentriques en alternance avec des oxydes de manganèse à bords peu nets (planche II, photo I et J).

*L'horizon verticale de transition* est compris entre le niveau noir à oxydes de manganèse, épais de 15 cm environ et les horizons carbonatés généralement situés à la base des profils. Son épaisseur varie entre 50 cm et 1,0 m. Les concentrations en oxyde de manganèse liées aux cutanes chutent rapidement. Les amas agglomérés de gypse adoptent une taille plus restreinte. A la base de cet horizon ne subsistent plus que de petits cristaux peu altérés de 100 à 200  $\mu\text{m}$  le long des parois d'anciens vides ou près de la surface des faces de glissement où ils sont parfois recouverts d'un fin dépôt argileux. Les amas agglomérés, par contre, montrent de très nettes traces de dissolution à partir des bords externes, ou à l'intérieur même des cristaux selon les plans de clivage. On observe de manière très localisée **des substitutions carbonatées au sein de ces cristaux de gypse**. Dans le cas de cristaux agglomérés s'étant développés de manière centripète à partir d'une lumière centrale, les cristaux s'organisant en cercle, les plus gros en périphérie, les plus petits au centre, la dissolution du gypse et la substitution par les carbonates s'opère à partir de la lumière centrale de l'agglomérat. On observe des fantômes de cristaux de gypse de 200 à 500  $\mu\text{m}$ , de forme caractéristique, pseudomorphosés par des microcristaux de carbonates de calcium ramassés, inférieurs à 5  $\mu\text{m}$ , vraisemblablement de la calcite, car l'ion  $\text{SO}_4^{2-}$  favoriserait plutôt la formation de calcite aux dépens de l'aragonite (CAILLEAU et al., 1979). (Nous reviendrons en détail sur l'interprétation géochimique de ce phénomène § 7).

*Dans la partie supérieure des horizons à concentration de carbonates*, on observe des *amas friables*, très poreux et sphériques, de 1 à 2 cm de diamètre. A l'examen micromorphologique, aux DRX et à la microsonde, ces sphérules s'avèrent riches en cristaux d'**aragonite** auxquels se mêlent des concentrations de petits cristaux de **barytine**. Ces "amas friables" se délimitent du fond matriciel par le brusque développement d'une morphologie alvéolaire, "en nid d'abeille", où un fin plasma argileux entoure des pores d'un diamètre de 100 à 200  $\mu\text{m}$ .

Vers le centre de ces amas friables, apparaissent de petits amas cristallins automorphes de **barytine**, de 5 à 10  $\mu\text{m}$  de long (Planche II, Photo B). Bien que le sulfate de baryum soit très peu soluble, il semblerait qu'en raison de leur forme automorphe et de leur petite taille, ces petits cristaux se soient néoformés in situ, à partir d'une solution. De telles néoformations ont déjà été décrites par LYNN et al. (1971), STOOPS et ZAVELETA (1978), CARSON et al. (1982) dans des sols acides,

saturés en bases, hydromorphes avec une nappe salée fluctuante. Ces conditions semblent toutes réunies dans l'horizon où se concentrent les cristaux de barytine.

Une partie du baryum ainsi solubilisé est immobilisé sous forme de barytine, une autre se retrouve parmi les accumulations d'oxydes de manganèse. Ces oxydes ont, en effet, la propriété d'adsorber des molécules de baryum (Mc KENZIE, 1989), ce que confirment les résultats analytiques à la microsonde : des cutanes riches en  $MnO_2$  bordant les vides, contiennent des quantités non négligeables de BaO (Tab. XXIX).

La source du baryum proviendrait des formations à charbon qui contient beaucoup de barytine (inventaire minier du BRGM). Des cristaux de la taille de sables se retrouvent, sous forme détritique, parmi les minéraux lourds de la plaine alluviale. Mais, dans le profil MER 63 étudié, les minéraux lourds de la fraction sableuse sont pauvres en barytine (§ 5) car les néoformations ont une taille nettement inférieure à celle des sables.

Le coeur des sphérules est constitué de fines baguettes d'**aragonite**, longues d'environ 5  $\mu m$  et déterminées par DRX sur lame mince. Les cristaux apparaissent brusquement et croissent perpendiculairement à la structure alvéolaire (Planche I, Photo A). Ce minéral se développe préférentiellement à la calcite dans les milieux riches en magnésium, comme le milieu marin (BERNER, 1975 ; BATHURST, 1976), ou soumis à l'influence de la matière organique (NAHON et al., 1980 ; DUCLOUX et DUPUIS, 1987). Dans ce cas précis, nous sommes éloignés de près de 2,00 m de la surface du sol, l'activité biologique est très faible et le chevelu racinaire peu dense ; or les micro-analyses chimiques, les analyses triacides totales et la détermination des cations échangeables confirment l'abondance du magnésium, qui serait le facteur déterminant de la cristallisation de l'aragonite (CAILLEAU et al., 1977, 1979).

La présence des vides alvéolaires sur la bordure externe de ces sphérules peut s'interpréter comme une dissolution de cristaux préexistants, d'aragonite et/ou peut-être de gypse. La morphologie générale des sphérules ainsi que celle des alvéoles n'étant pas affectées par les mouvements du sol (cisaillements, glissements) qui touchent l'ensemble du plasma environnant, leur formation serait *récente dans un horizon qui n'est plus affecté par les processus de brassage caractéristiques des vertisols*.

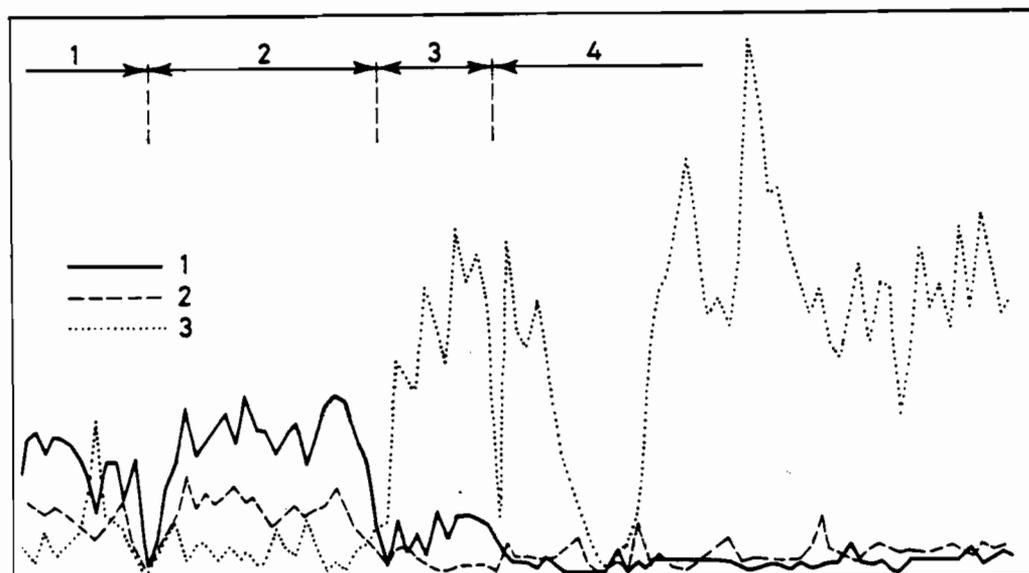
Plus profondément dans le profil, *au sein des horizons à concentration de carbonates*, les accumulations carbonatées se présentent sous la forme de nodules polyphasés de taille supérieure à 500  $\mu m$ , entourés d'un cortex gris-souris de 20  $\mu m$  d'épaisseur. Ces gros nodules sont constitués d'un assemblage de nodules plus petits de 200  $\mu m$ , eux-mêmes constitués de nodules à cortex de 100 à 50  $\mu m$  de diamètre dont le coeur micritique est d'une teinte beige pâle homogène. Ces accumulations semblent composées de calcite en partie magnésienne (Fig. 47, Tab. XXVI). Les parois de ces gros nodules de couleur grise sont enrobés par un fin voile argileux (Tab. XXVII).

Tableau XXVI : Composition chimique de certaines accumulations carbonatées (microsonde).

Echantillon	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	TOTAL	CaO/MgO
14. inclusion dans gypse	8,09	2,00	1,49	0,19	36,65	0,41	0,15	0,29	7,27	56,79	90,05
1. cutane de lithorelique	12,36	5,13	0,88	0,07	26,47	5,69	0,06	1,59	0,07	52,44	4,65
28. cutane d'un nodule	18,77	4,74	3,53	0,46	14,43	5,82	0,13	0,89	0,21	53,19	2,48
24. Nodule carbonaté	15,58	3,76	2,59	0,24	32,02	4,50	0,12	0,42	0,16	59,45	7,11

Des cristaux automorphes clairs d'aragonite, généralement en aiguilles (Planche II, Photos C et D), croissent perpendiculairement aux parois des pores tubulaires et vésiculaires, soit autour des éléments grossiers, soit à la bordure externe des nodules où elles sont postérieures aux manganés (Fig. 47). Elles permettent de conclure à une

inhibition de l'effet de germe du coeur calcitique des nodules par les cutanes argileux (Planche I, Photos B, C, D).



Légende :

pic 1 : courbe de répartition de Ca

pic 2 : courbe de répartition de Mg

pic 3 : courbe de répartition de Si, représentant l'argile

Zone 1 : Intérieur du nodule : calcite magnésienne avec des plages argileuses

Zone 2 : cortex du nodule : calcite magnésienne, faibles traces d'argile

Zone 3 : présence de fibres d'aragonite, très faibles teneurs en Mg, augmentation brutale du taux d'argile

Zone 4 : plasma argileux, faibles teneurs en Ca et Mg, mais ce dernier est plus abondant que Ca.

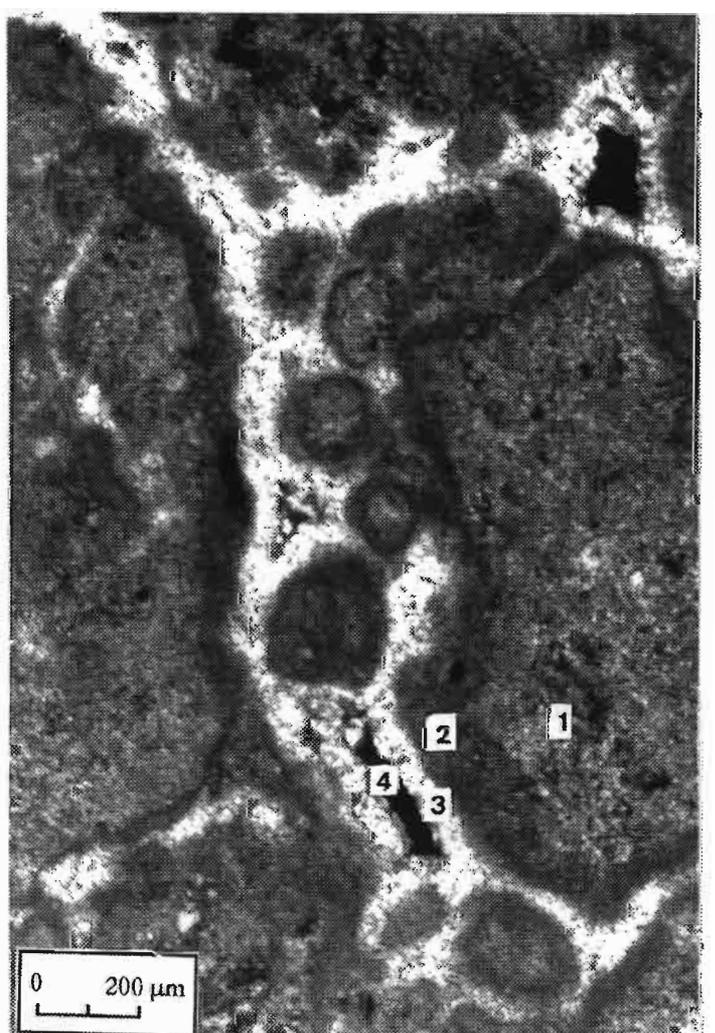
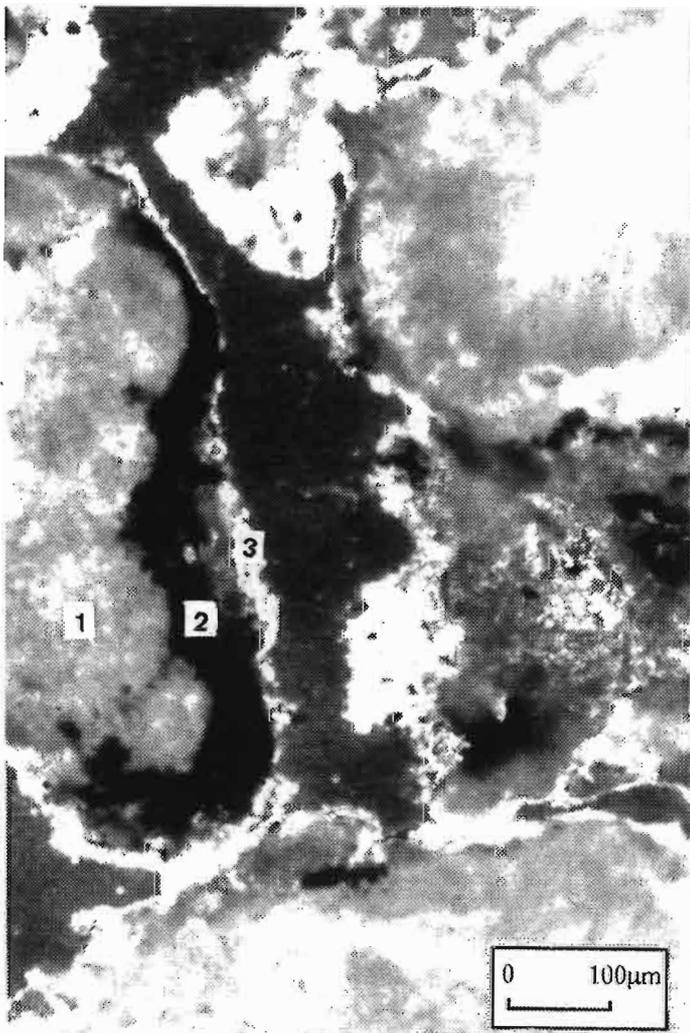
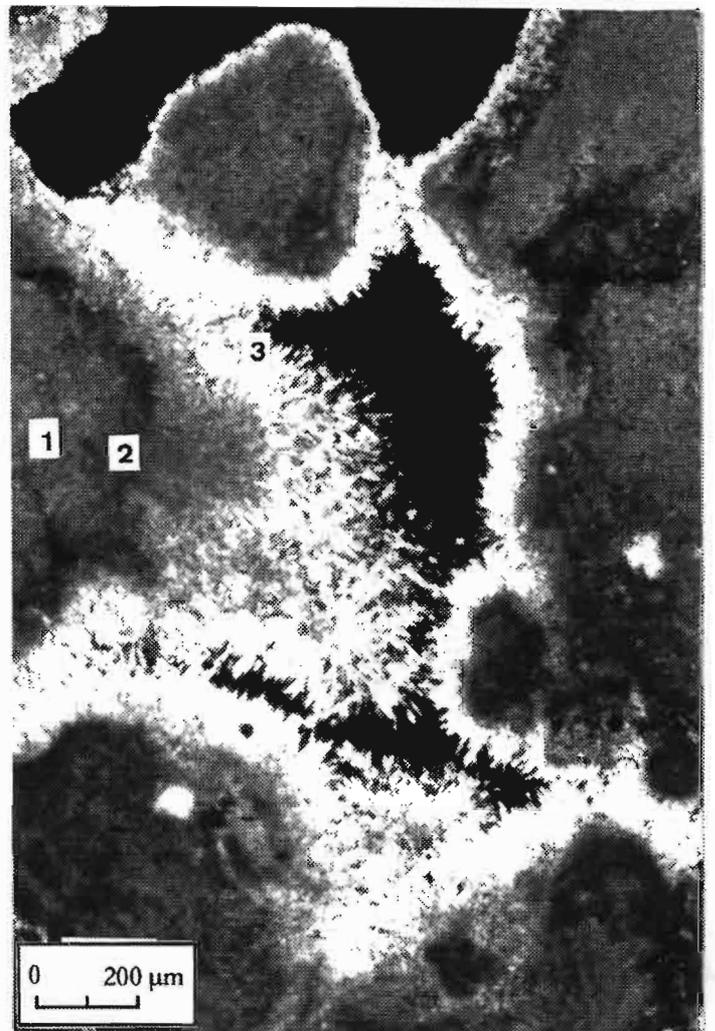
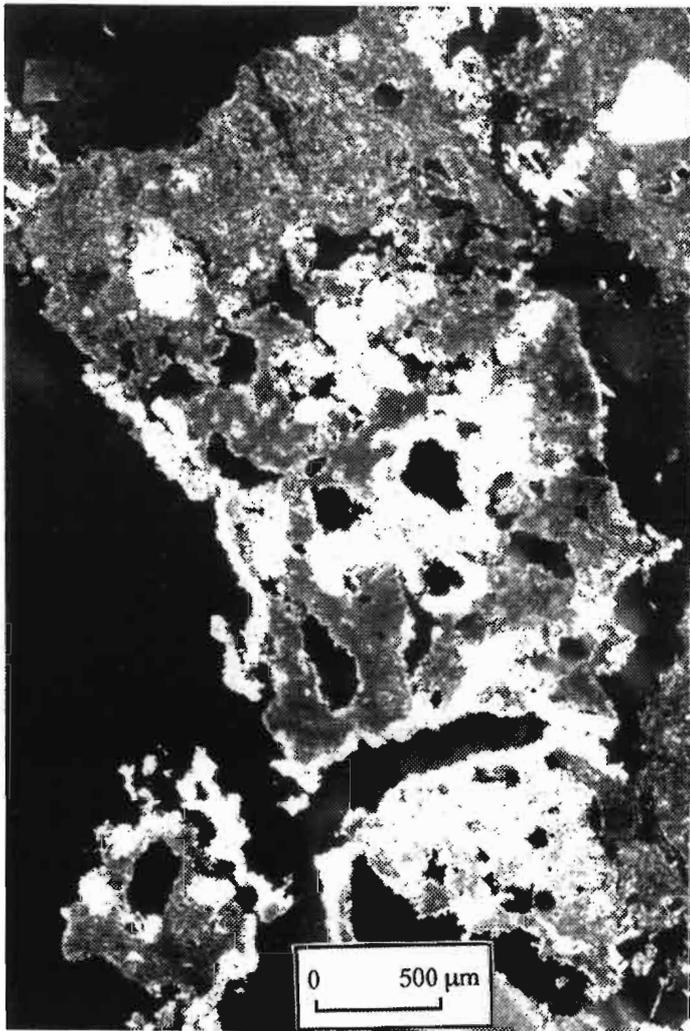
Figure 47 : Transect à la microsonde dans une coupe de nodule carbonaté polyphasé : planche II, photo E - Variations relatives des teneurs en silice, calcium et magnésium.

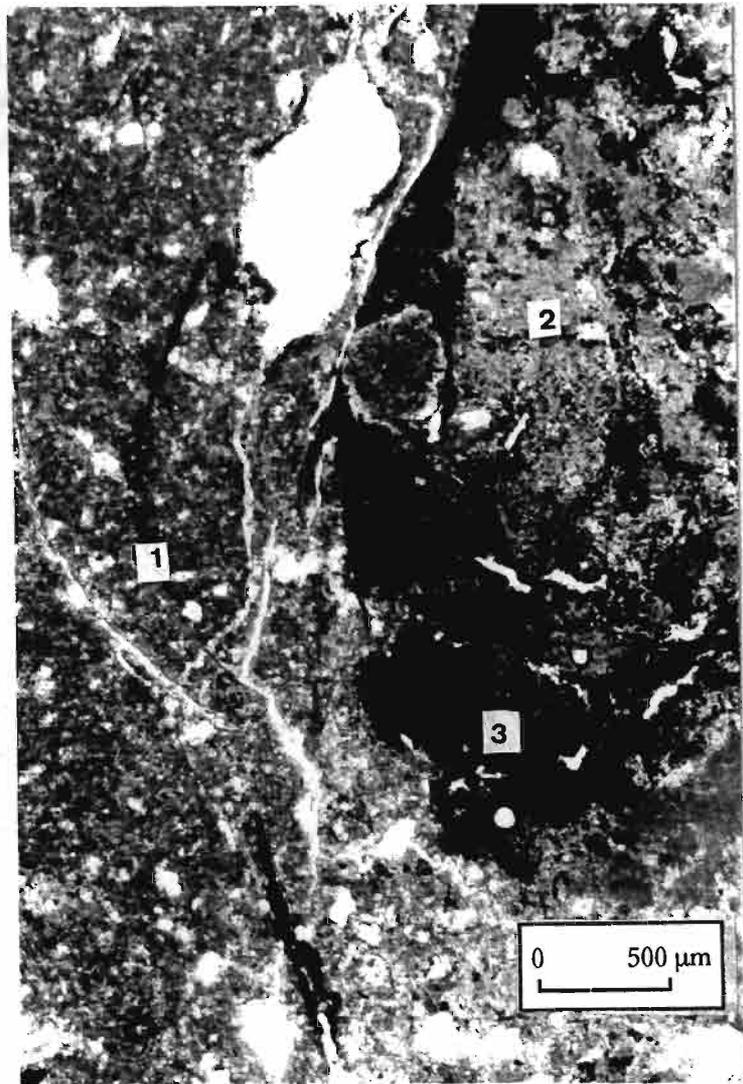
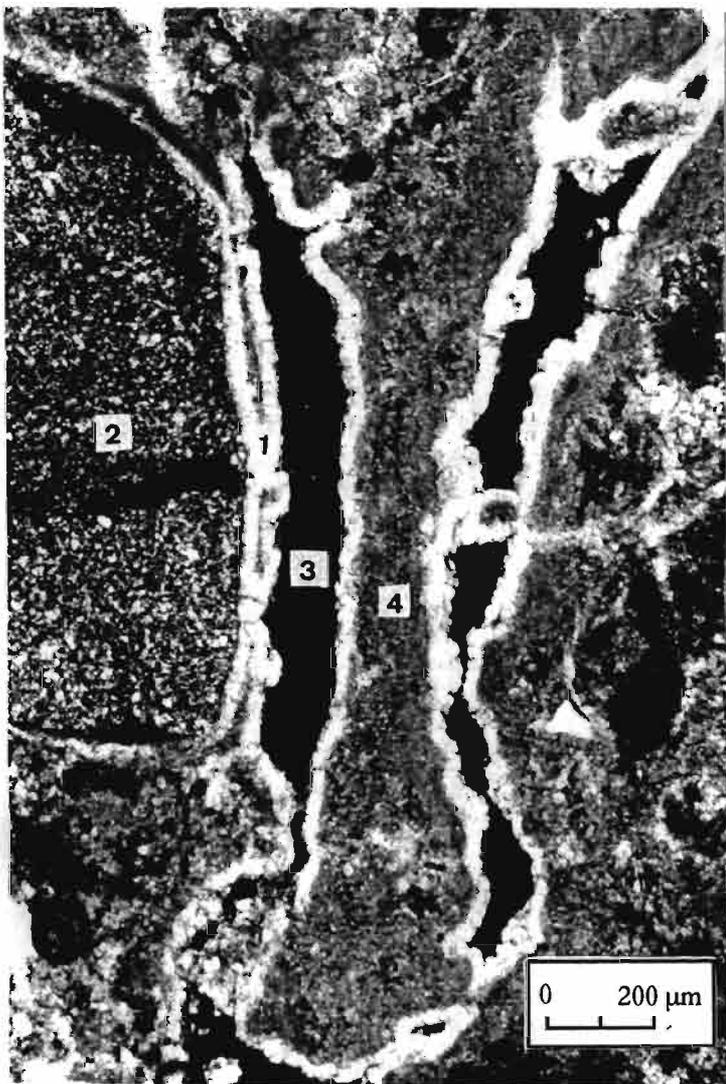
En présence de nodules calcaires, la porosité atteint à 30% du volume, contre 10% pour le fond matriciel argileux et passe du type planaire au type vésiculaire et tubulaire.

Une porosité périnodulaire se dégage autour des éléments grossiers (nodules, concrétions, lithoreliques...). Cette porosité bien visible autour des concrétions ferromanganésifères (Planche II, Photo H) était attribuée par LATHAM (1986) à une déferruginisation en milieu réducteur. Ici, la porosité affecte le pourtour de tous les éléments indurés, par opposition au plasma qui est meuble. Elle pourrait être provoquée par les différences de gonflement-retrait existant entre le plasma smectitique et ces éléments non gonflants. Cette porosité favorise la circulation des solutions et permet aux nodules et aux concrétions carbonatées ou ferro-manganésifères de se développer encore davantage.

*A la base de cet horizon carbonaté*, les carbonates, intimement liés au plasma argileux sont disposés parallèlement aux vides planaires, en lamelles où alternent des bandes à forte concentration de carbonates et d'autres, plus riches en plasma argileux, et d'aspect micritique .

Le fond matriciel, envahi par les carbonates, développe une structure sparitique et les micro-cristaux trapus, de taille inférieure à 5  $\mu\text{m}$  sont vraisemblablement constitués de calcite ou de calcite magnésienne. HALITIM et ROBERT (1987) ont démontré que la forte adhésivité entre les grains de calcite et la montmorillonite a pour effet d'inhiber la croissance des cristaux de calcite, ce qui explique les petites tailles de la calcite comparativement aux cristaux de gypse. Ce phénomène avait déjà été constaté auparavant par WIEDER et YAALON (1974).





## MICROMORPHOLOGIE - PLANCHE I

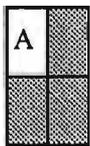


Photo A : MER 64.12  
Amas friable à structure alvéolaire -  
Petits cristaux d'aragonite (blancs) se  
développant dans la partie centrale de  
l'amas friable, perpendiculairement aux  
vides (noirs).

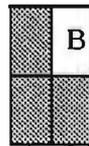


Photo B : MER 64.12  
Nodules carbonatés (1) à cortex (2),  
entourés de longs cristaux d'aragonite (3)  
croissant perpendiculairement aux parois  
des pores.

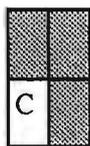


Photo C : - MER 53.8  
Nodule carbonaté (1) entouré d'un cutane  
ferro-manganésifère (2) lui-même  
recouvert d'une pellicule aragonitique (3).

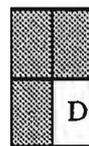


Photo D : MER 66.10  
Nodules et granules carbonatés (1)  
polyphasés à cortex (2), enrobés  
d'aragonite (3) qui se développe à partir  
des pores tubulaires et vésiculaires (4).

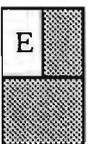


Photo E : MER 54.10  
Cutane d'aragonite (1) se développant à la  
fois autour d'une lithorelique (2) et d'un  
vide planaire (3), au sein d'un plasma  
argileux carbonaté à structure lamellaire  
(4).



Photo F : MER 63.12 - Altérite  
Matrice argileuse à porosité planaire  
soulignée par les mangananes rectilignes  
(1). Nodule carbonaté (2), entouré  
d'oxydes de manganèse (3) à limite  
interne diffuse, développant une porosité  
importante de type tubulaire et  
vésiculaire.

*Dans les horizons d'altération*, les pores essentiellement tubulaires et vésiculaires composent plus de 25% du volume. Cette augmentation de la porosité dans les horizons d'altération favorise les circulations de l'eau à l'interface structichron-altérite sur les versants, ce qui accentue les phénomènes de glissements de sol (§ 2, versant de Tiare) au niveau de la discontinuité texturale. La forte porosité favorise également les circulations d'eaux chargées en éléments dissous et permet l'accumulation de carbonates, lorsque la dynamique de l'eau décroît (Planche I, Photo E). La proportion du squelette augmente également pour atteindre 40 à 50 % du volume : il est composé en majeure partie de lithoreliques et de glébules dont la taille est supérieure à 200 µm. Les lithoreliques, dont certaines sont supérieures à 5 mm de long, sont constituées de fragments de flysch ou de tufs dont les phénocristaux peu altérés sont inclus dans une matrice argileuse isotique de teinte brun-rouge. Ces reliques sont elles-mêmes entourés de cutanes argileux et baignent dans un plasma de type aggloméroplasmique et d'assemblage in-squelsépique parfois vosépique. Quelques mangananes tapissent les pores tubulaires et surtout bordent des nodules carbonatés en forme de géode ou de septaria.

Tableau XXVII : Composition chimique de quelques formes du plasma.

Echantillon	13	17	19	20*	22	23	28	31	33*	34	36	37	47
SiO <sub>2</sub>	37,52	62,51	53,10	55,74	46,94	56,00	18,77	44,21	55,58	25,42	57,51	60,15	58,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,51	15,08	12,56	13,40	11,55	14,85	4,74	12,28	16,80	7,41	13,00	13,65	13,39
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,90	10,24	9,93	11,48	8,72	10,81	3,53	8,12	13,93	6,12	10,38	8,85	12,60
TiO <sub>2</sub>	0,43	1,09	0,95	1,04	1,07	1,15	0,46	0,96	1,13	0,41	1,00	0,92	0,48
MnO	0,15	0,10	0,35	0,83	0,44	0,05	3,85	6,77	0,16	0,00	0,14	0,12	0,03
CaO	12,53	1,23	2,36	6,66	5,96	1,68	14,43	1,63	6,12	0,87	0,68	0,74	1,38
MgO	2,74	2,01	2,24	4,03	3,30	2,04	5,82	2,05	3,65	2,17	2,29	2,34	3,83
K <sub>2</sub> O	0,26	0,39	0,36	1,56	0,24	0,20	0,13	0,29	0,54	0,32	0,29	0,36	0,52
Na <sub>2</sub> O	0,53	1,74	1,36	3,21	0,98	1,89	0,89	1,61	0,96	1,02	1,74	2,42	1,55
NiO	0,07	0,31	0,07	0,00	0,34	0,00	0,32	0,57	0,13	0,00	0,00	0,09	0,00
CoO	0,01	0,11	0,05	0,00	0,01	0,00	0,03	0,08	0,07	0,03	0,00	0,00	0,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,14	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,02	0,04	0,09	0,06	0,08	0,00	0,09
SO <sub>2</sub>	4,51	0,04	2,01	2,06	0,12	0,17	0,21	0,13	0,84	0,04	0,07	0,16	0,18
BaO	0,04	0,24						0,27	0,00	0,00	0,07	0,18	0,00
TOTAL	74,35	95,08	85,49	100,00	79,66	88,84	53,19	79,00	100,00	43,87	87,25	89,98	92,35
Si/Al	8,48	7,04	7,17	7,06	6,90	6,40	6,73	6,11	5,61	5,82	7,51	7,48	7,39
Al/Fe	1,49	2,31	1,98	1,83	2,07	2,15	2,10	2,37	1,89	1,90	1,96	2,41	1,66
MgO/CaO	0,22	1,63	0,95	0,61	0,55	1,21	0,40	1,25	0,60	2,50	3,37	3,16	2,79

13 MER 63. inclusion argileuse dans du gypse

17 MER 63. bordure cutanique de nodule carbonaté

19 MER 63. plasma argileux en bordure de gypse

20 MER 63. cutane argileux, bordure de vide

22 MER 63. bordure cutanique de nodule carbonaté

23 MER 63. cutane argileux, bordure de vide

28 MER 63. cutane en bord de carbonate

31 MER 63. cutane argileux enrichi en MnO<sub>2</sub>

33 MER 66. plasma à volume pulvérulent carbonaté

34 MER 66. plasma argileux

36 MER 66. plasma de zone enrichie en fer

37 MER 66. plasma de zone appauvrie en fer

47 MER 66. plasma en bordure de nodule

\* résultat normalisé à 100%

**La partie aval de la séquence** correspondant aux vertisols magnésiens de la plaine alluviale (seulement représentée par l'étude micro-morphologique des profils MER 55 et 66)

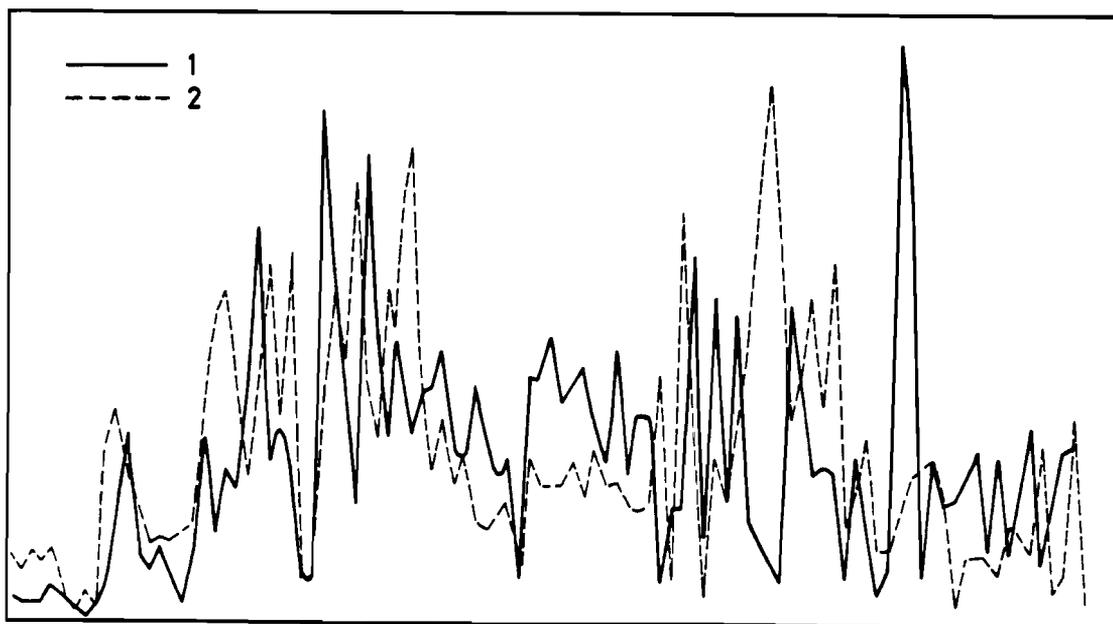
*Les horizons de surface* sont peu différents de ceux rencontrés en amont, mais ils manifestent certains signes d'une petite hydromorphie temporaire par un grand nombre de concrétions de ferro-manganèse, par des ferranes autour des pores racinaires. Les isotubules les plus riches en matière organique (les plus noirs) semblent aussi les plus riches en micro-quartz (de 50 µm environ). En profondeur, rapidement les bords des tubules deviennent de plus en plus diffus sans doute par effet de brassage.

*Les horizons vertiques* sont dépourvus de gypse et présentent une matrice argileuse très homogène de structure porphyrosquélitique et dont le mode d'assemblage est de type

lattisépique à bimasépique avec une plus grande intensité dans les directions de contrainte parallèles aux faces de glissement. Les éléments figurés sont très peu abondants.

*L'horizon verticale à oxydes* est semblable à celui observé dans les sols plus en amont, à la différence près qu'il ne contient plus de gypse.

Les accumulations ferro-manganésifères sont polygéniques : les précipitations d'oxydes de fer précèdent celles de manganèse (BURNS et BURNS, 1975 ; TAYLOR et al., 1983 ; Mc KENZIE, 1989) car la mobilité de  $Fe^{++}$  est moindre que celle de  $Mn^{++}$  (WILLET, 1983 ; Mc KENZIE, 1989). Les concrétions, souvent d'un diamètre supérieur à 1mm, ont des limites floues. La concentration des éléments fer et manganèse en auréoles concentriques est très souvent alternée (planche II, Photo J), comme le montre le transect à la micro-sonde (Fig. 48).

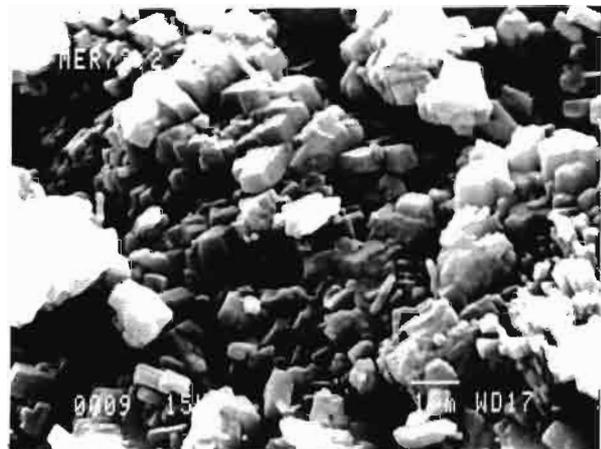
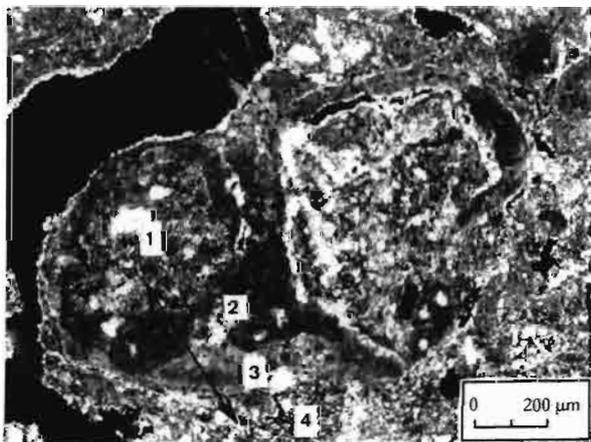
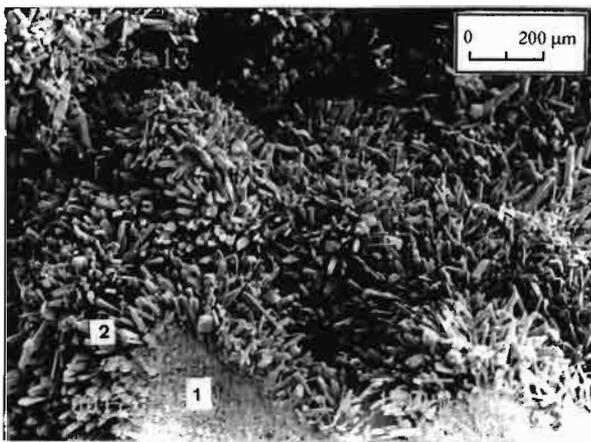
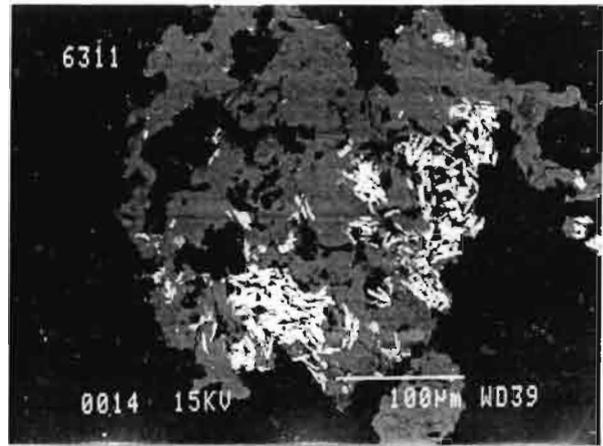
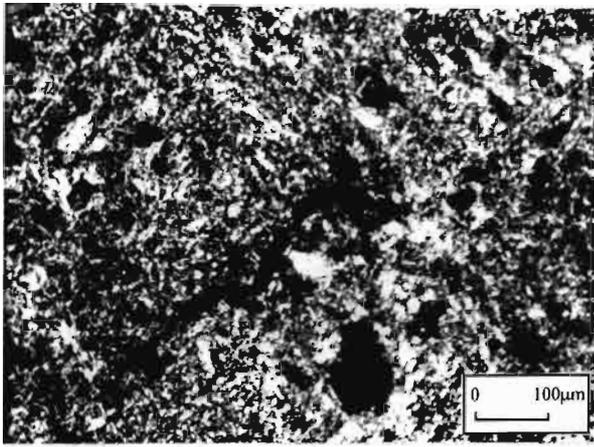


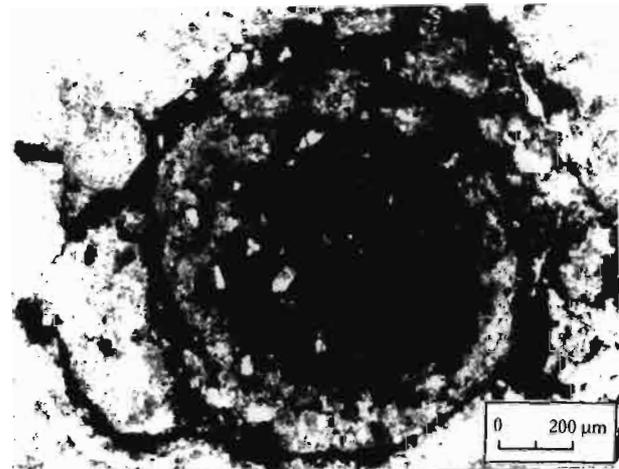
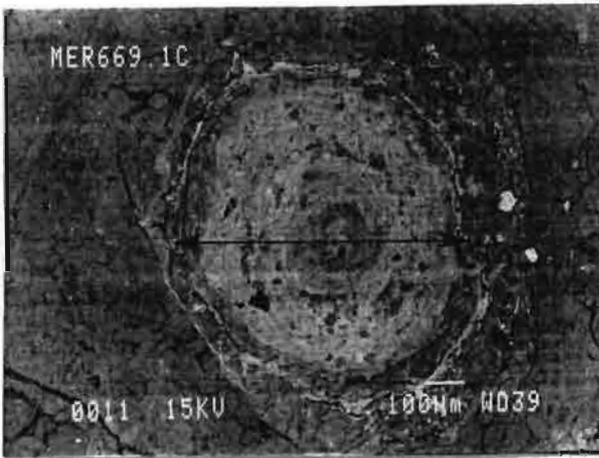
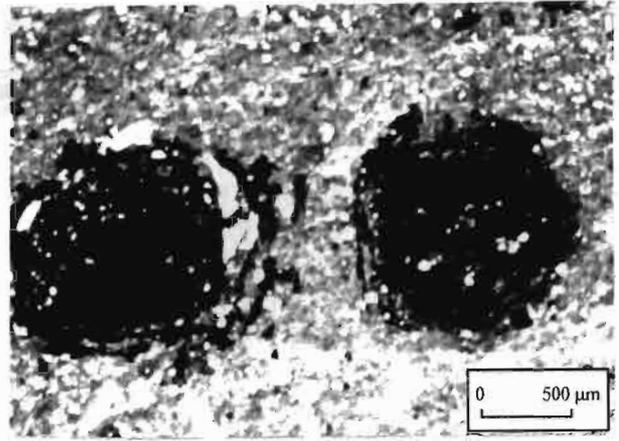
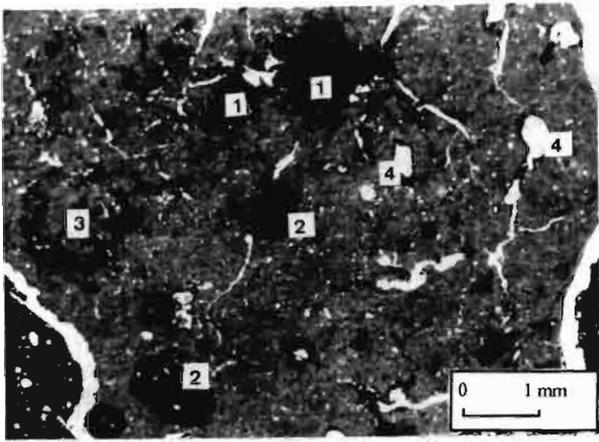
pic 1 : courbe de répartition de Mn

pic 2 : courbe de répartition de Fe

Figure 48 : Transect à la microsonde dans une coupe de nodule ferro-manganésifère : Planche II, photo I - Variations relatives des teneurs en manganèse et en fer.

La morphologie et la composition chimique des concrétions rejoignent les observations de LATHAM (1986) qui a reconstitué, à l'aide de micro-analyses, les étapes de la formation des concrétions ferro-manganésifères dans les sols de piémont des massifs de péridotites. Les mangananes ainsi que les auréoles à fortes teneurs en oxydes de manganèse, de type **todorokite**, sont enrichis en **nickel** et en **cobalt**, éléments abondants dans les péridotites (Tab. XXVIII, Fig. 49). Ils sont également riches en **baryum**, comme il l'a été mentionné dans le chapitre précédent, et sont caractéristiques d'un milieu confiné. La morphologie en auréoles concentrique est attribuée à une alternance de milieux oxydants et réducteurs. Bien que sa détermination soit très délicate, l'auréole externe serait plutôt ferrugineuse, et donc la phase actuelle serait plutôt oxydante. Le chrome, élément abondant dans les péridotites, n'apparaît pas dans les microanalyses, car il se présente toujours sous la forme de particules de chromite de la taille de sables ( $> 50 \mu m$ ).





## MICROMORPHOLOGIE - PLANCHE II

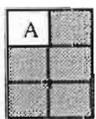


Photo A : MER 63.9  
Plasma argileux en assemblage lattisépique : orientation des particules argileuses selon deux directions perpendiculaires.

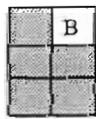


Photo B : MER 64.12  
Amas friable à structure alvéolaire. Petits cristaux de barytine blancs observés au MEB en lumière rétro-diffusée.

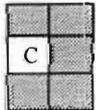


Photo C : MER 64.13  
Granules de calcite (1) recouverts d'une pellicule d'aragonite (2).



Photo D : MER 64.13  
Détail des cristaux d'aragonite de la figure C.

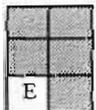


Photo E : MER 66.9  
Coupe de la figure 47. Nodule carbonaté (1) à cortex (2) ; pellicule d'aragonite (3) et plasma argileux (4).

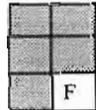


Photo F : MER 72  
Concrétion de magnésite : cristaux de taille micrométrique.

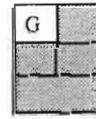


Photo G : MER 63.9  
Horizon à accumulation d'oxydes de manganèse : en concrétions à bords diffus (1), à bords nets (2), en "anneau" (3), en cutanes autour des vides (4).

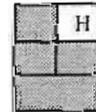


Photo H : MER 66.9  
Concrétion ferro-manganésifère porosité entourant la concrétion.

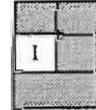


Photo I : MER 66.9  
Concrétion ferro-manganésifère. Transect à la microsonde : figure 48.

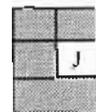


Photo J : MER 66.9  
Concrétion ferro-manganésifère.

Tableau XXVIII : Composition chimique d'éléments figurés ferro-manganésifères (microsonde)

N°	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	NiO	CoO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	BaO	TOTAL
2	14,73	5,02	3,43	0,33	20,56	2,63	3,26	0,40	0,89	2,14	0,25	0,09		53,94
16	24,66	7,57	4,95	0,67	30,16	1,40	3,18	0,21	0,96	2,82	0,36	0,09	1,96	79,79
25*	39,61	9,80	22,97	0,83	12,48	3,60	3,97	0,41	2,12	1,44	0,63	0,09	0,74	100,00
26	11,08	3,12	31,50	0,21	24,19	2,04	2,65	0,11	0,93	2,36	0,73	0,00	1,53	80,78
28	18,77	4,74	3,53	0,46	3,85	14,43	5,82	0,13	0,89	0,32	0,03	0,02		53,19
31	44,21	12,28	8,12	0,96	6,77	1,63	2,05	0,29	1,61	0,57	0,08	0,04	0,27	79,00
32	8,85	7,36	3,71	0,32	41,60	2,53	7,73	0,08	0,39	5,93	1,13	0,00	0,77	80,58
21	3,81	6,46	1,45	0,35	47,99	3,08	8,67	0,02	0,20	7,98	1,03	0,00	0,02	81,22
6N	24,72	7,43	23,87	3,08	0,30	3,93	6,11	0,47	0,86	0,25	0,00	0,05		71,21
38 N	37,73	9,76	33,70	1,11	0,35	1,07	2,58	0,37	0,95	0,08	0,00	0,21	0,00	88,26
39 N	38,68	11,41	41,94	1,05	0,23	1,35	2,89	0,34	1,20	0,07	0,20	0,36	0,00	100,02

2. MER 63. cutane entre nodule et plasma

16. MER 63. manganane autour d'un pore

25. MER 63. ferro-manganane en bordure de plasma

26. MER 63. cutane ferro-manganésifère

28. MER 63. cutane en bordure de carbonate

31. MER 63. cutane en bordure du plasma

32. MER 66. manganane en bordure de pore

21. MER 66 manganane enrobant une lithorelique

6N. MER 63. lithorelique envahi par Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

38N. MER 66. nodule ferrugineux

39N. MER 66. lithorelique ferruginisé

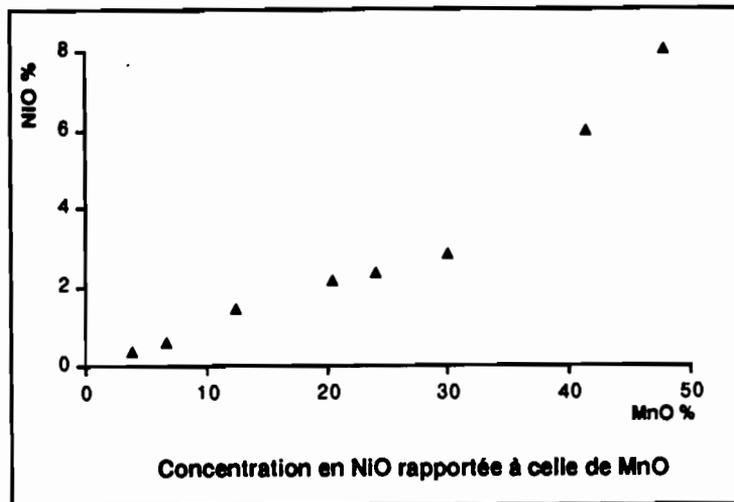


Figure 49 : Distribution de NiO en fonction des teneurs en MnO des accumulations ferro-manganésifères.

Dans le niveau de transition, quelques rares accumulations gypseuses apparaissent dans le profil MER 55 uniquement, en amas très altérés présentant de nombreuses figures de dissolution, sans traces de pseudomorphose carbonatée. Les petits amas de cristaux sont parfois alignés le long des faces de glissement (*slickensides*) et recouverts de fins cutanes argileux.

Comme dans les horizons à concentration de carbonates précédents, les amas carbonatés en granules polyphasés dégagent une porosité vésiculaire de 100 à 300  $\mu\text{m}$  de diamètre correspondant à plus de 30% du volume contre moins de 5% à la matrice argileuse. Les nodules, fréquemment entourés de taches et liserés de MnO<sub>2</sub>, sont de nature dolomitique (Tab. XXIX). Leur cortex présente la même composition chimique et s'entoure d'une couronne de cristaux néoformés en aiguilles de parfois 5  $\mu\text{m}$  de long, vraisemblablement de l'aragonite. Par contre l'imprégnation généralisée du plasma par des micro-cristaux carbonatés est très difficile à apprécier. Tout au plus quelques micro-cristallisations apparaissent dans les vides circum et intra-nodulaires.

Tableau XXIX : Composition chimique de certaines concentrations carbonatées (microsonde).

Echantillon	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>2</sub>	TOTAL	CaO/MgO
27. volume pulvérulent	1,79	0,55	0,86	0,18	28,82	15,75	0,05	0,78	0,22	49,21	1,29
46. volume pulvérulent	12,11	3,38	3,09	0,36	21,02	12,80	0,13	0,71	0,33	54,16	1,16
41. nodule carbonaté	12,21	2,81	1,83	0,23	24,28	13,92	0,14	0,71	0,10	56,27	1,23
42. cortex du nodule	6,44	1,86	1,37	0,14	24,67	14,25	0,16	0,46	0,22	49,69	1,22
43 nodule, plasma interne	14,96	4,14	3,30	0,39	17,82	10,86	0,29	0,81	0,23	53,13	1,16

La micro-morphologie des plages de teinte rougeâtre, localisées à l'intérieur des agrégats, se différencie peu de celle des plages verdâtres, concentrées le long des faces structurales, contrairement aux observations macro-morphologiques. Les analyses à la microsonde de ces deux morphologies de plasma révèlent une composition chimique très voisine, avec un léger appauvrissement en fer des plages les plus pâles (Tab. XXVIII).

## Conclusion

Malgré la faible porosité de ces sols, des circulations de fluides ont permis et permettent encore des modifications importantes de l'organisation des éléments figurés. Le schéma général se calque parfaitement sur celui déjà observé sur l'île Leprédour :

- Une pédogenèse ancienne a favorisé l'accumulation, à l'aval de la colline de flyschs, de gypse lenticulaire et de carbonates en nodules polygéniques à cortex puis en croûte continue et indurée à l'interface structichron-altérite.

- Les fluctuations d'une nappe ont permis d'accumuler des carbonates en volumes pulvérulents sans doute en dissolvant une partie des nodules en place, de dissoudre puis recristalliser les cristaux de gypse en agglomérats sphériques, de déplacer et concentrer de la barytine. Elle a également permis de concentrer dans sa zone d'extension maximale des sesquioxides de manganèse riches en nickel et cobalt en revêtements autour des pores et des éléments grossiers (lithoreliques, concrétions etc...) et en concrétions alternativement ferrugineuses ou manganésifères. Cette disposition montre que cette nappe a procédé de la même manière qu'une colonne de chromatographie en disposant carbonates, oxydes de fer et de manganèse, puis sulfates depuis le composé le moins soluble à la base du profil vers le plus soluble au sommet. Cette nappe n'est plus fonctionnelle actuellement.

- Les carbonates anciens sont entourés de cutanes. Les néoformations actuelles ne bénéficiant pas de l'effet "nucleus" cristallisent souvent sous forme d'aragonite dans les vides ou en enrobant les anciens nodules. Les éléments grossiers sont entourés de pores vésiculaires et les accumulations anciennes carbonatées ou de sesquioxides sont ainsi entretenues. Les gypses se dissolvent ou sont pseudomorphosés par de la calcite.

## 3.2 - AUTRES CARACTERISATIONS ANALYTIQUES

### 3.21 - Le complexe d'échange

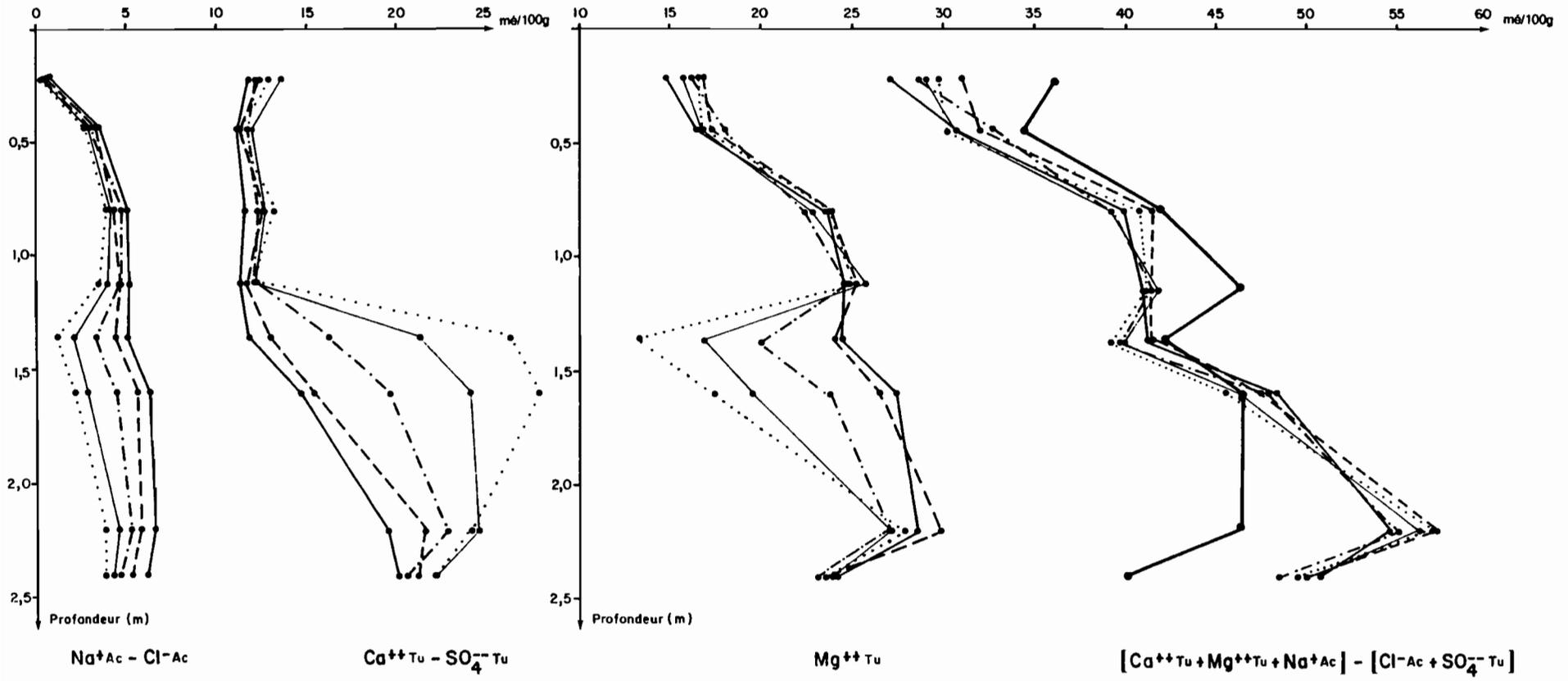
La signification des résultats du dosage des sels solubles et des cations échangeables dépendra de deux types de difficultés (TUCKER 1971, 1974) :

- la reproductibilité de la mesure ;
- de la bonne connaissance de la fraction analysée, c'est-à-dire : la séparation de la phase soluble de la phase échangeable.

En effet, les vertisols possèdent une forte teneur en smectites dont les charges électriques négatives sont favorables à l'adsorption de cations, faiblement retenus - couramment appelés bases échangeables. Pour les cations les plus communs, l'ordre de rétention est le suivant : Ca<sup>++</sup>>Mg<sup>++</sup>>K<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>. De plus, la faible perméabilité de ces

Fig. 50 CALCIUM, MAGNÉSIUM ET SODIUM ÉCHANGÉABLE SUR SOL BRUT ET APRÈS EXTRACTIONS DES SELS SOLUBLES

- Sol brut
- - -●- - - Après extraction des sels à la pâte saturée
- · - · - ● - · - · Après extraction des sels au 1/2
- Après extraction des sels au 1/5
- · · · · ● · · · · · Après extraction des sels au 1/10
- Capacité d'échange Cationique



sols leur permet de piéger dans l'eau interstitielle des quantités importantes de sels, dits solubles. En milieu saturé, les ions en solution peuvent réagir avec les cations adsorbés par les argiles, et un échange entre les cations adsorbés et les cations en solution peut alors se produire, car les argiles exercent une sélectivité sur l'adsorption des cations en fonction de la concentration du milieu (HUNSAKER et PRATT, 1971 ; SPOSITO et al., 1983 ; SUAREZ et ZAHOW, 1989).

Les argiles des vertisols à gypse de Nouvelle Calédonie ont la particularité d'être saturés en majorité par  $Mg^{++}$  avec des teneurs non négligeables de  $Na^+$  échangeable. En milieu aqueux, le gypse, présent en grandes quantités dans le sol, peut influencer sur les équilibres, car il se dissout très rapidement et se met en solution jusqu'à atteindre la limite de saturation (2,0 g/l) ; les ions  $Ca^{++}$  ainsi libérés peuvent s'échanger avec les cations  $Mg^{++}$  et  $Na^+$  qui étaient adsorbés par les argiles.

Pour la première difficulté : on sait à présent que la capacité d'échange du potassium est très dépendante de la méthode d'extraction de ce cation. Par chance, ce dernier est très peu abondant à la fois dans les sels solubles et dans la fraction échangeable de tous les vertisols de Nouvelle Calédonie. *Son comportement n'a donc pas fait l'objet de notre étude.* Pour la seconde difficulté, le profil de sol à gypse MER 63, contenant à la fois du gypse et des carbonates, a servi de support à une étude méthodologique (PODWOJEWSKI et PÉTARD, 1988) pour déterminer la répartition des sels dans le profil et en caractériser les équilibres ioniques. Il a également servi de support à l'étude de nouveaux agents d'extraction des sels, plus efficaces sur ce type de sol, selon des méthodologies préconisées par TUCKER (1971, 1974, 1985) en Australie. Les principaux enseignements de cette étude sont présentés ci-dessous :

*Comportement du profil MER 63 après une extraction des sels à l'eau, dans un extrait de pâte saturée, puis au 1/2, au 1/5 et au 1/10 (rapport sol-solution) :*

- pour les anions : tous les chlorures sont déjà extraits par la pâte saturée alors que les teneurs en sulfates dans les horizons gypseux sont de plus en plus importantes au fur et à mesure que s'accroît la dilution de l'extrait.

- pour les cations, dans les horizons gypseux ou carbonatés : les teneurs en  $Na^+$ , contrairement aux chlorures augmentent faiblement au cours de la dilution. Cette augmentation est moyenne pour  $Mg^{++}$ , elle est plus forte pour  $Ca^{++}$ , sans toutefois atteindre les mêmes proportions que les sulfates.

**Plus la dilution est importante, plus  $Na^+$  et  $Mg^{++}$  se substituent à  $Ca^{++}$ .**

*Comparaisons entre plusieurs agents d'extraction des sels solubles sur un extrait au 1/10 dans le profil MER 63 :*

Les agents d'extraction testés ont été les suivants : éthanol 70% + eau 30% ; glycérol 17% + eau 83% ; extrait éthanol suivi d'un extrait glycérol 17% + eau 83% ; éthylène glycol 10% + éthanol 90% ; éthylène glycol 75% + éthanol 25% ; eau pure.

Les chlorures sont extraits de la même manière par tous les agents ; les concentrations de  $Na^+$  sont voisines de celles de  $Cl^-$  **uniquement dans le cas de l'extraction à l'éthanol ou au glycol-éthanol.** Par contre,  $Na^+$  est en excès par rapport au chlorures, lorsque le milieu est sulfaté ou carbonaté, dans les cas d'une extraction à l'eau, au glycérol ou à l'éthanol suivi du glycérol .

Pour les sulfates, l'eau ou la solution glycérolée n'est pas assez efficace pour extraire tous les sulfates. Un extrait à l'eau au 1/20 ou au 1/50 serait la solution la plus adéquate, mais provoquerait sans doute un début d'hydrolyse de certains minéraux.

*Un lavage des sols à l'éthanol avant de doser les cations échangeables permet, d'une part de quantifier avec précision les quantités de  $Cl^-$  et surtout de  $Na^+$  solubles, et d'autre part d'éliminer ce cation soluble, afin qu'il n'interfère pas avec la fraction échangeable.*

*Comparaisons entre l'extraction des cations échangeables à  $\text{NH}_4\text{Cl}$  et  $\text{NH}_4\text{COOH}$  (acétate d'ammonium): dans le profil MER 63 :*

La méthode d'extraction des cations échangeables à  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (préconisée par TUCKER dès 1971) donne des résultats tout à fait équivalents de ceux de  $\text{NH}_4\text{Ac}$  (méthode préconisée par la Soil Taxonomy) dans les horizons dépourvus de sels solubles. Par contre, dans les horizons riches en sulfates et en carbonates, alors que les extraits à  $\text{NH}_4\text{Ac}$  présentent un net excès de  $\text{Ca}^{++}$  ou de  $\text{Mg}^{++}$  provenant de la fraction soluble, **les extraits effectués à l'aide de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  sont beaucoup moins perturbés et ainsi plus proches de la réalité.**

*Evolution des cations échangeables après extraction des sels solubles à la pâte saturée, au 1/2, 1/5, 1/10 dans le profil MER 63 :*

Au fur et à mesure de la dilution de l'extrait des sels solubles, les teneurs en cations échangeables varient : **la teneur en  $\text{Ca}^{++}$  échangeable augmente, alors que celles de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Mg}^{++}$  décroissent** (Fig. 50). La somme des ions reste constante. Cette modification de la composition des cations échangeables est due à la dissolution partielle du gypse dans l'eau ; **le calcium ainsi libéré en quantités de plus en plus importantes au fur et à mesure que la dilution s'accroît, vient s'échanger avec  $\text{Na}^+$  et  $\text{Mg}^{++}$ .** Ce phénomène explique, dans le cas d'extraction des sels solubles à l'eau, l'assymétrie des courbes d'extraction de  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  d'une part et de  $\text{SO}_4^{--}$  et  $\text{Ca}^{++}$  d'autre part, ainsi que la présence de  $\text{Mg}^{++}$  dans la solution.

*Evolution des cations échangeables après extraction des sels solubles par différents agents d'extraction dans le profil MER 63 :*

Ces agents sont identiques à ceux des sels solubles et de la même façon : une extraction au préalable des sels à l'éthanol ou au mélange glycol-éthanol, provoque une légère augmentation du  $\text{Ca}^{++}$  échangeable qui se cantonne aux horizons carbonatés\*, alors qu'une extraction à l'eau ou au glycérol provoque une forte augmentation du calcium échangeable au détriment de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Mg}^{++}$  à la fois dans les horizons sulfatés et carbonatés.

## Les sels solubles

Si l'extraction des sels à la pâte saturée est une norme mise au point dès 1954 par RICHARDS et adoptée par la Soil Taxonomy, sa réalisation est assez délicate et surtout demande un temps très long pour les sols vertiques. Une extraction au 1/2 à l'eau est beaucoup plus aisée, plus rapide et dans la plupart des cas n'offre pas une très grande distorsion par rapport à l'extrait de pâte saturée. Par contre, cette extraction à l'eau, d'après les paragraphes précédents, ne peut donner qu'une indication relative des teneurs en cations en raison des interférences entre la fraction soluble et la fraction échangeable de certains cations. L'extrait à l'éthanol donne les meilleurs résultats pour  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$ , mais ne dissout pas les sulfates (gypse).

### *La mesure de la conductivité électrique*

La conductivité électrique (exprimée en mS) rend compte de la concentration en sels solubles d'un milieu. La mesure a été réalisée sur des extraits aqueux au 1/2 de tous les horizons de la séquence (Fig 51).

---

\*Les teneurs en  $\text{Ca}^{++}$  auraient pu être constantes y compris dans les horizons carbonatés si l'on avait effectué l'extraction au pH du sol (dans ce cas : horizon à pH 8,0) ; mais étant donné la variabilité du pH dans le profil - entre 5,0 et 8,0 - pour des raisons de commodité et de simplicité, l'extraction s'est faite uniformément à pH 7,0.

*Au sein des profils*, la distribution des sels est la suivante :

- les horizons de surface ont tous une conductivité de l'extrait faible (< 1,0 mS).
- la conductivité augmente depuis les horizons de surface vers les horizons vertiques. Elle atteint son maximum (un peu plus de 6,0 mS) dans les horizons à gypse et décroît à nouveau jusque vers l'altérite.

*Au niveau de la séquence* : la conductivité électrique est faible ( $\leq 2,0$ mS) dans les profils situés dans la partie amont et dans ceux de la partie aval de la séquence situés au milieu de la plaine alluviale. Elle atteint donc son maximum (6,0 mS) au piémont de la séquence dans les horizons à gypse.

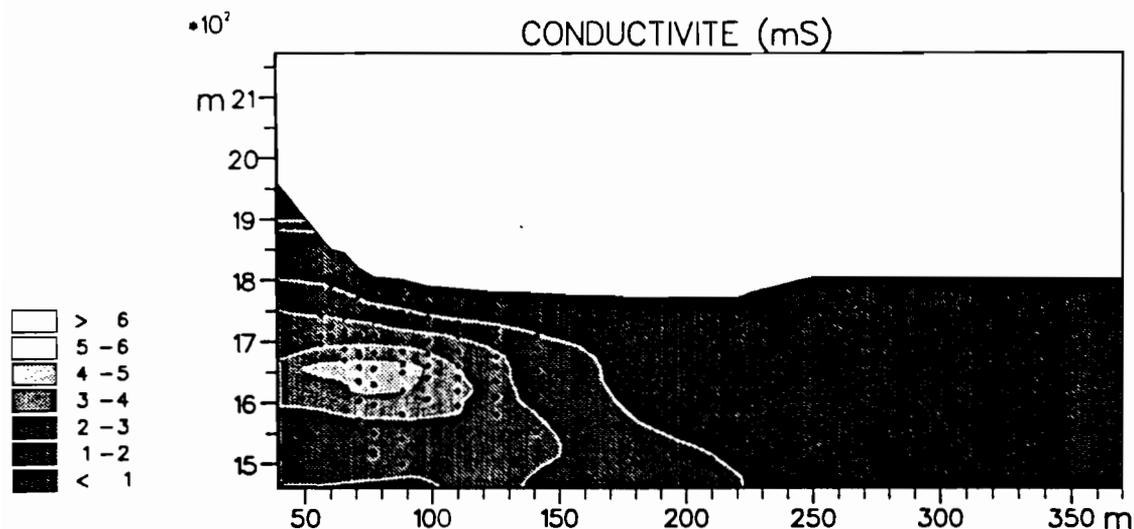


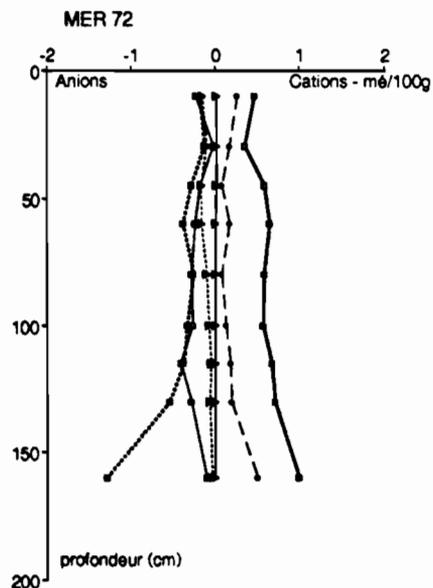
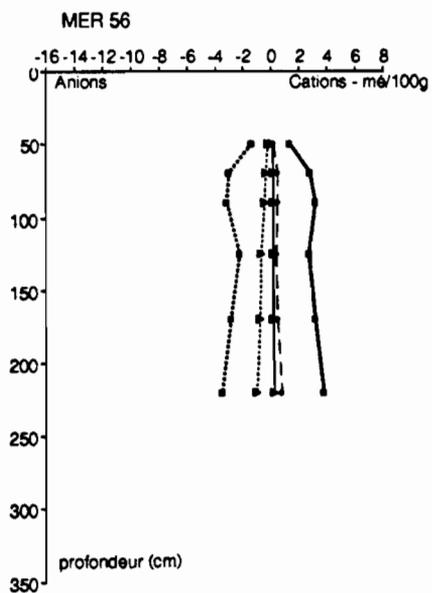
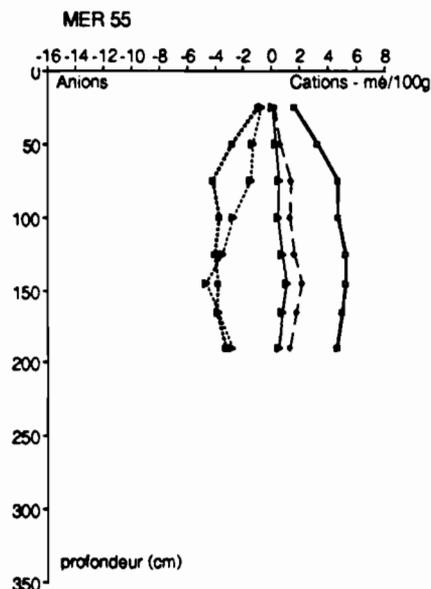
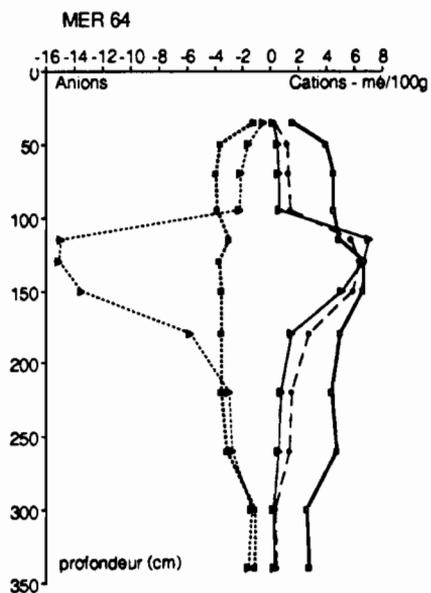
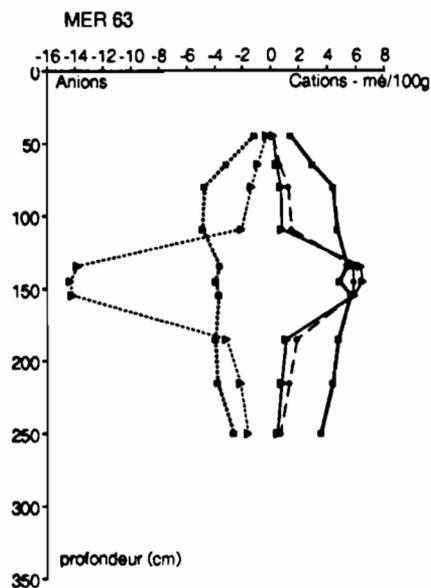
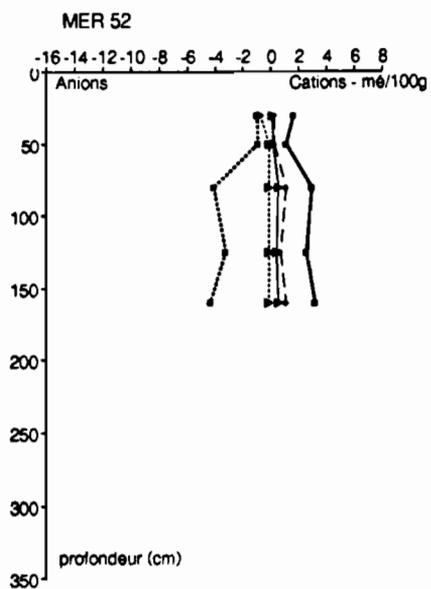
Figure 51: Courbes en isovaleurs de la conductivité électrique des extraits de sels solubles (à l'eau, au 1/2) dans la séquence de sols de la basse Tamoá depuis le profil MER 51 au profil MER 72.

### *La nature des sels solubles*

*Dans les brunisols et brunisols vertiques* : Les chlorures et l'ion sodium sont les ions les plus abondants avec une légère dominance du premier sur le second. Les teneurs croissent de l'amont vers l'aval de la séquence et du haut vers le bas du profil pour atteindre 4,0 mé/100g dans les horizons vertiques, puis restent constantes dans l'infrasol. Les teneurs en sulfates, en ions calcium et sodium sont inférieures à 1,0 mé/100g (Fig. 52).

*Dans les vertisols à gypse* : Les teneurs en  $\text{Cl}^-$  et en  $\text{Na}^+$  augmentent régulièrement depuis la surface jusque dans les sols vertiques pour atteindre 4,0 mé/100g; puis seul  $\text{Cl}^-$  reste constant dans l'infrasol,  $\text{Na}^+$  augmente légèrement dans les horizons à gypse. Les taux de sulfates augmentent légèrement, de la surface vers les horizons vertiques, puis brutalement dans les horizons à gypse pour tendre vers la saturation de l'extrait avec 16 mé/100g et se stabiliser ensuite entre 2,0 et 3,0 mé/100g. Les teneurs en  $\text{Ca}^{++}$  et  $\text{Mg}^{++}$  suivent une courbe parallèle aux sulfates avec des teneurs moins élevées et souvent une légère dominance de  $\text{Mg}^{++}$  sur  $\text{Ca}^{++}$ .

*Dans les vertisols magnésiens et hypermagnésiens*, pour les premiers, les sels se répartissent comme dans les brunisols : les sulfates et les ions calcium et magnésium sont peu représentés (<1,0 mé/100g) et les ions chlore et sodium atteignent leur maximum (4,0 mé/100g) dans les horizons vertiques. Pour les vertisols hypermagnésiens, les quantités de sels extraits sont très faibles, tous les ions sont à une concentration inférieure



à 1,0 mé/100g. Les teneurs en ions sont relativement constantes dans le profil et seuls  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  augmentent très progressivement à la base de l'infrasol.

### La mesure de la capacité d'échange

Dans la partie colluvio-alluviale de la séquence, la capacité d'échange des argiles oscille entre 60 et 70 mé/100g, alors que dans les vertisols hypermagnésiens de la partie alluviale stricte, celle-ci s'établit entre 80 et 85 mé/100g de sol. Cette propriété renforce la thèse d'une meilleure cristallinité des argiles des vertisols hypermagnésiens.

### La mesure des cations échangeables

Les horizons de surface dont le pH est voisin de 6,0 ont un taux de saturation de 80%. Les horizons inférieurs sont généralement saturés en cations.

Distribution des cations dans les profils :

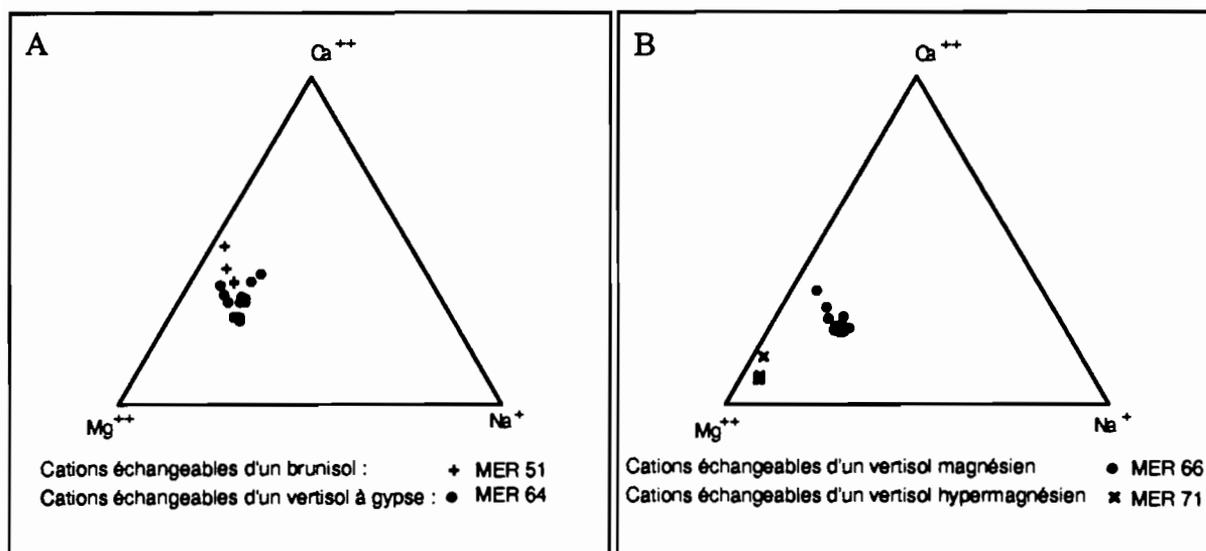


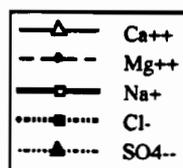
Figure 53 : Distribution relative des trois principaux cations échangeables depuis l'amont (A) vers l'aval (B) de la séquence.

*Dans les brunisols :* l'horizon de surface contient une proportion équivalente de  $\text{Ca}^{++}$  et de  $\text{Mg}^{++}$  (environ 15 mé/100g) avec très peu de  $\text{Na}^+$ . En profondeur, le sol s'enrichit progressivement en  $\text{Mg}^{++}$  et  $\text{Na}^+$  au détriment de  $\text{Ca}^{++}$ .

*Dans les vertisols à gypse :* comme dans les brunisols, depuis l'horizon de surface, où la proportion de  $\text{Ca}^{++}$  est équivalente à celle de  $\text{Mg}^{++}$ , jusque dans les horizons vertiques sans gypse, le taux de  $\text{Mg}^{++}$  et  $\text{Na}^+$  augmente progressivement au détriment de  $\text{Ca}^{++}$ . Dans les horizons gypseux, le taux de  $\text{Ca}^{++}$  augmente brutalement mais plutôt au

Figure 52

Distribution des sels solubles (extraction à l'eau et au 1/2) le long de la séquence de la basse vallée de la Tamoia de l'amont (MER 52), vers l'aval (MER 72).



détriment de  $Mg^{++}$ , car les teneurs en  $Na^+$  restent élevées (plus de 10% du complexe d'échange). Les cations présentent un comportement identique dans les horizons carbonatés. Entre ces deux horizons, le niveau verticale intermédiaire montre des teneurs voisines de celles des horizons vertiques sans gypse. La distribution relative des trois principaux cations échangeables dans une représentation triangulaire adopte une forme caractéristique en V. (Fig 53).

*Dans les vertisols magnésiens* : le magnésium devient le cation dominant : il constitue plus de 50% du complexe d'échange. Mais comme dans les deux cas précédents, le taux de  $Ca^{++}$  est relativement plus important dans l'horizon de surface, alors que  $Na^+$  y est pratiquement absent et que ce dernier augmente rapidement en profondeur et atteint 10 mé/100g soit près de 15% du complexe d'échange. A partir de l'horizon vertique, la distribution relative des cations ne varie guère en profondeur, ce qui distingue ces profils des vertisols à gypse.

*Dans les vertisols hypermagnésiens*, le magnésium atteint plus de 80% du complexe d'échange et le rapport  $Mg^{++}/Ca^{++}$  est supérieur à 10. Les taux de  $Ca^{++}$  sont relativement plus importants dans l'horizon de surface, alors que ceux de  $Na^+$  augmentent en profondeur, mais demeurent moins élevés que dans les vertisols à gypse ou les vertisols magnésiens.

On observe de l'amont vers l'aval de la séquence un glissement progressif des cations échangeables depuis un équilibre calci-magnésien vers un pôle hypermagnésien (Fig. 54). Ce passage progressif montre que le temps a permis une homogénéisation et a effacé les disparités chimiques entre des sols pourtant issus de matériaux complètement différents.

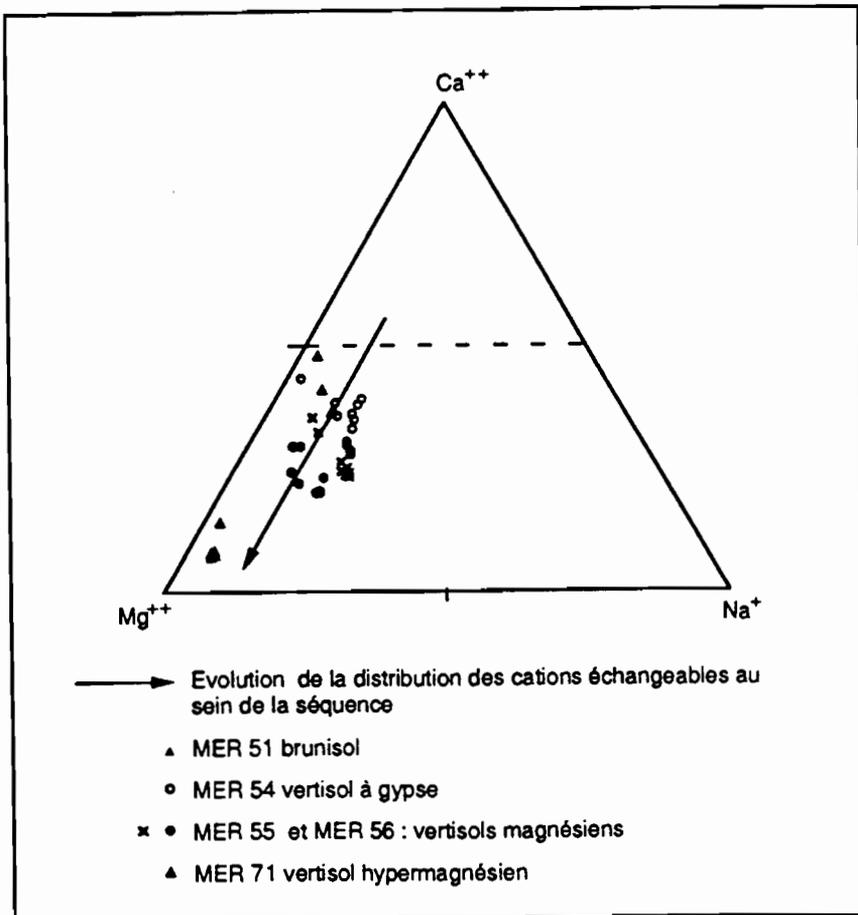


Figure 54

Evolution de la distribution relative des cations échangeables depuis un équilibre calci-magnésien en amont vers un pôle hypermagnésien en aval.

Dans tous les profils, on note une augmentation en profondeur des teneurs relatives en  $Mg^{++}$  et  $Na^+$  au détriment de  $Ca^{++}$  (excepté dans les horizons à gypse). Ainsi, le rapport passe de 2 à 3 pour les vertisols magnésiens, de 5 à 10 et 8 à 30 (!) pour les vertisols hypermagnésiens à l'aval de la séquence. A propos de ce comportement deux explications sont proposées :

- La première est basée sur la sélectivité d'échange qui admet que le cation  $Ca^{++}$  étant le mieux retenu par les argiles et surtout par la matière organique (HUNSAKER et PRATT, 1970), les horizons de surface n'étant pas entièrement saturés, les cations  $Mg^{++}$  et surtout  $Na^+$  migrent en profondeur, d'où leur augmentation relative (ROSSIGNOL, 1981).

- La seconde est basée sur la sélectivité des plantes pour l'absorption des différents éléments et corrige les déséquilibres du sol. JAFFRÉ (1980) montre que le rapport  $Mg^{++}/Ca^{++}$  de la matière sèche de la végétation endémique de ces milieux déséquilibrés est beaucoup plus faible que dans le sol, la plupart des espèces ayant un rapport  $Mg^{++}/Ca^{++}$  inférieur à 1. Ainsi, la restitution en surface de cette matière organique permet un rééquilibrage du rapport  $Mg^{++}/Ca^{++}$ . Un tel comportement a également été observé par BONZON et al. (1987) pour des espèces cultivées (maïs) lors d'expérimentations agronomiques.

Dans le cas général, il semble que les deux explications ne sont pas en opposition, mais plutôt complémentaires : le rééquilibrage de  $Ca^{++}$  se faisant par l'intermédiaire de la matière organique, alors que le comportement de  $Na^+$  est lié aux phénomènes de lixiviation.

### 3.22 - Le pH

*Dans les brunisols et brunisols vertiques* : Le pH passe progressivement de 6,0 en surface à plus de 8,0 en profondeur dans l'altérite carbonatée.

*Dans les vertisols à gypse et vertisols magnésiens* : Le pH qui est voisin de 6,0 en surface baisse à 5,0 (4,8 dans le profil MER 65) dans les horizons vertiques surmontant les concentrations de gypse. Puis le pH remonte rapidement pour atteindre 7,0 au niveau des accumulations carbonatées isolées et plus de 8,0 dans les concentrations continues.

*Dans les vertisols hypermagnésiens*, le pH proche de 6,0 en surface dépasse 7,0 à partir de 0,80 m de profondeur dans tous les horizons à concentrations de volumes carbonatés pulvérulents.

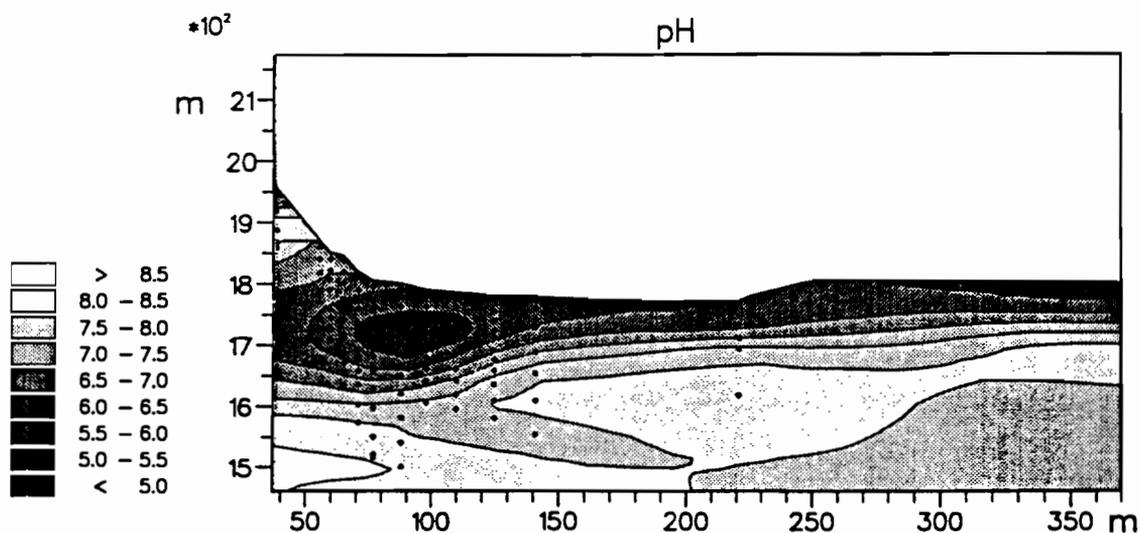


Figure 55 : Courbes en isovalues du pH dans la séquence de sols de la basse Tamoia depuis le profil MER 51 au profil MER 72

Le pH des sols est entièrement lié à la nature des sels solubles. La répartition du pH montre certaines similitudes avec la conductivité électrique de l'extrait : le pH est le plus bas (voisin de 5,0) immédiatement au-dessus des horizons à concentration de gypse qui présentent une conductivité électrique maximale ; il est également bas (voisin de 6,0) dans les horizons de surface (Fig. 55). Le pH est le plus élevé (>7,5) dans les horizons carbonatés.

#### IV CONCLUSION

La séquence de la Tamoa présente deux pôles forts différents :

- **un pôle calcimagnésien**, dérivant de l'altération de flyschs, localisé le long d'une toposéquence où les sols évoluent, depuis les sols bruns jusqu'aux vertisols calcimagnésiens à gypse, sur la roche en place et des colluvions. La pédoplasation est épaisse de plusieurs mètres ;

- **un pôle hypermagnésien**, alimenté par des alluvions dérivant majoritairement de l'altération de péridodites. Au milieu de la terrasse alluviale, les caractères alluviaux soulignés par une stratification de matériaux de texture différente apparaissent sous 1,0 m de profondeur. Les termes calcimagnésiens et hypermagnésiens désignent le statut du complexe d'échange.

L'ensemble de la terrasse constitue un milieu relativement réducteur, peu drainant, manifestant la trace d'un ancien niveau de nappe par l'intermédiaire d'une couche riche en oxydes de manganèse vers 1,50 m de profondeur, plutôt vers le bord externe de la terrasse alluviale dans la zone de contre-pente.

*Les sols dérivant de l'altération des flyschs concentrent les sels* : les chlorures à partir de 0,60 m et surtout les sulfates à partir d'un mètre de profondeur environ. Puis, se concentrent, comme une colonne chromatographique, des oxydes de manganèse riches en Ni et Co, de la barytine et des carbonates, aragonite et calcite, en fonction de leur solubilité. *Le sol a enregistré les variations du milieu environnant*. Dans un premier temps, les carbonates et les sulfates se sont accumulés. Puis ils ont été repris et remaniés par le battement d'une nappe aquifère. Actuellement dans les horizons supérieurs, non seulement les sels sont lixiviés, mais ils sont également appauvris en argile et leur pH est bas ; au contact des carbonates, les gypses sont corrodés et pseudomorphosés en calcite ; de l'aragonite se dépose sur les parois des pores et le sol ne présente plus de traces de mouvements internes. *Le milieu est en déséquilibre avec les conditions de surface* car en milieu aqueux, un échange se produit entre d'une part  $\text{Ca}^{++}$  issu de la dissolution du gypse et d'autre part  $\text{Mg}^{++}$ , cation dominant dans la fraction échangeable, et  $\text{Na}^+$  adsorbés par les argiles.

Vers l'aval de la séquence, les sols deviennent de plus en plus magnésiens, les accumulations carbonatées sont constituées de dolomite, les sels sont de moins en moins abondants, les gypses apparaissent de plus en plus profondément et sont très corrodés.

*Dans la partie hypermagnésienne, les sels sont pratiquement absents du profil* et le complexe d'échange est dominé à 80% par du magnésium. Les carbonates sont constitués de magnésite, en volumes pulvérulents, entourant les anciens nodules indurés et arrondis. Des traces de talc, issus de l'altération d'enstatite, apparaissent dans le mètre supérieur du sol.

Le passage d'un pôle à l'autre est progressif, ce qui laisse supposer une longue maturation des sols. Le comportement différents des sels dans la séquence, concentrés à proximité de la colline de flyschs, et peu abondants à l'autre extrémité, proche de la rivière, permet d'envisager deux solutions différentes qui seront développées dans les chapitres suivants :

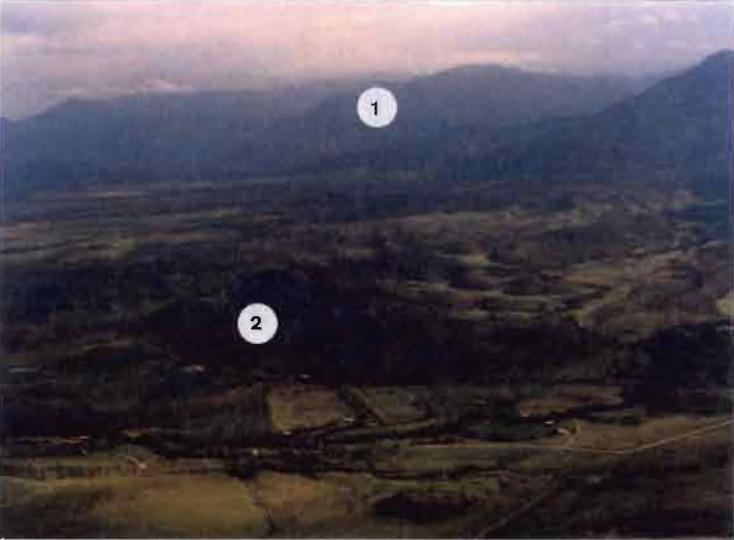
- soit le vertisol colluvial est très ancien et a pu stocker d'importantes quantités de sels contrairement aux vertisols alluviaux ;
- soit les comportements physiques (drainage), mais aussi chimique (stabilité des sels) des deux types de vertisols sont différents.



**A**



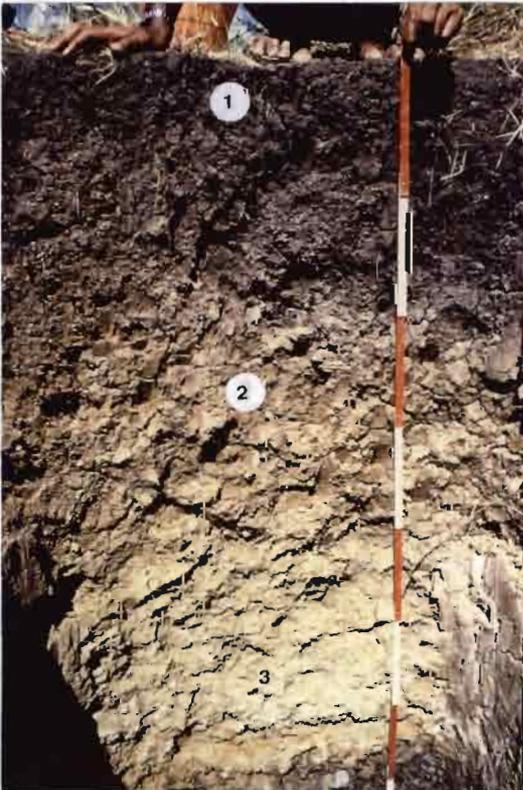
**B**



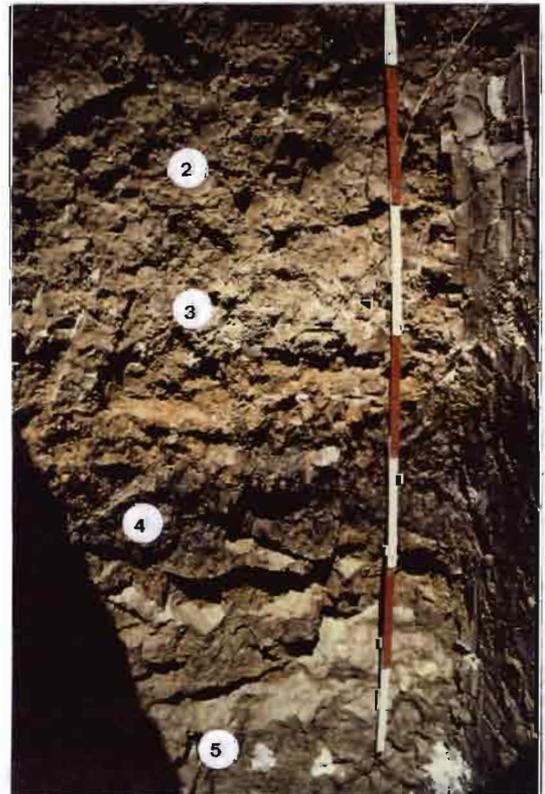
**C**



**D**



**E**

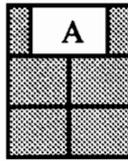


## LA TAMOA - PLANCHE I

### PHOTO A

Séquence sur flyschs de type A

- 1 : pente très forte ;
- 2 : rupture de pente brutale avec un glacis colluvial à pente rectiligne ;
- 3 : rupture de pente avec la plaine alluviale ;



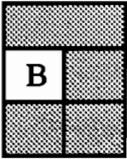
Séquence sur flyschs de type B

- 1 : pente forte ;
- 2 : glacis colluvial à rupture de pente progressive ;
- 3 : plaine alluviale ;

### PHOTO B

Amont et rive droite du bassin versant de la rivière Tamoá.

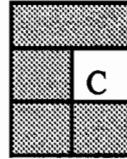
- 1 : massif de péridotites ;
- 2 : argilites et siltites, formations à charbons, du Sénonien



### PHOTO C

Aval et rive gauche du bassin versant de La Tamoá.

- 1 : chaîne de flyschs éocène ;
- 2 terrasse alluviale récente soulignée par la forêt galerie ;



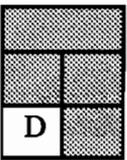
↔  
séquence MER effectuée depuis une colline de flyschs jusqu'à la Tamoá.

### PHOTO D

Apexol du profil MER 64.

Vertisol calcimagnésien à gypse et carbonates.

- 1 : horizon humifère ;
- 2 : horizon vertique ;
- 3 : horizon vertique à gypse.

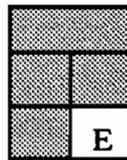


### PHOTO E

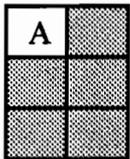
Infrasol du profil MER 63.

(suite de la photo F)

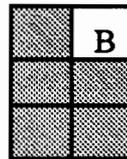
- 4 : horizon à concentration de MnO<sub>2</sub> ;
- 5 : horizon à concentration de volumes carbonatés pulvérulents.



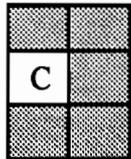
## LA TAMOA - PLANCHE II



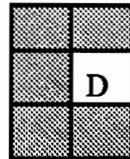
**PHOTO A**  
Principales morphologies des cristallisations de gypse :  
- lenticulaires  
- agglomérées avec revêtement de MnO<sub>2</sub>  
- agglomérées



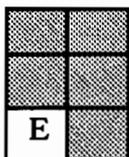
**PHOTO B**  
Cristaux losangiques de gypse apparaissant en relief sur une face de glissement.



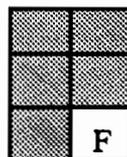
**PHOTO C**  
Amas pelliculaires de petits cristaux de gypse localisés sur une face structurale. On peut remarquer les dendrites de manganèse ainsi que le recoupement de deux faces structurales selon un angle aigu.



**PHOTO D**  
Volume pulvérulent carbonaté - formé d'aiguilles microscopiques d'aragonite - et entouré de petits cristaux de gypse - ceux-ci se retrouvent également dans un agglomérat 2 cm au-dessus du volume carbonaté.

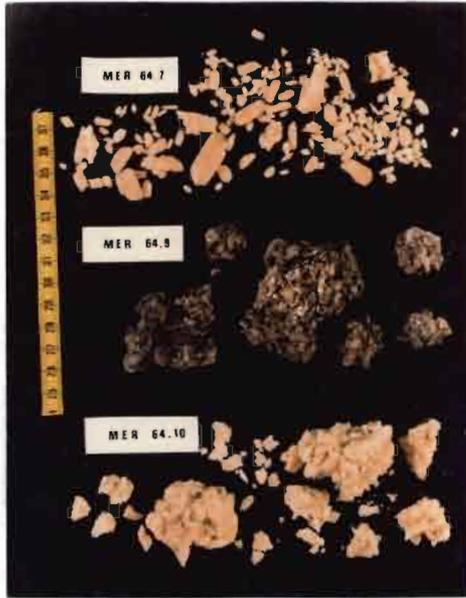


**PHOTO E**  
Volume durci carbonaté avec de petits granules millimétriques autour des vides centraux.



**PHOTO F**  
Nodules carbonatés centimétriques en forme de septaria.

A



B



C



D



E



F



# **DEUXIEME PARTIE**

## **ORIGINE, FONCTIONNEMENT ET EVOLUTION DES SOLS**

## CHAPITRE CINQ

### RECONSTITUTION HISTORIQUE DU PAYSAGE ET DES CONSTITUANTS

#### I - LES VERTISOLS ET L'ORIGINE MARINE

Les argiles à gypse sont bien connues depuis le début du siècle. Dès 1917, et jusqu'en 1954, le gypse a été exploité comme sulfurant dans la métallurgie du nickel, pour l'usine de raffinage de Doniambo. 327 142 tonnes de ce minéral représentant un peu plus de 50 000 tonnes de soufre ont été extraites durant cette période (PARIS, 1981).

Les argiles gypsifères sont déjà décrites par PIROUTET en 1917 comme des "*dépôts palustres anciens*". Il mentionne leur localisation, certains aspects de leur composition et interprète l'origine du gypse. Il les localise au-dessus des formations alluviales anciennes typiques - poudingues formés de galets roulés et à ciment argilo-sableux blanchâtre, jaunâtre ou bariolé -. Ces formations argileuses sont décrites comme "*ne renfermant aucun reste organique, mais d'origine marécageuse*". PIROUTET fait également la distinction entre les argiles à gypse du bord de mer et celles de l'îlot Leprédour qui étaient dues selon lui à la destruction "in situ" d'une formation datant du Nummulitique (Eocène), avec un entraînement par ruissellement le long des pentes.

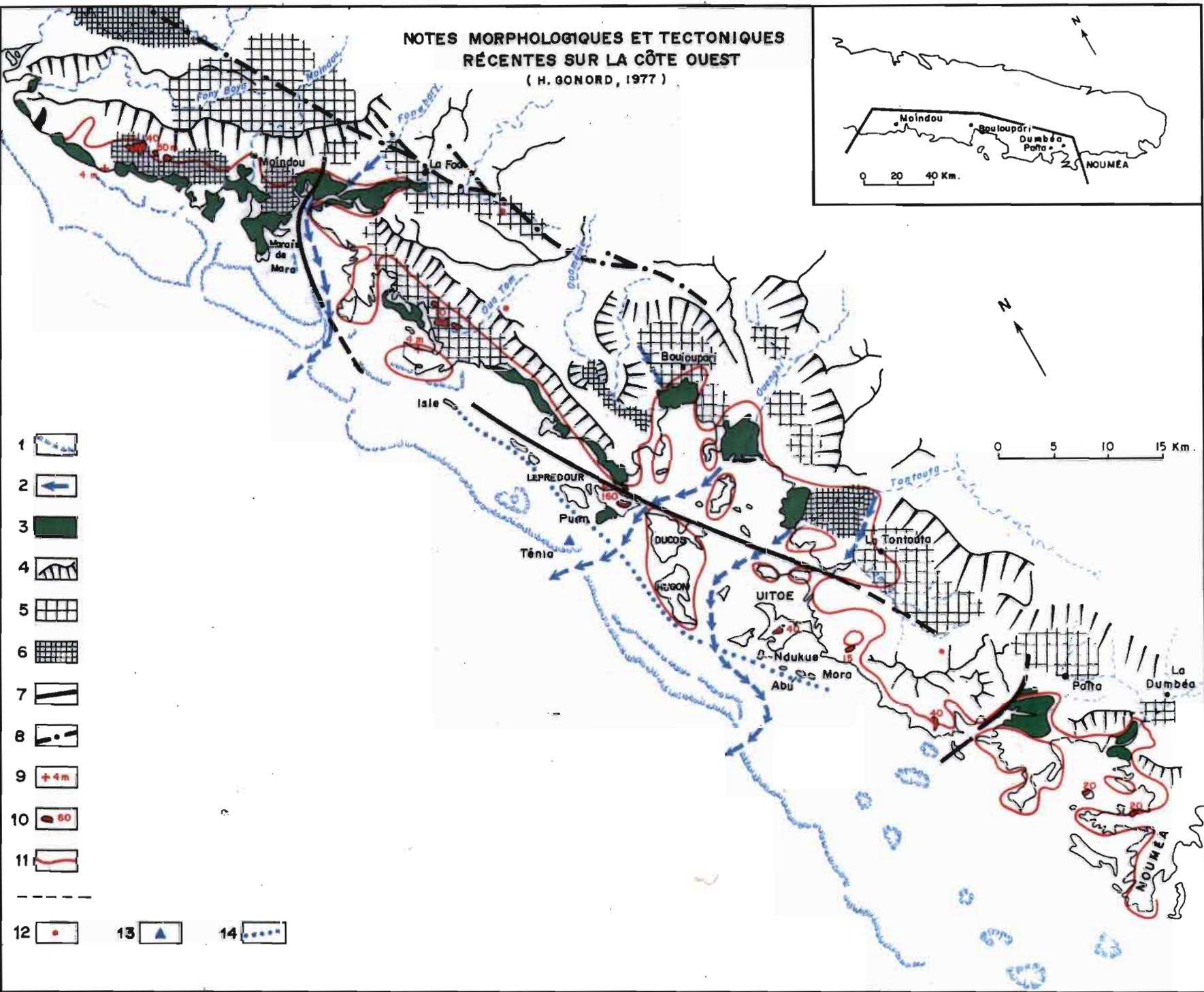
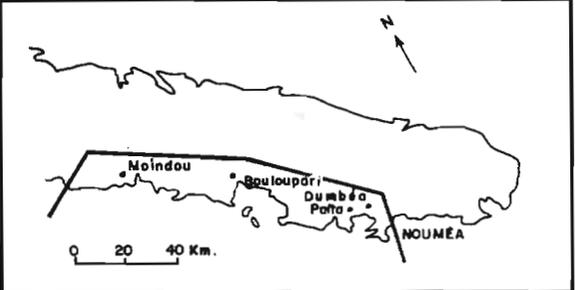
ROUTHIER (1953) attribue à ces formations **une origine marine synchrone, de type évaporitique**. "*Dans ce milieu différencié, l'évaporation était favorisée tant par le manque de profondeur que par le climat chaud*".

Cette affirmation est reprise successivement par AVIAS (1963) et GONORD (1977). Le premier auteur, étudiant dès 1952 le marais maritime de Mara et s'apercevant de la présence abondante de gypse, établit une corrélation entre ces bordures de mangrove et les argiles noires à gypse. Les formations à gypse marquaient "*le comblement de golfes sursalés durant une phase régressive*" ; c'est pourquoi ces formations sont localisées "*dans des replis des collines*", parfois assez loin du littoral actuel (AVIAS et ROUTHIER, 1962). GONORD (1977) se sert de l'hypothèse d'une origine marine pour établir les bases d'une néotectonique, car les niveaux d'argiles à gypse s'échelonnent entre 0 et +50 m. Pour le cas singulier de l'îlot Leprédour, cet auteur avance la présence d'une faille à grand rejet car les argiles à gypse y culminent à près de 200 m (Fig. 56). L'ensemble des dépôts littoraux était daté post-Miocène Moyen et Anté-Pléistocène.

En 1981, la synthèse géologique faite par PARIS distingue très nettement des argiles à gypse marines lagunaires d'arrière-mangrove d'âge holocène, décrites par AVIAS (1953, 1958, 1963) et surtout par BALTZER (1965), des argiles noires à gypse qui seraient plutôt continentales, palustres et dues à une évolution pédogénétique sous climat tropical à longue saison sèche.

Selon de nombreux auteurs, les sols vertiques ne sont que l'aboutissement d'une évolution pédologique récente d'un dépôt meuble, argileux et contenant du gypse dès son origine. Le gypse serait donc marin et de type évaporitique. Seule une étude parallèle entre les hauteurs relatives du niveau de la mer et les altitudes atteintes par les formations à gypse peut confirmer ou réfuter l'hypothèse de la provenance marine de ces dépôts.

NOTES MORPHOLOGIQUES ET TECTONIQUES  
RÉCENTES SUR LA CÔTE OUEST  
( H. GONORD, 1977 )



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13
- 14

## 1.1 - LES VARIATIONS ABSOLUES DU NIVEAU DE LA MER DURANT LE QUATERNAIRE

Le forage effectué par AVIAS et COUDRAY (1967) sur l'îlot Ténia (Fig. 56), dans la barrière récifale, à la hauteur de l'îlot Leprédour, a révélé quatre cycles de sédimentation majeurs correspondant à quatre niveaux successifs sur une épaisseur totale de 226 m. COUDRAY (1975) a réalisé une étude fine du carottage et a montré que la croissance du récif a été interrompue à trois reprises, correspondant à des phases d'émersion durant lesquelles les carbonates ont subi d'importantes modifications diagénétiques car ils étaient soumis à l'action des eaux météoriques. Le dernier niveau étant attribué à l'Holocène, ces périodes d'émersion ont été assimilées aux phases glaciaires, tandis que les phases de croissance sans évolution diagénétique sont reliées à des hauts niveaux marins des périodes interglaciaires. Cette région ne présentant pas d'accidents tectoniques majeurs, la croissance du récif est la résultante de la vitesse de croissance des coraux (0,1 mm/an) ainsi que de la subsidence (0,1 mm/an), la vitesse de ces deux phénomènes étant supposée continue. COUDRAY (1975) a ainsi pu établir une chronologie dans la formation du récif:

- 226 m : installation du récif
- 226 m à -105 m : 1 800 000 à 1 000 000 B.P. - 1ère séquence : AFTONIAN  
Haut niveau marin estimé à +12 m à 1 100 000 B.P.
- 105 m : 1 000 000 à 900 000 B.P. - Glaciation de Mindel : KANSAN  
émersion
- 105 m à -40 m : 900 000 à 500 000 B.P. - 2ème séquence : YARMOUTH  
Haut niveau marin estimé à +23 m à 550 000 B.P.
- 40 m : 500 000 à 400 000 B.P. - Glaciation de Riss : ILLINOIAN  
émersion
- 40 m à -11 m : 400 000 à 125 000 B.P.- 3ème séquence : SANGAMON  
Haut niveau marin estimé à +5 m à 125 000 B.P.
- 11 m : 125 000 à 7 000 B.P. - Glaciation de Würm : WISCONSIN  
émersion
- 11 m à 0 : 7 000 B.P. à actuel - 4ème séquence  
Transgression holocène à +1,5 m entre 5 500 et 4 500 B.P. environ

Figure 56 : Légende de la carte géomorphologique et tectonique (d'après GONORD, 1977)

1. Récif corallien
  2. Trajets fluviatiles fossiles
  3. Mangrove
  4. Versant simple ou complexe se raccordant à des piémonts fossiles
  5. Plaine ou glacis en piémont
  6. Basse plaine à alluvionnement récent à actuel
  7. Ligne de faille ou flexure localisant des mouvements post-argile
  8. Ligne d'accident ouest- calédonien
  9. Récif soulevé, altitude
  10. Formation des argiles à gypse, cote en mètres de l'affleurement le plus élevé observé
  11. Limites possibles d'extension des lagunes à argiles gypsifères
- 
12. Localisation de formations argileuses à gypse non mentionnées par GONORD (1977) et situées bien au-delà de la limite d'extension d'argiles à gypse (BEAUDOU et al., 1982 ; BLAVET et BOURDON, 1986 ; PODWOJEWSKI, 1981, 1984).
  13. Emplacement du forage de l'îlot Ténia (AVIAS et COUDRAY, 1967)
  14. Axe du système dunaire des éolianites (COUDRAY, 1975 ; BALTZER et DUGAS, 1977)

Les deux dernières séquences ont pu être datées par  $^{13}\text{C}/^{14}\text{C}$  et  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ . Les niveaux marins les plus élevés apparaissent durant les phases interglaciaires. En supposant que les vitesses de subsidence et de croissance des coraux soient constantes, et dans l'hypothèse d'un niveau supérieur de sédimentation correspondant au niveau maximum atteint par la mer, les altitudes absolues ont été calculées en fonction des valeurs obtenues par BLOOM et al. (1974) sur des terrasses de Micronésie estimant à +5 m le niveau absolu de la mer à 125 000 B.P.

Les valeurs absolues calculées par COUDRAY (1975) pour la Nouvelle Calédonie sont les suivantes

+12 m à 1 100 000 B.P.

+23 m à 550 000 B.P.

+ 5 m à 125 000 B.P.

+ 3 m à 5 000 B.P.

Seules les deux dernières valeurs ont pu être confirmées par LALOU ET DUPLESSY (1976) grâce aux fluctuations du  $\delta^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$  des foraminifères qui reproduisent les variations du niveau marin *strictement limitées aux variations eustatiques*, liées à la fonte des glaces polaires durant les périodes interglaciaires. Ces auteurs affirment également que tout niveau marin fossile supérieur à +10 m au-dessus de l'actuel a subi un surélévement tectonique, et que le niveau marin absolu le plus bas atteint lors de la dernière glaciation se situe à -120 m il y a 18 000 ans.

Les cours d'eau ont alors creusé les fonds du lagon émergé, découpé de véritables cañons, et entaillé des passes dans le récif barrière. Ainsi, la morphologie actuelle du lagon semble résulter de l'érosion karstique lors de cette émergence (DUGAS et DEBENAY, 1978).

## 1.2 - LES VARIATIONS RELATIVES DU NIVEAU MARIN

### 1.21 - Bref rappel de l'histoire tectonique de la Nouvelle Calédonie

Le bâti de la Nouvelle Calédonie est bordé sur son versant ouest par un accident tectonique majeur appelé accident ouest calédonien. Cet accident, surtout visible dans la partie nord du territoire, est le résultat de mouvements tangentiels post-jurassiques et ante-sénoniens. Ces mouvements ont été suivis par une orogénèse alpine dont l'apogée se situe à l'Eocène terminal par la mise en place du charriage des péridotites durant une phase d'obduction. Durant l'Oligocène, un soulèvement tardi-tectonique fait émerger la Nouvelle Calédonie.

Les mouvements post-Oligocène de la Nouvelle Calédonie sont variés et d'origines très différentes. La néotectonique se manifeste par le jeu des anciennes lignes de faiblesses du bâti. En plus du jeu des fractures longitudinales, les mouvements de tectonique différentielle affectent l'ensemble du bâti par une réaction transverse à "effets blocs" (CABIOCH, 1988).

### 1.22 - Les différents mécanismes de la néotectonique

Ces mécanismes ont été passés en revue par DUBOIS et al. (1974). Ils concernent l'effet de flexure, l'effet de surélévement d'une île, l'effet de décharge et l'effet eustatique.

Un important mouvement tectonique régional pléistocène affecte les îles Loyauté depuis le SW vers le NE. Il est provoqué par le *bombement de la lithosphère* de la plaque

austral-indienne sous l'effet d'une onde épirogénique (LAUNAY et RECY, 1972) lors de sa subduction sous la plaque océanique pacifique au niveau de l'arc insulaire des Nouvelles Hébrides. Ce phénomène semble n'avoir affecté la Nouvelle Calédonie que dans son extrémité sud-est. COUDRAY (1977) montre l'existence de mouvements compensatoires en arrière du bombement, exprimés par une déformation négative souple de la lithosphère, avec compartimentage du bloc calédonien.

La pénénéplation des massifs de péridotites à des altitudes variables a déjà été décrite par DAVIES en 1925. Ses observations complétées par celles de ROUTHIER (1953) concluaient à une surrection généralisée du massif de péridotites, suivie d'une voussure vers l'Ouest et le Nord. ORLOFF (1968) évoque un étagement des compartiments après un surélévement généralisé des péridotites ; WIRTHMANN (1965) et TRESCASES (1975) proposent la théorie d'un surélévement discontinu avec des niveaux d'aplanissement marquant des phases d'arrêt. LATHAM (1986) émet enfin l'hypothèse d'un surélévement continu. Les surfaces d'aplanissement seraient dues à des périodes de stabilité géomorphologique interrompues par des périodes à fort pouvoir érosif. Cette surrection, davantage accentuée du Nord vers le centre de la Grande Terre, décale l'étagement des plateaux sommitaux des différents massifs de péridotites. Le mécanisme serait provoqué par un *réajustement isostatique* provoqué par une *décharge continentale* à la suite de l'érosion du massif de péridotites. L'érosion chimique est en effet très active : BALTZER et TRESCASES (1971) proposent 2 mm/1000ans, à celle-ci s'ajoute l'érosion mécanique affectant une roche très dense ( $d \approx 3,3$ ). Ce mouvement, qui a débuté au Miocène, se serait poursuivi durant le Pléistocène, mais se ralentit durant l'Holocène.

Cette surrection est compensée par un effondrement de toute la barrière corallienne selon des failles-flexures parallèles à l'axe d'allongement de la Grande Terre (DUGAS et DEBENAY, 1978). Ces gradins longitudinaux sont surchargés par les constructions coralliennes et par les apports alluviaux provenant de l'érosion mécanique des péridotites.

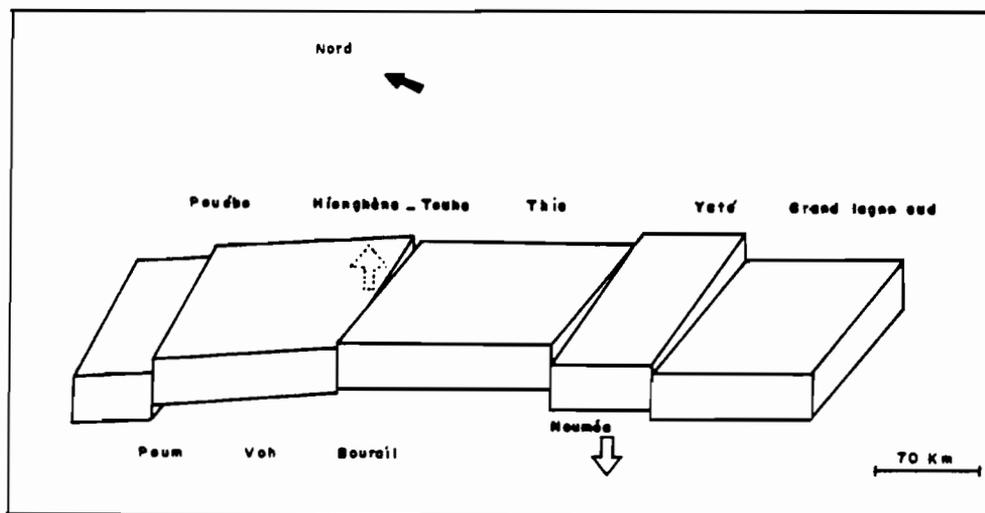


Figure 57 : Le comportement spécifique de la Grande Terre (d'après CABIOCH, 1988)

A ce phénomène vient s'ajouter le compartimentage de la Grande Terre, où le comportement spécifique de panneaux transverses réagit de façon indépendante "en touches de piano" (Fig 57, d'après CABIOCH, 1988). Ainsi, au niveau de Touho, sur la côte est, le panneau est surélevé de près de 7 m marqué par une encoche marine à +13 m pour un niveau marin estimé à +6 m, alors que sur la côte ouest, au niveau de Bourail, une structure anticlinale limite fortement la subsidence récifale ; le panneau Nouméa-Yaté

est surélevé sur la côte est de +6 à +10 m, à l'inverse de la côte opposée, fortement subsidente, en particulier au niveau de la baie de Saint Vincent.

### 1.23 - Conclusion

La Grande Terre est soumise à deux mouvements contraires d'intensité variable suivant le compartimentage de l'île : un soulèvement général du centre de l'île, qui a tendance à se ralentir actuellement et une flexuration de la bordure maritime littorale qui s'affaisse.

## 1.3 - PRÉSENCE DE GYPSE DANS LES NIVEAUX MARINS

Parmi les hauts niveaux marins définis par BLOOM et al. (1974) comme celui établi à +6,00 m il y a 125 000 ans et qui fait l'unanimité dans le Pacifique, ou calculés par COUDRAY (1975), seul le niveau à + 1,50 m de la transgression flandrienne a laissé des traces nettes dans le paysage, grâce aux constructions biologiques (LAUNAY et RECY, 1972 ; FONTES et al., 1977). Les traceurs, indicateurs de surface et de subsurface, marqueurs d'un haut niveau marin sont exposés selon le modèle ci-après (CABIOCH, 1988).

#### A L'AFFLEUREMENT

- organiques
  - tourbes
  - niveaux à huîtres
  - récifs coralliens
  - crête algale
  - organismes isolés (coraux, mollusques)
- non organiques
  - érosion
    - encoche
    - plate-forme
  - altération
    - "croûtefaction"
    - dissolution
    - karstification
  - lignes de rivage
    - plages
    - "beach rock"

#### EN FORAGES

- changement pléocécologique
- associations faunistiques et floristiques différentes
- "croûtefaction" calcaire
- surfaces de karstification
  - dissolution
  - remplacement
  - cimentation
  - rubéfaction

AVIAS (1953, 1958) observe des cristaux syngénétiques au sein de vases dans le marais de Mara (Moindou). Cette formation, située en arrière de la mangrove est étudiée par BALTZER (1965). La stratigraphie du marais indique la présence d'un lit de tourbes de paléuviers transgressif oblique surmonté d'un lit régressif horizontal. Leur datation entre 7300 et 5500 B.P. précise leur âge holocène BALTZER (1970). Selon CABIOCH et al. (1989), cette transgression holocène montre un maximum à 5500 B.P. et l'âge d'émersion des récifs coralliens est estimé entre 5800 et 4500 B.P.. Ce haut niveau marin est attribuée au réajustement isostasique de l'île sous le poids des eaux de transgression.

Les cristaux de gypse sont localisés dans une zone sursalée du "tanne", en retrait de la mangrove, dans deux niveaux distincts situés au sommet de la série sédimentaire. Dans le niveau inférieur, vers 0,50 m, riche en matière organique tourbeuse, les cristaux de gypse sont peu nombreux, automorphes, de forme trapézoïdale, inférieurs à 1 cm de long. Dans le niveau supérieur, vers 0,30 m, de teinte rouge, le milieu est riche en

oxyhydroxydes de fer et les argiles sont de type illite et kaolinite. Les cristaux de gypse sont aciculaires et peuvent atteindre 5 cm de long.

Il convient dès à présent de dissocier ces formations fluvio-marines à gypse, des sols vertiques contenant également du gypse, comme l'avaient déjà mentionné AVIAS et ROUTHIER (1958), ou PARIS (1981).

La formation palustre est constituée à sa base par une série de calcaires coquilliers surmontée de dépôts fins carbonatés. Le milieu de formation des gypses est riche en illite-kaolinite ou en matière organique. Or, dans les vertisols, il n'existe aucune trace de débris bioclastiques d'aucune sorte, les niveaux carbonatés sont très rarement continus et il n'existe pas non plus de traces de matière organique tourbeuse enfouie ou de traces de pneumatophores de palétuviers. De plus, la fraction argileuse est exclusivement composée de smectites. La morphologie des cristaux est également différente : les cristaux du marais sont soit en forme de trapèze, soit aciculaires, alors que dans les formations vertiques ils sont le plus souvent lenticulaires ou en agglomérats sphéroïdes. Enfin, les cristaux du marais sont localisés dans des niveaux stratifiés proches de la surface (entre 0,30 m et 0,50 m), alors que dans les formations vertiques, les gypses n'apparaissent que vers 0,80 m à 1,00 m de profondeur, sur une épaisseur de parfois plusieurs mètres, et ce dans des niveaux où la stratigraphie n'est pas toujours apparente.

En conséquence tout parallèle entre les alluvions gypseuses fluvio-marines subactuelles et les vertisols à gypse doit être évité.

#### 1.4 - CONCLUSION

Le plus haut niveau marin absolu théorique (calculé) du Quaternaire étant établi à +23 m (COUDRAY, 1975), il est difficile d'expliquer la présence de gypse *d'âge Quaternaire* à des altitudes supérieures à +40 m (Fig. 56), d'autant plus que, selon le même auteur, la néotectonique quaternaire est limitée et de faible amplitude. On sait également que durant cette même période, le mouvement de surrection de la Grande Terre s'est fortement ralenti et qu'au contraire, toute la zone côtière ouest où se localise l'essentiel de nos sites d'étude, au niveau de la Baie ennoyée de Saint Vincent, est subsidente.

En fonction de ces données, deux hypothèses peuvent se présenter :

- *Soit les argiles à gypse sont d'origine marine et ante-Pléistocène.* Cette hypothèse déjà avancée par COUDRAY (1975) est reprise par GONORD (1977). Ce dernier a établi une esquisse géomorphologique d'une partie de la côte sud-ouest de la Grande Terre (Fig. 56) en s'appuyant à la fois sur l'origine marine et synchrone des formations argileuses à gypse et sur une néotectonique cassante "post-argiles" ante-Pléistocène ayant surélevé ces mêmes niveaux.
- *Soit les argiles à gypse sont quaternaires et dans ce cas, elles ne sont pas d'origine marine, mais continentales et/ou pédogénétiques.*

## II - AGE DES VERTISOLS A GYPSE

Les formations à gypse constituent *des niveaux* pouvant se rattacher à un ou des épisodes géomorphologiques, mais dont la datation absolue est très délicate. Dans les formations à gypse, aucune trace de bioclaste marin ou de niveau organique enfoui ne permet une datation absolue. Seule la présence de carbonates permet de dater, par la méthode du <sup>14</sup>C non pas la mise en place des sols, mais la période de cristallisation de ces

sels. Les corrélations entre les formations marines ou fluvio-marines datables et d'éventuels témoins équivalents d'origine continentale sont assez aléatoires (ILTIS, 1989).

Les différents épisodes géomorphologiques affectant la Nouvelle Calédonie ont été étudiés dès 1925 par DAVIES qui a été le premier auteur à évoquer la présence d'une pénéplaine sur le massif de péridotites ; il a proposé un schéma d'évolution polycyclique, basé sur l'alternance de phases d'altération, favorables à la formation de surfaces d'aplanissement, et de phases d'érosion propices au démantèlement des surfaces.

La notion de pénéplaine ainsi que le schéma d'évolution polycyclique ont été longuement discutés principalement par ROUTHIER (1953), WIRTHMANN (1970), TRESCASES (1975) et LATHAM (1986), mais tous s'accordent pour constater la présence de niveaux ou surfaces d'aplanissement, en particulier des massifs de péridotites, *étagées dans l'espace et dans le temps*. La pénépléation a débuté durant l'Oligocène et, selon LATHAM (1986), à la suite des observations faites sur les flancs du Mont Boulinda (Poya), l'épisode de la formation de cette surface initiale a été suivie par six autres épisodes. ILTIS (1989) a réalisé une corrélation des principaux événements géomorphologiques et a tenté d'en établir une datation. (Tab. XXX)

Tableau XXX : Niveaux observés et corrélation selon ILTIS (1989) et LATHAM - L (1986) des différentes surfaces définies par DAVIES - D (1925), ROUTHIER - R (1953), AVIAS - A (1953), WIRTHMANN - W (1970) et TRESCASES - T (1975).

Niveau géomorphologique	Age présumé	Corrélation D, R, A	Corrélation W, T, L
HAUTE SURFACE	Oligocène supérieur	cycle I pénéplaine	Niveau I pénéplaine
	Miocène inférieur		surface II (L)
SURFACE INTERMEDIAIRE	Miocène moyen à supérieur	cycle II érosion vigoureuse	niveau II (W & T)
SURFACE INFÉRIEURE	Miocène supérieur à Pliocène		niveau III (L)
			niveau de piémont(T) niveau IV (L)
COLLUVIONS et PEDIPLAINE	Plio-quaternaire		niveau V (L)
HAUTE TERRASSE	Pléistocène inférieur à moyen		
TERRASSE ALLUVIALE MOYENNE	Pléistocène supérieur	cycle III formations fluviales et côtières	terrasse ancienne(L) surfaceIV ennoyée(T)
BASSE TERRASSE	Holocène	phase IV	terrasse récente (L)

Les principales surfaces d'aplanissement affectant les péridotites sont *antérieures au Pléistocène*, tandis que les dépôts des trois principales terrasses alluviales bien visibles dans le nord du territoire - comme le long de la rivière Iouanga (PODWOJEWSKI et al. 1983) - dateraient du *Pléistocène et de Holocène*.

Ainsi, contrairement aux hypothèses avancées par COUDRAY (1975) ou GONORD (1977), les argiles gypsifères sont datées du *Quaternaire*. En effet, les argiles à giobertite, considérées par AVIAS et ROUTHIER (1962) comme l'équivalent latéral des argiles à gypse sont datées par LATHAM (1986) du Pléistocène, tandis que ILTIS (1989) attribue à ces argiles à gypse un âge Pléistocène Moyen à Supérieur, selon qu'elles constituent la terrasse supérieure des vallées alluviales, comme la vallée de la Pouembout, ou Pléistocène Inférieur, selon qu'elles composent la terrasse moyenne des vallées, comme celles de la Iouanga ou de la Oua-Tom.

Deux exemples différents, ayant fait l'objet d'une étude de cartographie pédologique détaillée, illustrent cette affirmation : les vallées alluviales de la Oua-Tom et de la Tamoà.

## 2.1 - LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA OUA-TOM

La Oua-Tom est une rivière à débit très saisonnier, qui coule du NE vers le SW, à partir de la chaîne centrale, vers le lagon ouest de la Grande Terre. Le bassin versant de la Oua-Tom couvre une superficie de près de 5000 ha, à mi-chemin entre La Foa et Boulouparis. Le climat est voisin de celui enregistré à Boulouparis, l'un des plus secs du territoire (Cf : § 2), la partie amont du bassin étant nettement plus arrosée que sa partie aval.

### 2.11 - Géomorphologie et géologie

Trois ensembles majeurs caractérisent le bassin versant de la Oua-Tom (ESPIRAT, 1971). L'axe étroit d'une crête, dont les formations datent du Crétacé à l'Eocène, est orienté NW-SE, parallèle à la côte, sépare deux compartiments du socle permo-jurassique. Une vaste plaine colluvio-alluviale repose sur la partie aval du socle (Fig. 58).

Le socle permo-jurassique est composé au NE de la crête par un grand ensemble de grauweekes du Norien. Les sommets sont élevés (supérieurs à 500 m) et les flancs de la vallée sont très escarpés.

Au SW de la crête, le socle est constitué d'une série de collines arrondies perpendiculaires à l'axe du sillon crétacé et bordant toute la partie SE du bassin versant de la Oua-Tom et se prolongent par la presqu'île de Ouano. Les roches sont formées de tufs et de grauweekes datés du Permo-Carbonifère au Ladino-Carnien (Trias).

La crête jurassique-éocène, composante d'une structure monoclinale de 500 m à 1 km de large, dénommée "le sillon crétacé-éocène", possède un relief vigoureux, dont le sommet culmine à 375 m d'altitude. Ses versants sont dissymétriques. Celui orienté vers le SW est à pente forte ; il est composé de roches siliceuses très dures, comme les pélites du Sénonien et les grès et phanites de l'Eocène inférieur. Celui orienté vers le NE (vers l'amont du bassin) est à pente plus douce. Il est composé de calcaires et schistes de l'Eocène moyen. La Oua-Tom a entaillé une cluse dans cette structure pour relier deux bassins versants situés de part et d'autre du sillon.

La plaine colluvio-alluviale repose sur le socle permo-triasique et comprend trois unités distinctes : *un glacis colluvial* qui s'étend de part et d'autre de la corniche crétacé-éocène, *trois terrasses alluviales*, surtout développées en aval du creek Oua-Tom, sur la rive droite où elles s'associent à celles du creek Popidéry qui est parallèle à la Oua-Tom, enfin *la mangrove et les plages soulevées* qui constituent les unités géomorphologiques les plus récentes.

### 2.12 - Les formations superficielles

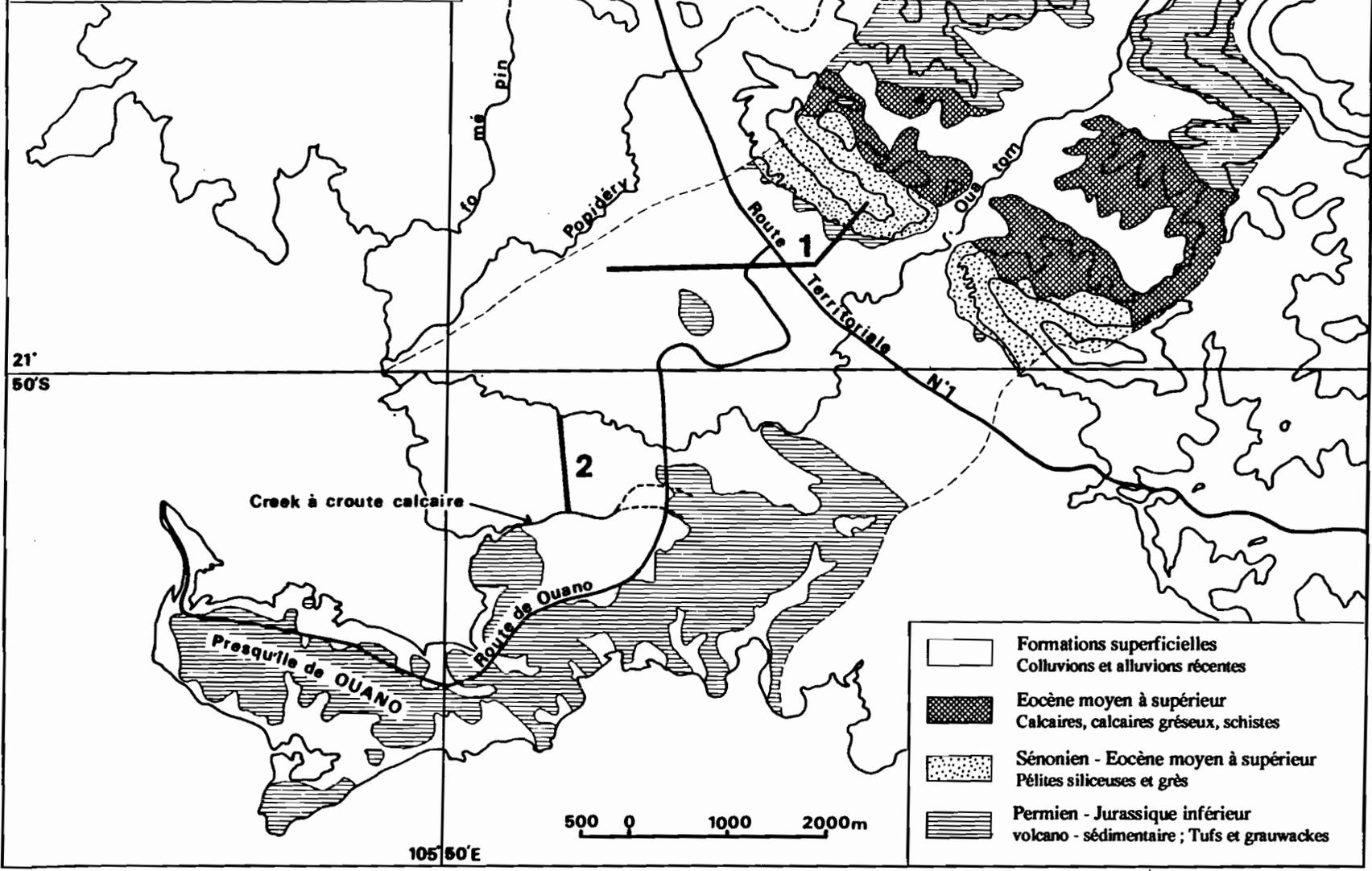
#### 2.121 - *Le glacis colluvial*

Le glacis colluvial est un des rares exemples de glacis de la côte ouest qui ne se soit pas formé à partir de péridotites. Il provient de l'érosion de la crête gréseuse. La nappe de colluvions s'est étalée de part et d'autre de la corniche, avec une très nette prédominance pour le flanc SW, ou flanc aval, qui est également le plus abrupt. La pente du glacis, très forte en amont (plus de 100 %), s'adoucit nettement vers l'aval où elle n'atteint plus que 5 à 10 %. La nappe, épaisse par endroits de 7 à 8 m, est composée de 30 à 50% d'éléments grossiers sous forme de blocs, de pierres et de cailloux de nature pélitique à angles vifs ou gréseuse à bords émoussés, englobés dans une matrice argilo-sableuse. Des discontinuités localisées de la nappe laissent apparaître un sous-bassement de grauwacke (Fig. 59A et 60).

**Figure 58**  
**Esquisse géologique du bassin versant de la Oua-Tom**

--- Limite de l'aire cartographiée dans laquelle est inclus le bassin versant de la Oua-Tom

— Coupe pédologique - 1 : Fig 59 A ; 2 : Fig 59 B -



Les sols développés sur ces colluvions évoluent le long de la séquence. Ils peuvent se classer parmi les luvisols ou les planosols (RPF, 1990). De l'amont vers l'aval, les éléments grossiers s'arrondissent et leur taille diminue ; l'appauvrissement des horizons superficiels en argile s'accroît. Une discontinuité texturale brutale apparaît entre des horizons gris de surface éluviés (E), de 20 à 50 cm d'épaisseur, dont la proportion de sable est supérieure à 65 %, et les horizons structuraux (S) de profondeur comprenant entre 40 et 60 % d'argile. Ces argiles sont constituées de kaolinite et possèdent un réseau de taches réticulées rouges et brun pâle. Le pH de l'ensemble du sol est bas (< 5,5) et la capacité d'échange est plus faible dans les horizons de surface (de 5 à 11 mé/100g) qu'en profondeur (entre 10 et 20 mé/100g) (Tab. XXXI). A la base de cette nappe pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur, on peut observer, dans certaines coupes, un ciment de nature siliceuse entre les éléments grossiers, formant un niveau induré, épais de 50 cm environ.

Vers l'aval, un podzol humo-ferrugineux de 60 cm d'épaisseur, se développe à partir de l'horizon appauvri. L'étendue de ces podzols correspond à une zone de faible pente de 30 ha environ, en forme d'entonnoir qui collecte les eaux du drainage superficiel. La limite aval de ces formations sableuses se manifeste par un léger bombement, passage latéral à la terrasse alluviale argileuse la plus élevée, contre lequel s'appuient quelques mares temporaires.

#### 2.122 - Les niveaux de terrasses (Fig. 59B et 60)

La terrasse ancienne présente à sa base un niveau conglomératique à ciment siliceux en amont du bassin versant et ferrugineux vers l'aval. Ce dernier est observable en surface lorsque l'épaisseur de la couverture argileuse diminue. Le ciment de ce conglomérat peut également être riche en oxydes de manganèse. Ce niveau induré, observable également dans le glaciaire colluvial, assure la continuité géomorphologique entre le glaciaire et la terrasse alluviale, cette dernière servant de relais entre le glaciaire et la mer. L'étendue de cette terrasse reste donc limitée strictement aux parties aval de la crête Crétacé-Eocène.

La couverture pédologique est représentée par un *vertisol* d'un mètre de profondeur environ, en voie de dégradation et qui prend localement l'aspect d'un *solonetz solodisé* avec une déstabilisation de la structure de l'horizon de surface. Sa teinte grise reflète un enrichissement en limons et en sables au détriment des argiles sur 15 cm d'épaisseur environ. En profondeur, les horizons structuraux (S) ou verticaux (V) sont très argileux. Ils ont une teinte brun-rouge foncé (5 YR 3/3), sont très cohérents, et outre la présence de faces de glissement striées, possèdent des fentes de retrait verticales bien prononcées. La nature minéralogique des argiles est dominée par un interstratifié irrégulier smectite-chlorite. Les faces de glissement peuvent parfois emprisonner de fines pellicules sableuses, preuve d'un dépôt postérieur à l'établissement des faces, qui se serait introduit dans le sol par les fentes de retrait.

Ces sols sont acides, partiellement désaturés en bases et le complexe d'échange est dominé par le magnésium et le sodium échangeable. Les extraits de sels solubles, largement dominés par les chlorure de sodium, montrent des teneurs assez importantes en sulfates (Tab. XXXI).

Entre les creeks Oua-Tom et Popidéry, la terrasse moyenne s'étend un mètre en contrebas de la terrasse ancienne. Ce niveau est observable tout le long du creek Oua-Tom, et apparaît déjà en amont du sillon crétacé. Il n'apparaît pas dans la zone resserrée de la cluse, le chenal occupant la totalité de la plaine alluviale. Par contre, en aval de la barre siliceuse, les dépôts s'étalent dans la plaine à pente faible et occupent de vastes surfaces à 5 m environ au-dessus du lit vif du creek. Ces dépôts semblent être parcourus par d'anciens lits secondaires sous la forme de légères dépressions d'une cinquantaine de centimètres environ.

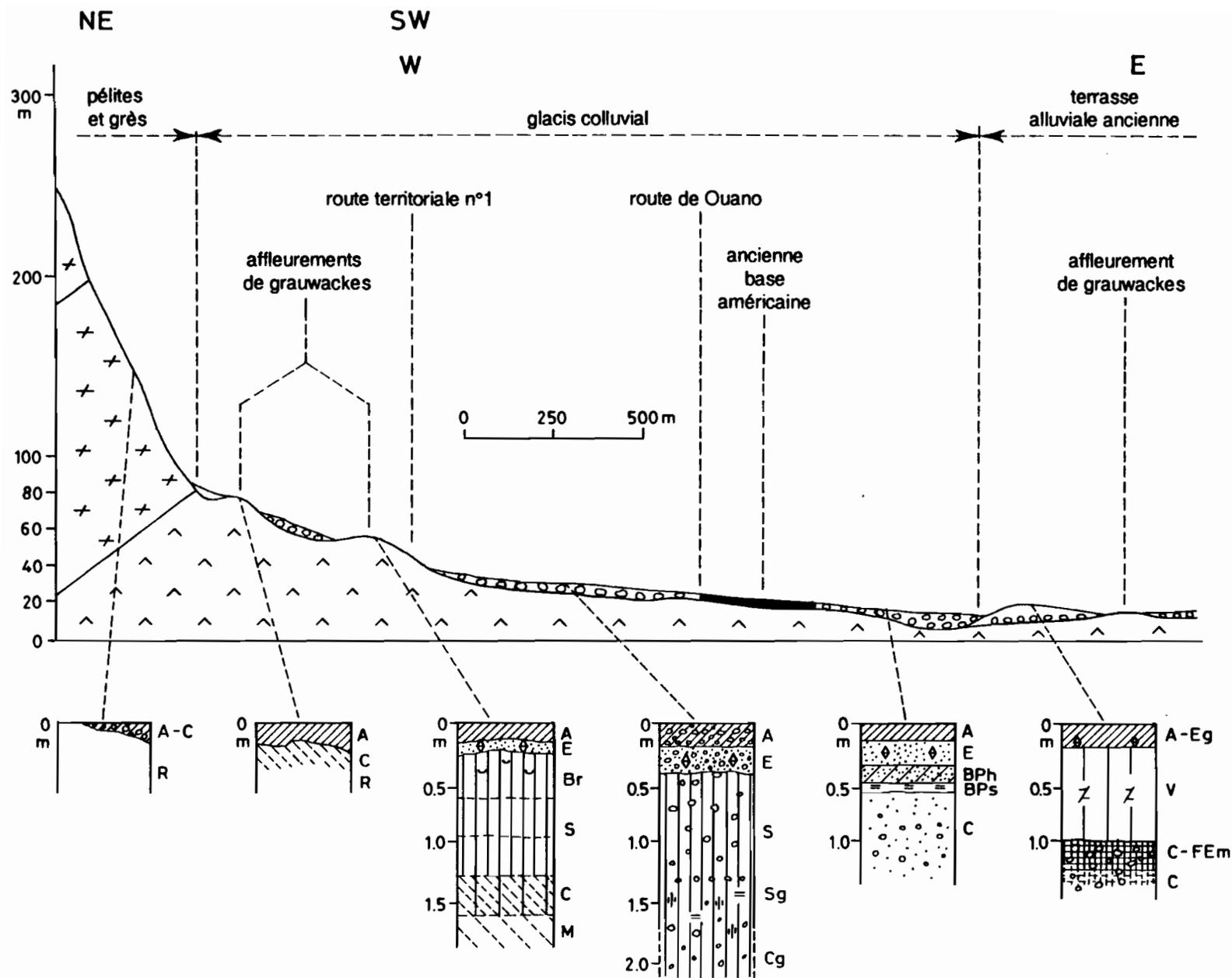


Figure 59 A : Coupe pédologique depuis la crête siliceuse vers la terrasse ancienne

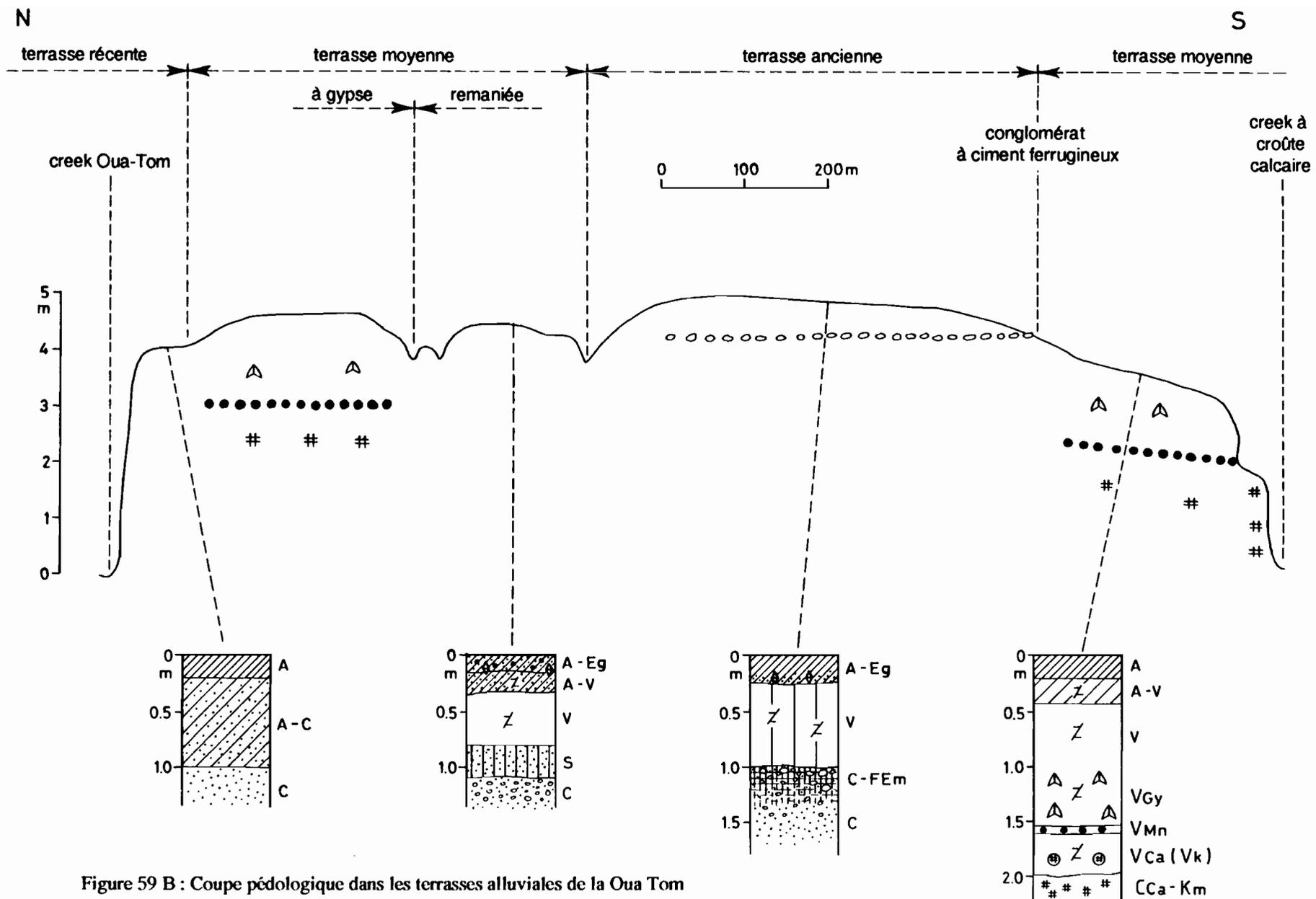


Figure 59 B : Coupe pédologique dans les terrasses alluviales de la Ouá Tom

Tableau XXXI : Caractéristiques analytiques des principaux sols des formations superficielles du bassin versant de la Oua-Tom

TYPE DE SOL HORIZON	GLACIS COLLUVIAL				HAUTE TERRASSE		MOYENNE TERRASSE					BASSE TERRASSE	
	luvisol-planosol		podzol		solonetz solodisé		vertisol à gypse		vertisol hydromorphe			sol d'apport alluvial	
	surface	horizon S	surface	horizon C	surface	horizon V	surface	horizon V	surface	horizon V	horizon C	surface	horizon C
granulométrie%													
A	10,2	61,4	2,0	20,1	36,6	71,0	33,1	63,0	24,0	49,3	33,0	32,1	33,0
Lf+Lg	18,2	13,5	24,0	20,7	27,4	11,3	39,7	25,6	52,5	27,2	27,5	47,1	29,3
Sf+Sg	68,2	25,0	71,0	57,7	33,6	15,7	20,0	11,4	19,0	23,8	40,3	13,8	37,2
pH	5,4	4,4	6,6	4,9	5,1	4,3	6,0	4,3	5,3	4,6	4,8	5,8	7,9
B.E. mé/100g													
Ca <sup>++</sup>	3,5	0,1	3,1	0,1	3,6	2,6	11,4	8,9	4,4	3,5	2,9	13,4	11,4
Mg <sup>++</sup>	1,6	2,9	1,0	1,1	6,8	11,6	6,4	11,6	3,8	10,6	7,6	7,2	6,4
Na <sup>+</sup>	0,1	0,4	0,0	0,3	0,9	7,9	0,7	8,7	0,3	5,1	4,3	0,3	3,6
C.E.	11,5	21,9	8,8	6,3	20,0	31,3	23,4	31,8	17,0	22,5	15,0	32,6	25,7
V(S/T)%	46,5	15,7	48,6	25,7	60,3	71,0	80,3	92,5	49,0	86,0	saturé	66,3	83,0
Analyse triacide %													
Refus	68,0	33,4	80,4	66,2	55,7	54,6	56,8	37,9	59,4	49,6	62,6	50,0	56,4
SiO <sub>2</sub>	16,2	34,5	13,1	21,1	21,6	22,5	23,4	34,8	25,0	26,9	19,8	23,0	21,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,6	18,1	0,1	6,0	7,6	6,8	5,4	11,0	3,6	9,8	6,8	7,1	8,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,7	5,7	0,1	1,3	5,3	5,0	2,9	6,5	2,4	5,7	4,7	5,3	6,4
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,5	3,2	222,0	5,9	4,8	5,6	7,4	5,4	11,8	4,6	4,9	5,5	4,3
Eléments figurés													
sulfates (gypse)								V <sub>Gy</sub> +++					
carbonates								V <sub>Ca</sub> +++					+
oxydes de Mn	+				+	C <sub>Mn</sub> +++	+	V <sub>Mn</sub> +++	+++	+	+		
oxydes de Fe				BP's		C <sub>Fer</sub> +++							
Argiles		kaolinite				S-Chlorite		Smectites		S 40% - K S - Illite		S 60% - K S - Illite	

+++ : présence abondante dans l'horizon désigné (V<sub>Gy</sub>, C<sub>Mg</sub>, etc...); + : faible présence  
S 60% - K : l'argile dominante est un interstratifié Smectite - Kaolinite à 60% de smectites.

Les sols reposent sur un lit de galets siliceux enrobés dans une matrice argileuse. L'épaisseur des matériaux argileux meubles atteint 4 m au niveau de la terrasse non remaniée ; elle n'est que d'un mètre au niveau des petites dépressions. *On peut ainsi distinguer de façon très nette les deux morphologies de dépôts* - épais des surfaces planes, ou moins épais des dépressions issues d'un possible remaniement.

*Les caractères généraux communs* à ces deux formations très argileuses sont les **caractères vertiques** nets qui apparaissent vers 60 cm de profondeur et un appauvrissement en argiles des horizons humifères de surface sur une dizaine de centimètres environ, marqués par leur couleur grise. En profondeur, les horizons adoptent une couleur beige (10YR 4/4 à 2,5 Y 6/4) et montrent la morphologie classique des autres sols vertiques (Cf : séquence de Tiaré ou de La Tamoá).

*Les caractères distinctifs* de ces deux formations sont liés à la présence ou à l'absence d'éléments figurés. Dans les petites dépressions remaniées, le sol manifeste des signes évidents d'une hydromorphie temporaire : l'appauvrissement de l'horizon de surface est très net, avec une accumulation importante de concrétions ferromanganésifères centimétriques. Les DRX de la fraction argileuse de l'horizon vertique montrent la présence d'un interstratifié irrégulier smectite-kaolinite et d'un interstratifié illite-smectite à 40% de smectites. Un horizon sablo-argileux massif très cohérent bariolé mais sans aucune accumulation de gypse ou de carbonates apparaît à partir de 90 cm, jusqu'au lit de galets à 135 cm. Par contre, dans les zones planes, les horizons vertiques sont constitués en majeure partie de smectites et contiennent, à partir de 90 cm de profondeur, une **abondante quantité de cristaux lenticulaires de gypse**, de taille centimétrique. Ces formations caractéristiques de toute l'étendue de cette terrasse alluviale, se retrouvent même en amont de la barre siliceuse, à une altitude absolue supérieure à +30 m. La morphologie générale de ces niveaux s'accorde parfaitement à celle déjà décrite dans les séquences Tiaré ou de la Tamoá. On retrouve le *niveau à oxydes de manganèse*, marquant le toit d'une ancienne nappe. Dans la partie amont de la terrasse, il apparaît sous forme diffuse, en ponctuations et en dendrites, tandis que dans les parties les plus planes en aval de la séquence, il forme une couche indurée, épaisse 10 cm, entre 1,50 m et 2,00 m de profondeur. Sous ce niveau, les cristallisations de gypse, plus rares, apparaissent localement en agglomérats sphéroïdes. *Les niveaux carbonatés* se développent à une profondeur parfois supérieure à 2,00 m. Dans la partie amont du bassin versant, les carbonates se manifestent généralement sous la forme de taches diffuses ou de petits amas pulvérulents ; à l'aval, ils peuvent prendre l'aspect d'une véritable croûte qui peut se retrouver dégagée par l'érosion en bord de mer.

Les caractéristiques analytiques des sols de cette terrasse sont tout à fait identiques aux sols dérivant directement de grauwackes, affleurant dans la bordure sud et est du bassin versant. Les horizons de surface, de teinte grise, sont nettement appauvris en argile. Le pH des horizons vertiques est extrêmement bas (parfois inférieur à 4,5) et le complexe d'échange des horizons non gypseux n'est saturé qu'à 80-90% ; il est dominé par le magnésium (40% des cations) et le sodium échangeable (Na/T) atteint parfois 25% de la capacité d'échange. Ces arguments avaient permis de classer ces sols parmi les vertisols acides et sodiques (PODWOJEWSKI, 1988). La capacité d'échange est un peu plus faible dans les zones en dépression peut-être en raison d'une granulométrie plus sableuse. Le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  est supérieur à 4 et voisin de 5 dans tous les horizons vertiques.

Alors que le passage de la haute terrasse à la terrasse moyenne est progressif, la **terrasse alluviale récente** se distingue de la terrasse moyenne par une dénivelée plus brutale de 1,00 m à 1,50 m. Ne faisant en moyenne qu'une dizaine de mètres de large, ce niveau de terrasse surmonte le lit vif de la rivière de quatre mètres environ. Les sols de type *peu évolué d'apport alluvial* (ou fluvisol typique - RPF) sont profonds et peu différenciés. Régulièrement recouverte à chaque cyclone, cette terrasse subit à la fois un phénomène érosif dans les parties convexes des méandres et des dépôts dans les parties concaves. Les pics d'argiles des DRX montrent des traces d'interstratifiés illite-smectite,

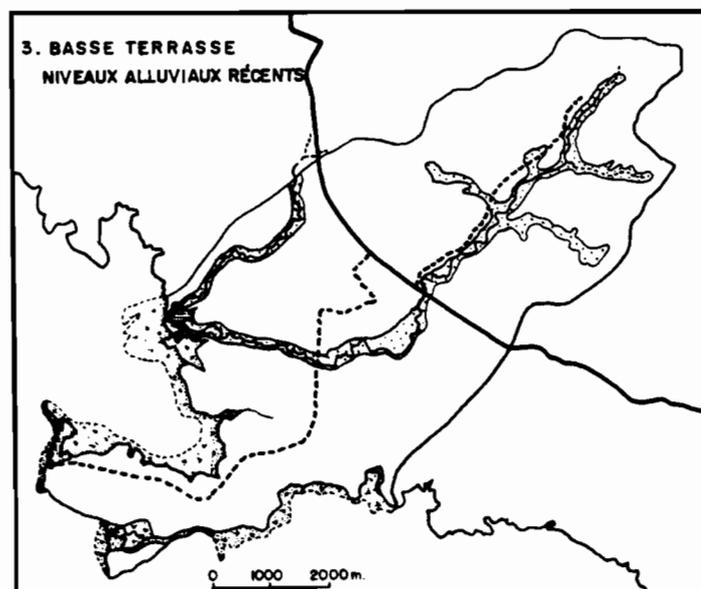
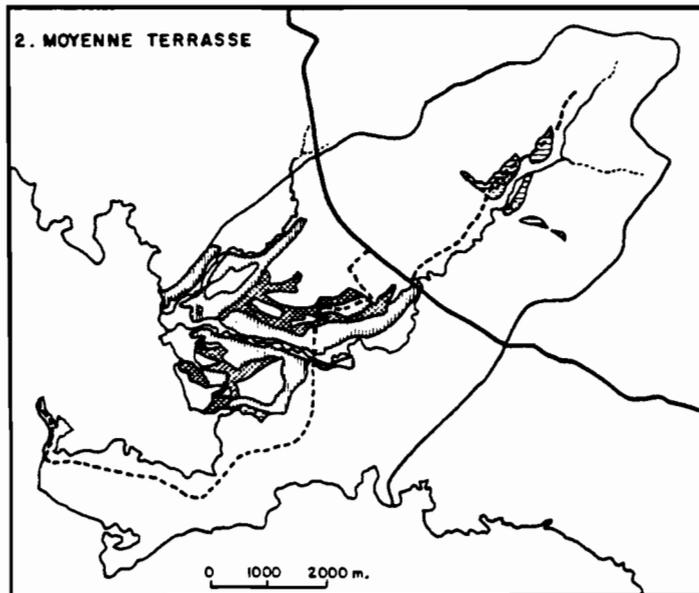
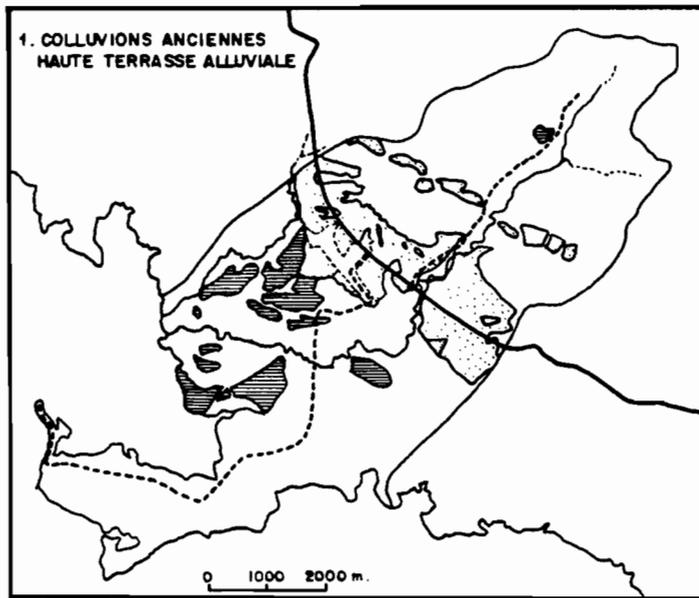


Figure 60 : Cartes des formations superficielles de la Oua-Tom

## Légende de la figure 60 : Cartes des formations superficielles de la Oua-Tom

### 1- COLLUVIONS ANCIENNES - HAUTE TERRASSE ALLUVIALE

- U 1  LUVISOL à PLANOSOL sur colluvions anciennes dérivant de pélites siliceuses et de phanites  
*U1 passe à U2 d'amont en aval*
- ↓
- U 2  PODZOL humo-ferrugineux se formant à partir de l'horizon éluvié du luvisol sur pélites siliceuses et phanites
- U 3  VERTISOL acide et sodique à SOLONETZ solodisé sur colluvions-alluvions anciennes. Infrasol à éléments siliceux peu cimenté dans la partie amont, très cimenté respectivement à ciment siliceux, manganique puis ferrugineux dans sa partie aval. \*

### 2 - MOYENNE TERRASSE

- U 4  *Unité en amont du bassin versant*  
BRUNISOL vertique peu épais, parfois hydromorphe sur alluvions anciennes
- Unités surtout représentées en aval du bassin versant*
- U 5  VERTISOL A GYPSE sur alluvions anciennes ; niveau de MnO<sub>2</sub> de 15 cm d'épaisseur maximale, discontinu en amont, continu et induré en aval ; en profondeur : niveau à CaCO<sub>3</sub> pouvant dépasser un mètre d'épaisseur, discontinu en amont, continu et induré en aval.  
*U5 passe à U6 en bord de mer*
- ↓
- U 6  VERTISOL peu épais sur croûte calcaire dure
- U 7  VERTISOL acide et sodique, légèrement lessivé en surface, sur alluvions sableuses hydromorphes

### 3 - BASSE TERRASSE - NIVEAUX ALLUVIAUX RECENTS

- U 8  FLUVISOL leptique en amont, pachyque en aval
- U 9  FLUVISOL salé et hydromorphe - Estuaire de la Oua-Tom
- U 10  SULFATO-SOL - mangrove et tanne
- U 11  ARENOSOL carbonaté sur sable marin corallien

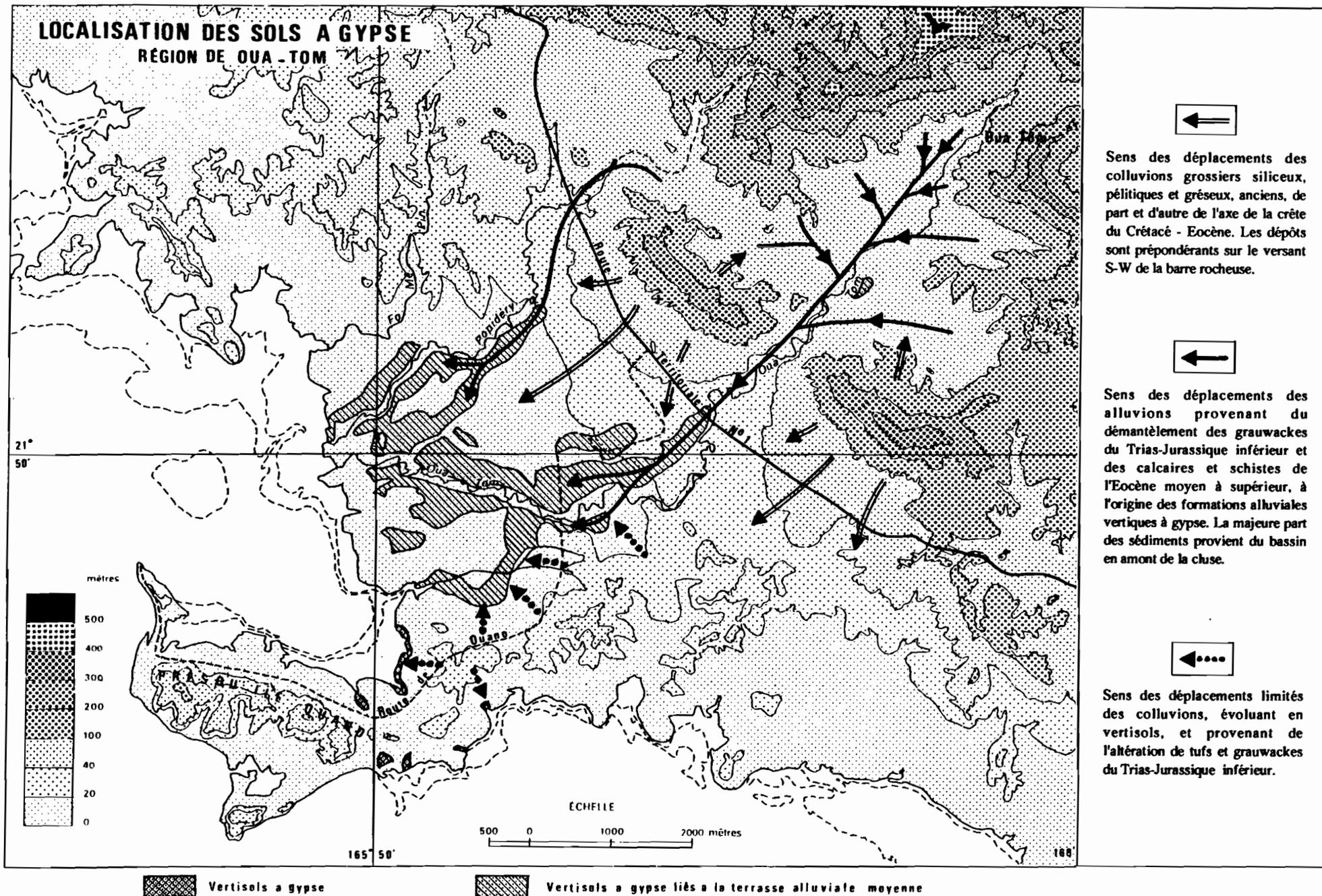


Figure 61 : Mouvements donnant naissance aux colluvions et aux alluvions de la Oua-Tom

mais surtout des interstratifiés illite-smectite à 60% de smectites. L'illite est vraisemblablement héritée et proviendrait de l'érosion d'anciens sols sur grauwackes et pélites siliceuses. Les pics d'argile sont plus grands et moins étalés dans l'infersol, les néoformations d'argile ont pu s'opérer dans un laps de temps supérieur aux néoformations dans l'apexol, ce dernier étant souvent remanié ou rajeuni.

D'une texture très équilibrée, ces sols ne présentent que de rares éléments figurés sous la forme de ponctuations carbonatées à une profondeur supérieure à 1,00 m. Parmi les caractéristiques analytiques les plus marquantes, on peut noter une augmentation régulière du pH de la surface (5,8) vers la profondeur (8,5), des cations échangeables dominés par le calcium ( $\text{Ca}^{++}/\text{Mg}^{++}$  supérieur à 1,5) et une augmentation sensible des sels solubles et de  $\text{Na}^+$  échangeable en profondeur. A l'analyse triacide, le rapport  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  est supérieur à 4 et le taux de résidus insolubles est assez élevé.

### 2.123 - Les formations quaternaires et subactuelles

Ces formations sont localisées à l'embouchure de la Oua-Tom et le long de la côte. Elles se composent de trois formations distinctes:

- les sols hydromorphes de l'embouchure de la Oua-Tom,
- les sols de type rendzine sur la plage surélevée de Ouano à une altitude de +1,50 m dérivant de la transgression flandrienne (BALTZER, 1970),
- les sols sulfatés acides de la mangrove et de l'arrière mangrove (tanne), qui se développent sur des alluvions fluvio-marines très fines, dans la zone située sous le vent des collines de la presqu'île de Ouano (BALTZER, 1965).

## 2. 13 - Datation relative des épisodes géomorphologiques

L'installation des formations superficielles dans le bassin de la Oua-Tom s'établit en 4 épisodes majeurs (Fig. 60 et 61).

Durant le **premier épisode** (Fig. 61) s'opère le démantèlement de la crête siliceuse du Crétacé-Eocène. De part et d'autre de cette crête, ce démantèlement aboutit à la formation d'une pédiplaine (Fig. 60.1). Ce niveau d'aplanissement peut être rattaché aux surfaces des piémonts anciens datés du Miocène au Pliocène ou du Plio-Quaternaire (ILTIS, 1989).

Le **deuxième épisode** correspond au dépôt d'une terrasse alluviale recouvrant toute la partie aval de la pédiplaine (Fig. 60.1) . L'origine des matériaux fins déposés est probablement à rechercher dans le démantèlement des pélites et grauwackes situées à la base de la crête siliceuse. Ce second épisode pourrait se rattacher au Pléistocène Inférieur.

Le **troisième épisode** (Fig. 61) a laissé la plus grande empreinte dans le paysage : les grauwackes, situés en amont de la barre siliceuse, et bien plus altérables que les phtanites et pélites composant la barre, ont libéré des matériaux d'altération lesquels se sont étalés dans la plaine alluviale par l'intermédiaire du "creek" Oua-Tom qui a percé une cluse au travers de la formation siliceuse. L'érosion différentielle a donné naissance à un petit bassin intérieur. A ces matériaux alluviaux originaires de l'amont, se joignent les apports latéraux dus au démantèlement des collines de tufs et de grauwackes bordant la partie sud et est du bassin versant et de quelques buttes témoins. Ces matériaux sont tout à fait identiques à ceux de la terrasse alluviale moyenne et s'organisent comme les apports colluvio-alluviaux déjà observés dans la région de Tiaré (Cf § I - 2). Ce remblaiement général est parcouru par des chenaux secondaires retardant l'accumulation des dépôts fins dans ces petites dépressions. Ces accumulations ont ensuite évolué en vertisols, dont les plus épais contiennent d'abondantes cristallisations de gypse. Ce niveau se serait mis en place entre le Pléistocène moyen et le Pléistocène supérieur (Fig. 60.2).

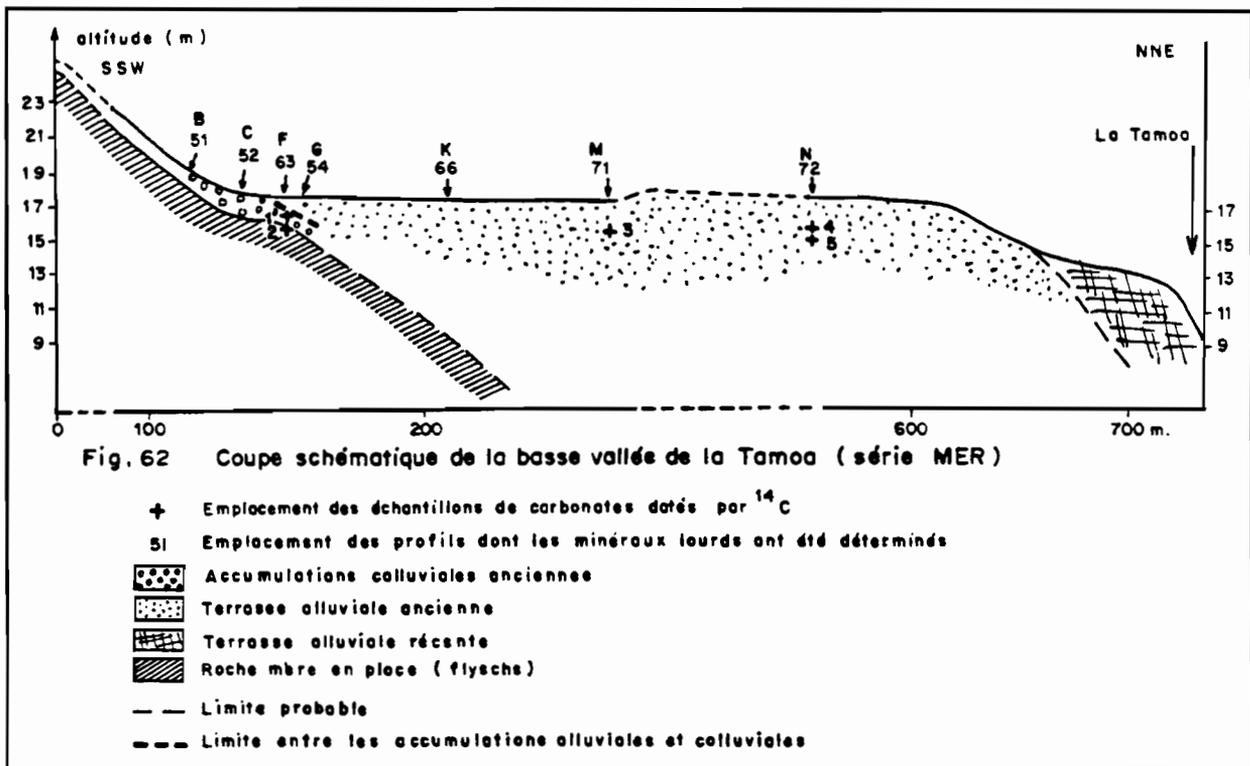
Pendant ce temps, les petits affleurements de grauwackes au pied de la crête, qui n'ont pas été recouverts par l'épandage colluvial lors de la constitution du glacis, ont pu poursuivre leur évolution pédologique vers des sols acides, profonds et faiblement lessivés.

Enfin, le **quatrième et dernier épisode** achève le façonnement géomorphologique de la plaine alluviale. La terrasse moyenne est creusée et la terrasse récente se met en place vraisemblablement durant la transgression flandrienne. Durant la phase régressive qui la suit, on assiste à l'émergence de la plage de Ouano et au développement de la mangrove en avant d'un tanne (Fig. 60.3).

Durant cette période, les sols ont continué à évoluer. Les sols fersiallitiques sur colluvions continuent à se lessiver ; lorsque l'horizon lessivé est suffisamment épais, dans les zones à fort drainage latéral, une podzolisation se met en place. Les horizons de surface des sols vertiques s'appauvrissent en argile ; ce phénomène est accentué sur les vertisols de la terrasse ancienne et dans les dépressions de la terrasse moyenne où parfois l'eau a tendance à s'accumuler. Les sels, contenus dans ces sols vertiques, sont lixiviés. Ce phénomène est par ailleurs également observable à une échelle plus faible sur les sols peu évolués d'apport.

## 2.2 - LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA BASSE PLAINÉ DE LA TAMOA

Contrairement au cas précédent, on n'observe que deux niveaux de terrasses dans la basse vallée de la Tamoá : une terrasse récente à 13,00 m et une terrasse moyenne à 18 m (Fig. 62) (séquence MER décrite § 4 -2.2).



Ce fait confirme les observations d'ILTIS (1989) qui constate que l'étagement des terrasses s'amenuise du Nord vers le Sud, car c'est dans le Nord que l'accident ouest calédonien a le plus joué. Ainsi, les trois terrasses de la Iouanga (Kaala Gomen, nord du territoire), ont-elles des étagements très nets de parfois plus d'une dizaine de mètres alors que dans la Oua-Tom, ces étagements sont de l'ordre du mètre.

Comme dans le cas de la Oua-Tom, la terrasse moyenne est composée de vertisols, et cette surface a été parcourue de chenaux où les sols vertiques peu épais reposent sur un lit de sables et de graviers. Comme à Tiaré, les vertisols à gypse occupent le piémont des buttes de flyschs ou de basaltes, lorsque la rupture de pente est progressive, et se poursuivent au sein de la terrasse alluviale moyenne, comme à Oua-Tom. Les gypses disparaissent lorsque les vertisols deviennent de plus en plus magnésiens.

Dans le cas du bassin de la Tamoia, les colluvions calcimagnésiennes provenant des flyschs et des basaltes semblent se mêler aux alluvions hypermagnésiennes constituant la terrasse moyenne et issues de l'altération de serpentinites et de péridotites. Le passage chimique de l'un à l'autre est progressif (§ 4 -2.2). Cette progression est-elle due à la contemporanéité des dépôts ou à une homogénéisation ultérieure ? Pour résoudre ce problème, deux techniques ont été utilisées : l'étude des minéraux lourds présents dans la séquence, en particulier dans la zone de raccordement colluvions alluvions, et la datation radiométrique des différentes formes de carbonates (volumes pulvérulents, concrétions, croûte continue, ...) dans les différents types de sols.

## 2.21 - Datation relative des colluvions et alluvions de la basse plaine de la Tamoia

Trois grands groupes de minéraux ont pu être recensés (Tab. XXXII et XXXIII) :

- des minéraux typiques des péridotites : l'enstatite (orthopyroxène) et la chromite généralement abondante dans ces péridotites ;
- des minéraux généralement associés au basalte : l'augite (clinopyroxène), la hornblende, auxquels on peut également ajouter l'épidote qui est un minéral calcique ;
- des minéraux généralement plus ubiquistes caractéristiques des formations détritiques comme la tourmaline, le zircon et la barytine. Ces minéraux proviennent certainement de l'altération des formations à charbon du Sénonien (roches détritiques d'origine terrigène), qui composent les collines basses au pied des massifs de péridotites. Actuellement ces formations seraient les plus sensibles à une érosion mécanique (DANLOUX, 1987b).

Avant toute interprétation, on peut d'ores-et-déjà opposer deux pôles, l'un situé sur la pente de la butte constitué de basalte et/ou de flyschs, l'autre situé à l'extrémité de la terrasse alluviale dont l'origine ultrabasique ne peut être contestée. Ainsi, dans le profil MER 51, dans un sol brun sur la pente de la butte, le pourcentage de minéraux lourds dans l'horizon meuble est dominé à plus de 50% par l'augite, puis viennent à égalité la hornblende, l'épidote et aussi l'enstatite. Dans l'altérite, seule l'augite apparaît. Dans le profil MER 52, sol vertique plus en aval, la proportion d'augite reste prépondérante avec toutefois des teneurs en enstatite assez élevées.

La présence d'enstatite dans les sols formés à partir de flyschs pose problème car elle caractérise plutôt les formations ultrabasiques que les basaltes, et ne devrait donc pas apparaître dans les flyschs remaniant des basaltes. La raison de cette présence pourrait être la suivante : la formation transgressive de l'Eocène - les flyschs - recouvre la formation des basaltes qui ne peut donc pas être une source de produits détritiques (PARIS, 1981 § p120). L'alimentation en produits essentiellement basiques (basalte, dolérites, gabbros) et accessoirement ultrabasiques indiquerait l'existence d'une source située dans la partie supérieure de la nappe d'ophiolites au moment de sa mise en place. Ce processus expliquerait l'absence généralisée en Nouvelle Calédonie des termes supérieurs de l'ophiolite. La présence de produits de remaniement d'origine ultrabasique a été observée dans le flysch de Bourail et PARIS avait évoqué la probabilité de leur présence plus au sud, dans le flysch de Nouméa (PARIS et al., 1979). Cette hypothèse semble ainsi se confirmer par la présence de minéraux résiduels de type enstatite dans les formations de flyschs. Rappelons

Tableau XXXII : Minéraux lourds dans la séquence de la basse vallée de la Tarnoia

	HZ	EN	CR	AU	HO	EP	MO	GR	MU	TO	ZR	RU	AN	BR	BA	??	AL	GLOBAL	RA	%PO		
51.1	12			57	10	10											11	59	59	6,00		
3	10			56	11	8					+						9	61	61	3,12		
5	+			94	2						6						4	13	13	0,19		
52.1	1			48	11	15					++							437	94	1,78		
2	27			55	4	12					6							179	66	0,78		
3	67			18		15					+							148	84	2,14		
4	4			9	9				4		9	4						148	97	0,88		
5	29			9	9	2				2	20							134	94	0,55		
6	3			69	3	21					2							1583	80	0,73		
63.1	85			+							15							206	98	2,42		
2	++			tr							+	+						13	98	1,86		
3	70			9	18						2							75	99	1,12		
4	18			13	4	+				4	23			4			9	191	99	1,86		
5	9		3	3						3	3							2405	94	1,35		
6			3			3				6	22	8						164	99	0,96		
7	4			4	4	12	8			4	18			1	45			77	98	0,94		
8	1						12				26	12		12	37			45	99	1,11		
9	2			39	11	32	+			2	14							157	96	1,22		
10	26			24		24					+	+			3			72	83	0,74		
11	2			68	1	25	1	+			3							1656	80	1,72		
12				94	+	4											2	20594	19	4,06		
54.1	78			+	11						11							318	98	2,35		
2	60																40	159	99	2,26		
3	13			5							8	4					70	1283	97	2,33		
4	34				15						15	9						263	97	2,27		
5	25										25							50	115	99	1,98	
6	18				16	16					16							34	66	99	0,94	
7	78			22														+	708	92	2,02	
8	51	5		31	4	4					3							2	1878	85	0,85	
9	93	3		2	+						2							+	7465	76	4,97	
10	78	3		9	2	+					2							6	4110	78	5,00	
11	23			56	6	8					1							6	13592	70	5,04	
12	4			77	3	4												12	11793	30	4,97	
66.1	86					9					4	1							4141	86	1,90	
2	86			6						2	6								492	91	2,05	
3	81	3		3	1	9				2		1							409	91	1,76	
4	57									3	3	7	2					16	861	89	2,10	
5	62	3			4													31	435	82	2,89	
6	8	2					3				4				2			79	2039	81	6,27	
7	65	24		1	1	4												5	6148	67	1,65	
8	57	14			6	1					1							22	4965	76	3,25	
9	77	3			6	1					2				12				9883	48	2,03	
71.1	97				3														11800	80	16,93	
2	95				3						2								41260	91	18,85	
3	95				5	+													15072	82	13,61	
4	98			+	+	+												+	159232	43	26,32	
5	89				+	+												11	185422	37	25,05	
72.1	85	3			2														14641	85	15,98	
2	94			+	3	3					5								14038	91	16,07	
3	95																		+	12275	99	18,23
4	87				9													4	26298	91	15,24	
5	93				2	1												4	14369	79	16,88	
6	81				4	1												13	74885	39	15,33	
7	75				1													24	68439	40	15,83	
8	76				2													21	76471	37	17,21	
9	85	1																14	35944	46	11,94	

MER 51 et 52 : Brunisols - MER 63 et 54 : Vertisols calcimagnésiens à gypse  
 MER 66 : Vertisol magnésien - MER 71 et 72 : Vertisols hypermagnésiens.

HZ : Horizon  
 Les nombres représentent les pourcentages numériques des minéraux lourds présentés ci-dessous  
 EN : Enstatite CR : Chromite AU : Augite HO : Hornblende  
 EP : Epidote MO : Monazite GR : Grenat MU : Muscovite  
 TO : Tourmaline ZR : Zircon RU : Rutile AN : Anatase  
 BR : Brookite BA : Barytine ?? minéraux non identifiés AL : Altérés  
 GLOBAL : nombre de grains/ 1g de sable  
 RA : Rapport : % (opaques/ opaques + transparents)  
 % PO : Pourcentage pondéral de minéraux lourds / 100g de sable

également que la présence d'enstatite, est constatée dans les sols sur calcaires de l'îlot Leprédour (Cf § 3 -3.1).

A l'opposé, au milieu de la terrasse alluviale, dans les profils MER 71 et 72 constitués de vertisols hypermagnésiens, l'enstatite, orthopyroxène caractéristique des péridotites, représente plus de 80% des minéraux lourds. Le pourcentage pondéral des minéraux lourds pour 100 g de sable est élevé (> 15%). On peut noter qu'à partir d'un mètre de profondeur, le pourcentage de minéraux opaques diminue brusquement au profit des minéraux translucides. Cet indicateur ne traduit peut-être qu'une limite géologique entre deux strates différentes. Mais cette limite peut également être pédologique et indiquer la limite d'altérabilité des minéraux primaires. Dans le profil MER 71, la granulométrie très sableuse des horizons profonds se répercute sur la quantité de minéraux lourds présents dans la fraction sableuse, qui augmente brutalement de 15 à 25%, confirmant ainsi la position de ce profil sur un probable ancien chenal de la Tamoa au moment de la mise en place de cette terrasse alluviale. Lorsque l'on se rapproche de la butte de flyschs, dans le profil MER 66 qui est un vertisol magnésien, l'enstatite est toujours largement dominante, mais on note des proportions d'augite, de hornblende et d'épidote plus fortes qu'au milieu de la terrasse alluviale, avec également des traces de zircon et de tourmaline.

Dans la zone de raccordement entre la butte et la terrasse alluviale, les profils MER 54 et 63 constitués de vertisols à gypse profonds montrent une dichotomie nette dans la répartition des minéraux lourds, qui n'était pas décelable à l'analyse chimique classique. La partie inférieure du profil se rattache à une origine de type basaltique avec augite, épidote et l'enstatite. La partie supérieure du profil est largement dominée par l'enstatite avec des traces de zircon. Pour le profil MER 63, le plus en amont, on peut déceler une zone intermédiaire assez riche en minéraux détritiques comme le zircon, la tourmaline et la barytine caractérisant plutôt les formations à charbon.

En résumé (Tab XXXIII), les profils MER 63 et 54 assurant le raccordement entre la partie colluviale dérivant du flysch et la partie alluviale dérivant des péridotites et/ou des formations à charbons indiquent que **la phase alluviale recouvre la phase colluviale dans cette zone de raccordement et lui serait donc postérieure.**

Tableau XXXIII : Origine probable des associations de minéraux lourds dans la séquence de la Tamoa.

PROFIL	PRINCIPAUX MINERAUX	ORIGINE PROBABLE
AMONT 51	AUGITE + Enstatite + Hornblende + Epidote	Flysch
52	AUGITE + ENSTATITE + Epidote + Barytine + Hornblende	Flysch
63 sup	ENSTATITE + Zircon + Hornblende	Péridotites
moy	BARYTINE + ZIRCON + Tourmaline + Epidote + Enstatite + divers	Formation à charbons
inf	AUGITE + Enstatite + Epidote + Zircon	Flyschs
54 sup	ENSTATITE + Zircon	Péridotites
inf	AUGITE + ENSTATITE + Hornblende + Epidote	Flyschs
66	ENSTATITE + Chromite + Hornblende + Zircon	Péridotites
71	ENSTATITE + Hornblende	Péridotites
AVAL 72	ENSTATITE + Hornblende	Péridotites

## 2.22 - Datation radiométrique des carbonates de plaine de la Tamoa

Le nombre total de datations étant très faible, le support sur lequel l'analyse a été effectuée contestable, ces résultats pourraient être mis en doute s'ils ne s'intégraient pas de façon très logique dans la reconstitution du paysage géomorphologique. Cette constatation peut également se rapporter aux autres datations radiométriques de la baie de St Vincent.

TABLEAU XXXIV : Datations radiométriques de néoformations carbonatées sur la Grande Terre, classées de la plus ancienne à la plus récente.

N°	Age	nature des carbonates	emplacement géographique	localisation géographique	auteur
D1	> 30 000	bulimes	brèche de pente sur éolianites	île Isié, baie de St Vincent	Coudray
D2 2	28 710 +1930 -1560	nodules Ca-Mg	vertisol calci-magnésien sur colluvions de flyschs	basse vallée de la Tamoá	Podwojewski
D3 1	26 740 +2080 -1660	nodules Ca-Mg	vertisol calci-magnésien sur colluvions de flyschs	basse vallée de la Tamoá	Podwojewski
D4	26 680 ± 1500	nodules Mg	vertisol hypermagnésien sur haute terrasse alluviale	vallée de la Taom	Latham
D5	24 170 ± 1200	nodules Mg	vertisol hypermagnésien sur haute terrasse alluviale	vallée de la Taom	Latham
D6	22 075 ± 300	nodules Mg	vertisol hypermagnésien sur haute terrasse alluviale	vallée de la Muonio	Latham
D7	22 000 ± 800	bulimes	brèche de pente sur éolianites	île Hugon, baie de St Vincent	Baltzer & Dugas
D8	20 400 ± 800	nodules Mg	vertisol hypermagnésien sur colluvions de roches ultra-basiques	plaine des Gaïacs	Latham
D9	19 980	rhizo-concrétions Ca	vertisol calci-magnésien sur terrasse moyenne	vallée de la Iouanga	Iltis
D10	19 600 ± 250	nodules Mg	vertisol hypermagnésien sur colluvions de roches ultra-basiques	séquence d'aval du Boulinda	Latham
D11	18 000 ± 225	bulimes	brèche de pente sur éolianites	île N'Dukué, baie de St Vincent	Baltzer & Dugas
D12 5	17690 +950 -850	nodules Mg	vertisol magnésien sur haute terrasse alluviale	basse vallée de la Tamoá	Podwojewski
D13	15 710 +610 -570	croûte calcaire Ca	versant sur colline de grauwacke	île Leprédour	Podwojewski
D14	15 370 +690 -640	croûte calcaire Ca	versant sur colline de basalte	Beaupré, Poya	Podwojewski
D15	6 550 ± 100	bulimes	brèche d'altération de croûte calcaire sur éolianites	île Hugon, baie de St Vincent	Baltzer & Dugas
D16 3	5 390 +180 -170	volumes Mg-Ca pulvérulents	vertisol magnésien sur haute terrasse alluviale	basse vallée de la Tamoá	Podwojewski
D17 4	4 150 +340 -330	volumes Mg-Ca	vertisol magnésien sur haute terrasse alluviale	basse vallée de la Tamoá	Podwojewski
D18	930 +170 -160	nodules Ca	vertisol calcique dans une doline fonctionnelle	île Leprédour	Podwojewski

Cinq datations au  $^{14}\text{C}$  ont été réalisées à partir d'accumulations carbonatées, dans les sols de la séquence de la Tamoia (Fig. 62, Tab. XXXIV). Les âges mesurés se dispersent en trois groupes de résultats distincts.

- Le premier groupe concerne deux échantillons : l'échantillon n°1 (D3), daté 26 740 B.P. et le n°2, daté 28 660 B.P.(D2). Ces échantillons sont constitués de nodules et de granules de carbonate de calcium, localisés dans les vertisols calcimagnésiens dérivant de colluvions de flyschs, pour les profils MER 63 et 54 à l'aval du glaciaire colluvial.

Les deux autres groupes sont localisés dans la plaine alluviale.

- Des nodules arrondis et très durs de carbonate de magnésium dans le profil MER 72 constituent le deuxième groupe, et sont datés 17 690 B.P. (n° 5 - D12).

- Le troisième groupe est formé de volumes pulvérulents de carbonates de calcium et magnésium prélevés dans les profils MER 71 et 72 sont datés respectivement 5390 (n°3 - D16) et 4150 B.P. (n° 4 - D17).

Ces datations confirment l'antériorité des formations colluviales sur les formations alluviales, déjà relevée lors de l'examen des minéraux lourds : les carbonates présents dans les vertisols sur colluvions étant plus anciens que ceux des vertisols sur alluvions. D'autre part, les trois groupes de datations peuvent se rattacher aux trois épisodes géomorphologiques successifs ayant marqué cette plaine alluviale : l'établissement du glaciaire colluvial, l'établissement de la plaine alluviale ancienne, suivie de l'établissement de la plaine alluviale récente.

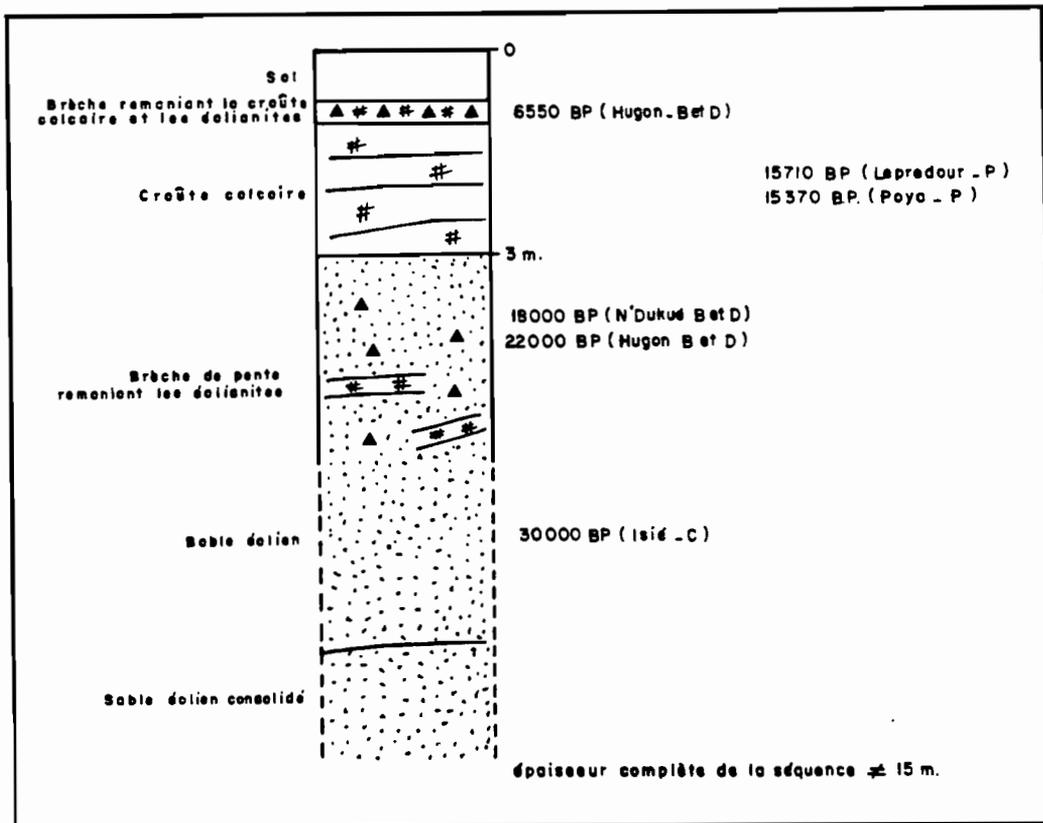
## 2.3 - AUTRES DATATIONS RADIOMÉTRIQUES

Les datations absolues effectuées sur la Grande Terre sont très peu nombreuses en comparaison des nombreuses datations de récifs coralliens ou de sédiments marins, eu égard à la très faible quantité de matériaux terrigènes datables dans les formations superficielles terrestres du quaternaire récent. En l'absence de tout sédiment organique ancien, seules des accumulations carbonatées néoformées ou d'origine animale (tests de gastéropodes) sont datables. Tous les résultats des datations sont exposés et classés en fonction de leur âge dans le tableau XXXIV.

### 2.31 - Résultats concernant le site de la Baie de St Vincent

Avant de discuter les principaux résultats analytiques terrestres et marins, en regard des grandes fluctuations morpho-climatiques du Quaternaire, on peut déjà tirer un premier enseignement concernant l'étude du site de la baie de St Vincent, qui complète celui de la basse vallée de La Tamoia.

Des bulimes, gastéropodes du genre *Placostylus sp.*, ont été datés par BALTZER et DUGAS (1977), sur les îles Hugon et N'Dukué dans la Baie de St Vincent, à proximité de l'île Leprédour (Fig. 59). Ces tests ont été prélevés dans deux niveaux différents de formations carbonatées d'éolianites. Les échantillons provenant d'une brèche de pente remaniant les éléments bien stratifiés de l'éolianite et situés sous un niveau de coûte calcaire sont datés  $22\ 000 \pm 800$  B.P. (D9) sur l'île Hugon et  $18\ 000 \pm 225$  B.P. (D8) sur l'îlot N'Dukué. Sur l'île Hugon, un test situé au-dessus du niveau principal à croûte calcaire dans une brèche remaniant des éléments de celle-ci, a été daté  $6550 \pm 100$  B.P. (D15). Or la croûte calcaire n'avait pas été datée car les auteurs pensaient que les résultats auraient été trop hétérogènes (com. pers. de BALTZER).



C = COUDRAY, 1975 ; B et D. = BALTZER et DUGAS, 1977 ; P = PODWOJEWSKI

Figure 63 : Datation des différents épisodes ayant affecté les éolianites reportées sur une coupe schématique des éolianites de l'île Hugon (d'après BALTZER et DUGAS, 1977).

La datation de la croûte a été effectuée dans deux endroits très distants :

- Le premier échantillon a été prélevé sur le versant nord de l'île Leprédour, très voisine de l'île Hugon, dans la croûte calcaire sur grauwacke du profil LEP 31, au tiers inférieur de la pente. Cette croûte provient de la dissolution des calcaires éocènes sommitaux et de leur redéposition dans le tiers inférieur de la pente. Cet échantillon est daté 15 710 B.P. (D13).

- Le second échantillon a été prélevé sur une croûte calcaire localisée sur les versants des collines arrondies de basalte, dans la région de Beaupré (Poya), à près de 100 km plus au NW. L'âge mesuré est de 15 370 B.P. (D14).

Ces datations très proches, provenant pourtant de deux sites très éloignés l'un de l'autre, peuvent donc se transposer aux croûtes calcaires sur les éolianites, d'autant plus que les âges s'intercalent entre ceux des bulimes situés au-dessus et au-dessous de cette croûte.

Le dernier échantillon daté est un nodule carbonaté (poupée calcaire) qui provient d'un vertisol calcique (profil LEP 6) au sein de la doline sommitale de l'île Leprédour. L'âge mesuré est de 930 B.P. (D18) confirmant l'évolution toujours actuelle de ce sol.

### 2.32 - Corrélations entre datations terrestres et épisodes marins

Alors que la limite Pliocène - Pléistocène date de 1 800 000 années, les seules datations absolues possibles au  $^{14}\text{C}$  d'objets terrestres (matière organique, ou néoformations carbonatées) portent sur une durée maximale de 30 000 ans, car au-delà, la méthode comporte une incertitude trop grande. Les événements intenses les plus récents sont souvent très brefs, mais laissent une empreinte maximale dans le paysage. La remontée dans le temps se traduit souvent par une perte d'information, aussi nous focaliserons notre attention sur la partie la plus récente du Pléistocène.

Les épisodes climatiques majeurs ayant affecté la terre durant le Quaternaire sont les grandes glaciations. Leur répercussion s'est traduite en Nouvelle Calédonie par un abaissement du niveau de la mer, provoquant une émergence du récif corallien, et interrompant l'édification du récif barrière (COUDRAY, 1977). A ces phénomènes majeurs touchant le milieu marin ou côtier, il est parfois difficile de faire correspondre les événements ayant affecté les formations superficielles terrestres.

Pour mieux comprendre les phénomènes ayant touché les formations superficielles terrestres de la Grande Terre, il convient d'élargir notre champ d'étude à un ensemble régional beaucoup plus vaste. Les phénomènes climatiques ayant affecté la Nouvelle Calédonie durant le Quaternaire peuvent aisément être reliés aux événements qu'a subis la région du NE de l'Australie dans le Nord du Queensland et qui offre des sites d'étude très favorables. Cette région se situe, en effet, à la même latitude que la Nouvelle Calédonie, mais 1500 km plus à l'Est. Les conditions climatiques sont très semblables à celles de la Grande Terre : une bordure côtière étroite soumise aux vents alizés du SE et une pluviométrie forte de 2500 mm/an, une chaîne de montagnes orientée NW - SE parallèlement à la côte, ne dépassant guère 1500 m d'altitude et, sous le vent de laquelle, s'étalent des plaines alluviales donnant sur le grand bassin artésien du centre australien ou dans le golfe de Carpentarie. Sur ce versant SW, la pluviométrie est inférieure ou égale à 1000 mm/an.

L'enregistrement climatique le plus important a été réalisé par KERSHAW (1974) qui a étudié et daté des sédiments organiques dans des lacs de cratère sur la plateaux d'Atherton situé dans la chaîne montagneuse entre Cairns et Townsville au NE du Queensland par 17° de latitude Sud, la Nouvelle Calédonie se situant entre 20 et 22°S. Les datations, couplées à une étude palynologique, font état des changements intervenus dans la végétation bordant le lac (Fig. 64). L'interprétation des fréquences de pollens des différents taxons représentatifs d'un type d'association végétale (taxons sclérophylles, angiospermes de forêt humide, gymnospermes de forêt humide etc...) a permis d'établir une courbe de pluviométrie (Fig. 65) concernant les 120 000 dernières années. Les fluctuations pluviométriques concordent avec les études palynologiques menées par VAN den KAARS (1991) sur des carottes de roches sédimentaires marines au SE de l'archipel indonésien, en bordure du continent australien. Cette courbe s'accorde avec la succession des phénomènes régionaux ayant eu cours, que ce soit en Australie tropicale, en Papouasie Nouvelle-Guinée ou en Nouvelle Calédonie ; elle s'accorde également avec la courbe des températures établie par COVENTRY et al. (1980) grâce aux mesures de  $\delta^{18}\text{O}$  des carottes prélevées dans l'Océan Indien ou dans l'Atlantique Nord.

La période étudiée débute à 120 000 B.P. par un maximum pluviométrique correspondant à la période inter-glaciaire Riss-Würm et qui a vu le niveau marin s'élever au minimum à +5,00 m au-dessus du niveau actuel dans le Pacifique Sud-Ouest (BLOOM et al., op. cit.). En Nouvelle Calédonie, cette période est caractérisée par la construction du récif de -40 à -11 m et par une pédogenèse active, avec une karstification des dépôts éoliens (Eolianites<sup>1</sup> de l'île Moro) mise en place durant la période glaciaire précédente (COUDRAY, 1975), ou une ferritisation indirecte des glacis et des terrasses à l'aval des massifs ultrabasiques (LATHAM, 1986).

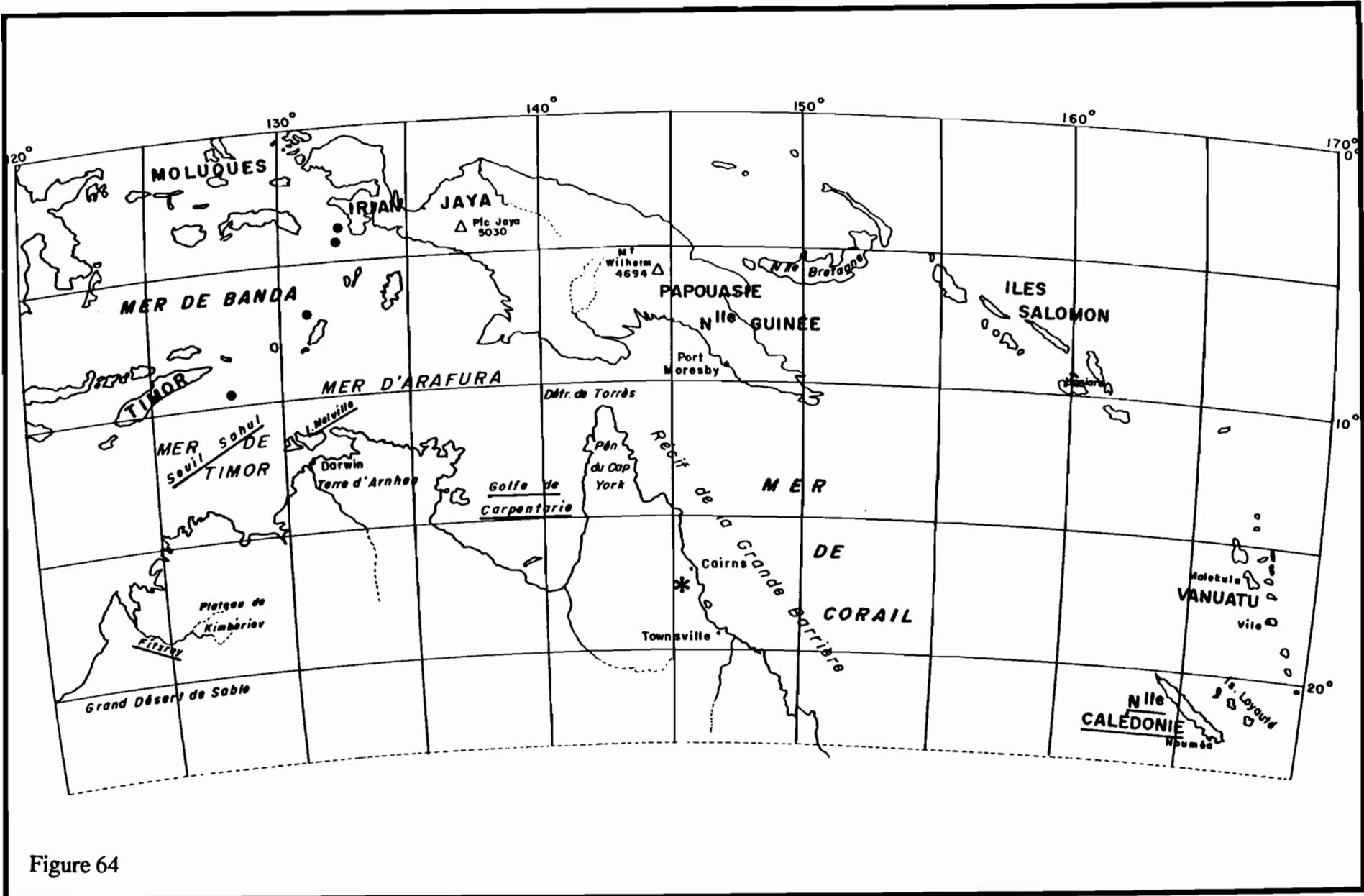


Figure 64

Entre 120 000 et 85 000 B.P. une période plus aride correspondrait à la mise en place des éolianites (Fig. 56) de la phase 2 sur les îles Hugon, Isié et N'Dukué (COUDRAY, 1975). La mise en place de ces éolianites durant une phase régressive est également confirmée par BALTZER et DUGAS (1977). Leur installation a été rendue possible grâce à l'importante et rapide transgression durant l'interglaciaire Riss-Würm, période très favorable aux sédimentations littorales et à la formation des plages, suivie par le recul rapide du niveau marin, laissant à la disposition des vents une importante quantité de sédiments terrigènes et bioclastiques, peu stabilisés par une faible couverture végétale (FAIBRIDGE, 1970). Selon ce dernier auteur, ce n'est pas tant la présence d'un climat aride qui conditionne ces dépôts éoliens, mais la nécessité d'une longue saison sèche.

Entre 85 000 et 80 000 B.P. une période un peu plus humide se traduit par une faible karstification et une pédogénèse faible.

Entre 80 000 et 18 000 B.P., une phase régressive très importante fait baisser le niveau de la mer jusqu'à 120 m sous le niveau actuel vers -18 000 ans, où se situerait la phase paroxysmale de la glaciation du Würm (LALOU et DUPLESSY, op. cit.). Le récif émergé est attaqué par l'érosion. Dans la région, les traces de cette glaciation sont nombreuses. En Nouvelle Guinée où de nombreux sommets dépassent 4000 m d'altitude, l'étendue des glaciers était de 2000 km<sup>2</sup>, alors qu'ils ne couvrent plus que 8 km<sup>2</sup> aujourd'hui, cantonnés au sommet du Mont Jaya culminant à 5030 m. La ligne neigeuse était située de 1000 à 1500 m sous le niveau actuel (BOWLER et al., 1976). Les glaciers auraient atteint leur maximum vers 17 000 B.P.. A ce moment, au NW de l'Australie, une grande partie du plateau continental aujourd'hui immergé était émergé,

---

Légende de la figure 64 : Sites d'étude et manifestations des paléoclimats quaternaires.

#### Δ ETUDE DES SITES GLACIAIRES

Environs de Monts Jaya (5030 m) et Wilhelm (4694m)

Données de BOWLER et al. (1976) reprises par WEBSTER et STRETEN (1978)

#### • CAROTTAGES DE SEDIMENTS MARINS

Etudes palynologiques effectuées par VAN der KAARS (1991)

#### \* CAROTTAGE DE SEDIMENTS LACUSTRES

Etudes palynologiques de KERSHAW (1974) dans le cratère de Lynchs et aux environs

#### AUTRES SITES AUSTRALIENS (BOWLER et al., 1976)

*Seuil Sahul* : carbonates émergés

*Embouchure de la rivière Fitzroy* : régression de la mangrove

*Golfe de Carpentarie* : émergence du plateau continental, dépôts évaporitiques

*Plateau de Kimberley* : alignements anciens de dunes fossiles

*Ile Melville* : nids d'oiseaux de forêt humide

#### VANUATU

*Côte Ouest de l'île de Malekula, Lambubu Bay* : vertisols à gypse et carbonates (PODWOJEWSKI et al. 1986)

#### NOUVELLE CALÉDONIE

Récifs coralliens surélevés (CABIOCH, 1988)

*Baie de St Vincent* : éolianites (COUDRAY, 1976), brèches et coulées boueuses (BALTZER et DUGAS, 1977),

*Marais de Mara* : régression de la mangrove (BALTZER, 1970)

*Côte ouest* : croûtes calcaires sur roches basiques (TERCINIER, 1962), vertisols à gypse (PODWOJEWSKI 1984, 1988), vertisols de hautes terrasses alluviales à carbonates (LATHAM, 1986 ; ILTIS, 1989).

comme l'atteste la présence de gastéropodes littoraux trouvés par -132 m. Ce plateau est recouvert de croûtes calcaires continentales (caliches ou kankar) indicateurs, selon BOWLER et al. (1976), d'une pluviométrie comprise entre 150 et 550 mm/an, bien inférieure à la pluviométrie actuelle. Dans le golfe de Carpentarie, alors totalement émergé, un bassin endoréique a piégé des sédiments en partie évaporitiques faiblement salés, mais preuve indiscutable d'un climat bien plus sec que le climat actuel.

En Nouvelle Calédonie, la bréchification des éolianites s'est produite durant toute la période sèche et froide précédant le maximum glaciaire ; cette période proche du maximum glaciaire correspond également à la néoformation de carbonates en nodules bien indurés dans les colluvions de flyschs et de péridotites ainsi que dans les terrasses alluviales anciennes (moyenne terrasse). Le problème de la contemporanéité entre l'établissement de cette terrasse alluviale et les carbonates qu'elle contient seront évoqués dans le paragraphe suivant.

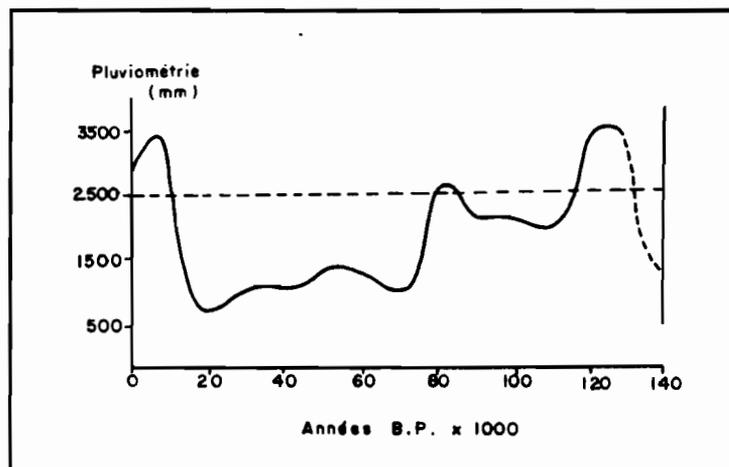


Figure 65 : Variation de la pluviométrie durant le quaternaire récent aux environs du cratère de Lynch - NW de l'Australie - (d'après KERSHAW, 1974).

La période entre 18000 et 5500 B.P. est comprise entre la fin de la dernière phase glaciaire, correspondant au maximum de la régression marine, et le maximum de la transgression marine du Flandrien, atteignant 1,50 m au-dessus du niveau actuel, qui a suivi. Cette période correspond à une augmentation rapide de la température conjointement à celle de la pluviométrie (Fig. 66). En Nouvelle Guinée, la régression glaciaire aurait débuté entre 15 000 et 14 000 B.P. comme le montrent les sédiments prélevés dans les lacs et les tourbières qui se sont formés dans les moraines lors du recul des glaciers ; cependant d'autres avancées plus petites se sont produites postérieurement, car l'avancée maximale d'un glacier est fonction de la résultante entre des températures basses et des précipitations plus abondantes durant la fin de la période glaciaire (BOWLER op. cit.). En Nouvelle Calédonie durant le début de cette période glaciaire, on peut noter l'installation d'une croûte calcaire au-dessus des brèches d'éolianites, ou sur les flancs des collines de flyschs ou de basaltes.

Au maximum de la transgression flandrienne correspond également une pluviométrie plus importante qu'à l'actuel. Cette pluviométrie importante a étendu la forêt pluviale à la partie nord de l'Australie, où d'anciens nids reliques d'oiseaux caractéristiques de ces forêts humides ont été trouvés dans l'île Melville, qui en est actuellement dépourvue ; elle a également étendu la superficie de la mangrove à l'embouchure de la rivière Fitzroy (NW Australie) en lieu et place du tanne sursalé présent actuellement (BOWLER op. cit.). En Nouvelle Calédonie, les carbonates en volumes pulvérulents, présents dans les vertisols de la séquence de la Tamoia (Fig. 62, échantillons n°3 et 4), sont contemporains de cette période humide, tout comme les

bulimes de l'île Hugon, présents dans la brèche au-dessus des niveaux encroûtés des éolianites. Cette période correspondrait peut-être à l'établissement de la terrasse alluviale récente.

Enfin la période allant de 5500 B.P. à nos jours est marquée par une légère régression marine qui correspond au réajustement isostatique après la transgression flandrienne. Le lit vif des rivières de la côte ouest de la Grande Terre est à 2 m sous le niveau de la terrasse récente, comme dans la Tamoia ou la Oua-Tom. Cette période correspond également à une légère baisse de la pluviométrie et des températures. La terrasse alluviale récente est alimentée en matériau lors des dépressions cycloniques.

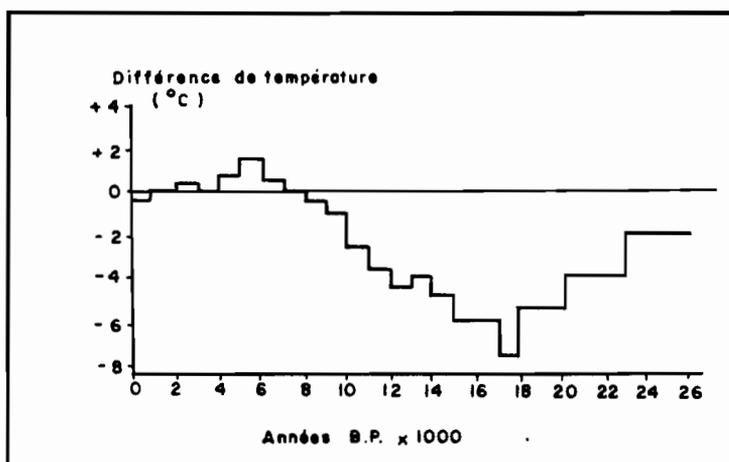


Figure 66 : Variation de la température durant le Quaternaire récent par rapport aux températures actuelles. Données établies par WEBSTER et STRETEN (1978) pour les Hauts-Plateaux de Nouvelle Guinée.

## 2.4 - RECONSTITUTION PALEOGEOGRAPHIQUE DE LA CÔTE OUEST

En retraçant l'histoire du paysage de cette côte ouest, on peut reconstituer les phénomènes de morphogenèse et de pédogenèse qui se sont succédé pour aboutir à sa définition actuelle. Avant d'établir cette reconstitution, il convient de définir les différents mécanismes mis en jeu dans la formation du modelé.

### 2.41 - Rappel des principaux mécanismes de la morphogenèse

L'érosion est un facteur déterminant de la morphogenèse. Elle dépend essentiellement de deux paramètres : la pluviométrie et la végétation. La pluie est un facteur actif. Elle intervient à la fois par son intensité et son énergie cinétique. L'agressivité climatique croît avec la pluviométrie, mais ne tient pas compte de l'intensité des pluies qui est une donnée fondamentale. La végétation est un facteur de résistance à l'érosion par la protection qu'elle assure au sol. C'est le pourcentage de recouvrement - par des arbres ou des graminées - qui détermine la protection contre l'érosion (ROOSE, 1973).

Ces données permettent d'établir un équilibre climatique où, sur une topographie donnée, l'érosion dépendra de l'équilibre entre l'agressivité climacique et l'état de la végétation (WISCHMEIER et SMITH, 1960). Les règles de LANGBEIN et SCHUMM (1958) et WILSON (1973) définissent une valeur critique des précipitations, liée à la température, qui correspond au niveau maximum de l'érosion. Sous ce pic, la pluviométrie décroît et l'énergie dispensée par l'eau diminue. La compétence des rivières devient insuffisante pour transporter les matériaux sur de grandes distances. A l'inverse, les valeurs de

pluviométrie supérieures à ce pic engendrent une couverture végétale plus importante qui protège le sol de l'érosion. Les rivières ont une grande compétence, mais les charges solides sont faibles.

Les données pluviométriques et la végétation ont été soumises à des grandes fluctuations en Nouvelle Calédonie durant le Quaternaire.

**La pluviométrie** absolue n'est pas toujours une référence valable pour déterminer l'agressivité climatique. Il faut tenir compte de l'intensité de ces pluies et du contraste saisonnier. La Nouvelle Calédonie est située en zone tropicale. La répartition des pluies y est très contrastée et la région est soumise à un double régime : d'une part à celui des dépressions polaires, qui affectent surtout le sud du territoire, par un régime de pluies d'hiver, d'une intensité généralement limitée, et d'autre part au régime des dépressions tropicales évoluant durant l'été austral, naissant dans la zone équatoriale, et qui peuvent évoluer en cyclone. Selon WEBSTER et STRETEN (1977), ces systèmes dépressionnaires organisés sont responsables de la majorité des précipitations de la saison humide, lesquelles sont intenses et brutales. Les cyclones se développent lorsque la température de l'eau de mer est supérieure à 26°C. Or durant la période glaciaire récente, la température de l'eau a baissé de 4 à 5°C dans la zone équatoriale proche de la Nouvelle Guinée où naissent les cyclones, entraînant une baisse de leur activité et de leur fréquence. En Nouvelle Calédonie, située à l'est du continent australien, donc à l'abri des courants froids remontant de l'antarctique, la baisse de la température des eaux n'était pas très prononcée ; le déplacement et le nourrissage de ces cyclones, bien que moins fréquents, n'était pas forcément bloqué.

Ces **cyclones** sont les acteurs des principales transformations morphogénétiques du paysage actuel. A titre personnel, j'ai observé une accumulation de sable fin sur une épaisseur de 20 cm au niveau de la terrasse alluviale récente de La Iouanga (Kaala Gomen) durant le passage du cyclone Gyan dans la nuit du 24 au 25/12/81. Les cyclones peuvent également provoquer des loupes de glissement et des coulées boueuses même sous une végétation très dense (forêt humide), comme on a pu l'observer sur les flancs des Monts Koghis (La Dumbéa) après le passage du cyclone Anne (janvier 1988).

**La végétation** joue un rôle fondamental dans la protection du sol. Dans le cas d'une couverture végétale totale, la nature de la roche n'a qu'une influence minime sur les charges solides des rivières (COVENTRY et al., 1980). Or, en Nouvelle Calédonie, la densité des peuplements végétaux et ses taxons sont très lithodépendants ; la nature de la roche, et donc du sol, intervient directement sur les phénomènes érosifs, surtout en cas de rupture des grands équilibres climatiques. A l'heure actuelle, les charges solides des rivières de la côte ouest, après le passage des dépressions tropicales, sont essentiellement dues à l'érosion des "formations à charbons" - hormis les déblais des mines de nickel - (DANLOUX, 1987b), dont la couverture végétale est très dégradée et où les sols acides n'offrent qu'une faible stabilité structurale.

Ainsi, une réduction de moitié de la pluviométrie actuelle - comme durant la dernière période glaciaire - aura beaucoup plus d'effets sur la côte ouest, la plus sèche de la Grande Terre, que sur la côte est, et à faible altitude plutôt qu'à une altitude élevée. LATHAM (1986) a bien démontré que sur les massifs de péridotites, les effets de l'érosion mécanique récente était bien plus actifs sur les flancs aval des massifs, où la pluviosité est faible, que sur les parties amont.

Les modifications du couvert végétal peuvent également être engendrées par l'action anthropique. En Australie, les variations des taxons forestiers cités en référence pour les études des modifications du climat, par le biais de la palynologie, auraient pu être perturbées par l'action de l'homme, en particulier par les feux. Or sur ce continent, la présence humaine remonte à près de 40 000 ans (COVENTRY et al., 1980) au lieu de seulement 4000 ans en Nouvelle Calédonie (FRIMIGACCI et MAITRE, 1981). L'action anthropique en Nouvelle Calédonie n'est donc que très récente.

A ces données que sont la pluviométrie et la végétation, il faut rajouter **la pente et les fluctuations du niveau de base**.

Le schéma théorique voudrait que durant la phase transgressive s'établisse l'alluvionnement, alors que la phase régressive correspond au creusement. Ce système est opérant en Afrique du Nord (MOREAU, 1981). En même temps, dans les zones tropicales une période pluviale coïncide à une transgression, et une période interpluviale à une régression. Dans les plaines de la côte ouest, ce schéma est complexe, et globalement à l'inverse du schéma théorique.

En effet, en Nouvelle Calédonie, il faut séparer la chaîne centrale, qui alimente en matériaux la plaine alluviale, de la plaine alluviale au sens strict (Tab. XXXV).

Lors de la période interpluviale correspondant au glaciaire, les rivières continuent à creuser dans la partie amont, que ce soit dans la chaîne centrale ou au niveau des massifs de péridotites, peu affectés par les changements de végétation. Ce creusement n'est pas tant provoqué par l'abaissement du niveau de base par l'effet eustatique, que par le surélévement continu de la partie centrale de l'île par isostasie (LATHAM, 1986). Par contre, à la base de ces massifs, la dégradation du couvert végétal est importante, les flancs aval des massifs de péridotites ainsi que les reliefs de faible altitude, situés le long de la plaine côtière (basalte, flyschs, etc...), sont érodés. Dans les plaines alluviales, lorsque les cours d'eau perdent leur compétence, il se produit un alluvionnement massif au niveau de la la rupture de pente. Malgré l'abaissement du niveau de base, pouvant aller jusqu'à 120 m, les rivières n'incisent que leurs propres apports latéraux (ILTIS, 1989).

Au contraire, *durant le pluvial*, alors que le niveau marin est haut, la dissolution du massif de péridotites est maximale provoquant les niveaux d'aplanissement ; les charges solides des rivières sont réduites et l'alluvionnement s'opère principalement dans les zones estuariennes en particulier durant les cyclones.

Tableau XXXV : Correspondance entre les épisodes climatiques et les principaux épisodes de morphogénèse.

		Chaîne centrale	Plaine alluviale
PLUVIAL →	HAUT NIVEAU MARIN →	Dissolution, aplanissement	Alluvionnement faible en aval
REGRESSION			creusement
INTERPLUVIAL →	BAS NIVEAU MARIN →	Erosion, creusement	Alluvionnement massif à la rupture de pente
TRANSGRESSION			creusement

## 2.42 - La reconstitution des phénomènes paléogéographiques de la côte Ouest (Fig. 67)

### LA SITUATION ANTE-PLEISTOCENE

Sur les formations basiques de la côte ouest et en particulier les basaltes, sensibles à l'érosion mécanique, un épisode polycyclique d'aplanissement daté *Pliocène* place cette *surface inférieure* en position dominante par rapport aux surfaces pléistocènes. Ce niveau se raccorde nettement avec les surfaces inférieures des massifs de péridotites (ILTIS, 1989) et se prolonge par les surfaces d'aplanissement intermédiaires des séries volcano-sédimentaires de la chaîne centrale. Cette pénélénation est particulière, car contrairement à une évolution dans le cadre d'une situation tectonique stable, les pentes des ensembles talwegs et interfluves augmentent sensiblement de l'aval vers l'amont.

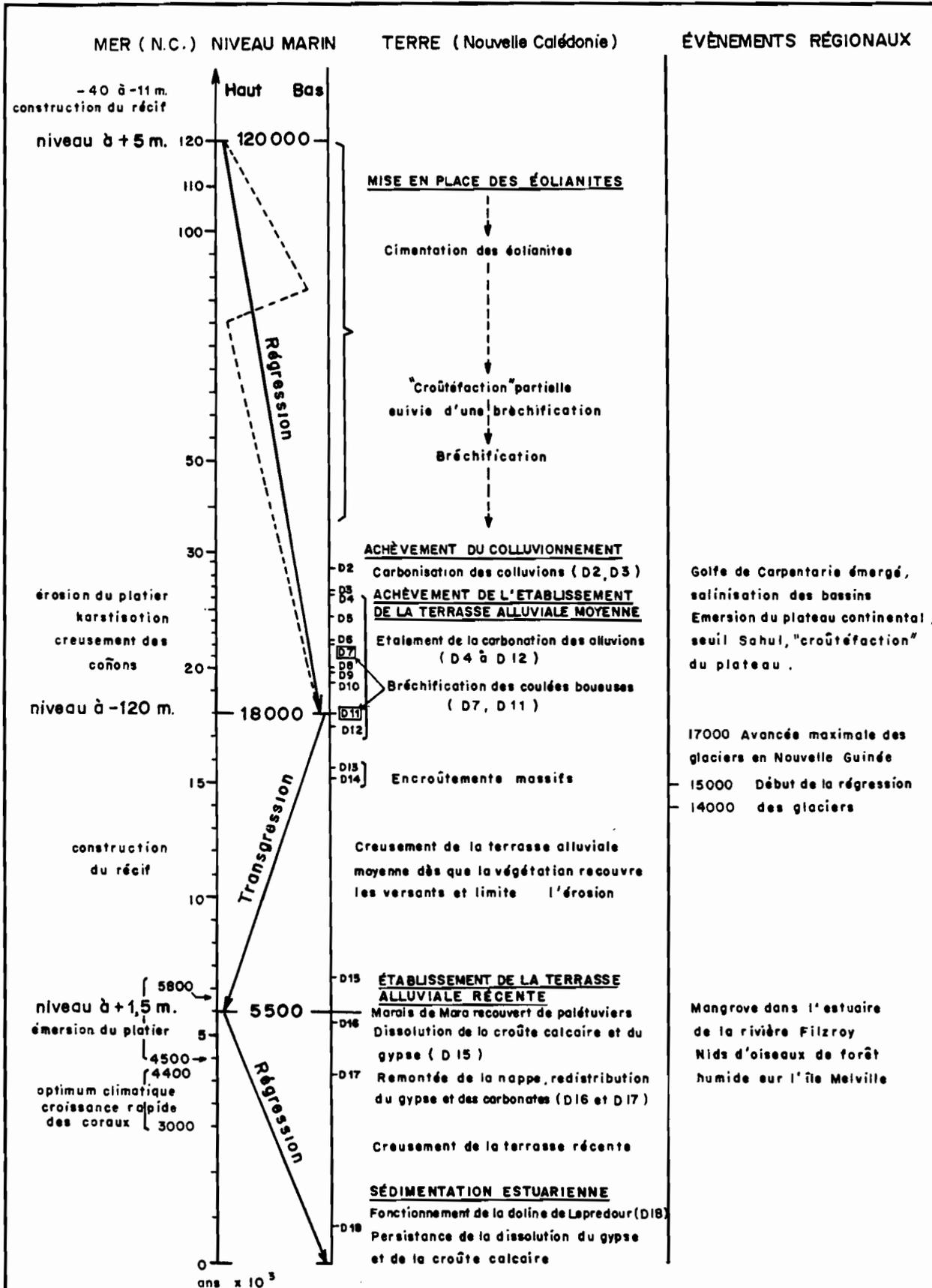


Fig. 67 Schéma synthétique de la datation de différents événements, principalement géomorphologiques liés au paléoclimat dans la région de la Nouvelle Calédonie et de l'Australie

### **AU PLEISTOCENE INFÉRIEUR**

L'étagement des terrasses est bien visible sur la côte ouest grâce à une plus grande disposition des matériaux durant les périodes interpluviales, mais aussi du rejeu de certaines failles longitudinales, comme l'accident ouest calédonien. Sur la côte SW, les terrasses très anciennes sont peu visibles, de même que les glacis, mais la règle générale veut que les sols de ces niveaux du Pléistocène inférieur soient assez évolués (présence de kaolinite) et que les glacis soient surtout établis à partir de roches très acides, peu altérables (Oua-Tom). Les sols sont de type ferrallitique (terrasses de Gamaï sur la Iouanga) ou de type luvisol-planosol (RPF, 1990) à Oua-Tom. A cette surface peut également se raccorder la terrasse supérieure de la Oua-Tom caractérisée par la cimentation ferrugineuse des alluvions de l'infersol, ce qui traduit une longue période à hydromorphie temporaire, caractéristique d'un climat plus humide et/ou d'un niveau de base plus élevé que l'actuel. Ce cuirassement a également été observé par LATHAM (comm. pers.) dans certains systèmes colluviaux au pied des massifs de péridotites.

### **AU PLEISTOCENE SUPÉRIEUR**

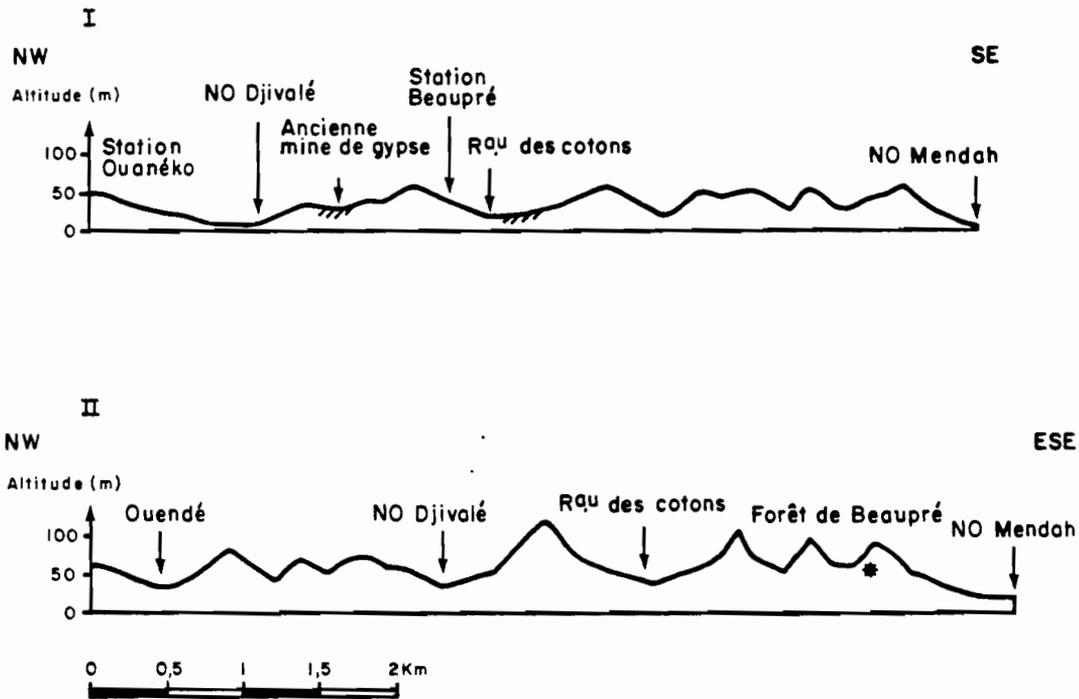
Les organisations colluvio-alluviales de la côte Ouest où se déroule notre étude, se sont pour la plupart formées durant cette période.

#### *Période correspondant à la phase glaciaire (Würm)*

Si on peut estimer que la **formation des éolianites** coïncide le début de la phase régressive suivant le niveau à +120 000 ans, on ne possède aucune donnée qui puisse nous renseigner sur l'âge des formations colluvio-alluviales.

Il est à présent certain que les **accumulations colluviales**, donnant par la suite naissance aux vertisols, sont antérieures aux phases alluviales. Les nodules des vertisols calci-magnésiens, situés dans les zones colluviales, ont des limites souvent progressives avec les argiles encaissantes, sont polyphasés et se sont indiscutablement formés "in situ", en plusieurs étapes, vraisemblablement *per ascencum*, à partir d'eaux circulant dans la frange altéritique du sol (Cf § 4.3). Les datations des carbonates donnent des âges voisins de 28 000 ans, antérieurs aux âges relevés dans les terrasses alluviales qui s'étalent jusqu'à 18 000 ans, tout comme s'étale la période sèche précédant le maximum glaciaire. Cette antériorité peut être due à la dégradation du couvert végétal. La pluviométrie étant beaucoup plus faible le long de la côte que dans la chaîne centrale qui dispense l'essentiel des matériaux alluviaux, lors d'un changement climatique favorable à l'érosion, la zone côtière sera donc la première touchée. Ces accumulations ont pu s'établir selon deux vagues successives : durant la phase initiale de régression entre 120 000 et 85 000 ans, puis dans une seconde phase entre 80 000 et 18 000 ans. Nous reviendrons plus en détail sur la datation des vertisols dans le chapitre 7.

La nature des matériaux fournis par l'érosion des roches basiques, comme les basaltes ou les flyschs, est peu propice à l'accumulation de glacis colluviaux, aussi leur étendue demeure-t-elle limitée. Des accumulations actuelles sont observables au pied des massifs de forme concave à pente raide comme à Kaala-Gomen (PODWOJEWSKI et al, 1983) ou au pied du massif situé sur le flanc gauche de la rivière Tamoà décrits dans le chapitre 4- 2.1 (BEAUDOU et al., 1983). Ces matériaux sont fins, de la taille de sables et de graviers, composés de minéraux altérables comme les feldspaths et les pyroxènes ; ils reposent parfois sur un niveau ancien riche en smectites. Ainsi, en raison de leur altérabilité et de leur taille favorable au transport, peu de matériaux anciens dérivant de l'altération de roches basiques sont visibles à proximité de la chaîne centrale. Par contre, ces accumulations anciennes ont adouci la plupart des versants situés à *proximité de la côte*. Ainsi, les versants aux pentes dont la décroissance est la plus régulière possèdent-ils souvent les sols les plus profonds à leur base (Fig. 68).



EVOLUTION DU RELIEF SUR BASALTE PAR 2 COUPES PARALLÈLES :

- I est distante de la mer de 2Km      //// gisement de gypse  
 II est distante de la mer de 4 Km      \* gisement de gypse localisé

Figure 68 : Comparaisons entre deux coupes parallèles au littoral sur relief basaltique effectuées dans la région de Poya-Beaupré, soulignant la pénépléation importante en bord de mer, avec prépondérance de la pédogenèse sur la morphogenèse, approfondissement des sols et installation des vertisols à gypse

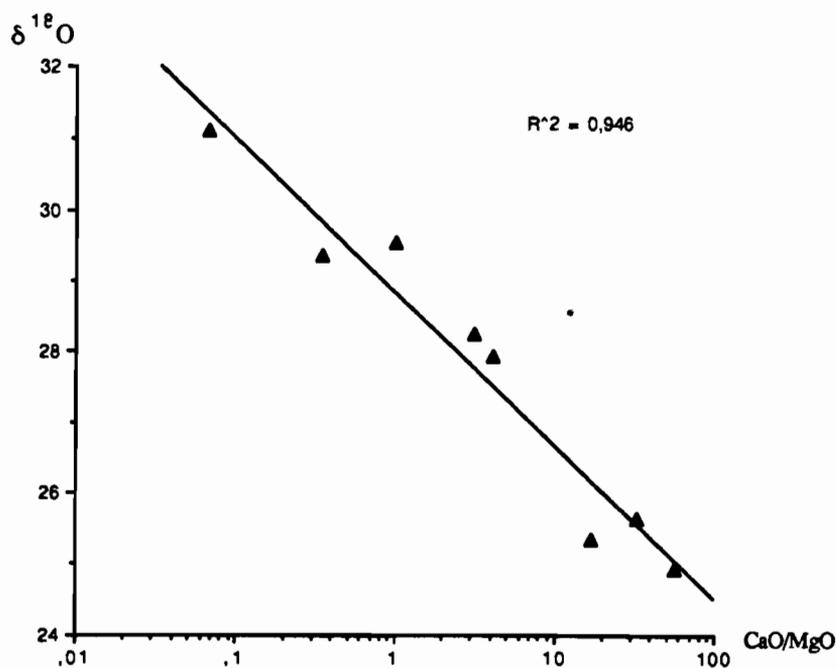
Dans les niveaux correspondant à la **terrasse alluviale moyenne** (ILTIS, 1989) ou la **haute terrasse** (LATHAM, 1986), les nodules carbonatés magnésiens des vertisols hypermagnésiens, contrairement aux nodules calciques décrits précédemment, sont très arrondis, parfois silicifiés, bien individualisés dans une matrice argileuse où se concentrent également des galets de péridotites. Leur morphologie peut faire douter du caractère autochtone de ces carbonates. Actuellement, ceux-ci se forment "in situ", dans les horizons d'altération des serpentinites, en amont des formations alluviales. Leur allochtonie signifierait qu'il n'existe qu'un très léger décalage entre leur âge et l'établissement des terrasses alluviales dérivant de péridotites et serpentinites. En effet, la néoformation de ces carbonates *à partir d'une eau froide, dans un milieu confiné*, comme le suggère LATHAM (1986) n'est guère compatible avec un climat plus sec que le climat actuel, avec niveau de base plus bas de 120 m, alors qu'aucune nappe aquifère n'a pu être localisée actuellement au sein de ces terrasses. Les valeurs du  $\delta^{18}\text{O}$  des carbonates varient principalement en fonction des rapports Ca/Mg des carbonates, occultant par là-même l'interprétation fondée sur les valeurs de températures (Fig. 69, Tab. XXXVI). Seuls des apports massifs de matériaux, durant des crises paroxysmales, ont aidé à l'établissement de ces terrasses et sans doute des carbonates, lesquels sont souvent localisés dans les chenaux à forte énergie parcourant le niveau de terrasse.

Ce fait est confirmé par la datation des brèches d'érosion affectant les éolianites qui fournit des âges entre 18 000 et 22 000 ans et même d'avantage (> 30 000 ans). A l'origine, COUDRAY (1975) avait émis l'hypothèse d'un régime hydrique plus humide pouvant provoquer l'arrachement et la réorganisation des éolianites sous forme de brèche

Tableau XXXVI : Composition isotopique de quelques accumulations carbonatées.

N° d'échantillon	Nature des carbonates	Localisation géographique	Age $^{14}\text{C}$	$\delta^{13}\text{C}$ PDB	$\delta^{18}\text{O}$ PDB	$\delta^{18}\text{O}$ SMOW	CaO/MgO
D3 (Tamoia n°1) MER70.1 - P	nodules Ca-Mg	basse vallée de la Tamoia	26 740 +2080 -1660	- 10,60	- 2,53	28,25	3,11
D2 (Tamoia n°2) MER 70.2 - P	nodules Ca-Mg	basse vallée de la Tamoia	28 710 +1930 -1560	- 10,13	- 2,87	27,91	4,14
D16 (Tamoia n°3) MER 71 - P	volumes pulvérulents Mg-Ca	basse vallée de la Tamoia	5 390 +180 -170	- 7,12	- 1,28	29,54	1,00
D17 (Tamoia n°4) MER 72.1 - P	volumes pulvérulents Mg-Ca	basse vallée de la Tamoia	4 150 +340 -330	- 3,94	- 1,47	29,35	0,35
D12 (Tamoia n°5) MER 72.2 - P	nodules Mg	basse vallée de la Tamoia	17 690 +950 -850	- 9,38	- 0,23	31,10	0,07
D 14 POY 5 - P	croûte calcaire Ca	Beaupré, Poya	15 370 +690 -640	- 10,91	- 5,35	25,34	17,07
D13 LEP 31.2 - P	croûte calcaire Ca	le Leprédour	15 710 +610 -570	- 7,89	- 5,06	25,65	32,83
D18 LEP 6.4 - P	nodules Ca	île Leprédour	930 +170 -160	- 3,19	- 5,74	24,94	56,00
D10 - BOU 950 - L	nodules Mg	séquence d'aval du Boulinda	19 600 ± 250				
D6 - BOU 420 - L	nodules Mg	vallée de la Muonio	22 075 ± 300				
D8 - P.G. 60 - L	nodules Mg	plaine des gaïacs	20 400 ± 800	- 8,66	+ 1,56		
D4 - LO 2 - L	nodules Mg	vallée de la Taom	26 680 ± 1500	-6,16	+ 1,10		
D5 - L.O. 8 - L	nodules Mg	vallée de la Taom	24 170 ± 1200				

D3 : numéro de référence du tableau XXXIV et de la figure 63, classification en fonction de l'âge ;  
 MER 70.1 : numéro de laboratoire ; L : Latham (1986) ; P : Podwojewski (analyses effectuées au laboratoire ORSTOM de Bondy par M. Fournier, 1991).

Figure 69 : Relation entre les valeurs de  $\delta^{18}\text{O}$  SMOW et le rapport CaO/MgO des carbonates

mais BALTZER et DUGAS (1976) ont constaté que la présence d'attapulgite et de halite était incompatible avec une pluviométrie élevée, et que cette période devait être le théâtre de pluies violentes et intenses qui, à la faveur d'un couvert végétal fortement dégradé, ont participé à la formation des accumulations alluviales correspondant à cette terrasse moyenne.

La formation de ces sols argileux à smectites s'est vraisemblablement déroulée durant toute la période sèche, correspondant à la glaciation du Würm. L'évolution pédologique se serait faite sur une courte durée à l'échelle géologique, comme le suggèrent RUELLAN (1971) et MOREAU (1981) pour les sols à smectites sur terrasses alluviales au Maroc. Cette période sèche, qui s'est tout de même étalée sur près de 60 000 ans, a été tout à fait favorable à la stabilité des sels comme la halite dans les éolianites, ou les sulfates dans les vertisols. Dans la plaine alluviale de la Oua-Tom, ou dans la vallée de la Iouanga, à Kaala-Gomen, la présence de gypse n'a été observée que dans la seule terrasse moyenne à smectites (PODWOJEWSKI et al., 1983 ; ILTIS, 1989), alors que les vertisols à gypse occuperaient en partie la terrasse ancienne de la rivière Tamoia, ou celle de la rivière Pouembout (ILTIS, comm. pers.). Qu'il s'agisse de terrasse ancienne ou de terrasse moyenne, toutes les observations confirment la présence de gypse *exclusivement au sein de surfaces pléistocènes*.

A la fin de la phase glaciaire, la remontée brutale des températures et sans doute de la pluviométrie ne coïncide pas avec une phase érosive comme pouvait laisser présager cette rupture de l'équilibre climacique. Au contraire, durant une période située vers 15 500 B.P., l'établissement des croûtes calcaires sans remaniement a été encouragé, soit aux dépens de matériaux carbonatés, comme sur les éolianites ou sur le flanc NE de l'îlot Leprédour, soit à partir des basaltes de la région de Poya où la croûte calcaire pseudomorphose des racines. Les précipitations étaient donc suffisantes pour provoquer la dissolution des carbonates préexistants ou l'hydrolyse de minéraux primaires, comme les feldspaths dans les basaltes, mais insuffisante pour éliminer complètement les carbonates du paysage. Cet encroûtement se produit donc sous un couvert végétal apparemment continu et sans phase érosive majeure, signe d'une pluviosité peu agressive. La Nouvelle Calédonie était alors soumise à un climat de type méditerranéen, sous un régime de dépressions polaires apportant principalement des pluies d'hiver. La pluviométrie était sans doute inférieure à la pluviométrie actuelle, comme l'avait déjà suggéré TERCINIER en 1962, et vraisemblablement comprise entre 500 et 700 mm. Le climat était identique à celui préconisé par BECH et al. (1980) pour les épigénèses carbonatées de roches cristallines en Espagne. Ces mêmes auteurs affirment par ailleurs que, pour un développement d'une croûte carbonatée, il faut que le bilan épigénie-pédoplasation/érosion soit favorable, la limite pluviométrique supérieure étant difficile à définir.

Une période transitoire succédant à cette période d'encroûtement débute vers 15 000 B.P. par la reprise du régime des pluies d'été d'origine tropicale et s'étend jusqu'à la transgression flandrienne, vers 7000 B.P.. Cette période, favorable au creusement de la terrasse alluviale moyenne coïncide exactement avec la période décrite par MALEY (1982, 1983) en Afrique, et qui correspond à l'établissement des grandes étendues de vertisols du Soudan et du Tchad lesquels sont en grande partie d'origine alluviale. Le climat était moins contrasté qu'aujourd'hui, avec une pluviométrie plus régulière, à gouttes fines, une énergie faible des cours d'eau, un débit régulier et lent des rivières. En Nouvelle Calédonie, cette période semble cependant trop courte pour provoquer la pédogénèse des vertisols et accumuler du gypse.

### *Période allant de la transgression flandrienne à nos jours*

L'apogée de la transgression est comprise entre 5800 et 4500 B.P., avec un maximum à 5500 B.P., et un niveau marin à + 1,50 m environ (BALTZER, 1970 ; CABIOCH et al., 1989).

Cette période correspondrait bien évidemment à un climat plus chaud, si l'on se réfère à l'Australie du Nord, la température était plus élevée de +2°C, donc plus favorable au passage des dépressions cycloniques provoquant une augmentation sensible de la pluviométrie (WEBSTER et STRETEN, 1978). Cette hypothèse est vérifiée dans cette région par les études palynologiques de KERSHAW (1974) qui montrent l'extension d'une couverture végétale plus hydrophile que la végétation actuelle. En Nouvelle Calédonie, cet optimum climatique correspondant à la croissance maximale des coraux aurait été peut-être plus tardif - entre 3000 et 4400 B.P. (COUDRAY et DELIBRIAS, 1972).

Sur le plan purement pédologique, cette période correspond

- à une lixiviation et un appauvrissement en argile des horizons de surface des sols vertiques situés sur la terrasse alluviale, et plus particulièrement des vertisols sodiques et acides ;
- à l'altération poussée des roches de la côte ouest, alors protégées de l'érosion par une forêt sclérophylle dont il ne subsiste plus que des lambeaux épars ;
- à la décarbonatation - décalcification des croûtes calcaires formées lors de l'épisode aride de 15 000 B.P. Les bulimes situés dans les niveaux d'altération de la croûte calcaire, sur les éolianites de l'île Hugon, sont datées 6550 B.P..

Les répercussions de la transgression flandrienne sont également très importantes pour la compréhension de la dynamique des vertisols à gypse de la région. Une hausse des précipitations conjuguée à la remontée du niveau marin a pour effet de **faire remonter la nappe phréatique** dans toutes les plaines alluviales situées à faible altitude. Dans la séquence de la Tamoa, la remontée de nappe se traduit de diverses manières :

- par la couche noire continue d'oxyde de manganèse vers 1,50 m de profondeur (séquence de la basse Tamoa) marquant le toit de l'ancienne nappe aquifère\* ;
- par une redistribution des *carbonates* dans les horizons vertiques: des volumes pulvérulents carbonatés, qui ont été datés 5390 et 4150 B.P. dans la basse Tamoa, se forment vraisemblablement après dissolution partielle de concentrations carbonatées préexistantes ;
- par la réorganisation des *cristaux de gypse*, selon toute vraisemblance contemporaine de celle des carbonates : les cristaux lenticulaires sont dissous lors de la remontée de la nappe et recristallisent sous la forme d'amas sphériques\*\*.

Dans la séquence sur calcaire gréseux de l'îlot Leprédour, des conditions d'hydromorphie affectent la partie supérieure des sols vertiques provoquant une modification de la proportion et de la répartition des oxydes de fer, l'hématite rouge

---

\* Actuellement, cette nappe n'a jamais pu être observée à l'occasion du creusement de fosses pédologiques ou de forages, et ce même en saison humide.

\*\* Ces amas sphériques atteignent leur taille maximale dans des aires limitrophes du littoral marin. Dans ces zones, la nappe phréatique était vraisemblablement saumâtre et a donc grandement facilité la formation de gypse en grosses sphères de parfois 20 cm de diamètre, semblables à des septarias dont les cristaux s'organisent autour d'une lumière centrale et croissent rapidement du centre vers la périphérie. Ce sont ces gros cristaux qui ont fait l'objet des exploitations minières les plus intenses. Malgré cette localisation restreinte, l'origine de ces gypses pouvant être qualifiée à juste titre, au moins en partie, d'évaporitique, a été étendue par les géologues à toutes les cristallisations de gypse dans la région (Cf. § 6).

faisant place à la goethite jaune. Ce changement a été enregistré par les teintes des cristaux de gypse : rouges au coeur et jaunes en périphérie.

La légère régression faisant suite à la transgression flandrienne abaisse le niveau de base, ce qui provoque un enfoncement du réseau hydrographique dans la terrasse alluviale récente.

L'évolution actuelle des paysages et des sols sera discutée dans le chapitre 7.

### III - CONCLUSION

Les variations eustatiques ou les considérations néotectoniques montrent que les argiles à gypse, dans le cas de l'hypothèse de leur origine marine de type évaporitique, n'ont pas pu se former durant le Quaternaire.

Or, les argiles à gypses sont des vertisols qui dérivent de l'altération de niveaux colluviaux et alluviaux, lesquels se sont mis en place durant le Quaternaire, plus précisément durant la période sèche correspondant à la glaciation du Würm, entre 120 000 et 85 000 B.P. puis entre 80 000 et 15 000 B.P. environ. Ces sols ont ensuite été remaniés durant la transgression flandrienne, correspondant à une période plus pluvieuse, vers 5000 B.P..

La question de l'origine du gypse se pose : si les gypses ne sont pas d'origine marine et évaporitique, quelles sont les autres origines possibles ? Nous allons à présent tenter de répondre à cette question.

# CHAPITRE SIX

## ORIGINE DU GYPSE DANS LES VERTISOLS CALCIMAGNESIENS DE NOUVELLE CALEDONIE

## CHAPITRE SIX

### ORIGINE DU GYPSE DANS LES VERTISOLS CALCIMAGNESIENS DE NOUVELLE CALEDONIE

#### I - LES PRINCIPAUX MODES DE FORMATION DU GYPSE

##### Présentation du problème :

Les chapitres précédents montrent que les accumulations argileuses à gypse ne constituent pas un dépôt côtier continu d'origine marine. Bien que la plus grande proportion du gypse connue provienne des sols vertiques, il convient de passer en revue tous les modes possibles de cristallisation du gypse, de les comparer aux formations néo-calédoniennes pour en déduire l'origine la plus probable des gypses contenus dans les seuls vertisols. Tous les sites à gypse étudiés, ou les sites dont les gypses ont été analysés apparaissent dans les figures 72 et 73.

Mis à part le cas du gypse hérité, l'origine du gypse reste essentiellement liée à **l'origine du soufre, et à sa concentration**. En effet, le calcium, autre constituant nécessaire à la néoformation de gypse, est abondant dans toutes les roches basiques dont sont issus les vertisols à gypse.

Les principales sources du soufre sont :

la source continentale

par héritage

par dissolution - reprécipitation

par néoformation proximale

par néoformation distale

*la concentration des sulfates s'effectue le plus souvent par l'intermédiaire d'une nappe.*

la source marine

*la concentration des sulfates s'effectue le plus souvent par voie évaporitique*

la source atmosphérique

*la concentration par voie biochimique intervenant à la fois dans le domaine continental et dans le domaine marin côtier.*

#### 1.1 - L'ORIGINE CONTINENTALE

##### 1.11 - La voie continentale par héritage

*La voie continentale par héritage* consiste dans l'altération d'une roche contenant du gypse et de son transport à l'état solide. En raison de la forte solubilité de ce minéral, l'agent de transport est presque toujours le vent, et les concentrations de gypse s'opèrent généralement dans les lieux désertiques sous forme dunaire. COUDRAY (1975) a décrit et cartographié des formations carbonatées dunaires qu'il a qualifié d'éolianites sur la côte ouest de la Grande Terre près de la Baie de Saint Vincent. Mais, des apports éoliens sont à dominante carbonatée, et surmontent les formations géologiques de manière indifférenciée. Tel n'est pas le cas des vertisols à gypse qui proviennent de roches mères bien déterminées. De plus, si la source carbonatée était bien exprimée par la mise à nu de la barrière corallienne et de son altération dans les phases régressives des périodes glaciaires, la source de particules gypseuses reste dans ce cas énigmatique. Il semble donc qu'un apport sélectif des seuls gypses soit hautement improbable.

### 1.12 - La voie continentale par dissolution-reprécipitation

*La voie continentale par dissolution-reprécipitation* consiste en la dissolution du gypse contenu dans une roche et sa reprécipitation dans des zones plus en aval, à drainage externe plus faible. Cette voie est très commune en particulier dans les zones subdésertiques comme par exemple en Afrique du Nord à partir d'une roche-mère comme le Trias salifère. En Nouvelle-Calédonie, les relevés géologiques n'ont à ce jour révélé **aucune trace de gypse dans une roche-mère** non altérée sur la grande terre (PARIS, 1981). La voie par héritage paraît donc peu probable.

### 1.13 - La néoformation proximale

*La néoformation proximale ou néoformation directe* est provoquée par l'oxydation météorique en sulfates de sulfures contenus dans la roche-mère, hydrolyse des minéraux primaires et libération de calcium sous forme cationique, et recombinaison de ces ions en milieu hydraté sous forme de gypse. La néoformation directe se réalise in situ, avec un faible transport latéral des solutions. Ce type de néoformation a été adopté par AKPOKODJE (1984), pour expliquer la genèse du gypse et des carbonates dans certains sols de la zone aride australienne. Deux exemples distincts de cette néoformation proximale peuvent être donnés en Nouvelle Calédonie :

Des cristaux de **gypse fibreux** de 1 à 5 cm de long ont été découverts sur les déblais d'une ancienne mine de cuivre dans la région de Poya (mine Honfleur). Les sulfures (chalcopyrite associée à de la pyrite) sont présents en filons dans la formation des basaltes. La présence de gypse formés aux dépens d'un minerai sulfuré et carbonaté, ne contenant pas de gypse à l'origine, est relatée par NETTLETON et al. (1982) aux Etats-Unis.

Lors d'une expédition en 1988, M. MONZIER, géologue ORSTOM, a prélevé de très nombreux cristaux de gypse sur l'île volcanique de Hunter qui fait partie de l'arc insulaire néo-hébridais. Les cristaux de gypse sont translucides, en **amas automorphes** de 1 à 3cm de long, agglomérés, tapissant une grotte sous coulée andésitique très récente. Cette île présente une forte activité volcanique secondaire (solfatares) et les affleurements de soufre natif sont abondants (MAILLET et MONZIER, 1982 ; LARDY et al., 1989). La Grande Terre ne possède aucune activité volcanique, même secondaire. Les émissions de gaz sulfureux et de cendres issus de l'arc actif des Nouvelles Hébrides sont isolées et trop éloignées de la Grande Terre (400 km) pour affecter celle-ci façon très importante par le biais des aérosols.

### 1.14 - La néoformation distale

*La néoformation distale ou néoformation indirecte* passe par plusieurs étapes : oxydation des sulfures en sulfates solubles, concentration des sels par les eaux continentales météoriques dans les zones de bas-fond à drainage réduit sous climat sec, ou par l'intermédiaire d'une nappe phréatique, puis une redistribution locale des sels sous forme de cristallisations de gypse. Les formations de gypse à partir d'une nappe d'eau sont fréquentes dans les sols arides (POUGET, in RPF, 1990 ; STOOPS et ILAIWI, 1981 ; WARREN, 1982 ; AKPOKODJE, 1984) ; dans ce cas, le gypse est présent sous forme de pseudomycelium, en petits cristaux, sous forme pulvérulente ou sous forme de croûte. Les cristallisations de certains **volumes gypseux sphériques**, de parfois plus de 20 cm de diamètre, à stries d'accroissement, et en forme de septarias (Fig. 70), dans les plaines littorales du bord de mer correspondent assez bien aux descriptions des accumulations à partir de nappes saumâtres. Mais ce cas ne peut absolument pas s'appliquer aux accumulations de gypse lenticulaires dans les vertisols sur pente (comme ceux de Tiaré par exemple), où aucune trace de nappe aquifère, même ancienne n'a pu être mise en évidence.

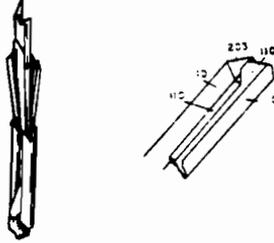
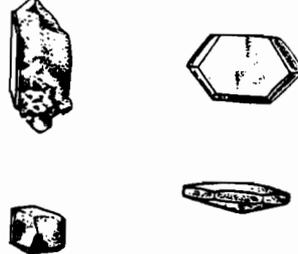
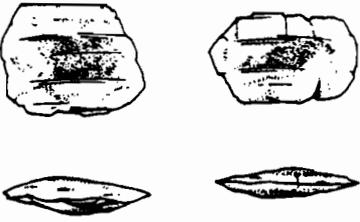
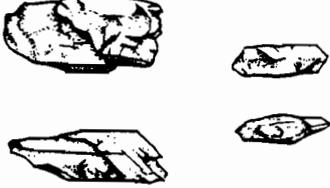
<p>1</p>  <p>échelle X1</p>	<p><b>GYPSE D'ORIGINE CONTINENTALE</b></p> <p>1. Gypse fibreux Oxydation de sulfures, déblais de la mine de cuivre Honfleur (Poya).</p> <p>2. Gypse en amas oxydation de soufre du volcan Hunter.</p>	<p>2</p>  <p>X2</p>
<p>3</p>  <p>X2</p>	<p><b>GYPSE DE MANGROVE</b></p> <p>3. Gypse aciculaire Origine évaporitique, tanne du marais de Mara (Moindou).</p> <p>4. Gypse en trapézoïde origine évaporitique et biologique, tanne du marais de Mara (Moindou).</p>	<p>4</p>  <p>X2</p>
<p>5</p>  <p>X1</p>	<p><b>GYPSE DE VERTISOL</b></p> <p>5. Gypse lenticulaire bicolore Séquence sur calcaire gréseux, doline de l'ilot Leprédour (Bouloupari).</p> <p>6. Gypse lenticulaire séquence sur flysch et haute terrasse alluviale de La Tamoa (La Tontouta).</p>	<p>6</p>  <p>X1</p>
<p>7</p>  <p>X1</p>	<p><b>GYPSE DE VERTISOL</b></p> <p>Séquence sur flysch et haute terrasse alluviale de La Tamoa (La tontouta)</p> <p>7. Cristaux agglomérés niveau à concentration de MnO<sub>2</sub>.</p> <p>8. Cristaux agglomérés sous le niveau à concentration de MnO<sub>2</sub>.</p>	<p>8</p>  <p>X1</p>
<p>9</p>  <p>X0,8</p>	<p><b>GYPSE DE VERTISOL</b></p> <p>Séquence sur basalte, en bord de mer, région de Beupré, Poya.</p> <p>9. Demi-concrétion sphérique avec stries d'accroissement concentriques, petits cristaux dans la partie centrale de la concrétion (haut de la figure). Origine liée à une nappe aquifère, probablement saumâtre, en relation avec la mer.</p>	

Figure 70 : Différentes formes de cristallisations du gypse en provenance de diverses origines.

Pour atteindre les importantes concentrations de gypse dans les vertisols et expliquer leur présence à l'aval des séquences, la néoformation indirecte peut être reconnue à l'origine de ces cristallisations. Si les minéralisations sulfurées sont communes en Nouvelle Calédonie, elles demeurent néanmoins extrêmement ponctuelles et n'ont pas pu approvisionner en soufre les vastes étendues de vertisols à gypse. Les roches fournissant à la fois du calcium et des sulfates nécessaires à la néoformation de cristaux de gypse sont peu fréquentes (Inventaire minier du BRGM). La formation des basaltes peut renfermer des traces non négligeables de sulfures, comme la pyrite, principale source connue de sulfates, et contient également des plagioclases, source de calcium.

Dans le cas d'une néoformation distale, le gypse peut se former à partir de composants provenant de deux sources différentes : l'une fournissant le calcium, l'autre le sulfate. Ce cas peut survenir après un mélange de matériaux comme au sein d'une terrasse alluviale ou par l'intermédiaire d'une nappe phréatique ayant drainé plusieurs types de matériaux différents. L'organisation des formations géologiques étant parallèle à l'axe d'allongement de la Grande Terre et les cours d'eau transversaux, les matériaux constituant les terrasses alluviales sont souvent polygéniques. La nature des constituants principaux détermine leur chimisme (PODWOJEWSKI, 1988). Ainsi, dans une même terrasse peuvent se côtoyer des matériaux acides pauvres en calcium, issus des formations à charbon du Sénonien mais riches en pyrites et en barytine (Inventaire minier du BRGM) et des alluvions issus des basaltes ou des flyschs, lesquels sont plutôt riches en calcium. Ces mélanges peuvent générer des cristallisations de gypse, alors que les sols en place sur chacune des formations le peuvent difficilement.

## 1.2 - L'ORIGINE MARINE

L'eau de mer contient environ 2,7 g/l de sulfates et 0,41g/l d'ion calcium.

### La concentration par voie évaporitique

*La voie évaporitique* permet la concentration des sels marins et leur précipitation sous forme de gypse dans le cas classique du marais salant où l'on observe la précipitation d'une succession de sels en fonction de leur produit de solubilité ; les carbonates cristallisent en premier, ils sont suivis par les sulfates puis des chlorures. Le gypse précipite dans de très fines séquences sédimentaires, soit sous forme éparses, généralement au sein de couches organiques, soit sous forme de croûtes rigides (DULAU, 1983). Ainsi le gypse peut-il être observé en grandes quantités dans les lagunes, les golfes sursalés. Cet environnement peut être continental dans les zones arides comme les dépressions fermées, les sebkhas, les salars etc...

Les argumentations pédologiques, géomorphologiques et tectoniques plaident en faveur d'une origine plutôt continentale des vertisols à gypse (Cf § 5). Néanmoins, il existe bel et bien en Nouvelle Calédonie des formations à gypse dont l'origine marine ne fait guère de doute. Une comparaison entre ces formations et celle des vertisols exclut toute analogie possible.

Dans le marais littoral de Mara (commune de Moindou), l'extension des terrains gypsifères est liée à celle d'une couche rouge et plastique à oxydes de fer amorphe et composée d'illite et de kaolinite (AVIAS, 1963 ; BALTZER, 1965). Les cristaux sont très localisés sur la bordure orientale du marais, dans les 30 premiers centimètres du tanne vif. Deux morphologies distinctes de cristaux de gypse apparaissent :

- **des cristaux aciculaires** (Fig. 70) : les aiguilles ont une longueur de 1 à 3 cm et sont concentrées dans la zone correspondant au maximum de salinité des terrains saturés d'eau, leur origine est vraisemblablement évaporitique (BALTZER, 1965) ;

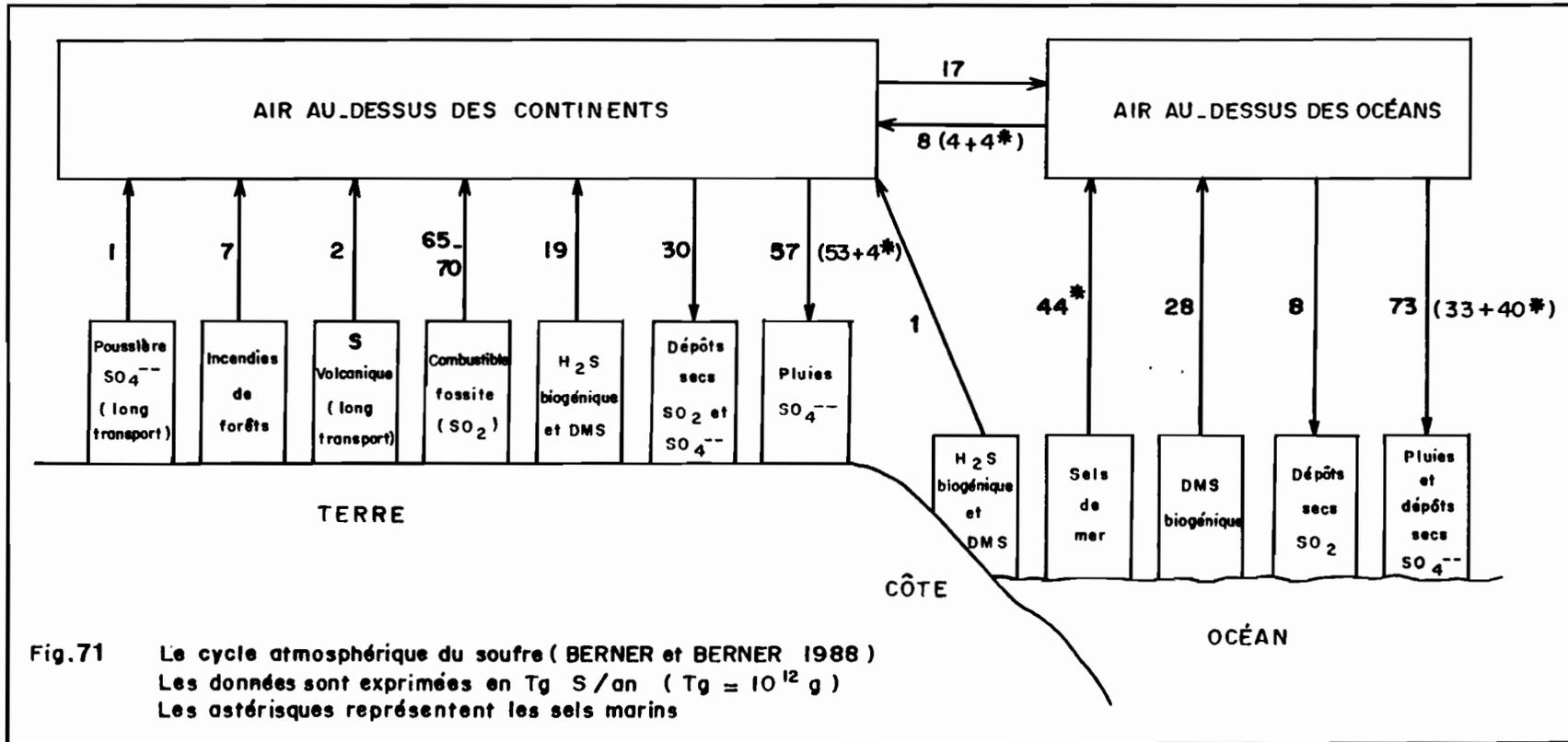


Fig.71 Le cycle atmosphérique du soufre (BERNER et BERNER 1988)  
 Les données sont exprimées en Tg S/an (Tg = 10<sup>12</sup> g)  
 Les astérisques représentent les sels marins

- **des cristaux lenticulaires à trapézoïdes** (Fig. 70) : de forme plus ramassée, de 0,5 à 1,5 cm, ils appartiennent au même horizon que les cristaux aciculaires, mais dans un milieu plus riche en matière végétale noirâtre. Ce milieu sensiblement différent pourrait expliquer qu'ils soient en partie d'origine biochimique.

Une autre voie évaporitique affecte des **amas gypseux pulvérulents** en couches de 1 à 10 cm d'épaisseur, interstratifiées dans des argiles de décarbonatation dans le fond de grottes dans la presqu'île de Népoui. Ces grottes se sont créées dans des calcaires néogènes et leur altitude ne dépasse pas quelques mètres au-dessus du niveau de la mer.

### 1.3 - L'ORIGINE ATMOSPHERIQUE

Les données du cycle atmosphérique du soufre (Fig. 71) d'après BERNER et BERNER (1985) montrent que les concentrations de soufre dans l'atmosphère sont loin d'être négligeables. *La voie éolienne* sous forme d'embruns, d'aérosols ou de particules est préconisée par de nombreux auteurs australiens, pour expliquer une grande partie de l'origine des sels solubles présents dans les sols de ce continent (ISELL et al., 1983). Les teneurs en sulfates de ces embruns sont souvent nettement supérieures à celles de l'eau de mer. De nombreuses sources de soufre non marines viennent s'ajouter aux sulfates marins et contaminent ainsi les mesures :

*Le soufre anthropogénique* provient de la combustion du soufre contenu dans les combustibles fossiles en particulier aux abords des grands centres industriels. Le soufre se transforme en  $\text{SO}_2$  et se trouve ainsi responsable des fameuses "pluies acides". Cette forme de soufre peut difficilement affecter la Nouvelle Calédonie.

*Le soufre biogénique* provient du dégagement de  $\text{H}_2\text{S}$  ou de DMS (diméthyl sulfite -  $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ ) libérées par la matière organique en milieu anaérobie dans les lagunes côtières et les marais, ou même aérobie par le métabolisme d'organismes marins de surface ou par les forêts.

*Le soufre dû aux éruptions volcaniques* peut être important à proximité des volcans actifs de l'arc insulaire des Nouvelles Hébrides, mais leur part dans les aérosols de la Nouvelle Calédonie est très réduite.

Le soufre dégagé lors des *feux de forêt* par la matière organique peut difficilement alimenter les aérosols de l'archipel néocalédonien en raison de la faible superficie relative de la forêt par rapport au domaine marin.

Il en va de même pour les *aérosols d'origine végétale* qui ne fournissent qu'une faible contribution au soufre total.

### 1.4 - LA CONCENTRATION PAR VOIE BIOCHIMIQUE

La matière organique a la propriété de concentrer le soufre, élément nécessaire à l'élaboration des tissus animaux ou végétaux. Ce soufre est contenu dans les sols et présent à l'état de traces, généralement sous forme de sulfates dans les sols oxydants ; il peut provenir de diverses sources : roche-mère, mer, embruns, etc.... Le rapport N/S des horizons humifères est généralement compris entre 6,6 et 10/1 (PROBERT, 1983). Ainsi, les sols organiques situés dans les zones hydromorphes contiennent plus de soufre (jusqu'à 2000 ppm) que les sols dérivant de basaltes ou de calcaires, eux-mêmes relativement riches en soufre (en moyenne 300 et 800 ppm de soufre dans les horizons organiques d'après WILLIAMS et RAUPACH, 1983). Lorsque la matière organique se minéralise, une faible partie de ce soufre rejoint la voie atmosphérique sous forme de  $\text{H}_2\text{S}$  ou de DMS, mais la majeure partie se minéralise en sulfates.

En milieu réducteur, riche en matière organique, des bactéries sulfato-réductrices (*Desulfovibrio sp.*) réduisent le soufre des sulfates. Celui-ci peut ainsi se concentrer sous forme de pyrite ou de greigite (DONER et LYNN, 1989). Ce phénomène est très classique dans les marais côtiers, les mangroves ou les dépôts estuariens. Replacés en conditions oxydantes, les sulfures s'oxydent à nouveau en sulfates sous l'influence de bactéries aérobies comme *Thiobacillus sp.* (Fig. 72). Ces sols sulfatés acides sont très fréquents dans les anciennes mangroves ou les polders (VIEILLEFON, 1977 ; VAN BREEMEN, 1982 ; MARIUS, 1985).

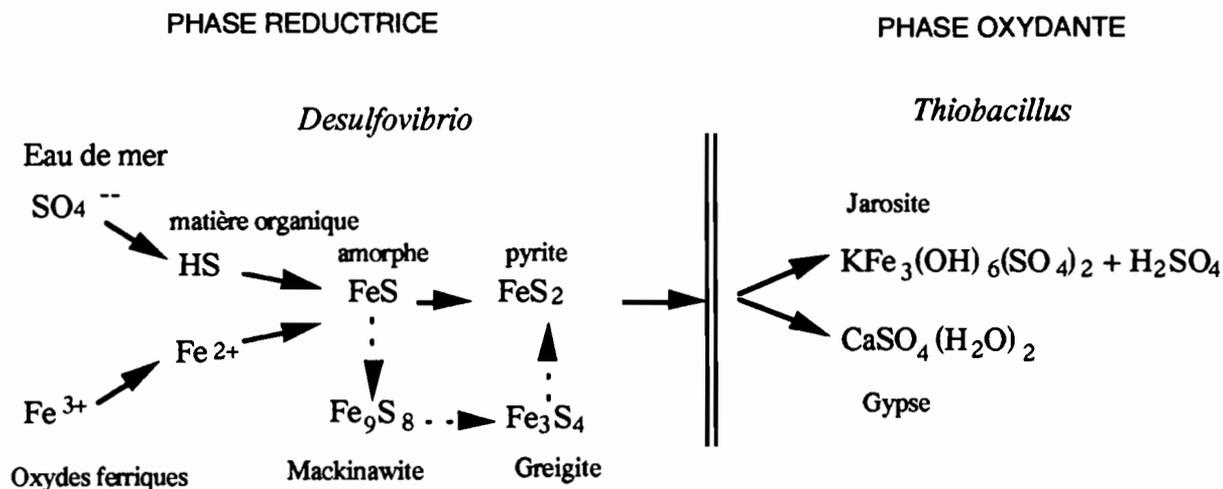


Figure 72 : Formation du gypse par voie biochimique (d'après VAN BREEMEN, 1982)

BALTZER (1965, 1982) a décrit dans le marais de Mara et surtout dans l'estuaire de la Dumbéa des accumulations de pyrite et de greigite dans des milieux organiques, salés et fortement réducteurs. Dans la partie orientale du tanne du marais littoral de Mara, le gypse se rencontre dans deux niveaux superficiels. Ils ont en commun un pH acide (le plus acide de tous les niveaux), un milieu réducteur, un taux de saturation en sels très élevé (le plus important de toute la série carottée).

Ils se distinguent à la fois par la morphologie des cristaux de gypse et par leur composition. **Les cristaux aciculaires** sont situés dans l'horizon le plus proche de la surface dans un environnement riche en fer amorphe, mais pauvre en matière organique. **L'origine de ces gypses serait évaporitique.**

**Les cristaux lenticulaires et en trapézoïdes** sont situés dans la strate sous-jacente, la plus riche en humates (provenant de la matière organique des palétuviers). Dans ce milieu carboné, l'action des bactéries sulfato-réductrices a dû être active ; l'exondation partielle des dépôts organiques, à la suite d'une phase régressive, provoque à présent l'oxydation des sulfures en sulfates. L'origine de ces gypses peut donc être considérée comme étant, au moins partiellement, biogénique.

## 1.5 - CONCLUSION

Les origines les plus probables des cristaux de gypse contenus dans les vertisols sont : l'origine continentale sans doute indirecte par l'oxydation des sulfures contenus dans les roches-mères et/ou d'origine marine par la voie éolienne (sous forme d'embruns ou d'aérosols). Cette dernière hypothèse est très favorable en Nouvelle Calédonie, en raison de son environnement marin très important, de la faible superficie relative des terres émergées excluant toute influence continentale majeure et de l'éloignement de la Grande Terre des volcans actifs.

*Afin de préciser l'origine du gypse, la détermination du rapport isotopique du soufre  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  contenu dans les cristaux de gypse s'est révélé un moyen nécessaire pour connaître la provenance du soufre contenu dans le gypse des sols argileux et à même de caractériser leur milieu de formation.*

## II - LES CARACTERISTIQUES ISOTOPIQUES DU SOUFRE DANS LE GYPSE

### 2.1 - MÉTHODOLOGIE

Le soufre possède 4 isotopes stables avec l'abondance naturelle approximative suivante :

$^{32}\text{S}$  : 95,02% ;  $^{33}\text{S}$  : 0,75% ;  $^{34}\text{S}$  : 4,2% ;  $^{36}\text{S}$  : 0,017% .

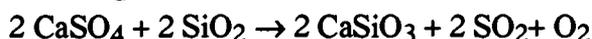
La majorité des analyses des isotopes du soufre se rapporte à la variation du rapport  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ . La composition isotopique du soufre d'un composé est habituellement exprimée par une valeur du  $\delta^{34}\text{S}$ . Cette mesure est définie par la déviation pour mille du rapport  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  du composé relatif au rapport d'un standard international : en l'occurrence, la phase troilite du météorite du Cañon Diablo (Arizona) qui possède un rapport  $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$  de 0,0450045 (AULT et JENSEN, 1963).

$$\text{Le } \delta\text{S de l'échantillon} = \left( \frac{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S}) \text{ échantillon}}{(^{34}\text{S}/^{32}\text{S}) \text{ standard}} - 1 \right) \times 1000.$$

En général, les sulfures des roches ignées sont isotopiquement similaires à ceux des météorites avec un  $\delta^{34}\text{S}$  proche de 0‰, tandis que les sulfates de l'eau de mer et les sulfates sédimentaires sont enrichis en isotopes lourds ( $^{34}\text{S}$ ), le  $\delta^{34}\text{S}$  variant de 10 à 30‰ en fonction de leur âge géologique. Actuellement la valeur du  $\delta^{34}\text{S}$  des sulfates marins est de +21. Les sulfures contemporains présentent un large éventail de composition isotopiques généralement enrichis en isotopes légers.

#### 2.11 - Expérimentation

Les cristaux de gypse analysés contiennent de nombreuses impuretés, argiles, carbonates, hydroxydes de fer. Pour cette raison, les gypses sont dissous dans de l'eau froide bidistillée. Puis, la solution est filtrée et évaporée. Le sulfate de calcium pulvérulent est ensuite mélangé avec de la silice. La mixture est grillée dans un four et produit du  $\text{SO}_2$  selon la réaction suivante :



Une réaction complète est obtenue en piégeant  $\text{SO}_2$  dans de l'azote liquide à  $-195^\circ\text{C}$ , puis  $\text{SO}_2$  est chauffé.  $\text{H}_2\text{O}$  est éliminé par un piège refroidi à  $-40^\circ\text{C}$ . Le dioxyde de soufre est ensuite piégé à  $-110^\circ\text{C}$ , ce qui le débarrasse du  $\text{CO}_2$ . Enfin, le rapport de la réaction est mesuré par l'intermédiaire d'un manomètre à mercure.

Les mesures des rapports sont effectués dans le double collecteur d'un spectromètre de masse VG 602 D et étalonnées par comparaison avec un gaz interne de référence. Toutes les mesures sont données par l'échelle de REES avec une incertitude  $2\sigma_{10}$  généralement meilleure que 0,05‰, la reproductibilité sur l'extraction étant de 0,2‰.

#### 2.12 - Les limites de l'interprétation isotopique

Jusqu'à une période récente, l'approche de l'étude des sulfures était orientée sur la variabilité des valeurs du  $\delta^{34}\text{S}$  et leur déviation depuis le réservoir géochimique principal du manteau supérieur et des sulfates marins. Il est à présent bien admis que les seules données de la composition isotopique du soufre sont généralement insuffisantes pour

définir la source du soufre, car d'importants fractionnements isotopiques interviennent dans la plupart des réactions chimiques (OHMOTO, 1972 ; ARNOLD et SHEPPARD, 1981).

L'estimation précise de la source de sulfures requiert de nombreux résultats complémentaires comme le pH, la température et la fugacité en oxygène ( $fO_2$ ), car dans les cas généraux, le processus d'oxydo-réduction est complexe. Pour cette raison, la composition isotopique de la source de soufre  $\delta^{34}S \sum S$  est déterminée par la composition du soufre dissous par l'équation suivante (OHMOTO, 1972) :

$$X_{H_2SO_4} \cdot \delta^{34}S_{H_2SO_4} + X_{SO_4^{2-}} \cdot \delta^{34}S_{SO_4^{2-}} + X_{SH_2} \cdot \delta^{34}S_{SH_2} + X_{SH^-} \cdot \delta^{34}S_{SH^-} = \delta^{34}S_{\sum S}, \text{ où } X_i \text{ est la fraction molaire du composant } i.$$

Dans ce cas, de nombreux paramètres (pH,  $T^\circ$ ,  $fO_2$ ) sont requis afin de résoudre le problème de la source de soufre (ARNOLD et GONGALEZ-PARTIDA, 1986).

Des difficultés similaires surviennent, lorsque des bactéries sulfato-réductrices comme *Desulfovibrio desulfurians* sont actives près de la surface des environnements marins, puisque la composition isotopique de  $H_2S$  produit dépend du taux de réduction du nutriment, de la température du milieu et de la concentration en sulfates dissous.

Ce genre de difficulté ne se pose pas dans le cas présent, car l'oxydation cinétique des sulfures en sulfates n'entraîne qu'un très faible fractionnement isotopique au niveau du bilan. En effet, NAKAI et JENSEN (1964) ont prouvé par expérimentation que l'oxydation de la pyrite en composés plus oxydés (soufre élémentaire ou sulfate) n'induit pas un enrichissement significatif en isotopes lourds. Plus récemment, le problème de l'oxydation des sulfures a été repris par GOLDHABER (1983). Il a été prouvé que quelques paliers importants, avec un fractionnement isotopique, se produisaient entre l'état initial : le sulfure ( $FeS_2$ ), et l'état final : le sulfate ( $SO_4^{2-}$ ), la seule forme thermodynamiquement stable (AGARWALA et al., 1965).

Mais, lorsque la réaction est complète, comme dans le cas des sols, le produit final a le même rapport isotopique que le produit initial.

### 2.13 - Application de la méthode au gypse présent dans les sols

Le fractionnement isotopique intervenant dans la cristallisation du gypse est inférieur à 2‰ (HARRISON et THODE, 1957). En se basant sur les considérations évoquées précédemment, il est théoriquement possible de déterminer la principale source de sulfates dans les multiples sites sur la côte ouest de la Grande Terre si, **au préalable, la composition de la source continentale est bien définie**. La part de l'origine marine est évaluée grâce à la relation suivante :

$$\text{le pourcentage marin (\%)} = 10^2 \left( \frac{(\delta^{34}S - \delta^{34}S_{cont})}{(\delta^{34}S_{mer} - \delta^{34}S_{cont})} \right)$$

où  $\delta^{34}S_{cont}$  et  $\delta^{34}S_{mer}$  représentent respectivement la composition isotopique continentale et marine et  $\delta^{34}S$  une valeur intermédiaire, en l'occurrence celle du gypse des vertisols.

*Il est important de faire remarquer que le choix de cette méthodologie ne permet que de déterminer l'importance relative des deux sources principales.*

## 2.2 - RESULTATS

### 2.21 - Détermination des modes de formation connus

#### Composition isotopique de la source continentale (Tab. XXXVII)

Deux échantillons de gypse d'origine continentale ont été analysés (Fig. 73 et 74). Le premier est constitué de gypse fibreux, prélevé dans des déblais de la mine Honfleur (Poya) et issu de l'altération de la chalcopyrite en filons dans les basaltes. Les mesures du

$\delta^{34}\text{S}$  sont de 0,99 et 0,97. Le second échantillon est constitué de gypse automorphe translucide et provient de la grotte sous coulée andésitique sur le volcan Hunter ; les mesures du  $\delta^{34}\text{S}$  sont de -3,81 et -4,34. Ainsi, conformément aux valeurs théoriques des roches ignées citées dans le chapitre précédent, les valeurs de  $\delta^{34}\text{S}$  sont proches de 0.

Tableau XXXVII : caractéristiques des cristaux de gypse d'origine continentale et marine

Echantillon	localisation géographique	morphologie des cristaux	taille des cristaux (cm)	environnement pédologique	environnement géomorphologique	distance de la mer (km)	$\delta^{34}\text{S}$
POY 1	*12 Poya, mine Honfleur	gypse fibreux	1 - 5	chalcopyrite, pyrite	déblais d'une mine de cuivre	8	0,99 $\pm$ 0.05 0,97 $\pm$ 0.05
HUN 1	flot Hunter, arc insulaire	prismes automorphes translucides	1 - 5	soufre, andésite	grotte sous coulée, volcan actif	< 0.5	- 3,81 $\pm$ 0.05 - 4,34 $\pm$ 0.05
MRA 22	*5 Moindou, marais de Mara	gypse aciculaire, baguettes	1 - 5	argile kaolinite-illite	marais, mangrove, tanne vif	0	19,23 $\pm$ 0.05
MRA 12	*5 Moindou, marais de Mara	prismes automorphes, translucides	0,5-1,5	argile kaolinite-illite	marais, mangrove, tanne vif	0	16,73 $\pm$ 0.05
NEP 1	*13 Poya - Nepoui	gypse pulvérulent niveau continu	< 0.1	interstratifications gypse- smectites	fond de grotte, karst	< 1	19,48 $\pm$ 0.05 19,20 $\pm$ 0.05

\* Localisation des sites de prélèvement : figures 73 et 74

**Composition isotopique de la source marine** (associée éventuellement à une voie biochimique). (Tab XXXVII).

La mesure du  $\delta^{34}\text{S}$  des cristaux aciculaires d'origine évaporitique du tanne du marais de Mara est de 19,23. La valeur du  $\delta^{34}\text{S}$  des niveaux pulvérulents de la grotte de Pindaï est de 19,48. Ces deux résultats sont voisins de la valeur du  $\delta^{34}\text{S}$  des sulfates marins qui est de +21.

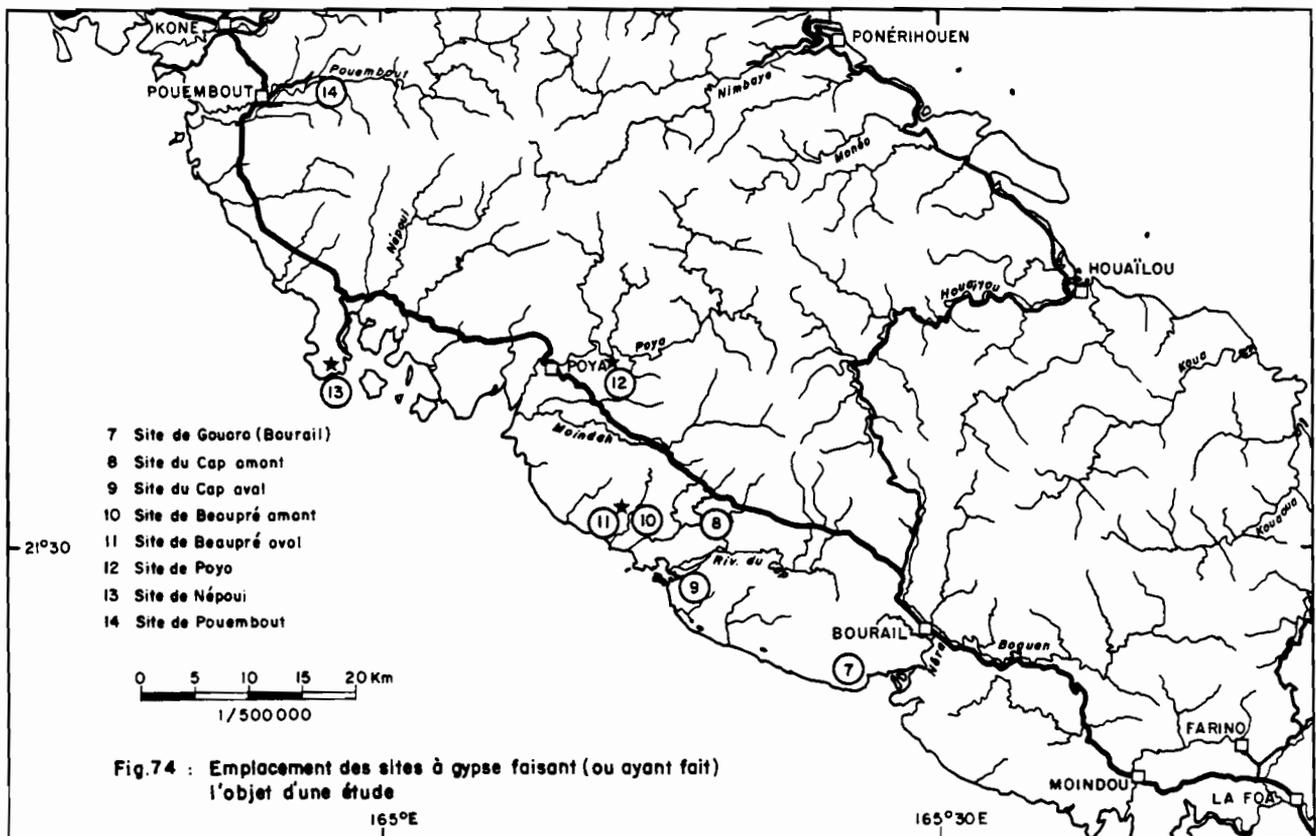
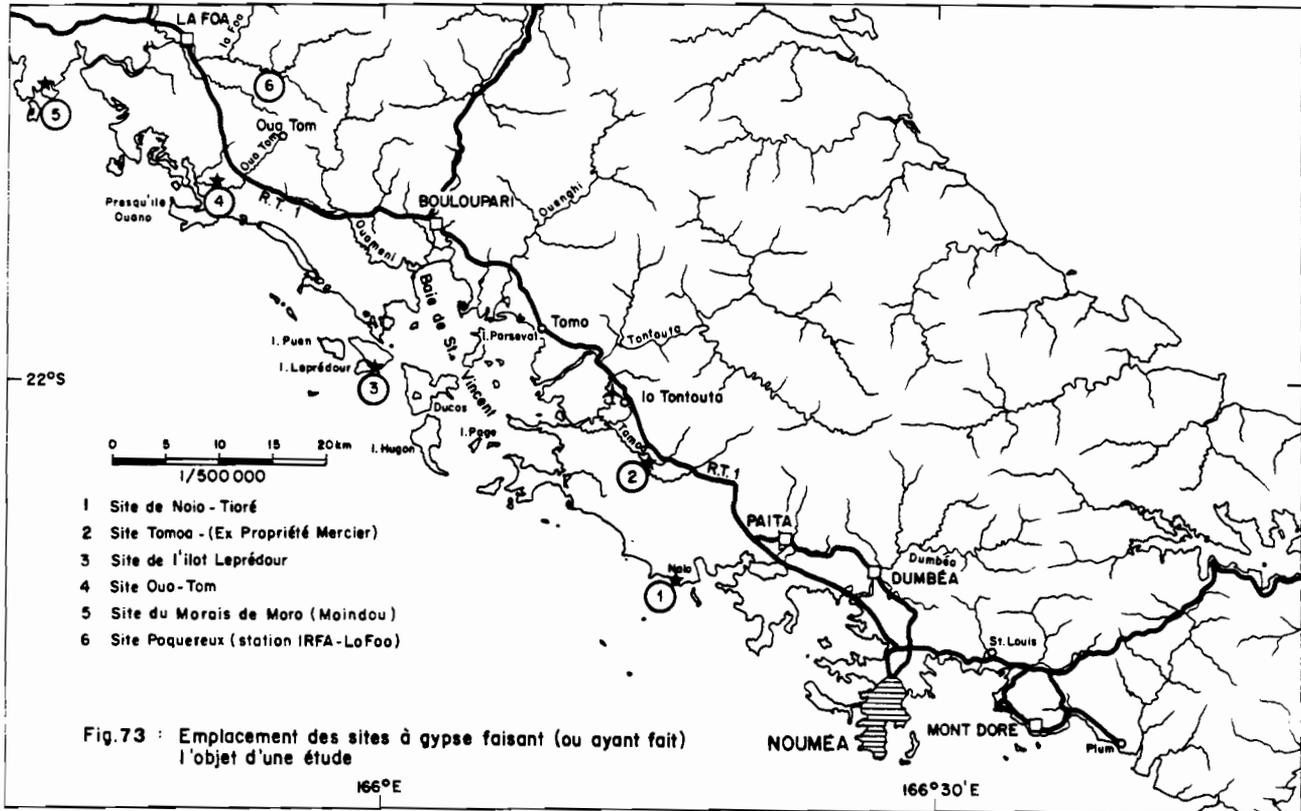
Les cristaux lenticulaires à automorphes du marais de Mara localisés dans un milieu plus riche en matière végétale noirâtre, possèdent un  $\delta^{34}\text{S}$  de 16,73, plus faible que pour les cristaux aciculaires. Leur origine en partie biochimique évoquée au paragraphe 2.3 est ainsi confirmée, car les bactéries sulfato-réductrices concentrent l'isotope léger dans les sulfures.

## 2.22 - Mesure des rapports isotopiques du gypse contenu dans les vertisols

### 2. 221 - Rappel des différentes formes du gypse dans les vertisols (Fig. 70)

Les cristaux de gypse **lenticulaires** de 0,5 à 5 cm de long sont situés à une profondeur de plus d'un mètre, au sein d'un matériau constitué de plus de 50 % d'argile de type smectite, sans aucune trace de matière organique ni de bioclastes. Leur proportion peut dépasser 25 % du poids du sol sec. Les cristaux lenticulaires sont orientés : la grande longueur occupe une position verticale (perpendiculaire aux contraintes latérales exercées dans les vertisols).

Les cristaux sont parfois agglomérés en **sphéroïdes**. Ces amas morphologiquement proches des roses des sables peuvent se concentrer en profondeur à partir d'un niveau de couleur noire de 10 à 20 cm d'épaisseur et en dessous de celui-ci. Ce niveau est teinté par les oxydes de manganèse qui revêtent également les amas gypseux. Il n'apparaît que dans les zones les plus basses ou les terrasses alluviales et traduit probablement le toit d'une ancienne nappe aquifère. Les amas plus volumineux que les lentilles, mais plus dispersés ont vraisemblablement été formés aux dépens de ces lentilles par le biais d'une dissolution-recristallisation du gypse lors le battement de la nappe aquifère.



La couleur des cristaux de gypse est fortement dépendante de la couleur du matériau encaissant. La couleur des minéraux est généralement beige pour des argiles dont la teinte varie de 10 YR 4/4, 5/4, 5/6 à 2,5 YR pour des chromas identiques. Les cristaux peuvent également être noirs (recouverts d'un dépôt d'oxydes de manganèse), ou orange vif dans les sols à taches rouille d'oxydo-réduction. Dans certaines séquences de sols sur calcaire gréseux, les cristaux peuvent être brun foncé comme l'est la teinte des argiles encaissantes, ou bicolores (cœur brun-rouge et périphérie beige) pour des horizons dont la couleur brun-rouge a évolué vers une teinte brun jaunâtre vraisemblablement à cause de la réduction des oxydes de fer.

## 2. 222 - Résultat des mesures

*Deux grands groupes de résultats se distinguent :*

*Dans le premier groupe (Tab XXXVIII), les rapports isotopiques sont compris entre 12 et 15 (TOM 000, TOM 1, PBT 1, FOA 1). Ces valeurs ont été enregistrées pour les cristaux en provenance de positions géomorphologiques identiques. Ils ont tous été prélevés dans les terrasses alluviales anciennes de trois rivières différentes. Les lieux de prélèvement sont assez éloignés de la mer (distance > 5 km) et l'origine des matériaux composant les terrasses est souvent complexe.*

Tableau XXXVIII : Caractéristiques des cristaux de gypse localisés dans les terrasses alluviales anciennes.

Echantillon	localisation géographique	morphologie des cristaux	taille des cristaux (cm)	environnement pédologique	environnement géomorphologique	altitude (m)	distance de la mer (km)	$\delta^{34}\text{S}$
TOM 000	*4 rivière Oua-Tom Boulouparis	cristaux agglomérés	1 - 3	smectites	haute terrasse alluviale	20	2,5	19,65 $\pm$ 0.05 12,40 $\pm$ 0.05 13,74 $\pm$ 0.05 13,27 $\pm$ 0.05
TOM 1	*4 rivière Oua-Tom Boulouparis	cristaux lenticulaires	0,5 - 3	"	"	"	2,5	13,55 $\pm$ 0.06 14,37 $\pm$ 0.04
FOA 1	*6 rivière Pocquereux La Foa	cristaux agglomérés	1 - 3	"	"	"	10	12,10 $\pm$ 0.06
PBT 1	*14 rivière Pouembout, Pouembout	cristaux agglomérés	1 - 3	"	"	"	7	12,52 $\pm$ 0.04 12,11 $\pm$ 0.05

\* Localisation des sites de prélèvement : figures 73 et 74

*Dans le second groupe (Tab. XXXIX), auquel appartient le plus grand nombre d'échantillons, les valeurs de  $\delta^{34}\text{S}$  sont supérieures à +15 et atteignent ou dépassent +20. Les cristaux proviennent tous de vertisols disposés au bas de versants de roches basiques. La distance des affleurements à la mer varie de 500 m à 5 km.*

*Deux sites majeurs ont été étudiés*

De nombreux échantillons ont été prélevés dans les vertisols de la séquence sur flyschs de la basse vallée de la Tamoà (série MER, Cf § 4) ou dans les séquences sur calcaire de la doline sommitale de l'îlot Leprédour (série LEP 16, 23 et 25). Les résultats montrent que, dans un même profil, les différentes morphologies de cristaux lenticulaires ou agglomérés, de teinte noire, rouge ou beige ont des valeurs de  $\delta^{34}\text{S}$  très voisines ; de la même façon, au sein d'une même séquence, les variations sont faibles : de 15,82 à 16,90 avec une exception à 18,39 pour la série MER et de 17,84 à 18,52 pour la série LEP.

*Aucune corrélation entre les valeurs de  $\delta^{34}\text{S}$  et la profondeur des échantillons ou leur positionnement au sein des séquences, n'a pu être mise en évidence.*

*Les autres sites analysés (Fig. 73 et 74) montrent que :*

- la nature de la roche-mère n'a pas une grande influence sur les valeurs du  $\delta^{34}\text{S}$  : pour des gypses prélevés dans des séquences de sols dont les roches-mères sont d'âge et de nature différentes, mais qui sont situées en bord de mer, les rapports isotopiques sont similaires et élevés ;

- pour une même roche-mère, l'éloignement des sites de la mer se traduit par une diminution du  $\delta^{34}\text{S}$  (Tab. XL). En guise d'exemple, l'échantillon TIA 1, enregistre une valeur du  $\delta^{34}\text{S}$  très élevée : 20,60, proche de celle de l'eau de mer. Or le site de prélèvement est localisé sur la même chaîne de flyschs éocène que le site MER, où les valeurs s'échelonnent entre 15,82 et 18,39, mais à une distance bien plus faible de la mer, sur un versant orienté "au vent" des alizés alors que la séquence MER est "sous le vent".

Tableau XXXIX : Caractéristiques des cristaux de gypse localisés au bas de séquences de sols sur roches basiques

Echantillon	Localisation géographique	morphologie des cristaux	taille des cristaux (cm)	environnement pédologique	environnement géomorphologique	altitude (m)	distance de la mer (km)	$\delta^{34}\text{S}$
MER 537	*2 La Tamoa Païta	cristaux noirs agglomérés	0,2-1	smectites ; niveau à $\text{MnO}_2$	séquence sur flysch	20	6-8	18,39 $\pm$ 0,05
MER 639	*2 "	lentilles	0,5-3	smectites	"	"	"	16,41 $\pm$ 0,05
MER 6310	*2 "	cristaux noirs agglomérés	1-10	smectites ; niveau à $\text{MnO}_2$	"	"	"	16,85 $\pm$ 0,05
MER 6311	*2 "	cristaux agglomérés	1-10	smectites ; sous niveau à $\text{MnO}_2$	"	"	"	16,90 $\pm$ 0,05
MER 546	*2 "	lentilles	0,5-3	smectites	"	"	"	16,70 $\pm$ 0,05
MER 547	*2 "	cristaux noirs agglomérés	1-10	smectites ; niveau à $\text{MnO}_2$	"	"	"	16,18 $\pm$ 0,05
MER 647	*2 "	lentilles	0,5-3	smectites	"	"	"	15,82 $\pm$ 0,05
MER 6410	*2 "	cristaux agglomérés	1-10	smectites ; sous niveau à $\text{MnO}_2$	"	"	"	15,91 $\pm$ 0,05
LEP 135	*3 îlot Leprédour Boulouparis	lentilles bicolores	0,3-2	smectites ; jaune	doline, séquence sur calcaire	170	0,5- 0,7	18,22 $\pm$ 0,05
LEP 136	*3 "	lentilles bicolores	0,2-3	smectites ; jaune et rouge	"	"	"	17,84 $\pm$ 0,05
LEP 235	*3 "	lentilles rouges	0,1-1	smectites ; rouge	"	"	"	18,15 $\pm$ 0,05
LEP 255	*3 "	lentilles bicolores	0,2-3	smectites ; jaune	"	"	"	18,17 $\pm$ 0,05
LEP 257	*3 "	cristaux rouges agglomérés	1-20	smectites ; rouge	"	"	"	18,52 $\pm$ 0,05
LEP 377	*3 "	lentilles	0,1-1	allotérite dans altérite de flysch	séquence sur flysch	10	0,2	19,43 $\pm$ 0,05
LEP 386	*3 "	lentilles	0,1-1	allotérite dans altérite de flysch	"	"	"	19,30 $\pm$ 0,05 19,89
TIA 1	*1 Tiare Païta	lentilles	0,2-3	smectites	séquence sur flysch	10	0,5	20,60 $\pm$ 0,04
GOU 1	*7 Gouaro Bourail	"	0,2-3	"	"	10	1-1,5	19,79 $\pm$ 0,06 20,12 $\pm$ 0,03
CAP 1	*8 aval rivière du Cap	"	0,2-10	"	séquence sur basalte	10	0,1-1	20,79 $\pm$ 0,05
CAP 2	*9 route du Cap Bourail	"	0,2-3	"	"	80	5-15	19,06 $\pm$ 0,03
POY 2	*11 Beaupré Poya	"	0,2-20	"	"	10	0,5-2	20,72 $\pm$ 0,04
POY 3	*10 Beaupré Poya	"	0,2-3	"	"	70	4-6	19,04 $\pm$ 0,05
ACO 1	Taom Ouaco	"	0,2-20	"	"	15	3-3	19,48 $\pm$ 0,06

\* Localisation des sites de prélèvements : figures 73 et 74.

Tableau XL : différences entre les valeurs de  $\delta^{34}\text{S}$  pour des gypses dans des sols dérivant de formations géologiques identiques, mais avec des éloignements différents à la mer.

Roche-mère	N° d'échantillon	Sites proches de la mer	éloignement à la mer	$\delta^{34}\text{S}$	Sites plus éloignés de la mer	éloignement de la mer	N° d'échantillon
flysch	TIA 1	*1	500m	20,60	15,82 à 18,39	6 km	MER *2
basalte	CAP 1	*9	1 km	20,79	19,06	15 km	CAP 2 *8
	POY 2	*11	2 km	20,72	19,04	6 km	POY 3 *10

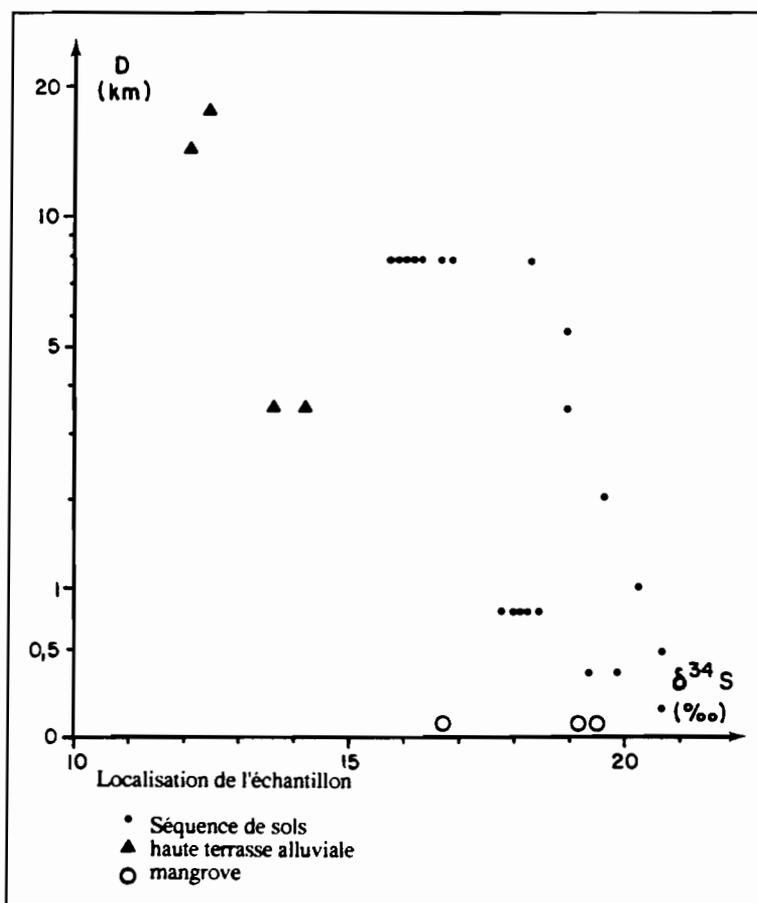


Figure 75 : Relation entre les valeurs de  $\delta^{34}\text{S}$  des cristaux de gypse et de leur éloignement à la mer.

### 2.3 - CONCLUSION

Les valeurs du  $\delta^{34}\text{S}$  des cristaux de gypse contenus dans les vertisols sont tous compris entre 10 et 21. Ces résultats portent à croire que le gypse s'est donc formé à partir d'une solution dans laquelle les atomes de soufre ont **deux origines différentes** :

- une fraction importante d'origine marine
- une fraction beaucoup plus restreinte d'origine continentale, qui augmente lorsque la distance entre le littoral marin et les points de mesure s'accroît (Fig. 75).

### III - DISCUSSION

Ces résultats analytiques sont-ils plausibles en fonction de l'environnement ? Une confrontation entre les conditions naturelles locales et les données analytiques s'impose.

#### Arguments en faveur d'une origine marine :

Les rapports isotopiques du soufre indiquent une origine marine du gypse, alors que les vertisols à gypse n'ont que très rarement subi une quelconque influence directe de la mer. La seule voie d'accès possible à des sulfates marins pour parvenir dans les sols

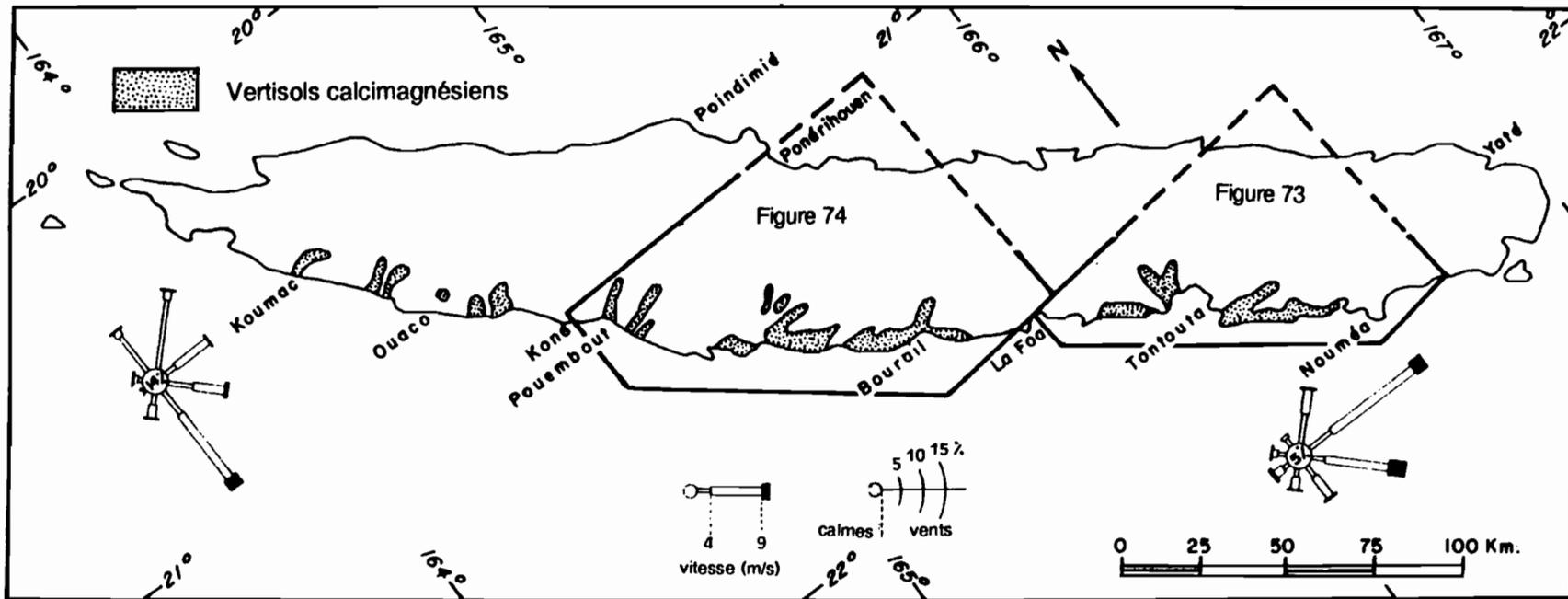


Figure 76 : Emplacement des zones d'étude des figures 73 et 74 ; Emplacement des vertisols calcimagnésiens à gypse.  
 Direction, fréquence et vitesse des vents enregistrés dans les stations de Koumac et de Nouméa.

serait la voie éolienne. Le soufre éolien peut avoir des origines très diverses (paragraphe 1.3). Les embruns sont générateurs d'aérosols et l'ion sulfate est un composant majeur des eaux de pluie recueillies à proximité des zones côtières (BERNER et BERNER, 1985, Tab. XLI). Les teneurs en sels des eaux de pluie sont également dépendantes de l'éloignement des points de mesure à la mer, de l'énergie locale des vagues et de la force et de la direction des vents dominants (ISBELL et al, 1983).

En Nouvelle Calédonie, ces paramètres sont vérifiés : quel que soit l'endroit où l'on se situe sur la Grande Terre, la mer est à moins de 20 km ; les vents alizés soufflent régulièrement d'une direction comprise entre l'ENE et le SE à Nouméa : plus de 200 jours par an avec une vitesse de 4 à 8 m/s (BAUDUIN et BRUNEL, 1981 ; Fig. 76) ; les vagues se brisent de façon régulière sur le récif barrière ceinturant de manière continue la Grande Terre. Le fréquent passage de dépressions cycloniques où des vents violents tournants sont associés à une mer très forte favorisent également la formation d'aérosols .

La direction des vents alizés du SSE n'a pas beaucoup varié durant le Quaternaire (BECKMANN, 1983). Cette affirmation, valable pour la côte NE australienne, est également confirmée en Nouvelle Calédonie par CABIOCH (1988). Ce dernier note une opposition dans l'altération des récifs coralliens émergés lors de la régression du Würm : les récifs coralliens de la côte est "au vent" sont alors beaucoup plus altérés que ceux de la côte ouest "sous le vent". De plus, les carottages effectués dans la calotte glaciaire de l'Antarctique montrent que durant la dernière glaciation, le resserrement des différentes zones climatiques (entre les zones équatoriale et polaire), dû à l'augmentation de l'étendue de la calotte glaciaire, a provoqué un renforcement considérable des vents. En effet, les carottes de glace datées de cette période glaciaire contiennent cinq fois plus de sels et vingt fois plus de particules solides que les glaces actuelles (LORIUS et al., 1979 ; PETIT et al., 1981). Cette période, durant laquelle se sont formés les vertisols, était donc tout à fait propice à l'accumulation des sels.

Pour une pluviométrie oscillant entre 400 et 800 mm/an, et une concentration en sulfates pouvant varier entre 1 et 2 mg/l, les quantités de sulfates déposées par la pluie sur une région côtière se situent entre 4 et 16 kg/ha/an (soit entre 0,4 et 1,6 kg/m<sup>2</sup>/1000ans), ce qui correspond parfaitement à la valeur moyenne de 15 kg/ha/an relevée sur la bordure côtière du SW australien (HINGSTON et GAILITIS, 1976) ; des valeurs très récentes provenant de la zone étudiée renforcent encore les quantités précédemment annoncées : 19 kg/ha/an pour l'archipel des Tonga (MANU et al., 1990) et entre 1,5 et 45 kg pour la Nouvelle Zélande, les valeurs les plus fortes étant enregistrées près des côtes (LEDGARD et UPSDELL, 1991).

Tableau XLI : Composition ionique des précipitations sur mer ou dans la bordure côtière de différents points du globe.

ION	Nouméa	Nlle Calédonie	moyenne	Océan	Hawaï	île	Côte W
	(10, 11/ 04/ 1989)		côtière	Atlantique		Amsterdam	Irlande
			mondiale	nord		Océan Indien	
<i>mg/l</i>	1	2	*	*	*	*	*
Cl <sup>-</sup>	15,98	93,37	6,00	5,10	9,63	7,38	36,42
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	3,84	13,44	1,45	1,20	1,92	1,47	6,29
Ca <sup>++</sup>	0,80	4,81	0,29	0,20	0,47	0,15	1,52
Mg <sup>++</sup>	1,34	6,56	0,45	0,20	0,92	0,46	2,59
Na <sup>+</sup>	9,20	52,44	3,45	2,80	5,46	4,07	21,00
<i>mé/l</i>							
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,08	0,28	0,03	0,03	0,04	0,03	0,13
Ca <sup>++</sup>	0,04	0,24	0,01	0,01	0,02	0,01	0,07

\* Sources : BERNER et BERNER, 1985

Les rapports ioniques des eaux de pluie relevées lors du cyclone Lili sont voisins des valeurs enregistrées dans le Pacifique Nord en général et à Hawaï en particulier (Tab.XLII).

Tableau XLII : Rapport moléculaire, en fonction de Cl<sup>-</sup>, des ions contenus dans l'eau de mer et de l'eau de pluie sur la mer ou les îles.

Rapport	Nouméa - Cyclone Lili		Eau de mer	Atlantique Nord	Atlantique Sud	Pacifique	Hawaï
	1	2					
			*	*	*	*	*
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Cl <sup>-</sup>	0,178	0,106	0,179	0,174	0,147	0,147	0,128
Na <sup>+</sup> /Cl <sup>-</sup>	0,889	0,867	0,888	0,847	0,875	0,851	0,890
Mg <sup>++</sup> /Cl <sup>-</sup>	0,245	0,205	0,219	0,115	0,279	0,182	0,208
Ca <sup>++</sup> /Cl <sup>-</sup>	0,089	0,091	0,086	0,069	0,086	0,036	0,074

Il n'y a pas de fractionnement chimique entre l'eau de mer et les aérosols (BERNER et BERNER, 1985). Les rapports isotopiques des cristaux de gypse sont toujours inférieurs à celui de l'eau de mer, même s'ils s'en rapprochent parfois d'assez près. Seule une partie du sulfate éolien en excès (uniquement celui d'origine biologique durant la phase de réduction par *Desulovibrio sp.*) et une source continentale font baisser ce rapport isotopique.

L'ion sulfate est plus abondant dans les embruns que l'ion calcium (Tableau XLI) ; inversement les flyschs et les basaltes ne contiennent qu'une faible part de soufre (moins de 0,1% de SO<sub>2</sub>, Cf § 2). Les cristallisations de gypse seront facilitées par la présence d'une source abondante de calcium. Ce dernier est libéré massivement lors de l'altération de roches basiques (les basaltes contiennent en moyenne de 8 à 10% de CaO : PARIS, 1981).

### Arguments en faveur d'une origine du soufre partiellement continentale

Les valeurs de δ<sup>34</sup>S des gypses dans les vertisols de toposéquences décroît dans les sites de prélèvement situés en altitude ou éloignés de la mer. Selon ISBELL et al (1983) et LEDGARD et UPSDELL (1991), les teneurs en sels des eaux de pluie chutent très rapidement en s'éloignant du littoral et ce, d'autant plus que ces eaux sont riches en sels. Les enregistrements effectués dans le SE australien montrent que, si les teneurs en chlorures chutent fortement en fonction de l'éloignement des stations à la mer, les teneurs en sulfates baissent de façon beaucoup moins brutale (BLACKBURN et Mc LEOD, 1983). LEDGARD et UPSDELL (1991) ont également montré que 80% des sulfates contenus dans les eaux de pluie de la bordure côtière néo-zélandaise provenaient de l'eau de mer contre 10% à l'intérieur des terres. Si les quantités absolues de soufre importées par les embruns décroissent vers l'intérieur des terres, la part relative du soufre d'origine continentale provenant de l'oxydation de sulfures augmente. Cette augmentation reste limitée pour les sols situés sur une roche-mère homogène contenant peu de sulfures. En effet, en Nouvelle Calédonie, les roches fournissant à la fois des ions calcium et des sulfates nécessaires à la néoformation de cristaux de gypse sont peu fréquentes (Inventaire minier du BRGM). La "formation des basaltes" contient des traces de sulfures pouvant se concentrer très localement (exemple du gypse continental de Poya), mais les concentrations en soufre (< 0,1%) semblent généralement insuffisantes pour générer tout le gypse contenu dans les vertisols. Les rapports isotopiques des gypses localisés dans les séquences de sols sur basalte ou flysch volcano-sédimentaire dérivant de la formation des basaltes ne sont jamais inférieurs à 16.

Les rapports isotopiques les plus bas ont été enregistrés dans les terrasses alluviales anciennes. Dans ces terrasses alluviales, les mélanges de matériaux d'origines diverses permettent d'envisager des sources différentes pour les composants du gypse :

- Le soufre proviendrait des "formations à charbon", du Sénonien riches en pyrites (PARIS, 1981). Ces formations siliceuses sont par contre pauvres en calcium.
- L'ion calcium provient de l'altération des basaltes ou des roches volcano-sédimentaires. Par ailleurs, dans ces zones, les quantités absolues de gypse sont souvent faibles et les cristaux de gypse sont localisés dans les franges de battement d'anciennes nappes aquifères qui ont sans doute facilité le brassage des ions issus de sources différentes.

#### IV - CONCLUSION

La composition isotopique du soufre des cristaux de gypse contenus dans les vertisols de Nouvelle Calédonie révèle une double origine :

- Les gypses situés dans les séquences de sols sur pente, en particulier en bord de mer, ont un  $\delta^{34}\text{S}$  élevé (entre 16 et 20‰), proche de celui de l'eau de mer (+21‰), alors que pour le soufre d'origine continentale les valeurs de  $\delta^{34}\text{S}$  sont proches de 0‰. Les rapports isotopiques des gypses des vertisols sur toposéquence décroissent vers l'intérieur des terres, renforçant l'idée d'une baisse relative de l'influence marine. La source de soufre ne peut provenir que des embruns qui sont abondants en raison de la proximité de la mer, du vent constant, de la fréquence des cyclones. L'intensité du vent était encore plus forte durant la dernière période glaciaire, lors de la formation des vertisols. Les apports de sulfates peuvent être estimés actuellement à plus de 10 kg/ha/an.
- Les valeurs du  $\delta^{34}\text{S}$  des gypses décroissent lorsque l'on s'éloigne du littoral marin. La part marine reste largement dominante, toutefois l'influence continentale abaisse les valeurs du  $\delta^{34}\text{S}$ , qui atteignent un minimum (entre 14 et 16‰), pour les sols situés dans les terrasses alluviales anciennes bien éloignées de la mer. La fraction continentale des sulfures a souvent une origine complexe : certaines roches comme les formations à charbons de l'Anisien ou du Sénonien libèrent des sulfates par oxydation des sulfures, d'autres, comme les basaltes, libèrent des ions calcium par hydrolyse des minéraux primaires. Les mélanges de matériaux constituant les terrasses alluviales facilitent l'association des ions nécessaires à la néoformation du gypse, en particulier dans des anciens niveaux de battement de nappe aquifère .



# CHAPITRE SEPT

MISE EN PLACE DES VERTISOLS ET  
DU GYPSE

EVOLUTION ACTUELLE DES SOLS

## CHAPITRE SEPT

### MISE EN PLACE DES VERTISOLS ET DU GYPSE EVOLUTION ACTUELLE DES SOLS

#### I - MECANISME DE LA MISE EN PLACE DES VERTISOLS

##### *Les vertisols lithomorphes*

Les vertisols lithomorphes, au sens strict, se développant exclusivement sur un matériau basique, sans influence colluviale, ont une profondeur généralement inférieure à 1,0m, limite inférieure de la pédoplasation. Ces vertisols ne contiennent pas de gypse. La différenciation entre les vertisols lithomorphes au sens strict et les vertisols dérivant de colluvions de roches basiques est impossible à déterminer en raison du brassage des sols occasionné par les mouvements internes ou "self mulching" des vertisols. Seule la présence de lithoreliques ou l'épaisseur anormale des vertisols permet de conclure à leur développement à partir de colluvions.

##### *Les vertisols sur colluvions*

Les vertisols de la région de Tiaré sont composés de plusieurs mètres d'argiles à gypse. Les éléments grossiers relictuels soulignent la nature colluviale du matériau originel. Une pédoplasation s'opérant à partir de l'altérite soumise à un drainage oblique, puis un approfondissement du sol, avec une "invasion remontante de la montmorillonite" (BOCQUIER, 1971) est peu probable à une si petite échelle, sur des pentes aussi fortes et dans un laps de temps assez court. Le mécanisme le plus simple et le plus satisfaisant pour expliquer la formation de ces sols, serait une succession de dépôts peu épais, décalés dans le temps, selon une durée suffisante pour permettre à chacun de ces dépôts successifs d'évoluer en vertisols. Ces dépôts peuvent provenir de l'érosion de sols bruns déjà bien évolués, comme il s'en produit actuellement sur la plupart des versants abrupts des collines basaltiques (érosion en "pied de vache", § chapitre 2.1). En effet, la pédoplasation n'est active que dans le mètre supérieur des vertisols et dans une moindre mesure à l'interface sol-altérite ; de plus, les mouvements des vertisols en deçà de 1,20 m sont très réduits (ZEIN EL ABEDINE et ROBINSON, 1971a). La présence de faces de glissement à des profondeurs supérieures à 5,00 m montre que les processus de brassage, propres aux vertisols, sont intervenus entre chaque phase de dépôt. L'ensemble du profil est ensuite homogénéisé et les horizons vertiques ont ainsi pu atteindre une épaisseur de plusieurs mètres. Le piégeage du gypse intervient durant toutes les phases successives de colluvionnement.

##### *Les vertisols sur alluvions*

La formation des vertisols sur alluvions peut être tout à fait comparable à celle des vertisols colluviaux : une pédoplasation poussée affecte chacun des dépôts successifs. Néanmoins, pour les vertisols alluviaux, une accumulation d'argile héritée, bien que fort peu probable, est cependant possible. En envisageant un dépôt argileux à raison d'un millimètre par an, il ne faut guère que 1000 ans pour former un vertisol de type alluvial. Mais, ce matériau proviendrait de l'amont des bassins versants où la pluviométrie élevée favorise plutôt la néoformation de kaolinite et non pas celle de smectites. Seules quelques traces de kaolinite recensées parmi les argiles de la terrasse supérieure de la Tamoa attestent cet héritage.

Comme dans toutes les vallées alluviales, la granulométrie des dépôts diminue depuis la rivière vers les bordures de la vallée alluviale et de la base vers le sommet des dépôts. Ainsi la pédoplasation affecte en premier lieu les matériaux fins de subsurface, d'où leur évolution rapide en vertisols, sous climat contrasté : c'est le cas des vertisols "topomorphes" sur alluvions dans l'Est australien (HUBBLE et ISBELL, 1983 ; BUTLER et al. 1983) ; c'est également le cas de la plupart des vertisols du Soudan (BLOCKHUIS et al.,

1964) et de ceux du nord Cameroun comme dans la vallée de la Bénoué (GAVAUD et al., 1976). En Nouvelle Calédonie, il semblerait plutôt que, contrairement aux vertisols de la cuvette tchadienne ou de la vallée du Nil, qui se sont formés durant une période à pluies fines et régulières, à partir d'un matériau fin loessique (MALEY, 1982, 1983), les dépôts alluviaux sont plus grossiers, composés de matériaux plus sableux et qui se sont déposés à l'occasion de crues violentes, caractéristiques d'un climat plus aride et plus contrasté.

## II - MECANISME DE LA MISE EN PLACE DU GYPSE

Dans le chapitre précédent, il a été démontré que la source principale des sulfates était contenue dans les eaux de pluie. Après lixiviation des sels déposés sur les reliefs, la concentration des sulfates et leur piégeage sous forme de gypse s'effectue dans les zones où le drainage externe est le plus réduit : en aval des séquences sur pente ou dans des terrasses alluviales très planes (STOOPS et ILAIWI, 1981). Mais ces eaux de pluie chargées de sels tombent indifféremment sur d'autres types de sols qui, pourtant, ne contiennent pas de gypse. Comment le gypse a-t-il pu se concentrer dans les seuls vertisols calcimagnésiens ?

Une partie de la réponse est déjà apparente dans les conclusions de l'étude des vertisols de l'îlot Leprédour : les vertisols sur calcaire dur, qui font partie d'un milieu confiné hydraté, contiennent peu de sels, les cristaux de gypse sont rares et très altérés, alors que les vertisols se développant sur des calcaires gréseux génèrent un milieu hydromorphe, favorable à l'accumulation des sels, et en particulier du gypse sur une grande épaisseur. *La première condition nécessaire à la concentration des sels doit être une très faible perméabilité du sol.* Pourtant, il existe bien des solonetz solodisés ou des planosols très peu perméables qui ne contiennent pas de sels, tout comme certains vertisols magnésiens ou hypermagnésiens. Cette première condition n'est donc pas suffisante.

### 2.1 - LES PROPRIETES DE GONFLEMENT-RETRAIT DES VERTISOLS

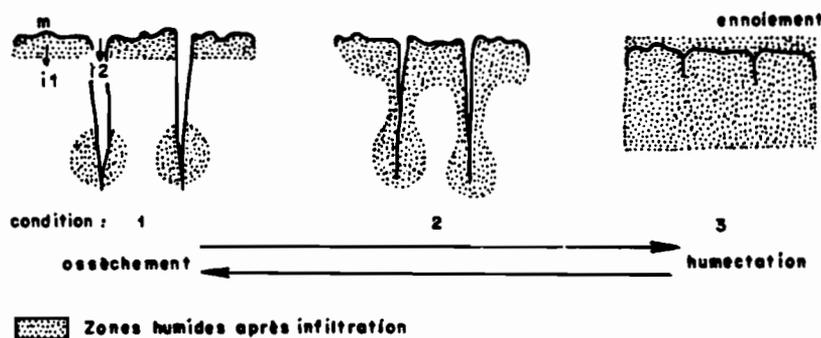


Figure 77 : Diagramme schématisant les effets de l'humectation-dessiccation des sols à argiles gonflantes (BOUMA et LOVEDAY, 1988)

Ce sont les propriétés spécifiques des vertisols qui permettent le piégeage des sels. Les argiles dominantes des vertisols sont des smectites qui ont la propriété de gonfler durant la saison des pluies et de se rétracter durant la saison sèche en formant de larges fentes de retrait depuis la surface du profil jusqu'à une profondeur pouvant atteindre 1,00 m. Durant la saison humide, les eaux de pluie chargées de sels pénètrent à la surface des agrégats (Fig 77, i1), et dès que la microporosité des agrégats est saturée, les eaux vont pénétrer plus profondément dans le sol par la macroporosité soulignée par les fentes de retrait (Fig 77, i2). Ainsi, l'eau pénètre directement à 60 ou 80 cm de profondeur, à la limite inférieure des fentes de retrait (TALSMA et VAN DER LELY, 1976 ; BOUMA et LOVEDAY, 1988). La conductivité hydraulique des smectites étant quasi-nulle,

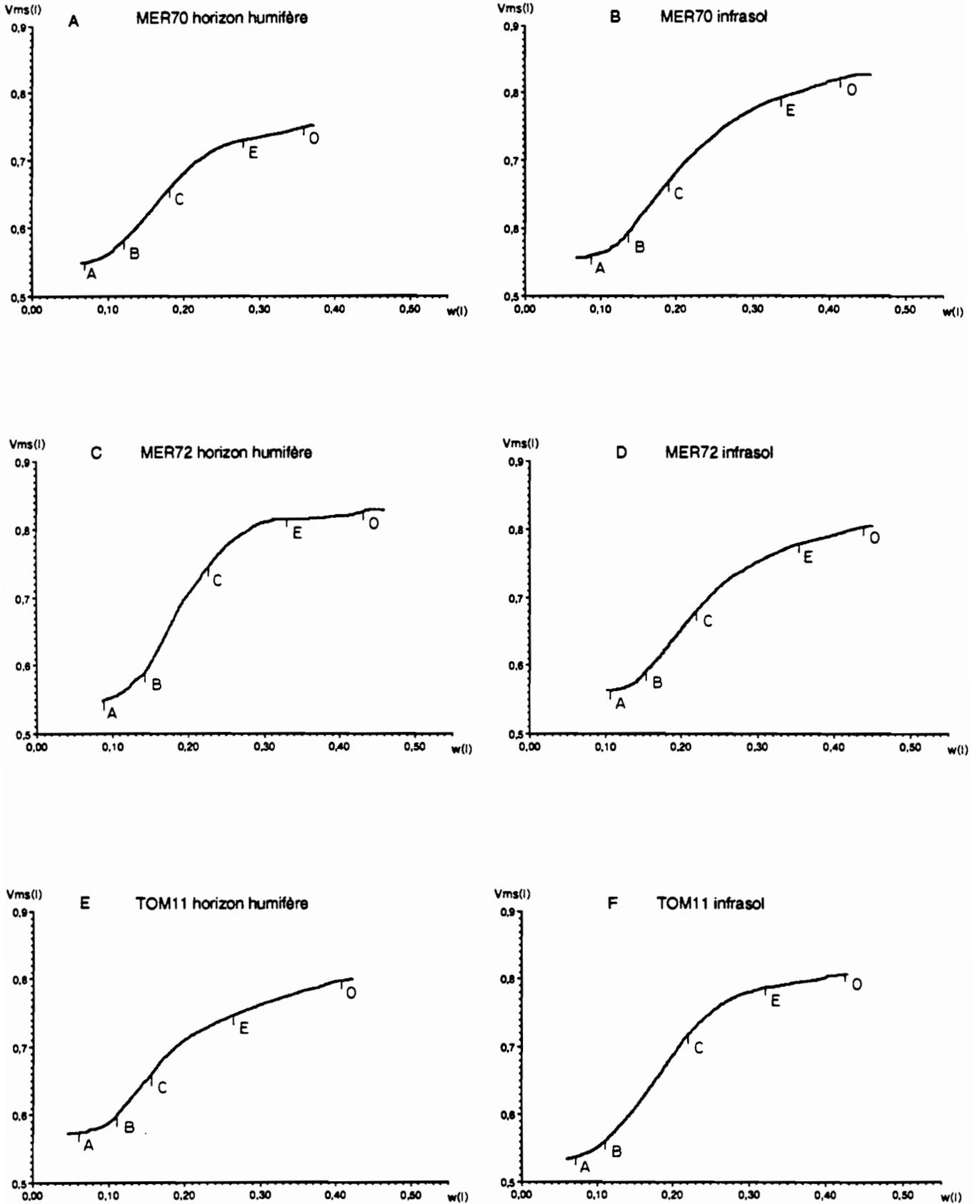


Figure 78

de l'ordre de  $10^{-7}$  cm/jour, (JOUANY, 1981), dans les vertisols, l'essentiel des circulations d'eaux et de solutions s'effectue rapidement par la macroporosité, représentée principalement par une porosité planaire comme les fentes de retrait (BOUMA et al., 1977). Mais, lorsque le sol se réhumecte, les smectites gonflent, la taille de la macroporosité décroît rapidement, et le système devient imperméable.

## 2.2 - LA MESURE DU GONFLEMENT-RETRAIT DES VERTISOLS DE NOUVELLE CALÉDONIE

Ces propriétés de gonflement - retrait des smectites ont fait l'objet de nombreuses recherches, tant dans le domaine minéralogique, comme celles de TESSIER et PEDRO (1980), TESSIER (1984) ou WILDING et TESSIER (1988), que dans des domaines plus appliqués comme la diffusion de l'eau dans les vertisols pour l'agriculture, ou comme les propriétés mécaniques de ces matériaux pour le génie civil. Pour mieux connaître les propriétés de gonflement-retrait des vertisols de Nouvelle Calédonie, quelques échantillons de sols ont été étudiés à l'aide du rétractomètre expérimental de Bondy. Cet appareil enregistre en continu la courbe de retrait des sols (TESSIER, 1980 ; BRAUDEAU, 1988a, 1988b). Un palpeur mesure la rétraction linéaire de l'échantillon, et une balance mesure une perte de poids en eau. En supposant que le sol soit un milieu isotrope et que rétraction de l'échantillon soit homogène, on peut en déduire une rétraction volumique, exprimée par le déplacement de l'échantillon  $V_m(I)$  ou volume massique en  $\text{cm}^3/100\text{g}$  lorsque le volume d'eau ( $w(I)$  en  $\text{cm}^3/100\text{g}$ ) contenu dans le sol diminue.

Quatre profils différents de vertisols ont été testés :

- un vertisol calci-magnésien à gypse de la séquence de la basse Tamoa,
- un vertisol magnésien, du milieu de la terrasse alluviale de la basse Tamoa
- un vertisol acide et sodique à gypse de la terrasse moyenne de la Oua-Tom
- un vertisol hypermagnésien sur serpentinite de la région de La Foa.

Ce sont les premières mesures jamais effectuées par cet appareil sur des vertisols, et le nombre de répétitions des mesures demeure très insuffisant pour établir des conclusions définitives. Néanmoins, les courbes de retrait ainsi obtenues nous renseignent sur certaines propriétés des vertisols. Le retrait global est fonction du taux d'argile et sans doute de leur degré de cristallinité (Fig. 78, Tab. XLIII). Ce retrait est plus faible (23 et 37%) dans l'horizon humifère appauvri en argile du vertisol acide et sodique (TOM 11, graphe E), ou dans l'infrasol argilo-sableux du vertisol magnésien de la basse Tamoa (42% - MER 72, graphe D), que dans les horizons très argileux où il oscille entre 47 et 57% (graphes B, C, F). Les retraits les plus importants sont obtenus pour des teneurs en

Figure 78 : courbe de retrait de certains horizons caractéristiques de vertisols

A : horizon humifère d'un vertisol calci-magnésien à gypse ; horizon de surface légèrement appauvri en argiles. MER 70 # MER 63 ou MER 54.

B : infrasol : horizon verticale d'un vertisol calci-magnésien à gypse

C : horizon humifère d'un vertisol magnésien

D : infrasol : horizon verticale d'un vertisol magnésien argilo-sableux

E : horizon humifère d'un vertisol acide et sodique à gypse ; horizon de surface appauvri en argiles

F : infrasol : horizon verticale d'un vertisol acide et sodique à gypse

La courbe de retrait est exprimée par un volume d'eau contenu dans l'échantillon ou  $w(I)$  exprimé en  $\text{cm}^3/100\text{g}$ , en fonction du volume massique de l'échantillon ou  $V(I)$ , exprimé en  $\text{cm}^3/100\text{g}$ .

Les points caractéristiques de la courbe sont :

- A : limite de retrait
- B : point d'entrée d'air micro
- C : point sec macro
- E : début du retrait micro
- 0 : point d'entrée d'air macro

TABLEAU XLIII : Propriétés physiques de certains échantillons de vertisols d'après les mesures de la courbe de retrait.

NOM de l'échantillon	TOM 11H0	TOM 11H1	TOM 14B	MER 70H0	MER 70H2	MER 70B4	MER 70B5	MER 72H2	MER 72H4	MER 72B5	FOA 5H	FOA 3B
K0	0,346	0,262	0,172	0,203	0,253	0,376	0,325	0,503	0,0283	0,316	0,316	0,46
KrC	1,395	1,212	1,332	1,27	0,924	1,4	1,21	1,4	1,4	1,305	1,074	1,075
KrB	1,383	1,192	1,062	1,21	1,058	1,156	1,194	1,245	1,331	0,917	1,152	1,132
<b>MASSES VOLUMIQUES SECHES g/cm<sup>3</sup></b>												
de la phase solide	2,62	2,63	2,7	2,62	2,55	2,73	2,68	2,71	2,67	2,73	3,04	2,93
de l'échantillon sec	1,73	1,85	1,87	1,82	1,75	1,78	1,79	1,9	1,82	1,78	1,73	1,63
de l'échantillon humide	1,25	1,49	1,25	1,34	1,26	1,19	1,21	1,22	1,22	1,24	1,21	1,03
de l'échantillon au point E	1,34	1,54	1,28	1,37	1,29	1,26	1,26	1,36	1,23	1,28	1,23	1,04
<b>RETRAIT GLOBAL %</b>	<b>37,91</b>	<b>23,05</b>	<b>50,05</b>	<b>36,81</b>	<b>39,53</b>	<b>47,27</b>	<b>48,26</b>	<b>53,63</b>	<b>50,51</b>	<b>42,67</b>	<b>44,7</b>	<b>57,5</b>
<b>POINTS CARACTERISTIQUES (eau en cm<sup>3</sup>/g)</b>												
Limite de retrait % wA	7,51	5,87	7,26	7,04	6,99	9,58	9,67	7,33	9,37	10,79	13,45	18,06
Pt d'entrée d'air micro % wB	11,13	12,5	11,16	12,56	15,44	13,63	14,94	14,4	14,26	15,11	24	26,17
Pt de saturation micro % wC	15,87	17,7	22,31	18,9	29,15	19,55	24,87	21,83	23,17	22,62	30,79	32,19
Capacité de rétention % wE	26,5	20,79	32,76	28,56	32,78	34,55	34,96	28,43	33,6	35,87	44,91	62,06
Pt de saturation maximum w0	41,69	29,31	43,08	36,56	40,35	47,66	45,5	44,88	44,32	43,95	50,02	62,72
<b>POROSITES CONSIDEREES EN E (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)</b>												
Porosité totale %	48,82	41,61	52,71	47,81	49,54	53,83	52,95	49,76	54,05	53,09	59,66	64,67
Porosité structurale %	21,6	12,42	18,66	16,41	10,01	21,3	16,34	16,33	20,25	16,98	14,41	18,38
Porosité texturale %	27,22	29,19	34,05	31,4	39,53	32,52	36,61	33,43	33,8	36,11	45,15	46,29
<b>VOLUMES PORAUX DE L'ECHANTILLON SEC (cm<sup>3</sup>/g)</b>												
Vol. poral total %	19,64	15,99	16,42	16,76	17,84	19,44	18,36	15,59	17,59	19,7	24,92	27,31
Vol. poral macro %	10,03	6,27	6,89	6,51	5,93	7,5	5,62	4,15	5,38	6,39	5,33	4,53
Vol. poral micro %	9,62	9,73	9,53	10,25	11,91	11,94	12,74	11,44	12,22	13,31	19,59	22,79
<b>RESERVES EN EAU ET EN AIR (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)</b>												
Réserve facilement utilisable %	8,29	2,76	7,76	7,69	2,72	11	7,39	5,21	7,45	9,89	10,11	18,01
Réserve d'eau utile %	12,31	9,98	19,81	14,21	19,63	15,36	17,8	13,85	16,29	16,73	15,62	19,18
Eau résiduelle %	12,88	14,95	12,16	14,03	15,35	15,04	16,03	15,56	15	17,07	24,11	23,6
Capacité à l'air %	13,31	9,66	10,9	8,72	7,28	10,31	8,86	11,12	12,8	7,09	4,3	0,37

H : horizon humifère ; B : horizon vertique

TOM : vertisol acide et sodique à gypse ; MER 70 vertisol calcimagnésien à gypse ; MER 72 vertisol hypomagnésien sur alluvions ; FOA : vertisol hypomagnésien sur serpentinites

eau du sol oscillant entre 15 et 30%. Les teneurs en eau mesurées dans les vertisols de la basse Tamoia varient généralement entre 15 et 25%, avec quelques valeurs de 30% après une période pluvieuse. Ces teneurs en eau sont souvent inférieures à la teneur en eau à pF 4,2 marquant le déficit hydrique de ces sols et sont très loin d'atteindre les teneurs en eau à la capacité au champ à pF 2,5, environ 40% (Fig. 79).

## 2.3 - LA CIRCULATION DE L'EAU DANS LES VERTISOLS

Les mesures du rétractomètre ne se font que dans un sens, celui de l'assèchement. Jusqu'à présent, aucun essai n'a été fait pour mesurer la vitesse de gonflement d'un sol par hydratation progressive, comme ce qui s'observe en cas de forte pluie par exemple. Cependant, TESSIER et PEDRO (1980), estiment que le gonflement des smectites est d'autant plus important en pourcentage que le taux d'humidité de départ est faible. Cette alternance gonflement-rétraction est évidemment très sensible aux variations climatiques et on peut penser que l'assèchement des vertisols était sans doute bien plus important durant la période sèche de la dernière glaciation.

Lorsque la porosité se referme lors de l'humidification, les macroporosités des structures non lissées des horizons humifères de surface (structure anguclodé polyédrique à prismoclode) demeurent encore efficaces ; par contre, les structures lissées des faces de glissement se referment de façon relativement étanche, d'où une diffusion horizontale moindre (BOUMA et al., 1977 ; BOUMA et WÖSTEN, 1979). *C'est pourquoi l'augmentation de la teneur en sels solubles augmente brutalement lorsque le drainage interne décroît, c'est-à-dire lorsque la structure prismatique passe à une structure verticale, entre 0,60 et 0,80 m.* Le maximum est atteint vers 1,00 m de profondeur avec la structure verticale au sens strict, où les faces des agrégats sont toutes lissées. A partir de cette profondeur, la quasi-totalité de la circulation d'eau gravitaire s'effectue exclusivement le long des faces structurales, qui souvent se décolorent ou adoptent une teinte vert pâle due au fer réduit. C'est également au niveau de ces fentes que sont observées les cristallisations de gypse les plus en aval, et les plus en profondeur de la séquence de La Tamoia. ADAMS et al. (1969) et SELIM et DON KIRKHAM (1970) ont mesuré, de manière expérimentale au laboratoire, dans des vertisols des teneurs en eau constantes tout au long de l'année à 0,60 m de profondeur. Cette profondeur est d'environ 1,00 m pour certains vertisols de Nouvelle Calédonie (DENIS, 1979). Dans les chapitres précédents, il a été démontré que cette limite inférieure, qui correspond à la présence du gypse, était également une limite d'altération : les minéraux lourds tels les enstatites étaient peu altérés au-delà de cette profondeur.

Après la pénétration des sels, l'assèchement du sol s'effectue également grâce à la présence des fentes. D'après la première loi de FICK<sup>1</sup>, cet assèchement est fonction du différentiel de pression partielle de vapeur d'eau entre la lame d'eau évaporée et le milieu extérieur, mais dans le cas de la présence de fentes de retrait qui font office de "cheminée" ou de "sifflet" (JOUANY, 1981), cet assèchement dépend surtout du vent, de la taille et de la profondeur des fentes (ADAMS et HANKS, 1964 ; ADAMS et al., 1969 ; SELIM et DON KIRKHAM, 1970 ; JOUANY, 1981).

---

<sup>1</sup>Première loi de Fick :  $q = -D \frac{(p_1 - p_0)}{x}$

q = flux

D = coefficient de diffusion dans l'air

p<sub>1</sub> = pression partielle de vapeur saturante

p<sub>0</sub> = pression partielle de vapeur dans l'air

x = distance

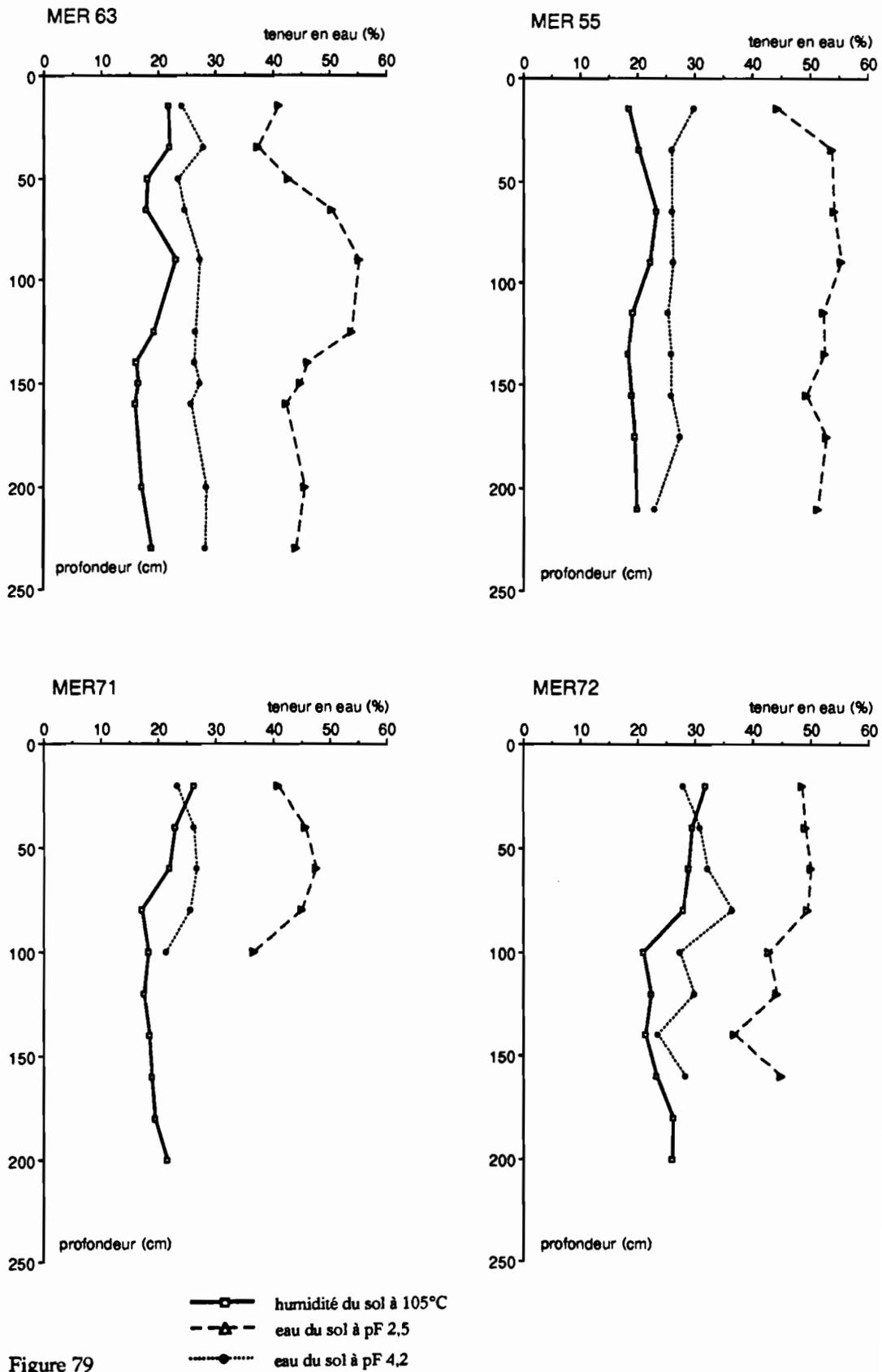


Figure 79

Profils hydriques de différents vertisols de la basse Tamoia à la fin de la saison humide

MER 63 : vertisol calcimagnésien à gypse

MER 55 : vertisol magnésien

MER 71 et 72 vertisol hypermagnésien

Deux conditions essentielles sont donc nécessaires à l'accumulation de sels dans les sols par l'intermédiaire des fentes de retrait : **des conditions minéralogiques** car seules les smectites peuvent se rétracter et créer dans le sol des fentes de retrait aptes à piéger à leur base, de l'eau chargée de sels, et **des conditions climatiques** favorables à la fois à un écartement maximal des fentes et à une évaporation rapide de l'eau. Grâce à cette méthode de piégeage, le gypse dans les vertisols n'apparaît pas seulement dans les bas-fonds grâce au battement d'une nappe salée comme dans les aridisols (STOOPS et ILAIWI, 1981) ; mais il apparaît aussi dans la partie aval des séquences, et sur des pentes pouvant dépasser 10% comme dans la région de Tiaré. Cela pourrait expliquer également le faible taux de sels rencontrés en Nouvelle Calédonie dans les planosols et les solonetz solodisés. Comparées aux vertisols, ces formations pédologiques ne disposent pas de fentes de retrait depuis la surface, la porosité planaire des horizons argileux est très faible et l'eau de pluie se contente de ruisseler en surface et n'arrive pas à gagner l'infrasoil (KALOGA, 1970 ; BOCQUIER, 1971 ; WILLIAMS, 1983).

#### 2.4 - RAISONS DE L'ABSENCE DE GYPSE DANS LES VERTISOLS HYPERMAGNÉSIENS

De nombreuses raisons concourent à l'absence de gypse en milieu magnésien :

- Le milieu est dépourvu d'ions  $\text{Ca}^{++}$  nécessaires à la cristallisation du gypse, de plus, les eaux des pluies côtières contiennent environ 2,5 fois plus d'ions  $\text{SO}_4^{2-}$  que d'ions  $\text{Ca}^{++}$ .

- Les ions  $\text{Ca}^{++}$  sont retenus préférentiellement par les plantes puis restitués au sol dans les horizons de surface provoquant un enrichissement relatif des cations échangeables  $\text{Na}^+$  et  $\text{Mg}^{++}$  dans l'infrasoil (ISELL et al., 1983).

- Le rapport  $\text{Mg}^{++}/\text{Ca}^{++}$  échangeable est très élevé, les ions  $\text{Ca}^{++}$  d'une solution faiblement concentrée sont en partie adsorbés sur les smectites au détriment de  $\text{Mg}^{++}$  pour que la solution soit en équilibre avec la fraction adsorbée. De plus, il existe une légère sélectivité d'échange en faveur de  $\text{Ca}^{++}$  qui aura tendance à être adsorbé préférentiellement (HUNSAKER et PRATT, 1971 ; SPOSITO et al., 1983 ; SUAREZ et ZAHOW, 1989).

- Les eaux carbonatées magnésiennes qui circulent dans les rivières ou dans la nappe ou qui envahissent la terrasse alluviale lors des inondations durant les cyclones dissolvent rapidement le gypse en formant un sulfate de magnésium soluble à plus de 250g/l et du carbonate de calcium, de la façon suivante :



Nous reviendrons sur ce comportement dans un paragraphe ultérieur consacré à l'évolution actuelle des vertisols.

- Les vertisols hypermagnésiens sont aussi plus pauvres en sels solubles que leurs homologues calci-magnésiens. Deux raisons sont possibles pour expliquer cet état : soit une plus forte porosité planaire due à une teneur plus élevée en argile et à la meilleure cristallinité des minéraux argileux, qui permet une circulation plus rapide de l'eau et des solutions, soit leur âge plus jeune (Cf § 5 : âge relatif des sols de la basse Tamoia) ne leur a pas permis d'accumuler les sels durant une longue période.

#### 2.5 - CONCLUSION

L'accumulation des sels d'origine météorique dans les sols nécessite à la fois une pénétration de l'eau dans l'infrasoil et le piégeage de cette eau par une absence de drainage interne. Les vertisols, grâce à leurs fentes de retrait offrent des voies de circulation privilégiées de l'eau de pluie qui se retrouve piégée à la limite entre les fentes verticales et les fentes obliques, lorsque le sol a gonflé. Les vertisols de Nouvelle Calédonie grâce à un pourcentage de retrait volumique variant entre 30 et 55% environ, offrent des

caractéristiques idéales pour le piégeage des sels. Les vertisols magnésiens sont peu favorables à la précipitation de gypse, l'ion calcium étant trop peu abondant, adsorbé préférentiellement par les argiles, concentré près de la surface du sol par la matière organique ou immobilisé sous forme de carbonates.

Les conditions climatiques optimales pour un tel comportement nécessitent un contraste pluviométrique le plus accentué possible, des vents forts et une faible hygrométrie ambiante. La période glaciaire sèche était donc particulièrement favorable à la cristallisation des sels.

### III - EVOLUTION ACTUELLE DES PAYSAGES ET DES SOLS

#### 3.1 - EVOLUTION DES PAYSAGES

Actuellement, les principaux facteurs de la morphogenèse sont les dépressions cycloniques dont le potentiel érosif très fort, même sur les versants recouverts d'une forêt dense, est encore augmenté par l'action anthropique : déforestation, feux de brousse, surpâturage, exploitations minières. Durant un cyclone, l'alluvionnement est particulièrement intense dans les rivières dont le bassin versant draine des déblais miniers généralement antérieurs à 1970.\* (BALTZER et TRESCASES, 1971 ; ILTIS, 1979 ; BIRD et DUBOIS, 1984).

A l'occasion du passage d'un cyclone, *la terrasse récente* constituée de fluvisols peut être fortement érodée dans certains endroits alors que dans d'autres endroits, elle peut être alimentée en alluvions. *La terrasse ancienne*, composée de vertisols et/ou de solonetz solodisés, est peu affectée par l'érosion mécanique, car l'énergie des eaux de débordement est généralement insuffisante pour éroder la couverture pédologique très argileuse. Une partie de cette terrasse, généralement située à faible altitude en aval des cours d'eau, peut être recouverte d'une lame d'eau, de faible dynamique, qui va même pouvoir stagner dans les zones de contre-pente (chapitre 4.1).

Les effets des feux se font principalement sentir sur les pélites siliceuses ou "formations à charbons" du Sénonien, tandis que le surpâturage provoque une érosion en "pied de vache" (chapitre 2.1) sur les versants des collines de basalte ou de flysch. Ces collines subissent une érosion localisée dans les zones convexes à pente forte (chapitre 3.1), qui donne naissance à un piémont colluvial de texture sableuse, recouvrant les anciens sols argileux.

#### 3.2 - EVOLUTION MORPHOLOGIQUE ACTUELLE DES SOLS

Alors que TERCINIER (1962) avait déjà envisagé la nécessité d'un paléoclimat sec pour les formations à *croûte calcaire*, de la même façon pour les *vertisols*, nous pouvons d'ores-et-déjà affirmer, à la seule interprétation des observations macro-morphologiques, que la pluviométrie actuelle est beaucoup plus élevée que lors de leur formation. Dans le schéma de l'évolution des vertisols présenté par DUDAL et ESWARAN (1988), les vertisols de Nouvelle Calédonie sont au stade mature (Fig. 80) : les fentes de retrait apparaissent rarement à la surface du sol. Ces fentes verticales sont relictuelles et se situent généralement entre 20 et 50 cm de profondeur. Elles atteignent occasionnellement la profondeur de 60 cm, alors que les anciennes "descentes verticales" de matière organique dépassent largement ce niveau (chapitre 2.1). Dans les vertisols de la haute vallée de La Foa, de superficie très limitée (BLAVET et BOURDON, 1986), où la

---

\*Postérieurement à cette date, les exploitants ont commencé à stabiliser les déblais et à rendre les exploitations moins susceptibles à l'érosion.

pluviométrie actuelle est supérieure à 1100 mm/an, des volumes durcis\*\* carbonatés néoformés revêtent entièrement les faces de glissement. Le processus vertical de ces sols - gonflement - retrait - cisaillement - n'est donc plus fonctionnel. Dans la basse vallée de La Tamoia, les horizons carbonatés à texture "alvéolaire" et à aragonite ne sont pas affectés par des phénomènes de cisaillement, contrairement aux horizons à gypse ou à nodules carbonatés anciens. Les processus de gonflement-retrait sont donc antérieurs à la néoformation des alvéoles d'aragonite.

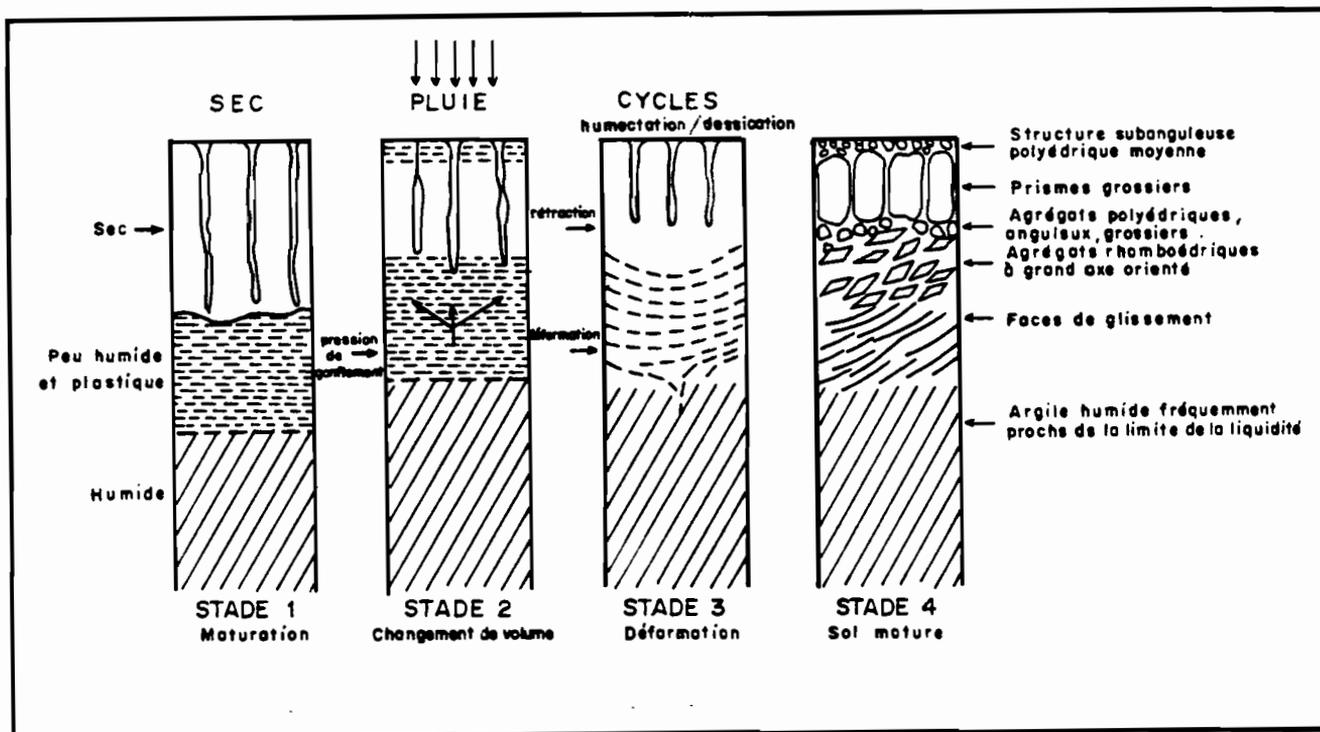
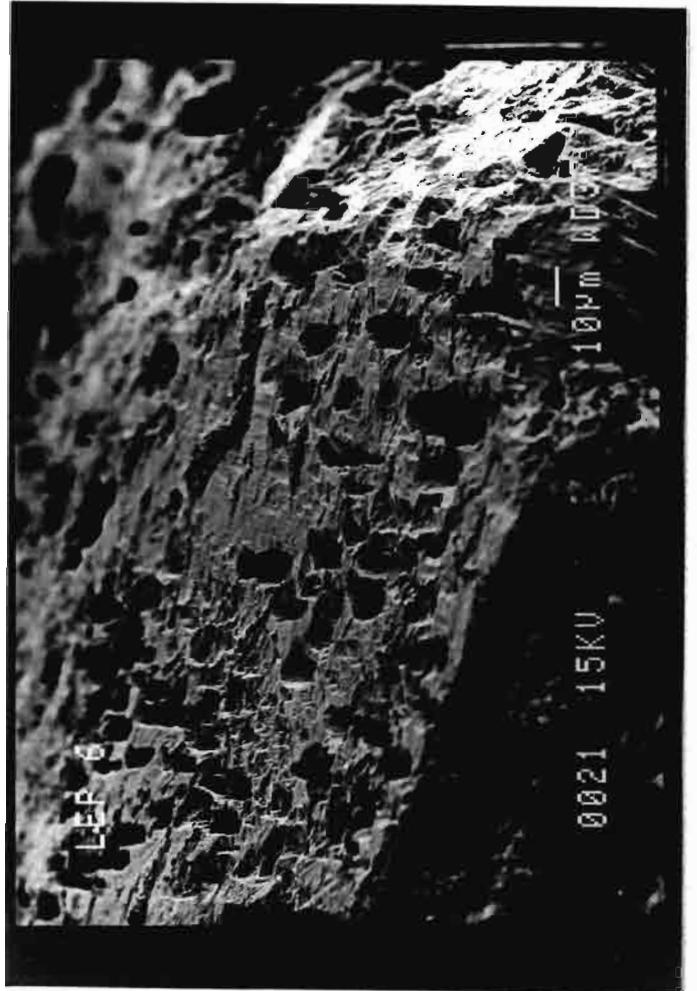
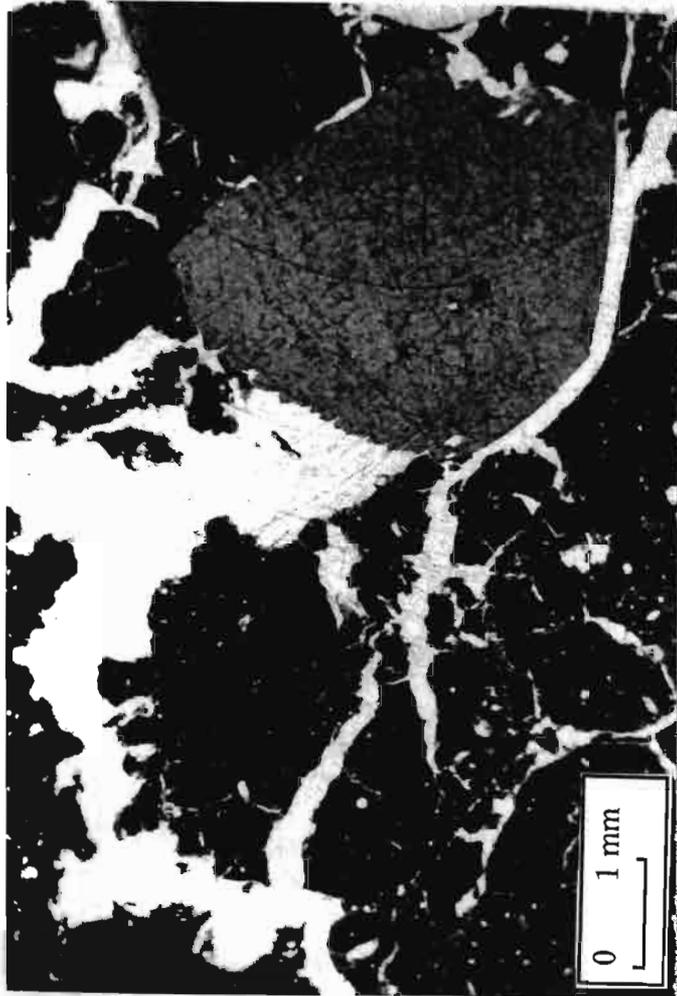
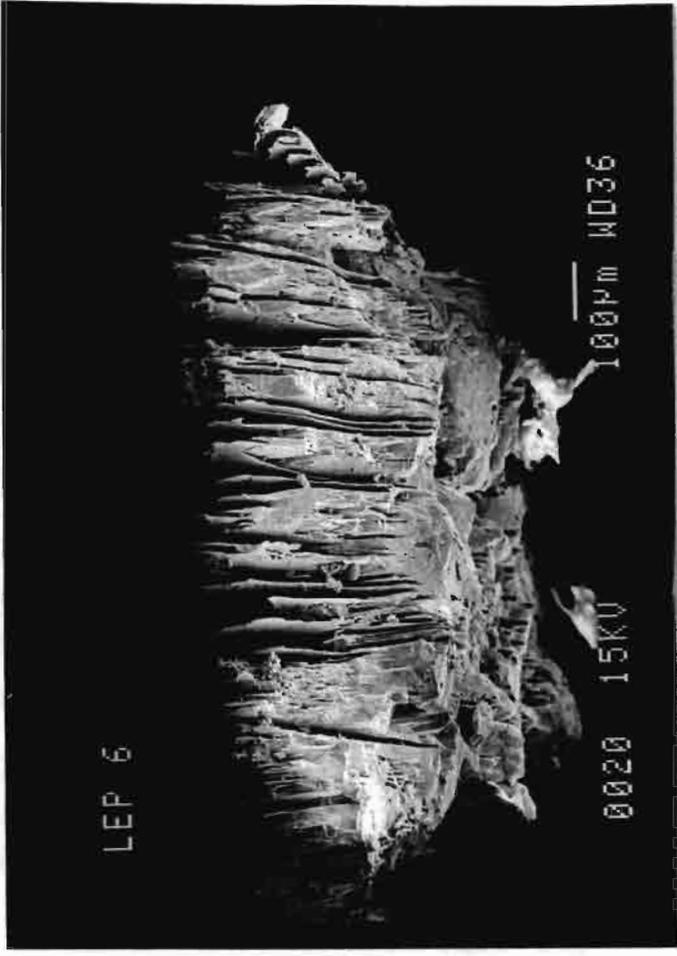
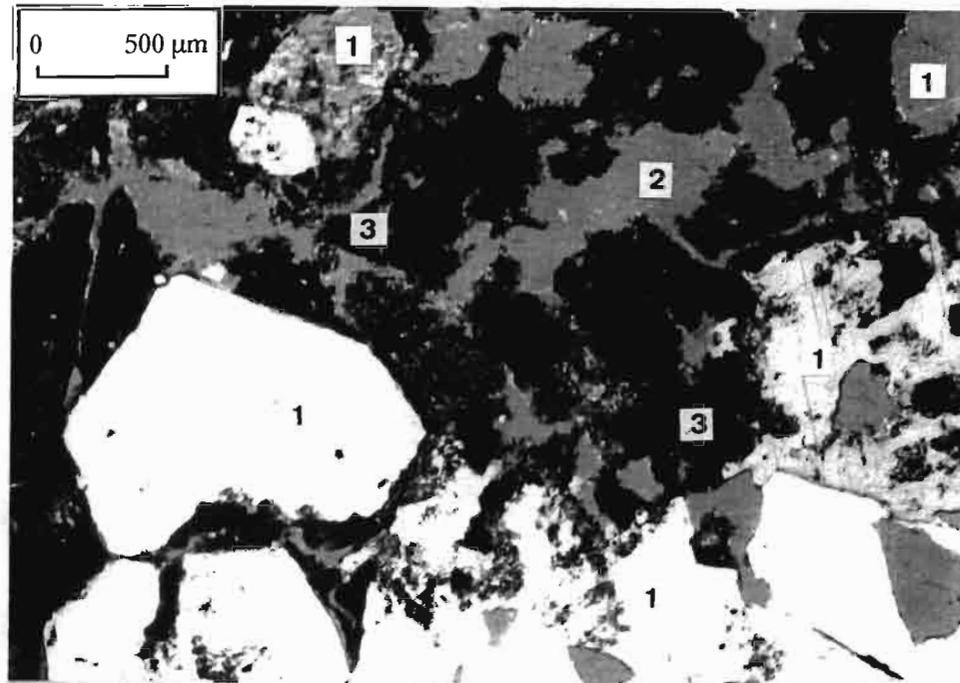
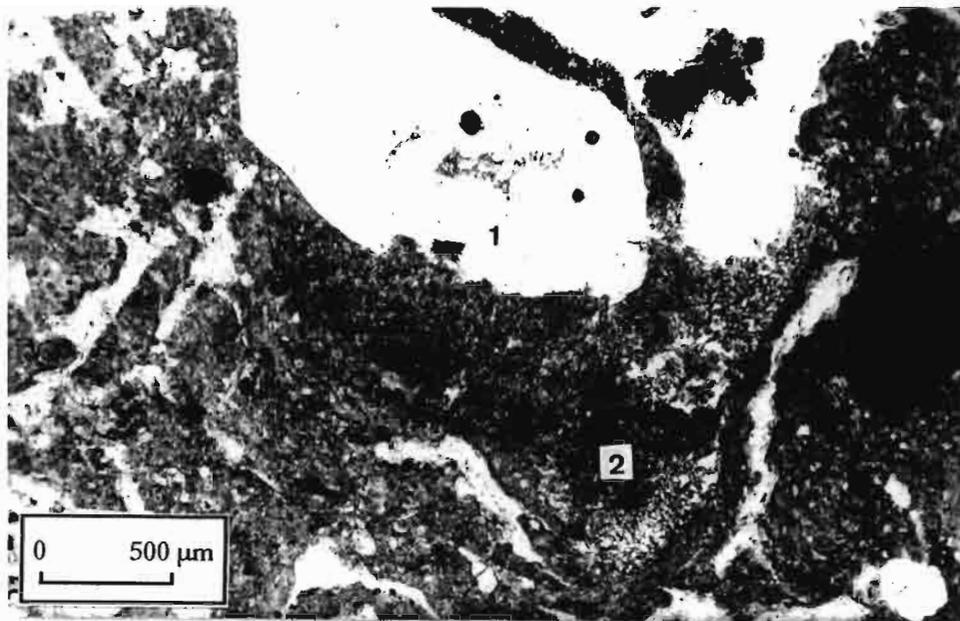


Figure 80 : Transformations morphologiques associées à la formation des vertisols (D'après DUDAL et ESWARAN, 1988).

L'horizon de surface acquiert une teinte grise, sa structure anguclode polyédrique moyenne se dégrade, il devient plus sableux et sa macroporosité moins grande. Le vertisol évolue en planosol ou en solonetz solodisé (PAQUET et al., 1966 ; KALOGA, 1966, 1970 ; BOCQUIER, 1971 ; GAVAUD et al., 1976 ; ROSSIGNOL, 1981). Ce processus est plus marqué dans les zones les plus hydromorphes (comme dans la Ouá-Tom), où sous l'effet des eaux superficielles, on assiste à une phase néo-illuviale (PAQUET et al., 1966 ; GAVAUD et al., 1976 ; ROSSIGNOL, 1981) avec fonte des structures et accentuation de l'imperméabilisation, soulignée par l'abondance des nodules de manganèse ou "plombs de chasse" dans l'horizon de surface.

\*\* Ces carbonates n'ayant pas été datés, il est impossible de déterminer avec précision si leur néoformation est contemporaine du climat glaciaire sec ou d'une réorganisation durant la période pluviale de la transgression flandrienne.





## MICROMORPHOLOGIE - PLANCHE III

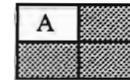


Photo A : TIA 5.6  
Vertisol de la région de la séquence de Tiaré - Cristal de gypse présentant des traces de dissolution au contact du vide poral.



Photo B : LEP 6  
Doline de l'îlot Leprédour - Vertisol sur calcaire dur, milieu confiné hydraté. Cristal de gypse présentant des formes de dissolution.

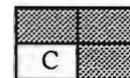


Photo C : LEP 6  
# photo B, face cristalline de gypse en voie de dissolution.



Photo D : MER 63.9  
vertisol calcimagnésien de la basse vallée de la Tamoá. Cristal de gypse altéré (1) et pseudomorphosé par de calcite (2).

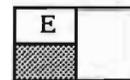


Photo E : MER 63.9  
vertisol calcimagnésien de la basse vallée de la Tamoá. Cristal de gypse altéré (1) et importante pseudomorphose calcitique (2) au SE du cristal de gypse.

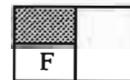


Photo F : MER 63.9  
vertisol calcimagnésien de la basse vallée de la Tamoá. Cristaux de gypse altérés, associés (1), situés autour d'une lumière centrale (2) à partir de laquelle s'est développée une pseudomorphose carbonatée centrifuge (3).

### 3.3 - EVOLUTION MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE ACTUELLE DES SOLS.

#### 3.31 - Observations

L'évolution des vertisols en solonetz solodisés est également observable au point de vue analytique. La cristallinité des smectites décroît fortement vers le haut des profils ; la désorganisation du réseau cristallin des argiles dans la partie supérieure du sol est le propre de la "solodisation" (PAQUET et al. 1966) ou de la planosolisation des vertisols (ROSSIGNOL, 1981). La formation de produits amorphes est particulièrement nette dans les vertisols acides de la vallée de la Oua-Tom, mais se manifeste également dans la plupart des autres profils. Cette dégradation pourrait être liée à la désaturation des horizons de surface dont le pH est souvent inférieur à 6,0, comme dans la plupart des vertisols en voie de solodisation (PAQUET et al., 1966 ; KALOGA, 1966). Dans la doline de l'îlot Leprédour, où le complexe adsorbant est généralement saturé en ions  $Ca^{++}$ , la dégradation des horizons de surface est plus faible, mais la cristallinité des argiles y est bien moindre que dans les horizons vertiques de profondeur. PAQUET (1970) a estimé que la pluviométrie limite, au-delà de laquelle les smectites perdent leur stabilité, se situe vers 1000 mm/an. En tenant compte des données actuelles et des paléoclimats ayant eu cours depuis la formation des vertisols, on peut en déduire plusieurs faits :

- Les vertisols de la région de La Foa, où la pluviométrie actuelle dépasse 1200 mm/an, sont en train de se déstabiliser.

- Les vertisols les plus acides et les plus anciens ont évolué en solonetz solodisé, comme dans la terrasse supérieure de la Oua-Tom. L'horizon supérieur est très sableux, les argiles de l'infrasol ont évolué en interstratifiés smectite-chlorite caractéristiques d'un pH bas (BORCHARDT, 1989).

- Les vertisols à gypse de la terrasse moyenne ainsi que les vertisols hydromorphes ont un horizon de surface moins argileux que l'infrasol. De plus, ces derniers possèdent des argiles interstratifiées smectites -kaolinite à 40% de smectites. Ces interstratifiés sont une étape intermédiaire dans l'évolution des smectites en kaolinite en milieu moyennement drainé (HERBILLON et al., 1981 ; YERIMA et al., 1985) ; des argiles composées exclusivement d'interstratifiés smectites -kaolinite ont, par ailleurs, été observées dans des altérations de basalte en Australie (NORRISH et PICKERING, 1983).

- Un interstratifié smectites-kaolinite à 60% de smectites caractérise le sol peu évolué d'apport alluvial de la Oua-Tom, argument en faveur d'une mise en place de ces sols sous un climat un peu plus humide que l'actuel, durant la dernière transgression flandrienne.

- Dans les vertisols de la Tamoa, il semblerait que les vertisols calcimagnésiens à gypse, éloignés de la rivière, soient marqués par une déstabilisation des argiles en surface, alors que cette dégradation est moindre dans les parties les plus fréquemment envahies par les eaux de débordement de la Tamoa durant les cyclones. En effet, dans ces sols magnésiens et hypermagnésiens, un apport régulier d'eaux carbonatées magnésiennes, riches en silice dissoute, entretient la néoformation de smectites trioctaédriques (GAC et al., 1977).

L'évolution des éléments figurés est observable en micromorphologie : **le gypse a tendance à se dissoudre**. Cette dissolution est observable sous divers aspects dans toutes les séquences étudiées.

- Dans la séquence sur colluvions de Tiare, les cristaux de gypse présentent de nettes traces de dissolution au contact des pores (Photos A, B, C, planche III).

- Dans la séquence des calcaires durs de Leprédour, on observe de très fortes traces de dissolution du gypse et leur épigénie en calcite. De telles épigénies ont été décrites par GUMUZZIO et CASAS (1988) et SULLIVAN (1990), mais de manière très succincte. Une hydromorphie temporaire provoquant une augmentation de  $pCO_2$  suivie d'une augmentation du drainage interne a favorisé l'épigénie du gypse en carbonate de calcium (calcite ?).

- Dans la séquence de la basse Tamoa, on note également une épigénie nette de gypse en calcite (Photos D, E, F, planche III). Cette épigénie, plus nette que celle de l'île Leprédour, est accentuée par l'influence des cations  $Mg^{++}$  présents dans le milieu. En effet,  $Mg^{++}$  est le cation échangeable dominant et les eaux d'inondation de La Tamoa sont carbonatées magnésiennes. Le gypse se transforme selon la réaction citée dans le paragraphe précédent :  $CaSO_4(H_2O)_2 + MgCO_3 \rightarrow CaCO_3 + MgSO_4$  (très soluble) + 2  $H_2O$ .

### 3.32 - Modélisation

Les programmes de simulation EVAPOR et DISSOL (FRITZ, 1975, 1981) nous ont permis de modéliser d'une part l'évaporation des eaux de la Tamoa et d'autre part la dissolution du gypse par ces mêmes eaux de La Tamoa.

Tableau XLIV : Composition chimique moyenne des eaux de La Tamoa (en millimoles/l)

Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Si	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	pH
0,21	0,055	1,45	0,565	0,03	2,95	0,39	7,4

Grâce au modèle EVAPOR, nous avons simulé l'évaporation des eaux de La Tamoa. Le premier minéral à précipiter est un silicate de magnésium (le talc est effectivement présent parmi les minéraux argileux détectés par DRX), mais puisque le rapport moléculaire Si/Mg des silicates néoformés est toujours largement supérieur à 1, la solution en s'évaporant se concentre en magnésium (GAC et al, 1977, 1978) qui va précipiter sous forme de magnésite.

Grâce au modèle DISSOL, nous avons simulé l'action des eaux de crue de La Tamoa sur la dissolution de cristaux de gypse des vertisols calcimagnésiens. La dissolution de ce gypse va permettre la précipitation de la calcite à l'équilibre (Fig. 81) ; les constantes d'équilibre nécessaires à la néoformation de l'aragonite sont très proches de celles de la calcite.

Mais, la calcite ou l'aragonite ne sont donc qu'une étape transitoire dans le processus global de dissolution - précipitation. Les eaux de La Tamoa vont poursuivre leur action de dissolution sur cette même calcite (ou aragonite) néoformée aux dépens du gypse. Le modèle DISSOL montre que lorsque l'on dissout la calcite avec les eaux de La Tamoa, on précipite de la dolomite (Fig. 82). Or c'est précisément ce qui se passe dans les vertisols magnésiens de cette basse vallée. Pour cette simulation, la solution solide carbonatée Ca-Mg n'a pas été prise en compte. En effet, cette solution solide admet un pourcentage quelconque dans le rapport Mg/Ca, alors que les carbonates de calcium ou de magnésium ont un rapport Mg/Ca bien défini, comme la calcite qui n'admet que de 0 à 20% d'atomes de Mg dans son réseau, la dolomite environ 50%, la huntite 75% et la magnésite près de 100%.

Cependant, il convient de faire de nombreuses remarques à propos de ces simulations. *Il ne nous a pas été possible de prélever la solution du sol* à cause des propriétés de rétention d'eau des vertisols, l'eau extraite ne devant pas être une eau de constitution des argiles, ce qui limite le champ d'expérimentation de la modélisation. Le second problème posé consiste dans le rôle tampon joué par les smectites et les équilibres entre les cations adsorbés par ces argiles et la solution du sol. Or, il ne nous a pas été possible de mener à bien la détermination de la sélectivité d'échange entre  $Ca^{++}$  et  $Mg^{++}$ , des différents types de smectites composant les vertisols de cette terrasse alluviale.

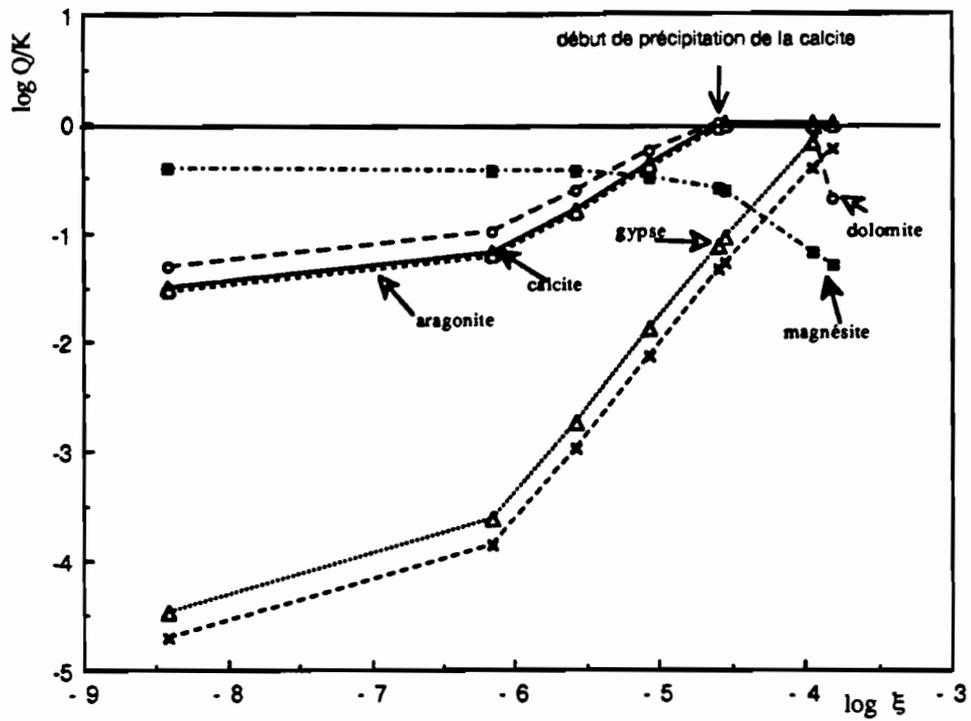


Figure 81 : dissolution simulée du gypse par les eaux de la Tamoa

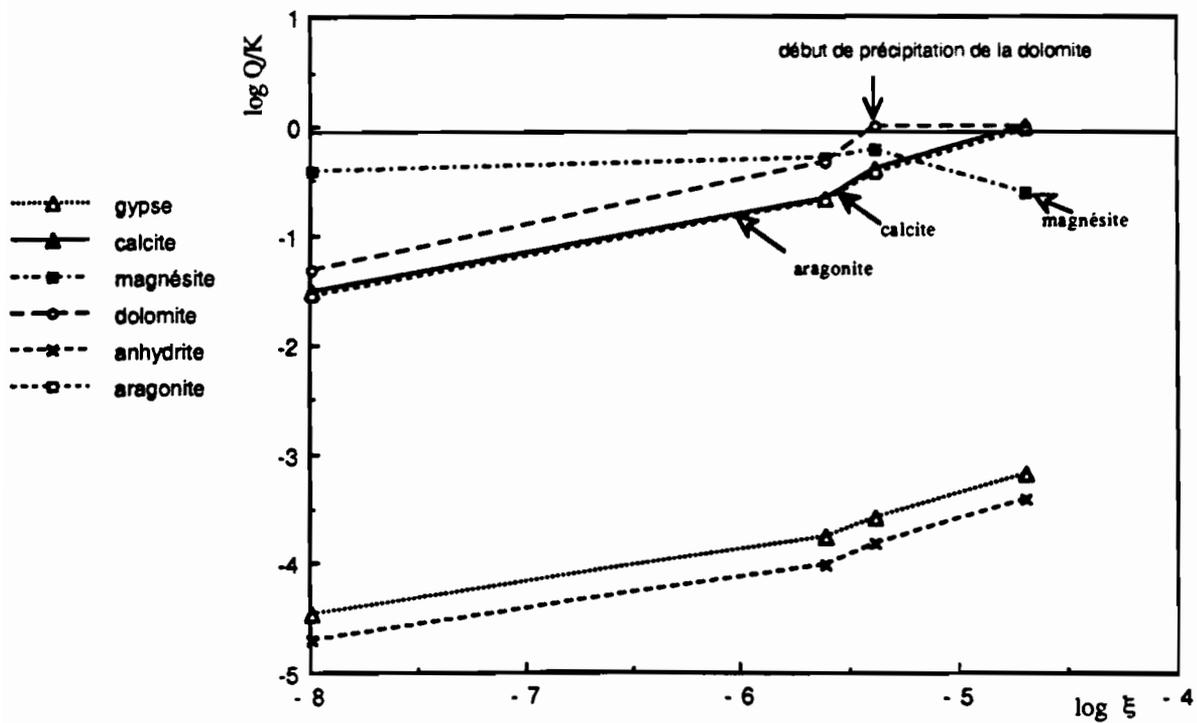


Figure 82 : dissolution simulée de calcite par les eaux de La Tamoa

*Dans les sols vertiques et les sols associés, la tendance actuelle serait une carbonatation discrète.* Cette carbonatation fait suite aux fluctuations de nappe et aux dépôts de manganèse qui dateraient de la transgression flandrienne. Cette carbonatation discrète est observable dans un bon nombre de profils.

- Sur l'îlot Leprédour, les aiguilles carbonatées envahissent les pores des fersialsols ; en contrebas des flancs de l'île, les horizons supérieurs des fluvisols et colluvisols sont envahis par des aiguilles de carbonate de calcium\*.

- Dans les fluvisols de la vallée de la Oua-Tom, la carbonatation se manifeste sous la forme de granules millimétriques à plus de 80 cm de profondeur. Cette zone du Territoire est particulièrement sèche. Aucune autre trace de carbonates dans les fluvisols de la terrasse alluviale récente n'avaient été observés jusqu'à présent (comm. pers. de J. ILTIS).

- Dans les vertisols calci-magnésiens à gypse de basse vallée de la Tamoá, la carbonatation présente un aspect original **sous la forme d'aiguilles d'aragonite** dont la stabilité est entretenue par la présence de  $Mg^{++}$  (cf : § 4.2). Les néoformations d'aragonite sont postérieures aux phases de gonflement-retrait actif dans l'infrasol des vertisols magnésiens., elles sont également postérieures aux dépôts des cutanes d'oxyde de manganèse comme dans les sols de l'îlot Leprédour. Dans les vertisols magnésiens et hypermagnésiens, les néoformations carbonatées sont de la dolomite, en totale conformité avec les prévisions du modèle.

#### IV - CONCLUSION

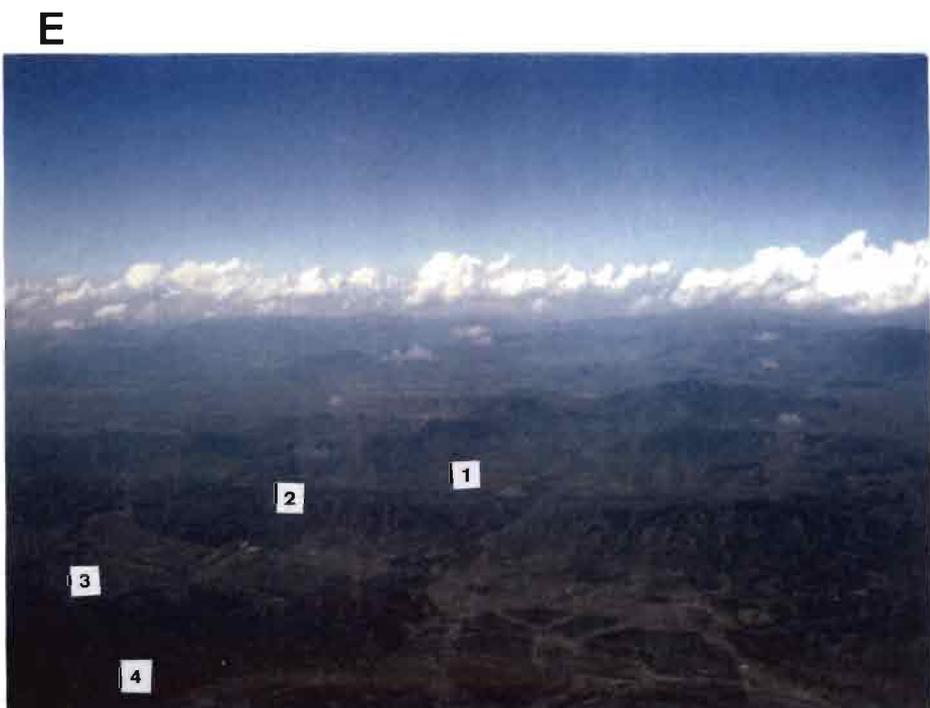
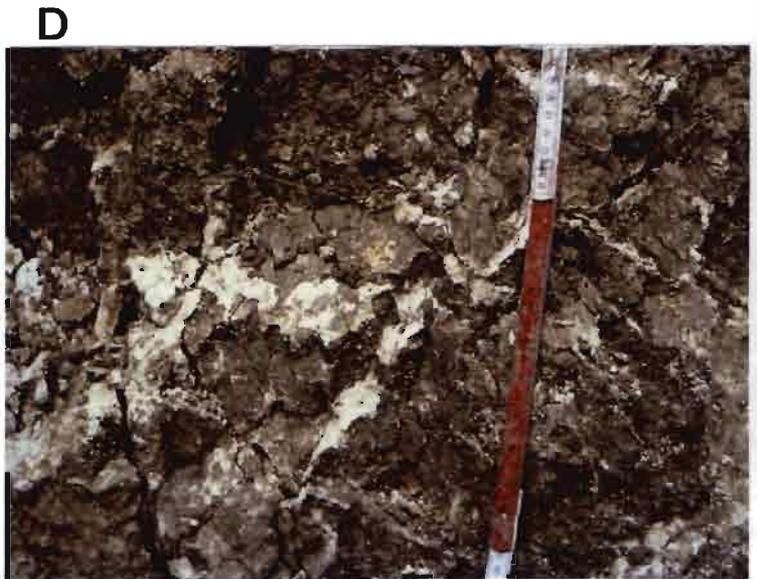
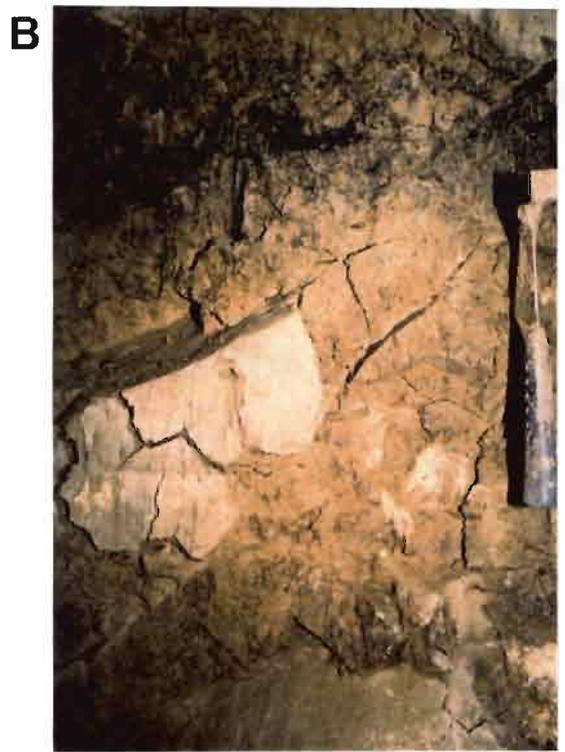
Les vertisols dérivant directement de l'altération de flysch ou de basalte, appelés vertisols lithomorphes, sont peu épais et ne contiennent généralement pas de gypse, au contraire des vertisols calcimagnésiens topomorphes situés à l'aval des reliefs de basalte ou de flysch ou dans les niveaux alluviaux. Ces vertisols à gypse très épais, sont constitués d'apports successifs, décalés dans le temps, ce qui a permis à la pédogenèse d'homogénéiser le sol entre chaque dépôt.

Les concentrations importantes de gypse dans les seuls vertisols calcimagnésiens résultent de la concentration des sulfates contenus dans les eaux de pluie après leur pénétration directe jusqu'à une profondeur supérieure à 60 cm par l'intermédiaire des fentes de retrait. Puis les fentes de retrait se referment et piègent les solutions ; l'infrasol étant imperméable, les solutions peuvent se concentrer à partir de 1,00 m de profondeur, limite inférieure de pénétration des eaux de surface. En milieu magnésien ou hypermagnésien, le manque de calcium et l'importante solubilité du sulfate de magnésium inhibent la néoformation de gypse.

Les vertisols sont des sols "jeunes" qui se sont formés durant la dernière période glaciaire (entre 120 000 et 15 000 B.P. environ), mais sont plus anciens que leurs homologues africains de la vallée du Nil et du lac Tchad qui n'ont que 10 000 ans environ. Durant la période plus humide de la transgression flandrienne (vers -5000 B.P.), les argiles de l'horizon de surface se sont désaturées et dégradées. Les vertisols ont évolué peu à peu en planosols et en solonetz solodisés avec une dissolution partielle de certains cristaux de gypse. Actuellement, les vertisols de Nouvelle Calédonie ont atteint leur stade mature ; les phénomènes de brassage sont peu actifs. L'évolution vers les planosols ou les solonetz solodisés est sans doute ralentie par la baisse de la pluviométrie depuis la transgression flandrienne. Les sols (y compris les fluvisols et les brunisols de la côte ouest) sont gagnés par une carbonatation discrète (aragonite, calcite, dolomite). Les cristaux de gypse ne sont pas en équilibre avec les conditions hydro-dynamiques de surface, et se dissolvent ou sont pseudomorphosés par des carbonates.

---

\* Il n'a pas été possible de déterminer la nature des carbonates - calcite ou aragonite- présents dans ces sols en raison de la quantité insuffisante d'échantillons disponible. Dans le cas de l'île Leprédour, l'environnement pédologique étant faiblement magnésien, il semblerait que ce soit plutôt de la calcite.



## LA TAMOA et divers - PLANCHE III

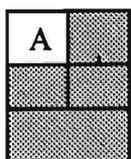


PHOTO A  
La Tamoá : MER 53  
Vertisol calcimagnésien à gypse et carbonates.

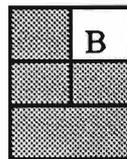


PHOTO B  
La Tamoá : MER 55  
Vertisol magnésien avec un niveau continu à MnO<sub>2</sub>, à volumes pulvérulents carbonatés, à surfaces de glissement de teinte verdâtre.

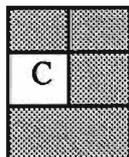


PHOTO C  
Collines basaltiques dans la région de Beaupré - Poya.  
Manifestation de l'érosion généralisée en "pied de vache".

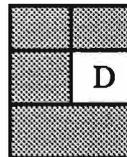


PHOTO D  
La Foa, amont de la rivière Poquereux.  
Vertisol dont les faces de glissement sont scellées par des carbonates.

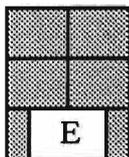


PHOTO E  
Amont du bassin versant de la Oua-Tom

- 1 : bassin en amont de la chaîne siliceuse, grauwackes et schistes;
- 2 : chaîne de pélites siliceuses (sillon crétacé-éocène);
- 3 : glacis colluvial (démantèlement de la crête siliceuse) et terrasse alluviale supérieure;
- 4 : terrasse alluviale moyenne à gypse et terrasse récente -soulignée par la forêt galerie.

# CHAPITRE HUIT

## CONCLUSION GENERALE

# CHAPITRE HUIT

## CONCLUSION GENERALE

La couverture pédologique des zones planes de la côte ouest de la Nouvelle Calédonie est caractérisée par les "argiles noires" dont une grande partie contient du gypse.

En s'appuyant sur l'étude morphopédologique détaillée de trois toposéquences au sud-ouest de la Grande Terre l'origine et l'évolution de ces formations sont à présent mieux connues.

### I - LES VERTISOLS

#### **Les argiles à gypse ne sont pas des dépôts sédimentaires évaporitiques.**

Une origine marine de type évaporitique des "argiles noires gypsifères" supposerait l'existence d'un haut niveau marin, lié à des phénomènes d'eustatisme ou à des mouvements néotectoniques. Or, les vertisols à gypse sont situés à une altitude trop élevée, et de surcroît sur des panneaux subsidents, pour être à la fois marins et quaternaires. Certains auteurs ont alors affirmé qu'ils étaient ante-pléistocènes. Cependant, cette hypothèse est en totale contradiction avec des datations antérieures qui situent au Quaternaire récent la formation de terrasses alluviales auxquelles peuvent se rattacher les terrasses constituées exclusivement de vertisols à gypse ; Ces dernières sont donc du Quaternaire récent, et une origine marine de type évaporitique de ces matériaux est ainsi fortement improbable.

#### **Les argiles noires à gypse sont des vertisols.**

Les argiles à gypse sont des vertisols : sols profonds, de teinte sombre en surface, riches en argiles gonflantes et présentant des faces de glissement très nettes à partir de 60 cm de profondeur. Ces sols sont liés à l'altération d'une roche basique de type flysch, calcaire ou basalte. Les séquences de Tiaré montrent qu'il n'y a pas de vertisols à gypse à l'aval de roches acides comme les phanites ou les pélites siliceuses, ce qui contredit la notion de niveau continu utilisée pour qualifier les niveaux "d'argiles noires".

#### **Le vertisol est un piège à sels.**

C'est l'épaisseur des matériaux argileux qui conditionne le piégeage des sels. Les accumulations de gypse se produisent généralement lorsque l'épaisseur des niveaux argileux susjacentes dépasse 1,00 m. Ainsi, les vertisols dits *lithomorphes* présentent une épaisseur généralement inférieure à 1,00 m et contiennent rarement du gypse. Les vertisols dits *topomorphes*, issus de l'évolution pédologique de dépôts colluviaux ou alluviaux, sont plus épais et, comme le montre la toposéquence de Tiaré, peuvent atteindre plus de 6,00 m d'épaisseur et contiennent jusqu'à 30% de leur poids en gypse.

### II - LES ÉLÉMENTS FIGURÉS

#### 2.1.- LES SULFATES

##### **Le gypse**

L'origine du gypse a pu être retracée grâce aux méthodes de détermination des isotopes du soufre. Les sulfates sont en grande partie d'origine marine, transportés par les embruns et déposés par les pluies. Cette part marine du soufre décroît vers l'intérieur des terres au profit d'une fraction continentale provenant de l'oxydation de sulfures, mais qui demeure néanmoins minoritaire. Cette fraction continentale est assez

importante dans les gypses situés dans les alluvions anciennes et provient de l'oxydation des formations pyriteuses de l'Anisien et du Sénonien.

Le gypse a pu pénétrer dans les seuls vertisols par l'intermédiaire des fentes de retrait. Les eaux de pluie chargées de sels pénètrent profondément dans le profil, puis, le sol s'asséchant rapidement, les sels au moment de leur précipitation se retrouvent piégés dans des horizons très argileux, à drainage interne très faible. Le gypse peut ainsi se concentrer durant toute la durée de la mise en place des vertisols. La présence de gypse à une profondeur généralement supérieure à 1,00 m, indique une limite de saturation en sulfate de calcium.

Le gypse ne se forme pas dans les vertisols très magnésiens en raison d'un manque de calcium disponible et aussi parce que les sulfates s'associent au magnésium et constituent un sel très soluble qui s'exporte facilement hors du paysage.

### **La barytine**

Dans certaines plaines alluviales, existent des micro-cristaux automorphes de barytine qui se sont néoformés à partir de solutions, dans un environnement acide et hydromorphe. La source de baryum provient des formations détritiques "à charbons" de l'Anisien et du Sénonien.

## **2.2 - LES CARBONATES**

Les carbonates sont moins bien mobilisés dans le paysage que les sulfates et s'accumulent généralement sur les flancs des reliefs à une altitude supérieure à celle où l'on trouve des carbonates. Dans les vertisols, ils ne sont jamais associés directement au gypse. Ils s'accumulent massivement à la base des profils à l'interface entre les horizons vertiques très argileux et l'isaltérite indurée, dans une allotérite à grande porosité, permettant la circulation des solutions.

Dans les terrasses alluviales, les carbonates apparaissent soit sous la forme de nodules arrondis, vraisemblablement allochtones, soit sous forme de volumes pulvérulents formés à partir du battement de la nappe aquifère.

La nature des carbonates dépend de l'environnement géochimique. Dans le site de la basse vallée de la Tamoá, le milieu étant de plus en plus magnésien de l'amont vers l'aval, on observe de l'amont vers l'aval une cristallisation successive de calcite magnésienne, d'aragonite, de dolomite et de magnésite.

## **2.3 - LES OXYDES**

Les oxydes de manganèse et de fer sont d'excellents indicateurs du fonctionnement hydrique des sols.

Les oxyhydroxydes ou oxydes de manganèse apparaissent sous forme de nodules millimétriques à la surface des vertisols à très faible drainage interne et externe. Au sein des profils, leur présence est liée à une dynamique ancienne de nappe aquifère ; dans la zone de battement de nappe, les concentrations peuvent être fortes et l'horizon se colore en noir, alors que les oxydes de manganèse ne constituent que des cutanes à la surface des faces de glissement. Sous cet horizon, les accumulations prennent la forme de concrétions millimétriques en auréoles où alternent les oxydes de fer et de manganèse. Lorsque le drainage externe est rapide et qu'aucun battement de nappe n'affecte les sols comme dans la séquence de Tiaré, les oxydes de manganèse sont très peu visibles.

Sur calcaire gris, les fersialols peu épais très drainants contiennent à la fois de l'hématite et de la goéthite et ont une teinte rouge, dominée par la couleur de l'hématite ; lorsque les conditions de drainage se réduisent, en milieu confiné et hydraté, le sol se colorie en jaune, du fait de la seule disparition de l'hématite. Sur calcaire gréseux, les vertisols brun-rouge de la partie amont contiennent surtout de l'hématite et un peu de goéthite ; dans la partie aval, le milieu devient confiné et hydromorphe, les horizons

bariolés traduisent une diminution à la fois de l'hématite et de la goethite, signe de la dissolution des oxydes de fer.

Dans la plaine alluviale de la Tamoia, les couleurs verdâtres caractéristiques du fer réduit affectent essentiellement les surfaces de glissement mais il n'y a pas de traces importantes d'oxydes de fer.

### III - LES VERTISOLS A GYPSE : ENREGISTREURS DES PALEOCLIMATS

#### 3.1 - A L'ECHELLE DU PAYSAGE

Dans la Oua-Tom, la terrasse alluviale constituée de vertisols à gypse se trouve en position médiane. Elle s'est formée durant une saison sèche et est insérée entre deux niveaux formés sous climat plus humide. Les niveaux supérieurs sont formés de luvisols acides et planosols à kaolinite, de solonetz solodisés à interstratifiés smectites-chlorites. A leur base s'est constituée une cuirasse de nappe, signe d'un paléoclimat humide. Dans la terrasse plus récente, datée du Flandrien, s'observent des interstratifiés kaolinite-smectite, signe de conditions de drainage plus favorables que dans les vertisols à smectites.

Dans la basse vallée de la Tamoia, les dépôts sédimentaires ayant donné naissance aux vertisols se sont étagés dans le temps. L'apport des matériaux s'est décalé depuis la côte vers la chaîne centrale. Ceci est sans doute la preuve d'une modification de la couverture végétale affectant d'abord les zones côtières, les plus sensibles, puis gagnant progressivement l'intérieur des terres. Les vertisols calci-magnésiens à gypse sur colluvions sont antérieurs aux vertisols hypermagnésiens alluviaux.

#### 3.2 - A L'ECHELLE DU PROFIL

L'abondance de gypse dans les sols traduit un paléoclimat sec, contrasté, avec des vents forts, qui soufflaient dans la même direction que les vents actuels. Ces phénomènes sont caractéristiques de la période sèche allant de 120 000 à 18 000 B.P., avec une légère interruption entre 85 000 et 80 000 B.P. ; l'accumulation de gypse s'est étalée dans le temps, en étant simplement légèrement postérieure à la mise en place des vertisols.

Les carbonates se sont mis en place en même temps que le gypse, mais les carbonatations massives, peu affectées par l'érosion ravinante, se sont produites plutôt en fin de période glaciaire, vers 15 000 B.P., sous climat de type méditerranéen, peu contrasté, à forte pluviosité hivernale.

Vers 6000 B.P., durant la transgression flandrienne, le climat devient plus humide, le niveau de base remonte quelque peu et les vertisols situés dans les bas-fonds de vallées alluviales (Tamoia) ou des dolines (Leprédour) sont soumises à la présence d'une nappe aquifère dont le battement mobilise principalement les oxydes de manganèse, qui s'accumulent sous la forme d'un horizon noir vers 1,50 m de profondeur. A l'île Leprédour ce niveau sépare les horizons bariolés et hydromorphes de la partie supérieure des profils à gypse, de la partie inférieure qui conserve une couleur brun-rouge.

La nappe remobilise également les sulfates : au-dessus de l'horizon noir, les cristaux de gypse sont individualisés et lenticulaires ; au sein de cet horizon et sous celui-ci, les cristaux sont agglomérés en amas sphéroïdaux. Les cristaux de gypse ont enregistré les modifications du milieu ambiant : dans les niveaux à accumulations de manganèse, ils sont recouverts d'une pellicule noire ; dans les sols à gypse de l'île

Leprédour, ils sont beige à coeur rouge dans les horizons bariolés. Ces phénomènes soulignent l'antériorité de la formation des cristaux de gypse aux phénomènes d'hydromorphie pouvant marquer ces milieux.

Dans la vallée alluviale de la Tamoá, la nappe remobilise également les carbonates qui précipitent sous la forme de volumes pulvérulents. Leur datation radiométrique confirme leur contemporanéité à la période plus humide du Flandrien. Ces amas carbonatés ne semblent pas affectés par les mouvements de cisaillement des vertisols tandis que, dans les vertisols situés dans les zones les plus arrosées, les carbonates fossilisent les anciennes faces de glissement.

L'antériorité des vertisols calcimagnésiens sur colluvions, sur les vertisols hypermagnésiens alluviaux est marquée par une dégradation plus importante de l'horizon humifère chez les premiers cités. Le haut du profil s'acidifie, la cristallinité des argiles décroît, et la proportion de sables et de limons augmente. Les vertisols hypermagnésiens situés à l'aval des cours d'eau drainant des péridotites sont plus jeunes ; l'altération hydrolysante s'est effectuée sur un laps de temps plus réduit que leurs homologues. Ceux-ci subissent également des apports réguliers de silice et de magnésium solubles, durant les crues cycloniques, qui favorisent la stabilité des smectites.

### 3.3 - A L'ECHELLE DU MINÉRAL

A la période sèche de la dernière glaciation correspond la cristallisation massive de gypse et de carbonates. La formation de ces derniers atteint son paroxysme en fin de période glaciaire.

Durant la phase la plus humide du Flandrien, les gypses et les carbonates sont corrodés. Ils sont remobilisés ou recouverts d'une pellicule d'argile ou d'oxydes de manganèse.

Actuellement, il semblerait que la période soit favorable à une carbonatation discrète, calcitique ou aragonitique et dolomitique en milieu magnésien. Le piégeage des sels paraît moins effectif en raison de l'absence de fentes de retrait à la surface du sol. Les vertisols ont atteint leur stade mature.

Des marques de dissolution et des pseudomorphoses calcitiques du gypse indiquent que ce minéral n'est pas en équilibre chimique avec le milieu environnant. Le gypse réside souvent au sein d'une matrice smectitique saturée principalement par du magnésium échangeable.

Les pseudomorphoses calcitiques se forment d'autant plus facilement que les eaux de surface carbonatées et magnésiennes provenant des cours d'eau drainant des péridotites envahissent régulièrement les plaines alluviales durant les dépressions cycloniques. Au contact du gypse, il se forme alors du sulfate de magnésium très soluble, qui s'exporte facilement hors du paysage, et du carbonate de calcium qui pseudomorphose le gypse. La calcite ou l'aragonite se transforment elles aussi en dolomite.

## IV - PLACE DES VERTISOLS A GYPSE DANS LA PEDOGENESE TROPICALE

Pour caractériser les vertisols de Nouvelle Calédonie, on peut citer une expression empruntée à D. MC GARRY\* *"They are all the same but different"* : **ils sont tous pareils, mais différents.**

Ces vertisols sont semblables aux autres vertisols car situés dans une région à climat contrasté, à forte évapotranspiration, dans des zones à drainage externe souvent

---

\* Pédologue au CSIRO, Brisbane, Australie.

limité : au contrebas des reliefs ou dans des plaines alluviales, à l'aval de roches basiques et recouverts par une savane herbacée. Tous ces sols sont profonds, riches en argiles gonflantes et présentent des faces de glissement très nettes à partir de 60 cm de profondeur.

**Mais ces vertisols sont différents** car les trois principaux facteurs conditionnant leur existence : le climat, le drainage et le matériau originel sont spécifiques à cette région, voire à chaque séquence. Les vertisols sont des sols jeunes ; ils ont une durée de vie brève, mais riche ; ils ont enregistré la chronologie des événements climatiques ayant affecté la Nouvelle Calédonie, à la fois au niveau du paysage, du profil et des minéraux qu'ils contiennent. En conservant des témoins de leur propre histoire, ils se distinguent des autres vertisols dans le monde.

Le fait que les vertisols à gypse aient toujours été observés en bord de mer et qu'ils aient ainsi pu être confondus avec des formations marines tient à ces facteurs essentiels de la pédogenèse des vertisols à gypse :

C'est en bordure de la côte ouest que le climat est le plus sec, le plus contrasté et l'évapo-transpiration la plus élevée. C'est donc le lieu le plus favorable à la formation des vertisols, à l'écartement des fentes de retrait et aussi à la stabilité des sels.

C'est également dans cette zone côtière que les dénivelées sont les moins abruptes permettant aux sols de s'approfondir, à la bisiallisation d'être active sur une longue période, et de servir de piège aux sels ; dans cette aire, le drainage externe est limité, et empêche la lixiviation des sels.

C'est enfin dans la zone côtière que les vents sont les plus forts, les plus constants et les embruns, source principale de sels, les plus abondants.

### **Cette étude ouvre à présent de nouvelles perspectives.**

La première perspective concerne l'utilisation agronomique de ces sols. Le rôle des matières organiques de ces différents vertisols sont encore méconnus, à la fois pour leurs rôles respectifs dans les processus d'appauvrissement et de lessivage, dans les sélectivités d'échange, dans la stabilité structurale ou dans le maintien des potentiels de fertilité comme le montrent de très récentes études menées par le CSIRO en Australie, demande à être précisé.

Si, dès à présent on amende avec succès les vertisols hypermagnésiens à l'aide de gypse, on ne connaît pas encore l'évolution à long terme du complexe d'échange et des sels solubles, en particulier avec des eaux d'irrigation très riches en carbonates de magnésium.

La seconde perspective concerne l'étude des paléoclimats de toute la zone du Sud-Est Pacifique, qui sont encore méconnus. Celle-ci pourrait expliquer la présence de vertisols azonaux, comme ceux observés à Vanuatu sur la côte ouest de Malekula et qui sont situés dans une région plus humide que celle de la Nouvelle Calédonie. Il est fort probable que les mêmes causes engendrant les mêmes effets, ils soient contemporains de leurs homologues néocalédoniens, malgré un contexte géomorphologique et géologique différent.

Il serait également intéressant de déterminer si les modifications intervenues dans les associations végétales en relation avec la nature et les propriétés des sols d'une région sont le fait de la seule activité humaine ou au contraire s'il s'agit de l'aboutissement d'une variation climatique.

# BIBLIOGRAPHIE

## BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

- ADAMS J. E., HANKS R.J., 1964 - Evaporation from soil shrinkage cracks. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Vol. 28, 281-284.
- ADAMS J. E., RITCHIE J.T.R., BURNETT E., FRYREAR D.W., 1969 - Evaporation from a simulated soil shrinkage crack. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, Vol. 33, 609-613.
- AGARWALA U., REES C.E., THODE H.G., 1965 - Sulfur isotope effects in the hydrogen ion decomposition of thiosulfate. *Canadian Journal of Chemistry*, 43, 2802-2811.
- AKPOKODJE E.G., 1984 - The influence of rock weathering on the genesis of gypsum and carbonate in some Australian arid zone soils. *Aust. J. Soil Res.*, 22, 243-251.
- AL DROUBI A., 1976 - Géochimie des sels et des solutions concentrées par évaporation. Modèle thermodynamique de simulation. Application aux sols salés du Tchad. *Mém. Sci. Géol.*, n° 46, 177p.
- ARNOLD M., SHEPPARD S.M.F., 1981 - East Pacific rise at 21°N. Isotopic composition and origin of the hydrothermal sulfur. *Earth Planet Sci. Lett.*, 56, 148-156.
- AULT W. M., JENSEN M.L., 1963 - Summary of sulfur isotope standards in biogeochemistry of sulfur isotopes. M.L. JENSEN ed., *Natl. Sci. Found., Symposium proc.*, Yale university.
- AVIAS J., 1953. - Sur la formation actuelle de gypse dans certains marais côtiers de la Nouvelle Calédonie. *Congr. Géol. Intern.*, Alger, 1952, section IV, fasc. IV, 7-9.
- AVIAS J., 1958. - Note préliminaire sur l'existence de vases bariolées gypsifères actuelles dans les marais côtiers de la Nouvelle-Calédonie. *C.R. Soc. géol. Fr.*, 16, pp. 396-397.
- AVIAS J., 1963. - A propos des vases bariolées gypsifères actuelles de Nouvelle-Calédonie et sur la genèse des marnes bariolées salifères du Trias. *Mém. Bur. Rech. géol. minières, Fr.*, 15, pp. 615-622, 2 fig.
- AVIAS J., COUDRAY J., 1967 - Premiers enseignements apportés par un forage réalisé dans le récif-barrière de la Nouvelle Calédonie. *C.R. Acad. Sc. Paris*, t. 265, série D, 1867-1869.
- AVIAS J., ROUTHIER P., 1958 - Carte et notice explicative de la Nouvelle Calédonie à l'échelle du 1/100 000, feuille n° 4, Touho-Koné, ORSTOM, Paris.
- AVIAS J., ROUTHIER P., 1962 - Carte et notice explicative de la Nouvelle Calédonie à l'échelle du 1/100 000, feuille n° 5, Poya-Ponérihouen, ORSTOM, Paris.
- BAIZE D., 1990 - Brunisols. In : *Référentiel Pédologique Français*, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 83-86.
- BAIZE D., 1990 - Lithosols et régosols. In : *Référentiel Pédologique Français*, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 132.
- BALTZER F., 1965 - Etude sédimentologique du marais de Mara (Côte ouest de la Nouvelle-Calédonie) et de formations quaternaires voisines. Thèse Doct. 3<sup>e</sup> Cycle, 140 p., 58 fig., Paris.

- BALTZER F., 1970 - Datation absolue de la transgression holocène sur la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie sur des échantillons de tourbes à palétuviers. Interprétation néotectonique. C.R. Acad. Sci. Fr., série D, 271, 25, pp. 2251-2254, 1 fig., 1 tabl.
- BALTZER F., 1982 - Géodynamique de la sédimentation et diagenèse précoce sur un delta tropical à mangrove en domaine ultrabasique- Nouvelle Calédonie. Trav. et Doc. ORSTOM, n° 152, 283 p.
- BALTZER F., DUGAS F., 1977. - Age of slope breccia and caliche capping the aeoliantes in the bay of Saint-Vincent, west Coast of New Caledonia. Intern. Symp. Geodyn. South-West Pacific, Nouméa, 1976, Technip. Ed. : Paris, 301-306.
- BALTZER F., TRESCASES J.J., 1971 - Erosion, transport et sédimentation liés aux cyclones tropicaux dans les massifs d'ultrabasites de Nouvelle-Calédonie. Première approche du bilan général de l'altération, de l'érosion et de la sédimentation sur péridotite en zone tropicale. Cah. ORSTOM, Géol. Fr., 3, n°2, 221-244.
- BATHURST R.G.C., 1976 - Carbonate sediments and their diagenesis. In : Developments in sedimentology 12. Amsterdam : ELSEVIER 658p.
- BAUDUIN D., BRUNEL J.P., 1981 - Hydrologie. Planche 12, In "Atlas de la Nouvelle Calédonie". Paris : ORSTOM 53p.
- BEAUDOU A.G., 1988 - Recherche d'un système d'information pour le milieu physique. Thèse Doc. d'état, Univ. Paris I, 566p.
- BEAUDOU A.G., CHATELIN Y., 1977 - Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques. Typologie en domaine ferrallitique. Cah. ORSTOM, série Pédol., XV, 1, 3-18.
- BEAUDOU A.G.; FROMAGET M.; PODWOJEWSKI P.; BOURDON E., 1983a - Etude morpho-pédologique de la région de la Tontouta. Nouméa : ORSTOM. 31 p. multigr. + 2 cartes au 1/500.00 + 2 légendes.
- BEAUDOU A.G.; FROMAGET M.; PODWOJEWSKI P.; BOURDON E., LE MARTRET H., BLAVET D., 1983b - Cartographie typologique des sols, méthodologie. Nouméa : ORSTOM. 30 p. multigr.
- BECH J., NAHON D., PAQUET H., RUELLAN A., MILLOT G., 1980, Sur l'extension géographique et climatique des phénomènes d'épigénie par la calcite dans les encroûtements calcaires. Exemple de la Catalogne. CR. Acad. Sc. Paris, t. 291, série D, 371-376.
- BECKMANN G. G., 1983 - Development of old landscapes and soils. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London. 51-72
- BERNER E. K., BERNER R.A., 1985 - The global water cycle. Englewood cliffs, New Jersey : Prentice-Hall, Inc. 398 p.
- BERNER R.A., 1975 - The role of magnesium in the crystal growth of aragonite and calcite from sea water. Geochim, Cosmochim. acta 39:489-504.
- BIRD E.C.F., DUBOIS J.P., 1984 - The impacts of opencast mining on the rivers and coasts of New Caledonia. The United Nations University, NRTS-25/UNUP-505, 53p.
- BLACKBURN G., Mc LEOD S., 1983 - Salinity of atmospheric precipitation in the Murray-Darling Drainage Division. Aust. J. Soil Res., 1983, 21, 411-434.

- BLAVET D., BOURDON E., 1987 - Etude Pédologique de la vallée de La Foa. Notice Nouméa : ORSTOM, 244 p. + 2 cartes au 1/25 000 + 2 légendes.
- BLOCKHUIS W.A., 1982 - Morphology and genesis of vertisols. In Vertisols and rice soils of the tropics. Symposia papers II. 12th international congress of soil science, New Dehli, India, 23-47.
- BLOCKHUIS W.A., OCHTMAN L.H.S., PETERS K.H., 1964 - Vertisols in the Gezira and the Khasm el Girba clay plains, Sudan. 8th Intern. congress of soil science, Bucharest, Romania, V. 67, 591-603.
- BLOOM A.L., BROECKER W.S., CHAPPEL J.M.A., MATTHEWS R.K., MESOLELLA K.J., 1974 - Quaternary sea level fluctuations on a tectonic coast : New  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  dates from the Huon peninsula, New Guinea. Quaternary research, 4, 185-205.
- BOCQUIER G., 1973 - Genèse et évolution de deux toposéquences de sols tropicaux du Tchad. Interprétation biogéodynamique. Mém. ORSTOM, n°62, 350 p.
- BONZON B., COLLET L., PROUZET P., BOUCARON C., GOURDON F., 1987 : Etude des effets des amendements calciques sur vertisol hypermagnésien. Résultats du troisième cycle cultural de l'expérimentation au champ. Rapport principal. Nouméa, ORSTOM, 107p.
- BORCHARDT G., 1989 - Smectites. In : Minerals in soil environment (2nd edition), DIXON J.B. et WEED S.B. ed., SSSA Book Series, n°1, 379-428.
- BOULAIN J., 1990 - Vertisols. In : Référentiel Pédologique Français, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 171-176.
- BOUMA J., JONGERIUS A., BOERSMA O., JAGER A., SCHOONDERBEEK D., 1977 - The function of different types of macropores during saturated flow through four swelling soil horizons. Soil Sci. Soc. Am. J., vol 41, 945-950.
- BOUMA J., LOVEDAY J., 1988 - Characterizing soil water regimes in swelling clay soils. In : Vertisols : their distribution, properties, classification and management. WILDING L.P., PUENTES, R ed., SMSS, Texas A&M , College Station, 193p.
- BOUMA J., WÖSTEN J. H. M., 1979 - Flow patterns during extended saturated flow in two, undisturbed clay soils with different macrostructures. Soil Sci. Soc. Am. J., vol 43, 16-22.
- BOWLER J.M., HOPE G.S., JENNINGS J.N., SINGH G., WALKER D. - 1976 - Late Quaternary climates of Australia and New Guinea. Quaternary Research, 6, pp. 359-374.
- BRAUDEAU E., 1988a - Essai de caractérisation quantitative de l'état structural d'un sol basé sur la courbe de retrait. Cr. Ac. Sci. Paris, t. 307, SII 1933-1936.
- BRAUDEAU E., 1988b - Méthode de caractérisation pédo-hydrrique des sols basée sur l'analyse de la courbe de retrait.
- BRESSON L.M., 1990 - In : Référentiel Pédologique Français, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 103-107.
- BREWER R., 1964 - Fabric and mineral analysis of soils. John Wiley and Sons. New York.
- BREWER R., 1972 - The basis of interpretation of soil micro-morphological data. Geoderma 8, 81-94.

- BREWER R., SLEEMAN J.R., FOSTER R.C., 1983 - The fabric of Australian soils. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London. 439-476.
- BURNS R.G., BURNS V.M., 1975 - Mechanism for nucleation and growth of manganese nodules. *Nature*, vol. 255, 130-131.
- BUTLER B.E., BLACKBURN G., HUBBLE G.D., 1983 - Australian soil landscape regions. Murray - Darling plains. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London, 231-239.
- C.P.C.S., 1967 - Commission de pédologie et de cartographie des sols. ENSA : Grignon, 87p.
- CABIOCH G. 1988 - Recifs frangeants de Nouvelle Calédonie. Thèse Université de Provence : Aix en Provence, 291p.
- CABIOCH G., THOMASSIN B.A., LECOLLE J. F., 1989 - Age d'émergence des récifs frangeants holocènes autour de la "Grande Terre" de Nouvelle Calédonie (SO Pacifique) ; nouvelle interprétation de la courbe des niveaux marins depuis 8000 ans B.P. *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 308, Série II, 419-425.
- CAILLEAU P., DRAGONE D., GIROU A., HUMBERT L, JACQUIN C., ROQUES H., 1977 - Etude expérimentale de la précipitation des carbonates de calcium en présence de l'ion magnésium. *Bull. Soc. fr. Minéral. Cristallog.*, 100, 81-88.
- CAILLEAU P., JACQUIN C., DRAGONE D., GIROU A., ROQUES H., HUMBERT L, 1979 - Influence des ions étrangers et de la matière organique sur la cristallisation des carbonates de calcium. Etude préliminaire de la cimentation des roches carbonatées. *Revue de l'institut français du pétrole*. vol. 34, n°1, 83-112.
- CARSON C.D., FANNING D.S., DIXON J.B. 1982 - Alfisols and ultisols with acid sulfate weathering features in Texas. In: J.A. KITTRICK (ed.) *Acid sulfate weathering*. Spec. Publ. 10. SSSA, Madison WI, 127-146.
- COQUE R., 1988 - Géomorphologie. Armand Colin Ed. : Paris. 452p.
- COUDRAY J., 1975 - Recherches sur le Néogène et le Quaternaire de la Nouvelle Calédonie : contribution de l'étude sédimentologique à la connaissance de l'histoire géologique post-Eocène. Thèse Doct. Etat Montpellier, 321p.
- COUDRAY J., 1977. - The main events of sedimentary and structural history of New Caledonia from the Oligocene to the present day. Intern. Symp. Geodyn. South-West Pacific, Nouméa, Technip. Ed., 217-228, 9 fig.
- COUDRAY J., DELEBRIAS G., 1972. - Variation du niveau marin au-dessus de l'actuel en Nouvelle-Calédonie depuis 6000 ans. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, série D, 275, n°23, pp.2623-2626.
- COVENTRY R.J., HOPLEY D., CAMPBELL J.B., DOUGLAS I., HARVEY N., KERSHAW A.P., OLIVER J., PHIPPS C.V.G., PYE K., 1980 - The quaternary of Northeastern Australia. In : "HENDERSON R.A. et STEPHENSON P.J., 1980 - The Geology and Geophysics of Northeastern Australia. Geological Society of Australia, Queensland Division, Brisbane. 375 - 417.
- DANLOUX J., 1987a - Conditions d'utilisation de la carte des isohyètes interannuelles, carte de répartition des précipitations dans les zones à vocation agricole de la Nouvelle-Calédonie au 1/200.000. Nouméa : ORSTOM, 42 p., multigr.

- DANLOUX J., 1987b - Contribution à l'étude des transports solides en Nouvelle Calédonie. Les transports solides en suspension sur les bassins de la Ouenghi et de la Pouembout. Nouméa : ORSTOM, 42 p.
- DAVIS W.M., 1925. - Les côtes et les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Ann. Geogr., 34, pp. 244-269, 332-359, 423-441, 521-558, 64 fig.
- DENIS B., 1979 - Etude pédologique de la basse vallée de la Oua Mérie. Détermination des caractéristiques hydrodynamiques des principaux types de sols en vue de leur irrigation. Nouméa : ORSTOM, 67 p. + 2 cartes à 1/25 000.
- DENIS B., MERCKY P., 1982 - Notice de la carte pédologique de la région de Pouembout à 1/50 000. Nouméa : ORSTOM. Tome 1 : Textes et figures, 150 p., multigr., Tome 2 : Profils et cartes, 109 p., multigr., + 3 cartes au 1/50 000.
- DONER H.E., LYNN W.C., 1989 - Carbonate, halide, sulfate and sulfide minerals. In : Minerals in soil environment (2nd edition), DIXON J.B. et WEED S.B. ed., SSSA Book Series, n°1, 279-330.
- DUBOIS J., LAUNAY J., RECY J., 1974 - Uplift movements in New Caledonia, Loyalty islands area and their plate tectonics interpretation. Tectonophysics, vol 24, 133-150.
- DUCLoux J., DUPUIS T., 1987 - Influence de la matière organique des sols sur la cristallogénèse des carbonates de calcium. In : FEDOROFF N., BRESSON L.M., COURTY M.A. (ed.), Actes de la Vile Réunion Internationale de Micromorphologie des sols. Paris - Juillet 1985. AFES. 315-321.
- DUDAL R., 1967 - Sols argileux forcés des régions tropicales et subtropicales. Collection FAO : progrès et mise en valeur - Agriculture. Cahier n° 83, Rome.
- DUDAL R., ESWARAN H., 1988 - distribution, properties, and classification of vertisols. In : Vertisols : their distribution, properties, classification and management. WILDING L.P., PUENTES, R. ed., SMSS, Texas A&M , College Station, 193p.
- DUGAS F., 1974. - La sédimentation en baie de Saint-Vincent (côte ouest de la Nouvelle-Calédonie). Cah. ORSTOM, Géol. Fr., 6, n°1, pp. 41-62.
- DUGAS F., DEBENEY J.P., 1978. - Carte sédimentologique et carte annexe du Lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000. Feuille Mont-Dore. ORSTOM.
- DULAU N., 1983 - Les domaines sédimentaires préhalitiques des marais salants de la région de Salin-de-Giraud (France) et de Santa-Pola (Espagne). Thèse de spécialité (3ème cycle) en Géologie, Université Louis Pasteur : Strasbourg, 123p.
- DUPON J.F., 1981 - Orohydrographie. Planche 7, In "Atlas de la Nouvelle Calédonie". Paris : ORSTOM 53p.
- ESPIRAT J.J., 1971. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Oua-Tom. B.R.G.M.
- ESWARAN H., KIMBLE J., COOK T., 1988 - Properties, genesis and classification of vertisols. Classification, management and use potential of swell-shrink soils. Transactions international workshop swell-shrink soils. Nagpur, India. 1-22.
- FAIRBRIDGE R.W., 1970 - World pleoclimatology of the quaternary. Rev. Geog. Phys. Geol. Dyn. XII, 2, 97 - 104.

- FAURE P., PARIS J.P., 1979 - Carte géologique et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Tontouta. Minute B.R.G.M.
- FITZPATRICK R.W. , LE ROUX J., 1977 - Mineralogy and chemistry of a transvaal black clay toposequence. *Journal of Soil Science*, 28, 165-179.
- FITZPATRICK R.W., 1988 - Iron compounds as indicators of pedogenetic processes : examples from the southern hemisphere. In J.W. STUCKI, B.A. GOODMAN, U. SCHWERTMANN ed. , *Iron in soils and clay minerals*, Reidel, Dordrecht, 351-396.
- FONTES J.C., LAUNAY J., MONZIER M., RECY J., 1977 - Genetic hypothesis on the ancient and recent reef complexes in New Caledonia. *Symp. Geodyn. South-West Pacific*, Nouméa, Technip. Ed., 289-300.
- FRIMIGACCI D, MAITRE J.P., 1981 - Planche 12, In "Atlas de la Nouvelle Calédonie". Paris : ORSTOM 53p.
- FRITZ B, 1981 - Etude thermodynamique et modélisation des réactions hydrothermales et diagénétiques. *Mém. Sci. Géol.*, n° 65, 197p.
- FRITZ B., 1975 - Etude thermodynamique et simulation des réactions entre minéraux et solutions. Application à la géochimie des altérations et des eaux continentales. *Mém. Sci. Géol.*, n° 41, 152p.
- GAC J. Y., BADAUT D., AL- DROUBI A., TARDY Y., 1978 - Comportement du calcium, du magnésium et de la silice en solution. Précipitation de calcite magnésienne, de silice amorphe et de silicates magnésiens au cours de l'évaporation des eaux du Chari (Tchad). *Sci. Géol. Bull.*, 31, 4, 185-193.
- GAC J. Y., DROUBI A., FRITZ B, TARDY Y., 1977 - Geochemical behaviour of silica and magnesium during the evaporation of waters in Chad. *Chemical Geology*, 19, 215-228.
- GAVAUD M., MULLER J.P., FROMAGET M., 1976 - Les étapes de l'évolution des sols dans les alluvions de la Bénoué (Nord Cameroun). *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. XIV, n°4, 321-335.
- GIRARD M.C., 1990 - Solums calcimagnésiques. In : *Référentiel Pédologique Français*, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 87- 91.
- GOLDHABER M.B., 1983 - Experimental study of metastable sulfur oxydation formation during pyrite oxidation at pH 6-9 and 30°C. *American Journal of Science*, 283, 193-217.
- GONORD H., 1977. - Recherches sur la géologie de la Nouvelle-Calédonie, sa place dans l'ensemble structural du Pacifique sud-ouest. Thèse Doct. Etat Montpellier, 341 p., 23 tabl., 104 fig., 31 pl.
- GUILLON J.H., 1975 - Les massifs péridotitiques de Nouvelle Calédonie. *Mém. ORSTOM* n°76, 120p.
- GUMUZZIO J., CASAS J., 1988 - Accumulations of soluble salts and gypsum in soils of the central region, Spain. *Cah. ORSTOM*, sér. Pédol., vol. XXIV, n°3, 215-226.
- HALITIM A., 1985 - Contribution à l'étude des sols des zones arides. Morphologie, distribution et rôle des sels dans la genèse et le comportement des sols. Thèse de l'Université de Rennes.284p.

- HALITIM A., ROBERT M. 1987 - Interactions du gypse avec les autres constituants du sol. Analyse microscopique de sols gypseux en zone aride (Algérie) et études expérimentales. In : FEDOROFF N., BRESSON L.M., COURTY M.A. (ed.), Actes de la Ville Réunion Internationale de Micromorphologie des sols. Paris - Juillet 1985. AFES. 179-186.
- HARRISON A.G., THODE H.G., 1957 - The kinetic isotope effect in the chemical reduction of sulfate. *Trans. Faraday Soc.*, 53, 1-4.
- HERBILLON A. J., FRANKART R., VIELVOYE L., 1981 - An occurrence of interstratified kaolinite-smectite minerals in a red-black soil toposequence. *Clay minerals*, 16, 195-201.
- HINGSTON F.J., GAILITIS V., 1976 - The geographic variation of salt precipitated over western Australia. *Aust. J. Soil Res.*, 14, 319-335.
- HUBBLE G.D., ISBELL R.F., 1983 - Australian soil landscape regions. Eastern highlands. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London, 219-230.
- HUNSAKER V.E., PRATT P.F., 1971 - Calcium magnesium exchange equilibria in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35 : 151-152.
- ILTIS J., 1979 - Activité pastorale et dégradation : la région de Témala (Nouvelle Calédonie). *Photo-interprétation*, 79-3, 23-26.
- ILTIS J., 1981 - Géomorphologie. Planche 13, In "Atlas de la Nouvelle Calédonie". Paris : ORSTOM 53p.
- ILTIS J., 1989. - L'alluvionnement en Nouvelle Calédonie. Etude de systèmes de terrasses fluviales et quaternaires. Résumé de thèse. Strasbourg ULP, 7p.
- ISBELL R. F., REEVE R., HUTTON J.T., 1983 - Salt and sodicity. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London. pp 107-117.
- JAFFRÉ T., 1980 - Végétation des roches ultrabasiques en Nouvelle Calédonie. *Trav. et Doc. ORSTOM n° 124*. 273p.
- JEANROY E., RAJOT J.L., PILLON P., HERBILLON A.J., 1991 - Differential dissolution of hematite and goethite in dithionite and its implication on soil yellowing. *Geoderma*, 50, 79-94.
- JOUANY C., 1981 - Transferts de l'eau par évaporation dans les milieux argileux. Doctorat 3ème cycle. Université P. Sabatier, Toulouse, 102p.
- KALOGA B., 1966 - Etude pédologique des bassins versants des Volta blanche et rouge en Haute Volta. 2ème partie : les vertisols. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol. IV, 3*, 29-66.
- KALOGA B., 1970 - Etude pédologique des bassins versants des Volta blanche et rouge en Haute Volta. 3ème partie : sols associés aux vertisols : sols bruns eutrophes et sols halomorphes. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol. vol. IV, 3*, 29-66.
- KERSHAW A.P., 1974 - A long continuous pollen sequence from north eastern Australia. *Nature*, vol. 251, 222-223.

- LALOU C., DUPLESSY, J.C., 1977 - Sea level variations : interest for neotectonic studies. Intern. Symp. Geodyn. South-West Pacific, Nouméa, 1976, Technip. Ed. : Paris, 405-412.
- LAMOUREUX M., 1972 - Etude de sols formés sur roches carbonatées. Mémoires ORSTOM n°56, Paris, 266p.
- LANGBEIN W.B., SCHUMM S.A., 1958 - Yield in sediments in relation to mean annual precipitation. Transactions, American Geophysical Union, vol.39, n°6, 1076-1084.
- LARDY M., MONZIER M., PAMBRUN C., 1988 - Rapport de la mission sur le volcan Hunter du 15 au 29 septembre 1988. Nouméa : ORSTOM, 53 p.
- LATHAM M., 1985 - Notice de la carte pédologique de Pam Ouégoa. Carte pédologique et carte d'aptitude culturale et forestière au 1/50 000. ORSTOM : Paris, 36p.
- LATHAM M., 1986 - Altération et pédogenèse sur roches ultrabasiques en Nouvelle Calédonie. Paris : ORSTOM. Etudes et thèses, 331 p.
- LATHAM M., MERCKY P., 1979 - Etude des sols de la région de Ouaco. Nouméa : ORSTOM, 37 p., multigr. + 2 cartes au 1/50 000.
- LATHAM M., QUANTIN P., AUBERT G., 1978 - Etude des sols de la Nouvelle Calédonie. Nouvel essai sur la classification, la caractérisation, la pédogenèse et les aptitudes des sols de Nouvelle Calédonie. Paris : ORSTOM. Notice explicative, 78, 138 p. + 2 cartes au 1/1 000 000.
- LAUNAY J., RECY J., 1972. - Variations relatives du niveau de la mer, néo-tectonique en Nouvelle-Calédonie au Pléistocène supérieur et à l'Holocène. Rev. Géogr. phys. Géol. dynam., 14, n°1, pp. 47-65, 4 fig., 1 pl., h.t.
- LEDGARD S.F., UPSDELL M.P., 1991 - Sulphur inputs from rainfall throughout New Zealand. New Zealand Journal of agricultural research, 34, 105-111.
- LORIOUS C., MERLIVAT L., JOUZEL J, POURCHET M., 1979 - A 30 000-yr climatic record from Antarctic ice. Nature, 280, 644-648.
- LOVEDAY J., 1974 - Methods for analysis of irrigated soils. Commonwealth bureau of soils, technical communication n°54. 208p.
- LYNN W.C., TU H.Y., FRANZMEIER O.P., 1971 - Authigenic barite in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35:160-161.
- MAC KENZIE R.M. 1989 - Manganese oxides and hydroxides. In : Minerals in soil environment (2nd edition), DIXON J.B. et WEED S.B. ed., SSSA Book Series, n°1, 439-465.
- MAILLET P., MONZIER M., 1982 - Volcanisme et pétrologie des îles Matthew et Hunter : données préliminaires. In "Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique". Trav. et Doc. de l'ORSTOM n° 147, 187-215.
- MALEY J., 1982 - Dust, clouds, rain types, and climatic variations in tropical North Africa. Quaternary Research, 18, 1-6.
- MALEY J., 1983 - Histoire de la végétation et du climat de l'Afrique nord-tropicale au Quaternaire récent. Actes du 10ème Congrès AEFTAT, Prétoria,. Bothalia 14, 3et4, 377-389.

- MANU V.T., POWELL H.K.J., BANKS L., SHEAT A., WIDDOWSON J.P., 1990 - Accession of  $\text{SO}_4^{2-}$  sulfur from Tongan rainfall. *Aust. J. Soil Res.*, 28, 727-736.
- MARIUS C., 1985 - Mangroves du Sénégal et de la Gambie. *Ecologie - Pédologie - Géochimie, mise en valeur et aménagement. Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 193, 357p.
- MERMUT A.R., SEGHAL J.L., STOOPS G., 1988 - Micromorphology of swell-shrink soils. *Classification, Management and Use Potential of Swell-Shrink Soils, Transactions international workshop swell-shrink soils. ICAR : Nagpur, India*, 127-144.
- MILLOT G., NAHON D., PAQUET H., RUELLAN A., TARDY Y., 1977 - L'épigénie calcaire des roches silicatées dans les encroûtements carbonatés en pays subaride Antiatlas, Maroc. *Sci. Géol. Bull.*, 30, 3, 129-152.
- MOREAU R., 1981 - Etude des matériaux superficiels de la région de l'Oued Tensift, au nord du Haouz de Marrakech. *Trav. et Doc. ORSTOM*, n° 139, 274p.
- NAHON D., DUCLOUX J., BUTEL P., AUGAS C., PAQUET H., 1980 - Néoformations d'aragonite, premières étapes d'une suite évolutive dans les encroûtements calcaires. *C. R. Acad. Sc. Paris.*, t291, série D : 725-727.
- NAKAÏ N., JENSEN M.L., 1964 - The kinetic isotope effect in bacterial reduction and oxidation of sulfur. *Geochemica and Cosmochimica Acta*, 28, 1893-1912.
- NETTLETON W.D., NELSON R.E., BRASHER B.R., DERR P.S., 1982 - Gypsiferous soils in the Western United States. In: J.A. KITTRICK (ed.) *Acid sulfate weathering. Spec. Publ. 10. SSSA, Madison WI*, 127-146.
- NETTLETON W.D., SLEEMAN J.R., 1985 - Micromorphology of vertisols. In : *Soil micromorphology and soil classification*, L.A. DOUGLAS et M.L. THOMPSON ed., SSSA Spec. Publ. N°15, Madison, WI., 165-195.
- NOESMOEN A., 1970 - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Bouloupari. B.R.G.M.
- NORRISH K., PICKERING J.G., 1983 - Clay minerals. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London, 281-308.
- OHMOTO H., 1972 - Systematics of sulfur and carbon isotopes in hydrothermal ore deposits. *Econ. Geol.*, 67, 551-579.
- ORLOFF O., 1968 - Etude géologique et géomorphologique des massifs d'ultrabasites compris entre Houaïlou et Canala (Nouvelle Calédonie). Thèse Doct. 3ème cycle, Montpellier, 189 p.
- PAQUET H., 1970 - Evolution géochimique des minéraux argileux dans les altérations et les sols des climats méditerranéens tropicaux à saisons contrastées. *Mem. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, n°30, 210p.
- PAQUET H., BOCQUIER G., MILLOT G., 1966 - Néoformation et dégradation des minéraux argileux dans certains solonetz solodisés et vertisols du Tchad. *Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr.*, 19, 3-4, 295-322.
- PARIS J.P., 1981 - Géologie de la Nouvelle Calédonie. Un essai de synthèse. Orléans : B.R.G.M., Mémoires du B.R.G.M., 113, 278 p. + 2 cartes au 1/200 000.

- PARIS J.P., ANDREIEFF P., COUDRAY J., 1979 - Sur l'âge Eocène supérieur de la mise en place de la nappe ophiolitique de Nouvelle Calédonie déduit d'observations nouvelles sur la série de Népoui. C.R. Acad. Sci. Fr., série D, 288, pp 1659-1661.
- PETIT J.R., BRIAT M., ROYER A., 1981 - Ice age aerosol content from East Antarctic ice core samples and past wind strength. *Nature*, 291, 391-394.
- PIROUTET M., 1917 - Etude stratigraphique sur la Nouvelle Calédonie. Thèse doct., 313 p., 1 carte, Protat Ed., Macon.
- PODWOJEWSKI P., 1981 - Etude pédologique de la basse vallée de la Oua Tom. Eléments de pédogenèse salée et gypseuse. Nouméa : ORSTOM. Mémoire de stage. 97 p. multigr., 2 cartes au 1/25 000.
- PODWOJEWSKI P., 1986 - Metenesel Estates Limited. Tome 1 : Etude morpho-pédologique de la station Metenesel de la baie de Lambubu, Malekula, Vanuatu. Notice et cartes à l'échelle 1/10 000. Morphopedological study of Lambubu Bay Metenesel station, Malakula, Vanuatu. Notice and Maps at 1/10 000 scale. Nouméa : ORSTOM. 70 p.
- PODWOJEWSKI P., 1988 - Les vertisols de Nouvelle Calédonie, Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXIV, n°4, 279-301.
- PODWOJEWSKI P., LATHAM M., BOURDON E., 1983 - Etude des sols de la région de Kaala Gomen. Nouméa : ORSTOM, 54 p. multigr., + 2 cartes au 1/50 000.
- PODWOJEWSKI P., PETARD J., 1988 - Expression des sels solubles et des bases échangeables sur un vertisol calcimagnésique à gypse et à carbonates (La Tamoia, Nouvelle Calédonie). Nouméa : ORSTOM, note technique (pédologie), 2, 75p.
- POUGET M., 1990 - Gypsosols. In : Référentiel Pédologique Français, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 109-112.
- PROBERT M.E., 1983 - Organic phosphorus and sulfur. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London, 583-587.
- PROBERT M.E., FERGUS I.F., BRIDGE B.J.; Mc GARRY D., THOMPSON C.H., RUSSEL J.S., 1987 - The properties and management of vertisols. IBSRAM - CAB International, Oxford, 36p.
- R.P.F., 1990 - Référentiel Pédologique Français, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 279p.
- RECY J. et al., 1982 - Les péridotites de Nouvelle Calédonie dans leur contexte régional : mise en place de la série ophiolitique et évolution des structures. In Contribution à l'étude géodynamique du Sud-Ouest Pacifique, ORSTOM, Trav. et Doc. n°147, 479-564.
- RICHARDS L.A., 1954 - Diagnosis and improvement of saline and alcali soils. United States Department of agriculture. Agriculture handbook n° 60.
- RODRIGUEZ HERNANDEZ C.M., FERNANDEZ CALDAS E., FEDOROFF N., QUANTIN P., 1979 - Les vertisols des îles Canaries occidentales. Etude physico-chimique, minéralogique et micromorphologique. *Pédologie*, XXIX, 71-107.
- ROGNON P., WILLIAMS M.A.J., 1977 - Late Quaternary climatic changes in Australia and North Africa : A preliminary interpretation. *Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol.*, 21, 285-327.

- ROOSE E., 1981 - Dynamique actuelle de sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétations naturelles ou cultivées. Trav. et Doc. ORSTOM, n° 130, 569 p.
- ROSSIGNOL J.P., 1981 - Etude de quelques sols développés sur basalte dans le nord de l'Uruguay. Thèse de docteur-ingénieur en sciences agronomiques. Université de Rennes. 255 p.
- ROUTHIER P., 1953. - Etude géologique du versant occidental de la Nouvelle-Calédonie entre le col de Boghen et la pointe d'Arama. Mém. Soc. géol. Fr., N.S., 32, n°67, pp. 1-127, 26 fig., pl. 1-25.
- RUELLAN A., 1971 - Les sols à profil calcaire différencié des plaines de la basse Moulouya (Maroc oriental), Mém. ORSTOM, n°54, 302 p.
- SCHWERTMANN U., TAYLOR R.M., 1989 - Iron Oxides. In : Minerals in soil environment (2nd edition), DIXON J.B. et WEED S.B. ed., SSSA Book Series, n°1, 379-428.
- SELIM H.M., DON KIRKHAM, 1970 - Soil temperatures and water content changes during drying as influenced by cracks : a laboratory experiment. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol. 34, 565-569.
- SOIL TAXONOMY, 1983 - Keys to soil Taxonomy, technical monograph n°6, SMSS, USDA : Cornell University, 244p.
- SPAIN A.V., ISBELL R.F., PROPERT M.E., 1983 - Soil organic matter. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London, 551-563
- SPOSITO G., HOLTZCLAW K. M., JOUANY C., CHARLET L., 1983 - Cation selectivity in sodium-calcium, sodium-magnesium and calcium- magnesium exchange on Wyoming bentonite at 298 K. Soil Sci. Soc. Am. J., 47 : 917-921.
- STOOPS G., ILAIWI M., 1981 - Gypsum in arid soils morphology and genesis. Proceedings of third soil classification workshop. ASCAD : Damas, 175-198.
- STOOPS G.J., ZAVALA A., 1978 - Micromorphological evidence of barite neoformation in soils. Geoderma 20:63-70.
- SUAREZ D. L., ZAHOW M.F., 1989 - Calcium-magnesium exchange selectivity of Wyoming montmorillonite in chloride, sulfate and perchlorate solutions. Soil Sci. Soc. Am. J., 53 : 52-57.
- SULLIVAN L.A., 1990 : Micromorphology and genesis of some calcite pseudomorphs after lenticular gypsum. Aust. J. Soil Res, 28, 483-485.
- TALSMA T., VAN DER LELIJ A., 1976 - Infiltration and water movement in an in situ swelling soil during prolonged ponding. Aust. J. Soil Res. 14, 337-349.
- TAYLOR R.M., Mc KENZIE R.M., FORDHAM A.W., GILLMAN G.P., 1983 - Oxide minerals. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London. 309-334.
- TERCINIER G., 1962. - Les sols de la Nouvelle Calédonie. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. I, n°1, 1-51, 2 cartes au 1/500 000.

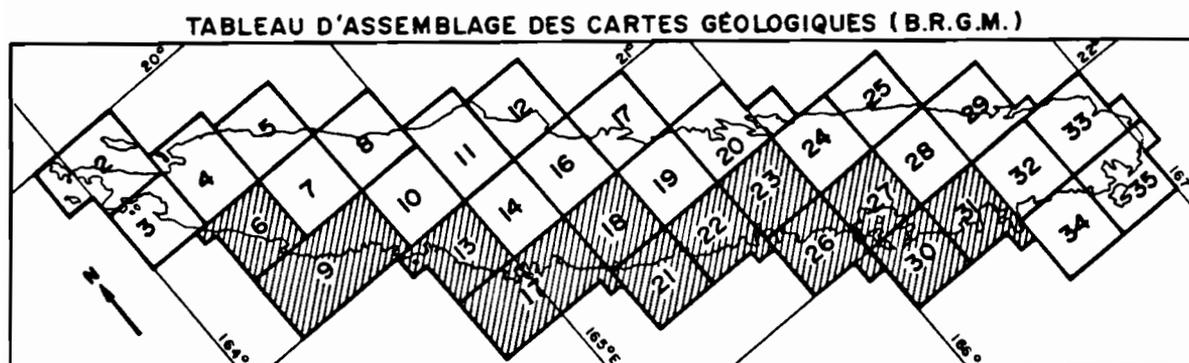
- TERCINIER G., 1965. - Carte pédologique de la Nouvelle-Calédonie à 1/40 000 : feuille Bourail-Moindou, région représentative du versant sud-ouest de l'île. Nouméa : ORSTOM, 117 p. multigr, annexes, 2 cartes.
- TERCINIER G., 1967. - Notice de la carte au 1/5000 des sols du centre d'expérimentation agronomique de la côte ouest de la Nouvelle Calédonie (Basse Néra). Nouméa : ORSTOM, 57 p. multigr.
- TESSIER D., 1980 - Sur la signification de la limite de retrait dans les argiles. Cr. Ac. Sci. Paris, t. 291, série D, 377 - 380.
- TESSIER D., PEDRO G., 1980 - Sur les propriétés de gonflement des argiles dans les sols. Cr. Ac. Sci. Paris, t. 291, série D, 461-464.
- THODE H.G., MONSTER J., 1965 - Sulfur isotope geochemistry of petroleum, evaporites and ancient seas. In fluids and subsurface environments, symposium Mem. 4, 367-377.
- TORRENT J., SCHWERTMANN U., FECHTER H., ALFEREZ F., 1983 - Quantitative relationships between soil color and hematite content. Soil Science, vol. 136, n°6, 354-358.
- TRESCASES J.J., 1975. L'évolution géochimique supergène des roches ultrabasiqes en zone tropicale. Formation des gisements nickélicifères de Nouvelle-Calédonie. Thèse Doct. Etat Strasbourg, 1973, Mém. ORSTOM, n°78, 278 p., 22 pl.
- TUCKER B.M., 1971 - Basic Exchangeable cations in soils. Division of soils, Technical paper n° 7. CSIRO : Melbourne, 21p.
- TUCKER B.M., 1974 - Laboratory procedures for cation exchange measurements on soils. Division of soils, Technical paper n° 23. CSIRO : Melbourne, 46p.
- TUCKER B.M., 1982 - Interaction of chloride with soils. A factor of salt retention by saline soils. Aust. J. of Soil Res., 20, 325-337.
- TUCKER B.M., 1985 - Laboratory procedures for soluble salts and exchangeable cations in soils. Australian division of soils, technical paper n° 47. CSIRO : Melbourne, 1-36.
- VAN BREEMEN N., 1982 - Genesis, morphology, and classification of acid-sulfate soils in coastal plains. In J.A. Kittrick Ed., Acid sulfate weathering. Spec Publ. 10. SSSA, Madison Wi. 95-108.
- VAN DER KAARS W.A., 1991 - Palynology of eastern Indonesian marine piston-cores : A late Quaternary vegetational and climatic record for Australasia. Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol., 85, 239-302.
- VIEILLEFON J., 1977 - Les sols de mangrove et de basse Casamance (Senegal). Importance du comportement géochimique du soufre dans leur pédogenèse. Mém. ORSTOM, n°83, 291 p.
- WARREN J.K., 1982 - The hydrological setting , occurrence and significance of gypsum in late quaternary salt lakes in south Australia. Sedimentology, 29, 609-637.
- WEBSTER P.J., STRETEN N.A., 1978 - Late Quaternary Ice Age of Tropical Australasia. Interpretations and Reconstructions. Quaternary Research, 10, 279 - 309.
- WIEDER M., YAALON D.H. 1974 : Effect on matrix composition on carbonate nodule crystallization. Geoderma 11 : 95-121.

- WILDING L.P., PUENTES, R., 1988 - Vertisols : their distribution, properties, classification and management. SMSS, Texas A&M , College Station, 193p.
- WILDING L.P., TESSIER D., 1988 - Genesis of vertisols : shrink-swell phenomena. In : Vertisols : their distribution, properties, classification and management. WILDING L.P., PUENTES,R. ed., SMSS, Texas A&M , College Station, 193p.
- WILLET I.R., 1983 - Oxidation-reduction reactions In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London. 417-426.
- WILLIAMS, C.H., RAUPACH M., 1983 - Plant nutrient in Australian soils. In "Soils : an Australian viewpoint", Division of Soils, CSIRO : Melbourne / Academic Press : London, 777-793.
- WILSON L., 1973 - Variations in mean annual sediment yield as a function of mean annual precipitation. American Journal of Science, vol. 273, 335-349.
- WIRTHMANN A., 1965. - Die reliefentwicklung von Neukaledonien Deutscher Geografentag. Tagungsbericht und wiss Abh. Bochum, 8 bis, 323-335.
- WISCHMEIER W. H., SMITH D. D., 1960 - A universal soil-loss equation to guide conservation farm planning. 7th intern. congress of soil science, Madison, Wisc., U.S.A., VI.2, 418-425.
- YERIMA B. P. K., CALHOUN F.G., SENKAYI A. L., DIXON J.B., 1985 - Occurence of interstratified kaolinite-smectite in El Salvador Vertisols. Soil Sci. Soc. Amer. J, Vol. 49, 462-466.
- ZEIN EL ABEDINE A., ROBINSON G.H., 1971a - A study on cracking in some vertisols of the Sudan. Geoderma, 5, 229-241.
- ZEIN EL ABEDINE A., ROBINSON G.H., COMMISSARIS A., 1971b - Approximative age of the vertisol of Gezira, central clay plain, Sudan. Soil Science, vol.111, n°3, 201-207.

## BIBLIOGRAPHIE SPECIFIQUE

Cartes géologiques et pédologiques de Nouvelle Calédonie qui ont contribué à la meilleure connaissance des sols à gypse :

**CARTES GEOLOGIQUES** : (le numéro figurant sur la carte précède les noms d'auteurs).



6 - ESPIRAT J.J., 1971. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Koumac. B.R.G.M.

9 - CARROUE J.P., 1972. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Voh-Ouaco. B.R.G.M.

13- CARROUE J.P., 1972. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Pouembout B.R.G.M.

17- CARROUE J.P., ESPIRAT J.J., 1967. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Poya-Plaine des Gaïacs. B.R.G.M.

18- FAURE P., GUERANGE B., LOZES J., TIBURZIO D., 1979. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Mé Maoya. Minute B.R.G.M.

21- ESPIRAT J.J., 1971. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Bourail. B.R.G.M.

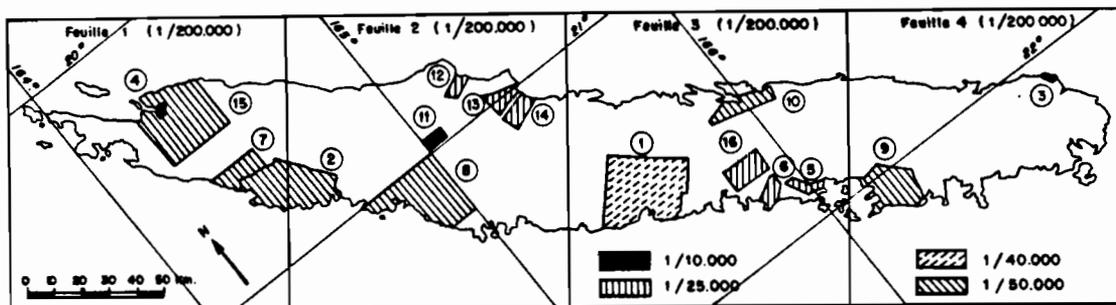
22- PARIS J.P., JEGAT P., FONQUERNIE M., DOUMENGE J.P., 1977. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Moindou. B.R.G.M.

23- PARIS J.P., GUY B., DOUMENGE J.P., JEGAT P., 1979. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Canala-La Foa. Minute B.R.G.M.

26- ESPIRAT J.J., 1971. - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Oua-Tom. B.R.G.M.

- 27- NOESMOEN A., 1970 - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Bouloupari. B.R.G.M.
- 30- FAURE P., PARIS J.P., 1979. - Carte géologique et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Tontouta. Minute B.R.G.M.
- 31- NOESMOEN A., TISSOT B., 1970 - Carte et notice explicative de la carte géologique de la Nouvelle-Calédonie à l'échelle du 1/50 000 : feuille Nouméa. B.R.G.M.

**CARTES PEDOLOGIQUES :** (le numéro figurant sur la carte précède les noms d'auteurs).



- 1 - TERCINIER G., 1956 - Carte pédologique de la Nouvelle-Calédonie à 1/40 000 : feuille Bourail-Moindou, région représentative du versant sud-ouest de l'île. Rapport ORSTOM, 117 p. dactylo., 28 p. annexe, 2 cartes, Nouméa.
- 2 - LATHAM M., MERCKY P., 1979 - Etude des sols de la région de Ouaco. Nouméa : ORSTOM, 37 p., multigr. + 2 cartes au 1/50 000.
- 3 - LATHAM M., MERCKY P., 1979 - Etude pédologique de l'agrandissement de la réserve d'Unia. Nouméa : ORSTOM, 18 p., multigr. + 1 carte au 1/10 000.
- 4 - LATHAM M., MERCKY P., 1979 - Etude pédologique de la propriété Pandelai. Nouméa : ORSTOM, 18 p., multigr. + 1 carte au 1/10 000.
- 5 - DENIS B., 1979 - Etude pédologique de la basse vallée de la Oua Ménie. Détermination des caractéristiques hydrodynamiques des principaux types de sols en vue de leur irrigation. Nouméa : ORSTOM, 67 p. + 2 cartes à 1/25 000.
- 6 - PODWOJEWSKI P., 1981 - Etude pédologique de la basse vallée de la Oua Tom. Eléments de pédogenèse salée et gypseuse. Nouméa : ORSTOM. Mémoire de stage. 97 p. multigr., 2 cartes au 1/25 000.
- 7 - PODWOJEWSKI P., LATHAM M., BOURDON E., 1983 - Etude des sols de la région de Kaala Gomen. Nouméa : ORSTOM, 54 p. multigr., + 2 cartes au 1/50 000.
- 8 - DENIS B., MERCKY P., 1982 - Notice de la carte géologique de Pouembout. Tome 1 / Texte et figures, 150 p., Tome 2 : Profils et cartes, 109 p. + 3 cartes au 1/50 000. Nouméa : ORSTOM.

- 9 - BEAUDOU A. G., FROMAGET M., PODWOJEWSKI P., BOURDON E., 1983 - Etude morpho-pédologique de la région de La Tontouta. Nouméa : ORSTOM 31p. + 2 cartes au 1/50 000 + 2 légendes.
- 10- FROMAGET M., BEAUDOU A. G., LE MARTRET H., 1983 - Carte morpho-pédologique de Canala-Nakety. Nouméa : ORSTOM 29p. 1 carte au 1/50 000 + 2 légendes.
- 11- BLAVET D., BOURDON E., 1985 - Etude pédologique du plateau de Tango Nouméa : ORSTOM. 100p. Notice des caractères édaphiques et carte au 1/10 000.
- 12- PODWOJEWSKI P., BOURDON E., 1984 - Etude morpho-pédologique de la vallée de la Tiwaka. Nouméa : ORSTOM. 47p. Notice des caractères édaphiques et carte au 1/25 000.
- 13- PODWOJEWSKI P., BOURDON E., 1984 - Etude morpho-pédologique des vallées de la Tchamba-Yahoué. Nouméa : ORSTOM. 44p. Notice des caractères édaphiques et carte au 1/25 000.
- 14- BLAVET D., BOURDON E., 1984 - Etude morpho-pédologique de la vallée de la Ponérihouen. Nouméa : ORSTOM. 47p. Notice des caractères édaphiques et carte au 1/25 000.
- 15- LATHAM M., 1985 - Notice de la carte pédologique de Pam Ouegoa. Carte pédologique et carte d'aptitude culturelle et forestière au 1/50 000. ORSTOM : Paris, 36p.
- 16- BLAVET D., BOURDON E., 1987 - Etude Pédologique de la vallée de La Foa. Notice Nouméa : ORSTOM 244 p. + 2 cartes au 1/25 000 + 2 légendes.

**Cartes générales :**

- LATHAM M., QUANTIN P., AUBERT G., 1978 - Etude des sols de la Nouvelle Calédonie. Nouvel essai sur la classification, la caractérisation, la pédogenèse et les aptitudes des sols de Nouvelle Calédonie. Paris : ORSTOM. Notice explicative, 78, 138 p. + 2 cartes au 1/1 000 000.
- PODWOJEWSKI P., BEAUDOU A.G., 1987 - Carte morpho-pédologique de la Nouvelle Calédonie au 1/200 000. Nouméa : ORSTOM. Tome 1 : Avant-propos et présentation générale, 15 p. multigr., tome 2 : légende de la carte, 18 feuillets multigr., tome 3 : possibilités d'utilisation du milieu, 5 feuillets multigr.



# ANNEXE

## LEXIQUE DES TERMES TECHNIQUES

Ce lexique a été élaboré, en très grande partie, par Didier BLAVET en 1986. Les lignes qui suivent ne sauraient expliciter complètement certains termes techniques recouvrant des notions complexes.

Pour plus de détails, on pourra se reporter aux ouvrages traitant de Sciences du Sol, et notamment aux suivants, qui nous ont servi de base pour tenter de clarifier la signification des termes utilisés :

BONNEAU (M.), SOUCHIER (B.), et al., 1979 - Pédologie. Tome 2 : Constituants et Propriétés du sol. Masson, Paris. 459 p.

C.P.C.S., 1967 - Classification des sols; travaux CPCS. Doc. multigr., Grignon, 87 p.

DUCHAUFOUR (Ph.), 1977. Pédologie. Tome 1 : Pédogenèse et Classification. Masson, Paris. 477 p.

LOZET (J.), MATHIEU (C.), 1986 - Dictionnaire de Science du Sol. Lavoisier, Paris. 269 p.

R.P.F., 1990 - Référentiel Pédologique Français, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 279p.

### Pour les termes de typologie

BEAUDOU A.G., CHATELIN Y., 1977 - Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques. Typologie en domaine ferrallitique. Cah. ORSTOM, série Pédol., XV, 1, 3-18.

BEAUDOU A.G.; FROMAGET M.; PODWOJEWSKI P.; BOURDON E., LE MARTRET H., BLAVET D., 1983b - Cartographie typologique des sols, méthodologie. Nouméa : ORSTOM. 30 p. multigr.

BEAUDOU A.G., 1988 - Recherche d'un système d'information pour le milieu physique. Thèse Doc. d'état, Univ. Paris I, 566p.

### Pour les analyses chimiques

En ce qui concerne les termes exprimant les résultats d'analyses physico-chimiques, nous ne développerons pas ici leur signification que l'on trouvera dans tout traité d'analyse des sols .

PELLOUX P., DABIN B, FILLMANN G., GOMEZ P., 1971 - Méthodes de détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange dans les sols. Init. Doc. Techn. n°17, ORSTOM : Paris, 117p.

PETARD J., 1991 - Les méthodes d'analyse employées au centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle Calédonie. Note Techn. N°4, ORSTOM : Nouméa, 24p.

PODWOJEWSKI P., PETARD J., 1988 - Expression des sels solubles et des bases échangeables sur un vertisol calcimagnésique à gypse et à carbonates (La Tamoa, Nouvelle Calédonie). Nouméa : ORSTOM, note technique (pédologie), 2, 75p.

## A

**ACIDIFIE (SOL ...)** [adj.] : Sol dont les horizons possèdent un pH inférieur à 6,5.

**AGREGAT [n.m.]** : Dans le sol, unité naturelle tridimensionnelle d'un assemblage cohérent et défini formé à partir de particules élémentaires, ces particules élémentaires étant souvent microscopiques. Les agrégats visibles à l'oeil nu (sur le terrain notamment) peuvent être de formes variées (anguleux, arrondis, etc.). La forme des agrégats visibles à l'oeil nu et leur mode d'organisation définissent la "Structure".

**ALLOTERITE [n.f.]** ; <du grec allos = autre> : Variante majeure de l'altérite, où les traits principaux de la structure et de l'organisation de la roche ont complètement disparu.

**ALTERATION [n.f.]** : Transformation partielle ou complète d'un matériau originel (roche, sédiment). Cette transformation correspond à une disparition et/ou à une transformation partielle ou complète des minéraux du matériau et s'accompagne de changements de sa couleur, de sa dureté, de sa texture, de sa forme. Les principaux agents responsables de l'altération sont les eaux circulant dans le matériau (et les diversions et autres substances dissoutes ou transportées par ces eaux), et le gaz carbonique. Le type d'altération est du reste fonction du climat.

**ALTERITE [n. f.]** ; <du français altération> : Matériau meuble ou cohérent résultant d'une première altération des roches à couleurs et texture souvent hétérogènes. Même lorsqu'il est parfaitement meuble, l'altérite n'acquiert jamais d'organisation de type pédologique (en particulier il n'apparaît jamais d'agrégats). (Voir les variantes "Altérite" et "Isaltérite").

**AMERODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du grec améros = non divisé> : Synonyme de "Structure massive" : assemblage continu et cohérent des particules élémentaires du sol, sans faces de dissociation marquées (parfois de rares fissures).

**ANAPEXOL [n.m.]** : Profil ne comportant pas d'apexol. Voir à APEXOL.

**ANGUCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du latin angulus = angle et de l'anglais clod : motte> : Synonyme de "Structure Polyédrique Anguleuse" Structure fragmentaire en agrégats anguleux bien délimités, irréguliers, de taille variable, à faces planes multiples et à crêtes anguleuses.

**ANGULEUSE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Voir à ANGUCLODE.

**APEXOL [n.m.]** : partie supérieure du profil comportant les horizons appumiques (\*) et structurichrome (\*). Si ce dernier a un grand développement, on limite l'apexol, en Nouvelle Calédonie, à 1,5 m d'épaisseur, c'est à dire à la partie liée aux phénomènes biologiques et à la fertilité.

(\*) - les horizons appumiques sont les horizons constituant la partie supérieure des sols, qui comprennent les horizons humifères et la zone appauvrie par le lessivage en argile et sesquioxydes.

- les horizons structurichromes sont des horizons minéraux meubles possédant une organisation structurale proprement pédologique (cf "structure pédologique") sans rapport avec celle du matériau d'origine. (CHATELIN).

**ARENITES [n.f.pl.]** ; <du lat. arena = sable> : Classe granulométrique (50 µ - 2 mm). On distingue dans cette classe les Microarénites (50 µ - 1 mm) et les Macroarénites (1 mm - 2 mm).

## B

**BIOFERON [n.m.]** ; <du grec bios = vie et pherô = transporter> : Organisations particulières le plus souvent bien individualisées et relativement faciles à identifier, résultant de l'activité de la faune à l'intérieur du sol (boulettes fécales de vers par exemple).

Ces "remaniements biologiques" affectent différents pédotypes, généralement "meubles" ou pouvant se morceler, se fractionner sans beaucoup de difficultés. Parmi ces pédotypes, on peut citer l'humite, le nécrumite, le structichron, l'altérite, l'oxydon, le leuciton, l'entaféron lutique et/ou arénique (ainsi que leurs intergrades).

**BRUNIFIÉ (SOL ...)** [adj.] : voir à BRUNISOL.

**BRUT (SOL MINERAL ...)** [adj.] : voir à LITHOSOL ou REGOSOL.

## C

**CALCIMAGNESIEN (SOL ...)** [adj.] : Sol dont le rapport Magnésium échangeable / Calcium échangeable est compris entre 0,5 et 2 dans l'horizon de surface et peut atteindre 3 dans l'infrasol.

**CALCIQUE** [adj.] : Qui contient du Calcium (voir aussi RESERVE).

**COHERENT** [adj.] : Voir COHESION.

**COHESION** [n.f.] : Union ou attraction de substances ayant le même caractère. Dans le sol à l'état sec, la cohésion peut s'apprécier de manière synthétique (et approximative) par l'aptitude du matériau à être pénétré par une lame de couteau . On distinguera :

- les matériaux "très meubles" et "meubles", où la lame s'enfoncera aisément.
- les matériaux "assez cohérents", où il faut faire un effort pour enfoncer la lame.
- Les matériaux "cohérents", où un effort important ne permet à la lame de s'enfoncer que de quelques centimètres au plus.
- les matériaux "très cohérents", où un effort important ne permet à la lame de s'enfoncer que de quelques millimètres au plus, voire pas du tout.

**COPROPEDE** [n.m.] : Synonyme de boulette fécale.

**CPCS** [abrév.] : Abréviation de "Commission Pour la Classification (française) des Sols".

**CUTANE** [n.m.] : Trait pédologique correspondant à une modification de texture, et/ou de la structure, et/ou de l'organisation du matériau pédologique, au niveau des surfaces naturelles du sol (surface des agrégats, des grains du squelette, du lapidon, des parois des vides). (BREWER , 1976)

Ce trait se caractérise par une concentration d'un élément particulier du sol ou par la modification in situ du plasma. Les cutanes peuvent être formés de n'importe lequel des éléments du sol ou par n'importe laquelle des substances présentes dans le sol.

Parmi les cutanes les plus fréquemment observés on peut citer :

- Argillanes : constitués d'argile
- Ferranes : composés d'oxydes et d'hydroxydes de fer
- Mangananes : composés d'oxydes et d'hydroxydes de manganèse
- Organanes : composés de produits organiques.

## D

**DENDRITE** [n.f.] : Concrétion d'oxyde de fer et de manganèse. Prend des formes finement arborescentes laissant croire à des végétaux fossilisés. (dans notre cas, dimension ne dépassant pas quelques cms).

**DEGRADÉ (SOL ...)** [adj.] : Sol à dégradation morphologique ou lessivage des minéraux argileux : cas des luvisols ou sols lessivés ; à dégradation géochimique : cas des planosols ; solodisation dans le cas des sodisols.

**DESATURÉ (SOL ...)** [adj.] : Sol dont les horizons possèdent un taux de saturation faible.

**DRAINAGE (...EXTERNE)** [n.m.] : Elimination naturelle d'une partie de l'excès d'eau (excès provoqué par les pluies, voire les inondations) par ruissellement à la surface du sol.

**DRAINAGE (...INTERNE)** [n.m.] : Elimination naturelle par infiltration dans le sol d'une partie de l'excès d'eau (excès provoqué par les pluies ou les inondations).

## E

**EDAPHIQUE** [adj.] : Qui se rapporte au sol. (On parle souvent des exigences édaphiques d'une culture).

**ELEMENT FIGURE** [n.m.] : voir à TRAIT PEDOLOGIQUE

**ELUVIATION** [n.f.] : Migration descendante ou oblique de substances solubilisées ou en suspension à l'intérieur du sol, provoquant la formation d'un horizon appauvri en ces substances, dit horizon "éluvial".

**ENTAFERON** [n.m.] ; <du grec entha = ici et là et de pherô = trans porter> : Matériau d'apport, morphologiquement reconnaissable, souvent hétérogène, de granulométrie variable : lutique (argiles et limons) et/ou arénique (sables) et/ou rudique (graviers, cailloux, blocs, galets...). Sans organisation pédologique, ou avec une organisation faiblement exprimée qui ne masque jamais celle due à l'apport. Parfois stratifié et/ou granoclassé. L'origine de ce matériau peut être variable (alluviale, colluviale, marine, éolienne, volcanique, glaciaire...).

**EUTROPHE (SOL ...)** [adj.] : Sol dont les horizons possèdent un taux de saturation élevé, généralement supérieur à 75 % (par opposition aux sols oligotrophes. le terme mesotrophe qualifie, lui, des sols où le taux de saturation est moyen).

**EVOLUÉ** [adj.] : Qualifie un fort degré de transformations pédologiques d'un matériau originel (roche, alluvions, etc..) ou d'un sol (ex : un sol évolué présente un matériau originel très transformé par la pédogenèse, par opposition à un sol peu évolué).

**EVOLUÉ (SOL PEU ...)** [adj.] : Voir à SOL.

## F

**FERRUGINISÉ (SOL ...)** [adj.] : Sol ayant subi le processus de Ferruginisation, qui est caractérisé par la séparation du fer des minéraux constitutifs des roches et son individualisation dans les sols sous de nouvelles formes (hématite, goéthite, etc..). Notamment, et par définition, les SOLS à SESQUIOXYDES DE FER sont fer ruginisés.

**FERRUGINEUX (SOL ...)** [adj.] : Voir à SOL (...A SESQUIOXYDES DE FER)

**FRAGISTERITE** [n.m.] ; <du latin fragilis = fragile, et de stérite> : Variante majeure de stérite (voir définition), à dureté faible. Les morceaux de fragistérite peuvent se briser plus ou moins facilement à la main.

**FRAGMENTAIRE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Structure caractérisée par un réseau préférentiel de dissociation définissant des agrégats de forme et de dimensions très variables.

## G

**GLEYS** [n.m.] : Matériau créé en conditions anaérobies (partie du profil en permanence ou quasi permanence sous eau). Ce matériau est riche en fer ferreux, donc en fer réduit, ce qui se manifeste par une couleur vert bleu, gris vert, ou gris bleu.

**GROSSIERS (ELEMENTS)** [adj.] : Eléments ne passant pas au tamis de 2 mm (avant broyage mécanique) et représentés par des pierres, des débris végétaux, etc...

**GRUMELEUSE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Voir à GRUMOCLODE.

**GRUMOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du latin grumus = monticule et de l'anglais clod = motte> : Synonyme de "Structure Grumeleuse" : Structure fragmentaire en agrégats à faces courbes, mamelonnées, à formes enveloppantes : l'agrégat caractéristique est arrondi. Cette structure est décrite essentiellement dans les horizons humifères et au voisinage des chevelus racinaires. Taille généralement centimétrique.

## H

**HORIZON** [n.m.] : Couche grossièrement parallèle à la surface du sol, d'épaisseur parfois très irrégulière, dont l'existence est reconnue lors de l'observation de coupes de sol ou de carottes de sondage. Les horizons se distinguent les uns des autres par leurs constituants, leur organisation et leur comportement (on les distingue souvent à l'oeil nu par leurs couleurs) : ils sont dus soit à des dépôts successifs de matériaux différents, soit aux transformations subies par un matériau originel depuis le début de son évolution. (BOULAINÉ).

### Liste des horizons de référence (RPF, 1990)

A : horizon humifère (Humite)

Aca : carbonaté

Aci : calcique

Ach : chimique

AJ : atypique

An : Anmoor

Aa : allophanique

Avi : vitrique

Aal : aluminique

B : horizon d'accumulation

BT : Dtextural

BP : B podzolique

BS : B ferrugineux

C : horizon d'altération (Altérite)

E : horizon éluvial (Leuciton)

FE : horizons ferriques

OX : horizon oxydique

RT : horizon réticulé

ND : horizon oxynodulaire

PT : horizon pétroxyque

FS : horizons fersiallitiques

FSj : horizon fersiallitique jaune

G : horizon réductique (Réducton)

H : horizon histique

Hf : Hfibrique

Hm : H mésique

Hs : H saprique

Ha : H asséché

K : horizon calcarique

L : horizon labouré

M : cailloutis non consolidés d'une roche meuble non ou peu fragmentée

O : horizons organiques (nécrophyton, nécrumite)

OL

OF

OH

OM

R : roche dure non ou peu fragmentée (régolite)

S : horizon structural (structichron)

Sp : S pélosolique

Sc : S carbonaté

Sci : S calcique

Sal : S aluminique

Sa : S allophanique

SJ : S atypique

TH : matériel thionique ou sulfidique

V : horizons vertiques (vertichron)

Vs : horizon verticale de surface

V : horizon verticale médian

Vv : V typique

Y : horizon gypsiques

Ym : horizon pétro-gypsiques

Ys : horizon gypsiques de surface

Yp : horizon gypsiques de profondeur

#### Lettres suffixes

a : albique ou allophanique

ca : Accumulation de calcaire, remplacé par k

cn : concrétionné ou nodulaire

cs : Accumulation de sulfate de calcium (gypse), remplacé par gy ou y

fe : Accumulation ferrugineuse

gy : à gypse, remplacé par y

g : Pseudogley, redoxique

h : particulièrement riche en matière organique

k : à début d'accumulation de calcaire, remplace ca

m : Horizon massif, induré, à forte cimentation

p : Horizon labouré (ou perturbé)

sa : Présence de sels plus solubles que le sulfate de Ca

s : riche en sesquioxydes ou de surface

t : à illuviation d'argile

v : à caractères vertiques

w : gelé

x : Fragipan

y : à caractères gypseux, remplace gy

**HUMIQUE** [adj.] : Dans le sens employé ici, désigne un matériau qui contient une proportion relativement élevée d'humus (synonyme dans ce cas de "Humifère").

**HUMITE** [n.m.] ; <dérivé de humus> : Désigne un matériau pédologique caractérisé par la présence de matière organique, visuellement indécélable, excepté par la couleur, associée à de la matière minérale.

Il se caractérise par sa couleur généralement homogène : (brun, marron, gris plus ou moins foncé...) : dans le code Munsell, les valeurs varient de 2 à 5, les chromas de 0 à 3 dans les planches 10 R, 2,5 YR, 5 YR, 7,5 YR, 10 YR, ainsi que dans les planches 2,5 Y et 5 Y.

Autres caractères : la texture (toucher particulier dû à la matière organique), l'organisation (structure souvent grumeleuse, enracinement...).

**HYDROMORPHE** (SOL ...) [adj.] : Voir à SOL.

**HYDROMORPHIE** [n.f.] : Modification due à l'insuffisance ou au défaut de drainage local du sol.

**HYDROPHYSE** [n.f.] ; <du grec hydros = eau et phusis = expansion> : Eau libre (de ruissellement, d'infiltration, etc.). Terme notamment utilisable pour l'eau des nappes phréatiques.

**HYPERMAGNESIEN (SOL ...)** [adj.] : Sol excessivement riche en magnésium. Le rapport Magnésium échangeable / Calcium échangeable dépasse 5 dans l'horizon de surface et 10 dans l'infrasol, ce qui se traduit par une toxicité en magnésium pour de nombreux types de cultures.

## I

**INFRASOL** [n.m.] : Partie profonde du sol qui est le plus souvent accessible à l'observation avec les moyens normaux de prospection : c'est la partie du sol située sous l'APEXOL (ORSTOM 1979).

**INTERGRADE** [adj.] : Se dit d'un constituant d'horizon, d'un horizon ou d'un sol qui possède, modérément développées, les caractéristiques de plusieurs modèles de référence différents. De la sorte, on ne peut pas rattacher ce constituant, cet horizon ou ce sol exclusivement à l'un de ces modèles.

**ISALTERITE** [n.f.] ; <du grec isos = même> : Variante majeure de l'altérite où la structure et l'organisation de la roche ont été conservées de façon apparente à l'oeil nu.

## L

**LAPIDON** [n.m.] ; <du grec lapis = roche> : Matériau discontinu, caractérisé par une concentration d'éléments grossiers d'un diamètre supérieur à 2 mm. (rudique) de type et de nature variés (lithoreliques, restes de filons, nodules, concrétions, blocs de stériles de sesquioxides, de calcaire, de giobbertite..)

Le plus souvent d'origine non directement reconnaissable (allochtone ou autochtone). En général associé à un autre pédotype meuble telle que structichron, humite, rétichron, vertichron, altérite...

**LEUCITON** [n.m.] ; <du grec leucos = blanc> : Matériau pédologique blanc, gris ou beige très clair. Valeur 7 à 8, chroma 1 à 3 dans les planches 5 YR et 10 YR. Valeur 8 et chroma 0 à 2 dans la planche 7,5 YR. Formé principalement d'éléments quartzeux de dimensions variées (arénique, rudique), quelquefois granoclassés. La porosité intergranulaire est très élevée. La limite avec les autres matériaux est toujours très nette. Ce matériau se forme après élimination de la plupart des minéraux argileux et des substances colorantes telles que les oxydes de fer et la matière organique. Il se rencontre essentiellement dans les podzols, solonetz solodisés, planosols, sols lessivés...

**LITHIQUE (SOL ...)** [adj.] : Sol peu évolué, du fait d'un décapement "récent" de la roche mère, elle-même dure.

**LITHORELIQUE** [n.f.] ; <du grec lithos = pierre et du français reli que> : Fraction grossière rocheuse présente dans le sol et correspondant à un héritage direct du matériel parental sous-jacent. La dimension des éléments de cette fraction grossière dépend de la nature de la roche et des conditions d'altération.

**LUTITES** [n.f.pl.] ; <du latin lutum = boue, terre de potier> : Classe granulométrique (0-50  $\mu$ ). On distingue dans cette classe les Microlutites (0-20  $\mu$ ) et les Macrolutites (20-50  $\mu$ ).

## M

**MAGNESIEN (SOL ...)** [adj.] : Sol riche en Magnésium. Le rapport Magnésium échangeable / Calcium échangeable dépasse 3 dans l'horizon de surface et varie de 5 à 10 dans l'infrasol.

**MASSIVE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Voir AMERODE.

**MEUBLE** [adj.] : Voir à "COHESION".

**MORPHO-PÉDOLOGIQUE** [adj.] : Synonyme de Géomorfo-Pédologique. Se rapporte à des descriptions liant des caractéristiques Géomorphologiques (formes, nature et origine des reliefs, type de pentes, etc..) à des caractéristiques Pédologiques (nature et origine des sols, profondeurs, etc...).

## N

**NECROPHYTION** [n.m.] ; <du grec *necros* = cadavre, et *phyton* = plante> : Désigne de la matière végétale morte non décomposée. Feuilles, branches, tronc, fruits, graines, ... coupés, couchés, tombés sur le sol.

**NECRUMITE** [n.m.] ; <du grec *necros* = cadavre, et de *humus*> : Désigne de la matière végétale morte et décomposée (ce qui la distingue du necrophytion) - se différencie de l'humite, car la matière végétale est encore visuellement reconnaissable.

**NODULE** [n.m.] : Concentration dure, de formes et dimensions variées, le plus souvent sphérique. Le volume d'un nodule dépasse rarement quelques cm<sup>3</sup> (RUELLAN).

**NOMENCLATURE (...CPCS)** [n.f.] : Ensemble des sigles (lettres et chiffres) utilisés, dans la Classification française des sols (1967) ou le RPF (1990) pour nommer et caractériser les différents types d'horizons pédologiques.

## O

**ORGANO-ARGILLANE** [n.m.] ; <de *organo* = préf. dérivé de organique" et *argillane* = dépôt d'argile> : Dépôt de substances argileuses et organiques sur une surface, (dans notre cas une surface d'agrégat, ou une fente).

**OXYDON** [n.m.] <dérivé de oxyde> : Matériau pédologique meuble à colorations vives homogènes, généralement jaune ou rouge, parfois rouge très foncé à noir. Valeur 3 à 5, chroma 5 à 8 dans les planches 10 R et 2,5 YR. Valeur 4 à 6, chroma 6 à 8 dans les planches 5 YR et 7,5 YR. Teneur en argiles minéralogiques faible ou très faible (inférieure ou égale à 10 %). Texture très fine ou fine. Non plastique à l'état humide. Structure en général amérode. Présence en très grande quantité d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (Fer, Aluminium, Manganèse, Nickel, Chrome, Cobalt...) soit en mélange, soit avec une forte prédominance de l'un d'eux. Souvent associé au réducton, en général en juxtaposition.

## P

**PAUCICLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du latin *paucus* = peu abondant, et de l'anglais *clod* = motte> Structure fragmentaire peu nette, dans un matériau présentant une fissuration peu abondantes. les agrégats se dissocient mal, et résultent d'un débit en polyèdres.

**PEDON** [n.m.] : Volume de sol tridimensionnel nécessaire et suffisant pour caractériser un sol. On peut aborder la description d'un pedon par l'étude d'un profil, mais dans notre cas, le pedon représente la plupart du temps la synthèse de plusieurs descriptions de profils.

**PEDOTYPE** [n.m.] : Dans les "Descriptions typologiques" (BEAUDOU) : Constituant du sol, identifiable sur le terrain, et quantifiable. Les pédotypes peuvent être soit simples (Structichron, Leuciton, Humite, Alterite, etc...), soit composés de plusieurs Pédotypes simples (HumoStructichron, HumoLeuciton, etc...). On peut décrire les pédotypes et les quantifier les uns par rapport aux autres, pour chaque horizon du profil. (BEAUDOU)

**PIERROSITÉ** [n.f.] : Synonyme de "Charge en éléments grossiers".

**POLYPHASÉ (SOL ...)** [adj.] : Sol où l'on observe plus de deux matériaux originels différents (en l'occurrence une succession de dépôts plus ou moins fins d'alluvions). Mais ce terme reste à utiliser avec prudence, car d'autres usages existent. Il vaudrait peut être mieux parler de sol "polycomposé" ou simplement, de sols à "dépôts lités".

**PRISMOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <dérivé du mot *prisme*, et de l'anglais *Clod* = motte> : Variante de la structure anguclide caractérisée par des agrégats prismatiques de grandes dimensions, allongées verticalement et à faces plus ou moins planes. Structure fréquente dans les vertichrons.

**PSAMMOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du grec *psammos* = sable, et de l'anglais *Clod* = motte> : Synonyme de "Structure Particulaire à particules sableuses" : structure résultant de l'absence de cohésion entre les particules sableuses contenues dans le matériau. Cette structure est caractéristique des matériaux

sableux ne contenant pas ou peu de "liant" organique ou argileux (pas plus de 15 à 20 % d'argile notamment).

**PSEUDOGLEY** [n.m.] : Matériau pédologique qui ressemble à un Gley mais où la réduction du fer est moins générale. Ce matériau possède un aspect panaché ou constellé à zones oxydées rouille ou brun jaunâtre et zones réduite gris bleuté ou vert bleuté.

## R

**REDUCTON** [n.m.] ; <dérivé de réduit> : Matériau pédologique meuble réduit, souvent de type "Gley" (voir ce terme), caractérisé par des colorations grises, gris-bleuâtre, gris-verdâtre, parfois beige ou jaunâtre très clair. Dans le code Munsell : couleur à valeur 4 à 8, et chroma 0 à 2 dans les planches 10 YR, 2,5 Y, 5 Y ; couleurs de la planche gley entière. La texture est souvent argileuse ou argilo-limoneuse.

La structure est amérode ou anguclode très grossière. Souvent associé à l'oxydon, en général en juxtaposition.

**REGOSOLIQUE (SOL ...)** [adj.] : Sol peu évolué, du fait d'un décapement "récent" de la roche mère, elle-même friable.

**REGOLITE** [n.m.] ; <du français scientifique reg> : Désigne les blocs rocheux de très grandes dimensions et la roche mère non altérée, géologiquement en place.

De nombreuses variantes existent selon la nature pétrographique et géochimique de la roche.

**RUDITES** [n.f.pl.] ; <du latin rudus, ruderis = gravats, décombres> : Classe granulométrique (> 2 mm). On distingue dans cette classe les Microrudites (2 mm - 2 cm); les Mésorudites (2 cm - 7,5 cm); les Macrorudites (7,5 cm - 20 cm); les Mégarudites (> 20 cm).

**RHIZAGE** [n.m.] ; <du grec ridza : racines, et agogos : qui conduit> :

Ensemble végétal racinaire constitué principalement d'éléments con ducteurs plus ou moins lignifiés.

## S

**SATURATION (TAUX DE ...)** [n.f.] : En chimie du sol, le taux de saturation en cations métalliques du complexe adsorbant est le rapport, exprimé en p. cent de la quantité S d'ions métalliques fixés sur le complexe adsorbant sur la quantité T d'ions métalliques fixables. Ce rapport peut varier de 0 à 100 (on emploie souvent le sigle SAT, pour "saturé", lorsqu'il vaut 100).

**SEGMENT (... PEDOLOGIQUE)** [n.m.] : Les segments pédologiques sont des volumes qui rassemblent un certain nombre de pédons marqués par un même processus d'évolution dominant ou par plusieurs processus agissant simultanément selon une même dynamique d'ensemble sur un même matériau. (Lorsque l'on parcourt une toposéquence, apparaissent souvent plusieurs segments.).

**SEMETON** [n.m.] ; <du grec semeïos = figure, trait> : Ensemble de traits pédologiques (à l'exception des cutanes, nodules concrétions sesquioxidiqes et carbonatées) de formes et natures variées : efflorescences, dendrites, crystallaria (gypse...), pédotubules, biomicro-agrégats...

**SEQUIOXYDES** [n.m.pl.] : Dans les sols, Ensemble des oxydes et hydroxydes de Fer, aluminium, Manganèse et Titane, figurant sous forme amorphes ou cristallines insolubles dans très peu éliminés par les eaux. En géochimie, le terme est réservé aux constituants de formule R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (où R est un élément métallique; O est l'oxygène).

**SEQUIOXYDES (SOLS A ...)** [n.m.pl.] : Voir à FERSIALSOL ou FERRALSOLS.

**SODIQUE** [adj.] : Au sens général signifie "qui contient du sodium". Dans le cas des sols, caractérise un matériau pédologique qui a un taux de saturation en sodium échangeable compris entre 8% et 15% pour les sols faiblement sodiques, à plus de 15% pour les sols sodiques au s.s.

**SOL** [n.m.] : Produit de l'érosion, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (AUBERT et BOULAIN in "LOZET & MATHIEU- Dictionnaire de Science du Sol.").

## Différents types de sols - Projet RPF 1990

Sols alluviaux (fluvisols)	Podzosols
Andisols	Rankers
Arenosols	Régosols
Brunisols	Salsodiques (sols)
Calcimagnésiques (solums)	Sulfatés-acides (Thiosols)
Cryosols	Vertisols
Ferralsols	
Gypsosols	Domaines en discussion
Histosols	
Hydromorphes (sols à caractères)	Alocrisols
Lithosols	Domaine Clinohumique
Luvisols (et apparentés)	
Organosols	Colluviosols
Pélosols	Domaine des Ferralsols - Oxydisols
Peyrosols	Domaine des ferrugineux tropicaux
Planosols	Yermosols

**SOLOD** [n.m.] : Sol SODIQUE à sodium sous forme échangeable, et à acidification superficielle. C'est le sol sodique le plus évolué ; il résulte d'un lessivage accompagné d'une acidification et d'une dégradation superficielle des argiles restant dans les horizons A. La partie inférieure du profil peut aussi être acidifiée.

**SOLONETZ** [n.m.] : Sol SODIQUE à sodium sous forme échangeable, et à lessivage de surface modéré. Lorsque le lessivage, l'acidification et la dégradation superficielle des argiles dans les horizons se poursuivent, ce sol sodique évolue en solonetz solodisé, puis en solod.

**SPHÉNOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du grec sphen = coin, et de l'anglais Clod = motte> : Structure caractérisée par des agrégats bien délimités, de taille variable, à faces planes ou légèrement incurvées, ayant une forme spécifique "en coins". Cette structure est presque systématiquement en relation avec la présence d'argiles dites "gonflantes". Elle identifie le pédotype vertichron. Les faces des agrégats peuvent être luisantes (luciques) et/ou striées (luci-strio-sphénique).

**STERITE** [n.m.] ; <du grec stereos = dur> : Matériau pédologique durci, continu, caractérisé par la concentration d'un ou plusieurs éléments du sol. Les stérites sont rarement homogènes et présentent une très grande variété dans les couleurs et les faciès. Les natures sont également très variées (sesquioxydique, cal caire, magnésienne...).

**STRUCTICHRON** [n.m.] ; <dérivé de structure et du grec chroma = couleur> : Matériau pédologique minéral meuble aux colorations vives et franches, homogènes, variées (jaune, rouge, violacé, brun, ocre, beige...). Dans le code Munsell ; couleur à valeur 4 à 6, chroma 5 à 8. La texture est variable. Il n'y a pas d'individualisation recon naissable d'oxydes et/ou d'oxydes métalliques. La structure est proprement pédologique sans ressemblance aucune avec le matériau d'origine. Contient au moins 10 % d'argiles minéralogiques.

**STRUCTURE** [n.f.] : (dans le contexte d'une observation sur le terrain, donc à l'exclusion, notamment, de l'usage du terme dans "structure pédologique") : type d'assemblage des particules solides formant des agrégats visibles à l'oeil nu (voir "AGREGAT").

**STRUCTURE (...PEDOLOGIQUE)** [n.f.] : Arrangement spécial des particules minérales, organiques, ou organo-minérales, visible à l'échelle microscopique et due à la pédogenèse, que l'on ne retrouve pas dans les roches ou les roches altérées.

**SULFATO-REDUCTION** [n.f.] ; <de sulfate et réduction> : Réduction des sulfates en sulfures et accumulation sous forme de sulfures de fer noir.

## T

**TOPOSEQUENCE** [n.f.] : Unité complexe de sols qui se succèdent constamment dans un ordre déterminé. La raison de leur succession régulière est l'influence prépondérante et régulièrement répétée des facteurs topographiques.

**TRAITS (PEDOLOGIQUES ...)** [n.m.pl.] : objets reconnaissables dans un sol, qui se distinguent du matériau environnant pour une raison quelconque telle que l'origine, la différence de concentration d'un ou plusieurs éléments, l'arrangement des constituants (BREWER).

**TYPLOGIQUE (DEFINITION DES HORIZONS - DESCRIPTION ...)** [adj.] :

Fait référence au vocabulaire BEAUDOU-CHATELIN, qui introduit des termes nouveaux pour définir les "Pédotypes" (voir ce terme) de chaque horizon décrit.

## V

**VERTICHRON** [n.m.] ; <dérivé de vertisol et du grec chroma : couleur> : Matériau pédologique meuble, de coloration homogène, brun, vert-olive, à caractère vertique très net. Dans le code Munsell : couleur à valeur 4 à 6, chroma 2 à 6 dans les planches 2,5 Y et 5 Y. La texture est argileuse ou très argileuse. Les argiles sont de type 2/1. La structure fragmentaire "en coin", de dimensions variées et du type sphénoclude.

Ce matériau est caractérisé par la présence de faces gauchies striées et/ou luisantes, parfois de très grande dimension. Les individualisations de carbonates (Ca, Mg), de sulfates (Ca...), et d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (Mn, Fe,...) sont fréquentes.

**VERTIQUE (CARACTERE ...)** [adj.] : Propriété caractérisant les horizons qui possèdent des agrégats gauchis à faces lissées, et qui présentent, dans la période sèche de la plupart des années, des fentes larges de 1 cm ou davantage, pouvant atteindre la surface.



# TABLES

# LISTE DES FIGURES

	<b>PAGE</b>
Figure 1 : Carte de localisation de la Nouvelle Calédonie.....	4
Figure 2 : Carte pluviométrique de la Nouvelle Calédonie.....	6
Figure 3 : Climogramme des stations de La Tontouta et de Ouaco situées sur la côte sèche de la Grande Terre.....	8
Figure 4a et b : Variabilité de la pluviométrie pour la station de Ouaco (a) et La Tontouta (b).....	10
Figure 5 : Evaluation de l'évapo-transpiration sur la côte ouest de la Grande Terre.....	11
Figure 6 : Esquisse lithologique de la Nouvelle Calédonie.....	13
Figure 7 : Carte de localisation des différents types de vertisols en Nouvelle Calédonie .....	15
Figure 8 : Courbe hypsographique des deux versants de la grande Terre.....	17
Figure 9 : Carte de localisation des sites d'étude des vertisols calcimagnésiens à gypse.....	20
Figure 10 : Carte de localisation générale de la région de La Tontouta. ....	22
Figure 11 : Détail de la figure 10, emplacement des profils et des carottages.....	24
Figure 12 : Séquence des profils TIA. Proximité de Tiaré-Naïa.....	25
Figure 13 : Organisation verticale des profils de la séquence TIA.....	26
Figure 14 : Distribution des éléments figurés dans la séquence de Tiaré.....	33
Figure 15 : Composition granulométrique des principaux sols de la séquence TIA. ....	36
Figure 16 : Teneurs en sels solubles (extrait au 1/2) et pH des sols de la séquence TIA.....	40
Figure 17 : Pourcentage relatif des principaux cations échangeables de la série TIA.....	46
Figure 18 : Ilot Leprédour - Carte géologique et emplacement des profils.....	50
Figure 19 : Ilot Leprédour - Topographie - emplacement des coupes.....	52
Figure 20 : Coupe transversale de l'îlot Leprédour (coupe A de la figure 19). ....	53
Figure 21 : Coupe longitudinale de l'îlot Leprédour (coupe B de la figure 19).....	53
Figure 22 : Séquence de sols sur calcaire gris - Flanc NW de la doline.....	57
Figure 23 : Légende des figurés.....	55
Figure 24 : Séquence de sols sur calcaires gris. ....	56
Figure 25 : Séquence de sols sur calcaire gréseux - Flanc NNE de la doline.....	61
Figure 26 : Séquence de sols sur grès à ciment calcaire.....	60
Figure 27a : Coupe C (fig. 19) - Séquence sur grauwackes.....	65
Figure 27b (détail de la figure 27a) : Séquence de sols sur grauwackes - versant NE.....	65
Figure 28 : Séquence de sols sur grauwackes. ....	64

Figure 29 : Composition granulométrique des sols de la doline de l'îlot Leprédour.....	69
Figure 30 : Distribution des éléments majeurs après attaque triacide dans les principaux sols de l'îlot Leprédour. ....	76
Figure 31 : Diagrammes diffractométriques de la fraction argileuse.....	78
Figure 32 : Conductivité électrique de l'extrait des sels solubles (au 1/2, à l'eau) des principaux profils de l'île Leprédour. ....	80
Figure 33 : Distribution des sels solubles, extraits à l'eau et au 1/2 dans les principaux sols verticaux de l'île Leprédour. ....	82
Figure 34 : Distribution relative des principaux cations échangeables dans les profils représentatifs de l'île Leprédour. ....	84
Figure 35 : Coupe schématique de la séquence sur calcaire dur ; Fonctionnement hydrique.....	87
Figure 36 : Coupe schématique de la séquence sur calcaire gréseux ; Fonctionnement hydrique.....	88
Figure 37 a : Dynamique ancienne des anions dans le paysage de l'îlot Leprédour.....	89
Figure 37 b : Coupe schématique de la séquence sur grauwackes - Fonctionnement hydrique actuel .....	89
Figure 38 : Emplacement de la zone d'étude de La Tamoá.....	92
Figure 39 : Esquisse géologique de la région étudiée. ....	94
Figure 40 : Comparaison de deux formes de modelé sur flysch.....	95
Figure 41 : Emplacement des profils et des carottages. ....	96
Figure 42 : Séquence de sols de la basse vallée de La Tamoá.....	100
Figure 43 : Séquence de carottages dans la vallée alluviale de La Tamoá.....	104
Figure 44 : Triangle textural des sols de la partie amont (A) et aval (B) de la séquence.....	106
Figure 45 : Distribution des sols en fonction des rapports moléculaires de l'analyse triacide.....	109
Figure 46 : Attaque triacide : Distribution de certains éléments dans les profils de la séquence de la basse vallée de la Tamoá.....	108
Figure 47 : Transect à la microsonde dans une coupe de nodule carbonaté polyphasé. ....	115
Figure 48 : Transect à la microsonde dans une coupe de nodule ferro-manganésifère. ....	119
Figure 49 : Distribution de NiO en fonction des teneurs en MnO des accumulations ferro-manganésifères. ...	122
Figure 50 : Calcium, magnésium et sodium échangeable sur sol brut et après extraction des sels solubles...124	
Figure 51: Courbes en isovalues de la conductivité électrique des extraits de sels solubles (à l'eau, au 1/2) dans la séquence de sols de la basse Tamoá depuis le profil MER 50 au profil MER 72. ....	127
Figure 52 : Distribution des sels solubles (extraction à l'eau et au 1/2) le long de la séquence de la basse vallée de la Tamoá de l'amont (MER 52), vers l'aval (MER 72). ....	129
Figure 53 : Distribution relative des trois principaux cations échangeables depuis l'amont (A) vers l'aval (B) de la séquence.....	129
Figure 54 : Evolution de la distribution relative des cations échangeables depuis un équilibre calco-magnésien en amont vers un pôle hypermagnésien en aval.....	130

Figure 55: Courbes en isovaleurs du pH dans la séquence de sols de la basse Tamoa depuis le profil MER 50 au profil MER 72.....	131
Figure 56 : Carte géomorphologique et tectonique.....	138
Figure 57 : Le comportement spécifique de la Grande Terre. ....	141
Figure 58 : Esquisse géologique du bassin versant de la Oua-Tom. ....	146
Figure 59A : Coupe pédologique depuis la crête siliceuse vers la terrasse ancienne.....	148
Figure 59B : Coupe pédologique dans la terrasses de la Oua-Tom. ....	149
Figure 60 : Cartes des formations superficielles de la Oua-Tom.....	152
Figure 61 : Mouvements donnant naissance aux colluvions et alluvions du bassin de la Oua-Tom.....	154
Figure 62 : Coupe schématique du bassin versant de la Tamoa.....	156
Figure 63 : Datation des différents épisodes ayant affecté les éolianites. ....	162
Figure 64 : Sites d'étude et manifestation des paléoclimats quaternaires.....	164
Figure 65 : Variations de la pluviométrie durant le Quaternaire récent.....	166
Figure 66 : Variations de la température durant le Quaternaire récent. ....	167
Figure 67 : Schéma synthétique des différents évènements ayant affecté le Pacifique Sud.....	170
Figure 68 : Comparaisons entre deux coupes parallèles au littoral sur relief basaltique effectuées dans la région de Poya-Beaupré, soulignant la pénéplénation importante en bord de mer, avec prépondérance de la pédogenèse sur la morphogenèse, approfondissement des sols et installation des vertisols à gypse. ....	172
Figure 69 : Relation entre les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ SMOW et le rapport CaO/MgO des carbonates.....	173
Figure 70 : Différentes formes de cristallisation du gypse en provenance de diverses origines. ....	180
Figure 71 : Le cycle atmosphérique du soufre. ....	182
Figure 72 : Formation du gypse par voie biochimique.....	184
Figure 73 : Localisation des sites d'étude du gypse, partie nord.....	188
Figure 74 : Localisation des sites d'étude du gypse, partie sud.....	188
Figure 75 : Relation entre les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ des cristaux de gypse et de leur éloignement à la mer. ....	185
Figure 76 : Emplacement des figures 70 et 71 ; localisation des vertisols à gypse en Nouvelle Calédonie ; direction, intensité et fréquence des vents dans la station de Nouméa et de Koumac.....	186
Figure 77 : Diagramme schématique montrant les effets de l'humectation-dessiccation des sols à argiles gonflantes.....	199
Figure 78 : Courbe de retrait de certains horizons caractéristiques de vertisols.....	200
Figure 79 : Profils hydriques de différents vertisols à la fin de la saison humide.....	204
Figure 80 : Transformations morphologiques associées à la formation des vertisols. ....	207
Figure 81 : Dissolution simulée du gypse par les eaux de la Tamoa.....	212
Figure 82 : Dissolution simulée de la calcite par les eaux de la Tamoa. ....	212

# LISTE DES TABLEAUX

	<b>PAGE</b>
Tableau Ia et b : Données climatiques mensuelles du poste Météo de Ouaco (a) et de La Tontouta (b).....	8
Tableau II : Principales formations géologiques de la Grande Terre et grands types de sols qui en découlent.....	12
Tableau III : Composition chimique des basaltes.....	14
Tableau IV : Composition chimique des grauwackes.....	14
Tableau V : Composition chimique des roches ultrabasiques.....	14
Tableau VI : Tableau récapitulatif des caractéristiques des horizons humifères.....	28
Tableau VII : Tableau récapitulatif des caractéristiques des horizons de transition .....	29
Tableau VIII : Tableau récapitulatif des caractéristiques des horizons vertiques .....	30
Tableau IX : Tableau descriptif des caractéristiques des horizons d'altération.....	31
Tableau X : Analyse chimique des altérites (allotérite et isaltérite) de la séquence TIA .....	35
Tableau XI : Teneur en Soufre total (S%) dans les horizons humifères.....	43
Tableau XII : Teneurs en soufre et gypse dans les horizons vertiques.....	43
Tableau XIII : Relations entre le calcium total et le calcium lié au gypse.....	43
Tableau XIV : Teneurs en soufre des horizons d'altération de la séquence TIA .....	44
Tableau XV : Capacité d'échange ramenée à la fraction argile (R1) et la fraction argile + limons fins (R2).....	45
Tableau XVI : Identification des minéraux lourds du profil LEP 6 - vertisol jaune sur calcaire dur - et du profil LEP 25 - vertisol à gypse, bariolé, sur calcaire gréseux.....	70
Tableau XVII : Comparaison micromorphologique entre l'amont et l'aval de la séquence sur calcaire dur. ....	71
Tableau XVIII : Comparaison micromorphologique entre l'amont et l'aval de la séquence sur calcaire gréseux .....	72
Tableau XIX - Caractérisations micromorphologiques des principaux sols à l'aval de la séquence sur grauwackes .....	74
Tableau XX : Résultats analytiques et rapports moléculaires (après attaque triacide) des principaux types de sols de la doline. ....	77
Tableau XXI : Composition minéralogique (R.X.) de la fraction résiduelle après dissolution des différentes fractions colorées du gypse (Or = orange, R = rouge, B = beige).....	79
Tableau XXII : Composition chimique de la fraction rouge et de la fraction blanche résiduelle après dissolution d'un cristal de gypse de l'horizon LEP 25.4.....	79
Tableau XXIII : Tableau récapitulatif des caractéristiques chimiques majeures des principaux sols de l'île leprédour. ....	85
Tableau XXIV: Micromorphologie des sols de la séquence de la basse Tamoá. ....	110

Tableau XXV : Morphologie des éléments figurés de la basse vallée de la Tamoá. ....	112
Tableau XXVI : Composition chimique de certaines accumulations carbonatées (microsonde). ....	114
Tableau XXVII Composition chimique de quelques formes du plasma. ....	118
Tableau XXVIII - Composition chimique d'éléments figurés ferro-manganésifères (microsonde).....	122
Tableau XXIX : Composition chimique de certaines concentrations carbonatées (microsonde). ....	123
Tableau XXX : Niveaux observés et corrélation selon ILTIS (1991) et L (LATHAM, 1986) des différentes surfaces définies par D (DAVIES, 1925), R (ROUTHIER, 1953), A (AVIAS, 1953), W (WIRTHMANN, 1970) et T (TRESCASES, 1975).....	144
Tableau XXXI : Caractéristiques analytiques des principaux sols des formations superficielles du bassin versant de la Oua-Tom. ....	150
Tableau XXXII : Minéraux lourds dans la séquence de la basse vallée de la Tamoá. ....	158
Tableau XXXIII : Origine probable des associations de minéraux lourds dans la séquence de la Tamoá. ....	159
Tableau XXXIV : Datations radiométriques de néoformations carbonatées sur la Grande Terre, classées de la plus ancienne à la plus récente.....	160
Tableau XXXV : Correspondance entre les épisodes climatiques et les principaux épisodes de morphogénèse. ....	169
Tableau XXXVI : Composition isotopique de quelques accumulations carbonatées.....	173
Tableau XXXVII : Caractéristiques des cristaux de gypse d'origine continentale et marine.....	187
Tableau XXXVIII : Caractéristiques des cristaux de gypse localisés dans les terrasses alluviales anciennes ....	189
Tableau XXXIX : Caractéristiques des cristaux de gypse localisés au bas des séquences de sols sur roches basiques .....	190
Tableau XL : différences entre les valeurs de $d^{34}\text{S}$ pour des gypses dans des sols dérivant de formations géologiques identiques, mais avec des éloignements différents de la mer.....	190
Tableau XLI : Composition ionique des précipitations sur mer ou dans la bordure côtière de différents points du globe.....	193
Tableau XLII : Rapport moléculaire, en fonction de $\text{Cl}^-$ , des ions contenus dans l'eau de mer et de l'eau de pluie sur la mer ou les îles.....	194
Tableau XLIII : Propriétés physiques de certains vertisols d'après les mesures de la courbe de retrait. ....	202
Tableau XLIV : Composition chimique moyenne des eaux de La Tamoá.....	211

# TABLE DES MATIERES

	<b>PAGE</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE PREMIER</b>	
<b>Cadre général de l'étude.....</b>	<b>3</b>
<b>I - INTRODUCTION .....</b>	<b>3</b>
1.1 - RAPPEL HISTORIQUE .....	3
1.2 - PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.....	3
<b>II - LES VERTISOLS .....</b>	<b>5</b>
2.1 - DÉFINITION.....	5
2.2 - LA RÉPARTITION DES VERTISOLS .....	5
2.3 - CARACTÈRES MAJEURS.....	7
<b>III - CONDITIONS NECESSAIRES A LA MISE EN PLACE DES</b>	
<b>VERTISOLS .....</b>	<b>7</b>
3.1 - CONDITIONS CLIMATIQUES.....	7
3.11 - Les variations saisonnières.....	7
3.12 - La pluviométrie .....	9
3.13 - Les températures .....	9
3.14 - Les vents.....	9
3.15 - L'évapotranspiration.....	9
3.16 - Conclusion.....	13
3.2 - CONDITIONS GÉOCHIMIQUES.....	13
3.21 - Rappel de l'Histoire géologique .....	13
3.22 - Les faciès géologiques et géochimiques .....	15
3.3 - CONDITIONS TOPOGRAPHIQUES.....	16
3.31 - Orographie.....	16
3.32 - Hydrographie.....	17
3.33 - Les formations superficielles .....	17
3.4 - CONCLUSION.....	18
<b>PREMIERE PARTIE : LES SOLS</b>	
<b>Localisation, morphologie, caractères analytiques.....</b>	<b>21</b>
<b>CHAPITRE DEUX</b>	
<b>ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE LA REGION DE TIARE.....</b>	<b>23</b>
<b>I - LOCALISATION - PRESENTATION.....</b>	<b>23</b>
<b>II - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS.....</b>	<b>23</b>
2.1 - LE SEGMENT AMONT.....	25
2.2 - LE SEGMENT DU PIÉMONT.....	27
2.21 - La partie amont.....	27
2.22 - La partie aval.....	27
2.3 - LE SEGMENT DE LA PLAINE ALLUVIALE.....	32
2.4 - LES SOLS SUR PHTANITES .....	32
2.5 - CONCLUSION.....	33
2.51 - Caractéristiques pédologiques des sols sur flyschs.....	33
2.52 - Morphologie des séquences de sols sur flyschs .....	34

III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS .....	34
3.1 - COMPOSANTS MINÉRAUX.....	34
3.11 - Le profil TIA 1 .....	34
3.12 - Profil TIA 2 .....	37
3.13 - Profil TIA 4 .....	37
3.14 - Profil TIA 6 .....	39
3.15 - Profil TIA 7 .....	39
3.16 - Conclusion.....	39
3.2 - AUTRES RÉSULTATS ANALYTIQUES.....	41
3.21 - La matière organique.....	41
3.22 - Les sels solubles.....	41
3.23 - Détermination du Soufre total et du gypse.....	42
3.24 - Le pH.....	44
3.25 - Le complexe d'échange .....	44
3.251 - La capacité d'échange .....	44
3.252 - Les cations échangeables.....	44
3.26 - Conclusion.....	47
IV - CONCLUSION.....	47

### CHAPITRE TROIS

#### ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE L'ILE LEPREDOUR .....51

I - LOCALISATION - PRESENTATION.....	51
1.1 - LA GÉOLOGIE .....	51
1.2 - LA GÉOMORPHOLOGIE .....	53
1.3 - LA VÉGÉTATION - L'OCCUPATION DES SOLS .....	54
II - DESCRIPTION MORPHOLOGIQUE DES SOLS.....	54
2.1 - LES SOLS SUR CALCAIRE GRIS .....	57
2.11 - La partie amont (ou ensemble 1).....	57
2.12 - La partie à mi-pente (ou ensemble 2).....	58
2.13 - La partie aval de la séquence (ou ensemble 3).....	58
2.14 - Conclusion.....	58
2.2 - LES SOLS SUR CALCAIRE GRÉSEUX .....	59
2.21 - La partie amont (ou ensemble 1).....	59
2.22 - La partie à mi-pente (ensemble 2).....	61
2.23 - La partie aval (Ensemble 3) .....	61
2.24 - Conclusion.....	63
2.3 - LES SOLS SUR GRAUWACKE.....	65
2.31 - La partie amont (ou ensemble 1).....	65
2.32 - La partie en piémont (ou ensemble 2).....	66
2.33 - La partie aval (ou ensemble 3) .....	66
2.34 - Conclusion.....	66
2.4 - CONCLUSION.....	67
III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS .....	68
3.1 - ANALYSES DES COMPOSANTS MINÉRAUX.....	68
3.11 - La texture.....	68
3.12 - La micromorphologie.....	70
3.13 - Les résultats analytiques.....	75
3.2 - AUTRES CARACTÉRISATIONS ANALYTIQUES .....	79
3.21 - Les sels solubles.....	79
3.22 - Les carbonates.....	81
3.23 - Le complexe d'échange .....	83
3.24 - Le pH des sols .....	85
IV - CONCLUSION.....	86

<b>CHAPITRE QUATRE</b>	
<b>ETUDE MORPHO-PEDOLOGIQUE DE LA BASSE VALLEE DE LA TAMOA .....</b>	<b>93</b>
<b>I - LOCALISATION - PRESENTATION.....</b>	<b>93</b>
<b>II - DESCRIPTION DES SOLS.....</b>	<b>97</b>
2.1 - SÉQUENCE À PENTE FORTE SUR FLYSCHS.....	97
2.2 - SÉQUENCE À RUPTURE DE PENTE PROGRESSIVE SUR FLYSCHS.....	98
2.21 - Le segment amont .....	99
2.22 - Le segment de piémont .....	99
2.23 - Le segment de la plaine alluviale .....	103
2.24 - Conclusion.....	105
<b>III - PROPRIETES ANALYTIQUES DES SOLS .....</b>	<b>106</b>
3.1 - LES COMPOSANTS MINÉRAUX.....	106
3.11 - La texture et la minéralogie.....	106
3.12 - L'analyse chimique triacide.....	107
3.13 - La micromorphologie et l'ultramicroscopie .....	111
3.2 - AUTRES CARACTÉRISATIONS ANALYTIQUES .....	123
3.21 - Le complexe d'échange .....	123
3.22 - Le pH.....	131
<b>IV CONCLUSION.....</b>	<b>132</b>

## **DEUXIEME PARTIE**

<b>Origine, fonctionnement et évolution des sols.....</b>	<b>135</b>
---	------------

### **CHAPITRE CINQ**

<b>RECONSTITUTION HISTORIQUE DU PAYSAGE ET DES CONSTITUANTS .....</b>	<b>137</b>
---	------------

<b>I - LES VERTISOLS ET L'ORIGINE MARINE .....</b>	<b>137</b>
1.1 - LES VARIATIONS ABSOLUES DE LA MER DURANT LE QUATERNAIRE.....	139
1.2 - LES VARIATIONS RELATIVES DU NIVEAU MARIN .....	140
1.21 - Bref rappel de l'histoire tectonique de la Nouvelle Calédonie.....	140
1.22 - Les différents mécanismes de la néotectonique .....	140
1.23 - Conclusion.....	142
1.3 - PRÉSENCE DE GYPSE DANS LES NIVEAUX MARINS.....	142
1.4 - CONCLUSION.....	143
<b>II - AGE DES VERTISOLS A GYPSE.....</b>	<b>143</b>
2.1 - LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA OUA-TOM.....	145
2.11 - Géomorphologie et géologie .....	145
2.12 - Les formations superficielles .....	145
2.121 - Le glacis colluvial.....	145
2.122 - Les niveaux de terrasses .....	147
2.123 - Les formations quaternaires et subactuelles .....	155
2.13 - Datation relative des épisodes géomorphologiques .....	155
2.2 - LES FORMATIONS SUPERFICIELLES DE LA BASSE PLAINE DE LA TAMOA.....	156
2.21 - Datation relative des colluvions et alluvions de la basse plaine de la Tamoa.....	157
2.22 - Datation radiométrique des carbonates de plaine de la Tamoa .....	159

2.3 - AUTRES DATATIONS RADIOMÉTRIQUES .....	161
2.31 - Résultats concernant le site de la Baie de St Vincent .....	161
2.32 - Corrélations entre datations terrestres et épisodes marins .....	163
2.4 - RECONSTITUTION PALÉOGÉOGRAPHIQUE DE LA CÔTE OUEST.....	167
2.41 - Rappel des principaux mécanismes de la morphogenèse.....	167
2.42 - La reconstitution des phénomènes paléogéographiques de la côte Ouest .....	169
 III - CONCLUSION.....	 176
 <b>CHAPITRE SIX</b>	
<b>ORIGINE DU GYPSE DANS LES VERTISOLS CALCIMAGNESIENS DE NOUVELLE CALEDONIE.....</b>	<b>178</b>
 I - LES PRINCIPAUX MODES DE FORMATION DU GYPSE.....	178
1.1 - L'ORIGINE CONTINENTALE.....	178
1.11 - La voie continentale par héritage .....	178
1.12 - La voie continentale par dissolution-reprécipitation.....	179
1.13 - La néoformation proximale.....	179
1.14 - La néoformation distale.....	179
1.2 - L'ORIGINE MARINE.....	181
1.3 - L'ORIGINE ATMOSPHÉRIQUE.....	183
1.4 - LA CONCENTRATION PAR VOIE BIOCHIMIQUE.....	183
1.5 - CONCLUSION.....	184
 II - LES CARACTERISTIQUES ISOTOPIQUES DU SOUFRE DANS LE GYPSE .....	185
2.1 - MÉTHODOLOGIE.....	185
2.11 - Expérimentation .....	185
2.12 - Les limites de l'interprétation isotopique .....	185
2.13 - Application de la méthode au gypse présent dans les sols.....	186
2.2 - RÉSULTATS.....	186
2.21 - Détermination des modes de formation connus.....	186
2.22 - Mesure des rapports isotopiques du gypse contenu dans les vertisols .....	187
2. 221 - Rappel des différentes formes du gypse dans les vertisols.....	187
2. 222 - Résultat des mesures.....	189
2.3 - CONCLUSION.....	191
 III - DISCUSSION.....	191
 IV - CONCLUSION.....	195
 <b>CHAPITRE SEPT</b>	
<b>MISE EN PLACE DES VERTISOLS ET DU GYPSE, EVOLUTION ACTUELLE DES SOLS .....</b>	<b>198</b>
 I - MECANISME DE LA MISE EN PLACE DES VERTISOLS.....	198
 II - MECANISME DE LA MISE EN PLACE DU GYPSE .....	199
2.1 - LES PROPRIÉTÉS DE GONFLEMENT-RETRAIT DES VERTISOLS.....	199
2.2 - LA MESURE DU GONFLEMENT-RETRAIT DES VERTISOLS DE NOUVELLE CALÉDONIE.....	201
2.3 - LA CIRCULATION DE L'EAU DANS LES VERTISOLS.....	203

2.4 - RAISONS DE L'ABSENCE DE GYPSE DANS LES VERTISOLS HYPERMAGNÉSIENS.....	205
2.5 - CONCLUSION.....	205
III - EVOLUTION ACTUELLE DES PAYSAGES ET DES SOLS .....	206
3.1 - EVOLUTION DES PAYSAGES .....	206
3.2 - EVOLUTION MORPHOLOGIQUE ACTUELLE DES SOLS .....	206
3.3 - EVOLUTION MINÉRALOGIQUE ET CHIMIQUE ACTUELLE DES SOLS.....	210
3.31 - Observations.....	210
3.32 - Modélisation.....	211
IV - CONCLUSION.....	213
<b>CHAPITRE HUIT</b>	
<b>CONCLUSION GENERALE.....</b>	<b>215</b>
I - LES VERTISOLS.....	216
II - LES ÉLÉMENTS FIGURÉS .....	216
2.1.- LES SULFATES .....	216
2.2 - LES CARBONATES.....	217
2.3 - LES OXYDES .....	217
III - LES VERTISOLS A GYPSE, ENREGISTREURS DES PALEOCLIMATS.....	218
3.1 - A L'ÉCHELLE DU PAYSAGE.....	218
3.2 - A L'ÉCHELLE DU PROFIL.....	218
3.3 - A L'ÉCHELLE DU MINÉRAL.....	219
IV - PLACE DES VERTISOLS A GYPSE DANS LA PEDOGENESE TROPICALE.....	219
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>221</b>
<b>bibliographie générale .....</b>	<b>222</b>
<b>bibliographie spécifique.....</b>	<b>235</b>
<b>ANNEXE : Lexique des termes techniques .....</b>	<b>239</b>
<b>TABLES.....</b>	<b>251</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>252</b>
<b>Liste des tableaux.....</b>	<b>255</b>
<b>Table des matières.....</b>	<b>257</b>

**U.F.R. DES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE  
INSTITUT DE GÉOLOGIE  
STRASBOURG**

## **THÈSE**

**présentée à  
L'UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR  
pour obtenir le titre de**

**DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ LOUIS PASTEUR  
DE STRASBOURG**

**Mention: Géologie - Pédologie**

**par**

**Pascal PODWOJEWSKI**

**LES VERTISOLS À GYPSE DE NOUVELLE CALÉDONIE  
DANS LEUR ENVIRONNEMENT PÉDOLOGIQUE.**

**TOME 2 : ANNEXES**

**Méthodologie analytique, lexiques,  
descriptions des profils et résultats analytiques**

**Soutenue publiquement le 6 novembre 1992 devant la Commission d'Examen:**

<b>MM</b>	<b>C. CHEVERRY</b>	<b>Rapporteur externe</b>
	<b>A. HERBILLON</b>	<b>Rapporteur externe</b>
	<b>M. LATHAM</b>	<b>Examineur</b>
	<b>J. LUCAS</b>	<b>Directeur de thèse</b>
<b>MME</b>	<b>H. PAQUET</b>	<b>Examineur</b>



# ANNEXES

	PAGE
MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE .....	5
LEXIQUE DES TERMES TECHNIQUES.....	10
LEXIQUE DES TERMES DE TYPOLOGIE.....	13
DESCRIPTIONS ET RÉSULTATS ANALYTIQUES .....	19
site de Tiaré .....	23
site de l'île Leprédour .....	61
site de basse vallée de la Tamoá.....	167



## AVERTISSEMENT

**Erratum** : Dans les résultats analytiques concernant les sels solubles : lire Conductivité hydraulique en lieu et place de résistivité.

Utilisation de nouvelles unités :

$1 \text{ cmol.kg}^{-1} = 1 \text{ mé}/100\text{g}$

## MÉTHODOLOGIE ANALYTIQUE

En ce qui concerne les termes exprimant les résultats d'analyses physico-chimiques, nous ne développerons pas ici leur signification que l'on trouvera dans tout traité d'analyse des sols . Nous ne développerons que les méthodes spécifiques utilisées pour les sels solubles et les cations échangeables.

PELLOUX P., DABIN B, FILLMANN G., GOMEZ P., 1971 - Méthodes de détermination des cations échangeables et de la capacité d'échange dans les sols. Init. Doc. Techn. n°17, ORSTOM : Paris, 117p.

PETARD J., 1991 - Les méthodes d'analyse employées au centre ORSTOM de Nouméa, Nouvelle Calédonie. Note Techn. N°4, ORSTOM : Nouméa, 24p.

PODWOJEWSKI P., PETARD J., 1988 - Expression des sels solubles et des bases échangeables sur un vertisol calcimagnésique à gypse et à carbonates (La Tamoá, Nouvelle Calédonie). Nouméa : ORSTOM, note technique (pédologie), 2, 75p.

Méthodologie analytique utilisée pour cette expérimentation par le laboratoire de chimie des sols à l'ORSTOM - Nouméa.

### 1. LE SOL

Les échantillons ont été séchés à l'air. Un triage manuel a été nécessaire pour retirer les cristaux de gypse supérieurs à 2 mm. Les échantillons ont été tamisés à 2 mm, sur une passoire (trous ronds).

### 2. LES EXTRAITS

Toutes les extractions ont été faites sur le sol séché à l'air. Un blanc a été préparé pour chaque type d'extrait, le traitement a été identique à celui des échantillons.

## 2.1. Extraits aqueux : 1/2, 1/5, 1/10, pâte saturée.

### 2.1.1. 1/2, 1/5, 1/10.

Les extractions ont été réalisées sur une prise d'échantillon de 50 g, avec de l'eau bidéminéralisée ( $\tau \leq 15 \mu\text{S. cm}^{-1}$ ), à l'aide d'un agitateur va et vient (vitesse 75 coups/minute) pendant une heure. Les échantillons ont ensuite été centrifugés pendant 20 minutes à la vitesse de 2000 tours/mn.

### 2.1.2. pâte saturée.

L'extrait a été réalisé à partir de 100 g de sol. La saturation a été effectuée avec de l'eau bidéminéralisée. L'extrait a été laissé au repos, dans une enceinte saturée en vapeur d'eau, pendant 24 heures afin de s'assurer de l'état d'équilibre sol/solution. La solution a été recueillie par filtration sur béccher, à la trompe à vide ( $p \approx 30\text{mm Hg}$ ).

Les mesures de pH d'alcalinité et de conductivité ont été exécutées immédiatement après les extractions (quelques échantillons ont dû être filtrés avant d'effectuer ces déterminations).

Après séparation de la solution, les échantillons ont été séchés à l'air, puis retamisés à 2 mm et de nouveau homogénéisés.

## 2.2. Extraits en milieu non aqueux :

La méthode utilisée est celle décrite par B.M. TUCKER (1985) : Laboratory procedures for soluble salts and exchangeable cations in soils. CSIRO Div. Soils tech. Pap., 47 p.

Un blanc a été préparé pour chaque type de solvant et a été traité comme les échantillons.

### Solvants :

E : Ethanol 70% ; Eau 30%  
 G : Ethylène glycol 10% ; Ethanol 90%  
 K : Ethylène glycol 75% ; Ethanol 25%  
 Y : Glycérol 20% ; Eau 80%

### Réactifs utilisés :

Ethanol P.A. 96 %  
 Ethylène glycol (Ethane 1-2 diol) P.A. 99,5 %  
 Glycérol P.A. 87 %

Les extractions ont été effectuées sur 10 g de sol séché à l'air et tamisé à 2 mm (passoire).

Deux extractions ont été faites avec la solution E (ethanol/eau), l'une de ces deux extractions a été suivie d'une extraction par la solution Y (glycérol/eau).

Les extractions ont été faites selon la procédure suivante :

<u>Solvant</u>	<u>Agitation</u>	<u>Centrifugation</u>	<u>Vitesse</u>
E	1 h	10 mn	2500 t/mn
G et K	2 h	20 mn	"
Y	1 h	20 mn	"

L'alcalinité des extraits a été mesurée immédiatement après l'extraction.

Les bases échangeables ont été extraites directement sur le culot de centrifugation.

### 3. LES BASES ECHANGEABLES :

Les bases échangeables ont été extraites sur le sol brut et sur le sol après extraction des sels par l'eau (pÉte saturée, extrait au 1/2, 1/5, 1/10) et par les solvants (E, E suivi de Y, G et K).

#### 3.1. Extraction par l'acétate d'ammonium :

**Réactif** : solution molaire d'acétate d'ammonium à pH 10.

**Prise d'échantillon** : 10 g.

**Méthode** : Nous avons opéré par 5 extractions successives, dans le rapport sol/solution au 1/6 pour la première extraction puis au 1/5 pour les 3 extractions suivantes et enfin au 1/4. Les extractions ont été réalisées dans des béchers, l'agitation intermitente est faite manuellement. Le temps de contact est de une nuit pour la première extraction et de une heure pour les suivantes. La solution est recueillie après décantation (afin de retenir le sol dans le bécher, pour les extractions suivantes) et filtrée.

#### 3.2. Extraction par le chlorure d'ammonium :

**Réactif** :

a/ Solution molaire de chlorure d'ammonium en milieu éthanol à 63 %, à pH 7,0.

b/ Solution 0,05 mole/l de chlorure d'ammonium en milieu éthanol à 63 %, à pH 7,0.

**Prise d'échantillon** : 5 g.

**Méthode** : Nous avons opéré par 5 extractions successives, avec la solution molaire de chlorure d'ammonium, dans le rapport sol/solution au 1/6, suivies d'un lavage avec la solution 0,05 mole/l de chlorure d'ammonium, dans le rapport sol/solution au 1/4. Les extractions ont été réalisées dans des tubes de centrifugeuse de 100 ml, l'agitation a été de 10 minutes, sur un agitateur "va et vient", à la vitesse de 75 coups/mn. La suspension a été centrifugée pendant 10 minutes, à la vitesse de 2000 t/mn.

**Note** : Dans le cas des échantillons dont les sels ont été préalablement extraits par des solvants, l'extraction des bases a été faite directement sur le culot de centrifugation (10 g de sol, dans des pots de 250 ml), en conservant le rapport sol/solution au 1/6.

## 4. LES DOSAGES :

### 4.1. Dosages des cations :

Les cations ont été dosés par spectrométrie d'absorption atomique.

#### 4.1.1. Extraits aqueux.

Toutes les solutions ont été filtrées sur membrane (diamètre des pores 0,45 mm).

Les extraits ont été dilués au 1/2 avec une solution d'acide perchlorique et de lanthane, de façon à obtenir un milieu final à 2 % d'acide perchlorique et 1 % de lanthane.

#### 4.1.2. Extraits en milieu non aqueux.

Toutes les solutions ont été filtrées sur préfiltre en fibre de verre.

Une aliquote a ensuite été évaporée à sec. Le résidu d'évaporation a été traité par l'eau régale pour détruire les solvants et matières organiques résiduels. Les sels ont été dissous par une solution d'acide chlorhydrique à 1 %. Les solutions ont ensuite été diluées au 1/2. Le milieu final contenait 2 % d'acide perchlorique et 1 % de lanthane.

#### 4.1.3. Extraits de bases échangeables.

Une aliquote a été évaporée à sec, puis le résidu repris par l'eau de Lefort (deux volumes d'acide nitrique - un volume d'acide chlorhydrique) pour détruire les matières organiques et éliminer les sels ammoniacaux résiduels. Les sels ont alors été dissous par une solution d'acide perchlorique dilué.

Le milieu final contenait 2 % d'acide perchlorique et 1 % de lanthane.

**Note :** Toutes les dilutions nécessaires ont été faites dans un milieu à 2 % d'acide perchlorique à 1 % de lanthane.

### 4.2. Dosages des anions :

#### 4.2.1. Extraits aqueux.

- *Bicarbonates et Carbonates éventuels*  
Mesure alcalimétrique au titroprocesseur

- *Chlorures*  
Mesure potentiométrique avec une électrode d'argent (titroprocesseur) ou par colorimétrie à l'autoanalyseur : méthode au Thiocyanate mercurique (méthode utilisée lorsque le volume de solution à analyser était faible).

- *Sulfates*  
Mesure turbidimétrique à l'autoanalyseur.

#### 4.2.2. Extraits non aqueux.

##### - *Bicarbonates et carbonates éventuels*

Mesure alcalimétrique au titroprocesseur. L'électrode de référence utilisée était une électrode double fonction dont l'électrolyte interne était une solution mixte (2 volumes d'une solution de nitrate de sodium à 12,5 g/l en milieu acétone à 25 %, et un volume de solvant). La solution mixte a également été utilisée pour la titration : deux volumes de solution mixte pour un volume d'échantillon.

##### - *Chlorures*

Mesure potentiométrique avec une électrode d'argent. L'électrode de référence était un électrode double fonction dont l'électrolyte interne était une solution mixte (2 volumes d'une solution de nitrate de sodium à 12,5 g/l en milieu nitrique à 0,5 %, et un volume de solvant). La solution mixte a aussi été utilisée pour le dosage : deux volumes de solution mixte pour 1 volume d'échantillon.

##### - *Sulfates*

Le dosage des sulfates a été effectué par turbidimétrie, à l'autoanalyseur, à partir de la solution chlorhydrique à 1 % préparée pour le dosage des cations.

#### 4.2.3. Bases échangeables.

##### - *Chlorures*

Les chlorures n'ont été dosés que dans les extraits acétate, par potentiométrie, avec une électrode d'argent.

##### - *Sulfates.*

Mesures effectuées par turbidimétrie à l'autoanalyseur.

## LEXIQUE DES TERMES TECHNIQUES

Les sols ont été décrits selon la méthode typologique de Beudou-Chatelin . Ils ont été classés selon la nomenclature du RPF, 1990. Mais la nomenclature des horizons est encore celle utilisée par la CPCS car les prospections se sont déroulées de 1982 à 1988, avant la parution officielle de la troisième version du RPF.

CPCS [abrév.] : Abréviation de "Commission Pour la Classification (française) des Sols".

BONNEAU (M.), SOUCHIER (B.), et al., 1979 - Pédologie. Tome 2 :  
Constituants et Propriétés du sol. Masson, Paris. 459 p.

C.P.C.S., 1967 - Classification des sols; travaux CPCS. Doc. multigr., Grignon, 87 p.

DUCHAUFOUR (Ph.), 1977. Pédologie. Tome 1 : Pédogenèse et Classification. Masson, Paris. 477 p.

LOZET (J.), MATHIEU (C.), 1986 - Dictionnaire de Science du Sol. Lavoisier, Paris. 269 p.

R.P.F., 1990 - Référentiel Pédologique Français, 3ème proposition, AFES : Plaisir, 279p.

**HORIZON [n.m.]** : Couche grossièrement parallèle à la surface du sol, d'épaisseur parfois très irrégulière, dont l'existence est reconnue lors de l'observation de coupes de sol ou de carottes de sondage. Les horizons se distinguent les uns des autres par leurs constituants, leur organisation et leur comportement (on les distingue souvent à l'oeil nu par leurs couleurs) : ils sont dus soit à des dépôts successifs de matériaux différents, soit aux transformations subies par un matériau originel depuis le début de son évolution. (BOULAINÉ).

### Liste des horizons de référence (RPF, 1990)

A : horizon humifère (Humite)

Aca : carbonaté

Aci : calcique

Ach : chimique

AJ : atypique

An : Anmoor

Aa : allophanique

Avi : vitrique

Aal : aluminique

B : horizon d'accumulation

(B) est remplacé par S

BT : Dtextural

BP : B podzolique

BS : B ferrugineux

C : horizon d'altération (Altérite)

E : horizon éluvial (Leuciton)

FE : horizons ferrugineux

OX : horizon oxydique

RT : horizon réticulé

ND : horizon oxynodulaire

PT : horizon pétroxyque

FS : horizons fersiallitiques

FSj : horizon fersiallitique jaune

G : horizon réductique (Réducton)

H : horizon histique

Hf : Hfibrique

Hm : H mésique

Hs : H saprique

Ha : H asséché

K : horizon calcarique

L : horizon labouré

M : cailloutis non consolidés d'une roche meuble non ou peu fragmentée

O : horizons organiques (nécrophyton, nécrumite)

OL

OF

OH

OM

R : roche dure non ou peu fragmentée (régolite)

S : horizon structural (structichron) remplace (B)

Sp : S pélosolique

Sca : S carbonaté

Sci : S calcique

Sal : S aluminique

Sa : S allophanique

SJ : S atypique

TH : matériel thionique ou sulfidique

V : horizons vertiques (vertichron)

Vs : horizon verticale de surface

V : horizon verticale médian

Vv : V typique

Y : horizon gypsiques

Ym : horizon pétro-gypsique

Ys : horizon gypsique de surface

Yp : horizon gypsique de profondeur

### Lettres suffixes

a : albique ou allophanique

ca : Accumulation de calcaire, remplacé par k

cn : concrétionné ou nodulaire

cs : Accumulation de sulfate de calcium (gypse), remplacé par gy ou y

fe : Accumulation ferrugineuse

gy : à gypse, remplacé par y

g : Pseudogley, redoxique

h : particulièrement riche en matière organique

k : à début d'accumulation de calcaire, remplace ca

m : Horizon massif, induré, à forte cimentation

p : Horizon labouré (ou perturbé)

sa : Présence de sels plus solubles que le sulfate de Ca

s : riche en sesquioxydes ou de surface

t : à illuviation d'argile

v : à caractères vertiques

w : gelé

x : Fragipan

y : à caractères gypseux, remplace gy

SOL [n.m.] : Produit de l'érosion, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (AUBERT et BOULAIN in "LOZET & MATHIEU- Dictionnaire de Science du Sol.").

#### Différents types de sols - Projet RPF, 1990

Sols alluviaux (fluvisols)	Podzosols
Andisols	Rankers
Arenosols	Régosols
Brunisols	Salsodiques (sols)
Calcimagnésiques (solums)	Sulfatés-acides (Thiosols)
Cryosols	Vertisols
Ferralsols	
Gypsolos	Domaines en discussion
Histosols	
Hydromorphes (sols à caractères)	Alocrisols
Lithosols	Domaine Clinohumique
Luvisols (et apparentés)	
Organosols	Colluviosols
Pélosols	Domaine des Ferralsols - Oxydisols
Peyrosols	Domaine des ferrugineux tropicaux
Planosols	Yermosols

#### AUTRES TERMES UTILISÉS

**CALCIMAGNESIEN (SOL ...)** [adj.] : Sol dont le rapport Magnésium échangeable / Calcium échangeable est compris entre 0,5 et 2 dans l'horizon de surface et peut atteindre 3 dans l'infrasol.

**HYPERMAGNESIEN (SOL ...)** [adj.] : Sol excessivement riche en Magnésium. Le rapport Magnésium échangeable / Calcium échangeable dépasse largement l'unité (il peut atteindre plusieurs dizaines), ce qui se traduit par une toxicité en magnésium pour de nombreux types de cultures.

**HYPERMAGNESIEN (SOL ...)** [adj.] : Sol excessivement riche en magnésium. Le rapport Magnésium échangeable / Calcium échangeable dépasse 5 dans l'horizon de surface et 10 dans l'infrasol, ce qui se traduit par une toxicité en magnésium pour de nombreux types de cultures.

**LITHIQUE (SOL ...)** [adj.] : Sol peu évolué, du fait d'un décapement "récent" de la roche mère, elle-même dure.

**MAGNESIEN (SOL ...)** [adj.] : Sol riche en Magnésium. Le rapport Magnésium échangeable / Calcium échangeable dépasse 3 dans l'horizon de surface et varie de 5 à 10 dans l'infrasol.

**PEDON [n.m.]** : Volume de sol tridimensionnel nécessaire et suffisant pour caractériser un sol. On peut aborder la description d'un pedon par l'étude d'un profil, mais dans notre cas, le pedon représente la plupart du temps la synthèse de plusieurs descriptions de profils.

**POLYPHASÉ (SOL ...)** [adj.] : Nous avons réservé l'usage de ce terme à une variante de Sol Composé (voir "COMPOSÉ"), où l'on observe plus de deux matériaux originels différents (en l'occurrence une succession de dépôts plus ou moins fins d'alluvions). Mais ce terme reste à utiliser avec prudence, car d'autres usages existent. Il vaudrait peut-être mieux parler de sol "polycomposé" ou simplement, de sols à "dépôts lités".

**PSEUDOGLEY [n.m.]** : Matériau pédologique qui ressemble à un Gley mais où la réduction du fer est moins générale. Ce matériau possède un aspect panaché ou constellé à zones oxydées rouille ou brun jaunâtre et zones réduites gris bleuté ou vert bleuté.

**SATURATION (TAUX DE ...)** [n.f.] : En chimie du sol, le taux de saturation en cations métalliques du complexe adsorbant est le rapport, exprimé en p. cent de la quantité S d'ions métalliques fixés sur le complexe adsorbant sur la quantité T d'ions métalliques fixables. Ce rapport peut varier de 0 à 100 (on emploie souvent le sigle SAT, pour "saturé", lorsqu'il vaut 100).

## LEXIQUE DES TERMES DE TYPOLOGIE

Pour plus de détails, on pourra se reporter aux ouvrages traitant de typologie, et notamment aux suivants, qui nous ont servi de base pour tenter de clarifier la signification des termes utilisés :

TYPOLOGIE (DEFINITION DES HORIZONS - DESCRIPTION ...) Fait référence au vocabulaire BEAUDOU-CHATELIN, qui introduit des termes nouveaux pour définir les "Pédotypes" de chaque horizon décrit.

BEAUDOU A.G., CHATELIN Y., 1977 - Méthodologie de la représentation des volumes pédologiques. Typologie en domaine ferrallitique. Cah. ORSTOM, série Pédol., XV, 1, 3-18.

BEAUDOU A.G.; FROMAGET M.; PODWOJEWSKI P.; BOURDON E., LE MARTRET H., BLAVET D., 1983b - Cartographie typologique des sols, méthodologie. Nouméa : ORSTOM. 30 p. multigr.

BEAUDOU A.G., 1988 - Recherche d'un système d'information pour le milieu physique. Thèse Doc. d'état, Univ. Paris I, 566p.

APEXOL [n.m.] : partie supérieure du profil comportant les horizons appumiques (\*) structichromes et vertichromes (\*). Si ce dernier a un grand développement, on limite l'apexol dans les vertisols, à 0,60m d'épaisseur, c'est à dire à la partie liée aux phénomènes biologiques et à la fertilité.

(\*) - les horizons appumiques sont les horizons constituant la partie supérieure des sols, qui comprennent les horizons humifères et la zone appauvrie par le lessivage en argile et sesquioxides.

- les horizons structichromes et vertichromes sont des horizons minéraux meubles possédant une organisation structurale proprement pédologique (cf "structure pédologique") sans rapport avec celle du matériau d'origine. (CHATELIN).

INFRASOL [n.m.] : Partie profonde du sol qui est le plus souvent accessible à l'observation avec les moyens normaux de prospection : c'est la partie du sol située sous l'APEXOL (ORSTOM 1979).

LEPTIQUE [adj.] ; <du grec leptos = mince> : épaisseur inférieure à 30 cm. Peut se dire d'un sol, ou de l'apexol.

BRACHYQUE [adj.] ; <du grec brachus = court> : épaisseur comprise entre 30 et 60 cm. Peut se dire d'un sol, ou de l'apexol.

PACHIQUE [adj.] ; <du grec pachus = épais> : épaisseur comprise entre 60 et 120 cm. Peut se dire d'un sol, ou de l'apexol..

BATHIQUE [adj.] ; <du grec bathus = profond> : épaisseur supérieure à 120 cm. Peut se dire d'un sol, ou d'un horizon..

### PEDOTYPES : Définition, liste

PEDOTYPE : Dans les "Descriptions typologiques" (BEAUDOU) : Constituant du sol, identifiable sur le terrain, et quantifiable. Les pédotypes peuvent être soit simples (Structichron, Leuciton, Humite, Alterite, etc...), soit composés de plusieurs Pédotypes simples). On peut décrire les pédotypes et les quantifier les uns par rapport aux autres, pour chaque horizon du profil. (BEAUDOU)

Ces pédotypes peuvent être intergrades (mélange intime de 2 pédotypes) :

**HUMITE 1, STRUCTICHRON 1. Ils sont alors séparés par une virgule.**

**INTERGRADE [adj.]** : Se dit d'un constituant d'horizon, d'un horizon ou d'un sol qui possède, modérément développées, les caractéristiques de plusieurs modèles de référence différents. De la sorte, on ne peut pas rattacher ce constituant, cet horizon ou ce sol exclusivement à l'un de ces modèles.

Ces pédotypes peuvent être juxtaposés.

**HUMITE 1 ; Lapidon 3. Ils sont alors séparés par un point virgule.**

Dans le cas de pédotypes meubles, ce seront essentiellement des taches.

## QUANTIFICATION

1 : 45 à 100%

2 : 30 à 45%

3 : 15 à 30%

4 : 5 à 15%

5 : 0 à 5%

## LES DIFFÉRENTS PEDOTYPES

**ALLOTERITE [n.f.]** ; <du grec allos = autre> : Variante majeure de l'altérite, où les traits principaux de la structure et de l'organisation de la roche ont complètement disparu.

**ALTERITE [n. f.]** ; <du français altération> : Matériau meuble ou cohérent résultant d'une première altération des roches à couleurs et texture souvent hétérogènes. Même lorsqu'il est parfaitement meuble, l'altérite n'acquiert jamais d'organisation de type pédologique (en particulier il n'apparaît jamais d'agrégats). (Voir les variantes "Altérite" et "Isaltérite").

**BIOFERON [n.m.]** ; <du grec bios = vie et pherô = transporter> : Organisations particulières le plus souvent bien individualisées et relativement faciles à identifier, résultant de l'activité de la faune à l'intérieur du sol (boulettes fécales de vers par exemple). Ces "remaniements biologiques" affectent différents pédotypes, généralement "meubles" ou pouvant se morceler, se fractionner sans beaucoup de difficultés. Parmi ces pédotypes, on peut citer l'humite, le nécrumite, le structichron, l'altérite, l'oxydon, le leuciton, l'entaféron lutique et/ou arénique (ainsi que leurs intergrades).

**ENTAFERON [n.m.]** ; <du grec entha = ici et là et de pherô = transporter> : Matériau d'apport, morphologiquement reconnaissable, souvent hétérogène, de granulométrie variable : lutique (argiles et limons) et/ou arénique (sables) et/ou rudique (graviers, cailloux, blocs, galets...). Sans organisation pédologique, ou avec une organisation faiblement exprimée qui ne masque jamais celle due à l'apport. Parfois stratifié et/ou granoclassé. L'origine de ce matériau peut être variable (alluviale, colluviale, marine, éolienne, volcanique, glaciaire...).

**FRAGISTERITE [n.m.]** ; <du latin fragilis = fragile, et de stérite> : Variante majeure de stérite (voir définition), à dureté faible. Les morceaux de fragistérite peuvent se briser plus ou moins facilement à la main.

**HUMITE [n.m.]** ; <dérivé de humus> : Désigne un matériau pédologique caractérisé par la présence de matière organique, visuellement indécélable, excepté par la couleur, associée à de la matière minérale. Il se caractérise par sa couleur généralement homogène : (brun, marron, gris plus ou moins foncé...) : dans le code Munsell, les valeurs varient de 2 à 5, les chromas de 0 à 3 dans les planches 10 R, 2,5 YR, 5 YR, 7,5 YR, 10 YR, ainsi que dans les planches 2,5 Y et 5 Y. Autres caractères : la texture (toucher particulier dû à la matière organique), l'organisation (structure souvent grumeleuse, enracinement...).

**HYDROPHYSE [n.f.]** ; <du grec hydros = eau et phusis = expansion> : Eau libre (de ruissellement, d'infiltration, etc...). Terme notamment utilisable pour l'eau des nappes phréatiques.

**ISALTERITE [n.f.]** ; <du grec isos = même> : Variante majeure de l'altérite où la structure et l'organisation de la roche ont été conservées de façon apparente à l'œil nu.

**LAPIDON [n.m.]** ; <du grec lapis = roche> : Matériau discontinu, caractérisé par une concentration d'éléments grossiers d'un diamètre supérieur à 2 mm. (rudique) de type et de nature variés (lithoréliques, restes de filons, nodules, concrétions, blocs de stérites de sesquioxydes, de calcaire, de giobertite...). Le

plus souvent d'origine non directement reconnaissable (allochtone ou autochtone). En général associé à un autre pédotype meuble telle que structichron, humite, réticron, vertichron, altérite...

**LEUCITON** [n.m.] ; <du grec leucos = blanc> : Matériau pédologique blanc, gris ou beige très clair. Valeur 7 à 8, chroma 1 à 3 dans les planches 5 YR et 10 YR. Valeur 8 et chroma 0 à 2 dans la planche 7,5 YR. Formé principalement d'éléments quartzeux de dimensions variées (arénique, rudique), quelquefois granoclassés. La porosité intergranulaire est très élevée. La limite avec les autres matériaux est toujours très nette. Ce matériau se forme après élimination de la plupart des minéraux argileux et des substances colorantes telles que les oxydes de fer et la matière organique. Il se rencontre essentiellement dans les podzols, solonetz solodisés, planosols, sols lessivés...

**NECROPHYTION** [n.m.] ; <du grec necros = cadavre, et phyton = plante> : Désigne de la matière végétale morte non décomposée. Feuilles, branches, tronc, fruits, graines, ... coupés, couchés, tombés sur le sol..

**NECRUMITE** [n.m.] ; <du grec necros = cadavre, et de humus> : Désigne de la matière végétale morte et décomposée (ce qui la distingue du necrophytion) - se différencie de l'humite, car la matière végétale est encore visuellement reconnaissable.

**OXYDON** [n.m.] <dérivé de oxyde> : Matériau pédologique meuble à colorations vives homogènes, généralement jaune ou rouge, parfois rouge très foncé à noir. Valeur 3 à 5, chroma 5 à 8 dans les planches 10 R et 2,5 YR. Valeur 4 à 6, chroma 6 à 8 dans les planches 5 YR et 7,5 YR. Teneur en argiles minéralogiques faible ou très faible (inférieure ou égale à 10 %). Texture très fine ou fine. Non plastique à l'état humide. Structure en général amérode. Présence en très grande quantité d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (Fer, Aluminium, Manganèse, Nickel, Chrome, Cobalt...) soit en mélange, soit avec une forte prédominance de l'un d'eux. Souvent associé au réducton, en général en juxtaposition.

**PETROSTERITE** [n.m.] ; <du latin petrus = pierre, et de stérite> : Variante majeure de stérite (voir définition), à dureté importante. Les morceaux de pétrostérite ne peuvent pas se briser à la main, mais avec un outil.

**REDUCTON** [n.m.] ; <dérivé de réduit> : Matériau pédologique meuble réduit, souvent de type "Gley" (voir ce terme), caractérisé par des colorations grises, gris-bleuâtre, gris-verdâtre, parfois beige ou jaunâtre très clair. Dans le code Munsell : couleur à valeur 4 à 8, et chroma 0 à 2 dans les planches 10 YR, 2,5 Y, 5 Y ; couleurs de la planche gley entière. La texture est souvent argileuse ou argilo-limoneuse. La structure est amérode ou anguclode très grossière. Souvent associé à l'oxydon, en général en juxtaposition.

**REGOLITE** [n.m.] ; <du français scientifique reg> : Désigne les blocs rocheux de très grandes dimensions et la roche mère non altérée, géologiquement en place. De nombreuses variantes existent selon la nature pétrographique et géochimique de la roche.

**RHIZAGE** [n.m.] ; <du grec ridza : racines, et agogos : qui conduit> : Ensemble végétal racinaire constitué principalement d'éléments conducteurs plus ou moins lignifiés.

**SEMETON** [n.m.] ; <du grec semeios = figure, trait> : Ensemble de traits pédologiques (à l'exception des cutanes, nodules concrétions sesquioxidiqes et carbonatées) de formes et natures variées : efflorescences, dendrites, crystallaria (gypse...), pédotubules, biomicro-agrégats...

**STERITE** [n.m.] ; <du grec stereos = dur> : Matériau pédologique durci, continu, caractérisé par la concentration d'un ou plusieurs éléments du sol. Les stérites sont rarement homogènes et présentent une très grande variété dans les couleurs et les faciès. Les natures sont également très variées (sesquioxidique, cal caire, magnésienne...).

**STRUCTICHRON** [n.m.] ; <dérivé de structure et du grec chroma = couleur> : Matériau pédologique minéral meuble aux colorations vives et franches, homogènes, variées (jaune, rouge, violacé, brun, ocre, beige...). Dans le code Munsell ; couleur à valeur 4 à 6, chroma 5 à 8. La texture est variable. Il n'y a pas d'individualisation reconnaissable d'oxydes et/ou d'oxydes métalliques. La structure est proprement pédologique sans ressemblance aucune avec le matériau d'origine. Contient au moins 10 % d'argiles minéralogiques.

**VERTICHRON** [n.m.] ; <dérivé de vertisol et du grec chroma : couleur> : Matériau pédologique meuble, de coloration homogène, brun, vert-olive, à caractère vertique très net. Dans le code Munsell : couleur à

valeur 4 à 6, chroma 2 à 6 dans les planches 2,5 Y et 5 Y. La texture est argileuse ou très argileuse. Les argiles sont de type 2/1. La structure fragmentaire "en coin", de dimensions variées et du type sphénoclude. Ce matériau est caractérisé par la présence de faces gauchies striées et/ou luisantes, parfois de très grande dimension. Les individualisations de carbonates (Ca, Mg), de sulfates (Ca...), et d'oxydes et d'hydroxydes métalliques (Mn, Fe,...) sont fréquentes.

## LA STRUCTURE

**STRUCTURE** [n.f.] : (dans le contexte d'une observation sur le terrain, donc à l'exclusion, notamment, de l'usage du terme dans "structure pédologique") : type d'assemblage des particules solides formant des agrégats visibles à l'oeil nu (voir "AGREGAT").

**STRUCTURE ( ...PEDOLOGIQUE)** [n.f.] : Arrangement spécial des particules minérales, organiques, ou organo-minérales, visible à l'échelle microscopique et due à la pédogenèse, que l'on ne retrouve pas dans les roches ou les roches altérées.

**AGREGAT** [n.m.] : Dans le sol, unité naturelle tridimensionnelle d'un assemblage cohérent et défini formé à partir de particules élémentaires, ces particules élémentaires étant souvent microscopiques. Les agrégats visibles à l'oeil nu (sur le terrain notamment) peuvent être de formes variées (anguleux, arrondis, etc...). La forme des agrégats visibles à l'oeil nu et leur mode d'organisation définissent la "Structure".

**AMERODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du grec améros = non divisé> : Synonyme de "Structure massive" : assemblage continu et cohérent des particules élémentaires du sol, sans faces de dissociation marquées (parfois de rares fissures).

**ANGUCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du latin angulus = angle et de l'anglais clod : motte> : Synonyme de "Structure Polyédrique Anguleuse" Structure fragmentaire en agrégats anguleux bien délimités, irréguliers, de taille variable, à faces planes multiples et à crêtes anguleuses.

**ANGULEUSE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Voir à ANGUCLODE.

**FRAGMENTAIRE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Structure caractérisée par un réseau préférentiel de dissociation définissant des agrégats de forme et de dimensions très variables.

**GRUMELEUSE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Voir à GRUMOCLODE.

**GRUMOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du latin grumus = monticule et de l'anglais clod = motte> : Synonyme de "Structure Grumeleuse" : Structure fragmentaire en agrégats à faces courbes, mamelonnées, à formes enveloppantes : l'agrégat caractéristique est arrondi. Cette structure est décrite essentiellement dans les horizons humifères et au voisinage des chevelus racinaires. Taille généralement centimétrique.

**MASSIVE (STRUCTURE ...)** [adj.] : Voir AMERODE.

**PAUCICLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du latin paucus = peu abondant, et de l'anglais clod = motte> : Structure fragmentaire peu nette, dans un matériau présentant une fissuration peu abondante. Les agrégats se dissocient mal, et résultent d'un débit en polyèdres.

**PRISMOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <dérivé du mot prisme, et de l'anglais Clod = motte> : Variante de la structure anguclode caractérisée par des agrégats prismatiques de grandes dimensions, allongées verticalement et à faces plus ou moins planes. Structure fréquente dans les vertichrons.

**PSAMMOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du grec psammos = sable, et de l'anglais Clod = motte> : Synonyme de "Structure Particulaire à particules sableuses" : structure résultant de l'absence de cohésion entre les particules sableuses contenues dans le matériau. Cette structure est caractéristique des matériaux sableux ne contenant pas ou peu de "liant" organique ou argileux (pas plus de 15 à 20 % d'argile notamment).

**SPHÉNOCLODE (STRUCTURE ...)** [adj.] ; <du grec sphen = coin, et de l'anglais Clod = motte> : Structure caractérisée par des agrégats bien délimités, de taille variable, à faces planes ou légèrement incurvées, ayant une forme spécifique "en coins". Cette structure est presque systématiquement en

relation avec la présence d'argiles dites "gonflantes". Elle identifie le pédotype vertichron. Les faces des agrégats peuvent être luisantes (luciques) et/ou striées (luci-strio-sphénique).

**TRAITS (PEDOLOGIQUES ...)** [n.m.pl.] : objets reconnaissables dans un sol, qui se distinguent du matériau environnant pour une raison quelconque telle que l'origine, la différence de concentration d'un ou plusieurs éléments, l'arrangement des constituants (BREWER).

**COPROPEDE** [n.m.] : Synonyme de boulette fécale.

**CUTANE** [n.m.] : Trait pédologique correspondant à une modification de texture, et/ou de la structure, et/ou de l'organisation du matériau pédologique, au niveau des surfaces naturelles du sol (surface des agrégats, des grains du squelette, du lapidon, des parois des vides). (BREWER, 1976)

Ce trait se caractérise par une concentration d'un élément particulier du sol ou par la modification in situ du plasma. Les cutanes peuvent être formés de n'importe lequel des éléments du sol ou par n'importe laquelle des substances présentes dans le sol.

Parmi les cutanes les plus fréquemment observés on peut citer :

- Argillanes : constitués d'argile
- Ferranes : composés d'oxydes et d'hydroxydes de fer
- Mangananes : composés d'oxydes et d'hydroxydes de manganèse
- Organanes : composés de produits organiques.

**DENDRITE** [n.f.] : Concrétion d'oxyde de fer et de manganèse. Prend des formes finement arborescentes laissant croire à des végétaux fossilisés. (dans notre cas, dimension ne dépassant pas quelques cms).

**ELEMENT FIGURE** [n.m.] : voir à TRAIT PEDOLOGIQUE

**ORGANO-ARGILLANE** [n.m.] ; <de organo = préf. dérivé de organique" et argillane = dépôt d'argile> : Dépôt de substances argileuses et organiques sur une surface, (dans notre cas une surface d'agrégat, ou une fente).

**NODULE** [n.m.] : Concentration dure, de formes et dimensions variées, le plus souvent sphérique. Le volume d'un nodule dépasse rarement quelques cm<sup>3</sup> (RUELLAN).

**GROSSIERS (ELEMENTS)** [adj.] : Eléments ne passant pas au tamis de 2 mm (avant broyage mécanique) et représentés par des pierres, des débris végétaux, etc...

**LITHORELIQUE** [n.f.] ; <du grec lithos = pierre et du français relique> : Fraction grossière rocheuse présente dans le sol et correspondant à un héritage direct du matériel parental sous-jacent. La dimension des éléments de cette fraction grossière dépend de la nature de la roche et des conditions d'altération.

**PIERROSITÉ** [n.f.] : Synonyme de "Charge en éléments grossiers".

**ARENITES** [n.f.pl.] ; <du lat. arena = sable> : Classe granulométrique (50 µ - 2 mm). On distingue dans cette classe les Microarénites (50 µ - 1 mm) et les Macroarénites (1 mm - 2 mm).

**LUTITES** [n.f.pl.] ; <du latin lutum = boue, terre de potier> : Classe granulométrique (0-50 µ). On distingue dans cette classe les Microlutites (0-20 µ) et les Macrolutites (20-50 µ).

**RUDITES** [n.f.pl.] ; <du latin rudus, ruderis = gravats, décombres> : Classe granulométrique (> 2 mm). On distingue dans cette classe les Microrudites (2 mm - 2 cm); les Mésorudites (2 cm - 7,5 cm); les Macrorudites (7,5 cm - 20 cm); les Mégarudites (> 20 cm).

## AUTRES CARACTÈRES :

**COHERENT** [adj.] : Voir COHESION.

**COHESION** [n.f.] : Union ou attraction de substances ayant le même caractère. Dans le sol à l'état sec, la cohésion peut s'apprécier de manière synthétique (et approximative) par l'aptitude du matériau à être pénétré par une lame de couteau . On distinguera :

- les matériaux "très meubles" et "meubles", où la lame s'enfoncera aisément.
- les matériaux "assez cohérents", où il faut faire un effort pour enfoncer la lame.
- Les matériaux "cohérents", où un effort important ne permet à la lame de s'enfoncer que de quelques centimètres au plus.
- les matériaux "très cohérents", où un effort important ne permet à la lame de s'enfoncer que de quelques millimètres au plus, voire pas du tout.

MEUBLE [adj.] : Voir à "COHESION".

## DESCRIPTION DES PROFILS ET RÉSULTATS ANALYTIQUES

## LEGENDE DES FIGURES

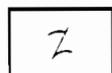


Horizon humifère \* (*humite*)

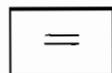
(*humite*) : *pédotype* (Beaudou, 1988)



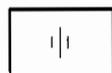
Horizon structural - S \* (*structichron*)



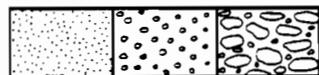
Horizon vertique - V (*vertichron*)



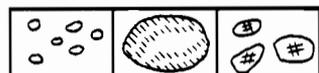
Horizon à oxydes et hydroxydes de fer et/ou de manganèse  
-taches rouilles dans les gleys, ou horizons BPs des podzols (*oxydon*)



Horizon à oxydes de fer réduit  
-taches verdâtres ou grises des gleys, horizon g (*réducton*)



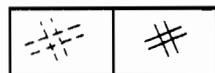
Horizon d'apport alluvial (*entaféron*)  
argiles et limons (*lutite*) / sables (*arénite*) / galets, pierres (*rudite*)



Éléments grossiers formés "in situ" (*lapidon*)  
lithoreliques / altélithoreliques (frange d'altération) / nodules



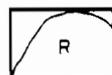
Éléments figurés (*séméton*)  
accumulations de manganèse dendrites, ponctuations /  
cristaux de gypse/  
volumes pulvérulents carbonatés



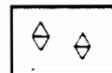
Horizon carbonaté continu non induré (croûte calcaire) - K (*calcofragistèrite*) /  
Horizon carbonaté continu induré (croûte calcaire) - Km (*calcopétrostèrite*)



Altérite de roche en place - C



Roche mère en place - R (*régolite*)



Horizon éluvié blanchi - E (*leuciton*)  
Figures 59a et 59b

\* Pour les horizons humifères et les horizons structuraux, l'augmentation de l'écart des hachures correspond à une diminution de l'importance du caractère du pédotype.

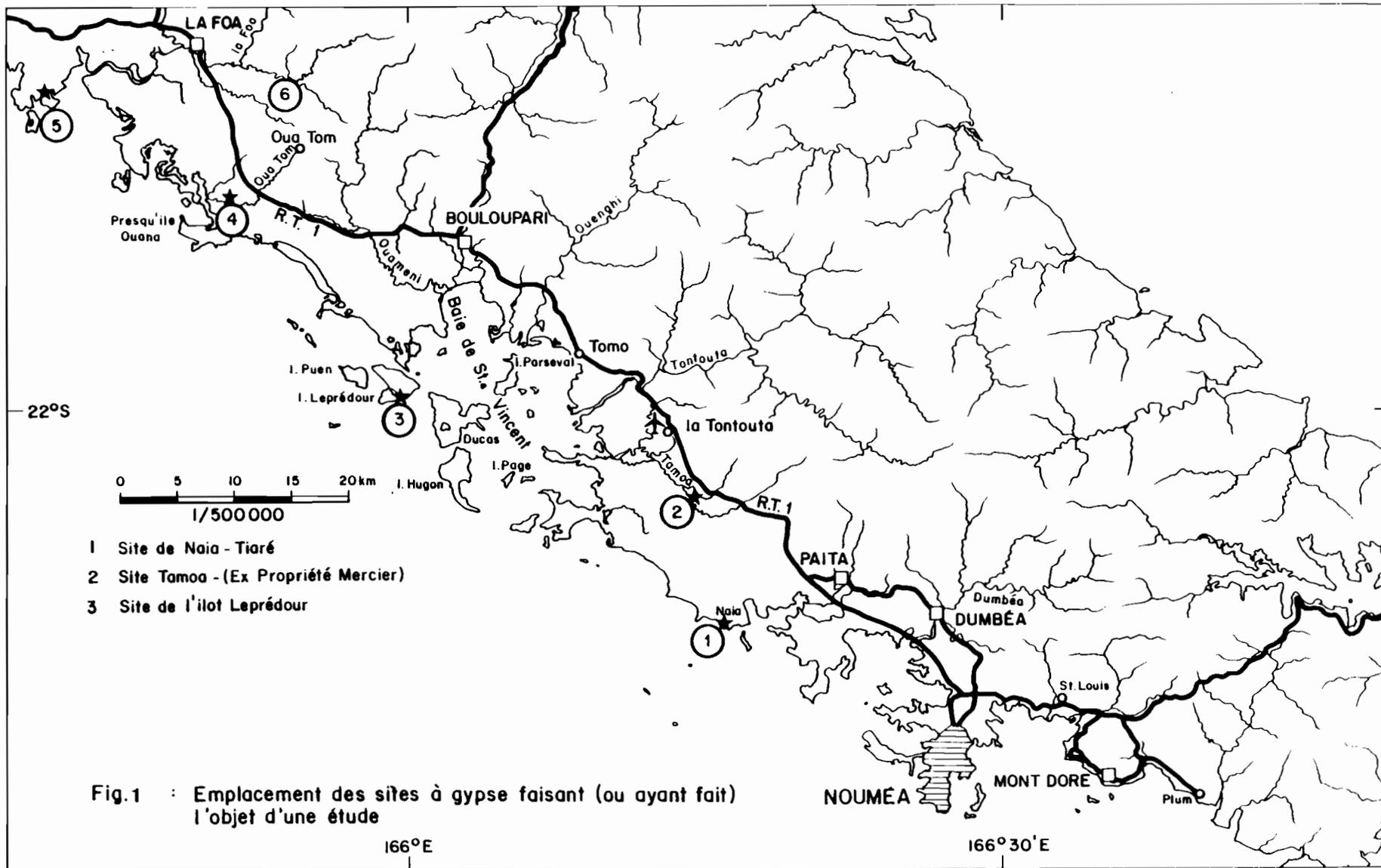


Fig.1 : Emplacement des sites à gypse faisant (ou ayant fait) l'objet d'une étude



# SITE DE TIARE

## DESCRIPTION ET ANALYSE DES PROFILS

TIA 1 : BRUNISOL sur flyschs

TIA 2 : BRUNISOL verticale sur flyschs

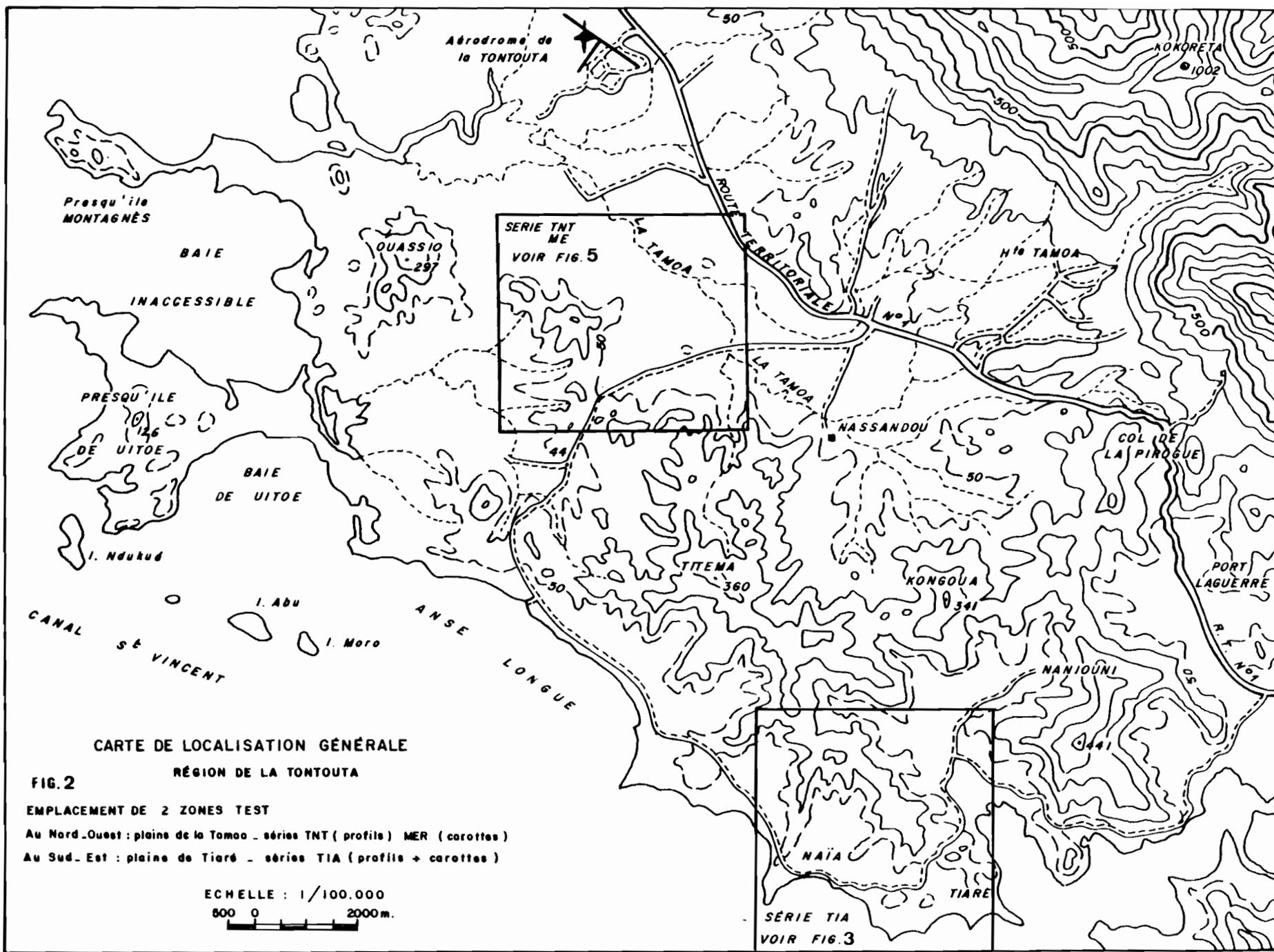
TIA 3 : VERTISOL calcimagnésien à gypse sur flyschs

TIA 4 : VERTISOL calcimagnésien à gypse sur colluvions de flyschs

TIA 5 : VERTISOL calcimagnésien à gypse sur colluvions de flyschs

TIA 6 : VERTISOL calcimagnésien à gypse polyphasé sur colluvions de flyschs et alluvions

TIA 7 : FLUVISOL brunifié, à infrasol hydromorphe et carbonaté



CARTE DE LOCALISATION GÉNÉRALE

RÉGION DE LA TONTOUTA

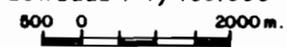
FIG. 2

EMPLACEMENT DE 2 ZONES TEST

Au Nord-Ouest : plaines de la Tanoa - séries TNT ( profils ) MER ( carottes )

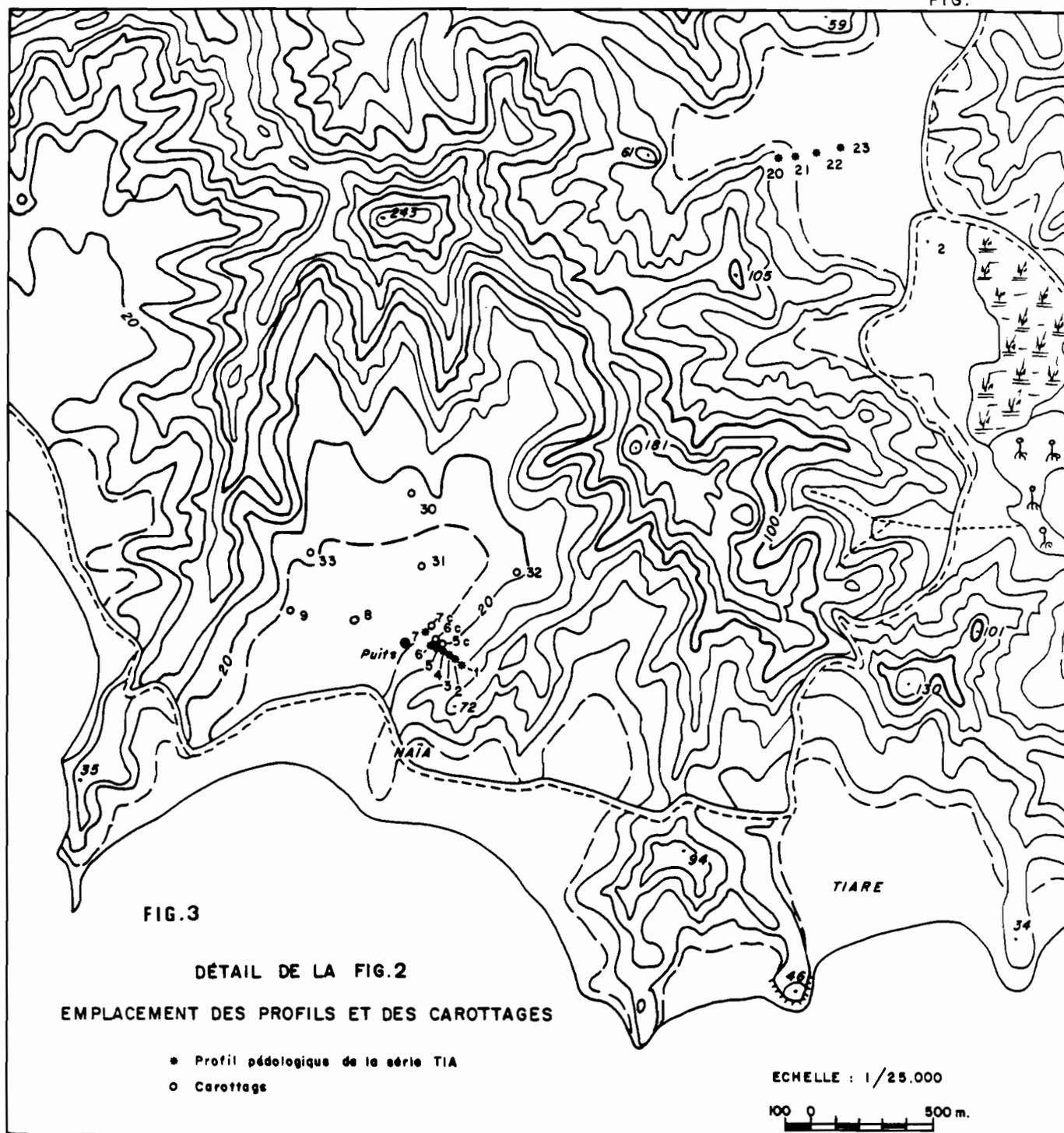
Au Sud-Est : plaines de Tiaré - séries TIA ( profils + carottes )

ECHELLE : 1/100.000



SÉRIE TIA  
VOIR FIG. 3

FIG.



**PROFIL : TIA 1****HORIZON 1** : 0 - 5 cm

dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>  
 HUMITE 1 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5  
Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncé  
Structure : anguclode polyédrique 0,2 à 1 cm  
Texture : argilo-limoneux  
Consistance : sec, meuble, peu friable  
Porosité (macro) : importante, d'entassement  
 Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats  
 Lapidon : microrudite siliceux, émoussé  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 2** : 5 - 20 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ;  
 Régolite 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncé  
Structure : anguclode polyédrique 0,5 à 1 cm  
Texture : argilo-limoneux  
Consistance : sec, meuble, peu friable  
Porosité (macro) : fentes < 0,2 cm, débutant dans l'horizon  
 Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé  
 Régolite : microrudite de flysch  
 Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 3** : 20 - 40 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>13</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ;  
 Régolite 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncé  
Structure : anguclode polyédrique 0,5 à 1 cm  
Texture : argilo-limono-sableux  
Consistance : sec, meuble, peu friable  
Porosité (macro) : fentes < 0,2 cm, traversant l'horizon, verticales  
 Bioféron : orthotubules, rares copropèdes  
 Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé  
 Régolite : microrudite de flysch  
Transition : distincte, régulière

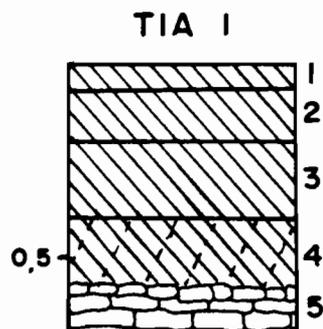
**HORIZON 4** : 40 - 55 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>14C</sub>  
 HUMITE 1 ; Lapidon 4 ; Allotérite 4 ;  
 Régolite 5 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncé  
Structure : anguclode polyédrique 0,5 à 1,5 cm  
Texture : limono-argilo-sableux  
Consistance : sec, meuble, peu friable

Porosité (macro) : fentes 0,2 à 0,5 cm, se terminant dans l'horizon, verticales  
 Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé  
 Allotérite de flysch  
 Régolite : microrudite de flysch  
 Bioféron : orthotubules, rares copropèdes  
Transition : nette, ondulée

**HORIZON 5** : 55 - 60+

dénomination de l'horizon : roche mère altérée : CR  
 REGOLITE 1 ; Isaltérite 5  
Couleur : 10YR 6/6, brun jaunâtre  
 Débit : en bancs centimétriques, à débit très fin



BRUNISOL sur flyschs

NUMERO DU PROFIL	TIA 1	TIA 1	TIA 1	TIA 1
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-5	5-20	20-40	40-55
-----				
GRANULOMETRIE %				
Refus	2,3	0,2		0,3
argile	25,64	29,61	23,25	26,02
limon fin	34,89	34,27	38,96	31,08
limon grossier	10,69	12,14	12,75	15,18
sable fin	13,53	11,73	11,32	13,48
sable grossier	15,25	12,26	13,72	14,23
-----				
EAU DU SOL %				
Humidité à 105°C %	5,74	6,29	6,48	6,41
-----				
MATIERE ORGANIQUE				
C %	3,466	2,259	1,485	
N %	0,284	0,168	0,106	
C/N	12,2	13,4	14,0	
M.O. %	5,9	3,9	2,5	
-----				
pH H <sub>2</sub> O	6,7	7,2	7,6	7,7
pH KCl	5,6	5,6	5,8	5,9
-----				
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7				
Ca <sup>++</sup>	20,7	24,1	25,1	23,6
Mg <sup>++</sup>	13,5	16,2	18	18
K <sup>+</sup>	0,58	0,28	0,25	0,23
Na <sup>+</sup>	0,22	0,3	0,42	0,48
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	0,13	0	0	0
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	0	0	0	0
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	0,09	0,3	0,42	0,48
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	20,7	24,1	25,1	23,6
S Somme des cations	34,87	40,88	43,77	42,31
T Capacité d'échange	41	42	44,1	42,5
V (S/T) Taux de saturation %	85	97	99	99
-----				
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %				
Perte au feu	9,90	8,20	7,20	6,35
Résidu	44,75	44,35	42,85	43,35
SiO <sub>2</sub>	22,40	23,50	25,65	23,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,50	6,70	7,20	8,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,75	9,30	9,80	10,5
MnO <sub>2</sub>	0,172	0,165	0,177	0,157
TiO <sub>2</sub>	1,12	1,17	1,22	1,3
CaO	2,51	2,56	2,62	2,42
MgO	2,24	2,39	2,55	2,64
K <sub>2</sub> O	0,47	0,28	0,25	0,25
Na <sub>2</sub> O	0,45	0,44	0,39	0,42
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	5,84	5,94	5,80	4,76
-----				
S <sup>*</sup> de gypse %	0	0	0	0
S <sup>*</sup> total %	0,035	0,023	0,021	0,013
-----				

NUMERO DU PROFIL	TIA 1	TIA 1	TIA 1	TIA 1
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-5	5-20	20-40	40-55

## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,22	0,71	0,95	1,13
Ca <sup>++</sup> /T (%)	50,49	57,38	56,92	55,53
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,65	0,67	0,71	0,76

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

## Sans correction

Ca <sup>++</sup> (%)	60,14	59,36	57,67	56,08
Mg <sup>++</sup> (%)	39,22	39,90	41,36	42,78
Na <sup>+</sup> (%)	0,64	0,74	0,97	1,14

Avec correction de Na<sup>+</sup>

Ca <sup>++</sup> (%)	60,37	59,36	57,67	56,08
Mg <sup>++</sup> (%)	39,37	39,90	41,36	42,78
Na <sup>+</sup> (%)	0,26	0,74	0,97	1,14

Avec correction de Na<sup>+</sup> et Ca<sup>++</sup>

Ca <sup>++</sup> (%)	60,37	59,36	57,67	56,08
Mg <sup>++</sup> (%)	39,37	39,90	41,36	42,78
Na <sup>+</sup> (%)	0,26	0,74	0,97	1,14

## SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2 -

Résistivité (mS)	0,22	0,11	0,08	0,08
pH	6,7	6,6	6,9	8,3

## Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,23	0,1	0,06	0,05
Mg <sup>++</sup>	0,23	0,1	0,06	0,05
K <sup>+</sup>	0,02	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,05	0,06	0,07	0,07
Somme des cations	0,53	1,3	0,97	0,87

Somme -	2,57	1,21	0,97	0,97
Cl <sup>-</sup>	0,63	0,00	0,00	0,00
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0	0	0	0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,94	0,25	0,2	0,2
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00

## Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,58	-0,06	-0,07	-0,07
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,23	-0,10	-0,06	-0,05
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00

**PROFIL : TIA 2****HORIZON 1** : 0 - 10 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 4/2, brun gris foncéStructure : anguclode polyédrique 1 à 3 cmTexture : argilo-limoneuxConsistance : sec, meuble, peu friablePorosité (macro) : importante, d'entassement

Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite siliceux, émoussé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 10 - 25 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique 1 à 3 cmTexture : argileuxConsistance : sec, assez cohérent, peu friablePorosité (macro) : rares fentes < 0,2 cm, débutant dans l'horizon

Bioféron : orthotubules, rares copropèdes

Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 25 - 60 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>13</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode 1 : polyédrique 1 à 3 cm

prismoclode 3 : 3 à 5 cm

Texture : argileuxConsistance : sec, cohérent, peu friablePorosité (macro) : fentes < 0,2 cm, traversant l'horizon, verticales

Bioféron : orthotubules, rares copropèdes

Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 60 - 75 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humique et minéral : A<sub>3B</sub>

HUMITE 1 Structichron 3 ; Bioféron 4 ;

Lapidon 4 ; Rhizagé 6

Couleur : 2,5 Y 4/4, brun oliveStructure : anguclode 1 polyédrique centi, 1 à 3 cm ; anguclode polyédrique 4 : 30 à 50 cm.Texture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu friablePorosité (macro) : rares fentes < 0,2 cm.

Bioféron : orthotubules, métatubules

10 YR 4/2 brun gris foncé, à bords nets

Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé ; microrudite carbonatée concrétion arrondie

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 75 - 115 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral à légère tendance verticale : BV

STRUCTICHRON 1 Vertichron 4 ; Bioféron 5 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 4/4 brun jaunâtre foncéStructure : anguclode 1 polyédrique de 1 à 5 cm

pauciclode 4 : faces luisantes décimétriques

Texture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu friablePorosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 0,5 cm

Bioféron : orthotubules, métatubules

10 YR 3/1 gris très foncé, à bords nets

Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé ; microrudite carbonatée, concrétion arrondie

Transition : distincte, régulière**HORIZON 6** : 115 - 155 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V

VERTICHRON 1 structichron3 ; Lapidon 5 ;

Séméton 5 ; Allotérite 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 5/5 brun jaunâtreStructure : pauciclode 1 : faces luisantes centi à décimétriques, rares striées ; anguclode 3 sphénoclode 4 de 1 à 5 cmTexture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu friablePorosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 0,8 cm, obliques

Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé ; microrudite carbonatée, concrétion arrondie jusqu'à 1 cm de 1

Séméton : dendrites de manganèse

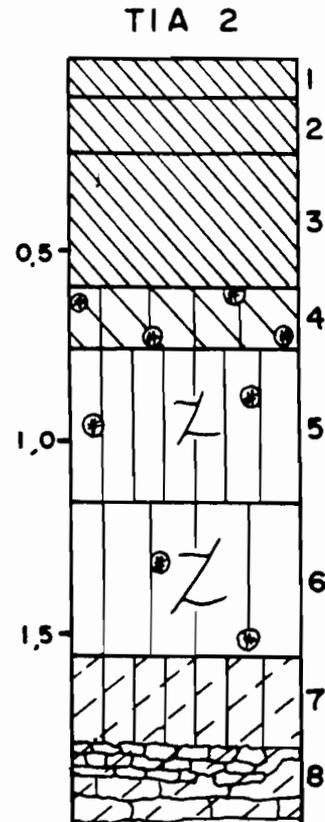
Allotérite : ponctuations sableuses

relictuelles 10 YR 4/4

Transition : distincte, ondulée

HORIZON 7 : 155 - 170 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral  
 de transition avec l'horizon d'accumulation :  
 BC  
STRUCTICHRON 1 Allotérite 4 ; Vertichron 5 ;  
 Lapidon 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 7,5 YR 4/6, brun vif  
Structure : pauciclude 1 : faces  
 décimétriques luisantes ; anguclide 4 :  
 polyédrique 0,5 à 1,5 cm  
Texture : argilo-sableux  
Consistance : sec, cohérent, peu friable  
Porosité (macro) : fentes 0,1 à 0,2 cm, se  
 terminant dans l'horizon  
 Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé ou  
 anguleux  
 Allotérite de flysch  
Transition : nette, ondulée

HORIZON 8 : 170 - 180+  
dénomination de l'horizon : horizon  
 d'altération C  
 ISALTERITE de flysch



BRUNISOL verticale sur flyschs

NUMERO DU PROFIL HORIZON	TIA 2 1	TIA 2 2	TIA 2 3	TIA 2 4	TIA 2 5	TIA 2 6	TIA 2 7	TIA 2 8
PROFONDEUR en cm	0-10	10-25	25-60	60-75	75-115	115-155	155-170	170 - +
-----								
GRANULOMETRIE %								
Refus	2,1						0,5	
argile	35,42	42,46	46,15	46,43	49,26	59,51	32,65	
limon fin	32,34	30,21	31,88	31,81	34,31	24,87	38,10	
limon grossier	9,20	8,98	5,87	7,74	4,40	4,44	6,99	
sable fin	10,56	9,59	8,03	6,48	6,05	5,52	9,10	
sable grossier	12,48	8,76	8,07	7,54	5,97	5,66	13,15	
-----								
EAU DU SOL %								
Humidité à 105°	6,95	7,65	8,49	9,58	8,52	9,68	8,18	
-----								
MATIERE ORGANIQUE								
C%	3,12	1,80	0,962	0,581				
N%	0,247	0,133	0,071	0,055				
C/N	12,6	13,5	13,5	10,6				
M.O. %	5,4	3,1	1,6	1,0				
-----								
pH H <sub>2</sub> O	7,1	7,5	7,9	8,0	8,0	7,7	7,9	
pH KCl	5,7	5,6	6,6	6,9	6,9	6,6	6,5	
-----								
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7								
Ca <sup>++</sup>	21,6	23,1	23,2	23,83	22,04	18,2	19,5	
Mg <sup>++</sup>	17,9	19,8	21,8	25,28	24,1	23,88	21,3	
K <sup>+</sup>	0,6	0,38	0,37	0,47	0,5	0,53	0,5	
Na <sup>+</sup>	0,37	0,97	4,18	7,18	8,02	7,18	7,33	
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	0,1	0,08	1,2	3,4	3,42	4,07	3,00	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	0	0	0,2	0,75	0,75	0,8	0,80	
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	0,27	0,89	2,98	3,78	4,6	3,11	18,70	
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	21,6	23,1	23	23,08	21,29	17,4	44,83	
S Somme des cations	40,37	44,17	48,15	52,61	50,49	44,92	48,63	
T Capacité d'échange	41,3	42	38,7	36,5	40,4	36,8	38,3	
V (S/T) Taux de saturation %	97	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	
-----								
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %								
Perte au feu						6,40	6,2	5,15
Résidu						37,50	37,8	39,6
SiO <sub>2</sub>						29,20	28,05	22,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						11,30	11,2	9,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						11,10	11,1	11,75
MnO <sub>2</sub>						0,042	0,042	0,182
TiO <sub>2</sub>						1,33	1,26	1,21
CaO						0,71	0,83	3,17
MgO						1,72	2,52	4,7
K <sub>2</sub> O						0,35	0,42	0,32
Na <sub>2</sub> O						0,42	0,44	0,67
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.						4,38	4,24	3,95
-----								
S* de gypse %	0	0	0,003	0,012	0,013	0,014	0,013	
S* total %	0,027	0,015	<0,010	0,017	0,020	0,025	0,023	
-----								

NUMERO DU PROFIL HORIZON PROFONDEUR en cm	TIA 2 1	TIA 2 2	TIA 2 3	TIA 2 4	TIA 2 5	TIA 2 6	TIA 2 7	TIA 2 8
	0-10	10-25	25-60	60-75	75-115	115-155	155-170	170 - +
-----								
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS								
(Na <sup>+</sup> /T) x100	0,65	2,12	7,70	10,36	11,39	8,45	11,31	
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	52,30	55,00	59,43	63,23	52,70	47,28	48,83	
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,82	0,85	0,94	1,09	1,131	1,37	1,13	
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables								
Sans correction								
Ca <sup>++</sup> (%)	54,18	52,66	47,17	42,33	40,69	36,95	40,52	
Mg <sup>++</sup> (%)	44,90	45,13	44,33	44,91	44,50	48,48	44,26	
Na <sup>+</sup> (%)	0,93	2,21	8,50	12,76	14,81	14,58	15,23	
Avec correction de Na <sup>+</sup>								
Ca <sup>++</sup> (%)	54,31	52,75	48,35	45,06	43,44	40,27	43,21	
Mg <sup>++</sup> (%)	45,01	45,22	45,44	47,80	47,50	52,84	47,20	
Na <sup>+</sup> (%)	0,68	2,03	6,21	7,15	9,07	6,88	9,59	
Avec correction de Na <sup>+</sup> et Ca <sup>++</sup>								
Ca <sup>++</sup> (%)	54,31	52,75	48,14	44,27	42,59	39,20	42,18	
Mg <sup>++</sup> (%)	45,01	45,22	45,63	48,48	48,21	53,80	48,05	
Na <sup>+</sup> (%)	0,68	2,03	6,24	7,25	9,20	7,01	9,77	
-----								
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2								
Résistivité (mS)	0,18	0,13	0,78	2,34	2,27	2,37	1,86	
pH	7,1	6,8	7,2	7,4	7,1	6,9	6,6	
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air								
Ca <sup>++</sup>	0,15	0,07	0,16	0,69	0,65	0,69	0,53	
Mg <sup>++</sup>	0,18	0,07	0,23	1,00	0,91	0,98	0,69	
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	
Na <sup>+</sup>	0,07	0,19	1,09	2,66	2,70	3,09	2,74	
Somme des cations	0,41	0,34	1,49	4,36	4,27	4,77	3,97	
Somme des anions								
Cl <sup>-</sup>	0,44	0,36	1,56	4,35	4,37	4,92	3,9	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,10	0,08	1,20	3,40	3,42	4,07	3,00	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0	0	0,16	0,55	0,7	0,75	0,8	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,34	0,28	0,2	0,4	0,25	0,1	0,1	
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Paramètres ioniques								
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,03	-0,11	0,11	0,74	0,72	0,98	0,26	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,15	-0,07	0,00	-0,14	0,05	0,06	0,27	
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,2	1,0	1,44	1,45	1,4	1,42	1,3	
-----								

**PROFIL : TIA 3****HORIZON 1** : 0 - 15 cm

dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5  
Couleur : 10 YR 3/2, gris très foncé  
Structure : anguclide polyédrique 0,2 à 0,8 cm  
Texture : argilo-limoneux  
Consistance : peu humide, meuble, friable  
Porosité (macro) : importante, d'entassement, fentes de 0,1 à 0,2 cm limitées à l'horizon  
 Bioféron : orthotubules, copropèdes  
 Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats  
 Lapidon : microrudite siliceux, anguleux et émoussé  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 2** : 15 - 35 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncé  
Structure : anguclide 1 polyédrique de 0,3 à 1 cm, prismoclude 3 de 0,5 à 2 cm  
Texture : argileux  
Consistance : sec, assez cohérent, peu friable  
Porosité (macro) : quelques fentes de 0,1 à 0,5 cm, débutant dans l'horizon et le traversant, plutôt verticales  
 Bioféron : orthotubules  
 Lapidon : microrudite, siliceux, anguleux parfois émoussé  
 Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats  
Transition : graduelle, régulière

**HORIZON 3** : 35 - 60 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>13</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncé  
Structure : prismoclude 1 de 2 à 5 cm ; anguclide 4, polyédrique de 1,5 à 3 cm  
Texture : argileux  
Consistance : sec, cohérent, peu friable  
Porosité (macro) : fentes de 0,1 à 0,8 cm, se terminant dans l'horizon, verticales  
 Bioféron : orthotubules  
 Lapidon : microrudite, siliceux, anguleux parfois émoussé  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 4** : 60 - 80 cm

dénomination de l'horizon : horizon de transition minéral et humifère : A<sub>3B</sub>

STRUCTICHRON 1 Humite 3 ; Bioféron 4 ; Vertichron 5 ; Séméton 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 2,5 Y 4/3, brun gris olive  
Structure : anguclide 1 polyédrique centi, 0,3 à 1 cm; pauciclude 5 : faces centimétriques luisantes  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : quelques fentes de 0,1 à 0,5 cm localisées dans l'horizon, quelconques  
 Bioféron : orthotubules, métatubules  
 10 YR 3/1 gris foncé, à bords nets  
 Lapidon : microrudite, siliceux, anguleux et émoussé ; microrudite carbonatée concrétion arrondie  
 Séméton : efflorescences salines  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 5** : 80 - 115 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>1</sub>  
 VERTICHRON 1 Structichron 4 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtre  
Structure : sphénoclude 1 de 3 à 25 cm ; anguclide 4 polyédrique de 5 à 20 cm ; pauciclude 5 : faces luisantes et striées décimétriques  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 1 cm, quelconques, limitées à l'horizon  
 Bioféron : orthotubules, métatubules  
 10 YR 3/1 gris très foncé, à bords nets  
 Lapidon : microrudite, siliceux anguleux et émoussé ; microrudite carbonatée, concrétion arrondie  
 Séméton : efflorescences salines, rares crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 0,8 cm  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 6** : 115 - 155 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale à gypse : V<sub>Gy</sub>  
 VERTICHRON 1 Structichron 4 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtre  
Structure : sphénoclude 1 de 0,5 à 2 cm faces luisantes et striées ; anguclide 4 polyédrique de 5 à 20 cm  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Porosité (macro) : faible, fentes 1 à 1,5 cm, obliques, traversant l'horizon  
 Bioféron : orthotubules, métatubules  
 10 YR 3/1 gris très foncé, à bords nets, argilo-sableux  
 Lapidon : microrudite, siliceux anguleux et émoussé  
 Séméton : efflorescences salines ;  
 crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 1 cm ; dendrites de manganèse  
Transition : distincte, régulière

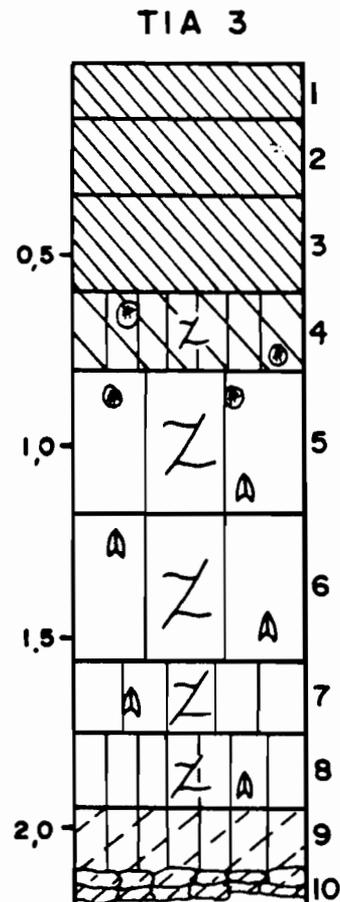
HORIZON 7 : 155 - 175 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral à tendance verticale : BV  
 STRUCTICHRON 1 VERTICHRON 2 ; Lapidon 5 ;  
 Séméton 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 4/4 brun jaunâtre foncé  
Structure : anguclide 1 polyédrique de 0,5 à 3 cm ;  
 pauciclode 2 : faces luisantes et striées de 3 à 20 cm  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : faible, fentes 0,1 à 0,3 cm, obliques, traversant l'horizon  
 Lapidon : microrudite, siliceux, anguleux, parfois émoussé  
 Séméton : efflorescences salines ;  
 crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 1 cm  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 8 : 175 - 195 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral à légère tendance verticale : BV  
 STRUCTICHRON 1 Vertichron 3 ; Lapidon 5 ;  
 Séméton 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 4/6 brun jaunâtre foncé  
Structure : pauciclode 1 : faces luisantes décimétriques, parfois striées ; anguclide 3 de 3 à 50 cm polyédrique  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 0,5 cm, obliques, mais aussi verticales et quelconques, se terminant dans l'horizon  
 Lapidon : microrudite, siliceux, anguleux, parfois émoussé  
 Séméton : efflorescences salines ;  
 crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 1 cm  
Transition : distincte, ondulée

HORIZON 9 : 195 - 210 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral

de transition avec l'horizon d'accumulation :  
 BC  
 STRUCTICHRON 1 Allotérite 4 ; Lapidon 5  
Couleur : 7,5 YR 4/6, brun vif  
Structure : amérode ; pauciclode 5 : faces décimétriques  
Texture : argilo-limono-sableux  
Consistance : peu humide, cohérent, peu friable  
Porosité (macro) : fentes 0,1 à 0,2 cm, limitées à l'horizon  
 Lapidon : microrudite, siliceux, émoussé ou anguleux ; altélithoreliques de flysch  
 Allotérite de flysch  
Transition : distincte, ondulée

HORIZON 10 : 210 - 220+  
dénomination de l'horizon : horizon d'altération C  
 ISALTERITE 1 Allotérite 4 ; Régolite 5 de flysch



VERTISOL calcimagnésien à gypse sur flyschs

NUMERO DU PROFIL	TIA 3	TIA 3	TIA 3	TIA 3	TIA 3	TIA 3
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-60	60-80	80-115	115-155
Refus (%)	2,6			3,1	2,7	3,5
Humidité à 105° (%)	6,46	6,88	7,47	8,92	9,56	9,63
pH H <sub>2</sub> O	7,0	7,8	8,1	8,0	7,9	7,5
pH KCl	5,7	6,0	6,7	7,1	7,0	6,6
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7						
Ca <sup>++</sup>	18,66	18,24	17,75	20,98	15,82	14,15
Mg <sup>++</sup>	16,92	17,59	19,09	22,33	23,11	19,81
K <sup>+</sup>	0,53	0,47	0,43	0,5	0,52	0,5
Na <sup>+</sup>	0,84	2,0	5,01	9,52	10,35	9,85
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	0,16	0,2	1,2	5,44	6,48	5,5
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	0,1	0,1	0,15	1,5	2,75	1,8
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	0,68	1,8	3,81	4,08	3,87	4,35
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	18,56	18,14	17,6	19,48	13,07	12,35
S Somme des cations	36,69	38	40,93	46,39	40,57	37,01
V (S/T) Taux de saturation %	97,84	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
T Capacité d'échange	37,5	34,8	39,3	39,1	39,8	38
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu						
Résidu						
SiO <sub>2</sub>						
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>						
MnO <sub>2</sub>						
TiO <sub>2</sub>						
CaO						
MgO						
K <sub>2</sub> O						
Na <sub>2</sub> O						
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.						
S' de gypse %	<0,001	<0,001	0,002	0,023	0,034	0,022
S' total %	0,031	0,016	0,011	0,033	0,049	0,038

NUMERO DU PROFIL	TIA 3	TIA 3	TIA 3
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	155-175	175-195	195-210
-----			
Refus (%)			
Humidité à 105°C (%)	9,64	9,36	7,84
-----			
pH H <sub>2</sub> O	6,9	5,8	5,9
pH KCl	5,5	4,2	4,2
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg	Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7		
Ca <sup>++</sup>	13,6	30,95	16,13
Mg <sup>++</sup>	19,89	18,75	17,67
K <sup>+</sup>	0,47	0,38	0,3
Na <sup>+</sup>	8,85	9,69	6,35
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	4,96	3,6	3,34
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	1,85	16,25	1,7
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	3,89	6,09	3,01
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	11,75	14,7	14,43
S Somme des cations	36,00	39,92	35,41
T Capacité d'échange	37,6	45,2	37,5
V (S/T) Taux de saturation %	95	88	94
-----			
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %			
Perte au feu	7,30	6,55	4,55
Résidu	32,45	35,10	43,30
SiO <sub>2</sub>	30,20	29,35	25,35
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,25	12,60	11,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,00	12,60	11,10
MnO <sub>2</sub>	0,033	0,051	0,083
TiO <sub>2</sub>	1,40	1,52	1,36
CaO	1,67	0,79	1,85
MgO	1,91	2,58	3,05
K <sub>2</sub> O	0,23	0,23	0,24
Na <sub>2</sub> O	0,54	0,64	0,84
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	4,55	4,69	5,30
-----			
S° de gypse %	0,014	0,504	0,002
S° total %	0,039	0,551	0,031
-----			

NUMERO DU PROFIL	TIA 3	TIA 3				
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-60	60-80	80-115	115-155
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS IONIQUES						
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,81	5,17	9,69	10,43	9,72	11,45
Ca <sup>++</sup> /T (%)	49,49	52,13	44,78	49,82	32,84	32,50
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,91	0,96	1,08	1,14	1,76	1,60
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Sans correction						
Ca <sup>++</sup> (%)	51,24	48,22	42,41	39,71	32,10	32,30
Mg <sup>++</sup> (%)	46,46	46,50	45,62	42,27	46,90	45,22
Na <sup>+</sup> (%)	2,31	5,29	11,97	18,02	21,00	22,48
Avec correction de Na <sup>+</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	51,46	48,47	43,67	44,27	36,96	36,94
Mg <sup>++</sup> (%)	46,66	46,74	46,96	47,12	54,00	51,71
Na <sup>+</sup> (%)	1,88	4,78	9,37	8,61	9,04	11,35
Avec correction de Na <sup>+</sup> et Ca <sup>++</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	51,33	48,33	43,46	42,45	32,63	33,83
Mg <sup>++</sup> (%)	46,79	46,87	47,14	48,66	57,70	54,26
Na <sup>+</sup> (%)	1,88	4,80	9,41	8,89	9,66	11,91
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)	0,21	0,37	0,87	3,62	4,55	3,79
pH	6,9	7,5	7,6	7,2	7,0	7,0
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>	0,21	0,21	0,34	0,85	1,1	0,78
Mg <sup>++</sup>	0,21	0,21	0,51	1,47	1,92	1,34
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Na <sup>+</sup>	0,18	0,29	1,02	4,92	5,92	5,33
Somme des cations	0,61	0,72	1,88	7,25	8,96	7,47
Somme -						
Cl <sup>-</sup>	0,59	0,7	1,8	7,4	9,18	7,53
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,16	0,20	1,20	5,44	6,48	5,50
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,08	0,11	0,17	1,56	2,5	1,9
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,35	0,39	0,43	0,4	0,2	0,13
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapports ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,02	-0,09	0,18	0,52	0,56	0,17
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,13	-0,10	-0,17	0,71	1,40	1,12
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,00	1,00	1,5	1,73	1,74	1,72
-----						

NUMERO DU PROFIL	TIA 3	TIA 3	TIA 3
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	155-175	175-195	195-210

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS IONIQUES

Na <sup>+</sup> /T (%)	10,3	13,47	8,02
Ca <sup>++</sup> /T (%)	31,25	32,5	38,48
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,69	1,27	1,22

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Sans correction

Ca <sup>++</sup> (%)	32,12	52,11	40,17
Mg <sup>++</sup> (%)	46,98	31,57	44,01
Na <sup>+</sup> (%)	20,90	16,32	15,82

Avec correction de Na<sup>+</sup>

Ca <sup>++</sup> (%)	36,38	55,48	43,82
Mg <sup>++</sup> (%)	53,21	33,61	48,00
Na <sup>+</sup> (%)	10,41	10,92	8,18

Avec correction de Na<sup>+</sup> et Ca<sup>++</sup>

Ca <sup>++</sup> (%)	33,07	37,18	41,10
Mg <sup>++</sup> (%)	55,98	47,42	50,33
Na <sup>+</sup> (%)	10,95	15,40	8,57

-----

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)	3,48	6,55	2,67
pH	6,9	5,3	5,6

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,66	6,24	0,45
Mg <sup>++</sup>	1,1	5,35	0,67
K <sup>+</sup>	0,01	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>	4,82	7,18	4,13
Somme des cations	6,59	18,79	5,26

Somme -	6,91	19,25	5,06
Cl <sup>-</sup>	4,96	3,60	3,34
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	1,85	15,6	1,67
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,1	0,05	0,05
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00

Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,14	-3,58	-0,79
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-1,19	9,36	1,22
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,67	0,86	1,49

-----

**PROFIL : TIA 4****HORIZON 1** : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 2/1, noirStructure : anguclode polyédrique 0,3 à 0,8 cmTexture : argilo-limoneuxConsistance : humide, meuble, friablePorosité (macro) : importante, d'entassement, fentes de 0,1 à 0,2 cm limitées ou débutant dans l'horizon

Bioféron : orthotubules, copropèdes

Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite siliceux, émoussé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 35 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode 1 polyédrique 0,3 à 0,8 cm ; prismoclode 3 de 1 à 2 cmTexture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, semi-rigide, peu plastique, non collantPorosité (macro) : quelques fentes de 0,2 à 0,5 cm, débutant dans l'horizon et le traversant, plutôt verticales

Bioféron : orthotubules,

Lapidon : micro et mésorudite, siliceux, parfois émoussé

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 35 - 55 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>13</sub>

STRUCTICHRON 1 HUMITE 2 ; Humite 3 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/2, brun gris foncéStructure : anguclode 1, polyédrique de 0,5 à 3 cm ; pauciclode milli à centi, faces luisantesTexture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, plastique, non collantPorosité (macro) : fentes de 0,2 à 0,5 cm, limitées, débutant et se terminant dans l'horizon, quelconques

Humite : 2,5 Y 3/1 gris très foncé, de forme complexe, à bords peu nets

Bioféron : orthotubules et métatubules

humiques et structichromiques

Lapidon : microrudite, siliceux, anguleux parfois émoussé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 55 - 75 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Mélanumite 4 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 2,5 Y 4/3 brun gris foncéStructure : sphénoclode 1 de 0,3 à 1,5 cm luisant et strié ; anguclode 4 polyédrique de 0,5 à 2 cm ;Texture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collantPorosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 0,5 cm, quelconques, limitées à l'horizon Mélanumite : 2,5 Y 2/1 noir, en taches irrégulières nettes

Bioféron : orthotubules, métatubules

Lapidon : microrudite, siliceux anguleux ;

Séméton : efflorescences salines

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 75 - 140 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale à gypse : V<sub>Gy1</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtreStructure : pauciclode 1 micro et méso faces luisantes et striées ; anguclode 4 polyédrique de 0,5 à 2 cmTexture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collantPorosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 1 cm, obliques, traversant l'horizon

Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux anguleux

Séméton : efflorescences salines ;

crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm

Transition : diffuse, régulière**HORIZON 6** : 140 - 200 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>Gy2</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtreStructure : pauciclode 1 micro et méso macro et mégafaces luisantes et striées ; anguclode 4 polyédrique de 0,5 à 5 cmTexture : argileux

Consistance : humide, assez cohérent, plastique, collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 1 cm, obliques, traversant l'horizon  
 Séméton : efflorescences salines ;  
 crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm  
 Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux anguleux  
Transition : diffuse, régulière

HORIZON 7 : 200 - 250 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale à gypse : V<sub>Gy3</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtre  
Structure : pauciclode 1 micro et méso macro et mégafaces luisantes et striées ; anguclode 4 polyédrique de 0,3 à 5 cm  
Texture : argileux  
Consistance : humide, assez cohérent, plastique, collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 1 cm, obliques, se terminant dans l'horizon  
 Séméton : efflorescences salines ;  
 crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm  
 Lapidon : microrudite 1 ; méso et macrorudite 5, lithoreliques siliceux et rocheux anguleux  
Transition : diffuse, régulière

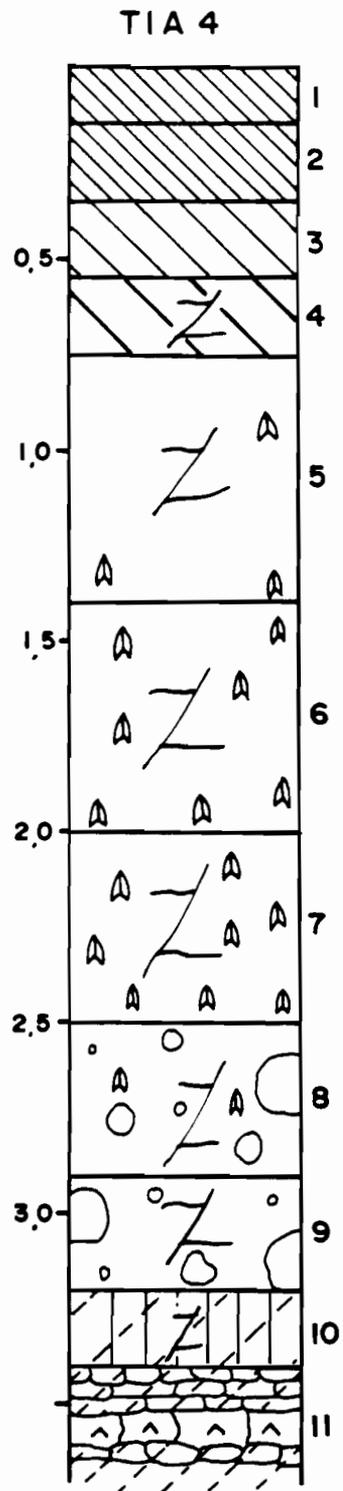
HORIZON 8 : 250 - 290 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>Gy4</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Lapidon 4 ; Séméton 5  
Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtre  
Structure : pauciclode 1 mégafaces luisantes et striées ; anguclode 3 polyédrique de 0,8 à 1,5 cm  
Texture : argileux  
Consistance : humide, assez cohérent, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 0,5 cm, obliques, limitées à l'horizon  
 Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux ; macro et mégarudite, émoussé, lithoreliques rocheux de conglomérat  
 Séméton : efflorescences salines ;  
 crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 0,8 cm  
Transition : graduelle, ondulée

HORIZON 9 : 290 - 320 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>2</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Lapidon 4 ; Séméton 6

Couleur : 10 YR 5/3 brun  
Structure : pauciclode 1 mégafaces luisantes et striées ; anguclode 3 polyédrique de 0,8 à 1,5 cm  
Texture : argileux  
Consistance : humide, assez cohérent, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 0,5 cm, obliques, limitées à l'horizon  
 Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux ; macro et mégarudite, émoussé, lithoreliques rocheux de conglomérat  
 Séméton : efflorescences salines ; dendrites de manganèse sur les faces des agrégats  
Transition : graduelle, ondulée

HORIZON 10 : 320 - 340 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral de transition avec l'horizon d'accumulation : BC  
 STRUCTICHRON 1 VERTICHRON 2 ALLOTÉRITE ; Lapidon 5  
Couleur : 10 YR 5/3, brun  
Structure : pauciclode 1 mégafaces luisantes et striées ; anguclode 5 de 0,5 à 3 cm  
Texture : argilo-limono-sableux  
Consistance : humide, assez cohérent, peu plastique  
Porosité (macro) : fentes 0,1 à 0,2 cm, obliques, limitées à l'horizon  
 Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux, émoussé ou anguleux ;  
 Allotérite de flysch  
Transition : distincte, ondulée

HORIZON 11 : 340 - 380+  
dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C  
 ALLOTÉRITE 1 ; Régolite 4  
Couleur : 10 YR 5/6, brun jaunâtre  
Structure : amérode  
 Allotérite de flysch en bancs centimétriques  
 Régolite de flysch en bancs centimétriques  
Texture : limono-argilo-sableux  
Consistance : humide, meuble, friable  
Porosité : tubulaire forte, pores très fins et fins



VERTISOL calcimagnésien à gypse sur colluvions de flyschs

NUMERO DU PROFIL HORIZON	TIA 4 1	TIA 4 2	TIA 4 3	TIA 4 4	TIA 4 5	TIA 4 6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-75	75-140	140-200
-----						
GRANULOMETRIE %						
Refus				3,0	3,1	
argile	37,10	51,74	46,15	68,62	72,78	75,11
limon fin	37,10	25,03	31,06	13,90	8,47	10,73
limon grossier	8,25	6,68	6,72	4,34	3,38	3,58
sable fin	8,55	8,14	7,90	6,61	7,78	5,09
sable grossier	9,01	8,42	8,18	6,54	7,60	5,49
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C %	5,82	6,42	6,80	7,33	7,49	8,10
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	3,359	1,835	1,141			
N%	0,242	0,130	0,097			
C/N	13,9	14,1	11,8			
M.O. %	5,8	3,1	2,0			
-----						
pH H <sub>2</sub> O	6,6	7,6	8,0	7,8	6,4	5,7
pH KCl	5,4	6,2	6,9	7,0	5,4	5,1
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7						
Ca <sup>++</sup>	20,13	18,46	16,15	16,74	14,37	20,02
Mg <sup>++</sup>	15,58	17,16	18,62	22,34	19,37	19,1
K <sup>+</sup>	0,68	0,37	0,38	0,47	0,42	0,47
Na <sup>+</sup>	0,67	2,67	6,01	9,52	9,69	9,69
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	0,13	0,53	3,16	7,3	7,16	6,42
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	0,05	0,05	0,45	1,65	3,75	16,5
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	0,54	2,14	2,85	2,22	2,53	3,27
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	20,08	18,41	15,7	15,09	10,62	3,52
S Somme des cations	36,88	38,08	37,55	40,12	32,94	26,36
T Capacité d'échange	38,4	37,8	36,7	40,3	36,5	49
V (S/T) Taux de saturation %	96,04	SAT	SAT	99	90	54
-----						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	10,30	8,70	7,85	7,00	7,10	7,55
Résidu	46,95	39,10	41,90	36,65	37,95	34,40
SiO <sub>2</sub>	21,35	28,05	25,80	31,30	30,25	31,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,00	8,75	10,00	10,60	10,70	11,20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,90	9,00	9,50	9,40	9,50	9,75
MnO <sub>2</sub>	0,370	0,432	0,302	0,05	0,037	0,027
TiO <sub>2</sub>	1,02	1,14	1,17	1,17	1,19	1,22
CaO	1,11	1,04	0,80	0,59	0,46	0,87
MgO	1,45	1,52	1,38	1,21	1,09	1,15
K <sub>2</sub> O	0,42	0,30	0,26	0,25	0,23	0,22
Na <sub>2</sub> O	0,31	0,37	0,46	0,55	0,53	0,53
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	5,17	5,43	4,37	5,00	4,79	4,75
-----						
S* de gypse %	traces	traces	0,001	0,013	0,028	0,115
S* total %	0,033	<0,01	<0,01	0,033	0,062	0,366
-----						

NUMERO DU PROFIL HORIZON	TIA 4 7	TIA 4 8	TIA 4 9	TIA 4 10	TIA 4 11
PROFONDEUR en cm	200-250	250-290	290-320	320-340	340-380
-----					
GRANULOMETRIE %					
Refus	1,9	4,1			
argile	63,37	74,41	58,11	51,60	32,59
limon fin	19,36	8,86	25,92	23,45	39,10
limon grossier	5,29	5,32	5,36	3,13	9,78
sable fin	5,76	5,40	5,66	8,07	10,51
sable grossier	6,22	6,01	4,96	13,74	8,02
-----					
EAU DU SOL %					
Humidité à 105°	8,00	7,87	7,63	6,98	6,34
-----					
pH H <sub>2</sub> O	5,6	5,7	5,7	5,8	6,0
pH KCl	5,0	4,9	5,0	4,6	4,5
-----					
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg	Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7				
Ca <sup>++</sup>	30,11	10,72	9,59	10,27	11,12
Mg <sup>++</sup>	19,61	22,13	21,24	21,8	21,34
K <sup>+</sup>	0,47	0,48	0,47	0,37	0,28
Na <sup>+</sup>	8,35	8,85	8,85	8,02	7,52
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	5,42	5,88	5,82	4,6	2,5
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	23,75	3,7	3,00	2,5	2,00
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	2,93	2,97	3,03	3,42	5,02
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	6,36	7,02	6,59	7,77	9,12
S Somme des cations	29,37	32,6	31,33	33,36	35,76
T Capacité d'échange	51,5	39,8	38,4	39,2	40,7
V (S/T) Taux de saturation %	57,03	81,91	81,59	85,10	87,86
-----					
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %					
Perte au feu	7,55	7,25	7,10	7,15	7,35
Résidu	35,25	29,80	31,35	31,85	30,20
SiO <sub>2</sub>	30,30	36,80	35,30	32,25	32,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,30	11,70	12,80	12,00	13,40
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,50	10,00	10,00	12,00	11,80
MnO <sub>2</sub>	0,027	0,022	0,025	0,048	0,046
TiO <sub>2</sub>	1,17	1,25	1,25	1,43	1,40
CaO	1,20	0,35	0,36	0,41	0,39
MgO	1,06	1,15	1,22	2,29	2,59
K <sub>2</sub> O	0,23	0,23	0,19	0,22	0,29
Na <sub>2</sub> O	0,48	0,52	0,52	0,54	0,56
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	4,54	5,33	4,67	4,55	4,06
-----					
S <sup>*</sup> de gypse %	0,704	0,061	0,041	0,007	0,002
S <sup>*</sup> total %	0,769	0,087	0,068	0,060	0,042
-----					

NUMERO DU PROFIL HORIZON	TIA 4 1	TIA 4 2	TIA 4 3	TIA 4 4	TIA 4 5	TIA 4 6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-75	75-140	140-200
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,41	5,66	7,77	5,51	6,93	6,67
Ca <sup>++</sup> /T (%)	52,29	48,70	42,78	37,44	29,10	7,18
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,77	0,93	1,18	1,48	1,82	5,42
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Sans correction						
Ca <sup>++</sup> (%)	55,33	48,21	39,60	34,44	33,09	41,02
Mg <sup>++</sup> (%)	42,83	44,82	45,66	45,97	44,60	39,13
Na <sup>+</sup> (%)	1,84	6,97	14,74	19,59	22,31	19,85
Avec correction de Na <sup>+</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	55,53	48,89	42,93	40,53	39,62	47,23
Mg <sup>++</sup> (%)	42,98	45,44	49,49	54,09	53,41	45,06
Na <sup>+</sup> (%)	1,49	5,67	7,58	5,38	6,98	7,71
Avec correction de Na <sup>+</sup> et Ca <sup>++</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	55,47	48,82	42,24	38,06	32,66	13,60
Mg <sup>++</sup> (%)	43,04	45,51	50,09	56,34	59,56	73,77
Na <sup>+</sup> (%)	1,49	5,67	7,67	5,60	7,78	12,63
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)	0,19	0,45	2,09	4,59	5,25	7,56
pH	7,5	7,5	6,5	6,7	5,2	4,5
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>	0,09	0,10	0,48	1,21	1,41	6,64
Mg <sup>++</sup>	0,11	0,13	0,73	2,12	2,99	7,02
K <sup>+</sup>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,03
Na <sup>+</sup>	0,18	0,64	2,75	5,78	6,58	7,78
Somme des cations	0,40	0,88	3,97	9,12	11,00	21,47
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>	0,41	0,88	3,88	9,04	10,81	21,22
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,13	0,53	3,16	7,30	7,16	6,42
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,06	0	0,43	1,58	3,65	14,8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,22	0,35	0,29	0,16	0	0
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapports ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,05	-0,11	0,41	1,52	0,58	-1,36
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,03	-0,10	-0,05	0,37	2,24	8,16
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,22	1,3	1,52	1,75	2,12	1,05
-----						

NUMERO DU PROFIL	TIA 4				
HORIZON	7	8	9	10	11
PROFONDEUR en cm	200-250	250-290	290-320	320-340	340-380
-----					
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS					
Na <sup>+</sup> /T (%)	5,69	7,46	7,89	8,72	12,33
Ca <sup>++</sup> /T (%)	12,35	17,64	17,16	19,82	22,41
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	3,08	3,15	3,22	2,80	2,33
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables					
Sans correction					
Ca <sup>++</sup> (%)	25,71	24,17	25,62	27,81	
Mg <sup>++</sup> (%)	53,07	53,53	54,38	53,38	
Na <sup>+</sup> (%)	21,22	22,30	20,00	18,81	
Avec correction de Na <sup>+</sup>					
Ca <sup>++</sup> (%)	57,19	29,93	28,32	28,94	29,67
Mg <sup>++</sup> (%)	37,25	61,78	62,73	61,43	56,94
Na <sup>+</sup> (%)	5,57	8,29	8,95	9,64	13,39
Avec correction de Na <sup>+</sup> et Ca <sup>++</sup>					
Ca <sup>++</sup> (%)	21,86	21,35	23,55	25,70	
Mg <sup>++</sup> (%)	68,90	68,83	66,08	60,15	
Na <sup>+</sup> (%)	9,25	9,82	10,37	14,15	
-----					
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2					
Résistivité (mS)	7,29	4,60	4,33	3,52	2,17
pH	4,4	4,4	4,5	4,5	4,6
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air					
Ca <sup>++</sup>	5,8	1,14	0,87	0,52	0,21
Mg <sup>++</sup>	6,84	2,41	2,02	1,26	0,43
K <sup>+</sup>	0,04	0,04	0,03	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>	7,19	6,06	5,84	5,09	3,43
Somme des cations	19,87	9,65	8,76	6,89	4,08
Somme des anions					
Cl <sup>-</sup>	19,92	9,43	8,6	6,85	4,05
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	5,42	5,88	5,80	4,60	2,50
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	14,5	3,55	2,8	2,25	1,55
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0	0	0	0
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapports ioniques					
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-1,77	-0,18	-0,04	-0,49	-0,93
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	8,70	2,41	1,93	1,73	1,34
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,18	2,17	2,32	2,42	2,04

**PROFIL : TIA 5****HORIZON 1** : 0 - 15 cm

dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5  
Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncé  
Structure : anguclide polyédrique 0,5 à 1 cm  
Texture : argilo-limoneux  
Consistance : sec, meuble, friable  
Porosité (macro) : importante, d'entassement, fentes de 0,1 à 0,2 cm limitées ou débutant dans l'horizon  
 Bioféron : orthotubules, copropèdes  
 Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats  
 Lapidon : microrudite lithoreliques siliceux, anguleux  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 2** : 15 - 35 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>  
 MELANUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 2/1, noir  
Structure : anguclide 1 polyédrique 1 à 3 cm ; prismoclude 5 de 2 à 5 cm  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, assez cohérent, semi-rigide, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : quelques fentes de 0,2 à 0,5 cm, débutant dans l'horizon et le traversant, plutôt verticales  
 Bioféron : orthotubules,  
 Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux, anguleux parfois émoussé  
 Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats  
Transition : graduelle, régulière

**HORIZON 3** : 35 - 65 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>13</sub>  
 MELANUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 2/1, noir  
Structure : anguclide 1, polyédrique de 1 à 5 cm ; prismoclude 4 de 3 à 10 cm  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, assez cohérent, plastique, non collant  
Porosité (macro) : fentes de 0,2 à 1 cm, limitées et se terminant dans l'horizon, verticales  
 Bioféron : orthotubules  
 Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux, anguleux parfois émoussé  
Transition : graduelle, régulière

**HORIZON 4** : 65 - 80 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère de transition : A<sub>3B</sub>  
 HUMITE 1 Structichron 5 ; Bioféron 4 ; Lapidon 4 ; séméton 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncé  
Structure : pauciclude 1 milli à méso ; anguclide 4, polyédrique de 1 à 5 cm  
Texture : argileux  
Consistance : humide, assez cohérent, plastique, non collant  
Porosité (macro) : fentes de 0,2 à 0,5 cm, limitées et débutant dans l'horizon, quelconques à obliques  
 Bioféron : orthotubules et métatubules humiques et structichromiques  
 Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux, anguleux parfois émoussé  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 5** : 80 - 110 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V  
 STRUCTICHRON 1 VERTICHRON 2 ; Humite 4 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncé  
Structure : anguclide 1 de 1 à 5 cm ; pauciclude 4, mésosfaces luisantes parfois striées ; sphénoclude 4 de 1 à 3 cm luisant et strié  
Texture : argileux  
Consistance : humide, assez cohérent, peu plastique, non collant  
Porosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 1 cm, quelconques, limitées à l'horizon, et débutant dans l'horizon  
 Mélanumite : 2,5 Y 2/1 noir, en taches irrégulières nettes  
 Bioféron : orthotubules, métatubules  
 Lapidon : microrudite, siliceux anguleux ; Séméton : efflorescences salines ; rares crystallarias de gypse de 0,2 à 0,8 cm  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 6** : 110 - 140 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale à gypse : V<sub>Gy1</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Humite 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 10 YR 4/3 brun  
Structure : pauciclude 1 micro méso macro et mégafaces luisantes et striées ; anguclide 4 polyédrique de 1 à 5 cm ; sphénoclude 4 luisant et strié de 1 à 5 cm  
Texture : argileux

Consistance : humide, assez cohérent, plastique, collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 1 cm, obliques, traversant l'horizon  
 Humite : taches peu nettes 10 YR 3/1 gris très foncé  
 Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux émoussés et anguleux  
 Séméton : efflorescences salines ; crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm  
Transition : graduelle, régulière

HORIZON 7 : 140 - 180 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral vertical : V<sub>Gy2</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Séméton 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 6

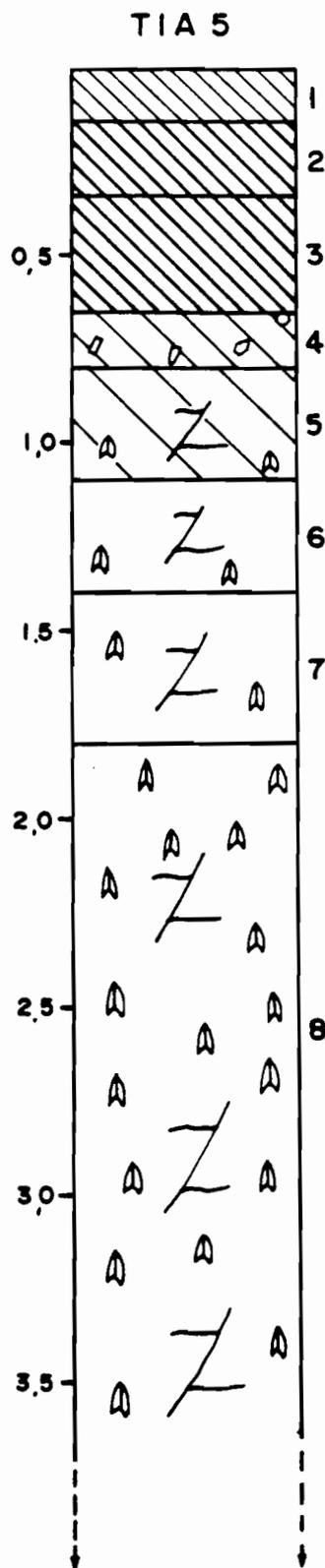
Couleur : 10 YR 4/4 brun jaunâtre foncé  
Structure : pauciclode 1 micro macro et mégafaces luisantes et striées ; anguclode 4 polyédrique de 1 à 5 cm ; sphénoclode de 1 à 5 cm luisant et strié  
Texture : argileux

Consistance : humide, assez cohérent, peu plastique, peu collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 1 cm, obliques, traversant l'horizon  
 Séméton : efflorescences salines ; crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm  
 Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux anguleux  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 8 : 180 - 600+ cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral vertical à gypse : V<sub>Gy3</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 4/4 brun jaunâtre foncé  
Structure : sphénoclode 1 de 0,1 à 2 cm, luisant, parfois strié ; pauciclode 4 micro et méso macro et mégafaces luisantes et striées ; anguclode 5 polyédrique de 0,3 à 2 cm  
Texture : argileux

Consistance : humide, assez cohérent, plastique, collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 cm, obliques, se terminant dans l'horizon ou le traversant  
 Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm ; efflorescences salines ; quelques dendrites de manganèse  
 Lapidon : microrudite et mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux



VERTISOL calcimagnésien à gypse sur colluvions de flyschs

NUMERO DU PROFIL	TIA 5	TIA 5	TIA 5	TIA 5	TIA 5	TIA 5	TIA 5	TIA 5
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-65	65-80	80-110	110-140	140-180	180-600
Refus (%)	4,6			5,5	4,3	4,1	2,6	
Humidité à 105°C (%)	5,16	5,45	5,96	6,43	6,98	6,83	7,22	7,69
pH H <sub>2</sub> O	6,7	7,5	7,7	7,8	7,3	6,7	6,2	6,1
pH KCl	5,8	6,0	6,7	6,9	6,4	5,7	5,3	5,3
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg	Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7							
Ca <sup>++</sup>	15,1	15,16	13,78	13,97	12,94	12,53	10,74	28,79
Mg <sup>++</sup>	12,6	13,96	17,13	19,94	20,84	19,34	19,41	20,02
K <sup>+</sup>	0,63	0,3	0,37	0,38	0,38	0,37	0,37	0,53
Na <sup>+</sup>	0,67	5,84	7,85	7,93	11,69	13,86	9,19	6,26
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	0,16	0,32	2,4	4,8	4,68	4,3	4,34	1,8
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	0,25	0,05	0,75	2,1	2,3	5,1	4,5	20,2
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	0,51	5,52	5,45	3,13	7,01	9,56	4,85	4,46
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	14,85	15,11	13,03	11,87	10,64	7,43	6,24	8,59
S Somme des cations	28,59	34,89	35,98	35,32	38,87	36,7	30,87	33,6
T Capacité d'échange	36,2	35,4	36,0	34,1	36,2	37,5	35,8	41,4
V (S/T) Taux de saturation %	78,98	98,56	99,94	SAT	SAT	97,87	86,23	81,16
S* de gypse %	0,001	traces	0,002	0,007	0,007	0,015	0,021	0,083
S* total %	0,026	<0,010	0,021	0,042	0,039	0,086	0,072	0,606

NUMERO DU PROFIL	TIA 5	TIA 5	TIA 5	TIA 5				
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-65	65-80	80-110	110-140	140-180	180-600
-----								
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS								
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,41	15,59	15,14	9,18	19,36	25,49	13,55	10,77
Ca <sup>++</sup> /T (%)	41,02	42,68	36,19	34,81	29,39	19,81	17,43	20,75
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,84	0,92	1,31	1,67	1,95	2,60	3,11	2,33
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables								
Sans correction								
Ca <sup>++</sup> (%)	53,23	43,36	35,55	33,39	28,46	27,40	27,30	52,28
Mg <sup>++</sup> (%)	44,41	39,93	44,20	47,66	45,83	42,29	49,34	36,35
Na <sup>+</sup> (%)	2,36	16,70	20,25	18,95	25,71	30,31	23,36	11,37
Avec correction de Na <sup>+</sup>								
Ca <sup>++</sup> (%)	53,53	43,76	37,90	37,72	31,72	30,24	30,69	54,05
Mg <sup>++</sup> (%)	44,67	40,30	47,11	53,83	51,09	46,68	55,46	37,58
Na <sup>+</sup> (%)	1,81	15,94	14,99	8,45	17,19	23,08	13,86	8,37
Avec correction de Na <sup>+</sup> et Ca <sup>++</sup>								
Ca <sup>++</sup> (%)	53,11	43,68	36,59	33,97	27,64	20,45	20,46	25,98
Mg <sup>++</sup> (%)	45,06	40,36	48,10	57,07	54,14	53,23	63,64	60,54
Na <sup>+</sup> (%)	1,82	15,96	15,30	8,96	18,21	26,31	15,90	13,49
-----								
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2								
Résistivité (mS)	0,34	0,31	1,93	3,54	3,55	4,32	4,05	5,4
pH	7,2	7,6	7,0	6,4	6,2	5,2	4,7	4,6
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air								
Ca <sup>++</sup>	0,25	0,07	0,36	0,95	0,9	1,28	1,1	5,78
Mg <sup>++</sup>	0,28	0,07	0,55	1,55	1,58	3,33	3	6,14
K <sup>+</sup>	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,05
Na <sup>+</sup>	0,15	0,48	2,62	4,51	4,57	4,77	4,56	4,01
Somme des cations	0,71	0,63	3,54	7,03	7,06	9,39	8,67	15,98
Somme des anions								
Cl <sup>-</sup>	0,16	0,32	2,40	4,80	4,68	4,30	4,34	1,80
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,22	0,08	0,72	2	2,3	4,95	4,3	14
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,38	0,25	0,3	0,13	0,06	0	0	0
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapports ioniques								
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,01	-0,16	-0,22	0,29	0,11	-0,47	-0,22	-2,21
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,03	0,01	0,36	1,05	1,40	3,67	3,20	8,22
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,12	1,00	1,52	1,63	1,75	2,6	2,72	1,06
-----								

**PROFIL : TIA 6****HORIZON 1** : 0 - 8 cmdénomination de l'horizon : horizon desurface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncéStructure : grumoclude 1 de 0,2 à 1 cm, anguclode de 0,2 à 1 cmTexture : argilo-limoneuxConsistance : sec, meuble, friablePorosité (macro) : importante, d'entassement, fentes de 0,1 à 0,2 cm limitées ou débutant dans l'horizon

Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite lithoreliques siliceux, émoussé

Transition : nette, régulière**HORIZON 2** : 8 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode 1 polyédrique 0,5 à 2 cm ; prismoclude 3 de 1 à 2 cmTexture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, semi-rigide, peu plastique, non collantPorosité (macro) : quelques fentes de 0,2 cm, limitées à l'horizon, quelconques

Bioféron : orthotubules,

Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux, parfois émoussé

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 20 - 55 cmdénomination de l'horizon : horizonhumifère : A<sub>13</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 2/1, noirStructure : anguclode 1, polyédrique de 1 à 5 cmTexture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collantPorosité (macro) : fentes de 0,2 à 0,5 cm, limitées, débutant dans l'horizon, verticales et quelconques

Bioféron : orthotubules

Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux, anguleux parfois émoussé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 55 - 80 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humique et minéral : A<sub>3B</sub>

HUMITE 1 Structichron 4 Vertichron 4 ;

Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ;

Séméton 5 ; Structichron 6 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncéStructure : anguclode 1 polyédrique de 3 à 5 cm ; pauciclude 4 mésosfaces luisantes et striéesTexture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, peu collantPorosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 1 cm, obliques, traversant l'horizon

Humite : taches irrégulières peu nettes, 10 YR 3/1, gris très foncé

Bioféron : orthotubules, métatubules

Lapidon : micro et mésorudite 1,

lithoreliques siliceux anguleux ;

microrudite 5, concrétions de manganèse

Séméton : efflorescences salines ;

crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm ; dendrites de manganèse

Structichron : taches irrégulières peu

nettes, 10 YR 3/4 brun jaunâtre foncé

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 5** : 80 - 115 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral vertique : V

VERTICHRON 1 ; melanumite 5 ; bioferon 5 ;

Oxydon 6 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 5/3 brunStructure : sphénoclude 1 de 5 à 10 cm luisante et striée ; anguclode 4 polyédrique de 2 à 5 cm ; pauciclude 5 méso, macro et mégafaces luisantes et striéesTexture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, peu collantPorosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 1 cm, obliques, traversant ou quelconques limitées à l'horizon

Mélalumite : 2,5 Y 2/1 noir, en taches irrégulières nettes

Bioféron : orthotubules, métatubules

Oxydon : taches peu nettes irrégulières, 5 YR 4/6 rouge jaunâtre

Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux émoussés et anguleux

Séméton : efflorescences salines et dendrites de manganèse

Transition : graduelle, régulière

HORIZON 6 : 115 - 150 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral

vertique : VGyl

VERTICHRON 1 STRUCTICHRON 2 ; melanumite 5 ;

Oxydon 6 ; Séméton 4 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 4/4 brun jaunâtre foncé

Structure : pauciclode 1 mésofaces luisantes et striées ; anguclode 5 polyédrique de 3 à 5 cm

Texture : argileux

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, peu collant

Porosité (macro) : faible, fentes 0,2 à

0,5 cm, obliques, traversant ou quelconques limitées à l'horizon

Melanumite : 2,5 Y 2/1 noir, en taches irrégulières nettes

Oxydon : taches peu nettes arrondies, 10 R 4/8 rouge

Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux émoussés et anguleux

Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm ; efflorescences salines ; dendrites de manganèse

Transition : graduelle, régulière

HORIZON 7 : 150 - 180 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral à tendance vertique : BV<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 Structichron 2 ; Séméton 4 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 4/4 brun jaunâtre foncé

Structure : sphénoclode 1 de 5 à 10 cm luisante et striée ; pauciclode 4 méso et macrofaces luisantes, mégafaces luisantes et striées ; anguclode 4 polyédrique de 3 à 8 cm

Texture : argileux

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, peu collant

Porosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 1 cm, obliques, se terminant dans l'horizon

Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux émoussés et anguleux

Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm ; efflorescences salines

Transition : nette, ondulée

HORIZON 8 : 180 - 200 cm

dénomination de l'horizon : horizon d'apport colluvio-alluvial : C<sub>1</sub>

ENTAFERON 1 ; Rhizagé 6

Couleur :

Structure : pauciclode micro, quelques mésofaces

Texture : sablo-argileux

Consistance : peu humide, cohérent, peu friable

Porosité : faible, fentes de 0,1 à 0,2 cm

limitées à l'horizon

Entaferon colluvial : rudite 1 ; arénite 3 ; lutite 4

rudite : micro, méso et macrorudite, émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux

arénite : micro et macroarénite, sables siliceux

Transition : distincte, parfois interrompue, ondulée

HORIZON 9 : 200 - 270 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral à tendance vertique : BV<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 Structichron 3 ; Séméton 5 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtre

Structure : pauciclode 1 méso macro et mégafaces luisantes et striées ;

sphénoclode 4 de 3 à 15 cm luisante et striée

Texture : argileux

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, peu collant

Porosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 1 cm, obliques, débutant dans l'horizon

Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux émoussés et anguleux

Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm ; efflorescences salines

Transition : graduelle, régulière

HORIZON 10 : 270 - 320+ cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral vertique : VGy<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Oxydon 6 ; Séméton 4 ;

Lapidon 5

Couleur : 10 YR 4/4 brun jaunâtre foncé

Structure : pauciclode 1 méso macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

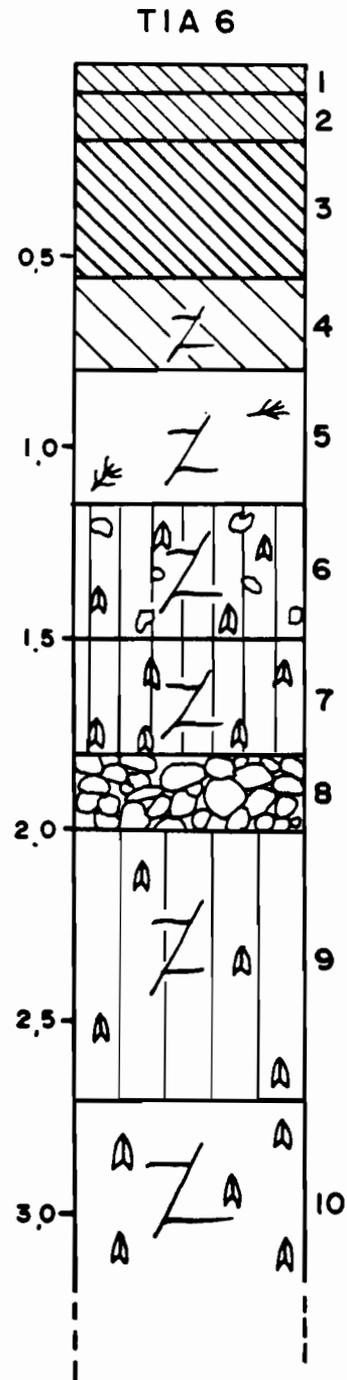
Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, peu collant

Porosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 0,5 cm, obliques, débutant, ou limitées à l'horizon

Oxydon : taches peu nettes arrondies, 10 YR 5/8 brun jaunâtre

Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire 0,2 à 2 cm ; efflorescences salines

Lapidon : micro et mésorudite, lithoreliques siliceux émoussés et anguleux



**VERTISOL calcimagnésien à gypse polyphasé sur colluvions de flyschs et alluvions**

NUMERO DU PROFIL	TIA 6	TIA 6	TIA 6	TIA 6	TIA 6	TIA 6
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-8	8-20	20-55	55-80	80-115	115-150
-----						
GRANULOMETRIE %						
Refus			1,9	3,1	4,0	14,2
argile	54,40	44,30	35,46	41,03	58,36	47,11
limon fin	25,50	28,99	31,42	32,83	15,77	11,93
limon grossier	5,10	7,25	13,70	8,21	4,73	3,76
sable fin	8,75	11,08	7,85	8,28	8,58	9,72
sable grossier	6,26	8,38	11,56	9,65	12,55	27,47
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C	5,62	4,87	5,57	5,66	5,50	4,40
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	7,788	2,249	1,573	0,816		
N%	0,750	0,206	0,131	0,091		
C/N	10,4	10,9	12,0	9,0		
M.O. %	13,4	3,9	2,7	1,4		
-----						
pH H <sub>2</sub> O	6,2	7,0	7,7	7,2	6,1	5,6
pH KCl	5,6	5,9	6,8	6,7	5,4	4,9
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7						
Ca <sup>++</sup>	24,83	18,19	16,63	12,63	8,4	6,95
Mg <sup>++</sup>	9,1	12,04	18,48	19,6	17,82	14,41
K <sup>+</sup>	3,84	2,74	0,89	0,55	0,32	0,22
Na <sup>+</sup>	0,67	1,34	5,85	8,77	8,77	5,95
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	0,28	0,16	3,22	5,5	7,00	5,15
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	0,25	0,1	1,25	3,2	4,65	4,00
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	0,39	1,18	2,63	3,27	1,77	0,80
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	24,58	18,09	15,38	9,43	3,75	2,95
S Somme des cations	37,91	34,05	37,38	32,85	23,66	18,38
T Capacité d'échange	46,0	34,7	35,0	34,2	27,1	24,6
V (S/T) Taux de saturation %	82,41	98,13	SAT	96,05	87,31	74,72
-----						
S' de gypse %	0	0	0,001	0,008	0,001	0,001
S' total %	0,012	<0,010	0,034	0,050	0,093	0,102
-----						

NUMERO DU PROFIL HORIZON PROFONDEUR en cm	TIA 6 7 150-180	TIA 6 8 180-200	TIA 6 9 200-270	TIA 6 10 270-320+
-----				
GRANULOMETRIE %				
Refus	7,0	63,0		3,1
argile	53,67	58,23	72,54	56,13
limon fin	11,69	10,92	11,36	23,12
limon grossier	3,44	3,64	3,49	3,30
sable fin	12,31	8,67	4,87	4,55
sable grossier	18,89	18,54	7,74	12,90
-----				
EAU DU SOL %				
Humidité à 105°C	4,63	5,12	6,96	8,30
-----				
pH H <sub>2</sub> O	4,8	5,1	5,0	4,8
pH KCl	4,2	4,2	4,1	4,1
-----				
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg	Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7			
Ca <sup>++</sup>	10,84	7,11	9,39	48,65
Mg <sup>++</sup>	14,85	14,63	18,21	14,67
K <sup>+</sup>	0,27	0,32	0,4	0,4
Na <sup>+</sup>	5,85	6,77	8,44	7,77
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	4,25	5,4	5,5	4,55
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	11,5	3,5	4,75	45,6
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	1,6	1,37	2,94	3,22
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	-0,66	3,61	4,64	3,05
S Somme des cations	16,06	19,93	26,19	21,34
T Capacité d'échange	24,4	24,0	30,8	28,8
V (S/T) Taux de saturation %	65,82	83,04	85,03	74,10
-----				
S° de gypse %	0,005	0,001	0,001	0,505
S° total %	0,182	0,064	0,096	1,84
-----				

NUMERO DU PROFIL	TIA 6	TIA 6				
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-8	8-20	20-55	55-80	80-115	115-150
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
Na <sup>+</sup> /T (%)	0,85	3,40	7,51	9,56	6,53	3,25
Ca <sup>++</sup> /T (%)	53,43	52,13	43,94	27,57	13,84	11,99
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,37	0,66	1,20	2,07	4,75	4,88
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Sans correction						
Ca <sup>++</sup> (%)	71,76	57,62	40,60	30,80	24,01	25,45
Mg <sup>++</sup> (%)	26,30	38,14	45,12	47,80	50,93	52,76
Na <sup>+</sup> (%)	1,94	4,24	14,28	21,39	25,06	21,79
Avec correction de Na <sup>+</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	72,35	57,91	44,06	35,58	30,01	31,36
Mg <sup>++</sup> (%)	26,52	38,33	48,97	55,21	63,67	65,03
Na <sup>+</sup> (%)	1,14	3,76	6,97	9,21	6,32	3,61
Avec correction de Na <sup>+</sup> et Ca <sup>++</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	72,15	57,78	42,15	29,20	16,07	16,24
Mg <sup>++</sup> (%)	26,71	38,45	50,64	60,68	76,35	79,35
Na <sup>+</sup> (%)	1,14	3,77	7,21	10,12	7,58	4,41
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)	0,6	0,27	2,15	4,17	5,17	4,11
pH	7,2	7,0	7,0	6,2	5,5	4,7
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>	0,4	0,15	0,6	1,07	1,59	1,2
Mg <sup>++</sup>	0,3	0,16	1,13	2,5	3,49	2,71
K <sup>+</sup>	0,18	0,01	0,05	0,04	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>	0,21	0,19	2,69	5,22	6,43	5,2
Somme des cations	1,09	0,51	4,47	8,83	11,53	9,12
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>	1,11	0,55	4,75	8,7	11,06	8,98
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,28	0,16	3,22	5,50	7,00	5,15
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,27	0,11	1,2	3,1	4,00	3,8
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,56	0,28	0,33	0,1	0,06	0,03
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapports ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,07	-0,03	0,53	0,28	0,57	-0,05
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,13	-0,04	0,60	2,03	2,41	2,60
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,75	1,06	1,88	2,33	2,19	2,26
-----						

NUMERO DU PROFIL	TIA 6	TIA 6	TIA 6	TIA 6
HORIZON	7	8	9	10
PROFONDEUR en cm	150-180	180-200	200-270	270-320+

## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	6,56	5,71	9,55	11,18
Ca <sup>++</sup> /T (%)	-2,70	15,04	15,06	10,59
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	-22,5	4,05	3,92	4,80

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

## Sans correction

Ca <sup>++</sup> (%)	34,37	24,94	26,05	68,43
Mg <sup>++</sup> (%)	47,08	51,32	50,53	20,64
Na <sup>+</sup> (%)	18,55	23,75	23,42	10,93

Avec correction de Na<sup>+</sup>

Ca <sup>++</sup> (%)	39,72	30,77	30,75	73,11
Mg <sup>++</sup> (%)	54,42	63,31	59,63	22,05
Na <sup>+</sup> (%)	5,86	5,93	9,63	4,84

Avec correction de Na<sup>+</sup> et Ca<sup>++</sup>

Ca <sup>++</sup> (%)	-4,18	18,41	17,99	14,57
Mg <sup>++</sup> (%)	94,05	74,60	70,61	70,06
Na <sup>+</sup> (%)	10,13	6,99	11,40	15,38

## SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)	5,5	4,11	4,64	6,89
pH	4,5	4,5	4,3	4,3

## Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	3,96	0,87	1,29	6,51
Mg <sup>++</sup>	4,92	2,26	2,93	7,14
K <sup>+</sup>	0,02	0,03	0,03	0,04
Na <sup>+</sup>	5,74	5,58	6,18	6,8
Somme des cations	14,64	8,74	10,43	20,49

Somme des anions	14,27	8,62	10,12	20,07
Cl <sup>-</sup>	4,25	5,40	5,50	4,55
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	10,00	3,2	4,6	15,5
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,02	0,02	0,02
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00

## Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-1,49	-0,18	-0,68	-2,25
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	6,04	2,33	3,31	8,99
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,24	2,6	2,27	1,09

**PROFIL : TIA 7****HORIZON 1** : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Nécrophytion 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 6

Couleur : 10 YR 3/0, noirStructure : anguclode 1 de 0,2 à 0,5 cmTexture : argilo-limoneuxConsistance : peu humide, meuble, friablePorosité (macro) : importante, d'entassement, fentes de 0,1 à 0,2 cm limitées ou débutant dans l'horizon

Nécrophytion : foliacé et racinaire

Bioféron : copropèdes et orthotubules

Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite lithoreliques siliceux, émoussé

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 2** : 15 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Lapidon 6 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 2/1, noirStructure : anguclode 1 polyédrique 0,3 à 0,8 cmTexture : argilo-limoneuxConsistance : peu humide, assez cohérent, semi-rigide, peu plastique, non collantPorosité (macro) : quelques fentes de 0,2 à 1 cm, débutant dans l'horizon, quelconques

Bioféron : orthotubules

Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux, parfois émoussé

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 3** : 40 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>13</sub>

HUMITE 1 Réduction 4 ; Bioféron 4 ; Séméton 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 5 Y 3/1, gris très foncéStructure : anguclode 1, polyédrique de 0,3 à 1 cmTexture : argilo-limoneuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collantPorosité (macro) : fentes de 0,2 à 1 cm, débutant ou localisées dans l'horizon, quelconques

Bioféron : orthotubules

Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux, émoussé ; microrudite, concrétion

arrondie de calcaire

séméton : microvolumes pulvérulents carbonatés ; efflorescences salines

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 4** : 70 - 95 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : A<sub>3B</sub>

HUMITE 1 Réduction 4 ; Structichron 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 3/2 brun gris très foncéStructure : anguclode 1 polyédrique de 0,5 à 2 cmTexture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, peu collantPorosité (macro) : faible, fentes 0,2 à 1 cm, traversant l'horizon, quelconques

Structichron : 10 YR 5/4 brun jaunâtre, en taches arrondies nettes

Bioféron : orthotubules, métatubules

Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux anguleux ; microrudite, concrétion arrondie de calcaire

Séméton : ponctuations de manganèse ; volumes pulvérulents carbonatés ; rares efflorescences salines

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 95 - 130 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral à tendance verticale : BV<sub>Ca</sub>

STRUCTICHRON 1, Réduction 3, Vertichron 5 ; Mélanumite 5 ; Lapidon 5 ; Bioféron 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6

Couleur : 2,5 Y 4/4 brun oliveStructure : anguclode 1 polyédrique de 0,5 à 3 cm ; pauciclode 4 mésosfaces luisantes et striéesTexture : argileuxConsistance : peu humide, assez cohérent, plastique, peu collantPorosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à 1 cm, obliques, traversant l'horizon, quelconques limitées à l'horizon

Humite : taches irrégulières très nettes, 2,5 Y 2/0, noir

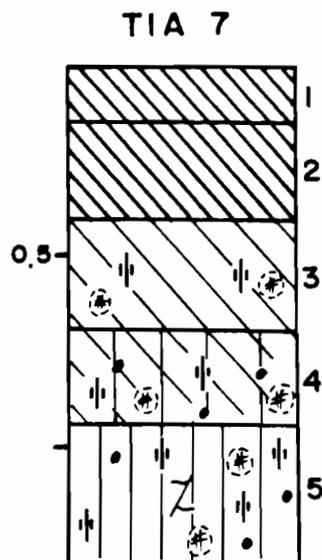
Bioféron : orthotubules, métatubules

Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux anguleux ; microrudite, concrétion arrondie de calcaire

Séméton : ponctuations de manganèse ; volumes pulvérulents carbonatés ; rares efflorescences salines

Transition : distincte, régulière

**HORIZON 6** : 130 - 150+ cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral à  
 tendance verticale :  $V_{Ca}$   
**STRUCTICHRON** 1 Réducton 4 Vertichron 4 ;  
 Oxydon 5 ; Mélanumite 6 ; Lapidon 4 ;  
 Séméton 4 ; Rhizagé 6  
Couleur : 2,5 Y 5/4 brun olive clair  
Structure : anguclide 1 polyédrique de 0,5 à  
 3 cm ; pauciclude 4 méso et macrofaces  
 luisantes et striées  
Texture : argileux  
Consistance : peu humide, assez cohérent,  
 plastique, peu collant  
Porosité (macro) : faible, fentes de 0,2 à  
 1 cm, obliques, traversant l'horizon,  
 quelconques limitées à l'horizon  
 Humite : taches irrégulières très nettes,  
 2,5 Y 3/0, gris très foncé  
 Lapidon : microrudite, lithoreliques siliceux  
 anguleux ; microrudite, concrétion arrondie  
 de calcaire  
 Séméton : ponctuations de manganèse ; volumes  
 pulvérulents carbonatés ; rares  
 efflorescences salines



FLUVISOL brunifié, à infrasol hydromorphe et carbonaté

NUMERO DU PROFIL HORIZON	TIA 7 1	TIA 7 2	TIA 7 3	TIA 7 4	TIA 7 5	TIA 7 6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-40	40-70	70-95	95-130	130-160+
-----						
GRANULOMETRIE %						
Refus						
argile	54,71	54,02	55,03	55,91	50,91	40,22
limon fin	32,07	36,96	33,01	27,51	25,46	32,19
limon grossier	7,55	3,79	3,67	5,32	5,74	8,05
sable fin	4,05	3,44	4,58	7,96	14,41	13,75
sable grossier	1,61	1,79	3,72	3,30	3,48	5,79
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C	6,45	6,29	6,77	6,35	5,23	5,26
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	2,074	3,781	1,241	0,741		
N%	0,182	0,365	0,116	0,065		
C/N	11,4	10,4	10,7	11,4		
M.O. %	3,6	6,5	2,9	1,3		
-----						
pH H <sub>2</sub> O	7,3	7,2	8,0	8,3	8,4	8,5
pH KCl	6,4	6,4	6,9	7,2	7,2	7,4
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE mé Méthode CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> ) 1N à pH7						
Ca <sup>++</sup>	23,23	25,68	22,33	19,05	12,32	16,03
Mg <sup>++</sup>	20,04	14,3	24,42	22,98	21,14	20,42
K <sup>+</sup>	1,2	4,0	0,5	0,43	0,35	0,37
Na <sup>+</sup>	4,53	2,0	8,02	9,94	8,86	7,6
Cl <sup>-</sup> dans l'extrait	1,24	0,43	2,89	3,25	3,00	3,05
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> dans l'extrait	1,05	0,5	1,95	2,65	2,25	1,95
Na <sup>+</sup> - Cl <sup>-</sup>	3,29	1,57	5,13	6,69	5,86	4,55
Ca <sup>++</sup> - SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	22,18	25,18	20,38	16,4	10,07	14,08
S Somme des cations	46,71	45,05	50,43	46,5	37,42	39,42
T Capacité d'échange	46,70	45,40	41,60	43,40	35,00	34,30
V (S/T) Taux de saturation % SAT		99	SAT	SAT	SAT	SAT
-----						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	9,35	12,25	8,65	7,50	5,75	6,05
Résidu	36,10	40,05	35,50	42,30	51,65	51,20
SiO <sub>2</sub>	29,90	24,75	29,40	25,65	21,40	22,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,50	8,20	9,10	8,30	7,20	7,30
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,20	8,75	10,00	9,10	8,00	7,60
MnO <sub>2</sub>	0,207	0,200	0,352	0,290	0,387	0,300
TiO <sub>2</sub>	1,07	1,01	1,14	1,17	1,12	1,06
CaO	1,10	1,20	1,12	0,94	0,63	0,91
MgO	1,75	1,58	2,06	1,81	1,61	1,20
K <sub>2</sub> O	0,50	0,83	0,35	0,29	0,28	0,21
Na <sub>2</sub> O	0,39	0,30	0,65	0,67	0,59	0,51
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	5,96	5,11	5,47	5,24	5,03	5,14
-----						
S' de gypse %	0,002	0,011	0,001	0,001	<0,001	<0,001
S' total %	0,053	0,016	0,030	0,046	0,037	0,043
-----						

NUMERO DU PROFIL	TIA 7	TIA 7				
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-40	40-70	70-95	95-130	130-160+
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
Na <sup>+</sup> /T (%)	7,04	3,46	12,33	15,41	16,74	13,27
Ca <sup>++</sup> /T (%)	47,49	55,46	48,99	37,79	28,77	41,05
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,90	0,56	1,19	1,40	2,09	1,45
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Sans correction						
Ca <sup>++</sup> (%)	48,60	61,17	40,77	36,66	29,11	36,39
Mg <sup>++</sup> (%)	41,92	34,06	44,59	44,22	49,95	46,36
Na <sup>+</sup> (%)	9,48	4,76	14,64	19,13	20,94	17,25
Avec correction de Na <sup>+</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	49,89	61,81	43,04	39,10	31,33	39,10
Mg <sup>++</sup> (%)	43,04	34,42	47,07	47,17	53,76	49,80
Na <sup>+</sup> (%)	7,07	3,78	9,89	13,73	14,90	11,10
Avec correction de Na <sup>+</sup> et Ca <sup>++</sup>						
Ca <sup>++</sup> (%)	48,74	61,34	40,82	35,60	27,16	36,06
Mg <sup>++</sup> (%)	44,03	34,84	48,91	49,88	57,03	52,29
Na <sup>+</sup> (%)	7,23	3,82	10,27	14,52	15,81	11,65
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)	1,47	0,84	3,11	3,24	2,65	2,58
pH	7,6	7,9	7,9	7,9	7,6	7,8
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>	0,73	0,64	0,56	0,4	0,27	0,26
Mg <sup>++</sup>	0,97	0,59	1,13	0,89	0,63	0,76
K <sup>+</sup>	0,07	0,36	0,01	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	1,23	0,25	4,56	5,27	4,43	4,08
Somme des cations	3,00	1,84	6,26	6,57	5,34	5,11
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>	1,24	0,43	2,89	3,25	3,00	3,05
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,95	0,45	1,85	2,5	2,1	1,75
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,83	1,00	1,18	0,75	0,55	0,58
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapports ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,01	0,18	-1,67	-2,02	-1,43	-1,03
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,22	-0,19	1,29	2,10	1,83	1,49
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,32	0,92	2,02	2,25	2,33	2,92
-----						

# SITE DE LEPREDOUR

## DESCRIPTION ET ANALYSE DES PROFILS

### SÉQUENCE SUR CALCAIRE GRIS

- LEP 1 : FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 2 : FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 3 : FERSIALSOL xanthique sur croûte calcaire dure
- LEP 4 : FERSIALSOL xanthique sur croûte calcaire dure
- LEP 5 : VERTISOL à infrasol jaune sur croûte calcaire meuble
- LEP 6 : VERTISOL à infrasol jaune sur croûte calcaire meuble
- LEP 7 : VERTISOL à infrasol jaune sur croûte calcaire meuble
- LEP 8 : FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 9 : FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 10 : FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure

### SÉQUENCE SUR CALCAIRE GRESEUX

- LEP 11 : FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 12 : VERTISOL à gypse, à infrasol rouge sur croûte calcaire meuble
- LEP 13 : VERTISOL à gypse, à infrasol bariolé et rouge sur croûte calcaire meuble

- LEP 20 : CALCAROSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 21 : BRUNISOL colluvial sur calcaire gréseux
- LEP 22 : BRUNISOL colluvial sur calcaire gréseux
- LEP 23 : VERTISOL à gypse, à infrasol rouge sur croûte calcaire meuble
- LEP 24 : VERTISOL à gypse, à infrasol bariolé et rouge sur colluvions de calcaire gréseux
- LEP 25 : VERTISOL à gypse, à infrasol bariolé et rouge sur colluvions de calcaire gréseux

### SÉQUENCE SUR GRAUWACKES

- LEP 30 : REGOSOL sur grauwackes
- LEP 31 : CALCAROSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 32 : CALCAROSOL leptique sur croûte calcaire dure
- LEP 33 : BRUNISOL colluvial sur grauwackes
- LEP 34 : BRUNISOL leptique sur grauwackes
- LEP 35 : BRUNISOL brachyque sur grauwackes
- LEP 37 : BRUNISOL brachyque à gypse sur grauwackes
- LEP 38 : BRUNISOL brachyque à gypse sur grauwackes

Autres profils supplémentaires (sans représentation graphique):

LEP 42 : BRUNISOL brachyque à gypse sur grauwackes

LEP 45 : FLUVISOL arénique

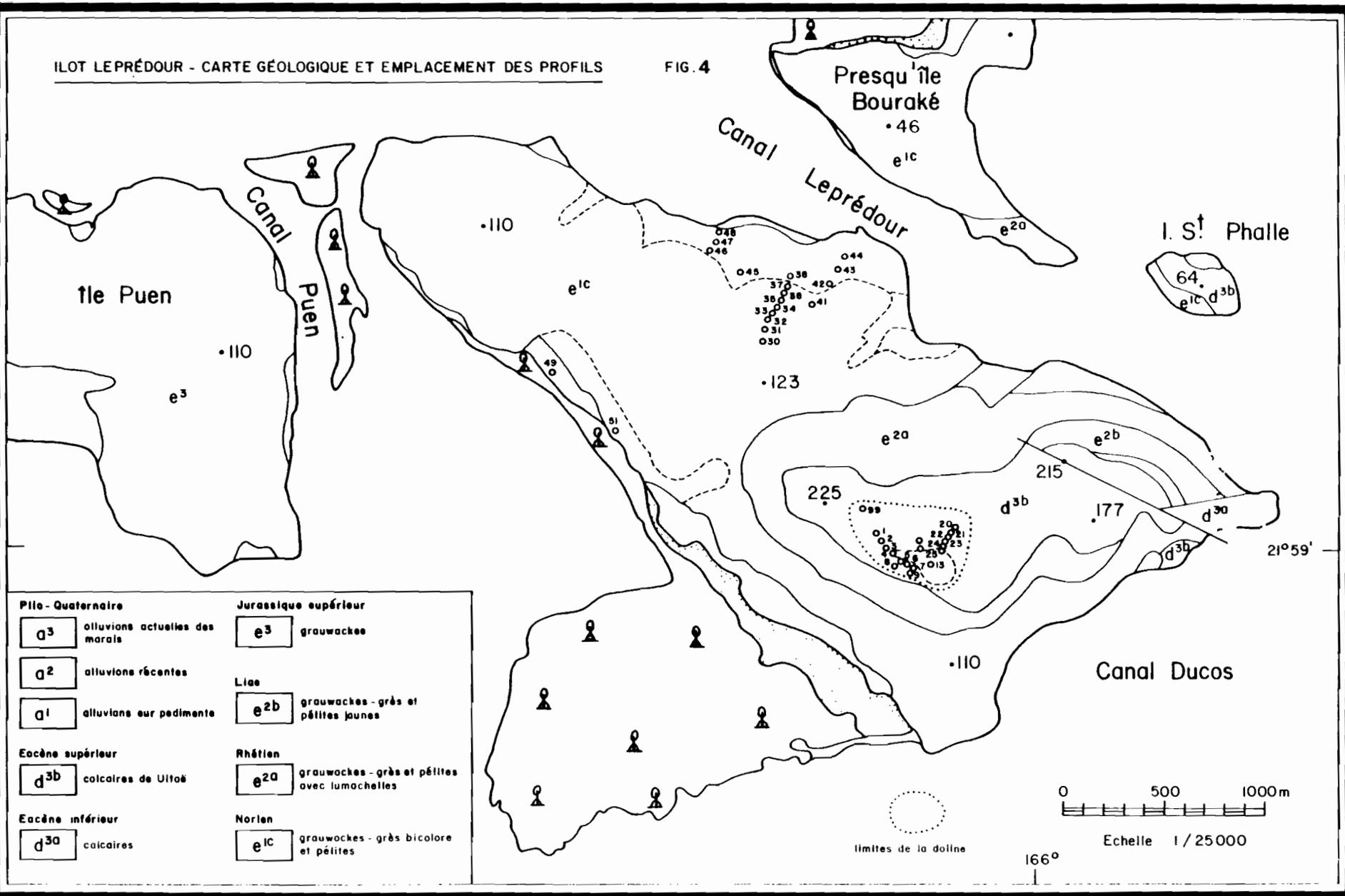
LEP 46 : BRUNISOL verticale carbonaté sur colluvions de grauwackes

LEP 49 : COLLUVISOL arénique sur grauwackes

LEP 51 : COLLUVISOL arénique sur grauwackes

ILOT LEPRÉDOUR - CARTE GÉOLOGIQUE ET EMPLACEMENT DES PROFILS

FIG. 4



**PROFIL : LEP 1**

Affleurements rocheux nombreux : dalles ou grandes plaques de  $\text{CaCO}_3$

HORIZON 1 : 0 - 5 cm

Dénomination de l'horizon : provenant de l'érosion en nappe. EPIENTAFERON colluvial HUMITE 1 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4 ; Bioféron 4

Couleur : 5 YR 4/4, Brun rougeâtre

Texture : Limono-argilo-sableux

Structure : grumoclode, micro et milli, 0,1 à 0,3 cm

Porosité : volume des vides très important d'entassement ; porosité forte, pores moyens et fins tubulaires

Consistance : sec, très meuble, agrégats friables

Bioféron : métatubules et copropèdes humiques

Lapidon : bords arrondis : micro et mésorudite (parfois macro et méga) lithoreliques de calcaire

Rhizagé : micro et méso, horizontal, quelconque, pénétrant les agrégats

Transition : nette régulière

HORIZON 2 : 5 - 20 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface :  $A_{12}$

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 4

Couleur : 5 YR 3/2, brun rougeâtre foncé

Structure : anguclode polyédrique de 0,2 à 1,0 cm

Texture : Argilo-limono-sableux

Porosité : volume des vides assez important d'entassement ; porosité assez forte, pores fins, moyens et grossiers tubulaires.

Consistance : sec, assez cohérent, agrégats peu friables

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Rhizagé : micro, quelconque, méso et macro, horizontales, pénétrant les agrégats

Lapidon : bords arrondis, micro et mésorudite (parfois macro et mégarudite) lithoreliques de calcaire

Transition : nette régulière

HORIZON 3 : 20 - 27 cm

dénomination de l'horizon : horizon de transition humique et minéral :  $AB_1$

STRUCTICHRON 1, HUMITE 2 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4

Couleur : 5 YR 5/8, rouge jaunâtre

Porosité : volume des vides assez faible d'entassement, fentes très rares ; porosité moyenne, pores fins, moyens et grossiers tubulaires

Structure : anguclode polyédrique de 3 à 5 cm

Texture : argileux

Consistance : peu humide, assez cohérent, ensemble peu friable

Bioféron : métatubules humiques très nettes, 7,5 YR 3/2, brun foncé ; orthotubules structichromiques

Transition : nette, régulière

HORIZON 4 : 27 - 40 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral structuré, coloré :  $(B)_1$

STRUCTICHRON 1 ; LAPIDON 2 ; Rhizagé 5

Couleur : 7,5 YR 5/8, brun vif (plus orangé que 5 YR 5/8)

Texture : argileux

Structure : amérode, massive

Porosité : volume des vides nul ; porosité moyenne à forte, pores micro, méso et macro, tubulaires

Consistance : peu humide, ensemble friable, non plastique, non collant

Lapidon : très émoussé et friable, micro et mésorudite, altélithoreliques et calcostérite

Bioféron : métatubules et copropèdes très nets, souvent le long d'anciennes racines

Transition : progressive, régulière

HORIZON 5 : 40 - 60 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral juxtaposé à des éléments de croûte calcaire friable :  $BC_{Ca}$

CALCOFRAGISTERITE 1 ; STRUCTICHRON 2

Couleur : 5 YR 5/8, brun jaunâtre

Structure : amérode

Porosité : volume des vides très faible, nombreux pores micro, méso et macro, tubulaires.

Texture : sableux

Consistance : peu humide, assez cohérent, ensemble friable

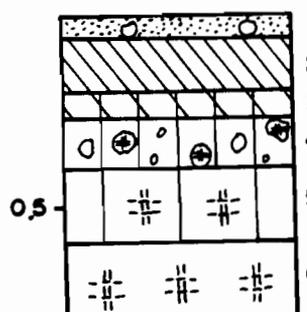
Bioféron : 5 YR 3/4, brun rouge foncé, métatubules et copropèdes, surtout autour du rhizagé

Transition : progressive, régulière

HORIZON 6 : 60 - 80+ cm

dénomination de l'horizon : croûte calcaire, laminations, noyau de calcaire fin :  $C_{Ca}$

CALCOFRAGISTERITE 1

**LEP 1**

FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 1					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-5	5-20	20-27	27-40	40-60	60-80+
-----						
GRANULOMETRIE %						
Refus						
argile	62,0	66,3	76,1	53,6	29,8	
limon fin	14,3	12,5	8,6	20,0	35,8	
limon grossier	3,8	4,3	3,0	2,5	4,1	
sable fin	12,3	12,0	7,8	7,3	9,5	
sable grossier	1,3	1,5	1,2	14,0	18,0	
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)						
pF 2,5	37,2	31,0	39,9	31,2	25,0	
pF 4,2	22,4	20,05	26,6	20,5	31,2	
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	2,96	2,35	1,73	0,95	0,45	
N%	0,499	0,390	0,389	0,261	0,166	
C/N	12,1	10,4	8,2	6,9	6,1	
M.O. %	5,1	4,1	3,0	1,6	0,8	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	6,4	5,8	5,6	8,0	8,3	
pH KCl	5,6	4,9	4,9	7,2	7,4	
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)						
Ca <sup>++</sup>	18,7	17,3	19,3	24,6	17,1	
Mg <sup>++</sup>	4,99	3,90	3,89	2,61	1,66	
K <sup>+</sup>	1,10	0,77	0,60	0,36	0,13	
Na <sup>+</sup>	0,57	1,32	1,35	1,20	0,40	
S Somme des cations	25,36	23,29	25,14	28,77	19,29	
T Capacité d'échange	30,4	29,2	30,3	22,2	12,7	
V (S/T) Taux de saturation %	83	80	83	SAT	SAT	
-----						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	13,36	12,57	12,77	23,75	33,13	41,15
Résidu	28,02	29,02	20,00	10,16	4,66	1,14
SiO <sub>2</sub>	29,14	28,94	20,32	23,54	12,46	3,34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,96	16,78	20,32	14,00	7,20	1,87
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,01	9,06	9,94	6,48	3,29	0,83
MnO <sub>2</sub>	0,26	0,27	0,19	0,08	0,05	0,01
TiO <sub>2</sub>	0,45	0,52	0,49	0,37	0,22	0,12
CaO	0,69	0,61	0,71	20,53	39,56	49,27
MgO	0,76	0,70	0,81	0,80	0,70	0,46
K <sub>2</sub> O	0,58	0,55	0,62	0,40	0,16	0,04
Na <sub>2</sub> O	0,04	0,04	0,06	0,06	0,04	0,02
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	2,9	2,9	2,8	2,8	2,9	3,0
-----						
CO <sub>3</sub> %	0,5			17,3	39,2	56,8
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre (DEB) %	5,82	6,18	6,03	4,08	2,40	0,55
-----						

NUMERO DU PROFIL	LEP 1				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-5	5-20	20-27	27-40	40-60

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	1,88	4,52	4,46	5,41	3,15
Ca <sup>++</sup> /T (%)	61,51	59,25	63,70	110,81	134,65
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,75	4,44	4,96	9,43	10,30

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	77,08	76,82	78,65	86,59	89,25
Mg <sup>++</sup> (%)	20,57	17,32	15,85	9,19	8,66
Na <sup>+</sup> (%)	2,35	5,86	5,50	4,22	2,09

-----

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2 -

Résistivité (mS)	0,51	0,31
pH	6,3	

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

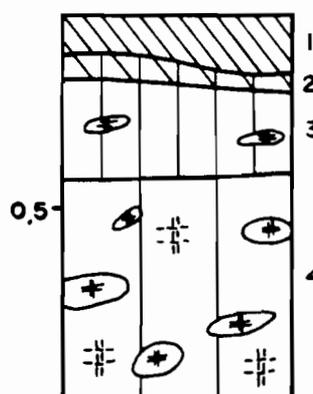
Ca <sup>++</sup>	0,41
Mg <sup>++</sup>	0,16
K <sup>+</sup>	0,05
Na <sup>+</sup>	0,30
Somme des cations	0,92

Somme des anions	0,81
Cl <sup>-</sup>	0,53
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,12
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,16

Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,23
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,29
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	2,5

-----

**PROFIL : LEP 2****HORIZON 1** : 0 - 10, 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>1</sub>**HUMITE 1** ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4Couleur : 5 YR 3/3, brun foncéStructure : anguclode nette, de 0,1 à 0,5 cmTexture : argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important d'entassement; porosité importante : pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, meuble à cohérent, agrégats peu friables (non fragiles)**Bioféron** : orthotubules et copropèdes humiquesTransition : distincte, irrégulière, ondulée.**HORIZON 2** : 10, 15 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humique et minéral : A(B)<sub>1</sub>**STRUCTICHRON 1**, **HUMITE 2** ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4Couleur : 5 YR 4/6, rouge jaunâtreStructure : anguclode polyédrique, de 0,1 à 0,8 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides peu important entre les agrégats, d'entassement ; porosité importante, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, assez cohérent, agrégats peu friables à friables, non fragiles**Bioféron** : 5 YR 3/3 brun rouge foncé, métatubules humiques ; 5 YR 4/6 rouge, métatubules structichromiquesTransition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 20 - 40, 50 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral structuré coloré : (B)<sub>1</sub>**STRUCTICHRON 1** ; **LAPIDON 2** ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5Couleur : 2,5 YR 4/6, brun rouge foncéStructure : anguclode peu nette à pauciclude micro et méso, 0,1 à 1,5 cmTexture : Argilo-sableuxPorosité : volume des vides très faible, rares fentes ; porosité importante, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, assez cohérent, ensemble peu fragile**Lapidon** : micro et mésorudite émoussé, arrondi, altélithoreliques de stérite ; lithoreliques de calcaire émoussés.**Bioféron** : métatubules humiques, 5 YR 3/4 brun rouge foncé ; orthotubules et copropèdesTransition : progressive, irrégulière.**HORIZON 4** : 40, 50 - 100 cmdénomination de l'horizon : croûte calcaire meuble avec quelques traces d'horizon minéral coloré : BC<sub>Ca</sub>**CALCOFRAGISTERITE 1**, **Structichron 3** ;**Lapidon 4** ; Rhizagé 5 ; Séméton 5Couleur : 5 YR 7/8, 6/8, 5/8 rouge jaunâtre à jaune rougeâtre, 5 YR 4/8 au passage des racines, variation progressive des couleurs. Orientation plutôt horizontale.Structure : amérodeTexture : Sablo-limoneuxConsistance : sec, assez cohérentPorosité : assez importante, pores fins et moyens, tubulaires**Séméton** : cristallisations blanches et pseudomycélium au passage des racines et tapissant les pores**Rhizagé** : micro, horizontal**Lapidon** : méso et macrorudite émoussé : altélithoreliques de calcopérostérite, altélithoreliques de calcaire.**LEP 2**

FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 2	LEP 2	LEP 2	LEP 2
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-10	10-20	20-40	40-100

---

 GRANULOMETRIE %

Refus

argile	64,6	70,0	51,4	26,1
limon fin	12,0	13,5	21,6	26,4
limon grossier	2,4	2,7	4,9	10,4
sable fin	8,8	8,4	8,9	15,8
sable grossier	1,4	2,7	10,9	19,5

---

 EAU DU SOL %

Humidité à 105°C (%)

pF 2,5	42,3	37,6	18,0	
pF 4,2	31,1	29,5	18,0	

pH H <sub>2</sub> O	7,6	7,8	8,0	8,3
pH KCl	6,7	7,0	7,2	7,6

---

 MATIERE ORGANIQUE

C%	6,59	2,52	1,21	
N%	0,475	0,278	0,173	
C/N	13,9	9,1	7,0	
M.O. %	11,4	4,3	2,1	

---

 COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH<sub>4</sub>Cl à pH7)

Ca <sup>++</sup>	35,7	30,4	24,0	
Mg <sup>++</sup>	3,56	2,35	1,51	
K <sup>+</sup>	1,65	0,84	0,34	
Na <sup>+</sup>	0,29	0,30	0,21	
S Somme des cations	41,2	33,89	26,06	
T Capacité d'échange	37,9	20,0	18,3	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	

---

CO <sub>3</sub> %	0,3	2,8	12,3	52,7
-------------------	-----	-----	------	------

---

NUMERO DU PROFIL	LEP 2	LEP 2	LEP 2	LEP 2
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-10	10-20	20-40	40-100

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	6,45	10,30	12,79
Ca <sup>++</sup> /T (%)	88,66	85,67	72,41
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	4,88	3,81	3,44

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	78,26	72,33	68,14
Mg <sup>++</sup> (%)	16,05	18,98	19,82
Na <sup>+</sup> (%)	5,69	8,69	12,03

-----

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)	0,24
pH	

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca<sup>++</sup>

Mg<sup>++</sup>

K<sup>+</sup>

Na<sup>+</sup>

Somme des cations

Somme des anions

Cl<sup>-</sup>

SO<sub>4</sub><sup>--</sup>

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>

CO<sub>3</sub><sup>--</sup>

Rapports ioniques

Cl<sup>-</sup>-Na<sup>+</sup>

SO<sub>4</sub><sup>--</sup>-Ca<sup>++</sup>

Ca<sup>++</sup>/Mg<sup>++</sup>

-----

**PROFIL : LEP 3****HORIZON 1** : 0 - 10 cmDénomination de l'horizon : Horizon humifère de surface : A<sub>1</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 7,5 YR 3/2, brun foncéStructure : anguclode de 0,1 à 0,8 cmTexture : argileuxPorosité : volume des vides assez important d'entassement ; nombreux pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, meuble, agrégats, non friables

Bioféron : orthotubules, métatubules et copropèdes humiques

Lapidon : micro, méso, macro, mégarudite, émoussé : altélithoreliques de calcaire ou de calcopérostérite

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 2** : 10 - 30 cm.Dénomination de l'horizon : horizon de transition minéral et humifère : A<sub>3</sub>B

HUMITE 1, Structichron 4 ; Bioféron 3 ;

Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 7,5 YR 4/2 brun foncéStructure : anguclode polyédrique de 1 à 3 cmTexture : argileuxVolume des vides : assez faible entre les agrégats ; porosité assez importante : pores fins, moyens et grossiers tubulaires.Consistance : peu humide, assez cohérent, agrégats rigides, très peu friablesBioféron : métatubules structichromiques 7,5 YR 5/6 brun vif ; métatubules humiques et copropèdes, 7,5 YR 3/2 brun foncé

Lapidon : micro, méso, macro, mégarudite, émoussé : altélithoreliques de calcaire ou de calcopérostérite

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 30 - 40 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition minéral et humifère : A(B)

STRUCTICHRON 1, Humite 3 ; Bioféron 3 ;

Rhizagé 4 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 4/4 brun jaune foncéStructure : anguclode à prismoclude de 0,1 à 0,8 cm, peu netteTexture : argileuxPorosité : volume des vides faible entre les agrégats : rares fentes de 1 à 2 cm, limitées à l'horizon, verticales et quelconques ; assez nombreux pores fins, moyens et grossiers tubulaires.Consistance : peu humide, assez cohérent, ensemble assez friable non plastique, non collant

Bioféron : métatubules humiques 10 YR 4/2 brun gris foncé ; orthotubules structichromiques 10 YR 5/6 brun jaunâtre ; copropèdes

Rhizagé : micro, méso et macro : ces deux derniers le plus souvent horizontaux, Lapidon : micro, méso, macrorudite émoussé : altélithoreliques de calcaire et de calcopérostérite

Transition : nette, régulière**HORIZON 4** : 40 - 55 cmDénomination de l'horizon : horizon structuré, coloré, à forte proportion d'éléments grossiers : (B)

STRUCTICHRON 1 ; LAPIDON 2 ; Rhizagé 5

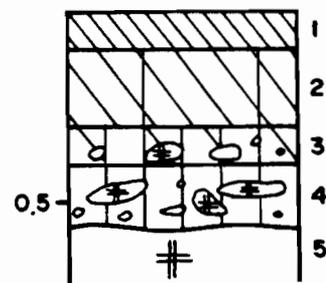
Couleur : 10 YR 5/6 brun jaunâtreStructure : amérodeTexture : argileuxVolume des vides : Porosité assez forte, pores fins, moyens et grossiers tubulaires Consistance : assez cohérent, ensemble peu friable, rigide, non plastique

Lapidon : micro, méso, macro et mégarudite, émoussé, altélithoreliques de calcaire ; lithoreliques de calcopérostérite

Bioféron : métatubules humiques 5 YR 3/4 brun rouge foncé ; orthotubules

Transition : nette irrégulière**HORIZON 5** : 55 - 60 cm +Dénomination de l'horizon : croûte calcaire fortement indurée : R<sub>Ca</sub>

Calcopérostérite

**LEP 3**

FERSIALSOL leptique, xanthique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 3	LEP 3	LEP 3	LEP 3
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-10	10-30	30-40	40-55
-----				
GRANULOMETRIE %				
Refus				
argile	63,0	75,1	76,6	45,6
limon fin	13,2	8,1	9,9	29,5
limon grossier	4,2	3,0	2,5	2,8
sable fin	12,3	8,6	7,7	8,0
sable grossier	1,2	0,8	0,8	11,1
-----				
EAU DU SOL %				
Humidité à 105°C (%)				
pF 2,5	29,3	40,5	42,1	25,1
pF 4,2	24,8	28,7	30,6	16,1
-----				
pH H <sub>2</sub> O	7,0	6,5	8,2	7,4
pH KCl	6,0	5,7	7,3	6,5
-----				
MATIERE ORGANIQUE				
C%	3,63	1,69	1,54	0,63
N%	0,562	0,239	0,221	0,095
C/N	11,7	7,1	7,0	6,6
M.O. %	6,3	2,9	2,7	1,1
-----				
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)				
Ca <sup>++</sup>	27,8	29,0	32,6	22,7
Mg <sup>++</sup>	5,62	4,77	4,15	2,35
K <sup>+</sup>	1,21	0,38	0,36	0,20
Na <sup>+</sup>	0,24	0,57	0,60	0,48
S Somme des cations	34,87	34,72	37,71	25,73
T Capacité d'échange	34,7	39,1	41,7	22,8
V (S/T) Taux de saturation % SAT		89	90	SAT
-----				
CO <sub>3</sub> %	0,4		0,7	28,5
-----				

NUMERO DU PROFIL	LEP 3	LEP 3	LEP 3	LEP 3
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-10	10-30	30-40	40-55

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS IONIQUES

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,69	1,46	1,44	2,11
Ca <sup>++</sup> /T (%)	80,12	74,17	78,18	99,56
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	4,95	6,08	7,86	9,66

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	82,59	84,45	87,28	88,92
Mg <sup>++</sup> (%)	16,70	13,89	11,11	9,20
Na <sup>+</sup> (%)	0,71	1,66	1,61	1,88

-----

**PROFIL : LEP 4****HORIZON 1** : 0 - 10 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère de surface : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/1 à 3/2 gris très foncéStructure : anguclode polyédrique de 0,2 à 0,8 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important : entassement, porosité assez importante : pores tubulaires fins, moyens et grossiersConsistance : sec, meuble, agrégats rigides, peu fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : micro, mésorudite émoussé, souvent aplati : altélithoreliques de calcopétrostérite

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 12 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/3 brun foncéStructure : anguclode 1 de 1 à 5 cm ; prismoclode 3 de 3 à 10 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides peu important : quelques fentes verticales limitées à l'horizon de 0,1 à 0,5 cm d'écart, porosité assez importante : pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, meuble, agrégats rigides, peu fragiles  
Lapidon : micro, méso, macrorudite, émoussé aplati : altélithoreliques de calcopétrostérite

Bioféron : métatubules humiques 10 YR 3/1 gris très foncé ; métatubules structichromiques 10 YR 5/4 brun jaunâtre ; orthotubules

Rhizagé : micro quelconque, méso plutôt horizontal, pénétrant les agrégats, généralisé

Transition : nette, ondulée.**HORIZON 3** : 20 - 40, 60 cmDénomination de l'horizon : horizon aléatoire minéral structuré coloré : (B)

STRUCTICHRON 1 ; LAPIDON 3 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/4 brun olive clairStructure : amérodeTexture : argileuxPorosité : volume des vides très faible à nul : porosité assez importante : pores fins,

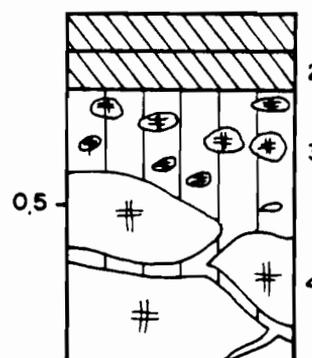
moyens et grossiers tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, ensemble rigide, peu friable

Lapidon : micro, méso, macrorudite émoussé : altélithoreliques de calcopétrostérite

Bioféron : métatubules humiques 10 YR 3/2 brun gris très foncé ; métatubules humiques 10 YR 4/3 ; orthotubules et copropèdes

Rhizagé : micro, quelconque, mais surtout horizontal

Transition : très nette, irrégulière**HORIZON 4** : 40 - 60+dénomination de l'horizon : CALCOPETROSTERITE discontinue ; entre les bancs : structichron lapidique de l'horizon 3**LEP 4**

FERSIALSOL leptique, xanthique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 4	LEP 4	LEP 4	LEP 4
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-10	10-20	20-40	40-60

---

 GRANULOMETRIE %

Refus				
argile	60,8	70,2	49,5	65,6
limon fin	12,0	10,8	25,0	12,4
limon grossier	3,8	2,7	2,7	3,8
sable fin	14,1	11,3	9,3	10,9
sable grossier	1,9	1,4	10,8	0,8

---

 EAU DU SOL %

Humidité à 105°C (%)

pF 2,5	41,1	43,6	34,5
pF 4,2	29,5	32,5	19,9

---

pH H <sub>2</sub> O	7,1	7,7	8,1
pH KCl	6,2	6,6	7,3

---

 MATIERE ORGANIQUE

C%	4,45	2,85	1,25
N%	0,337	0,248	0,151
C/N	13,2	11,5	8,3
M.O. %	7,7	4,9	2,2

---

 COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH<sub>4</sub>Cl à pH7)

Ca <sup>++</sup>	37,3	43,3	27,4
Mg <sup>++</sup>	6,68	5,41	2,67
K <sup>+</sup>	1,51	0,43	0,21
Na <sup>+</sup>	0,34	0,54	0,64
S Somme des cations	45,83	49,68	30,92
T Capacité d'échange	50,1	48,6	24,1
V (S/T) Taux de saturation %	91,5	SAT	SAT

---

CO <sub>3</sub> %	0,3	0,5	29,2
-------------------	-----	-----	------

---

NUMERO DU PROFIL	LEP 4	LEP 4	LEP 4	LEP 4
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-10	10-20	20-40	40-60

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,68	1,11	2,66
Ca <sup>++</sup> /T (%)	74,45	89,09	113,69
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	5,58	8,00	10,26

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	84,16	87,92	89,22
Mg <sup>++</sup> (%)	15,07	10,98	8,69
Na <sup>+</sup> (%)	0,77	1,10	2,08

-----

**PROFIL : LEP 5**HORIZON 1 : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncéStructure : grumo-anguoclode de 0,8 à 1,5 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité assez importante, pores fins moyens et grossiers tubulaires  
Consistance : sec, meuble, agrégats rigides non fragilesTransition : distincte, régulièreHORIZON 2 : 15 - 35 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncéStructure : anguoclode 1, prismoclode 3, 5 à 15 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,2 à 1,0 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité assez importante : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, cohérent, agrégats rigides peu fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulièreHORIZON 3 : 35 - 45, 55 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : AB<sub>1</sub>

HUMITE 1, Vertichron 4 ; Bioféron 3 ;

Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 4/2 brun gris foncéStructure : anguoclode 1, prismoclode 3, 5 à 15 cm ; pauciclode 4, mésosfaces luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides faibles, rares fentesConsistance : peu humide, cohérent, agrégats rigides non fragiles

Bioféron : métatubules humiques 7,5 YR 3/0 noir ; orthotubules

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux et calcopérostéritiques

Transition : nette, très onduléeHORIZON 4 : 45, 55 - 60, 70dénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 Humite 3 ; Bioféron 4 ;

Lapidon 4 ; Rhizagé 5 ; Séméton 5

Couleur : 2,5 Y 4/4Structure : Sphénoclode 1 de 3 à 10 cm, faces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité (macro) : faible, fentes verticales de 0,5 à 1,5 cm, traversant l'horizon ; porosité faibleConsistance : peu humide, cohérent, ensemble rigide non friable

Bioféron : métatubules humiques, 10 YR 2/2 brun très foncé ; orthotubules

Lapidon : micro et mésorudite émoussé, aplati, lithoreliques siliceuses ;

altélithoreliques de calcopérostérite

Séméton : ponctuations de MnO<sub>2</sub>Transition : graduelle, régulièreHORIZON 5 : 70 - 95 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 4 ; Séméton 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/6 à 2,5 Y 4/4 brun jaunâtre à brun oliveStructure : sphénoclode 1 de 5 à 15 cm, micro à macrofaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : (macro) : faible, fentes verticales de 1 à 2 cm, s'arrêtant dans l'horizon ; porosité faible à nulleConsistance : peu humide, cohérent, ensemble rigide non friable

Lapidon : micro et mésorudite émoussé, altélithoreliques de calcopérostérite

Transition : distincte, régulièreHORIZON 6 : 95 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>3</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 3 ; Séméton 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/6 à 2,5 Y 4/4 brun jaunâtre à brun oliveStructure : sphénoclode 1 de 5 à 15 cm, micro à macrofaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : (macro) : faible, fentes verticales de 1 à 2 cm, s'arrêtant dans l'horizon ; porosité faible à nulleConsistance : peu humide, cohérent, ensemble rigide non friable

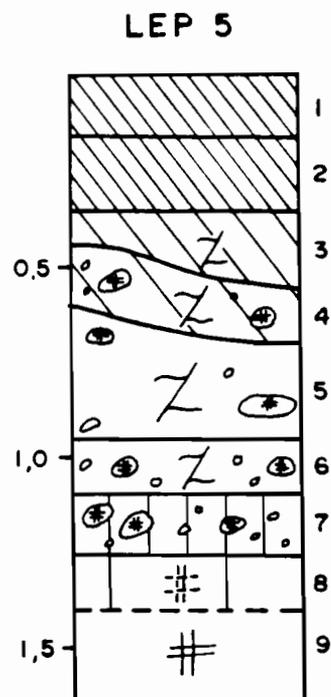
Lapidon : micro et mésorudite émoussé, altélithoreliques de calcopérostérite

Transition : progressive, régulière

HORIZON 7 : 110 - 125 cm  
dénomination de l'horizon : horizon minéral  
 de transition avec l'horizon continu induré  
 carbonaté : BC<sub>Ca</sub>  
 STRUCTICHRON 1 ; LAPIDON 2  
Couleur : 10 YR 5/8 brun jaunâtre  
Structure : amérode  
Texture : argileux  
Porosité : forte, pores très fins et fins  
 tubulaires  
Consistance : peu humide, cohérent, ensemble  
 rigide, friable  
 Lapidon : micro et mésorudite émoussé,  
 altélithoreliques de calcopérostérite  
Transition : progressive, régulière

HORIZON 8 : 125 - 140 cm  
dénomination de l'horizon : croûte calcaire  
 friable, continue : C<sub>Ca</sub>  
 CALCOFRAGISTERITE 1 ; Structichron 5  
Couleur : 2,5 Y 8/4 brun très pâle  
Structure du structichron : amérode  
Texture du structichron : argileux  
Porosité : forte, pores très fins et fins  
 tubulaires  
Consistance : peu humide, cohérent, ensemble  
 rigide non friable  
 Lapidon : micro et mésorudite émoussé,  
 altélithoreliques de calcopérostérite  
Transition : progressive, régulière

HORIZON 9 : 140 - 150 cm+  
dénomination de l'horizon : croûte calcaire  
 dure, continue : CR<sub>Ca</sub>  
 CALCOPESTROSTERITE



VERTISOL à infrasol jaune sur croûte calcaire meuble

NUMERO DU PROFIL	LEP 5	LEP 5	LEP 5					
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-70	70-95	95-110	110-125	125-140
-----								
GRANULOMETRIE %								
Refus								
argile	65,6	71,3	68,8	71,2	71,1	61,7	46,0	
limon fin	12,4	10,4	11,4	11,7	11,0	15,4	23,9	
limon grossier	3,8	3,7	4,6	3,8	3,8	4,8	9,6	
sable fin	10,9	9,8	11,0	10,8	11,1	10,3	8,3	
sable grossier	0,8	0,8	1,2	1,9	2,7	6,3	12,3	
-----								
EAU DU SOL %								
Humidité à 105°C (%)								
pF 2,5	42,0	44,5	43,9	50,1	48,9	42,3	30,9	
pF 4,2	29,0	29,8	27,4	29,5	28,7	26,3	17,2	
-----								
pH H <sub>2</sub> O	7,1	6,8	7,2	7,8	7,9	7,9	8,1	
pH KC1	6,2	5,8	6,0	6,8	7,0	7,2	7,3	
-----								
MATIERE ORGANIQUE								
C%	3,99	2,58	2,03	0,95				
N%	0,304	0,235	0,189	0,140				
C/N	13,1	11,0	10,8	6,8				
M.O. %	6,9	4,4	3,5	1,6				
-----								
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)								
Ca <sup>++</sup>	32,7	37,96	32,6	33,8	32,7	31,1	23,6	
Mg <sup>++</sup>	8,78	8,76	6,95	7,04	6,00	5,63	4,11	
K <sup>+</sup>	1,49	0,53	0,43	0,50	0,33	0,28	0,18	
Na <sup>+</sup>	0,39	1,09	1,67	3,35	5,03	5,79	4,61	
S Somme des cations	43,36	48,28	41,65	44,69	44,06	42,80	32,50	
T Capacité d'échange	45,8	48,6	41,8	43,7	42,5	36,1	23,6	
V (S/T) Taux de saturation %	95	99	99	SAT	SAT	SAT	SAT	
-----								
CO <sub>3</sub> %				0,4	1,1	12,2	31,1	50,7
-----								

NUMERO DU PROFIL	LEP 5	LEP 5	LEP 5					
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-70	70-95	95-110	110-125	125-140
-----								
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS								
Na <sup>+</sup> /T (%)	0,85	2,24	4,00	7,67	11,84	16,04	19,53	
Ca <sup>++</sup> /T (%)	71,40	77,98	77,99	77,35	76,94	86,15	100,00	
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,72	4,33	4,69	4,80	5,45	5,52	5,74	
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables								
Ca <sup>++</sup> (%)	78,10	79,37	79,09	76,49	74,78	73,14	73,02	
Mg <sup>++</sup> (%)	20,97	18,35	16,86	15,93	13,72	13,24	12,72	
Na <sup>+</sup> (%)	0,93	2,28	4,05	7,58	11,50	13,62	14,26	
-----								
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/22								
Résistivité (mS)				0,65	1,89	3,07	2,64	1,16
pH				6,5	6,2	6,3	6,9	5,9
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air								
Ca <sup>++</sup>				0,24	1,18	2,10	1,64	0,59
Mg <sup>++</sup>				0,05	0,21	0,40	0,33	0,13
K <sup>+</sup>				<0,01	<0,01	0,01	0,01	<0,01
Na <sup>+</sup>				0,89	2,54	3,85	3,25	1,51
Somme des cations				1,19	2,54	6,36	5,23	2,24
Somme des anions								
Cl <sup>-</sup>				1,32	3,64	5,82	4,85	2,06
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,78	3,17	5,24	4,34	1,62
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,14	0,28	0,39	0,35	0,26
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,40	0,19	0,19	0,16	0,18
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Rapports ioniques								
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				-0,11	0,63	1,39	1,09	0,11
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				-0,10	-0,90	-1,71	-1,29	-0,33
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				4,8	5,6	5,25	4,97	4,53
-----								

**PROFIL : LEP 6****HORIZON 1** : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 6

Couleur : 10 YR 3/1 à 3/2 gris à brun gris très foncéStructure : anguclide 1 de 0,8 à 1,5 cmTexture : argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité assez importante : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, meuble, agrégats rigides non fragiles

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcopérostérite

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 35 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 6 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 6

Couleur : 10 YR 3/1 gris très foncéStructure : anguclide 1, de 5 à 15 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,2 à 1,0 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité faible à nulleConsistance : peu humide, cohérent, agrégats rigides peu fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 38 - 60, 75dénomination de l'horizon : horizon de transition entre horizon minéral et humifère : A<sub>3B</sub>

HUMITE 1 Structichron 4 Vertichron 4 ;

Humite 4 ; Bioféron 6 ; Rhizagé 6

Couleur : 10 YR 3/3 brun foncéStructure : Sphénoclode 1, Anguclide 1, méso à mégafaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : (macro) fentes de 0,5 à 1 cm, verticales, traversant et s'arrêtant dans l'horizonConsistance : peu humide, cohérent, malléable, peu plastique, non collant

Humite : en traînées verticales, associées aux fentes, 10 YR 3/1, gris très foncé

Transition : limite distincte, oblique**HORIZON 4** : 60, 75 - 100dénomination de l'horizon : horizon minéralvertique : V<sub>1</sub>

VERTICHRON ; Humite 4 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 6/6, jaune oliveStructure : sphénoclode 1, 1 à 5 cm, faces planes et luisantesTexture : argileuxPorosité (macro) : faible, fentes de 0,1 à 0,5mm, obliquesConsistance : peu humide, cohérent, plastique, non collant

Humite : en traînées verticales, associées aux fentes, 10 YR 3/1, gris très foncé

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 5** : 100 - 140 cmdénomination de l'horizon : horizon minéralvertique : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 4 ; Séméton 5 ;

Couleur : 10 YR 5/6 à 6/6 brun jaunâtre à jaune brunâtreStructure : sphénoclode 1 de 5 à 100 cm, micro à mégafaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : (macro) : faible, fentes obliques de 1 à 2 cm, s'arrêtant dans l'horizon ; porosité faible à nulleConsistance : peu humide, cohérent, semi-rigide, non friableLapidon : micro et mésorudite arrondi, nodules de calcaire ; micro, arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>Séméton : micro, volumes pulvérulents carbonatés, dendrites de MnO<sub>2</sub>Transition : diffuse, régulière**HORIZON 6** : 140 - 160 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral à

tendance vertique : BV

STRUCTICHRON 1, Vertichron 3 ; Lapidon 3 ;

Séméton 5

Couleur : 10 YR 6/6 à 2,5 Y 6/6 jaune brunâtre à jaune oliveStructure : pauciclode 1, micro à macrofaces structurales, luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, fentes de 0,2 à 0,5 cm d'écart, d'orientations quelconques, limitées à l'horizon, porosité très faibleConsistance : peu humide, cohérent, semi-rigide, peu friableLapidon : rudite 1 macro à gigarudite, lithoreliques rocheux de calcaire ; rudite 3, micro, nodules de calcaire ; rudite 3, micro, arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>

Séméton : micro, volumes pulvérulents carbonatés

Transition : distincte, régulière

HORIZON 7 : 160 - 170

dénomination de l'horizon : horizon minéral de transition avec l'horizon d'altération :

BC<sub>Ca</sub>

STRUCTICHRON 1, Altérite 3 ; Altérite, Calcofragistérite 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 6/6, jaune brunâtre

Structure : Pauciclude 1, micro à mésosfaces planes

Texture : limono-argileux

Porosité : forte, pores fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, semi-rigide, friable

Altérite, Calcofragistérite : 10 YR 8/2

blanc, sableux, calcaire, très friable

Lapidon : mésorudite, arrondi, lithorelique de calcaire

Séméton : microvolumes pulvérulents

carbonatés ; microcrystallarias de gypse lenticulaire

Transition : graduelle, régulière

HORIZON 8 : 170 - 180+ cm

dénomination de l'horizon : horizon

d'altération carbonaté : C<sub>Ca</sub>

ALTERITE 1, CALCOFRAGISTERITE 1

Couleur : 10 YR 7/6, jaune

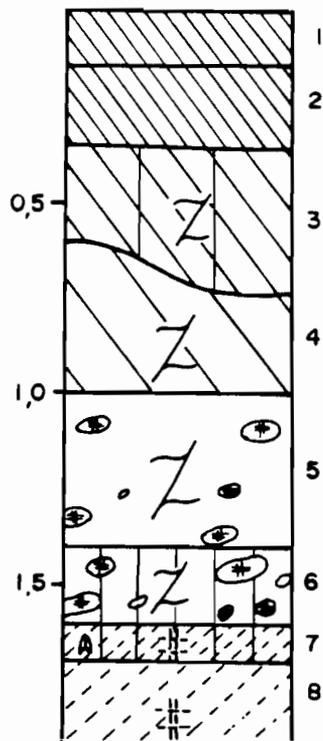
Structure : amérode

Texture : sableux

Porosité : forte, tubulaire

Consistance : peu humide, friable

## LEP 6



VERTISOL à infrasol jaune sur croûte calcaire meuble

NUMERO DU PROFIL	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-75	75-100	100-140	140-160	160-170	170-180+
-----								
GRANULOMETRIE %								
Refus								
argile	65,6	68,3	69,8	69,3	67,3	57,2	46,0	
limon fin	12,3	12,1	13,6	10,7	10,7	22,3	23,9	
limon grossier	4,4	4,3	4,2	3,9	3,8	5,9	9,6	
sable fin	10,9	9,9	10,0	11,8	11,2	8,4	8,3	
sable grossier	1,3	0,9	1,6	3,0	5,0	4,4	12,3	
-----								
EAU DU SOL %								
Humidité à 105°C (%)								
pF 2,5	37,9	41,3	46,3	46,0	46,2	40,1	30,9	
pF 4,2	27,6	28,2	27,3	27,9	27,7	23,4	17,2	
-----								
pH H <sub>2</sub> O	6,8	6,9	7,7	7,9	7,9	8,0	8,1	
pH KCl	5,8	5,9	6,5	6,9	7,1	7,2	7,3	
-----								
MATIERE ORGANIQUE								
C%	3,50	2,39	1,25	0,63				
N%	0,273	0,210	0,161	0,090				
C/N	12,8	11,4	7,8	7,0				
M.O. %	6,0	4,1	2,2	1,1				
-----								
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)								
Ca <sup>++</sup>	34,2	31,2	32,9	32,4	35,5	32,0	23,6	
Mg <sup>++</sup>	7,43	5,34	5,72	6,22	7,11	5,73	4,11	
K <sup>+</sup>	0,86	0,30	0,38	0,33	0,32	0,23	0,18	
Na <sup>+</sup>	0,40	0,79	2,61	3,88	5,52	5,50	4,61	
S Somme des cations	42,89	37,63	41,61	42,83	48,45	43,46	32,50	
T Capacité d'échange	45,7	39,8	37,8	43,0	42,45	34,7	23,6	
V (S/T) Taux de saturation %	93,9	94,5	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	
-----								
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %								
Perte au feu	14,49	12,92	11,49	10,07	10,20	18,31	35,31	38,52
Résidu	26,36	25,26	21,44	24,22	22,56	16,92	4,44	2,36
SiO <sub>2</sub>	31,48	31,84	34,06	33,20	33,40	26,74	9,14	6,32
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,78	17,02	19,17	17,99	17,26	14,06	4,03	2,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,06	8,47	9,64	9,35	9,50	6,63	1,98	1,29
MnO <sub>2</sub>	0,28	0,27	0,28	0,27	0,40	0,16	0,04	0,03
TiO <sub>2</sub>	0,26	0,49	0,51	0,53	0,50	0,45	0,20	0,15
CaO	1,49	1,34	1,16	1,39	2,38	15,78	46,11	46,75
MgO	0,96	0,97	1,03	1,08	1,12	0,96	0,60	0,56
K <sub>2</sub> O	0,53	0,48	0,55	0,48	0,45	0,36	0,07	0,04
Na <sub>2</sub> O	0,03	0,06	0,11	0,15	0,19	0,18	0,06	0,03
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	3,2	3,2	3,0	3,1	3,3	3,2	3,8	3,9
-----								
CO <sub>3</sub> %	0,8			0,3	1,40	15,6	44,7	51,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre (DEB) %	4,59	4,91	4,90	4,57	4,54	3,53	1,21	
-----								

NUMERO DU PROFIL	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6	LEP 6
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-75	75-100	100-140	140-160	160-170	170-180+
-----								
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS								
Na <sup>+</sup> /T (%)	0,88	1,98	6,90	9,02	12,99	15,85	10,58	
Ca <sup>++</sup> /T (%)	74,84	78,39	87,04	75,35	83,53	92,22	161,54	
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	4,60	5,84	5,75	5,21	4,99	5,58	8,24	
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables								
Ca <sup>++</sup> (%)	81,37	83,58	79,80	76,24	73,76	74,02	84,25	
Mg <sup>++</sup> (%)	17,68	14,30	13,87	14,64	14,77	13,25	10,23	
Na <sup>+</sup> (%)	0,95	2,12	6,33	9,13	11,47	12,72	5,52	
-----								
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2								
Résistivité (mS)			0,33	1,03	2,10	2,65	2,72	0,32
pH				6,1	6,3	5,9	5,9	
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air								
Ca <sup>++</sup>				0,46	1,41	2,05	6,01	
Mg <sup>++</sup>				0,09	0,27	0,40	0,63	
K <sup>+</sup>				<0,01	0,01	0,01	0,01	
Na <sup>+</sup>				1,56	2,78	3,24	0,95	
Somme des cations				2,12	4,473	5,70	7,60	
Somme des anions								
Cl <sup>-</sup>				1,96	4,47	5,41	7,16	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				1,50	3,40	3,86	0,39	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,28	0,86	1,30	6,66	
CO <sub>3</sub> <sup>--</sup>				0,18	0,21	0,25	0,11	
				0,00	0,00	0,00	0,00	
Rapports ioniques								
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				-0,06	0,62	0,62	-0,56	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				0,18	0,55	0,75	0,65	
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				5,11	5,22	5,12	9,53	
-----								

**PROFIL : LEP 7**HORIZON 1 : 0 - 10 cm

dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4  
Couleur : 10 YR 3/1 gris très foncé  
Structure : anguclode 1 de 0,8 à 1,5 cm  
Texture : argilo-limoneux  
Porosité : volume des vides important d'entassement ; porosité faible : pores fins moyens et grossiers tubulaires  
Consistance : sec, meuble, agrégats rigides non fragiles  
 Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 2 : 10 - 30 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4  
Couleur : 10 YR 3/1 gris très foncé  
Structure : anguclode 1, de 5 à 15 cm ; prismoclude 3 de 5 à 15 cm  
Texture : Argileux  
Porosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,5 à 1,0 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité faible à nulle  
Consistance : sec, assez cohérent, agrégats rigides peu fragiles  
 Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques  
Transition : nette, régulière

HORIZON 3 : 30 - 55 cm

dénomination de l'horizon : Horizon humifère : A<sub>13</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 3/3, brun foncé  
Structure : anguclode 1 prismoclude 4, de 3 à 15 cm  
Texture : argileux  
Porosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,5 à 1,0 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité faible à nulle  
Consistance : peu humide, cohérent, agrégats rigides, non fragiles  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 4 : 55 - 70 cm

dénomination de l'horizon : horizon de transition verticale et humifère : A<sub>3V</sub>  
 VERTICHRON 1, HUMITE 2 ; Bioféron 3 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 6  
Couleur : 2,5 Y 4/2 à 4/2, brun grisâtre foncé à brun olive

Structure : Sphénoclude 1, Pauciclude 4, micro, mésosfaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : (macro) fentes de 0,5 à 1 cm, verticales, traversant l'horizon ; porosité faible, pores tubulaires fins  
Consistance : peu humide, très cohérent, malléable, peu plastique, non collant  
 Bioféron : métatubules humiques 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes  
 Lapidon : micro et mésorudite arrondi, nodules de calcaire ; altéolithoreliques de pétrostérite  
 Séméton : ponctuations de MnO<sub>2</sub>  
Transition : limite distincte, régulière

HORIZON 5 : 70 - 95 cm

dénomination de l'horizon : horizon verticale V<sub>1</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Humite 4 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5, Séméton 5  
Couleur : 2,5 Y 5/4, brun olive clair  
Structure : sphénoclude 1, de 2 à 15 cm, méso à mégafaces luisantes et striées  
Texture : Argileux  
Porosité : fentes de 0,5 à 1 cm, verticales, traversant l'horizon, fentes de 0,1 à 0,2 cm obliques, limitées ou débutant dans l'horizon ; porosité faible, pores tubulaires fins  
Consistance : peu humide, très cohérent, semi-rigide, peu plastique, non collant  
 Bioféron : métatubules humiques 10 YR 3/1, gris très foncé, à 10 YR 3/3 brun foncé ; orthotubules et copropèdes  
 Lapidon : micro et mésorudite arrondi, nodules de calcaire ; altéolithoreliques de pétrostérite  
 Humite : taches de 1 à 5 cm de diamètre, très nettes, 10 YR 3/1 gris très foncé, remplissage de fentes  
 Séméton : ponctuations de MnO<sub>2</sub>  
Transition : limite distincte, régulière

HORIZON 6 : 95 - 140 cm

dénomination de l'horizon : horizon verticale V<sub>2</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Humite 4 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5, Séméton 5  
Couleur : 10 YR 5/8 brun jaunâtre  
Structure : sphénoclude 1, de 2 à 15 cm, méso à mégafaces luisantes et striées  
Texture : Argileux  
Porosité : (macro) fentes de 0,5 à 1 cm, verticales, traversant l'horizon, fentes de 0,1 à 0,2 cm obliques, limitées ou débutant dans l'horizon ; porosité faible, pores tubulaires fins

**Consistance** : peu humide, très cohérent, semi-rigide, peu plastique, non collant  
**Bioféron** : métatubules humiques 10 YR 3/1, gris très foncé, à 10 YR 3/3 brun foncé ; orthotubules et copropèdes  
**Lapidon** : micro et mésorudite arrondi, nodules de calcaire ; altélithoreliques de pétrostérite  
**Humite** : taches de 1 à 3 cm de diamètre, très nettes, 10 YR 3/1 gris très foncé, remplissage de fentes  
**Séméton** : ponctuations de MnO<sub>2</sub>  
**Transition** : limite très nette, régulière

**HORIZON 7** : 140 - 165 cm  
**dénomination de l'horizon** : horizon verticale à très nombreux éléments grossiers calcaires V<sub>Ca</sub>

**LAPIDON 1** ; Vertichron 3 ; Séméton 4

**Couleur** : 10 YR 5/8 brun jaunâtre

**Structure** : pauciclude 1, micro et mésofaces luisantes

**Texture** : argileux

**Porosité** : volume des vides très faible, rares fentes de 0,1 à 0,2 cm, quelconques, limitées à l'horizon ; porosité faible, rares pores fins tubulaires

**Consistance** : peu humide, semi-rigide, peu plastique, non collant

**Lapidon** : micro à mégarudite, blocs aplatis d'altélithoreliques de calcaire ou de calcopétrostérite formant le toit presque continu de l'horizon

**Séméton** : dendrites et ponctuations de MnO<sub>2</sub>

**Transition** : très progressive, régulière

**HORIZON 8** : 165 - 175 cm

**dénomination de l'horizon** : horizon minéral, à très nombreux éléments grossiers calcaires B<sub>Ca</sub>

**STRUCTICHRON 1** ; **LAPIDON 2** ; **Séméton 5**

**Couleur** : 10 YR 5/8 brun jaunâtre

**Structure** : amérode

**Texture** : argilo-sableux

**Porosité** : très forte, pores fins, moyens et grossiers, tubulaires

**Consistance** : sec, semi-rigide, assez friable

**Lapidon** : micro et mésorudite, fragments d'altélithoreliques de calcopétrostérite et calcofragistérite

**Séméton** : par poches, phase (4),

microcristaux de gypse de 0,1 à 0,5 cm,

lenticulaires, baguettes blanchâtres

associées au gypse

**Transition** : très progressive, ondulée

**HORIZON 9** : 175 - 190 cm

**dénomination de l'horizon** : croûte calcaire, friable avec traces d'horizon minéral : BC<sub>Ca</sub>

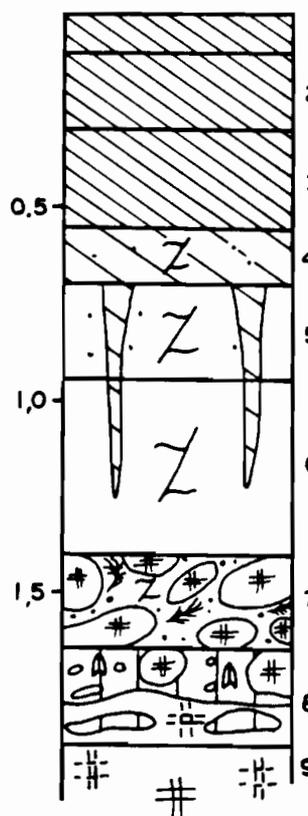
FRAGISTERITE 1 ; Structichron 4

**HORIZON 10** : 190 - 200+

**dénomination de l'horizon** : croûte calcaire friable à dure : C<sub>Ca</sub>

FRAGISTERITE 1 ; CALCOPETROSTERITE 1

### LEP 7



VERTISOL à infrasol jaune sur croûte calcaire meuble

NUMERO DU PROFIL	LEP 7	LEP 7	LEP 7					
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-10	10-30	30-55	55-70	70-95	95-140	140-165	165-175
-----								
GRANULOMETRIE %								
Refus								
argile	58,7	68,0	68,3	66,4	65,4	69,6	54,8	39,8
limon fin	14,2	12,0	13,7	12,3	12,6	11,6	15,6	25,6
limon grossier	3,8	4,3	3,9	4,0	3,9	3,8	7,6	9,1
sable fin	10,1	9,6	10,0	11,9	12,4	10,5	10,5	12,2
sable grossier	2,2	1,2	2,1	4,4	4,4	3,3	8,9	12,5
-----								
EAU DU SOL %								
Humidité à 105°C (%)								
pF 2,5	44,9	43,9	46,5	46,4	43,1	45,5	37,6	29,4
pF 4,2	34,1	28,8	27,5	26,8	27,5	28,2	22,6	29,4
-----								
pH H <sub>2</sub> O	7,1	7,2	7,2	7,5	7,6	7,8	8,0	8,0
pH KCl	6,3	6,2	6,1	6,5	6,7	7,0	7,3	7,4
-----								
MATIERE ORGANIQUE								
C%	7,04	3,14	1,62	0,98	0,72			
N%	0,471	0,255	0,169	0,123	0,095			
C/N	14,9	12,3	9,6	8,0	7,6			
M.O. %	12,1	5,4	2,8	1,7	1,2			
-----								
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)								
Ca <sup>++</sup>	36,7	36,3	32,4	29,55	30,1	33,7	30,4	24,4
Mg <sup>++</sup>	9,27	8,06	6,92	6,62	6,904	8,59	6,73	4,84
K <sup>+</sup>	2,64	0,77	0,37	0,36	0,33	0,36	0,24	0,19
Na <sup>+</sup>	0,51	0,91	2,00	3,73	4,91	7,51	6,68	5,06
S Somme des cations	49,12	46,04	41,69	40,21	42,24	50,16	44,05	34,49
T Capacité d'échange	49,0	48,4	41,3	40,4	39,6	40,4	31,2	21,5
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	95	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
-----								
CO <sub>3</sub> %				0,22	1,49	2,37	15,1	31,1
-----								

NUMERO DU PROFIL	LEP 7	LEP 7	LEP 7					
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-10	10-30	30-55	55-70	70-95	95-140	140-165	165-175
-----								
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS								
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,04	1,88	4,84	9,23	12,40	18,59	21,41	23,53
Ca <sup>++</sup> /T (%)	74,90	75,00	78,45	73,02	76,01	83,42	97,44	113,49
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,96	4,50	4,68	4,46	4,36	3,92	4,52	5,04
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables								
Ca <sup>++</sup> (%)	78,96	80,19	78,41	74,03	71,82	67,67	69,39	71,14
Mg <sup>++</sup> (%)	19,94	17,80	16,75	16,61	16,46	17,25	15,36	14,11
Na <sup>+</sup> (%)	1,10	2,01	4,84	9,36	11,72	15,08	15,25	14,75
-----								
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2								
Résistivité (mS)			0,34	0,97	1,74	3,15	3,27	2,67
pH				5,9	6,0	6,1	6,5	6,4
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air								
Ca <sup>++</sup>				0,45	1,00	2,10	2,33	1,87
Mg <sup>++</sup>				0,11	0,21	0,50	0,55	0,42
K <sup>+</sup>				<0,01	<0,01	0,01	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>				1,34	2,34	4,06	4,12	3,26
Somme des cations				1,91	3,56	6,67	7,02	5,56
Somme des anions								
Cl <sup>-</sup>				1,86	3,33	6,30	6,55	5,22
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				1,43	2,78	5,38	5,31	4,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,29	0,40	0,71	1,04	1,05
				0,14	0,15	0,21	0,20	0,17
Rapports ioniques								
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				0,09	0,44	1,32	1,19	0,74
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				-0,16	-0,60	1,39	-1,29	-0,82
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				4,09	4,76	4,2	4,23	
<b>4,45</b>								
-----								

**PROFIL : LEP 8**HORIZON 1 : 0 - 7 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncéStructure : anguclode 1, de 0,1 à 0,3 cmTexture : limoneuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, très meuble, plastique, collant

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcopérostérite

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Transition : distincte, régulièreHORIZON 2 : 7 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1 à 3/2 gris à brun gris très foncéStructure : anguclode 1, de 1 à 2 cm ; prismoclode 3 de 5 à 10 cmTexture : Limono-argileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,2 à 0,5 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité assez importante, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats rigides, peu friables

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Transition : distincte, régulièreHORIZON 3 : 20 - 30 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : A(B)<sub>1</sub>

HUMITE 1, Structichron 3 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 6

Couleur : 10 YR 3/3 à 3/4, brun foncé à brun jaunâtre foncéStructure : anguclode 1, de 1 à 2 cm ; prismoclode 3 de 5 à 10 cmTexture : limono-argileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,2 à 0,5 cm, traversant l'horizon ; quelconques, inférieures à 0,1 cm, limitées à l'horizon ; porosité faible à nulleConsistance : peu humide, assez cohérent, peu friable

Bioféron : métatubules structichromiques, 7,5 YR 4/4, brun ; métatubules humiques,

10 YR 3/2 brun gris très foncé ; orthotubules et copropèdes humiques

Transition : distincte, régulièreHORIZON 4 : 30 - 35, 50 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral (B)

STRUCTICHRON 1 ; Humite 4 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 6

Couleur : 7,5 YR 4/4 à 4/6, brun à brun vifStructure : anguclode 1, de 1 à 2 cm ; prismoclode 3 de 5 à 10 cmTexture : argileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,1 à 0,5 cm, traversant l'horizon et s'arrêtant dans l'horizon; rares fentes quelconques, inférieures à 0,1 cm, limitées à l'horizon ; porosité moyenne, pores fins et moyens tubulaires

Humite : plages, stries, placages autour des fentes, 10 YR 3/2 brun gris très foncé

Bioféron : métatubules humiques, 10 YR 3/2 brun gris très foncé ; orthotubules et copropèdes humiques

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu friableTransition : distincte, régulièreHORIZON 5 : 50 - 70, 80 cm

STRUCTICHRON 1 ; LAPIDON 2 ; Rhizagé 5

Dénomination de l'horizon : horizon structuré, coloré, à forte, proportion d'éléments grossiers, BCouleur : 7,5 à 5 YR 5/6, brun vif à rouge jaunâtreStructure : amérodeTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides faible, rares fentes quelconques, inférieures à 0,1 cm, limitées à l'horizon ; porosité moyenne, pores très fins et finsConsistance : peu humide, assez cohérent, ensemble rigide, friable

Lapidon : microrudite 1, émoussé, altélithoreliques de calcofragistérite ; mésorudite 5, émoussé, lithoreliques de calcaire et altélithoreliques de calcofragistérite

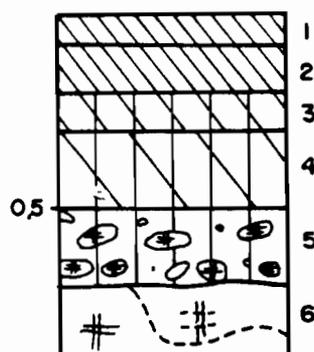
Transition : progressive, régulièreHORIZON 6 : 70, 80 - 100+dénomination de l'horizon : croûte calcaire continue, friable ou indurée, traces d'horizon minéral : C<sub>Ca</sub>

CALCOFRAGISTERITE 1 ; CALCOPETROSTERITE 1 ; Structichron 4

Couleur (structichron) : 7,5 YR 5/8 brun vif

NUMERO DU PROFIL	LEP 8				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-7	7-20	20-30	30-50	50-70
-----					
GRANULOMETRIE %					
Refus					
argile	57,6	65,2	72,2	75,2	54,5
limon fin	10,3	10,2	9,4	9,0	18,1
limon grossier	3,4	3,1	2,5	2,3	2,0
sable fin	15,7	10,7	8,2	7,2	7,3
sable grossier	8,3	6,2	4,6	4,7	15,2
-----					
EAU DU SOL %					
Humidité à 105°C (%)					
pF 2,5	35,7	37,2	42,2	43,2	28,5
pF 4,2	21,9	25,85	28,8	30,1	18,3
-----					
MATIERE ORGANIQUE					
C%	2,79	2,33	1,95	1,35	0,68
N%	0,227	0,207	0,216	0,193	0,112
C/N	12,3	11,3	9,0	7,0	6,1
M.O. %	4,8	4,0	3,4	2,3	1,2
-----					
pH H <sub>2</sub> O	6,9	6,3	6,4	7,5	8,1
pH KCl	6,0	5,3	5,4	6,6	7,1
-----					
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)					
Ca <sup>++</sup>	33,1	28,5	28,3	39,6	42,1
Mg <sup>++</sup>	5,20	3,46	2,92	3,42	3,95
K <sup>+</sup>	1,01	0,53	0,24	0,19	0,18
Na <sup>+</sup>	0,29	0,44	0,51	0,64	1,37
S Somme des cations	39,60	32,93	31,97	43,85	47,60
T Capacité d'échange	40,1	42,8	41,7	39,6	42,7
V (S/T) Taux de saturation %	99	77	77	SAT	SAT
-----					
CO <sub>3</sub> %	0,2		0,3	0,7	30,9
-----					

## LEP 8



FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 8				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-7	7-20	20-30	30-50	50-70

---

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,72	1,03	1,22	1,63	3,21
Ca <sup>++</sup> /T (%)	82,54	66,59	67,87	100,13	98,59
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	6,37	8,24	9,69	11,56	10,66

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	85,77	87,96	89,19	90,68	88,78
Mg <sup>++</sup> (%)	13,47	10,68	9,20	7,84	8,33
Na <sup>+</sup> (%)	0,75	1,36	1,61	1,48	2,89

---

**PROFIL : LEP 9****HORIZON 1** : 0 - 7 cmDénomination de l'horizon : Horizon humifère de surface : A<sub>1</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 2/2 brun très foncéStructure : anguclide de 0,5 à 1,2 cmTexture : argilo-limoneuxPorosité : volume des vides assez important d'entassement, nombreux pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, meuble, agrégats plastiques, non collants

Bioféron : orthotubules et copropédes humiques

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 7 - 25 cm.dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 2/2 brun très foncéStructure : anguclide 1, de 0,5 à 1,5 cm ; prismoclode 3 de 5 à 15 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,5 à 1,0 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité moyenne, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, assez cohérent, agrégats rigides peu fragiles

Bioféron : orthotubules et copropédes humiques

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 25 - 35 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition minéral et humifère : A<sub>3B</sub>

HUMITE 1, Structichron 4 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 5

Couleur : 7,5 YR 3/2 brun foncéStructure : anguclide 1, de 0,5 à 1,5 cm ; prismoclode 3 de 5 à 15 cmTexture : argileuxVolume des vides : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,5 à 1,0 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité moyenne, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, assez cohérent, agrégats plastiques, non collants

Bioféron : métatubules structichromiques 7,5 YR 4/2 brun et 7,5 YR 5/8 brun vif ; métatubules humiques et copropédes, 7,5 YR 3/1 brun gris foncé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 35 - 45 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition minéral et humifère : A(B) STRUCTICHRON 1, Humite 3 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 4Couleur : 5 YR 4/6 rouge jaunâtreStructure : anguclide 1, de 0,5 à 2 cm ; prismoclode 3 de 3 à 15 cm, peu netteTexture : argileuxPorosité : volume des vides faible entre les agrégats : rares fentes de 1 à 2 cm, limitées à l'horizon, verticales et quelconques ; assez nombreux pores fins, moyens et grossiers tubulaires.consistance : humide, assez cohérent, ensemble assez friable non plastique, non collant

Bioféron : orthotubules, métatubules humiques 10 YR 4/2 brungris foncé, métatubules structichromiques 10 YR 5/6 brun jaunâtre, et copropédes

Lapidon : micro, méso, macrorudite émoussé : altélithoreliques de calcaire et de calcopérostérite

Transition : nette, régulière**HORIZON 5** : 45 - 55 cmDénomination de l'horizon : horizon structuré, coloré, à forte, proportion d'éléments grossiers : B

STRUCTICHRON 1 ; LAPIDON 2 ; Rhizagé 5 ; Bioféron 5

Couleur : 10 YR 5/6 brun jaunâtreStructure : pauciclode 1, micro et mésosfaces de 0,5 à 3 cmTexture : argileuxVolume des vides : Porosité assez forte, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, assez cohérent, ensemble peu friable, rigide, non plastiqueLapidon : micro, méso, macro et mégarudite, émoussé altélithoreliques de calcaire ; lithoreliques de calcopérostérite ; mésorudite, nodules de CaCO<sub>3</sub>

Bioféron : métatubules 5 YR 5/8 rouge jaunâtre ; orthotubules

Transition : distincte irrégulière**HORIZON 6** : 55 - 70 cmDénomination de l'horizon : croûte calcaire friable, matériau pédologique à pédoplasation colorée : BC<sub>Ca</sub>

FRAGISTERITE 1 ; STRUCTICHRON 2 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/8 rouge jaunâtreStructure : amérodeTexture : sablo-argileuxPorosité : très forte, nombreux pores fins, moyens et grossiers tubulaires.

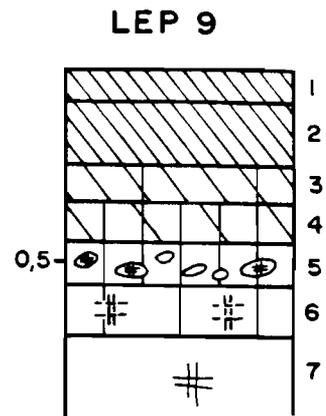
consistance : humide, cohérent, ensemble  
 assez friable non plastique, non collant  
Transition : progressive, régulière

HORIZON 6 : 70 - 80 cm+

dénomination de l'horizon : croûte calcaire

indurée :  $C_{Ca}$

PETROSTERITE



FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 9					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-7	7-25	25-35	35-45	45-55	55-70
-----						
GRANULOMETRIE %						
Refus						
argile	61,6	65,3	69,0	75,2	52,4	33,4
limon fin	13,4	11,5	11,3	9,9	17,5	21,2
limon grossier	3,4	3,3	2,7	1,8	3,2	4,2
sable fin	13,4	12,3	10,2	7,7	9,8	13,8
sable grossier	2,5	3,3	3,4	3,1	13,5	24,5
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)						
pF 2,5	36,0	34,9	37,6	40,5	29,1	
pF 4,2	24,9	24,3	26,6	29,5	18,2	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	7,2	6,9	7,5	7,8	8,2	
pH KCl	6,1	6,0	6,4	6,7	7,2	
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	3,83	2,87	2,58	2,08	1,16	0,68
N%	0,321	0,260	0,254	0,252	0,102	0,092
C/N	11,9	11,0	10,2	8,3	11,4	7,4
M.O. %	6,5	4,9	4,4	3,6	2,0	1,2
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)						
Ca <sup>++</sup>	27,7	32,2	31,2	33,4	24,9	
Mg <sup>++</sup>	5,29	4,33	3,34	3,03	1,83	
K <sup>+</sup>	1,70	0,55	0,28	0,27	0,16	
Na <sup>+</sup>	0,09	0,17	0,26	0,27	0,16	
S Somme des cations	34,78	37,25	35,08	36,92	27,03	
T Capacité d'échange	40,2	40,0	38,1	36,0	20,3	
V (S/T) Taux de saturation %	86	93	92	SAT	SAT	
-----						
CO <sub>3</sub> %	5,0		0,2	0,9	25,4	43,2
-----						

NUMERO DU PROFIL	LEP 9					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-7	7-25	25-35	35-45	45-55	55-70

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,22	0,43	0,68	0,75	0,79	
Ca <sup>++</sup> /T (%)	68,91	80,50	81,89	92,78	122,66	
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	5,24	7,44	9,34	11,02	13,61	

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	83,74	87,74	89,66	91,01	92,60	
Mg <sup>++</sup> (%)	15,99	11,80	9,60	8,26	6,81	
Na <sup>+</sup> (%)	0,27	0,46	0,75	0,74	0,60	

-----

**PROFIL : LEP 10****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère de surface : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/2 gris très foncéStructure : anguclide polyédrique de 0,5 à 1 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important : entassement, porosité faible : pores tubulaires fins, moyens et grossiersConsistance : frais, meuble, agrégats rigides, peu fragiles

Bioféron : orthotubules et copropédes humiques

Lapidon : micro, méso et macrorudite émoussé, arrondi : lithorelique de calcaire et de calcopérostérite

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : AB

HUMITE 1, Structichron 3 ; Bioféron 4 ; Lapidon 3 ; Rhizagé 4

Couleur : 7,5 YR 3/4, brun foncéStructure : anguclide 1 de 0,1 à 1 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides peu important : rares fentes quelconques limitées à l'horizon ; porosité faible : pores fins et moyens tubulairesConsistance : frais, meuble à cohérent, agrégats peu friables

Lapidon : micro, méso, macro, mégarudite, arrondi : lithoreliques de calcaire ou de calcostérite

Bioféron : métatubules humiques, 10 YR 3/2 brun gris très foncé ; orthotubules

Transition : nette, ondulée.**HORIZON 3** : 40 - 60 cmDénomination de l'horizon : horizon structuré, coloré, minéral : (B)

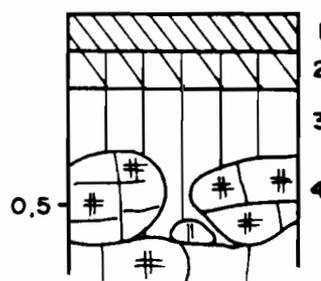
STRUCTICHRON 1 ; LAPIDON 3 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Séméton 6

Couleur : 7,5 YR 4/6 brun vifStructure : pauciclode, micro et mésofaces mamelonnéesTexture : argilo-limoneuxPorosité : volume des vides très faible, rares fentes <0,1 cm, quelconques, limitées à l'horizon ; porosité faible : pores fins, tubulairesConsistance : frais, assez cohérent, agrégats friables

Lapidon 1 : micro, méso, macrorudite

émoussé : altélithoreliques de calcopérostérite ; lapidon 4, microrudite : nodules arrondis carbonatés

Bioféron : métatubules humiques, 10 YR 3/2 brun gris très foncé ; orthotubules et copropédes

Séméton : micro ponctuations de MnO<sub>2</sub>Transition : brutale, irrégulière**HORIZON 4** : 40 - 60+dénomination de l'horizon : REGOLITE de calcaire gris, massif : R<sub>Ca</sub>**LEP 10**

FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 10	LEP 10	LEP 10
HORIZON	1	2	3
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-60
-----			
GRANULOMETRIE %			
Refus			
argile	61,8	67,0	65,8
limon fin	11,9	11,0	11,2
limon grossier	3,9	3,7	4,1
sable fin	11,7	10,9	13,0
sable grossier	1,2	1,3	2,2
-----			
EAU DU SOL %			
Humidité à 105°C (%)			
pF 2,5	41,0	39,7	40,6
pF 4,2	32,0	30,4	29,1
-----			
pH H <sub>2</sub> O	7,2	7,4	7,9
pH KCl	6,4	6,4	6,9
-----			
MATIERE ORGANIQUE			
C%	5,31	3,53	3,69
N%	0,409	0,252	0,180
C/N	13,0	11,0	8,4
M.O. %	9,2	4,8	2,6
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)			
Ca <sup>++</sup>	30,5	35,3	36,9
Mg <sup>++</sup>	5,63	4,20	3,34
K <sup>+</sup>	1,76	0,97	0,66
Na <sup>+</sup>	1,37	1,68	2,01
S Somme des cations	39,26	42,15	42,91
T Capacité d'échange	45,2	43,3	41,0
V (S/T) Taux de saturation %	86,9	97,3	SAT
-----			
CO <sub>3</sub> %	0,1		2,1
-----			

NUMERO DU PROFIL	LEP 10	LEP 10	LEP 10
HORIZON	1	2	3
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-60

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	3,03	3,88	4,90
Ca <sup>++</sup> /T (%)	67,48	81,52	90,00
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	5,42	8,40	11,05

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	81,33	85,72	87,34
Mg <sup>++</sup> (%)	15,01	10,20	7,91
Na <sup>+</sup> (%)	3,65	4,08	4,76

-----

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)	1,16
pH	5,9

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	1,19
Mg <sup>++</sup>	0,24
K <sup>+</sup>	0,08
Na <sup>+</sup>	0,77
Somme des cations	2,28

Somme des anions	2,09
Cl <sup>-</sup>	1,61
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,21
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,27

Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,84
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,98
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	4,9

-----

**PROFIL : LEP 11****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 2,5/2 brun rouge foncéStructure : grumo-anguclode de 0,8 à 1,0 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité assez importante : pores non visiblesConsistance : humide, meuble, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire

Transition : progressive, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 7,5 YR 3/2 brun foncéStructure : anguclode 1, de 1 à 2 cm ;

pauciclude 5, 5 à 15 cm

Texture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,1 à 0,5 cm, limitées à l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, cohérent, agrégats rigides peu fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 60 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : AB<sub>1</sub>

HUMITE 1, Vertichron 4, Structichron 4 ;

Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 3/3 brun rouge foncéStructure : anguclode 1, prismoclude 3, 3 à 10 cm ; pauciclude 4, mésosfaces luisantes et striéesTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides faibles, fentes verticales ou obliques, traversant l'horizon, de 0,1 à 1,5 cm ; quelconques, limitées à l'horizon, <0,1 cmConsistance : humide, cohérent, agrégats plastiques, collants

Bioféron : métatubules humiques 7,5 YR 3/2 brun foncé ; orthotubules

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés

arrondis

Transition : distincte, rég**HORIZON 4** : 60 - 80 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral

structuré coloré à tendance que : BV

STRUCTICHRON 1, vertichron mite 5 ;

Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; La 5 ;

Séméton 5

Couleur : 5 YR 4/3, brun roStructure : anguclode 1, pr ocude 3, 3 à 10 cm ; pauciclude 4, mésosfaces luisantes et striéesTexture : Argilo-limono-sabPorosité : volume des vides e, rares

fentes verticales et obliqu terminant

dans l'horizon ; porosité f pores fins tubulaires

Consistance : humide, cohérent plastique non collant

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés arrondis

Bioféron : métatubules humiques, 7,5 YR 3/2 brun foncé ; orthotubules

Humite : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 7,5 YR 3/2 brun foncé

Séméton : rares volumes pulvérulents

carbonatés de 1 à 2 cm de diamètre

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 80 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon de

transition minéral et coloré, horizon

d'altération : BC<sub>Ca</sub>

STRUCTICHRON 1, Altérite 3 ; Lapidon 4 ;

Séméton 5

Couleur : 5 YR 4/6, rouge jaunâtreStructure : pauciclude, micro et mésosfacesTexture : Limono-sablo-argileuxPorosité : volume des vides très faible à

nul ; porosité faible, pores très fins et fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, friable

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés

arrondis ; microrudite émoussé,

altélithoreliques de calcopérostérite

Séméton : rares volumes pulvérulents

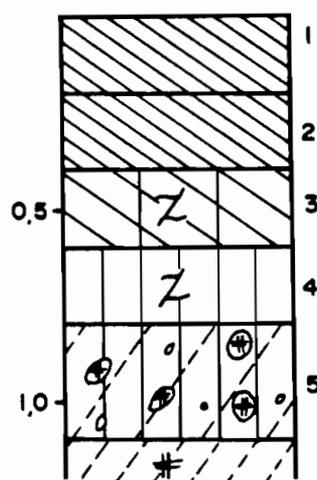
carbonatés de 1 à 2 cm de diamètre

Transition : progressive, régulière**HORIZON 6** : 110 - 120 cmdénomination de l'horizon : Altération decroûte calcaire : C<sub>Ca</sub>

ALTERITE 1, CALCOSTERITE 2

NUMERO DU PROFIL	LEP 11					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-110	110-120+
-----						
GRANULOMETRIE %						
Refus						
argile	46,1	44,5	52,9	52,6	34,7	
limon fin	14,7	16,1	11,8	18,3	23,3	
limon grossier	5,2	5,4	4,1	4,2	9,6	
sable fin	9,9	9,7	8,2	8,3	14,6	
sable grossier	20,1	21,3	19,7	15,3	15,7	
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)						
pF 2,5	33,2	31,9	41,4	35,7	25,3	
pF 4,2	21,7	20,3	24,4	24,3	11,4	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	7,9	8,1	8,3	8,6	8,6	
pH KCl	6,7	6,9	7,0	7,2	7,5	
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	2,34	1,55	0,84	0,51		
N%	0,192	0,129	0,117	0,084		
C/N	12,2	12,0	7,2	6,1		
M.O. %	4,0	2,7	1,4	0,9		
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)						
Ca <sup>++</sup>	35,0	28,0	28,0	28,4	17,7	
Mg <sup>++</sup>	4,09	3,4	6,19	5,63	3,61	
K <sup>+</sup>	0,48	0,27	0,35	0,2	0,14	
Na <sup>+</sup>	0,23	0,77	2,91	3,03	3,38	
S Somme des cations	39,8	32,44	37,45	37,26	24,83	
T Capacité d'échange	38,2	31,5	36,1	30,0	12,7	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	
-----						
CO <sub>3</sub> %	0,3	0,5	1,2	13,9	44,0	54,4
-----						

## LEP II



FERSIALSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 11					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-60	60-80	80-110	110-120+

---

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,60	2,44	8,06	10,10	26,61	
Ca <sup>++</sup> /T (%)	91,62	88,89	77,56	94,67	139,37	
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	8,56	8,24	4,52	5,04	4,90	

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	89,01	87,04	75,47	76,63	71,69	
Mg <sup>++</sup> (%)	10,40	10,57	16,68	15,19	14,62	
Na <sup>+</sup> (%)	0,58	2,39	7,84	8,18	13,69	

---

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)		0,90	3,15
pH		6,1	6,1

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,16
Mg <sup>++</sup>	0,05
K <sup>+</sup>	<0,01
Na <sup>+</sup>	1,49
Somme des cations	1,71

Somme des anions

Somme des anions	1,64
Cl <sup>-</sup>	1,16
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,22
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,26

Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,15
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,06
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,2

---

**PROFIL : LEP 12**

HORIZON 1 : 0 - 15, 20 cm

dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 7,5 YR 3/1 brun foncé

Structure : anguclide de 0,2 à 0,8 cm

Texture : Argilo-limono-sableux

Porosité : volume des vides important d'entassement ; porosité moyenne : pores fins moyens et grossiers tubulaires

Consistance : assez humide, meuble, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : distincte, régulière, ondulée

HORIZON 2 : 15, 20 - 35, 45 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 7,5 YR 3/1 brun foncé

Structure : anguclide 1, de 1 à 4 cm ; prismoclude 3, 3 à 10 cm

Texture : Argilo-limono-sableux

Porosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,1 à 0,5 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques de 0,1 à 0,3 cm, limitées à l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulaires

Consistance : assez humide, cohérent, agrégats plastique, peu collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : distincte, régulière

HORIZON 3 : 35, 45 - 50, 60 cm

dénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : AB<sub>1</sub>

HUMITE 1, Vertichron 4, ; Bioféron 4 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 7,5 YR 3/2 brun foncé

Structure : anguclide 1, 1 à 4 cm ; pauciclude 4, mésosfaces luisantes et striées  
Texture : Argileux

Porosité : volume des vides faibles, fentes quelconques, limitées à l'horizon, 0,1 à 0,3 cm

Consistance : assez humide, cohérent, agrégats plastiques, collants

Bioféron : métatubules humiques 7,5 YR 3/1 brun foncé ; métatubules structichromiques, 5 YR 3/4 brun-rouge foncé ; orthotubules humiques

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : nette, irrégulière, ondulée

HORIZON 4 : 50, 60 - 80, 85 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral

structuré coloré à tendance verticale : BV

STRUCTICHRON 1, HUMITE 2, vertichron 4 ;

Humite 5 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 4/3, brun rouge

Structure : anguclide 1, 1 à 5 cm ;

pauciclude 4, mésosfaces luisantes et striées

Texture : Argileux

Porosité : volume des vides faible, rares

fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,3 cm ; porosité faible, pores fins et moyens tubulaires

Consistance : assez humide, cohérent, plastique collant

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés arrondis

Bioféron : métatubules humiques, 10 YR 3/1 gris très foncé et 7,5 YR 3/2 brun foncé ; orthotubules

Humite : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 7,5 YR 3/2 brun foncé et 10 YR 3/1 gris très foncé

Transition : progressive, régulière

HORIZON 5 : 80, 85 - 140 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral structuré coloré à tendance verticale : BV

STRUCTICHRON 1, vertichron 3 ; Humite 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 5 YR 4/4, brun rouge

Structure : anguclide 1, sphénoclude 2, de 2 à 15 cm, faces luisantes et striées

Texture : Argileux

Porosité : volume des vides très faible, fentes obliques et quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, porosité très faible

Consistance : frais, cohérent, semi-rigide, non friable

Humite : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 7,5 YR 3/2 brun foncé  
Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés arrondis

Transition : distincte, très irrégulière

HORIZON 6 : 140 - 160 cm

dénomination de l'horizon : horizon minéral structuré coloré : B1

STRUCTICHRON 1 ; Lapidon 3 ; Allotérite 4 ; Séméton 4

Couleur : 5 YR 4/4, brun rouge

Structure : amérode

Texture : Argilo-limono-sableux

Porosité : importante, pores tubulaires fins et moyens

Consistance : frais, assez cohérent, semi-rigide, peu friable

Lapidon : micro, méso, macro, mégarudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; microrudite, nodules et concrétions arrondis de  $Fe_2O_3$ ,  $MnO_2$

Séméton : Crystallarias 1, de gypse, de 0,1 à 0,3 cm, en amas lenticulaires ; dendrites 5, de  $MnO_2$

Alloterite : de calcostérite, meuble, discontinue, en plages de couleur 5 YR 7/8 jaune rougeâtre

Transition : progressive, irrégulière

HORIZON 7 : 160 - 200 cm

dénomination de l'horizon : horizon

d'altération de croûte calcaire :  $BC_{Ca}$

ALLOTERITE 1 ; Structichron 4 ; Lapidon 3

Couleur : 7,5 YR 8/6, rosé

Structure : amérode

Texture : Limono-sableux

Porosité : forte, pores tubulaires fins et moyens

Consistance : peu humide, cohérent, rigide, fragile

Structichron : amas plus foncés à bords très diffus, 7,5 YR 7/8, jaune rougeâtre

Lapidon : micro, méso, macro, mégarudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; microrudite, nodules et concrétions arrondis de  $Fe_2O_3$ ,  $MnO_2$

Transition : progressive, régulière

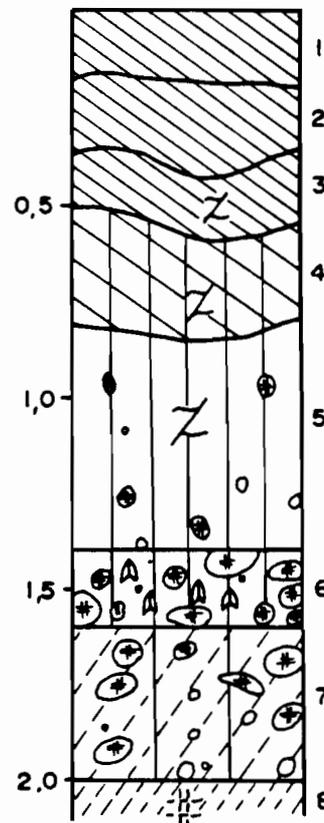
HORIZON 8 : 200 - 210 cm+

dénomination de l'horizon : horizon

d'altération, croûte calcaire :  $BC_{Ca}$

ALLOTERITE 1 ; FRAGISTERITE 1

LEP 12



VERTISOL à gypse, à infrasol rouge sur croûte calcaire meuble

NUMERO DU PROFIL	LEP 12	LEP 12					
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-60	60-80	80-140	140-160	160-200
-----							
GRANULOMETRIE %							
Refus							
argile	42,1	40,5	50,3	58,3	62,9	30,4	44,1
limon fin	16,1	18,5	14,5	14,6	14,6	33,2	14,0
limon grossier	4,9	6,1	4,5	4,2	5,1	14,8	5,3
sable fin	8,2	9,4	7,2	8,3	8,2	8,3	8,8
sable grossier	25,3	23,5	23,0	14,3	10,2	14,3	21,8
-----							
EAU DU SOL %							
Humidité à 105°C (%)							
pF 2,5	28,7	28,6	40,1	44,6	45,6	27,0	
pF 4,2	20,4	18,8	22,5	25,5	27,6	13,1	
-----							
pH H <sub>2</sub> O	7,2	7,6	8,2	8,3	8,1	8,1	
pH KCl	6,1	6,6	6,8	7,0	7,1	7,4	
-----							
MATIERE ORGANIQUE							
C%	2,61	1,69	1,01	0,48			
N%	0,207	0,121	0,111	0,062			
C/N	12,6	14,0	9,1	7,7			
M.O. %	4,5	2,9	1,7	0,8			
-----							
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)							
Ca <sup>++</sup>	28,0	23,9	27,2	26,1	30,4	18,6	
Mg <sup>++</sup>	5,5	3,77	6,27	7,53	10,2	4,56	
K <sup>+</sup>	1,04	0,22	0,28	0,37	0,45	0,14	
Na <sup>+</sup>	0,13	0,82	2,86	5,45	9,74	5,06	
S Somme des cations	34,67	28,71	36,61	39,45	50,79	28,36	
T Capacité d'échange	36,0	31,6	37,0	35,7	40,3	16,4	
V (S/T) Taux de saturation %	96	91	99	SAT	SAT	SAT	
-----							
CO <sub>3</sub> %			0,9	0,9	2,8	38,2	58,4
-----							

NUMERO DU PROFIL	LEP 12					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-60	60-80	80-140	140-
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
Na <sup>+</sup> /T (%)	0,36	2,59	9,05	15,27	24,17	30,85
Ca <sup>++</sup> /T (%)	77,78	75,63	86,08	73,11	75,43	113,41
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	5,09	6,34	4,34	3,47	2,98	4,08
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	83,26	83,89	74,87	66,79	60,39	65,91
Mg <sup>++</sup> (%)	16,35	13,23	17,26	19,27	20,26	16,16
Na <sup>+</sup> (%)	0,39	2,88	7,87	13,95	19,35	17,93
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)				0,63	2,75	4,36
pH				5,9	5,8	5,6
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>				0,11	0,96	5,92
Mg <sup>++</sup>				0,04	0,32	1,32
K <sup>+</sup>				<0,01	0,01	0,02
Na <sup>+</sup>				1,24	4,29	4,11
Somme des cations				1,40	5,58	11,37
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>				1,31	5,35	10,88
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,57	3,95	1,98
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,40	1,10	8,78
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,34	0,30	0,12
Rapports ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				-0,67	-0,34	-2,13
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				0,29	0,14	2,86
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				2,75	3,0	4,5
-----						

**PROFIL : LEP 13****HORIZON 1** : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/1 gris très foncéStructure : anguclide de 0,1 à 1,0 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité faible : pores fins moyens et fins tubulairesConsistance : sec, meuble, non fragile

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Transition : distincte, régulière, ondulée**HORIZON 2** : 15 - 35 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4

Couleur : 7,5 YR 3/1 brun foncéStructure : anguclide 1, de 1 à 5 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes quelconques de 0,1 à 0,3 cm, débutant et traversant l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : frais, assez cohérent, agrégats peu friables

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 35 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : AB<sub>1</sub>

STRUCTICHRON 1, HUMITE 2, Vertichron 3 ; Humite 4 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 3/2 brun gris très foncéStructure : anguclide 1, 1 à 15 cm ; prismoclide 3, 10 à 40 cm ; pauciclide 4, mésosfaces luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides faibles, larges fentes verticales, traversant l'horizon, de 1 à 3 cm d'écart, fentes quelconques, limitées à l'horizon, 0,1 à 0,3 cm ; porosité très faibleConsistance : frais, cohérent, agrégats rigides, non friables

Bioféron : métatubules humiques 10 YR 3/1 gris très foncé ; orthotubules humiques

Humite : en trainées verticales liées aux vides et aux faces structurales, de 1 à 5 cm de large, 10 YR 3/1 gris très foncé

Transition : nette, irrégulière**HORIZON 4** : 70 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral structuré coloré à tendance verticale : BV VERTICHRON 1, STRUCTICHRON 2 ; Humite 4 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5Couleur : 10 YR 5/6, brun jaunâtreStructure : anguclide 1, sphénoclide 2, de 5 à 30 cm, méso et macrofaces luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides faible, fentes verticales et obliques, s'arrêtant dans l'horizon, de 1 à 3 cm d'écart, nombreuses fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,3 cm ; porosité très faibleConsistance : frais, très cohérent, agrégats rigides non friables

Humite : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 10 YR 3/1 et 10 YR 3/2 gris et brun gris très foncé

Bioféron : métatubules humiques, 10 YR 3/1 gris très foncé ; orthotubules

Lapidon : microrudite arrondi, nodules carbonatés

Transition : progressive, régulière**HORIZON 5** : 110 - 160 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral structuré coloré bicolore, à tendance verticale et hydromorphe à gypse : BV<sub>g</sub> gy<sub>1</sub> STRUCTICHRON 1, vertichron 4 ; Réducton 3 ; Séméton 3Couleur : trainées réticulées, 1 : 10 YR 5/6 brun jaunâtre ; 1, 10 R 4/6 rougeStructure : pauciclide 1, méso et macrofaces, parfois luciques et striéesTexture : ArgileuxPorosité : très faible à nulleConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Réducton : localisé sur les faces structurales et autour des fentes, 5 Y 7/2, gris clair

Séméton : crystallarias de gypse, de 1 à 2 cm, de forme sub-lenticulaire à automorphe, de teinte rouge au coeur et beige en périphérie, le plus souvent verticales

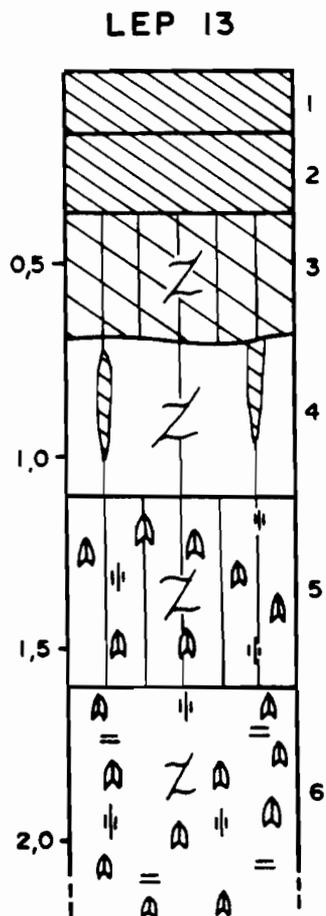
Transition : progressive, régulière**HORIZON 6** : 160 - 200+ cmdénomination de l'horizon : horizon minéral structuré coloré bicolore hydromorphe, à tendance verticale, à gypse : BV<sub>g</sub> gy<sub>2</sub> OXYDON 1, REDUCTON 2, Vertichron 5 ; Séméton 3Couleur : Oxydon : trainées réticulées, 10 R 4/6 rouge ; Réducton 5 Y 7/2, gris clairStructure : pauciclide 1, méso et macrofaces, parfois luciques et striées

Texture : Argileux

Porosité : très faible à nulle

Consistance : humide, assez cohérent,  
plastique, collant

Séméton : cristaux de gypse, de 2 à  
3 cm, de forme sub-lenticulaire à automorphe,  
de teinte rouge au cœur et beige en  
périphérie, le plus souvent verticales



VERTISOL à gypse, à infrasol bariolé et rouge sur croûte calcaire meuble

NUMERO DU PROFIL	LEP 13	LEP 13				
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-70	70-110	110-160	160-200+
-----						
GRANULOMETRIE %						
Refus						
argile	59,2	61,5	69,3	66,7	68,4	78,0
limon fin	14,6	14,5	12,1	12,1	13,1	9,4
limon grossier	4,8	5,2	4,0	4,0	4,2	3,6
sable fin	13,0	11,8	10,0	11,0	9,9	7,8
sable grossier	1,8	2,0	2,8	4,8	3,6	1,4
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)						
pF 2,5	40,8	38,7	42,2	44,0	46,9	47,1
pF 4,2	26,0	24,3	26,7	26,6	26,7	27,1
-----						
pH H <sub>2</sub> O	7,3	6,9	7,3	7,6	7,3	6,6
pH KCl	6,4	5,7	6,5	6,7	6,6	5,8
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	4,21	2,30	1,12	0,26		
N%	0,293	0,187	0,130	0,035		
C/N	14,4	12,3	8,6	7,4		
M.O. %	7,3	4,0	1,9	0,4		
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)						
Ca <sup>++</sup>	30,6	29,3	28,5	27,2	26,7	26,6
Mg <sup>++</sup>	8,11	6,35	5,86	6,78	7,45	7,18
K <sup>+</sup>	1,76	0,64	0,37	0,34	0,35	0,35
Na <sup>+</sup>	0,69	1,74	4,57	7,11	6,43	6,29
S Somme des cations	41,16	38,03	39,30	41,43	40,93	40,42
T Capacité d'échange	42,2	37,6	36,7	34,7	34,6	32,3
V (S/T) Taux de saturation %	97	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
-----						
CO <sub>3</sub> %			0,61	1,64	2,98	7,31
-----						

NUMERO DU PROFIL	LEP 13	LEP 13				
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-70	70-110	110-160	160-200+
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,84	4,63	12,45	20,49	18,58	19,47
Ca <sup>++</sup> /T (%)	81,38	77,93	77,66	78,39	77,17	82,35
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,77	4,61	4,86	4,01	3,58	3,70
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	77,66	78,36	73,21	66,20	65,80	66,38
Mg <sup>++</sup> (%)	20,58	16,98	15,05	16,50	18,36	17,92
Na <sup>+</sup> (%)	1,75	4,65	11,74	17,30	15,85	15,70
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)			1,03	2,58	4,37	4,30
pH			5,8	5,6	5,4	5,0
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>			0,36	1,49	7,32	7,20
Mg <sup>++</sup>			0,08	0,35	1,39	1,54
K <sup>+</sup>			<0,01	<0,01	0,02	0,03
Na <sup>+</sup>			1,59	3,68	4,36	4,32
Somme des cations			2,04	5,52	13,09	13,09
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>			2,08	5,09	11,55	11,70
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			1,51	3,50	2,37	1,80
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			0,35	1,55	9,11	9,86
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0,22	0,09	0,07	0,04
Rapports ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>			-0,08	-0,18	-1,99	-2,52
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>			-0,01	0,06	1,79	2,66
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>			4,5	4,2	5,2	4,6
-----						

**PROFIL : LEP 20****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 3 ; Rhizagé 4

Couleur : 5 YR 3/3, brun rouge foncéStructure : anguclide nette de 0,3 à 1 cm de longTexture : argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité faible, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, meuble à cohérent, agrégats plastiques, non collants

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : micro et mésorudite anguleux, litho et altélithoreliques de calcofragistérite

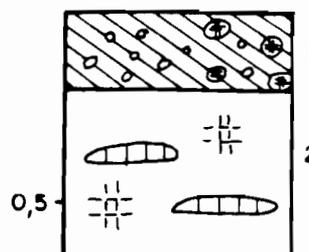
Transition : nette, régulière**HORIZON 2** : 20 - 60 cm+dénomination de l'horizon : croûte calcaire friable, altérée : C<sub>Ca</sub>

CALCOFRAGISTERITE 1 ; Structichron 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 5 YR 7/2, gris roséStructure : amérodeTexture : SableuxPorosité : porosité moyenne, pores très fins et fins tubulairesConsistance : sec, très cohérent, agrégats non fragiles

Structichron : en raies horizontales et obliques, de 1 à 3 cm de large, à bords très nets, 2,5 YR 3/4, brun rouge foncé

**LEP 20**

CALCAROSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 20	LEP 20
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-20	20-60
-----		
GRANULOMETRIE %		
Refus		
argile	40,6	
limon fin	13,0	
limon grossier	3,6	
sable fin	9,1	
sable grossier	27,2	
-----		
EAU DU SOL %		
Humidité à 105°C (%)		
pF 2,5	31,9	
pF 4,2	22,3	
-----		
pH H <sub>2</sub> O	7,9	
pH KCl	7,2	
-----		
MATIERE ORGANIQUE		
C%	3,984	
N%	0,329	
C/N	12,1	
M.O. %	6,9	
-----		
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)		
Ca <sup>++</sup>	38,1	
Mg <sup>++</sup>	2,28	
K <sup>+</sup>	0,77	
Na <sup>+</sup>	0,15	
S Somme des cations	41,30	
T Capacité d'échange	33,2	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	
-----		
CO <sub>3</sub> %	11,0	48,4
-----		

NUMERO DU PROFIL	LEP 20	LEP 20
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-20	20-60

---

## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,45
Ca <sup>++</sup> /T (%)	114,76
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	17,24

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	94,17
Mg <sup>++</sup> (%)	5,46
Na <sup>+</sup> (%)	0,37

---

**PROFIL : LEP 21****HORIZON 1** : 0 - 20, 25 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 2,5/2 brun rouge foncéStructure : grumo-anguclode de 0,1 à 0,8 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité assez importante : pores non visiblesConsistance : frais, meuble, semi-rigide, peu plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ou de calcostérite

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère d'apport colluvial sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1, ENTAFERON 2 ; Bioféron 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 3/2 brun rouge foncéStructure : anguclode 1, de 1 à 2 cmTexture : Argilo-sableuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales débutant dans l'horizon et le traversant, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,3 cm ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : frais, assez cohérent, agrégats semi-rigides peu plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Entaféron : micro 1 et mésorudite 4 émoussé, lithoreliques arrondis de calcaire gréseux, lithoreliques anguleux de calcostérite

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère, d'apport colluvial : A<sub>3</sub>

HUMITE 1, ENTAFERON 2 ; Bioféron 3 ;

Séméton 5

Couleur : 7,5 YR 3/2 brun foncéStructure : anguclode 1, de 2 à 5 cm ; prismoclude 3, 3 à 15 cm ;Texture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides faibles, fentes verticales limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,3 cm ; porosité moyenne, pores fins et moyens, tubulairesConsistance : frais, cohérent, agrégats semi-rigides, peu friables

Entaféron : lutite 1, arenite 4, microrudite 5 : altélithoreliques arrondis de calcaire gréseux, lithoreliques de calcostérite

Bioféron : orthotubules

Séméton : pseudomycélium de carbonates sur les faces verticales

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 70 - 90 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral : AB<sub>1</sub> STRUCTICHRON 1, HUMITE 2, Vertichron 4 ;

Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 3/3 brun rouge foncéStructure : anguclode 1, prismoclude 3, 3 à 10 cm; pauciclude 4, mésosfaces luisantes et striéesTexture : Argilo-sableuxPorosité : volume des vides faibles, fentes la plupart verticales ou obliques, quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,3 cmConsistance : frais, cohérent, agrégats semi-rigides à très peu friables

Bioféron : métatubules humiques 7,5 YR 3/2 brun foncé ; orthotubules

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés arrondis

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 90 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition minéral et coloré, horizon d'altération : BCCa

STRUCTICHRON 1, Altérite 3 ; Lapidon 5 ;

Séméton 5

Couleur : 2,5 YR 3/4, brun rouge foncéStructure : pauciclude, micro et mésosfacesTexture : Limono-sablo-argileuxPorosité : volume des vides très faible à nul ; porosité faible, pores très fins et fins tubulairesConsistance : frais, cohérent, friable

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux ; microrudite, nodules carbonatés arrondis

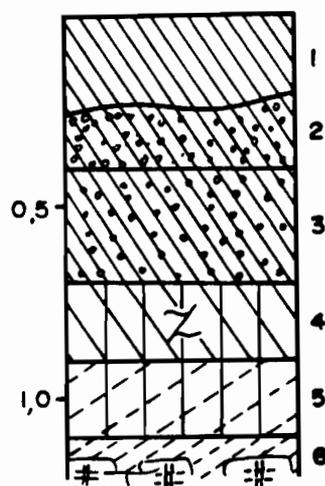
Séméton : rares volumes pulvérulents carbonatés de 1 à 2 cm de diamètre

Transition : progressive, régulière**HORIZON 6** : 110 - 120 cm+dénomination de l'horizon : Altération de calcaire : C<sub>Ca</sub>

ALTERITE 1

NUMERO DU PROFIL	LEP 21					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-70	70-90	90-110	110-120+
<b>GRANULOMETRIE %</b>						
Refus						
argile	41,5	43,1	44,2	52,9	23,0	
limon fin	10,7	13,3	12,1	11,6	9,9	
limon grossier	3,7	4,3	4,5	4,1	4,3	
sable fin	9,7	10,8	10,2	8,1	17,3	
sable grossier	29,4	26,4	26,9	20,1	46,3	
<b>EAU DU SOL %</b>						
Humidité à 105°C (%)						
pF 2,5	32,9	29,3	29,1	35,3	16,3	
pF 4,2	23,0	19,3	18,8	22,2	9,9	
<b>pH H<sub>2</sub>O</b>						
pH H <sub>2</sub> O	7,9	8,3	8,0	8,1	8,7	
<b>pH KCl</b>						
pH KCl	7,2	7,3	7,1	7,2	7,5	
<b>MATIERE ORGANIQUE</b>						
C%	4,41	1,84	1,34	0,68		
N%	0,377	0,174	0,147	0,121		
C/N	11,7	10,6	9,1	5,6		
M.O. %	7,6	3,2	2,3	1,2		
<b>COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH<sub>4</sub>Cl à pH7)</b>						
Ca <sup>++</sup>	33,8	34,9	33,2	35,5	22,0	
Mg <sup>++</sup>	5,06	2,68	2,70	4,34	2,32	
K <sup>+</sup>	2,41	0,66	0,32	0,29	0,11	
Na <sup>+</sup>	0,41	0,95	1,72	3,89	2,33	
S Somme des cations	41,66	39,19	37,94	44,02	26,76	
T Capacité d'échange	35,5	30,9	31,5	35,7	17,9	
V (S/T) Taux de saturation % SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	
CO <sub>3</sub> %	3,7	4,1	1,5	3,6	19,4	15,0

## LEP 21



BRUNISOL colluvial sur calcaire gréseux

NUMERO DU PROFIL	LEP 21					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-70	70-90	90-110	110-120+
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,15	3,07	5,46	10,90	13,02	
Ca <sup>++</sup> /T (%)	95,21	112,94	105,40	99,44	122,91	
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	6,68	13,02	12,30	8,18	9,48	
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	86,07	90,58	88,25	81,18	82,55	
Mg <sup>++</sup> (%)	12,89	6,96	7,18	9,92	8,71	
Na <sup>+</sup> (%)	1,04	2,47	4,57	8,90	8,74	
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)		0,32	0,46	1,33	0,51	
pH				5,9	6,3	
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>				0,94	0,29	
Mg <sup>++</sup>				0,13	0,06	
K <sup>+</sup>				<0,01	<0,01	
Na <sup>+</sup>				1,70	0,89	
Somme des cations				2,78	1,24	
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>				2,05	1,12	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				1,44	0,34	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,41	0,45	
Rapports ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				-0,26	-0,55	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				-0,53	-0,16	
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				7,2	4,8	
-----						

**PROFIL : LEP 22****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon desurface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Rhizagé 4

Couleur : 5 YR 3/2 brun rouge foncéStructure : grumo-anguclode de 0,1 à 0,2 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides important

d'entassement ; porosité moyenne : pores

moyens et grossiers tubulaires

Consistance : humide, meuble, peu plastique,

non collant

Transition : progressive, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40, 55 cmdénomination de l'horizon : horizon humifèresous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Rhizagé 4

Couleur : 5 YR 3/2 brun rouge foncéStructure : anguclode 1, de 1 à 2 cm ;

prismoclude 3, 3 à 10 cm

Texture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important,

fentes verticales de 0,1 à 0,5 cm, débutant

dans l'horizon ; porosité assez faible :

pores fins moyens et grossiers tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent,

agrégats peu friables à friables

Transition : progressive, irrégulière**HORIZON 3** : 55 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon detransition humifère et minéral : AB<sub>1</sub>

HUMITE 1, STRUCTICHRON 2 ; Bioféron 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 3/3 brun rouge foncéStructure : anguclode 1, prismoclude 3, 5 à

10 cm

Texture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides faibles, fentes

verticales ou obliques, traversant l'horizon,

de 0,1 à 1,5 cm ; quelconques, limitées à

l'horizon, &lt;0,1 cm ; porosité faible, pores

fins moyens et grossiers tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent,

agrégats peu friables à friables

Bioféron : métatubules humiques 5 YR 3/2 brun

rouge foncé ; orthotubules

Lapidon : microrudite émoussé,

altélithoreliques de silice

Transition : progressive, régulière**HORIZON 4** : 70 - 120 cm

(échantillon 224 et 225)

dénomination de l'horizon : horizon detransition humifère et minéral : AV<sub>1</sub>

STRUCTICHRON 1, Vertichron 3 ; Bioféron 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 2,5 YR 3/4 rouge foncéStructure : pauciclude 1, micro, mésofaces et

macrofaces luisantes et striées ;

anguclode 3, prismoclude 3, 1 à 5 cm

Texture : Argilo-sableuxPorosité : volume des vides faibles, fentes

la plupart verticales ou obliques, se

terminant dans l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ;

fentes quelconques, limitées à l'horizon,

&lt;0,1 cm ; porosité faible, pores fins moyens

et grossiers tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, agrégats

rigides non friables

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques

siliceux ; micro, mésorudite, nodules

carbonatés arrondis

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 120 - 130 cm

échantillon 226

dénomination de l'horizon : horizon de

transition d'altération : BC

ALLOTÉRITE 1 ; Structichron 3

Couleur : 2,5 YR 3/4, brun rouge foncéStructure : amérodeTexture : Sablo-argileuxPorosité : volume des vides moyen,

intergranulaire ; porosité assez importante

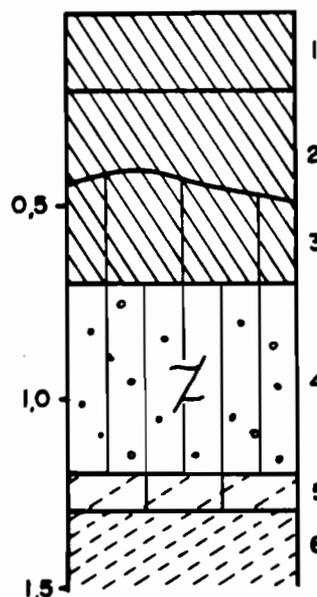
fine, pores tubulaires fins

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu

plastique non collant

Transition : nette, très irrégulière**HORIZON 6** : 130 - 140 cm+dénomination de l'horizon : horizond'altération de calcaire gréseux : C<sub>Ca</sub>

ALTERITE

**LEP 22**

BRUNISOL colluvial sur calcaire gréseux

NUMERO DU PROFIL	LEP 22	LEP 22				
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-55	55-70	70-120	120-130	130-140+
<b>GRANULOMETRIE %</b>						
Refus						
argile	45,8	47,2	51,8	52,5	43,7	12,1
limon fin	13,7	14,3	12,3	12,4	14,5	5,2
limon grossier	5,5	5,6	4,8	4,6	4,8	3,6
sable fin	10,1	10,7	8,7	9,2	10,6	17,9
sable grossier	19,5	20,5	20,2	19,2	25,7	60,1
<b>EAU DU SOL %</b>						
Humidité à 105°C (%)						
pF 2,5	31,4	29,2	34,7	35,1	30,6	14,0
pF 4,2	21,7	20,5	22,4	22,3	19,6	9,3
pH H <sub>2</sub> O	7,0	8,1	8,2	8,4	8,2	8,7
pH KCl	6,1	7,1	6,7	7,2	7,1	7,6
<b>MATIERE ORGANIQUE</b>						
C%	3,08	1,39	0,73	0,24		
N%	0,262	0,137	0,100	0,055		
C/N	11,8	10,1	7,3	4,4		
M.O. %	5,3	2,4	1,3	0,4		
<b>COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH<sub>4</sub>Cl à pH7)</b>						
Ca <sup>++</sup>	33,0	33,4	29,7	28,7	25,2	22,0
Mg <sup>++</sup>	4,79	3,29	6,09	7,53	7,33	5,36
K <sup>+</sup>	1,11	0,30	0,28	0,24	0,24	0,12
Na <sup>+</sup>	0,21	0,73	2,16	3,45	4,45	3,19
S Somme des cations	39,11	37,69	38,23	39,92	37,22	30,67
T Capacité d'échange	36,8	32,2	33,5	33,5	34,8	23,6
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
CO <sub>3</sub> %	0,9	3,1	0,1	0,5	1,6	1,3

NUMERO DU PROFIL	LEP 22	LEP 22				
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-55	55-70	70-120	120-130	130-140+

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,57	2,27	6,45	10,30	12,79	13,52
Ca <sup>++</sup> /T (%)	89,67	103,73	88,66	85,67	72,41	93,22
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	6,89	10,25	4,88	3,81	3,44	4,10

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	86,84	89,33	78,26	72,33	68,14	72,01
Mg <sup>++</sup> (%)	12,61	8,72	16,05	18,98	19,82	17,55
Na <sup>+</sup> (%)	0,55	1,95	5,69	8,69	12,03	10,44

-----

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)	0,40	0,75
pH		6,2

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,19
Mg <sup>++</sup>	0,07
K <sup>+</sup>	<0,01
Na <sup>+</sup>	1,32
Somme des cations	1,58

Somme des anions	0,80
Cl <sup>-</sup>	0,35
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,21
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,24

Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,97
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,16
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	2,7

-----

**PROFIL : LEP 23****HORIZON 1** : 0 - 20, 25 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 3/2 brun rouge foncéStructure : anguclide de 0,1 à 0,5 cmTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité moyenne : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : frais, meuble, friable, peu plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de siliceux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20, 25 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 3/3 brun rouge foncéStructure : anguclide 1, de 0,1 cm ; anguclide 3, 3 à 10 cmTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important, fentes verticales de 0,1 à 0,5 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques de 0,1 à 0,3 cm, limitées à l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats plastiques, peu collants

Bioféron : métatubules, 5 YR 3/2 brun rouge foncé ; orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère et minéral à tendance verticale : AB<sub>v1</sub>

STRUCTICHRON 1, VERTICHRON 2, humite 3 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 YR 3/4 brun rouge foncéStructure : pauciclude 1, anguclide 3, de 3 à 10 cm, mésoclude 1, faces luisantes et striées ; prismoclude 3, de 5 à 15 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides faible, fentes verticales de 0,1 à 0,8 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques de 0,1 à 0,3 cm, limitées à l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, cohérent, agrégats plastiques, collants

Bioféron : métatubules humiques 7,5 YR 3/1 brun foncé ; orthotubules humiques

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux ; mésorudite : nodules et septerias arrondis carbonatés, mégarudite arrondi de calcaire gréseux

Transition : progressive, régulière**HORIZON 4** : 70 - 90 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Humite 5 ; Rhizagé 5 ;

Lapidon 5

Couleur : 5YR 4/4, brun rougeStructure : sphénoclude, 1 à 10 cm, mésoclude 3, de 5 à 15 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides faible, fentes verticales de 0,1 à 0,8 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques de 0,1 à 0,3 cm, limitées à l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, cohérent, plastique peu collant

Humite : en traînées verticales très nettes, associées aux fentes, 5 YR 3/1 gris très foncé

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux ; mésorudite : nodules et septerias arrondis carbonatés, mégarudite arrondi de calcaire gréseux

Transition : peu nette, irrégulière**HORIZON 5** : 90 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon verticale : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 5 ; Rhizagé 5 ;

Lapidon 4

Couleur : 5 YR 4/4, brun rougeStructure : sphénoclude 1, de 2 à 15 cm, faces luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, fentes obliques et quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, porosité très faibleConsistance : humide, cohérent, plastique, peu collantSéméton : ponctuations de MnO<sub>2</sub> en plages diffuses associées aux dendrites ; cristallarias de gypse lenticulaire de 0,1 à 0,3 cm

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés arrondis

Transition : nette, très irrégulière

HORIZON 6 : 110 - 130 cm

dénomination de l'horizon : Horizon d'apport colluvial 7, altération liée à ces apports colluviaux de gros blocs de calcaire

gréseux : C<sub>Ca</sub>

ENTAFERON 1, ALTERITE 3

Structure : amérode

Texture : sableuse

Porosité : forte, intergranulaire

Consistance : frais, meuble, friable

Entaféron : mégarudite de calcaire gréseux, microrudite et arénite liée à l'altération de la mégarudite

Transition : distincte, irrégulière

HORIZON 7 : 130 - 145 cm

dénomination de l'horizon : horizon d'altération de croûte calcaire : BC<sub>Ca</sub>  
ALLOTÉRITE 1 Structichron 3 ; Séméton 3

Couleur : 5 YR 4/4, brun rouge

Structure : amérode

Texture : Limono-argilo-sableux

Porosité : forte, pores tubulaires fins et moyens

Consistance : frais, meuble, très friable

Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire < 0,2 cm, de teinte rougâtre ; dendrites et ponctuations très disséminées

Transition : progressive, régulière

HORIZON 8 : 145 - 210 cm+

dénomination de l'horizon : horizon d'altération, croûte calcaire : C<sub>Ca</sub>  
ALLOTÉRITE 1 ; FRAGISTERITE 1

Couleur : réticulée de 5 YR 4/4 brun rouge à 7,5 YR 5/8 jaune rougeâtre, 5 YR 7/6 jaune rougeâtre

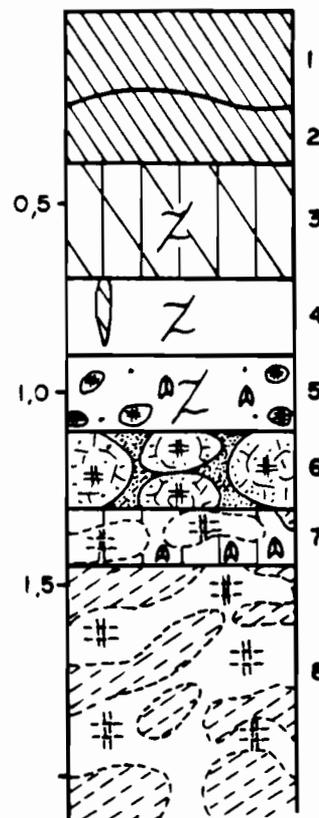
Structure : amérode

Texture : limoneux

Porosité : très forte, tubulaire et vésiculaire, fine et moyenne

Consistance : frais, très meuble, très friable

## LEP 23



VERTISOL à gypse, à infrasol rouge sur croûte calcaire meuble

NUMERO DU PROFIL	LEP 23	LEP 23	LEP 23					
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-70	70-90	90-110	110-130	130-145	145-210+
-----								
GRANULOMETRIE %								
Refus								
argile	40,6	52,5	55,9	60,6	60,0	35,7		
limon fin	18,1	15,1	16,0	15,2	15,5	11,8		
limon grossier	6,1	4,8	5,1	4,7	4,6	5,0		
sable fin	9,8	8,5	7,8	7,3	7,6	14,1		
sable grossier	22,8	17,0	13,7	11,8	12,8	33,0		
-----								
EAU DU SOL %								
Humidité à 105°C (%)								
pF 2,5	26,9	36,3	40,5	39,7	35,7	25,9		
pF 4,2	18,9	22,8	23,7	24,9	24,4	16,3		
-----								
pH H <sub>2</sub> O	6,5	7,6	8,1	8,1	7,7	7,9		
pH KCl	5,8	6,4	7,0	6,9	6,9	7,2		
-----								
MATIERE ORGANIQUE								
C%	2,29	0,88	0,32	0,20				
N%	0,185	0,105	0,049	0,037				
C/N	12,4	8,4	6,5	5,4				
M.O. %	3,9	1,5	0,6	0,3				
-----								
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)								
Ca <sup>++</sup>	25,0	31,2	34,1	33,2	32,6	25,7		
Mg <sup>++</sup>	5,82	6,23	7,17	7,43	7,56	6,97		
K <sup>+</sup>	0,58	0,29	0,25	0,30	0,26	0,20		
Na <sup>+</sup>	0,35	1,03	1,60	2,68	3,21	3,47		
S Somme des cations	31,75	38,75	43,12	43,61	43,63	36,34		
T Capacité d'échange	32,0	36,2	39,3	42,5	38,8	31,1		
V (S/T) Taux de saturation %	99,2	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT		
-----								
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %								
Perte au feu	8,71	8,25	7,15	7,28	7,15	7,99	33,87	39,46
Résidu	46,40	37,98	36,80	34,32	31,62	36,84	4,42	1,84
SiO <sub>2</sub>	24,78	28,48	30,80	31,94	28,88	24,60	11,22	4,58
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,71	12,55	12,04	12,44	10,73	10,07	4,09	1,77
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,32	7,72	7,57	7,83	6,91	7,91	2,48	0,95
MnO <sub>2</sub>	0,14	0,18	0,09	0,05	0,14	0,19	0,06	0,03
TiO <sub>2</sub>	0,52	0,61	0,51	0,55	0,67	0,65	0,24	0,16
CaO	1,08	1,13	1,30	1,31	4,92	5,90	43,60	50,31
MgO	1,34	1,36	1,48	1,89	1,55	1,97	0,78	0,41
K <sub>2</sub> O	0,74	0,36	0,59	0,62	0,59	0,60	0,14	0,05
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,08	0,09	0,11	0,15	0,17	0,06	0,02
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	4,8	3,9	4,3	4,3	4,6	4,1	4,6	4,4
-----								
CO <sub>3</sub> %				3,2	0,2	3,9	29,9	57,0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre (DEB) %	2,84	3,69	3,15	3,14	2,81	2,44	0,98	0,55
-----								

NUMERO DU PROFIL	LEP 23	LEP 23	LEP 23					
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-70	70-90	90-110	110-130	130-145	145-210+
-----								
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS								
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,09	2,85	4,07	6,31	8,27	11,16		
Ca <sup>++</sup> /T (%)	78,13	86,19	86,77	78,12	84,02	80,39		
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	4,30	5,01	4,76	4,47	4,31	3,59		
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables séché à l'air								
Ca <sup>++</sup> (%)	80,21	81,12	79,54	76,66	75,17	70,54		
Mg <sup>++</sup> (%)	18,67	16,20	16,72	17,16	17,43	19,67		
Na <sup>+</sup> (%)	1,12	2,68	3,73	6,19	7,40	9,79		
-----								
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2								
Résistivité (mS)				0,54	3,24	3,35	2,96	1,06
pH				5,8	6,2	6,4	6,5	6,3
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air éché à l'air								
Ca <sup>++</sup>				0,28	6,37	6,10	5,72	1,09
Mg <sup>++</sup>				0,07	1,22	1,50	1,36	0,34
K <sup>+</sup>				<0,01	0,02	0,02	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>				0,77	2,17	2,63	1,85	0,78
Somme des cations				1,12	9,78	10,25	8,95	2,22
Somme des anions								
Cl <sup>-</sup>				1,09	9,60	9,73	8,51	2,13
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,44	0,32	0,34	0,15	0,15
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,48	9,21	9,29	8,25	1,88
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,17	0,07	0,10	0,11	0,10
Rapports ioniques								
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				-0,33	-1,85	-2,29	-1,74	-0,63
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				0,20	2,84	3,19	2,53	0,79
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				4,0	5,2	4,1	4,2	3,2

**PROFIL : LEP 24****HORIZON 1** : 0 - 20 cm**dénomination de l'horizon** : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>**HUMITE 1** ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5**Couleur** : 5 YR 2,5/1 noir**Structure** : anguoclode de 1 à 5 cm**Texture** : Argilo-sableux**Porosité** : volume des vides faible, fentes de 0,1 à 0,5 cm, limitées à l'horizon ; porosité moyenne : pores fins moyens et grossiers tubulaires**Consistance** : peu humide, cohérent, rigide, peu friable**Bioféron** : orthotubules et copropèdes**Lapidon** : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux**Transition** : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cm**dénomination de l'horizon** : horizon humifère sous l'horizon de surface, à tendance verticale : A<sub>12</sub>**HUMITE 1**, Vertichron 4 ; Bioféron 4 ;

Rhizagé 4 ; Lapidon 5

**Couleur** : 5 YR 3/2 brun rouge foncé**Structure** : pauciclode, méso à macrofaces, parfois luisantes et striées**Texture** : Argilo-sableux**Porosité** : volume des vides peu important, fentes quelconques de 0,1 à 0,5 cm, traversant l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulaires**Consistance** : peu humide, cohérent, agrégats rigides, peu friables**Bioféron** : orthotubules et copropèdes humiques**Lapidon** : microrudite émoussé, altélithoreliques de calcaire gréseux**Transition** : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 55 cm**dénomination de l'horizon** : horizon de transition humifère et minéral à tendance verticale : AB<sub>v1</sub>**STRUCTICHRON 1**, Vertichron 3, Humite 4 ; Humite 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5**Couleur** : 5 YR 3/4 brun rouge foncé**Structure** : pauciclode 1, de 3 à 10 cm, mésolfaces luisantes et striées**Texture** : Argileux**Porosité** : volume des vides faible, fentes verticales ou obliques de 0,1 à 0,5 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques de 0,1 cm, limitées à l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulaires**Consistance** : peu humide, cohérent, agrégats rigides, non friables**Humite** : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 5 YR 3/2 brun rouge foncé**Lapidon** : microrudite anguleux, altélithoreliques de calcaire gréseux**Séméton** : ponctuations et volumes durcis de MnO<sub>2</sub>, <0,1 cm**Transition** : progressive, régulière**HORIZON 4** : 55 - 70 cm**dénomination de l'horizon** : horizon minéral verticale : V<sub>1</sub>**VERTICHRON 1**, **STRUCTICHRON 2** ; Humite 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 5

**Couleur** : 5YR 4/4, brun rouge**Structure** : pauciclode, de 3 à 10 cm, mésolfaces luisantes et striées ; prismoclode 3, de 5 à 15 cm**Texture** : Argileux**Porosité** : volume des vides faible, fentes verticales et obliques de 0,1 à 0,8 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques, < 0,1 cm, limitées à l'horizon ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulaires**Consistance** : peu humide, cohérent, agrégats rigides, non fragiles**Humite** : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 5 YR 3/2, brun rouge foncé**Lapidon** : microrudite anguleux, altélithoreliques siliceux**Transition** : distincte, régulière**HORIZON 5** : 70 - 90 cm**dénomination de l'horizon** : horizon structuré coloré à tendance verticale : B<sub>v2</sub>**STRUCTICHRON 1**, Vertichron 3 ; Humite 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 4

**Couleur** : 7,5 YR 5/4, brun**Structure** : pauciclode 1, micro, méso et macrofaces luisantes et peu striées**Texture** : Argileux**Porosité** : volume des vides très faible, fentes verticales et obliques de 0,1 à 0,8 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques, < 0,3 cm, limitées à l'horizon ; porosité très faible**Consistance** : peu humide, très cohérent, agrégats rigides, non fragiles**Humite** : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 5 YR 3/2, brun rouge foncé**Lapidon** : microrudite émoussé, lithoreliques de calcaire ; mésorudite, nodules carbonatés arrondis ; macro et mégarudite aplatis d'altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : distincte, régulière

HORIZON 6 : 90 - 110 cm

dénomination de l'horizon : horizon verticale réticulé : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1, OXYDON 1, REDUCTON 2 ; Séméton 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : Oxydon 1, 10 R 4/6, rouge ;

Réducton 2, 5 Y 6/3 à 7/3, olive à jaune pâle, en taches anastomosées réticulées

Structure : pauciclode 1, micro, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : Argileux

Porosité : volume des vides très faible, fentes limitées à l'horizon <0,1 cm, porosité très faible

Consistance : peu humide, cohérent, plastique, collant

Séméton : cristallarias de gypse lenticulaire de 0,1 à 0,3 cm

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux de calcaire ; macro et mégarudite aplatis d'altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : nette, très irrégulière

HORIZON 7 : 110 - 140 cm

dénomination de l'horizon : horizon verticale : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1, REDUCTON 1, Oxydon 3 ; Séméton 3 ; Lapidon 4

Couleur : Réducton 1 : 5 Y 6/3 à 7/3, olive à jaune pâle ; Oxydon 3, en taches anastomosées réticulées : 10 YR 5/8, brun jaunâtre

Structure : pauciclode 1, micro, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : Argileux

Porosité : volume des vides très faible, fentes limitées à l'horizon <0,1 cm, porosité très faible

Consistance : très humide, cohérent, plastique, collant

Séméton : cristallarias de gypse lenticulaire de 0,1 à 0,3 cm

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux de calcaire ; macro et mégarudite aplatis d'altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : nette, très irrégulière

HORIZON 8 : 140 - 150 cm

dénomination de l'horizon : horizon verticale : V<sub>3</sub>

VERTICHRON 1 ; Oxydon 3 ; Réducton 3 ; Séméton 3 ; Lapidon 4

Couleur : 5 YR 4/4, brun rouge

Structure : pauciclode 1, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : Argileux

Porosité : volume des vides très faible, fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,2 cm, porosité très faible

Consistance : humide, peu cohérent, plastique, collant

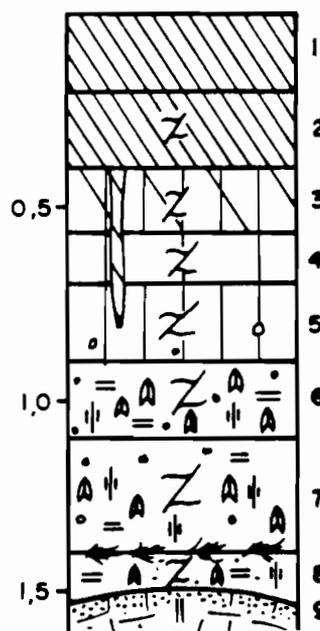
Séméton : cristallarias de gypse lenticulaire de 0,1 à 0,3 cm ; ponctuations de MnO<sub>2</sub> en plages diffuses associées aux dendrites

Lapidon : microrudite arrondi, concrétions noires de MnO<sub>2</sub>, de 0,1 à 0,8 cm ; macro et mégarudite aplatis d'altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : brutale, très irrégulière

150 cm+, niveaux à gros blocs de calcaire gréseux : mégarudites, altélithoreliques

## LEP 24



VERTISOL à gypse, à infrasol bariolé et rouge sur colluvions de calcaire gréseux

NUMERO DU PROFIL	LEP 24	LEP 24						
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-55	55-70	70-90	90-110	110-140	140-150
-----								
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS								
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,29	4,34	6,36	7,93	11,84	12,06	0,36	2,59
Ca <sup>++</sup> /T (%)	76,05	84,68	96,55	74,18	75,51	85,98	77,78	75,63
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,85	4,44	4,27	3,79	3,23	3,81	5,09	6,34
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables								
Ca <sup>++</sup> (%)	78,35	78,34	76,92	72,96	68,21	71,29	69,83	74,18
Mg <sup>++</sup> (%)	20,33	17,65	18,01	19,23	21,10	18,71	19,86	17,05
Na <sup>+</sup> (%)	1,33	4,01	5,07	7,80	10,69	10,00	10,31	8,76
-----								
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2								
Résistivité (mS)				0,42	3,07	4,04	3,93	3,30
pH				6,0	5,8	6,0	6,2	5,6
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air								
Ca <sup>++</sup>				0,12	3,65	7,28	7,28	7,38
Mg <sup>++</sup>				0,04	1,02	1,54	1,66	1,51
K <sup>+</sup>				<0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Na <sup>+</sup>				0,72	3,09	3,24	3,17	2,01
Somme des cations				0,89	7,77	12,08	12,31	10,92
Somme des anions								
Cl <sup>-</sup>				0,82	7,19	11,63	11,36	10,07
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,48	2,34	2,15	1,74	0,66
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,17	4,74	9,38	9,57	9,30
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,17	0,11	0,10	0,05	0,11
Rapports ioniques								
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				-0,24	-0,75	-1,09	-1,43	1,35
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				0,05	1,09	2,10	2,29	1,92
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				3,0	3,6	4,7	4,4	4,9
-----								

**PROFIL : LEP 25****HORIZON 1** : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>1</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 7,5 YR 3/2 brun foncéStructure : anguclide de 0,1 à 0,3 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité importante : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : frais, meuble, très friable, peu plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon structuré coloré, à tendance verticale : B<sub>v</sub>

STRUCTICHRON 1, Vertichron 3 ; Humite 4 ;

Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 6

Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtreStructure : anguclide 1, de 2 à 5 cm, pauciclude 3 méso à macrofaces, parfois luisantesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides peu important, fentes quelconques à verticales, de 0,1 à 1,5 cm, débutant dans l'horizon ; porosité moyenne : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, cohérent, agrégats plastiques, collants

Humite : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 5 YR 3/2, brun rouge foncé

Bioféron : métatubules, 5 YR 2,5/2, brun rouge foncé

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon verticale réticulé : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1, Structichron 4, Réducton 4 ;

Humite 5 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/6, brun jaunâtreStructure : sphénoclude 1, anguclide 2, de 3 à 15 cm, mésosfaces luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, fentes verticales et obliques de 0,1 à 1,0 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques, < 0,2 cm, limitées à l'horizon ; porosité très faibleConsistance : peu humide, cohérent, agrégats rigides non friables

Réducton : 2,5 Y 6/3 brun jaunâtre clair, en taches diffuses, peu nettes, de forme quelconque

Humite : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 7,5 YR 3/2, brun foncé

Bioféron : métatubules, 5 YR 2,5/2, brun rouge foncé

Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques siliceux de calcaire ; macro et mégarudite aplatis

d'altélithoreliques de calcaire gréseux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 70 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon verticale : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1, Oxydon 4 ; Humite 5 ;

Séméton 4 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 6/3 brun jaunâtre clairStructure : sphénoclude 1, méso et macrofaces luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, fentes verticales et obliques de 0,1 à 2,0 cm, traversant l'horizon ; porosité très faibleConsistance : peu humide, très cohérent, agrégats semi-rigides, non friables

Oxydon : en taches à bords peu nets, de forme quelconque, 7,5 YR 4/6 à 5 YR 5/6, brun vif à rouge jaunâtre

Humite : en trainées verticales très nettes, associées aux fentes, 7,5 YR 3/2, brun foncé

Séméton : cristallarias de gypse lenticulaire de 0,2 à 3 cm, bicolores, rouges au coeur et beige en périphérie

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 110 - 170 cmdénomination de l'horizon : horizon verticale : V<sub>3</sub>

VERTICHRON 1 REDUCTON 2, Oxydon 3 ;

Séméton 3 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur réticulée : Réducton 1 : 5 Y 7/3, jaune pâle ; Oxydon 3 : 10 R 4/6, rougeStructure : sphénoclude 1, micro, méso et macro et mégafaces luisantes et striéesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, fentes verticales et obliques de 0,1 à 1,0 cm, traversant l'horizon ; fentes quelconques, < 0,2 cm, limitées à l'horizon ; porosité très faibleConsistance : humide, cohérent, plastique, collant

Séméton : cristallarias de gypse lenticulaire de 0,2 à 3 cm, bicolores, rouges au coeur et beige en périphérie, orientés verticalement ou parallèlement aux faces structurales  
 Lapidon : macro et mégarudite arrondis d'altélithoreliques de calcaire gréseux  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 6 : 170 - 190 cm

dénomination de l'horizon : horizon

vertique : V<sub>4</sub>

VERTICHRON 1, REDUCTION 2, Oxydon 3 ;

Séméton 3 ; Lapidon 3, altérite 5

Couleur réticulée : Réducton 1 : 5 Y 7/3,

jaune pâle ; Oxydon 2 : 10 R 4/6, rouge

Structure : sphénoclode 1, micro, méso et macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : Argileux

Porosité : volume des vides très faible, fentes verticales et obliques < 0,2 cm, limitées à l'horizon ; porosité très faible

Consistance : peu humide, cohérent, plastique, non collant

Séméton : cristallarias 1, de gypse lenticulaire de 0,2 à 3 cm, bicolores, rouges au coeur et beige en périphérie, orientés verticalement ou parallèlement aux faces structurales ; dendrites 3, et volumes pulvérulents de MnO<sub>2</sub>

Lapidon : macro et mégarudite 1, arrondis d'altélithoreliques de calcaire gréseux ; arénite 4, en pellicule d'altération de 1 à 5 cm autour des éléments rudiques, de couleur 2,5 YR 3/4, brun rouge foncé

Transition : progressive, régulière

HORIZON 7 : 190 - 300 cm+

dénomination de l'horizon : horizon

vertique : V<sub>5</sub>

STRUCTICHRON 1, Vertichron 3 ; Séméton 3 ;

Réducton 5

Couleur 2,5 YR 3/3, brun rouge foncé

Structure : pauciclode 1, micro, méso et macro et mégafaces luisantes et striées

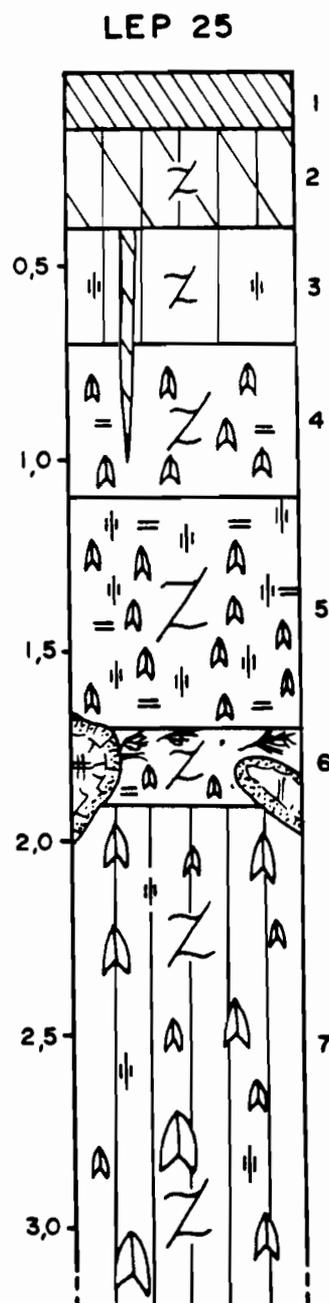
Texture : Argilo-sableux

Porosité : volume des vides très faible, fentes verticales et obliques < 0,2 cm, limitées à l'horizon ; porosité très faible

Consistance : sec, cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Séméton : cristallarias 1, de gypse lenticulaire agglomérés en "roses des sables" de 0,2 à 30 cm ; dendrites 3, et volumes pulvérulents de MnO<sub>2</sub>

Réducton : localisé aux alentours de certaines fentes verticales, à bords nets, 5 Y 6/3, olive pâle



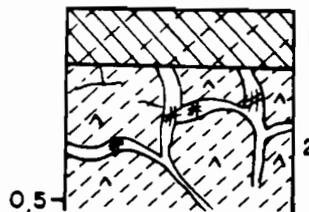
VERTISOL à gypse, à infrasol bariolé et rouge sur colluvions de calcaire gréseux

NUMERO DU PROFIL	LEP 25	LEP 25	LEP 25				
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-15	15-40	40-70	70-110	110-170	170-190	190-300+
<hr/>							
GRANULOMETRIE %							
Refus							
argile	42,9	63,1	66,5	65,7	75,7	59,1	45,6
limon fin	14,6	13,2	13,6	9,6	0,3	13,8	13,0
limon grossier	5,5	4,4	4,1	3,7	2,9	4,2	5,3
sable fin	8,3	6,6	6,1	6,3	6,8	7,9	11,8
sable grossier	21,0	10,4	8,8	14,3	15,0	16,6	23,5
<hr/>							
EAU DU SOL %							
Humidité à 105°C (%)							
pF 2,5	35,8	48,1	50,4	44,6	42,8	26,4	30,7
pF 4,2	27,8	33,0	34,4	30,2	28,8	26,4	18,8
<hr/>							
pH H <sub>2</sub> O	6,9	7,7	7,6	6,7	6,4	6,6	6,8
pH KCl	6,2	6,6	6,5	5,8	5,6	5,8	6,0
<hr/>							
MATIERE ORGANIQUE							
C%	6,08	0,35	0,19	0,13			
N%	0,401	0,039	0,029	0,020			
C/N	15,2	9,0	6,6	6,5			
M.O. %	10,5	0,6	0,3	0,2			
<hr/>							
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)							
Ca <sup>++</sup>	26,2	31,1	30,1	26,3	21,7	25,9	18,2
Mg <sup>++</sup>	7,24	9,08	10,2	9,36	9,82	11,6	9,33
K <sup>+</sup>	1,60	0,51	0,34	0,24	0,34	0,33	0,31
Na <sup>+</sup>	0,74	5,87	8,57	8,08	7,80	8,72	8,49
S Somme des cations	35,78	46,56	49,21	43,98	39,66	46,55	36,33
T Capacité d'échange	40,0	44,6	47,4	39,6	36,9	39,2	30,0
V (S/T) Taux de saturation %	89,5	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
<hr/>							
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %acide - %							
Perte au feu	15,26	7,53	7,22	7,49	6,77	8,81	5,76
Résidu	41,44	32,90	31,38	24,56	25,66	26,72	46,20
SiO <sub>2</sub>	23,76	33,40	33,84	28,18	28,64	27,24	23,70
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,16	12,44	13,86	11,42	11,98	11,58	9,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,11	7,89	7,96	6,44	6,19	6,25	6,34
MnO <sub>2</sub>	0,14	0,02	0,01	0,01	0,01	0,19	0,27
TiO <sub>2</sub>	0,48	0,61	0,57	0,71	0,69	0,70	0,63
CaO	1,39	1,06	1,14	9,30	8,23	7,88	1,88
MgO	1,21	1,29	1,27	1,04	1,07	1,16	1,22
K <sub>2</sub> O	0,73	0,58	0,49	0,41	0,44	0,48	0,50
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,19	0,28	0,24	0,24	0,27	0,29
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	4,9	4,5	4,1	4,2	4,1	4,0	4,2
<hr/>							
CO <sub>3</sub> %					0	0	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> libre (DEB) %	2,63	2,82	2,72	2,41	2,38	2,10	2,48
<hr/>							

NUMERO DU PROFIL	LEP 25	LEP 25	LEP 25				
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-15	15-40	40-70	70-110	110-170	170-190	190-300+
-----							
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS							
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,85	13,16	18,08	20,40	21,14	22,24	28,30
Ca <sup>++</sup> /T (%)	65,50	69,73	63,50	66,41	58,81	66,07	60,67
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,62	3,43	2,95	2,81	2,21	2,23	1,95
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables							
Ca <sup>++</sup> (%)	76,65	67,54	61,59	60,13	55,19	56,04	50,53
Mg <sup>++</sup> (%)	21,18	19,72	20,87	21,40	24,97	25,10	25,90
Na <sup>+</sup> (%)	2,17	12,75	17,54	18,47	19,84	18,87	23,57
-----							
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2							
Résistivité (mS)	0,85	1,51	2,98	5,08	5,28	5,01	5,04
pH	6,4	5,9	5,4	5,1	5,3	5,3	5,0
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air							
Ca <sup>++</sup>	1,08	0,70	1,71	7,43	7,18	6,96	6,24
Mg <sup>++</sup>	0,34	0,20	0,54	2,10	2,36	2,29	2,15
K <sup>+</sup>	0,11	0,02	0,01	0,03	0,04	0,04	0,05
Na <sup>+</sup>	0,43	2,20	4,35	6,08	5,73	5,30	5,74
Somme des cations	1,96	3,12	6,61	15,64	15,31	14,59	14,18
Somme des anions							
Cl <sup>-</sup>	1,73	3,01	6,27	14,63	14,39	13,88	13,49
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,08	1,55	3,73	4,61	3,30	2,58	1,98
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	1,06	1,36	2,48	9,99	11,04	11,26	11,46
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,59	0,10	0,06	0,03	0,05	0,04	0,05
Rapports ioniques							
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,35	-0,65	-0,62	-1,47	-2,43	-2,72	-3,76
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,02	0,66	0,77	2,56	3,86	4,30	5,22
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,2	3,5	3,2	3,5	3,0	3,0	2,9
-----							

**PROFIL : LEP 30****HORIZON 1** : 0 - 15 cm**dénomination de l'horizon** : horizon de surface humifère : A<sub>1</sub>**HUMITE 1** ; Altérite 4 ; Rhizagé 4**Couleur** : 10 YR 3/1, gris très foncé**Structure** : anguclide nette de 1 à 2 cm**Texture** : Limono-sablo-argileux**Porosité** : volume des vides important d'entassement ; porosité moyenne , pores fins, moyens et grossiers tubulaires**Consistance** : peu humide, assez cohérent, agrégats peu friables, rigides**Lapidon** : microrudite anguleuse, litho et altélithoreliques de calcopérostérite ; altélithoreliques de grauwacke**Transition** : nette, régulière**HORIZON 2** : 15 - 60 cm+**dénomination de l'horizon** : Altérite de roche associé à une croûte calcaire friable, altérée : RC<sub>Ca</sub>**ALTERITE 1, REGOLITE 2** ; Calcofragistérite 3

La présence de calcofragistérite est limitée aux fentes et diaclases de l'altérérolite

**LEP 30**

REGOSOL sur grauwackes

NUMERO DU PROFIL	LEP 30	LEP 30
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-15	15-60+
-----		
GRANULOMETRIE %		
Refus		
argile	41,4	
limon fin	19,0	
limon grossier	5,9	
sable fin	14,7	
sable grossier	16,4	
-----		
EAU DU SOL %		
Humidité à 105°C (%)		
pF 2,5	31,9	
pF 4,2	22,5	
-----		
pH H <sub>2</sub> O	8,1	
pH KCl	7,1	
-----		
MATIERE ORGANIQUE		
C%	2,55	
N%	0,208	
C/N	12,3	
M.O. %	4,4	
-----		
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)		
Ca <sup>++</sup>	47,0	
Mg <sup>++</sup>	1,73	
K <sup>+</sup>	0,77	
Na <sup>+</sup>	0,11	
S Somme des cations	49,61	
T Capacité d'échange	43,0	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	
-----		
CO <sub>3</sub> %	6,3	36,4
-----		

NUMERO DU PROFIL	LEP 30	LEP 30
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-15	15-60+

---

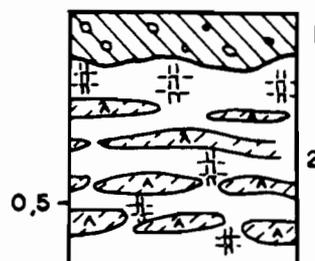
## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,26
Ca <sup>++</sup> /T (%)	109,30
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	27,17

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	96,23
Mg <sup>++</sup> (%)	3,54
Na <sup>+</sup> (%)	0,23

---

**PROFIL : LEP 31****HORIZON 1** : 0 - 10 cm**dénomination de l'horizon** : horizon de surface humifère : A<sub>1</sub>**HUMITE 1** ; Bioféron 3 ; Rhizagé 3 ; Lapidon 4**Couleur** : 10 YR 3/3, brun foncé**Structure** : anguclode nette de 0,2 à 0,8 cm**Texture** : Limono-sablo-argileux**Porosité** : volume des vides important d'entassement ; porosité moyenne , pores fins, moyens et grossiers tubulaires**Consistance** : sec, assez cohérent, agrégats peu friables, rigides**Bioféron** : orthotubules et copropèdes**Lapidon** : micro et mésorudite émoussé altélithoreliques de calcofragistérite ; altélithoreliques de grauwaque**Transition** : très nette, irrégulière**HORIZON 2** : 15 - 60 cm+**dénomination de l'horizon** : Isaltérite de roche associé à une croûte calcaire friable, altérée : RC<sub>Ca</sub>**ISALTERITE 1**, Calcofragistérite 3**Isaltérite** : de grauwaque à lumachelle  
**Calcofragistérite** entre les éléments de l'altérite, pseudomorphose de l'altérite  
**Calcopérostérite** aléatoire immédiatement sous l'horizon 1**LEP 31**

CALCAROSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 31	LEP 31
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-10	10-60+
-----		
GRANULOMETRIE %		
Refus		
argile	41,2	
limon fin	21,7	
limon grossier	5,2	
sable fin	11,8	
sable grossier	16,0	
-----		
EAU DU SOL %		
Humidité à 105°C (%)		
pF 2,5	29,4	
pF 4,2	18,7	
-----		
pH H <sub>2</sub> O	8,1	
pH KCl	7,2	
-----		
MATIERE ORGANIQUE		
C%	2,83	
N%	0,234	
C/N	12,1	
M.O. %	4,9	
-----		
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)		
Ca <sup>++</sup>	33,3	
Mg <sup>++</sup>	1,95	
K <sup>+</sup>	0,44	
Na <sup>+</sup>	0,13	
S Somme des cations	35,82	
T Capacité d'échange	27,5	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	
-----		
CO <sub>3</sub> %	25,7	
-----		

NUMERO DU PROFIL	LEP 31	LEP 31
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-10	10-60+

-----  
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,47
Ca <sup>++</sup> /T (%)	121,09
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	17,08

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	94,12
Mg <sup>++</sup> (%)	5,51
Na <sup>+</sup> (%)	0,37

  
-----

**PROFIL : LEP 32****HORIZON 1** : 0 - 17 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>1</sub>

HUMITE 1 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncéStructure : anguclide nette de 0,2 à 0,8 cmTexture : Limono-sablo-argileuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité moyenne, pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, meuble, agrégats très friables, non plastique, non collantBioféron : orthotubules et copropèdesLapidon : microrudite anguleuse, litho et altélithoreliques de calcopérostérite ;

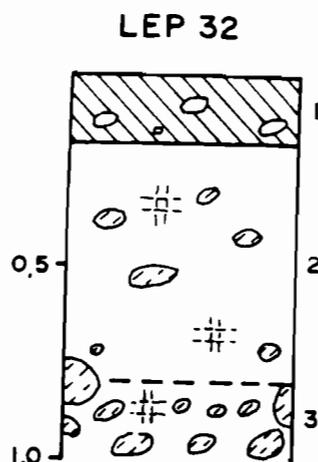
altélithoreliques de grauwaque

Transition : très nette, régulière**HORIZON 2** : 17 - 80 cmdénomination de l'horizon : croûte calcaire friable : C<sub>Ca</sub>

CALCOFRAGISTERITE 1 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 8/1 à 8/2, blancPorosité : assez poreux, pores fins et moyens tubulairesConsistance : sec, assez cohérent, par endroits, fortement induréLapidon : micro, macro et mégarudite : altélithoreliques de grauwaque lumachelliqueTransition : diffuse, régulière**HORIZON 3** : 80 - 100 cm+dénomination de l'horizon : croûte calcaire friable : C<sub>Ca</sub>

CALCOFRAGISTERITE 1 ; Lapidon 3

Couleur : 10 YR 7/6 à 8/4, brun très pâle à jaunePorosité : assez poreux, pores fins et moyens tubulairesConsistance : sec, meubleLapidon : micro, macro et mégarudite : altélithoreliques de grauwaque lumachellique

CALCAROSOL leptique sur croûte calcaire dure

NUMERO DU PROFIL	LEP 32	LEP 32
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-17	17-80
-----		
GRANULOMETRIE %		
Refus		
argile	41,0	
limon fin	18,9	
limon grossier	4,6	
sable fin	9,9	
sable grossier	19,1	
-----		
EAU DU SOL %		
Humidité à 105°C (%)		
pF 2,5	33,6	
pF 4,2	22,1	
-----		
pH H <sub>2</sub> O	8,0	
pH KCl	7,2	
-----		
MATIERE ORGANIQUE		
C%	4,01	
N%	0,319	
C/N	12,6	
M.O. %	6,9	
-----		
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)		
Ca <sup>++</sup>	36,2	
Mg <sup>++</sup>	2,71	
K <sup>+</sup>	0,85	
Na <sup>+</sup>	0,15	
S Somme des cations	39,91	
T Capacité d'échange	34,4	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	
-----		
CO <sub>3</sub> %	23,3	43,0
-----		

NUMERO DU PROFIL	LEP 32	LEP 32
HORIZON	1	2
PROFONDEUR en cm	0-17	17-80

---

## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,44
Ca <sup>++</sup> /T (%)	105,23
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	13,36

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	92,68
Mg <sup>++</sup> (%)	6,94
Na <sup>+</sup> (%)	0,38

---

**PROFIL : LEP 33****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>1</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode de 0,2 à 0,8 cmTexture : Limono-sablo-argileuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité moyenne , pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, meuble, friable, non plastiqueBioféron : orthotubules et copropèdes humiquesLapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques de grauwaqueTransition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 35 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère de transition : A<sub>2</sub>

HUMITE 1, Structichron 3 ; Bioféron 5 ;

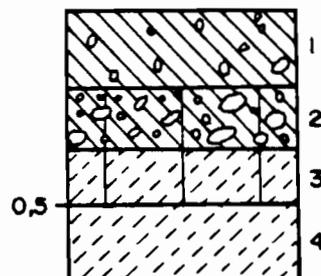
LAPIDON 2 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/3 brun vifStructure : anguclode 1, de 0,2 à 0,8 cmTexture : Sablo-limono-argileuxPorosité : volume des vides assez important d'entassement et autour des éléments grossiers ; porosité assez faible : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, assez meuble, agrégats friables, non plastiquesBioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncéLapidon : microrudite, altélithoreliques de grauwaquesTransition : progressive, irrégulière**HORIZON 3** : 35 - 50 cmdénomination de l'horizon : horizon d'altération : BC

ISALTERITE 1 ; Structichron 3 ; Rhizagé 5 ; Séméton 5

Couleur : 10 YR 4/2, brun gris foncé (Structichron)Structure : amérodeTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides faible ; porosité importante entre les éléments de l'altériteConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats semi-rigides, peu friablesAltérite : micro à mésorudite, à débit cubique, 10 YR 6/6, jaune brunâtreSéméton : pseudomycélium de carbonates à la surface des éléments de l'altériteTransition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 50 - 100 cm+dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C

ISALTERITE 1 ; Séméton 5

Séméton : pseudomycélium de carbonates à la surface des éléments de l'altérite**LEP 33**

BRUNISOL colluvial sur grauwaques

NUMERO DU PROFIL	LEP 33	LEP 33	LEP 33
HORIZON	1	2	3
PROFONDEUR en cm	0-20	20-35	35-50
-----			
GRANULOMETRIE %			
Refus			
argile	41,7	46,3	24,5
limon fin	20,8	20,4	11,8
limon grossier	6,5	6,4	7,7
sable fin	13,1	11,1	25,6
sable grossier	12,7	11,7	27,6
-----			
EAU DU SOL %			
Humidité à 105°C (%)			
pF 2,5	32,6	31,3	30,3
pF 4,2	22,1	22,7	18,8
-----			
pH H <sub>2</sub> O	8,0	8,1	8,2
pH KCl	7,1	7,1	7,0
-----			
MATIERE ORGANIQUE			
C%	2,77	1,57	0,53
N%	0,228	0,122	0,063
C/N	12,1	12,9	8,4
M.O. %	4,8	2,7	0,9
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)			
Ca <sup>++</sup>	40,4	44,4	41,0
Mg <sup>++</sup>	1,97	1,65	1,65
K <sup>+</sup>	1,26	0,35	0,25
Na <sup>+</sup>	0,07	0,27	<0,01
S Somme des cations	43,73	46,67	42,90
T Capacité d'échange	38,3	41,2	39,3
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT
-----			
CO <sub>3</sub> %	13,9	9,2	2,2
-----			

NUMERO DU PROFIL	LEP 33	LEP 33	LEP 33
HORIZON	1	2	3
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55
-----			
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS			
Na <sup>+</sup> /T (%)	0,18	0,66	0,03
Ca <sup>++</sup> /T (%)	105,48	107,77	104,33
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	20,51	26,91	24,85
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables			
Ca <sup>++</sup> (%)	95,19	95,85	96,11
Mg <sup>++</sup> (%)	4,64	3,56	3,87
Na <sup>+</sup> (%)	0,16	0,58	0,02
-----			
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2			
Résistivité (mS)			5,02
pH			6,2
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air			
Ca <sup>++</sup>			0,27
Mg <sup>++</sup>			0,02
K <sup>+</sup>			<0,01
Na <sup>+</sup>			0,19
Somme des cations			0,49
Somme des anions			
			0,53
Cl <sup>-</sup>			0,17
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			0,06
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0,30
Rapports ioniques			
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>			-0,02
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>			-0,21
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>			13,5
-----			

**PROFIL : LEP 34****HORIZON 1** : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncéStructure : grumo-anguclode de 0,2 à 0,8 cmTexture : Limono-sablo-argileuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité faible : pores fins, moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, meuble, friable, non plastique

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : micro et mésorudite émoussé, lithoreliques de calcostérite, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 50 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère d'apport colluvial sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1, ENTAFERON 2 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR à 2,5 Y 4/1, gris foncéStructure : anguclode 1, de 0,2 à 1,5 cmTexture : Limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important, d'entassement ; rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité moyenne : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats semi-rigides peu plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Entaferon : micro 1 et mésorudite 4, altélithoreliques anguleux rocheux, lithoreliques émoussés de calcostérite

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 50 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère, d'apport colluvial : A<sub>3</sub>

HUMITE 1, ENTAFERON 2 ; Séméton 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR à 2,5 Y 4/1, gris foncéStructure : anguclode 1, de 0,2 à 1,5 cmTexture : Limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important, d'entassement ; rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité moyenne : pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats semi-rigides peu plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Entaferon : micro 1 et mésorudite 4, altélithoreliques anguleux rocheux, lithoreliques émoussés de calcostérite

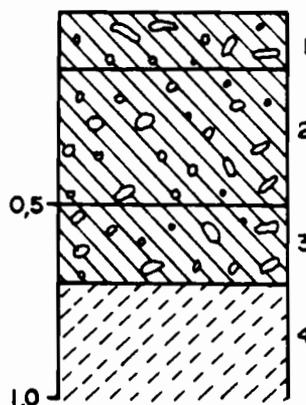
Séméton : pseudomycélium de carbonates diffus ; présence de fragments de coquillages et de poteries

Transition : brutale, ondulée**HORIZON 4** : 70 - 90 cm+dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C

ISALTERITE 1 ; Séméton 5

Altérite : mésorudite, de grauwacke à débit cubique, en bancs, 2,5 Y 7/6, jaune

Séméton : dendrites de manganèse et pseudomycélium de carbonates à la surface des éléments de l'altérite

**LEP 34**

BRUNISOL leptique sur grauwackes

NUMERO DU PROFIL	LEP 34	LEP 34	LEP 34
HORIZON	1	2	3
PROFONDEUR en cm	0-15	15-50	50-70
-----			
GRANULOMETRIE %			
Refus			
argile	39,3	39,6	35,5
limon fin	17,7	17,5	16,8
limon grossier	6,0	6,1	4,8
sable fin	12,7	12,0	14,8
sable grossier	17,8	21,8	26,1
-----			
EAU DU SOL %			
Humidité à 105°C (%)			
pF 2,5	33,4	28,1	28,1
pF 4,2	22,8	19,6	19,3
-----			
pH H <sub>2</sub> O	7,9	8,1	8,3
pH KCl	7,2	7,2	7,2
-----			
MATIERE ORGANIQUE			
C%	3,79	1,57	1,13
N%	0,310	0,127	0,098
C/N	12,2	12,4	11,5
M.O. %	6,5	2,7	1,9
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)			
Ca <sup>++</sup>	40,9	37,6	31,2
Mg <sup>++</sup>	4,05	1,57	6,75
K <sup>+</sup>	1,10	0,30	0,36
Na <sup>+</sup>	0,14	0,21	0,59
S Somme des cations	44,16	39,68	38,9
T Capacité d'échange	35,0	33,1	36,4
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT
-----			
CO <sub>3</sub> %	13,1	16,8	14,2
-----			

NUMERO DU PROFIL	LEP 34	LEP 34	LEP 34
HORIZON	1	2	3
PROFONDEUR en cm	0-15	15-50	50-70

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,40	0,63	1,62
Ca <sup>++</sup> /T (%)	116,57	113,60	85,71
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	20,20	23,95	4,62

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	94,97	95,48	80,95
Mg <sup>++</sup> (%)	4,70	3,99	17,51
Na <sup>+</sup> (%)	0,33	0,53	1,53

-----

**PROFIL : LEP 35****HORIZON 1** : 0 - 17 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 2/1 à 3/1, gris très foncéStructure : grumo-anguclode de 0,2 à 0,8 cmTexture : argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides important d'entassement ; porosité moyenne : pores fins, moyens et grossiers tubulaires  
Consistance : peu humide, meuble, friable, peu plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : micro et mésorudite émoussé, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 17 - 35 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ;

Cutanon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncéStructure : anguclode 1, de 0,5 à 2,0 cmTexture : argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité moyenne : pores fins et moyens tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats semi-rigides peu plastique, non collant

Cutanon : peu net, argilanes à la surface du lapidon et des agrégats

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : micro et mésorudite, altélithoreliques émoussé rocheux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 35 - 50, 60 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère : A<sub>3</sub>

HUMITE 1, Structichron 3, Vertichron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR à 3/3 brun foncéStructure : anguclode 1, de 2 à 5 cm, certaines faces sont luisantesTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides faible, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible, pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats semi-rigides peu plastiques, non collants

Lapidon : micorudite et arenite, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, irrégulière**HORIZON 4** : 50, 60 - 65, 80 cmdénomination de l'horizon : horizon d'altération : BC

ISALTERITE 1 ; Structichron 3 ; Rhizagé 5

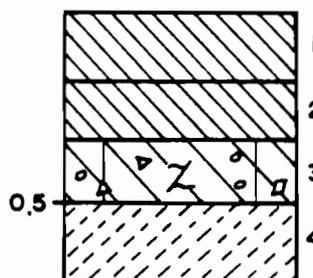
Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncé (Structichron)Structure : amérodeTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides faible, entre les éléments de l'altériteConsistance : sec, assez cohérent, ensemble peu friable

Altérite : micro à mésorudite, à débit cubique, 10 YR 5/6, brun jaunâtre

Transition : progressive, ondulée**HORIZON 4** : 80 - 100 cm+dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C

ISALTERITE 1 ; Séméton 5

Séméton : volumes pulvérulents de carbonates à la surface des éléments de l'altérite

**LEP 35**

BRUNISOL brachyque sur grauwackes

NUMERO DU PROFIL	LEP 35	LEP 35	LEP 35	LEP 35
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-17	17-35	35-60	60-80

---

 GRANULOMETRIE %

Refus

argile	44,6	47,4	47,4	33,9
limon fin	19,8	14,6	16,5	12,5
limon grossier	8,0	7,4	7,5	5,8
sable fin	14,2	16,2	15,8	17,9
sable grossier	9,7	12,9	11,2	28,6

---

 EAU DU SOL %

Humidité à 105°C (%)

pF 2,5	33,4	33,2	34,3	32,0
pF 4,2	22,9	22,7	23,7	20,9

pH H <sub>2</sub> O	6,4	7,1	7,2	7,5
pH KCl	5,6	5,7	6,0	6,1

---

 MATIERE ORGANIQUE

C%	2,94	1,07	0,91	0,62
N%	0,209	0,087	0,077	0,064
C/N	14,1	12,3	11,8	9,7
M.O. %	5,1	1,8	1,6	1,1

---

 COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH<sub>4</sub>Cl à pH7)

Ca <sup>++</sup>	25,7	31,8	34,7	38,2
Mg <sup>++</sup>	7,14	6,86	6,72	6,91
K <sup>+</sup>	1,82	0,35	0,37	0,25
Na <sup>+</sup>	0,17	0,61	0,92	1,56
S Somme des cations	34,83	39,62	42,71	46,92
T Capacité d'échange	38,0	38,5	40,6	44,7
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	SAT

---

 CO<sub>3</sub> %
 

---

NUMERO DU PROFIL	LEP 35	LEP 35	LEP 35	LEP 35
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-17	17-35	35-60	60-80

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,45	1,58	2,27	3,49
Ca <sup>++</sup> /T (%)	67,63	82,60	85,47	85,46
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	3,60	4,64	5,16	5,53

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

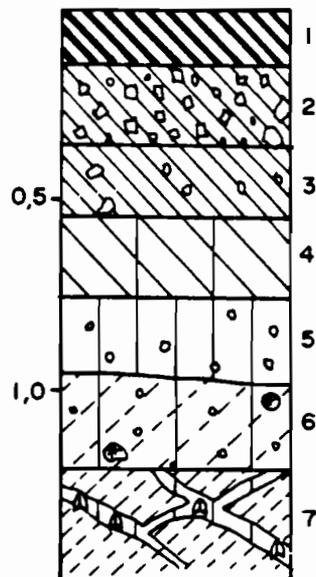
Ca <sup>++</sup> (%)	77,86	80,98	81,96	81,85
Mg <sup>++</sup> (%)	21,63	17,47	15,87	14,81
Na <sup>+</sup> (%)	0,51	1,55	2,17	3,34

-----

HORIZON 6 : 95, 100 cm - 120 cm  
dénomination de l'horizon : horizon  
 d'altération de transition : BC  
 ISALTERITE 1 ; STRUCTICHRON 2 ; Lapidon 4  
Couleur : 10 YR 5/3, brun (Structichron)  
Structure : amérode  
Texture : Limono-argileux  
Porosité : porosité importante, pores fins et  
 moyens tubulaires  
Consistance : peu humide, assez cohérent,  
 ensemble peu friable  
 Altérite : micro à mésorudite, à débit  
 cubique, 10 YR 5/6, brun jaunâtre  
 Lapidon : micro et mésorudite, nodules  
 carbonatés arrondis  
Transition : progressive, ondulée

HORIZON 7 : 120 - 140 cm+  
dénomination de l'horizon : horizon  
 d'altération : C  
 ISALTERITE 1 ; Structichron 5 ; Séméton 5  
Couleur : 10 YR 5/3, brun (Structichron), en  
 réseau entre les éléments de l'altérite  
 Altérite : micro à macrorudite, à débit  
 cubique, 10 YR 5/6, brun jaunâtre  
 Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire  
 < 0,5 cm, entre les éléments de l'altérite

## LEP 37



BRUNISOL brachyque à gypse sur grauwackes

**PROFIL : LEP 37****HORIZON 1** : 0 - 15 cm**dénomination de l'horizon** : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

**Couleur** : 10 YR 2/1 noir**Structure** : grumo-anguclode de 0,2 à 0,8 cm**Texture** : argilo-limono-sableux**Porosité** : volume des vides important d'entassement ; porosité non visible**Consistance** : humide, meuble, friable, plastique, non collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : micro et mésorudite anguleux, altélithoreliques rocheux

**Transition** : nette, régulière**HORIZON 2** : 15 - 35 cm**dénomination de l'horizon** : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; LAPIDON 2 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

**Couleur** : 10 YR 3/1 gris très foncé**Structure** : anguclode 1, de 0,5 à 1,5 cm**Texture** : Limono-sablo-argileux**Porosité** : volume des vides peu important, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité moyenne : pores fins et moyens tubulaires**Consistance** : peu humide, assez cohérent, agrégats peu friables

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite, altélithoreliques émoussé rocheux ; mésorudite, lithoreliques anguleux rocheux

**Transition** : distincte, régulière**HORIZON 3** : 35 - 55 cm**dénomination de l'horizon** : horizon humifère : A<sub>13</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

**Couleur** : 10 YR à 3/2 brun gris très foncé**Structure** : anguclode 1, de 1 à 3 cm ; prismoclode 3, de 3 à 10 cm**Texture** : Limono-argilo-sableux**Porosité** : volume des vides faible, fentes verticales débutant dans l'horizon et le traversant, de 0,1 à 0,3 cm ; rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible, pores fins tubulaires**Consistance** : peu humide, assez cohérent, agrégats friables, non plastiques

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, noir

Lapidon : microrudite, altélithoreliques émoussé rocheux ; mésorudite, lithoreliques

anguleux rocheux

**Transition** : diffuse, régulière**HORIZON 4** : 55 - 75 cm**dénomination de l'horizon** : horizon de transition humifère : A<sub>3</sub>

HUMITE 1, Structichron 3 ; Bioféron 4 ; Cutanon 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

**Couleur** : 10 YR 4/2 brun gris foncé**Structure** : anguclode 1, de 1 à 3 cm ; prismoclode 3, de 3 à 15 cm**Texture** : Limono-argilo-sableux**Porosité** : volume des vides faible, fentes verticales débutant dans l'horizon et le traversant, de 0,1 à 0,3 cm ; rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible, pores fins tubulaires**Consistance** : peu humide, assez cohérent, agrégats semi-rigides peu plastiques, non collants

Bioféron : métatubules, 10 YR 5/6 brun jaunâtre ; orthotubules

Cutanon : stress-cutanes, surfaces des agrégats luisantes

Lapidon : microrudite très altérée, altélithoreliques rocheux ; mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux ; rares microrudite, nodules carbonatés arrondis

**Transition** : nette, régulière

Lapidon : microrudite très altérée, altélithoreliques rocheux ; mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux ; rares microrudite, nodules carbonatés arrondis

**Transition** : nette, régulière**HORIZON 5** : 75 - 95, 100 cm**dénomination de l'horizon** : horizon minéral structuré coloré : B

STRUCTICHRON 1 ; Bioféron 4 ; Humite 4 ; Cutanon 5 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5

**Couleur** : 10 YR 5/6 brun jaunâtre**Structure** : anguclode 1, de 1 à 3 cm ; prismoclode 3, de 3 à 15 cm**Texture** : Limono-argilo-sableux**Porosité** : volume des vides faible, fentes verticales débutant dans l'horizon et le traversant, de 0,1 à 0,3 cm ; rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible, pores fins tubulaires**Consistance** : peu humide, assez cohérent, agrégats rigides, peu friables

Humite : traînées verticales, associées aux fentes, à limite peu nette, 10 YR 3/2, brun gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/2, brun gris très foncé ; orthotubules

Cutanon : stress-cutanes, surfaces des agrégats luisantes

Lapidon : microrudite anguleux, altélithoreliques rocheux ; micro et mésorudite, nodules carbonatés arrondis

**Transition** : nette, régulière

Lapidon : microrudite anguleux, altélithoreliques rocheux ; micro et mésorudite, nodules carbonatés arrondis

**Transition** : nette, régulière

NUMERO DU PROFIL	LEP 37						
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-75	75-95	95-120	120-140+
-----							
GRANULOMETRIE %							
Refus							
argile	26,9	36,1	44,0	45,0	49,8	45,8	27,6
limon fin	19,3	11,9	14,7	21,9	28,3	30,9	15,7
limon grossier	8,7	6,0	8,3	10,4	7,3	8,3	9,1
sable fin	18,3	14,6	14,4	13,6	8,1	9,3	31,2
sable grossier	22,6	29,6	17,2	9,0	4,9	3,7	17,3
-----							
EAU DU SOL %							
Humidité à 105°C (%)							
pF 2,5	28,6	30,6	33,2	30,0	32,2	38,6	29,0
pF 4,2	15,1	20,1	20,7	18,4	20,6	28,6	16,7
-----							
pH H <sub>2</sub> O	5,9	6,5	7,8	7,9	7,6	7,5	7,3
pH KCl	5,2	5,1	6,4	6,8	6,6	6,4	6,2
-----							
MATIERE ORGANIQUE							
C%	3,61	1,46	0,96	0,59	0,17		
N%	0,209	0,101	0,070	0,050	0,032		
C/N	17,3	14,5	13,7	11,8	5,3		
M.O. %	6,2	2,5	1,7	1,0	0,3		
-----							
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)							
Ca <sup>++</sup>	18,8	27,1	31,2	25,7	25,9	35,0	27,0
Mg <sup>++</sup>	5,48	5,95	6,34	5,70	5,86	7,27	4,2
K <sup>+</sup>	1,12	0,46	0,37	0,32	0,31	0,31	0,26
Na <sup>+</sup>	0,25	1,23	2,74	4,57	6,45	8,42	5,05
S Somme des cations	25,65	34,74	40,65	36,30	38,52	51,00	36,51
T Capacité d'échange	29,6	35,7	38,0	31,1	29,5	38,9	26,6
V (S/T) Taux de saturation %	86,7	97,3	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
-----							
CO <sub>3</sub> %				0,1	0,1		
-----							

NUMERO DU PROFIL	LEP 37						
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-75	75-95	95-120	120-140+

## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,84	3,45	7,21	14,69	21,86	21,65	18,98
Ca <sup>++</sup> /T (%)	63,51	75,91	82,11	82,64	87,80	89,97	101,50
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	3,43	4,55	4,92	4,51	4,42	4,81	6,43

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	76,64	79,05	77,46	71,45	67,78	69,05	74,48
Mg <sup>++</sup> (%)	22,34	17,36	15,74	15,85	15,34	14,34	11,59
Na <sup>+</sup> (%)	1,02	3,59	6,80	12,71	16,88	16,61	13,93

## SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)				1,05	3,73	4,76	4,72
pH				6,0	5,6	5,6	6,1

## Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>				0,26	2,72	3,96	8,50
Mg <sup>++</sup>				0,07	0,63	0,92	1,22
K <sup>+</sup>				<0,01	0,03	0,03	0,04
Na <sup>+</sup>				1,65	4,41	5,33	3,88
Somme des cations				1,98	7,79	10,24	13,64

Somme des anions				1,98	7,43	9,94	13,06
Cl <sup>-</sup>				1,50	5,86	7,70	5,42
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				0,32	1,51	2,10	7,61
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,16	0,06	0,07	0,04

## Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				-0,15	1,45	2,37	1,54
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				0,06	-1,21	-1,86	-0,89
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				3,7	4,3	4,2	7,0

**PROFIL : LEP 38**HORIZON 1 : + 5, 10 - 0 cmdénomination de l'horizon : Epanchage de surface d'éléments grossiers

LAPIDON 1 : simple, enchassé, micro et mésorudite émoussé, lithoreliques rocheux

HORIZON 2 : 0 - 10 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 6 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncéStructure : grumo-anguclode de 1,0 à 3,0 cmTexture : Limono-argilo-sableuxPorosité : volume des vides faible d'entassement ; porosité faible, pores tubulaires fins et moyensConsistance : frais, assez cohérent, semi-rigide, peu friable

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite anguleux, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, régulièreHORIZON 3 : 10 - 25 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/1 gris très foncéStructure : anguclode 1, de 1,0 à 3,0 cmTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité très faible : pores fins et moyens tubulairesConsistance : frais, assez cohérent, agrégats semi-rigides, peu friables

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite, altélithoreliques émoussés siliceux

Transition : distincte, régulièreHORIZON 4 : 25 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère : A<sub>3</sub>

HUMITE 1, Structichron 3, Vertichron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 2,5 Y 4/2, brun gris foncéStructure : anguclode 1, de 2 à 5 cm, certaines faces sont luisantesTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides faible, fentes verticales débutant dans l'horizon et le traversant, de 0,1 à 0,3 cm ; rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible, pores fins tubulairesConsistance : frais, cohérent, agrégats semi-rigides, peu friables

Lapidon : microrudite, lithoreliques anguleux et émoussés rocheux

Transition : graduelle, régulièreHORIZON 5 : 40 - 60 cmdénomination de l'horizon : horizon d'altération de transition : BC

STRUCTICHRON 1, Altérite 4, Vertichron 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Séméton 5 ;

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtreStructure : anguclode 1, de 2 à 5 cm, certaines faces sont luisantesTexture : Limono-sablo-argileuxPorosité : porosité importante, pores fins et moyens tubulairesConsistance : sec, cohérent, ensemble peu friable

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1 gris très foncé

Lapidon : microrudite, nodules carbonatés arrondis

Séméton : micro et méso volumes pulvérulents carbonatés

Transition : graduelle, régulièreHORIZON 6 : 60 - 120 cm+dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C

ALTERITE 1 Régolite 3 ; Allotérite 4 ; Séméton 4

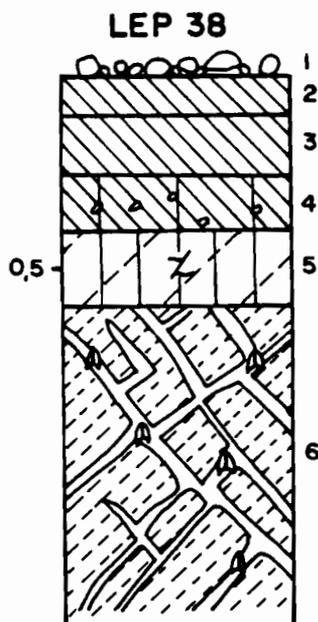
Couleur : 10 YR 5/8, brun jaunâtre

(Allotérite), en réseau entre les éléments de l'altérérolite

Altérite : micro à macrorudite de grauwacke, à débit cubique, 10 YR 7/5, jaune

Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire &lt; 0,5 cm, entre les éléments de l'altérite, au sein de l'allotérite

NUMERO DU PROFIL	LEP 38				
HORIZON	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-10	10-25	25-40	40-60	60-120+
<b>GRANULOMETRIE %</b>					
Refus					
argile	30,3	51,8	55,6	43,3	26,2
limon fin	21,0	20,0	25,4	35,2	22,8
limon grossier	12,5	7,2	5,8	8,3	13,9
sable fin	22,1	11,2	7,2	9,9	32,1
sable grossier	12,3	8,0	4,6	2,0	4,3
<b>EAU DU SOL %</b>					
Humidité à 105°C (%)					
pF 2,5	24,7	37,1	37,2	33,9	29,9
pF 4,2	13,2	21,5	20,9	22,3	15,0
pH H <sub>2</sub> O	6,1	7,5	8,0	8,1	7,2
pH KCl	5,1	6,2	6,8	7,1	6,2
<b>MATIERE ORGANIQUE</b>					
C%	1,69	1,51	0,80	0,21	
N%	0,120	0,110	0,079	0,039	
C/N	14,1	13,7	10,1	5,4	
M.O. %	2,9	2,6	1,4	0,4	
<b>COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH<sub>4</sub>Cl à pH7)</b>					
Ca <sup>++</sup>	12,9	22,1	22,4	19,0	20,2
Mg <sup>++</sup>	5,30	8,22	8,56	7,52	5,74
K <sup>+</sup>	0,75	0,52	0,41	0,33	0,33
Na <sup>+</sup>	0,94	3,45	5,18	7,86	6,97
S Somme des cations	19,89	34,35	36,55	34,71	33,24
T Capacité d'échange	23,0	34,4	31,7	24,8	18,7
V (S/T) Taux de saturation %	86,5	SAT	SAT	SAT	SAT
CO <sub>3</sub> %			0,1	0,2	0



BRUNISOL brachyque à gypse sur grauwackes

NUMERO DU PROFIL	LEP 38				
HORIZON	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-10	10-25	25-40	40-60	60-120+

---

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	4,09	10,03	16,34	31,69	37,27
Ca <sup>++</sup> /T (%)	56,09	64,24	70,66	76,61	108,02
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	2,43	2,67	2,62	2,53	3,52

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	67,40	65,33	61,98	55,26	61,38
Mg <sup>++</sup> (%)	27,69	24,48	23,69	21,87	17,44
Na <sup>+</sup> (%)	4,91	10,20	14,33	22,86	21,18

---

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)	0,38	0,84	2,77	5,38
pH		5,9	6,3	5,6

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,12	0,87	7,28
Mg <sup>++</sup>	0,06	0,38	1,90
K <sup>+</sup>	<0,01	0,03	0,05
Na <sup>+</sup>	1,52	5,07	5,70
Somme des cations	1,71	6,35	14,93

Somme des anions	1,54	5,86	15,02
Cl <sup>-</sup>	1,11	4,64	5,01
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,25	1,02	9,96
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,18	0,20	0,05

Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,41	-0,43	-0,69
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,13	0,15	2,68
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	2,0	2,3	3,8

---

**PROFIL : LEP 42****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode de 1 à 5 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides moyen

d'entassement ; fentes verticales, de 0,2 à 0,3 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité moyenne : pores fins, moyens et grossiers tubulaires

Consistance : sec, cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite émousé, altélithoreliques rocheux

Transition : progressive, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 Structichron 4 ; Humite 4 ;

Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/2 brun gris foncéStructure : anguclode 1, de 2,0 à 5,0 cmTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides peu important, rares fentes le plus souvent verticales, de 0,3 à 0,8 cm, s'arrêtant dans l'horizon, fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible : pores fins tubulairesConsistance : sec, cohérent, agrégats rigides non fragiles

Humite : en traînées verticales, à bords peu nets, lié aux fentes verticales, 10 YR 3/1 gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1 gris très foncé, orthotubules

Lapidon : micro, altélithoreliques émousé rocheux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 55 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère : AB

STRUCTICHRON 1 Humite 4, Vertichron 5 ;

Humite 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 4/3 brunStructure : anguclode 1, de 2 à 5 cm, certaines faces sont luisantesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides faible, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,3 cm ; porosité faible, pores fins

tubulaires

Consistance : sec, très cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Humite : en traînées verticales, à bords peu nets, lié aux fentes verticales, 10 YR 3/1 gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1 gris très foncé, orthotubules

Lapidon : microrudite émousé, altélithoreliques rocheux ; microrudite arrondi, nodules carbonatés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 55 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizon

d'altération de transition : BC

STRUCTICHRON 1 ; Lapidon 4 ; Humite 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/3, brunStructure : pauciclude, micro et mésosfaces rarement luciquesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, fentes verticales, de 0,1 à 0,3 cm s'arrêtant dans l'horizon, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm, porosité faible, pores très fins et fins tubulairesConsistance : sec, très cohérent, agrégats rigides, non friables

Lapidon : microrudite anguleux, altélithorelique de roche de type grauwaacke

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 70 - 90 cm+dénomination de l'horizon : horizon

d'altération : C

ALTERITE 1, REGOLITE 2 ; Structichron 4 ;

Séméton 5

Couleur : 10 YR 6/6, jaune brunâtre (Structichron), entre les éléments de l'altéréroliteStructure : amérodeTexture : Argilo-limoneux (Structichron)Porosité : pores très fins et fins tubulaires

Altérite : 7,5 YR 5/8, brun vif

Séméton : crystallarias de gypse lenticulaire &lt; 0,3 cm, dans le structichron, autour du rérolite

BRUNISOL brachyque à gypse sur grauwaackes

**PROFIL : LEP 45**

HORIZON 1 : 0 - 20 cm  
dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>1</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4  
Couleur : 10 YR 3/1 brun gris très foncé  
Structure : anguclode de 0,1 à 0,3 cm  
Texture : Limono-sableux  
Porosité : volume des vides faible d'entassement ; porosité moyenne : pores fins et moyens tubulaires  
Consistance : frais, meuble, friable, non plastique  
 Entaféron : alluvial, macrolutite 1, arénite 3  
 Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 2 : 15 - 30 cm  
dénomination de l'horizon : horizon humifère d'apport alluvial sous l'horizon de surface : AC<sub>1</sub>  
 HUMITE 1, ENTAFERON 2 ; Bioféron 5 ; Séméton 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncé  
Structure : anguclode 1, de 1 à 3 cm  
Texture : Limono-argilo-sableux  
Porosité : volume des vides peu important, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité moyenne : pores fins et moyens tubulaires  
Consistance : frais, assez cohérent, friable à très friable,  
 Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques  
 Entaféron : alluvial, lutite 1, arénite 3, rudite 5 ; micro et mésorudite, altélithoreliques anguleux rocheux de grauwaacke  
 Séméton : pseudomycélium de carbonates arrondis, liés aux macropores  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 3 : 30 - 60 cm  
dénomination de l'horizon : horizon humifère, d'apport alluvial : AC<sub>2</sub>  
 ENTAFERON 1 ; Humite 4 ; Séméton 4 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 4/2, brun gris foncé  
Structure : anguclode 1, de 1 à 5 cm ; prismoclode 3 de 5 à 15 cm  
Texture : Sablo-argilo-limoneux  
Porosité : volume des vides peu important, rares fentes, le plus souvent verticales, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité moyenne : pores fins et moyens tubulaires  
Consistance : frais, assez cohérent, agrégats

friables  
 Bioféron : orthotubules  
 Entaféron : alluvial, arénite 1, lutite 3, rudite 4 ; macroarénite et microrudite, altélithoreliques anguleux rocheux de grauwaacke  
 Séméton : pseudomycélium de carbonates arrondis, liés aux macropores  
Transition : brutale, ondulée

HORIZON 4 : 60 - 100 cm+  
dénomination de l'horizon : horizon humifère, d'apport alluvial : AC<sub>3</sub>  
 ENTAFERON 1 ; Humite 4 ; Séméton 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 4/2, brun gris foncé  
Structure : pauciclode méso, pas de faces luisantes  
Texture : Sablo-argilo-limoneux  
Porosité : volume des vides peu important, rares fentes, quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible : pores fins et moyens tubulaires  
Consistance : sec, assez cohérent, agrégats très peu friables  
 Entaféron : Rudite 1, arénite 3, lutite 3 ; macroarénite et microrudite, altélithoreliques anguleux rocheux de grauwaacke et calcostérite  
 Séméton : pseudomycélium de carbonates arrondis, liés aux macropores

FLUVISOL arénique

NUMERO DU PROFIL	LEP 45	LEP 45	LEP 45	LEP 45
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-15	15-30	30-60	60-100+
-----				
GRANULOMETRIE %				
Refus				
argile	34,6	35,6	34,0	33,9
limon fin	15,2	13,6	13,5	12,0
limon grossier	9,6	7,4	6,4	6,3
sable fin	29,0	20,7	19,5	17,1
sable grossier	7,4	20,3	26,1	28,9
-----				
EAU DU SOL %				
Humidité à 105°C (%)				
pF 2,5	31,3	27,1	25,5	27,1
pF 4,2	19,7	18,0	16,8	17,6
-----				
pH H <sub>2</sub> O	7,6	8,1	8,3	7,9
pH KCl	6,6	7,1	7,1	7,1
-----				
MATIERE ORGANIQUE				
C%	2,71	1,39	0,89	0,67
N%	0,228	0,122	0,083	0,060
C/N	11,9	11,4	10,7	11,2
M.O. %	4,7	2,4	1,5	1,2
-----				
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)				
Ca <sup>++</sup>	33,9	38,4	38,3	38,3
Mg <sup>++</sup>	3,43	2,99	2,36	3,42
K <sup>+</sup>	1,46	0,55	0,39	0,42
Na <sup>+</sup>	0,14	0,31	0,50	0,89
S Somme des cations	38,93	42,25	41,55	43,03
T Capacité d'échange	38,6	37,4	35,1	37,0
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	
-----				
CO <sub>3</sub> %	0,2	2,0	3,9	3,1
-----				

NUMERO DU PROFIL	LEP 45	LEP 45	LEP 45	LEP 45
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-15	15-30	30-60	60-100+

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,36	0,83	1,42	2,41
Ca <sup>++</sup> /T (%)	87,82	102,67	109,12	103,51
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	9,88	12,84	16,23	11,20

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	90,47	92,09	93,05	89,89
Mg <sup>++</sup> (%)	9,15	7,17	5,73	8,03
Na <sup>+</sup> (%)	0,37	0,74	1,21	2,09

-----

**PROFIL : LEP 46****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclide de 0,1 à 0,5 cmTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides important d'entassement, porosité non visibleConsistance : frais, meuble, agrégats friables,

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite anguleux, lithoreliques de roche carbonatée : calcaire et croûte

Transition : nette, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/1 brun gris foncéStructure : anguclide 1, de 0,8 à 1,5 cmTexture : Argilo-limoneuxPorosité : volume des vides peu important, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible : pores fins et moyens tubulairesConsistance : frais, assez cohérent, agrégats peu friables

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Lapidon : microrudite anguleux, lithoreliques de roche carbonatée : calcaire et croûte

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 80 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère : A<sub>3</sub>

HUMITE 1, Structichron 4 ; Bioféron 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 2,5 Y 3/2 brun gris très foncéStructure : anguclide 1, de 1 à 7 cm ;

prismoclide 3, de 5 à 15 cm

Texture : ArgileuxPorosité : volume des vides faible, fentes verticales, de 0,1 à 1,0 cm, débutant dans l'horizon et le traversant ; porosité faible, pores fins tubulairesConsistance : frais, très cohérent, agrégats rigides, non friables

Bioféron : métatubules humiques, 10 YR 3/1 gris très foncé ; metatubules

structichromiques, 2,5 Y 4/2 brun gris foncé ; orthotubules

Lapidon : microrudite anguleux, lithoreliques de roche carbonatée : calcaire et croûte

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 80 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition humifère : AB

STRUCTICHRON 1 Humite 3, Vertichron 5 ;

Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 2,5 Y 4/2 à 5/4, brun gris foncé à brun olive clairStructure : pauciclide 1, centi à mésosfaces, certaines faces sont luisantesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, fentes verticales, traversant l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible, pores fins tubulairesConsistance : frais, très cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Humite : en traînées verticales, à bords peu nets, lié aux fentes verticales, 10 YR 3/1 gris très foncé

Lapidon : microrudite émoussé et anguleux, altélithoreliques rocheux ; microrudite arrondi, nodules carbonatés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 110 - 140 cmdénomination de l'horizon : horizon structuré coloré : B

STRUCTICHRON 1 ; Lapidon 4 ; Humite 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtreStructure : pauciclide, micro et mésosfacesTexture : ArgileuxPorosité : volume des vides très faible, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm, porosité faible, pores très fins et fins tubulairesConsistance : frais, très cohérent, agrégats rigides, non friables

Lapidon : microrudite arrondi, nodules carbonatés mammelonnés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 140 - 150 cm+dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C

ALTERITE 1, Régolite 4 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 5/6, brun jaunâtreStructure : amérodeTexture : Argilo-limoneux (Structichron)Porosité : pores très fins et fins tubulaires

Lapidon : microrudite arrondi, nodules carbonatés mammelonnés

**BRUNISOL** vertique carbonaté sur colluvions de grauwackes

NUMERO DU PROFIL	LEP 46				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-80	80-110	110-140
-----					
GRANULOMETRIE %					
Refus					
argile	52,2	55,4	54,2	51,6	40,0
limon fin	15,6	14,7	16,8	16,5	17,6
limon grossier	6,2	6,5	7,8	8,3	9,2
sable fin	11,3	10,7	13,2	14,6	19,2
sable grossier	10,4	9,9	8,3	7,3	15,0
-----					
EAU DU SOL %					
Humidité à 105°C (%)					
pF 2,5	39,7	39,6	37,4	38,7	33,6
pF 4,2	25,3	25,2	25,2	22,5	20,2
-----					
pH H <sub>2</sub> O	8,3	8,2	8,2	8,2	8,3
pH KCl	7,2	7,1	7,0	7,0	7,0
-----					
MATIERE ORGANIQUE					
C%	2,75	1,15	0,64	0,32	
N%	0,214	0,093	0,052	0,033	
C/N	12,9	12,4	12,3	9,7	
M.O. %	4,7	2,0	1,1	0,6	
-----					
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)					
Ca <sup>++</sup>	46,7	47,8	39,4	36,3	32,8
Mg <sup>++</sup>	2,94	2,65	3,32	4,82	5,44
K <sup>+</sup>	1,40	0,57	0,38	0,35	0,35
Na <sup>+</sup>	0,20	0,59	1,01	1,56	1,99
S Somme des cations	51,24	56,61	44,11	43,03	40,58
T Capacité d'échange	50,8	46,9	42,0	42,0	36,8
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
-----					
CO <sub>3</sub> %	3,5	3,0	0,8	0,5	0,5
-----					

NUMERO DU PROFIL	LEP 46				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-80	80-110	110-140

---

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	0,39	1,26	2,40	3,71	5,41
Ca <sup>++</sup> /T (%)	91,93	101,92	93,81	86,43	89,13
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	15,88	18,04	11,87	7,53	6,03

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	93,70	93,65	90,10	85,05	81,53
Mg <sup>++</sup> (%)	5,90	5,19	7,59	11,29	13,52
Na <sup>+</sup> (%)	0,40	1,16	2,31	3,66	4,95

---

**PROFIL : LEP 49****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode de 1 à 3 cmTexture : Limono-argilo-sableuxPorosité : volume des vides moyen d'entassement, fentes verticales, de 0,1 cm, débutant dans l'horizon ; porosité moyenne : pores fins et moyens tubulairesConsistance : frais à humide, assez cohérent, agrégats friables peu plastiques, non collants

Bioféron : orthotubules et copropèdes humiques

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode 1, de 3 à 10 cmTexture : Argilo-limono-sableuxPorosité : volume des vides peu important, rares fentes le plus souvent verticales, de 0,1 à 0,5 cm, traversant l'horizon, fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; porosité faible : pores fins tubulairesConsistance : frais à humide, assez cohérent, agrégats friables, peu plastiques, peu collants

Bioféron : orthotubules

Lapidon : micro, altélithoreliques émoussé rocheux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 100 cmdénomination de l'horizon : horizon intergrade humifère et matériau d'apport :AC<sub>1</sub>

ENTAFERON 1, HUMITE 2 ; Humite 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/3 brun foncéStructure : pauciclude 1, mésofaces 1Texture : Argilo-sablo-limoneuxPorosité : volume des vides faible, rares fentes verticales et quelconques, traversant l'horizon, < 0,3 cm ; porosité faible, pores fins tubulairesConsistance : sec, très cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Entaféron : Lutite 1, arénite 3, rudite 5 ; origine colluviale ; micro et macroarénite, débris rocheux ; rudite, altélithoreliques rocheux et émoussés

Transition : diffuse, régulière**HORIZON 4** : 100 - 110 cmdénomination de l'horizon : horizon intergrade humifère et matériau d'apport : AC<sub>1</sub>

ENTAFERON 1, HUMITE 2 ; Séméton 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/3 brun foncéStructure : amérodeTexture : Argilo-sablo-limoneuxPorosité : volume des vides faible, rares fentes verticales et quelconques, traversant l'horizon, < 0,3 cm ; porosité faible, pores fins tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, ensemble assez friable

Entaféron : Lutite 1, arénite 3, rudite 5 ; origine colluviale ; micro et macroarénite, débris rocheux ; rudite, altélithoreliques rocheux et émoussés

Séméton : efflorescences salines à la surface du profil

COLLUVISOL arénique sur grauwackes

NUMERO DU PROFIL	LEP 49	LEP 49	LEP 49	LEP 49
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-100	100-110+
-----				
GRANULOMETRIE %				
Refus				
argile	38,4	38,8	40,9	37,7
limon fin	20,6	18,4	16,4	17,1
limon grossier	9,0	8,4	8,4	9,0
sable fin	17,8	18,2	19,6	19,9
sable grossier	10,6	14,6	13,0	17,5
-----				
EAU DU SOL %				
Humidité à 105°C (%)				
pF 2,5	33,0	32,2	31,3	30,8
pF 4,2	20,3	20,0	17,9	17,6
-----				
pH H <sub>2</sub> O	6,4	7,2	7,9	7,8
pH KCl	5,5	5,7	6,7	6,8
-----				
MATIERE ORGANIQUE				
C%	2,46	1,22	0,59	0,40
N%	0,164	0,080	0,039	0,032
C/N	15,0	15,3	15,1	12,5
M.O. %	4,2	2,1	1,0	0,7
-----				
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)				
Ca <sup>++</sup>	38,4	38,8	40,9	37,7
Mg <sup>++</sup>	20,6	18,4	16,4	17,1
K <sup>+</sup>	1,16	0,37	0,22	0,20
Na <sup>+</sup>	0,46	1,92	5,57	8,36
S Somme des cations	34,44	37,40	40,33	40,89
T Capacité d'échange	38,9	38,0	33,7	31,7
V (S/T) Taux de saturation %	88,5	98,4	SAT	SAT
-----				
CO <sub>3</sub> %				0,1
-----				

NUMERO DU PROFIL	LEP 49	LEP 49	LEP 49	LEP 49
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-100	100-110+
-----				
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS				
Na <sup>+</sup> /T (%)	1,18	5,05	16,53	26,37
Ca <sup>++</sup> /T (%)	65,55	75,00	80,71	75,39
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	3,48	4,31	3,71	2,84
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables				
Ca <sup>++</sup> (%)	76,62	76,96	67,81	58,74
Mg <sup>++</sup> (%)	22,00	17,85	18,30	20,72
Na <sup>+</sup> (%)	1,38	5,18	13,89	20,55
-----				
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2				
Résistivité (mS)			0,99	2,51
pH			5,8	5,8
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air				
Ca <sup>++</sup>			0,17	0,74
Mg <sup>++</sup>			0,06	0,30
K <sup>+</sup>			<0,01	0,01
Na <sup>+</sup>			1,66	4,04
Somme des cations			1,90	5,09
Somme des anions				
Cl <sup>-</sup>			1,89	5,09
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			1,59	3,60
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			0,19	1,39
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0,11	0,10
Rapports ioniques				
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>			-0,07	-0,44
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>			0,02	0,65
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>			2,8	2,5
-----				

**PROFIL : LEP 51****HORIZON 1** : 0 - 20 cm

dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>  
 MELANUMITE 1 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5  
Couleur : 10 YR 3/0, noir  
Structure : anguclide de 0,1 à 1,5 cm  
Texture : Argilo-limoneux  
Porosité : volume des vides faible d'entassement ; porosité moyenne : pores fins, moyens et grossiers tubulaires  
Consistance : frais, meuble, agrégats friables, non plastiques, non collants  
 Lapidon : microrudite émoussé, altélithoreliques rocheux et siliceux  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 2** : 20 - 40 cm

dénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>  
 MELANUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 2,5 Y 3/0, noir  
Structure : anguclide 1, de 0,3 à 1 cm  
Texture : Argilo-limono-sableux  
Porosité : volume des vides peu important, rares fentes le plus souvent verticales, de 0,1 à 0,5 cm, limitées à l'horizon ; porosité faible : pores fins tubulaires  
Consistance : frais, cohérent, agrégats rigides non friables  
 Bioféron : orthotubules  
 Lapidon : micro, altélithoreliques émoussé rocheux  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 3** : 40 - 90 cm

dénomination de l'horizon : horizon d'apport : C<sub>1</sub>  
 ENTAFERON 1 ; Humite 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4  
Couleur : 10 YR 3/3 brun foncé  
Structure : pauciclode 1, micro et méso  
Texture : Sablo-argilo-limoneux  
Porosité : volume des vides faible, rares fentes quelconques, limitées à l'horizon ; porosité faible, pores fins tubulaires  
Consistance : frais, très cohérent, agrégats rigides, non fragiles  
 Humite : en taches diffuses, 10 YR 3/1 gris très foncé  
 Entaferon : Arénite 1, lutite 3, rudite 4 ; origine colluvio-alluviale ; arénite, sables fins et grossiers rocheux ; rudite, altélithoreliques émoussés rocheux, grauwackes et calcofragistérite  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 4** : 90 - 100+ cm

dénomination de l'horizon : horizon d'apport : C<sub>2</sub>  
 ENTAFERON 1 ; Séméton 5 ;  
Couleur : 10 YR 4/4, brun jaune foncé  
Structure : amérode  
Texture : Argileux  
Porosité : porosité très faible, pores très fins et fins tubulaires  
Consistance : frais, assez cohérent, friable  
 Entaferon : Arénite 1, lutite 3, rudite 4 ; origine colluvio-alluviale ; arénite, sables fins et grossiers rocheux ; rudite, altélithoreliques émoussés rocheux, grauwackes et calcofragistérite  
 Séméton : efflorescences salines à la surface du profil

COLLUVISOL arénique sur grauwackes

NUMERO DU PROFIL	LEP 51	LEP 51	LEP 51	LEP 51
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-90	90-100+
-----				
GRANULOMETRIE %				
Refus				
argile	25,7	34,4	30,7	29,9
limon fin	17,5	17,1	15,2	15,6
limon grossier	10,2	9,3	9,7	9,6
sable fin	20,5	18,8	22,6	22,9
sable grossier	20,6	18,8	22,8	23,5
-----				
EAU DU SOL %				
Humidité à 105°C (%)				
pF 2,5	26,8	29,0	36,4	28,2
pF 4,2	14,9	16,6	15,4	15,7
-----				
pH H <sub>2</sub> O	6,2	7,1	8,0	8,0
pH KCl	5,4	5,7	6,8	6,8
-----				
MATIERE ORGANIQUE				
C%	2,93	1,54	0,57	0,34
N%	0,196	0,101	0,044	0,034
C/N	14,9	15,2	13,0	10,0
M.O. %	5,1	2,7	1,0	0,6
-----				
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)				
Ca <sup>++</sup>	17,6	21,0	21,0	17,7
Mg <sup>++</sup>	7,11	8,41	8,46	7,99
K <sup>+</sup>	1,35	0,34	0,23	0,19
Na <sup>+</sup>	0,36	2,77	11,20	13,3
S Somme des cations	26,42	32,52	40,89	39,18
T Capacité d'échange	29,5	32,5	30,9	29,4
V (S/T) Taux de saturation %	89,6	SAT	SAT	
-----				
CO <sub>3</sub> %			0,1	
-----				

NUMERO DU PROFIL	LEP 51	LEP 51	LEP 51	LEP 51
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-90	90-100+

## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

Na <sup>+</sup> /T (%)	1,22	8,52	36,25	45,24
Ca <sup>++</sup> /T (%)	59,66	64,62	67,96	60,20
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,48	2,50	2,48	2,22

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	70,20	65,26	51,65	45,40
Mg <sup>++</sup> (%)	28,36	26,13	20,81	20,49
Na <sup>+</sup> (%)	1,44	8,61	27,55	34,11

## SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)		2,69	3,00
pH		5,8	5,9

## Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,37	0,35
Mg <sup>++</sup>	0,23	0,22
K <sup>+</sup>	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	4,76	5,04
Somme des cations	5,37	5,62

## Somme des anions

Somme des anions	5,08	5,70
Cl <sup>-</sup>	4,42	3,85
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,54	1,74
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,12	0,11

## Rapports ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,34	-1,19
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,17	1,39
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>	1,6	1,6

# SITE DE LA TAMOA

## DESCRIPTION ET ANALYSE DES PROFILS

MER 50 : BRUNISOL leptique sur flyschs

MER 51 : BRUNISOL brachyque sur flyschs

MER 52 : VERTISOL calcimagnésien sur flyschs

MER 62 : VERTISOL calcimagnésien sur colluvions de flyschs

MER 53 : VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions de flyschs

MER 63 : VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions et alluvions

MER 54 : VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions et alluvions

MER 64 : VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions et alluvions

MER 65 : VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions et alluvions

MER 55 : VERTISOL magnésien à carbonates sur colluvions et alluvions

MER 66 : VERTISOL magnésien à carbonates sur colluvions et alluvions

MER 56 : VERTISOL magnésien à carbonates sur colluvions et alluvions

MER 71 : VERTISOL hypermagnésien à carbonates sur alluvions sableuses

MER 71 : VERTISOL hypermagnésien à carbonates sur alluvions sablo-argileuses

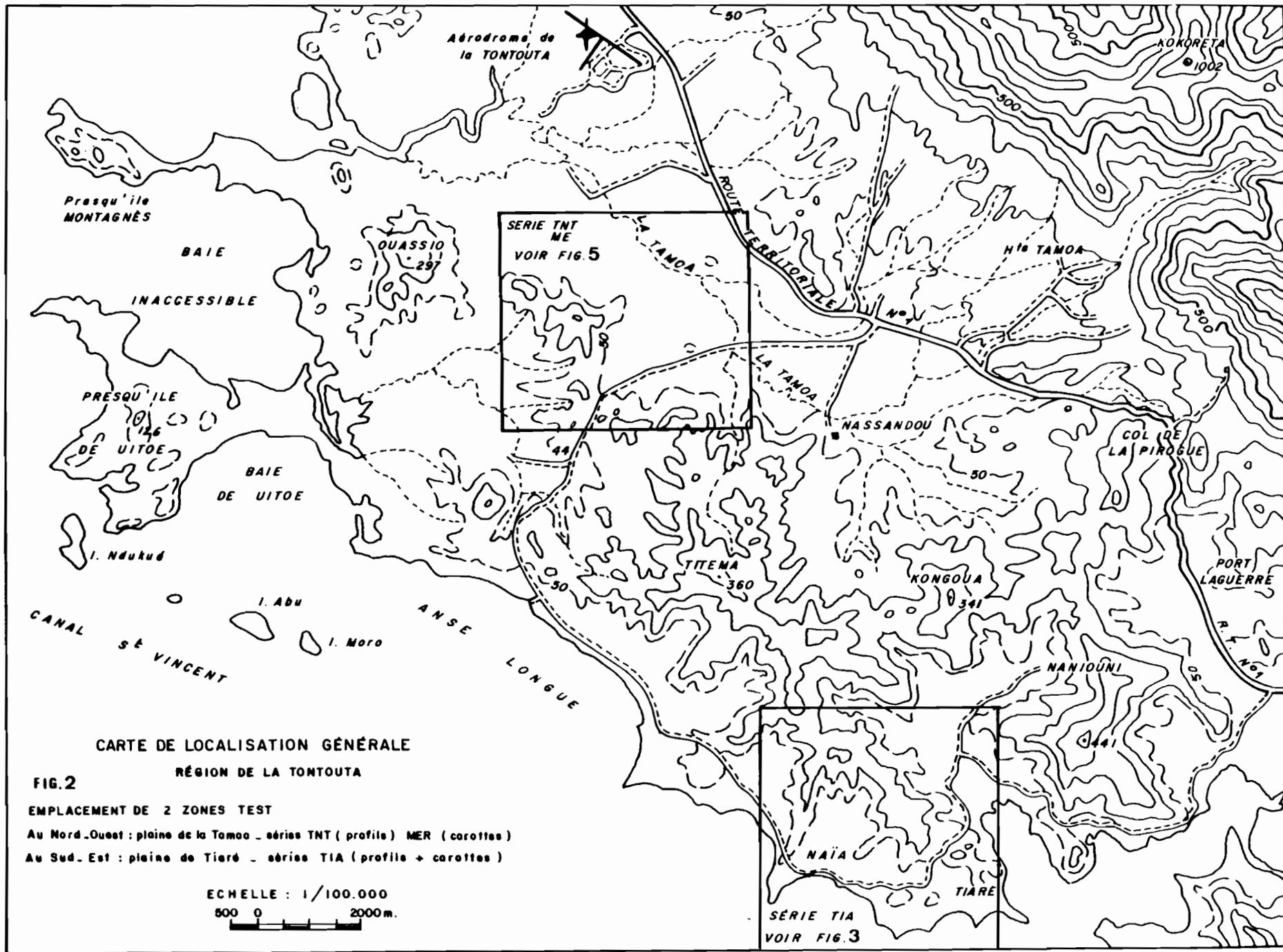
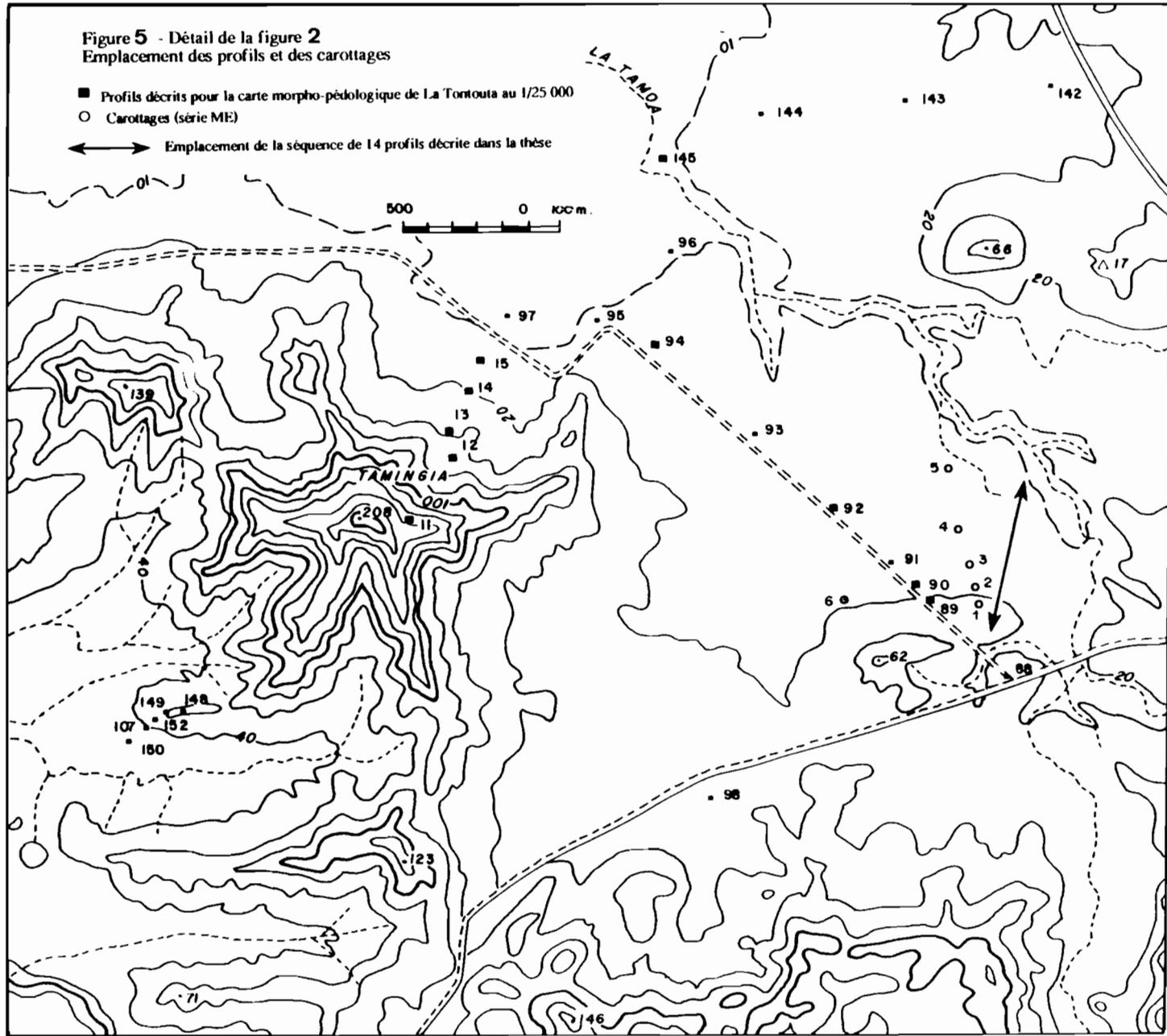


Figure 5 - Détail de la figure 2  
Emplacement des profils et des carottages

- Profils décrits pour la carte morpho-pédologique de La Tortouta au 1/25 000
- Carottages (série ME)
- ↔ Emplacement de la séquence de 14 profils décrite dans la thèse



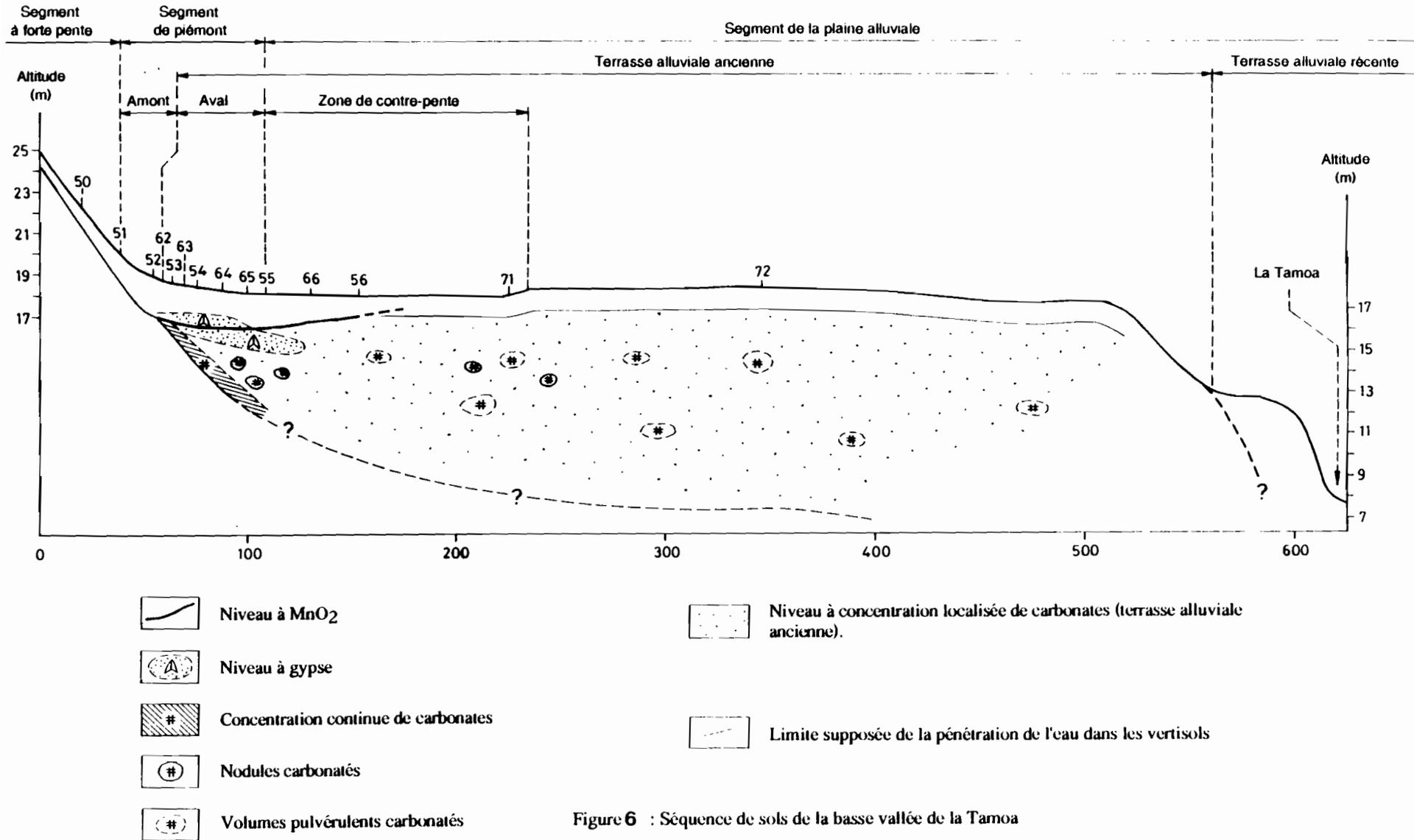


Figure 6 : Séquence de sols de la basse vallée de la Tamoá

**PROFIL : MER 50****HORIZON 1** : 0 - 15 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique, de 0,8 à 2 cmTexture : argilo-limono-sableuxConsistance : sec, assez cohérent, non fragile, non friablePorosité : moyenne, d'entassement, fentes verticales et quelconques, débutant dans l'horizon, de 0,8 à 2 cm d'écart ; microporosité faible, rares pores tubulaires  
Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats  
Lapidon : microrudite 1, mésorudite 4 ; lithoreliques rocheux, anguleux  
Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 50 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

HUMITE 1 ; Humite 5, Structichron 5 ;

Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 7,5 YR 2/2, brun très foncéStructure : prismoclode, de 2 à 15 cmTexture : argilo-limono-sableuxConsistance : sec, cohérent, non fragile, non friablePorosité : moyenne, d'entassement, fentes verticales et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,8 cm ; microporosité très faible à nulle  
Humite, Structichron : taches arrondies, centimétriques, peu nettes, 2,5 YR 2/4, brun rouge foncé

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite 1, mésorudite 4 ;

lithoreliques rocheux et siliceux, anguleux

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : distincte, irrégulière**HORIZON 3** : 50 - 60, 70 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>3</sub>B

HUMITE 1, STRUCTICHRON 2 ; Lapidon 5

Couleur : 10 R 3/2, rouge sombreStructure : anguclode polyédrique 2 à 5 cmTexture : argilo-limono-sableuxConsistance : sec, cohérent, non fragile, non friablePorosité : très faible, rares fentes verticales se terminant dans l'horizon < 0,1 cm

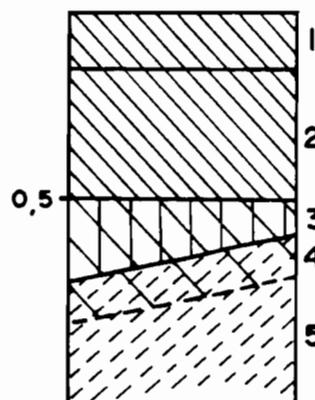
Lapidon : microrudite 1, mésorudite 4 ;

lithoreliques rocheux et siliceux, anguleux

Transition : distincte, irrégulière**HORIZON 4** : 60, 70 - 80 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère : C

ISALTERITE 1 ; Humite 5

Isaltérite de flysch

Transition : graduelle, irrégulière**HORIZON 5** : 80 - 100+dénomination de l'horizon : REGOLITE 1, ISALTERITE 2**MER 50**

BRUNISOL leptique sur flyschs

NUMERO DU PROFIL	MER 50	MER 50	MER 50	MER 50
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-15	15-50	50-70	70-80
-----				
GRANULOMETRIE %				
argile	41,3	53,9	56,0	
limon fin	23,0	21,0	23,9	
limon grossier	11,5	9,1	6,2	
sable fin	11,0	9,0	7,1	
sable grossier	7,8	4,7	4,6	
-----				
Densité apparente	1,16	1,39	1,52	
Densité réelle*	2,38	2,19	2,36	
-----				
EAU DU SOL %				
Humidité à 105°C	12,45	17,65	17,55	
pF 2,5	35,5	40,7	36,4	25,0
pF 4,2	23,8	26,4	23,5	13,1
-----				
MATIERE ORGANIQUE				
C%	3,64	0,94	0,55	
N%	0,251	0,072	0,051	
C/N	14,5	13,1	10,8	
M.O. %	6,3	1,6	0,9	
-----				
pH H <sub>2</sub> O	6,3	7,3	8,0	8,4
pH KCl	5,4	5,9	6,8	6,6
-----				
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH7)				
Ca <sup>++</sup>	20,9	19,9	16,5	
Mg <sup>++</sup>	17,4	23,8	23,9	
K <sup>+</sup>	0,54	0,33	0,13	
Na <sup>+</sup>	0,97	1,7	1,97	
S Somme des cations	39,81	45,73	42,5	
T Capacité d'échange	42,5	43,0	36,9	
V (S/T) Taux de saturation %	93,67	SAT	SAT	
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,16	0,03	0,01	
-----				

NUMERO DU PROFIL	MER 50	MER 50	MER 50	MER 50
HORIZON	1	2	3	4
PROFONDEUR en cm	0-15	15-50	50-70	70-80

-----

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

(Na <sup>+</sup> /T)x100	2,28	3,95	5,34
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	49,18	46,28	44,72
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,83	1,20	1,45

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	53,22	43,83	38,94
Mg <sup>++</sup> (%)	44,31	52,42	56,41
Na <sup>+</sup> (%)	2,47	3,74	4,65

-----

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2 -

Résistivité (mS)	0,45
pH	6,9

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,09
Mg <sup>++</sup>	0,18
K <sup>+</sup>	0,01
Na <sup>+</sup>	0,56
Somme des cations	0,84

Somme des anions	0,78
Cl <sup>-</sup>	0,52
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,09
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,17

Paramètres ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,04
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,0

-----

**PROFIL : MER 51****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique 0,5 à 3 cmTexture : argilo-limono-sableuxConsistance : sec, assez cohérent, non fragilePorosité : faible, d'entassement, fentes verticales et quelconques débutant et limitées à l'horizon de 0,1 à 0,5 cm ; rares pores fins tubulaires

Bioféron : orthotubules, copropèdes

Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite 1, mésorudite 4, lithoreliques rocheux, anguleux et émoussé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 55 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1, Vertichron 3 ; Bioféron 5 ;

Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 7,5 YR 2/0, noirStructure : anguclode 1 polyédrique de 1 à 5 cm ; sphénoclude 1, de 1 à 5 cmTexture : argileuxConsistance : frais, assez cohérent, plastique, peu collantPorosité : quelques fentes verticales et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; rares pores fins tubulaires

Bioféron : orthotubules

Lapidon : microrudite 1, mésorudite 2, lithoreliques rocheux anguleux et émoussé

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 55 - 80 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère : A<sub>13</sub>

STRUCTICHRON 1, HUMITE 2, Vertichron 3 ;

Humite 3 ; Bioféron 5 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/2, brun gris foncéStructure : pauciclude méso et macro lucique et striéeTexture : argileuxConsistance : frais, assez cohérent, plastique, peu collantPorosité : fentes verticales et obliques, se limitées et se terminant dans l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm

Humite : en taches irrégulières nettes,

2,5 Y 3/1 brun gris très foncé

Bioféron : métatubules humiques, 2,5 Y 3/1 brun gris très foncé ; orthotubules

Lapidon : microrudite 1, mésorudite 2, lithoreliques rocheux anguleux et émoussé

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 80 - 95 cmdénomination de l'horizon : horizon de transition minéral et humifère avec l'horizon d'altération : A<sub>3</sub>BC

STRUCTICHRON 1 ; Humite 3 ; Bioféron 5 ;

Lapidon 4 ; Allotérite 4 ; Rhizagé 6

Couleur : 2,5 Y 4/4, brun oliveStructure : pauciclude méso et macrofaces luisantesTexture : argileuxConsistance : frais, assez cohérent, plastique, peu collantPorosité : très faible, pores tubulaires très fins

Humite : en taches irrégulières nettes,

2,5 Y 3/1 brun gris très foncé

Bioféron : orthotubules, métatubules

2,5 Y 3/1 brun gris très foncé

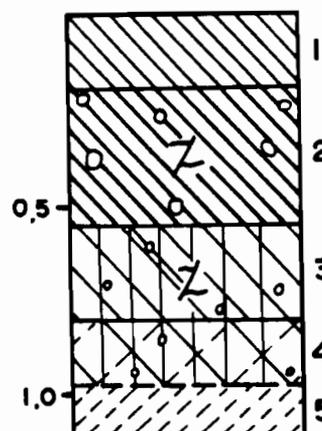
Lapidon : microrudite 1, mésorudite 2,

lithoreliques rocheux anguleux et émoussé

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 5** : 95 - 100 cm +dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C

ALTERITE 1

Altérite de flysch à débit centimétrique

**MER 51**

BRUNISOL brachyque sur flyschs

NUMERO DU PROFIL	MER 51				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-20	20-55	55-80	80-95	95-100+
-----					
GRANULOMETRIE %					
argile	45,3	58,1	52,5	38,3	
limon fin	25,4	18,5	18,0	19,0	
limon grossier	12,0	8,1	8,7	9,4	
sable fin	8,3	8,3	11,1	18,6	
sable grossier	5,1	5,6	8,2	13,7	
-----					
Densité apparente	1,14	1,31	1,08	1,53	1,91
Densité réelle*	2,30	2,36	2,30	2,27	2,51
-----					
EAU DU SOL %					
Humidité à 105°C (%)	21,22	23,89	24,67	21,09	11,34
pF 2,5	37,7	48,4	45,3	40,2	30,4
pF 4,2	25,3	36,8	31,0	24,5	16,4
-----					
MATIERE ORGANIQUE					
C%	2,78	1,11	0,52	0,27	
N%	0,171	0,087	0,052	0,034	
C/N	16,3	12,8	10,0	7,9	
M.O. %	4,8	1,9	0,9	0,5	
-----					
pH H <sub>2</sub> O	6,4	8,0	8,0	8,2	8,1
pH KCl	5,2	6,8	6,8	6,7	6,2
-----					
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)					
Ca <sup>++</sup>	15,7	20,2	16,5	18,1	
Mg <sup>++</sup>	15,6	24,7	23,1	25,0	
K <sup>+</sup>	0,29	0,16	0,14	0,13	
Na <sup>+</sup>	1,02	3,53	5,05	5,42	
S Somme des cations	32,61	48,59	44,79	48,65	
T Capacité d'échange	44,1	46,9	44,6	42,2	
V (S/T) Taux de saturation %	73,95	SAT	SAT	SAT	
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,17	0,01	0,01	<0,01	
-----					
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %					
Perte au feu	9,90	8,35	6,80	6,00	5,60
Résidu	42,00	35,15	38,45	41,50	41,45
SiO <sub>2</sub>	25,05	29,85	29,30	27,90	27,65
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,50	11,25	10,75	10,00	10,25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,70	9,85	9,25	9,10	9,10
MnO <sub>2</sub>	0,390	0,544	0,167	0,066	0,065
TiO <sub>2</sub>	1,15	1,30	1,22	1,10	1,10
CaO	1,08	0,69	0,60	0,57	0,87
MgO	1,70	1,62	1,88	2,06	2,46
K <sub>2</sub> O	0,15	0,11	0,17	0,28	0,35
Na <sub>2</sub> O	0,30	0,38	0,42	0,45	0,60
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,032	0,035	0,031	0,028	0,027
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	4,99	4,5	4,6	4,7	4,6
-----					

NUMERO DU PROFIL	MER 51				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-20	20-55	55-80	80-95	80-95

---

CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

(Na <sup>+</sup> /T) x100	2,31	7,53	11,32	12,84
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	35,60	43,07	37,00	42,89
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,99	1,22	1,40	1,38

Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	48,58	41,71	36,95	37,30
Mg <sup>++</sup> (%)	48,27	51,00	51,74	51,53
Na <sup>+</sup> (%)	3,16	7,29	11,31	11,17

---

SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2 -

Résistivité (mS)	1,12	1,14	0,74
pH	7,5	6,9	6,9

Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>	0,15	0,17	0,06
Mg <sup>++</sup>	0,28	0,30	0,11
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	1,74	1,77	1,32
Somme des cations	2,18	2,25	1,49

Somme des anions

	2,09	2,03	1,32
Cl <sup>-</sup>	1,78	1,77	1,08
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,11	0,11	0,11
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,20	0,15	0,13

Paramètres ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	0,04	0	-0,24
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,04	-0,06	0,05
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,86	1,76	1,83

---

**PROFIL : MER 52****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique 0,5 à 5 cmTexture : argilo-limono-sableuxConsistance : sec, cohérent, non fragilePorosité : faible, d'entassement, fentes verticales et quelconques, débutant et limitées à l'horizon de 0,2 à 0,8 cm ; rares pores très fins et fins tubulaires

Bioféron : orthotubules, copropèdes

Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite lithoreliques et altélithoreliques siliceux et rocheux, anguleux et émoussés

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère verticale sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 Vertichron 4 ; Bioféron 4 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 2/0, noirStructure : anguclode 1 polyédrique de 0,5 à 5 cm, sphénoclude 3 de 0,5 à 2 cmTexture : argileuxConsistance : peu humide, cohérent, plastique, peu collantPorosité : faible, quelques fentes verticales et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 1 cm ; rares pores très fins et fins tubulaires

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite lithoreliques et altélithoreliques siliceux et rocheux, anguleux et émoussés

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 3** : 40 - 65 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère verticale : A<sub>13</sub>

VERTICHRON 1 HUMITE 2 ; Bioféron 4 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 5 Y 4/2, gris oliveStructure : sphénoclude, de 0,5 à 2 cmTexture : argileuxConsistance : peu humide, cohérent, plastique, peu collantPorosité : fentes obliques et quelconques, limitées, débutant et se terminant dans l'horizon, de 0,2 à 1 cm ; très rares pores fins tubulaires

Bioféron : métatubules 5 Y 3/1, gris très foncé ; orthotubules

Lapidon : microrudite lithoreliques et altélithoreliques siliceux et rocheux, anguleux et émoussés

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 4** : 65 - 100 cmdénomination de l'horizon : horizon verticale : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1, Humite 4 ; Bioféron 4 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/3, brun gris oliveStructure : sphénoclude, de 0,5 à 2 cmTexture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collantPorosité : faible, quelques fentes obliques limitées à l'horizon, de 0,2 à 1 cm ; rares pores très fins tubulaires

Bioféron : orthotubules ; métatubules 2,5 Y 3/0, gris très foncé

Lapidon : microrudite lithoreliques et altélithoreliques siliceux et rocheux, anguleux et émoussés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 100 - 155 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtreStructure : pauciclude, macro et mégafaces luisantes et striéesTexture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collantPorosité : faible, fentes obliques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm

Lapidon : microrudite lithoreliques et altélithoreliques siliceux et rocheux, anguleux et émoussés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 6** : 155 - 170 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral verticale à traces d'atération : VC

VERTICHRON 1 ; Lapidon 4 ; Allotérite 4

Couleur : 10 YR 4/6 brun jaunâtre foncéStructure : pauciclude, méso et macrofaces luisantes et striées Texture : argilo-limono-sableuxConsistance : peu humide, assez cohérent, plastique, peu collantPorosité : très faible à nulle

Bioféron : orthotubules, métatubules 10 YR 3/1 gris très foncé, à bords nets, argilo-sableux

Lapidon : microrudite lithoreliques et  
altélithoreliques siliceux et rocheux,  
anguleux et émoussés

Allotérite de flysch

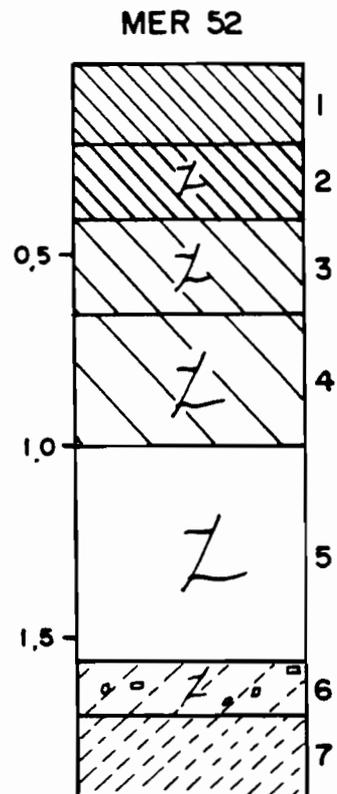
Transition : très nette, régulière

HORIZON 7 : 170 - 180 cm +

dénomination de l'horizon : horizon  
d'altération : C

ISALTERITE 1

Isaltérite de flysch



VERTISOL calcimagnésien sur flyschs

NUMERO DU PROFIL	MER 52	MER 52	MER 52				
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-65	65-100	100-155	155-170	170-180
-----							
GRANULOMETRIE %							
argile	45,3	58,3	61,1	63,2	63,1	54,6	
limon fin	25,8	17,9	16,4	16,9	15,5	16,4	
limon grossier	11,1	7,8	6,5	7,1	7,3	7,8	
sable fin	8,9	8,3	7,8	6,8	6,8	10,3	
sable grossier	3,4	4,5	5,9	4,7	4,8	9,4	
-----							
EAU DU SOL %							
pF 2,5	41,9	49,7	52,6	48,9	51,0	47,3	27,3
pF 4,2	29,1	32,7	26,2	24,7	25,2	30,5	15,2
-----							
MATIERE ORGANIQUE							
C%	3,35	1,70	0,68	0,25	0,30		
N%	0,215	0,120	0,070	0,040	0,046		
C/N	15,6	14,2	9,7	6,3	6,5		
M.O. %	5,8	2,9	1,2	0,4	0,5		
-----							
pH H <sub>2</sub> O	6,1	6,9	7,5	6,2	6,6	5,8	6,1
pH KC1	5,1	5,7	6,2	5,1	5,5	4,2	4,3
-----							
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)							
Ca <sup>++</sup>	15,2	18,4	17,1	13,7	14,3	17,3	17,1
Mg <sup>++</sup>	17,1	23,6	24,8	23,8	24,7	26,4	22,5
K <sup>+</sup>	0,51	0,2	0,19	0,19	0,21	0,15	0,07
Na <sup>+</sup>	1,48	2,49	4,05	6,03	6,1	7,03	7,04
S Somme des cations	34,29	44,69	46,14	43,72	45,31	50,88	46,71
T Capacité d'échange	43,3	46,3	44,3	42,5	43,1	43,1	32,9
V (S/T) Taux de saturation %	79,19	96,52	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,59	0,11	0,02	0,01	0,01	0,02	
-----							
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %							
Perte au feu	10,85	8,90	7,10	5,80	5,95	6,35	5,70
Résidu	48,40	40,00	40,55	42,50	42,35	37,55	38,15
SiO <sub>2</sub>	20,85	26,60	27,95	28,70	28,55	30,05	27,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,00	10,25	11,00	10,00	10,00	10,75	10,60
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,75	9,20	9,30	8,90	9,15	10,25	10,75
MnO <sub>2</sub>	0,574	0,476	0,212	0,057	0,061	0,057	0,842
TiO <sub>2</sub>	1,16	1,27	1,35	1,25	1,25	1,22	1,12
CaO	0,67	0,60	0,48	0,37	0,38	0,54	1,43
MgO	1,09	1,25	1,24	1,16	1,18	1,90	2,54
K <sub>2</sub> O	0,11	0,07	0,07	0,10	0,10	0,14	0,20
Na <sub>2</sub> O	0,26	0,39	0,36	0,46	0,49	0,77	0,89
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0382	0,0340	0,0353	0,0329	0,0341	0,0319	0,0165
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	4,4	4,4	4,3	4,9	4,8	4,7	4,5
-----							

NUMERO DU PROFIL	MER 52	MER 52	MER 52				
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-65	65-100	100-155	155-170	170-180
-----							
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS							
(Na <sup>+</sup> /T)x100	3,42	5,38	9,14	14,19	14,15	16,31	21,40
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	35,10	39,74	38,60	32,24	33,18	40,14	51,98
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,13	1,28	1,45	1,74	1,73	1,53	1,32
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables							
Ca <sup>++</sup> (%)	45,00	41,36	37,21	31,47	31,71	34,10	36,66
Mg <sup>++</sup> (%)	50,62	53,05	53,97	54,67	54,77	52,04	48,24
Na <sup>+</sup> (%)	4,38	5,60	8,81	13,85	13,53	13,86	15,09
-----							
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2							
Résistivité (mS)		0,29	0,40	2,29	1,85	2,38	
pH		6,7	6,0	4,8	5,2	4,7	
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air							
Ca <sup>++</sup>		0,09	0,10	0,52	0,36	0,49	
Mg <sup>++</sup>		0,20	0,17	1,04	0,66	1,08	
K <sup>+</sup>		0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	
Na <sup>+</sup>		1,60	1,09	2,91	2,50	3,15	
Somme des cations		1,90	1,37	4,49	3,54	4,74	
Somme des anions							
Cl <sup>-</sup>		1,94	1,22	4,33	3,48	4,54	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		1,01	0,96	4,08	3,23	4,34	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		0,80	0,16	0,21	0,19	0,18	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0,13	0,10	0,04	0,06	0,02	
Paramètres ioniques							
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>		-0,59	0,13	1,17	0,73	0,98	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>		0,71	0,06	-0,31	-0,17	0,06	
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>		2,22	1,70	2,0	1,83	2,20	
-----							

**PROFIL : MER 62****HORIZON 1** : 0 - 20 cmdénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguoclode polyédrique 1 à 3 cmTexture : argilo-limoneuxConsistance : sec, cohérent, agrégats rigides, non fragilesPorosité : assez importante d'entassement ;

rares pores très fins et fins tubulaires

Bioféron : orthotubules, copropèdes

Rhizagé : milli, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite et mésorudite,

lithoreliques siliceux, anguleux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 37 cmdénomination de l'horizon : horizon humifère sous l'horizon de surface : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 2/1, noirStructure : anguoclode 1, prismoclode 4, de 5 à 10 cmTexture : argileuxConsistance : sec, cohérent, agrégats rigides, non fragilesPorosité : faible, quelques fentes verticales et obliques, traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm d'écart ; rares pores très fins et fins tubulaires

Lapidon : microrudite et mésorudite,

lithoreliques siliceux, anguleux

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Lapidon : microrudite et mésorudite,

lithoreliques siliceux, anguleux

Rhizagé : milli, vertical, pénétrant les agrégats

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 37 - 50 cmdénomination de l'horizon : horizon humifèrevertique : A<sub>13</sub>

VERTICHRON 1 HUMITE 2 ; Bioféron 4 ;

Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : sphénoclode, de 3 à 8 cmTexture : argileuxConsistance : frais, assez cohérent, agrégats semi-rigides, peu friable à peu plastiquePorosité : faible, fentes verticales et obliques, traversant l'horizon, de 1 à 3 cm ;

rares pores très fins tubulaires

Bioféron : métatubules 10 YR 5/4, brun jaunâtre ; orthotubules

Lapidon : microrudite et mésorudite

lithoreliques siliceux, anguleux

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 4** : 50 - 70 cmdénomination de l'horizon : horizonvertique : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/2, brun gris foncéStructure : sphénoclode 1, de 10 à 20 cm ;

pauciclode 3, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collantPorosité : faible, quelques fentes obliques

traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; rares

pores très fins tubulaires

Bioféron : orthotubules ; métatubules,

2,5 Y 3/0, gris très foncé

Lapidon : microrudite et mésorudite,

lithoreliques siliceux, anguleux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 70 - 95 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral

vertique : V

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtreStructure : sphénoclode, de 3 à 10 cmTexture : argileuxConsistance : humide, assez cohérent, plastique, non collantPorosité : faible, fentes obliques,

traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares

pores fins tubulaires

Lapidon : microrudite et mésorudite,

lithoreliques siliceux, anguleux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 6** : 95 - 115 cmdénomination de l'horizon : horizon minéral à

tendance vertique : BV

VERTICHRON 1 STRUCTICHRON 2 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtre foncéStructure : pauciclode, méso et macro et

mégafaces luisantes et striées

Texture : argileuxConsistance : sec, très cohérent, rigide, non friablePorosité : très faible, fentes obliques, se

terminant dans l'horizon et limitées à

l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores fins tubulaires

Lapidon : microrudite et mésorudite,

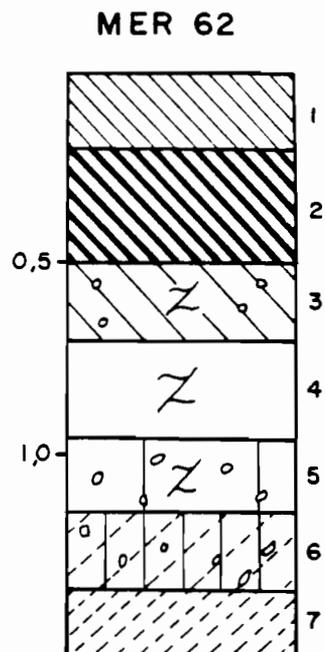
lithoreliques et altélithoreliques anguleux

siliceux et émoussés rocheux

Transition : distincte, régulière

**HORIZON 7** : 115 - 135 cm  
dénomination de l'horizon : horizon de transition avec l'horizon d'altération : BC  
 ALLOTÉRITE 1, STRUCTICHRON 2 ; Lapidon 4  
Couleur : 10 YR 5/8, brun jaunâtre  
Structure : amérose  
Texture : argileux  
Consistance : assez humide, meuble, plastique non collant  
Porosité : très faible à nulle peu visible  
 Lapidon : microrudite et mésorudite, altélithoreliques émoussés rocheux ; lithoreliques anguleux siliceux  
 Allotérite de flysch  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 8** : 135 - 150 cm +  
dénomination de l'horizon : horizon d'altération : C  
 ISALTERITE 1  
 Isaltérite de flysch



VERTISOL calcimagnésien sur colluvions de flyschs

NUMERO DU PROFIL	MER 62	MER 62						
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-20	20-37	37-50	50-70	70-95	95-115	115-135	135-150
-----								
GRANULOMETRIE %								
argile	44,2	55,6	58,3	60,8	63,6	63,2	54,2	
limon fin	25,9	17,1	16,1	15,9	15,2	14,8	16,2	
limon grossier	11,8	8,7	7,3	6,7	6,6	7,4	8,3	
sable fin	10,0	9,1	8,9	7,2	6,0	7,2	11,6	
sable grossier	3,9	7,6	9,3	7,6	6,9	5,7	10,0	
-----								
Densité apparente	1,04	1,28	1,44	1,37	1,37	1,48	1,51	1,59
Densité réelle*	2,26	2,33	2,34	2,17	2,33		2,40	2,65
-----								
EAU DU SOL %								
Humidité à 105°C (%)	28,02	23,53	23,01	26,27	27,89	23,87	23,04	16,12
pF 2,5	37,7	46,4	46,6	49,9	51,0	50,8	42,9	14,9
pF 4,2	25,2	31,5	29,8	27,7	25,9	25,4	23,5	8,3
-----								
MATIERE ORGANIQUE								
C%	3,13	1,52	0,88	0,53	0,28			
N%	0,193	0,105	0,077	0,053	0,036			
C/N	16,2	14,5	11,4	10,0	7,8			
M.O. %	5,4	2,6	1,5	0,9	0,5			
-----								
pH H <sub>2</sub> O	6,1	6,7	6,4	6,7	6,5	6,1	6,4	6,4
pH KCl	4,8	5,4	5,8	5,6	5,2	4,6	4,3	4,3
-----								
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)								
Ca <sup>++</sup>	13,4	13,4	15,7	13,5	14,1	16,4	18,2	
Mg <sup>++</sup>	15,4	17,4	21,5	21,4	24,2	26,8	27,4	
K <sup>+</sup>	0,28	0,25	0,08	0,09	0,1	0,09	0,07	
Na <sup>+</sup>	1,88	3,06	4,27	5,74	6,59	7,85	8,04	
S Somme des cations	30,96	34,11	41,55	40,73	44,99	51,14	53,71	
T Capacité d'échange	40,1	42,5	39,8	39,2	41,2	46,0	45,0	
V (S/T) Taux de saturation %	77,21	80,26	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,13	0,04	0,03	0,04	0,03	0,01	0,01	
-----								

NUMERO DU PROFIL	MER 62	MER 62						
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7	8
PROFONDEUR en cm	0-20	20-37	37-50	50-70	70-95	95-115	115-135	135-150

## CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS

(Na <sup>+</sup> /T)x100	4,69	7,20	10,73	14,64	16,00	17,07	17,87
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	33,42	31,53	39,45	34,44	34,22	35,65	40,44
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,15	1,30	1,37	1,59	1,72	1,63	1,51

## Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables

Ca <sup>++</sup> (%)	43,68	39,57	37,86	33,22	31,41	32,13	33,93
Mg <sup>++</sup> (%)	50,20	51,39	51,84	52,66	53,91	52,50	51,08
Na <sup>+</sup> (%)	6,13	9,04	10,30	14,12	14,68	15,38	14,99

## SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2

Résistivité (mS)			0,93	2,15	2,13	2,50	1,76
pH			5,6	4,9	4,5	4,3	4,7

## Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air

Ca <sup>++</sup>			0,13	0,47	0,40	0,47	0,24
Mg <sup>++</sup>			0,22	0,83	0,73	0,98	0,44
K <sup>+</sup>			0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>			1,43	2,97	3,02	3,61	2,75
Somme des cations			1,80	4,29	4,16	5,06	3,44

Somme des anions			1,72	4,39	4,53	5,01	3,54
Cl <sup>-</sup>			1,47	4,10	4,23	4,61	3,08
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			0,20	0,27	0,30	0,40	0,46
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0,05	0,02	0	0,01	0

## Paramètres ioniques

Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>			0,04	1,13	1,21	1,00	2,29
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>			0,07	-0,20	-0,10	-0,07	0,22
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>			1,69	1,76	1,82	2,08	1,83

**PROFIL : MER 53****HORIZON 1** : 0 - 15 cm

Dénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>  
 HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 4  
Couleur : 10 YR 3/1 gris très foncé  
Structure : anguclode polyédrique de 2 à 5 cm  
Texture : argilo-limoneux  
Porosité : faible, fentes de 1 à 3 cm d'écart ; rares pores fins tubulaires  
Consistance : sec, assez meuble, agrégats non fragiles  
 Bioféron : orthotubules et copropèdes  
 Lapidon : micro et mésorudite anguleux et émoussé, lithoreliques siliceux  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 2** : 15 - 35 cm

Dénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>  
 MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4  
Couleur : 10 YR 2/0 noir  
Structure : anguclode polyédrique, de 3 à 8 cm  
Texture : argileux  
Porosité : faible, fentes de 1 à 3 cm d'écart ; rares pores fins tubulaires  
Consistance : sec, cohérent, agrégats non fragiles  
 Bioféron : orthotubules et copropèdes  
 Lapidon : micro et mésorudite anguleux et émoussé, lithoreliques siliceux  
Transition : distincte, régulière

**HORIZON 3** : 35 - 55 cm

Dénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : A<sub>31</sub>(B)  
 HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Bioféron 4 ; Séméton 4 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4  
Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncé  
Structure : anguclode 1, polyédrique de 2 à 5 cm, pauciclude 2, micro et mésosfaces luisantes et striées  
Texture : argileux  
Porosité : faible, fentes verticales et obliques débutant dans l'horizon, de 0,1 cm ; pores peu ou pas visibles  
Consistance : peu humide, assez cohérent, plastique, peu collant  
 Bioféron : métatubules, 2,5 Y 5/3, brun olive  
 Séméton : ponctuations de MnO<sub>2</sub>, < 0,5 cm de diamètre  
 Lapidon : micro méso et macrorudite anguleux, lithoreliques siliceux  
Transition : nette, régulière

**HORIZON 4** : 55 - 85 cm

Dénomination de l'horizon : horizon de transition humique et verticale : A<sub>32</sub>(B)  
 VERTICHRON 1, Humite 4 ; Bioféron 4 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5  
Couleur : 2,5 Y 5/2 brun grisâtre  
Structure : sphénoclode, de 5 à 10 cm  
Texture : argileux  
Porosité : faible, fentes obliques et quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores peu ou pas visibles  
Consistance : peu humide, assez cohérent, plastique, non collant  
 Bioféron : métatubules, 2,5 Y 2/0, noir et 10 YR 5/4 brun jaunâtre  
 Lapidon : micro méso et macrorudite anguleux, lithoreliques siliceux  
Transition : progressive, régulière

**HORIZON 5** : 85 - 125 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : (B)<sub>1</sub>  
 VERTICHRON 1 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5  
Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtre  
Structure : sphénoclode, de 10 à 50 cm.  
Texture : argileux  
Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores très fins tubulaires  
Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant  
 Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux  
Transition : diffuse, régulière

**HORIZON 6** : 125 - 130 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, à concentration de cristaux de gypse : B<sub>2</sub>Gy  
 VERTICHRON 1 ; Séméton 3  
Couleur : 2,5 Y 5/3 brun olive clair  
Structure : sphénoclode 1, de 3 à 20 cm, pauciclude 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées  
Texture : argileux  
Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,3 cm ; rares pores très fins tubulaires  
Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant  
 Séméton : crystallarias de gypse en amas de cristaux lenticulaires de 0,2 à 0,5 cm de teinte jaunâtre, dendrites de MnO<sub>2</sub> à la surface des agrégats, en relation avec les faces de glissement

Lapidon : micro mésorudite anguleux,  
lithoreliques siliceux, émoussés,  
altélithoreliques rocheux  
Transition : nette, régulière

HORIZON 7 : 130 - 150, 155 cm

Dénomination de l'horizon : horizon vertique  
minéral à gypse de teinte à dominante noire  
due à  $MnO_2$  :  $B_{Mn}(Gy)$   
VERTICHRON 1, OXYDON 2 ; Vertichron 3 ;  
Séméton 4 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées 7,5 YR 5/6  
brun vif et 2,5 Y 5/3 brun olive clair

Structure : pauciclode 1, micro et mésosfaces  
luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques  
se terminant dans l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm  
; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu  
plastique, non collant

Séméton :  $MnO_2$  dendrites, ponctuations et  
petites concrétions en revêtements à la  
surface des agrégats, autour des pores  
racinaires ;

Gypse en amas de cristaux de 0,1 à 0,5 cm  
agglomérés en sphéroïdes de 0,5 à 2 cm de  
diamètre à revêtements noirs ( $MnO_2$ )

Lapidon : micro mésorudite anguleux,  
lithoreliques siliceux, émoussés,  
altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, irrégulière

HORIZON 8 : 150 - 165 cm

Dénomination de l'horizon : horizon  
apparaissant sur le bord aval du profil  
horizon d'altération à nodules et volumes  
pulvérulents calcaires, à accumulation de  
manganèse, associé à une matrice  
structichromique verticale :  $BC_{CaMn}$   
STRUCTICHRON 1, ALTERITE 2 ; Séméton 3 ;  
Lapidon 3

Couleur : beige clair, matrice 5 Y 5/3 olive,  
noir

Structure : pauciclode, micro et mesosfaces  
luisantes, non striées

Texture : argilo-sableux

Porosité : rares fentes quelconques ;  
nombreux pores tubulaires fins et moyens

Consistance : peu humide, cohérent, friable,  
non plastique

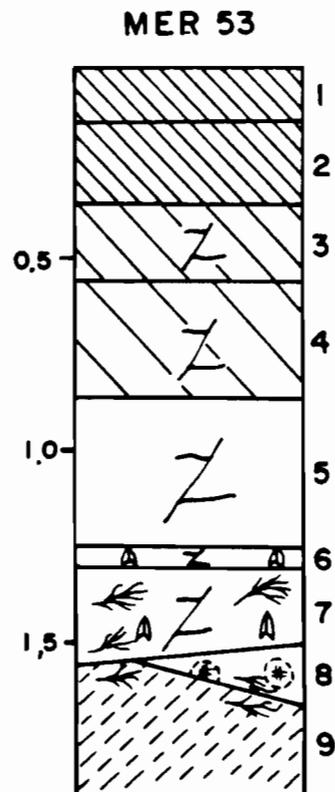
Lapidon : nodules micro et mesorudites  
arrondis et friables de carbonates de calcium  
; micro mésorudite anguleux, lithoreliques  
siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux  
Séméton : volumes pulvérulents carbonatés  
autour de noyaux d'induration (nodules) ;

dendrites, ponctuations et microconcrétions  
de  $MnO_2$

Transition : distincte, régulière

HORIZON 9 : 155, 165 - 170 cm

Altérite (isaltérite et allotérite) de flysch  
ou de roche de la série des basaltes



VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates  
sur colluvions de flyschs

NUMERO DU PROFIL	MER 53					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-85	85-125	125-130
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	46,9	57,0	63,9	62,8	66,7	70,0
limon fin	22,8	17,7	14,9	16,1	14,9	13,0
limon grossier	11,8	7,9	7,0	7,2	7,2	5,4
sable fin	10,5	9,1	7,4	7,4	6,3	5,5
sable grossier	4,4	6,8	5,0	5,5	3,1	5,5
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)	5,74	6,29	6,48	6,41		
pF 2,5	40,4	49,4	51,2	51,3	51,8	46,1
pF 4,2	27,6	32,0	25,5	25,1	25,6	26,6
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	2,69	1,25	0,53	0,33	0,16	
N%	0,175	0,108	0,063	0,046	0,021	
C/N	15,4	11,6	8,4	7,2	7,6	
M.O. %	4,6	2,2	0,9	0,6	0,3	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	6,0	6,5	6,3	6,1	6,0	6,2
pH KCl	4,9	5,6	5,3	5,1	4,9	5,2
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	11,9	15,2	14,2	14,1	15,2	20,3
Mg <sup>++</sup>	14,7	21,1	21,6	22,9	25,9	23,3
K <sup>+</sup>	0,32	0,11	0,12	0,15	0,14	0,08
Na <sup>+</sup>	1,64	2,96	5,42	7,12	8,51	7,56
S Somme des cations	28,56	39,37	41,34	44,27	49,75	51,24
T Capacité d'échange	37,7	42,4	41,6	41,2	46,7	43,7
V (S/T) Taux de saturation %	75,76	92,85	99,38	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,78	0,12	0,08	0,02	0,01	0,01
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 53					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-55	55-85	85-125	125-130
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T) x100	4,35	6,98	13,03	17,28	18,22	17,30
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	31,56	35,85	34,13	34,22	32,55	46,45
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,24	1,39	1,52	1,62	1,70	1,15
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	42,14	38,72	34,45	31,96	30,64	39,68
Mg <sup>++</sup> (%)	52,05	53,74	52,40	51,90	52,21	45,54
Na <sup>+</sup> (%)	5,81	7,54	13,15	16,14	17,15	14,78
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)		0,42	1,49	2,48	2,89	5,65
pH		5,0	4,9	4,7	4,9	4,7
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>		0,05	0,28	0,68	0,80	6,93
Mg <sup>++</sup>		0,08	0,49	1,14	1,35	5,57
K <sup>+</sup>		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Na <sup>+</sup>		0,65	2,20	3,45	4,16	5,45
Somme des cations		0,79	2,98	5,27	6,32	17,97
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>		0,72	2,97	5,07	6,12	17,01
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		0,43	2,27	3,78	4,11	3,13
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		0,25	0,65	1,27	1,97	13,84
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0,04	0,05	0,02	0,04	0,04
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>		-0,22	0,07	0,33	0,05	2,32
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>		0,20	0,37	0,59	1,17	6,91
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>		1,6	1,75	1,67	1,68	0,80
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 53	MER 53	MER 53
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	130-150	150-160	160-170+
-----			
GRANULOMETRIE %			
argile	61,8	50,4	
limon fin	17,1	16,2	
limon grossier	7,5	8,7	
sable fin	8,3	10,5	
sable grossier	5,4	13,2	
-----			
EAU DU SOL %			
Humidité à 105°C (%)	5,74	6,29	6,48
pF 2,5	49,6	42,0	25,5
pF 4,2	26,3	25,6	15,2
-----			
pH H <sub>2</sub> O	6,4	8,1	7,4
pH KCl	5,2	7,1	6,2
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)			
Ca <sup>++</sup>	17,8	25,1	
Mg <sup>++</sup>	26,8	26,0	
K <sup>+</sup>	0,12	0,07	
Na <sup>+</sup>	9,56	9,67	
S Somme des cations	54,28	60,84	
T Capacité d'échange	50,4	44,2	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,01	<0,01	
-----			
CO <sub>3</sub> %		2,3	
-----			

NUMERO DU PROFIL	MER 53	MER 53	MER 53
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	130-150	150-160	160-170+
-----			
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS			
(Na <sup>+</sup> /T)x100	18,97	21,88	
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	35,32	56,79	
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,51	1,04	
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables			
Ca <sup>++</sup> (%)	32,87	41,30	
Mg <sup>++</sup> (%)	49,48	42,78	
Na <sup>+</sup> (%)	17,65	15,91	
-----			
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2			
Résistivité (mS)	4,34	4,86	
pH	4,8	6,9	
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air			
Ca <sup>++</sup>	2,63	3,79	
Mg <sup>++</sup>	3,32	3,72	
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	
Na <sup>+</sup>	5,24	5,70	
Somme des cations	11,20	13,22	
Somme des anions			
Cl <sup>-</sup>	3,78	3,33	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	6,90	9,48	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,04	0,20	
Paramètres ioniques			
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-1,76	-2,37	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	4,27	5,69	
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,26	0,98	
-----			

**PROFIL : MER 63****HORIZON 1** : 0 - 15 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 2/1 noirStructure : anguclode polyédrique de 2 à 5 cmTexture : argilo-limoneuxPorosité : faible, fentes de 1 à 3 cm d'écart ; rares pores fins tubulairesConsistance : sec, assez meuble, agrégats non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux et émoussé, lithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 35 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ;

Lapidon 5

Couleur : 10 YR 2/0 noirStructure : anguclode polyédrique, de 5 à 10 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes de 1 à 3 cm d'écart ; rares pores fins tubulairesConsistance : sec, cohérent, agrégats non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux et émoussé, lithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 35 - 50 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : A<sub>31</sub>(B)

HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Bioféron 4 ;

Séméton 4 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncéStructure : anguclode 1, polyédrique de 3 à 8 cm, pauciclode 2, micro et mésosfaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales et obliques débutant dans l'horizon, de 0,1 cm ; pores peu ou pas visiblesConsistance : peu humide, assez cohérent, plastique, peu collant

Bioféron : métatubules, 5 Y 5/3, olive

Séméton : ponctuations de MnO<sub>2</sub>, < 0,5 cm de diamètre

Lapidon : micro méso et macrorudite anguleux, lithoreliques siliceux

Transition : nette, régulière**HORIZON 4** : 50 - 65 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition humique et vertique : A<sub>32</sub>(B)

VERTICHRON 1, Humite 4 ; Bioféron 4 ;

Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/2 brun grisâtreStructure : sphénoclode, de 5 à 10 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores peu ou pas visiblesConsistance : peu humide, assez cohérent, plastique, non collant

Bioféron : métatubules, 2,5 Y 2/0, noir

Lapidon : micro méso et macrorudite anguleux, lithoreliques siliceux

Transition : progressive, régulière**HORIZON 5** : 65 - 90 cmDénomination de l'horizon : horizon vertique minéral : (B)<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/4 brun jaunâtreStructure : sphénoclode, de 10 à 50 cm.Texture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores très fins tubulairesConsistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux

Transition : diffuse, régulière**HORIZON 6** : 90 - 125 cmDénomination de l'horizon : horizon vertique minéral : (B)<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 5/3, brun olive clairStructure : sphénoclode, de 10 à 50 cm.Texture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores très fins tubulairesConsistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux

Transition : nette, régulière**HORIZON 7** : 125 - 140 cmDénomination de l'horizon : horizon vertique minéral, à concentration de cristaux de gypse : B<sub>1</sub>Gy

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 4

Couleur : 2,5 Y 5/3 brun olive clairStructure : sphénoclode, de 3 à 20 cm.Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : crystallarias de gypse en cristaux lenticulaires de 0,5 à 1,5 cm de long de couleur jaunâtre, parfois plus de 20% du poids de sol sec, dans les fentes se concentrent des cristaux de petite taille

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, régulière

HORIZON 8 : 140 - 150 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, à concentration de cristaux de gypse : B<sub>2</sub>Gy

VERTICHRON 1 ; Séméton 3

Couleur : deux phases de même rapport, et de limite diffuse, 2,5 Y 5/3 brun olive clair et 10 YR 5/8 brun jaunâtre

Structure : sphénoclude 1, de 3 à 50 cm, pauciclude 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,3 cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : crystallarias de gypse en amas de cristaux lenticulaires parfois agglomérés de 0,5 à 0,8 cm de teinte jaunâtre, 10 à 15 % du poids de sol ;

dendrites de MnO<sub>2</sub> à la surface des agrégats, en relation avec les faces de glissement

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : très nette, parfois inclinée

HORIZON 9 : 150 - 175 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral à gypse de teinte à dominante noire due à MnO<sub>2</sub> : B<sub>1</sub>Mn(Gy)

VERTICHRON 1, OXYDON 2 ; Vertichron 3 ; Séméton 4 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées 7,5 YR 5/6 brun vif et 2,5 Y 5/3 brun olive clair

Structure : sphénoclude 1, de 3 à 20 cm, pauciclude 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores

très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : MnO<sub>2</sub> dendrites, punctuations et petites concrétions en revêtements à la surface des agrégats, autour des pores racinaires ;

Gypse en amas de cristaux de 0,5 à 0,8 cm agglomérés en sphéroïdes de 2 à 5 cm de diamètre à revêtements noirs (MnO<sub>2</sub>)

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : progressive, régulière

HORIZON 10 : 175 - 195 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral à rares cristaux de gypse et quelques revêtements de MnO<sub>2</sub> : B<sub>2</sub>(Mn,Gy)

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 6

Couleur : 5 Y 5/3 olive, taches 7,5 YR 5/6 brun vif

Structure : sphénoclude 1, de 3 à 20 cm, pauciclude 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : dendrites de MnO<sub>2</sub> associés aux vides planaires ou aux pores racinaires ; crystallarias de gypse en petits cristaux de 0,1 à 0,3 cm associés aux vides planaires

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : progressive régulière

HORIZON 11 : 195 - 240 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, petits amas pulvérulents

carbonatés : B<sub>Ca</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 5

Couleur : 5 Y 5/3 olive

Structure : sphénoclude 1, de 3 à 20 cm, pauciclude 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores très fins tubulaires, pores vésiculaires autour du séméton carbonaté

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : en petits amas pulvérulents carbonatés à coeur durci, sphériques de 2 à 5 cm de diamètre ;  
 dendrites de MnO<sub>2</sub> associés aux vides planaires ou aux pores racinaires, parfois englobés par les amas carbonatés  
 crystallarias de gypse, assez rares en amas de style géode (petits cristaux au centre et gros cristaux autour, parfois amas blanchâtres carbonatés? au centre)  
 Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 12 : 240 - 250 cm

Dénomination de l'horizon : horizon à croûte calcaire friable et discontinue associée à une matrice verticale : BC<sub>Ca</sub>

CALCOFRAGISTERITE 1 ; Vertichron 3 ;

Lapidon 3

Couleur : beige clair, matrice 5 Y 5/3 olive

Structure : pauciclode, rares faces luisantes et striées de 3 à 50 cm limitées à l'horizon

Texture : argilo-sableux

Porosité : rares fentes obliques ; nombreux pores tubulaires fins et moyens

Consistance : peu humide, cohérent, friable, non plastique

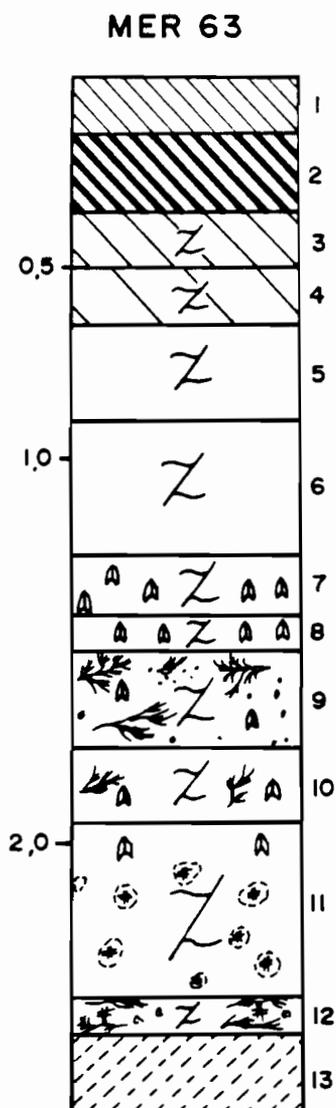
Calcofragistérite : croûte discontinue, friable, en volumes pulvérulents autour de noyaux d'induration

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, régulière

HORIZON 13 : 250 - 260 cm

Altérite (isaltérite et allotérite) de flysch ou de roche de la série des basaltes



VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions et alluvions

NUMERO DU PROFIL	MER 63					
HORIZON	7	8	9	10	11	12
PROFONDEUR en cm	125-140	140-150	150-175	175-195	195-240	240-255
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	70,9	69,8	65,8	71,6	64,4	46,6
limon fin	12,1	14,6	20,1	15,5	11,8	13,1
limon grossier	7,6	7,0	7,4	6,0	5,7	6,6
sable fin	4,9	4,5	4,9	4,3	5,9	11,0
sable grossier	5,8	3,1	3,5	3,9	10,5	21,0
-----						
Densité apparente	1,51	1,74	1,45	1,56	1,49	
Densité réelle*	2,32	2,37	2,42	2,38	2,35	
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)	19,31	19,84	19,00	20,61	23,02	
pF 2,5	46,2	44,9	42,4	45,7	44,0	33,3
pF 4,2	26,3	27,2	25,7	28,4	28,2	19,8
-----						
pH H <sub>2</sub> O	5,8	6,0	6,6	7,3	8,2	8,4
pH KCl	4,8	5,2	5,7	6,1	7,1	7,3
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE mé%						
Ca <sup>++</sup>	20,1	18,0	18,3	16,6	21,4	20,8
Mg <sup>++</sup>	24,3	24,9	27,3	29,2	28,6	23,7
K <sup>+</sup>	0,14	0,13	0,17	0,14	0,12	0,13
Na <sup>+</sup>	7,88	8,14	9,12	9,60	8,83	8,06
S Somme des cations	52,42	51,17	54,89	55,54	58,95	52,69
T Capacité d'échange	41,6	42,0	46,1	48,1	46,2	40,0
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,01	0,02	<0,01	0,01	<0,01	0,01
-----						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	7,84	7,99	7,49	7,01	8,43	12,09
Résidu	28,40	30,34	31,34	29,98	29,14	26,14
SiO <sub>2</sub>	34,00	32,80	33,06	36,80	35,42	30,34
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,15	11,33	10,77	11,52	10,58	9,07
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,58	7,72	8,01	9,07	8,72	8,07
MnO <sub>2</sub>	0,04	0,29	1,84	0,24	0,22	0,18
TiO <sub>2</sub>	0,86	0,82	0,82	0,99	0,98	1,03
CaO	4,20	2,00	1,92	0,67	2,94	8,25
MgO	1,22	1,39	1,63	2,02	2,58	3,64
K <sub>2</sub> O	0,11	0,15	0,20	0,19	0,15	0,15
Na <sub>2</sub> O	0,32	0,38	0,40	0,43	0,45	0,49
NiO	0,01	0,01	0,06	0,03	0,02	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
CoO	<0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	5,2	4,9	5,2	5,4	5,7	5,7
-----						
CO <sub>3</sub> %					2,5	8,1
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 63					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-55	55-70	70-95	95-125
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	46,5	49,6	47,6	61,2	65,8	66,5
limon fin	21,8	20,9	19,5	16,7	14,8	15,7
limon grossier	11,0	11,1	9,7	7,0	6,7	7,1
sable fin	10,4	11,6	11,4	6,9	6,4	6,2
sable grossier	5,6	3,4	11,0	6,7	5,0	4,7
-----						
Densité apparente	1,09	1,32	1,40	1,47	1,28	1,58
Densité réelle*	2,47	2,34	2,31	2,34	2,35	2,34
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)	27,54	27,87	22,00	21,74	29,81	23,60
pF 2,5	41,0	37,3	42,7	50,5	55,3	53,8
pF 4,2	23,9	27,7	23,3	24,5	27,3	26,4
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	3,04	1,91	0,84	0,45	0,24	
N%	0,184	0,120	0,073	0,045	0,032	
C/N	16,5	15,9	11,5	10,0	7,7	
M.O. %	5,2	3,3	1,4	0,8	0,4	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	5,9	6,2	6,2	5,6	5,4	5,3
pH KCl	4,8	5,1	5,1	4,5	4,2	4,1
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	12,0	13,1	11,6	12,3	13,0	13,1
Mg <sup>++</sup>	14,7	16,9	16,3	21,1	23,5	24,5
K <sup>+</sup>	0,84	0,26	0,11	0,06	0,08	0,10
Na <sup>+</sup>	0,65	3,61	4,06	6,74	8,37	8,80
S Somme des cations	28,19	33,87	32,07	40,20	44,95	46,50
T Capacité d'échange	36,2	38,0	34,4	39,0	42,1	46,5
V (S/T) Taux de saturation %	77,9	89,1	93,2	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,12	0,19	0,16	0,09	0,03	0,03
-----						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	10,44	9,38	7,72	6,71	6,67	6,64
Résidu	38,96	38,64	41,30	36,26	34,28	34,14
SiO <sub>2</sub>	32,68	32,26	29,60	34,54	35,90	35,98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,31	9,45	9,07	10,39	10,58	11,52
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,35	6,86	7,35	8,44	8,78	8,92
MnO <sub>2</sub>	0,58	0,76	1,24	0,10	0,05	0,04
TiO <sub>2</sub>	0,87	0,91	0,84	1,04	1,04	0,99
CaO	0,48	0,52	0,39	0,38	0,39	0,42
MgO	0,76	0,87	0,84	1,06	1,11	1,18
K <sub>2</sub> O	0,08	0,04	0,06	0,06	0,05	0,06
Na <sub>2</sub> O	0,08	0,12	0,16	0,24	0,39	0,39
NiO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
CoO	0,01	0,01	0,02	<0,01	<0,01	0,01
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	8,8	5,8	5,5	5,6	5,7	5,2
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 63					
HORIZON	7	8	9	10	11	12
PROFONDEUR en cm	125-140	140-150	150-175	175-195	195-240	240-255
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T) x100	18,94	19,38	19,78	19,96	19,11	20,15
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	48,32	42,86	39,70	34,51	46,32	52,00
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,21	1,38	1,49	1,76	1,34	1,14
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	38,45	35,27	33,44	29,96	36,38	39,57
Mg <sup>++</sup> (%)	46,48	48,79	49,89	52,71	48,61	45,09
Na <sup>+</sup> (%)	15,07	15,95	16,67	17,33	15,01	15,33
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)	5,94	6,08	6,10	3,34	2,94	2,26
pH	4,7	4,7	4,9	5,5	7,3	7,5
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>	6,31	6,45	5,87	1,05	0,73	0,40
Mg <sup>++</sup>	5,79	5,83	5,75	1,82	1,25	0,68
K <sup>+</sup>	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	5,40	4,86	5,62	4,78	4,36	3,50
Somme des cations	17,52	17,18	17,26	7,66	6,35	4,59
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>	3,67	3,95	3,74	3,99	3,81	2,68
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	13,83	14,41	14,25	3,17	2,19	1,66
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,01	0,02	0,02	0,03	0,21	0,24
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-1,73	-0,91	-1,88	-0,79	0,55	0,82
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	7,56	7,86	8,38	2,12	1,46	1,26
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,92	0,92	0,98	1,73	1,71	1,7
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 63					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-55	55-70	70-95	95-125
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T)x100	1,80	9,50	11,80	17,28	19,88	20,32
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	33,15	34,47	33,72	31,54	30,88	30,25
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,23	1,29	1,41	1,72	1,81	1,87
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	43,88	38,98	36,30	30,64	28,97	28,23
Mg <sup>++</sup> (%)	53,75	50,28	51,00	52,57	52,37	52,80
Na <sup>+</sup> (%)	2,38	10,74	12,70	16,79	18,65	18,97
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)			0,89	2,0	2,99	3,16
pH			4,8	4,4	4,3	4,3
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>			0,10	0,33	0,64	0,76
Mg <sup>++</sup>			0,16	0,60	1,18	1,42
K <sup>+</sup>			0,01	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>			1,39	2,92	4,39	4,67
Somme des cations			1,66	3,86	6,22	6,85
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>			1,52	4,14	6,18	6,95
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			1,15	3,19	4,74	4,86
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			0,36	0,95	1,44	2,09
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0,01			
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>			-0,24	0,27	0,35	0,19
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>			0,26	0,62	0,80	1,33
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>			1,6	1,81	1,84	1,87
-----						

**PROFIL : MER 54****HORIZON 1** : 0 - 20 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique de 0,5 à 2 cmTexture : argilo-limono-sableuxPorosité : faible d'entassement, fentes verticales et quelconques, débutant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 1 cm d'écart ; rares pores fins tubulairesConsistance : sec, assez cohérent, agrégats non fragiles, non plastiques

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux lithoreliques siliceux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 20 - 40 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 2/1 noirStructure : prismoclode, de 0,5 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 1 cm d'écart ; rares pores fins tubulairesConsistance : sec, cohérent, agrégats non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux lithoreliques siliceux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 3** : 40 - 60 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : A<sub>31</sub>(B)

HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Humite 5 ; Bioféron 4 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 4

Couleur : 10 YR 3/2 brun gris très foncéStructure : pauciclode 1, micro et mésofaces luisantes et striées ; sphénoclode 2, de 0,5 à 2 cmTexture : argileuxPorosité : très faible, fentes obliques et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 1,5 cm ; rares pores fins tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent,

plastique, peu collant

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules

Humite : en traînées verticales, en placages le long d'anciennes fentes, 10 YR 3/1, gris très foncé

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 4** : 60 - 85 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition humique et verticale : A<sub>32</sub>(B)

VERTICHRON 1, Humite 4 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/3, brun grisâtreStructure : sphénoclode, de 0,5 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : très faible, fentes obliques et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 2 cm ; rares pores fins tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, plastique, peu collant

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules

Humite : en traînées verticales, en placages le long d'anciennes fentes, 10 YR 3/1, gris très foncé

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : progressive, régulière**HORIZON 5** : 85 - 105 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/3 brunStructure : sphénoclode, de 0,5 à 2 cm.Texture : argileuxPorosité : très faible, fentes obliques et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 2 cm ; rares pores fins tubulairesConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 6** : 105 - 140 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, à concentration de cristaux degypse : V<sub>1Gy</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 5

Couleur : 5 Y 6/3, olive clair

Structure : sphénoclode 1, de 0,5 à 2 cm ; pauciclode 3, meso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : très faible, fentes obliques et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 2 cm ; rares pores fins tubulaires

Consistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Séméton : crystallarias de gypse en cristaux lenticulaires de 0,5 à 2 cm de long de couleur jaunâtre, parfois plus de 20% du poids de sol sec, dans les fentes se concentrent des cristaux de petite taille

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : nette, régulière

HORIZON 7 : 140 - 160 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral à gypse de teinte à dominante noire due à  $MnO_2$  :  $V_{Mn}(Gy)$

VERTICHRON 1, OXYDON 2 ; Vertichron 3 ;

Séméton 4 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées 10 YR 5/6 brun jaunâtre

Structure : sphénoclode 1, de 0,5 à 2 cm, pauciclode 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton :  $MnO_2$  dendrites, ponctuations et petites concrétions en revêtements à la surface des agrégats, autour des pores racinaires ;

Gypse en amas de cristaux de 0,5 à 0,8 cm agglomérés en sphéroïdes de 2 à 5 cm de diamètre à revêtements noirs ( $MnO_2$ )

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : nette, régulière

HORIZON 8 : 160 - 190 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral à quelques revêtements de  $MnO_2$  :

$V_{(Mn)}$

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 4

Couleur : 5 Y 5/3 olive, taches 10 YR 5/6 brun jaunâtre à l'intérieur des agrégats

Structure : sphénoclode 1, de 0,5 à 5 cm, pauciclode 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires ;

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : distincte, régulière

HORIZON 9 : 190 - 230 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, petits amas pulvérulents

carbonatés :  $V_{1Ca}$

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 4

Couleur : 5 Y 5/3 olive, l'intérieur des agrégats est de teinte 10 YR 5/4 brun jaunâtre

Structure : sphénoclode 1, de 1 à 5 cm, pauciclode 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires, parfois englobés par les amas carbonatés ; amas pulvérulents carbonatés à coeur durci, sphériques de 2 à 5 cm de diamètre ;

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : graduelle, régulière

HORIZON 10 : 230 - 280 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, nombreuses concrétions et amas pulvérulents carbonatés :  $V_{2Ca}$

VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 3

Couleur : 5 Y 5/3 olive, l'intérieur des agrégats est de teinte 2,5 Y 4/4, brun olive

Structure : sphénoclode 1, de 1 à 5 cm, pauciclode 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : amas pulvérulents carbonatés à coeur durci, sphériques de 2 à 5 cm de diamètre ;

dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires, parfois englobés par les amas carbonatés ;  
 Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés  
Transition : distincte, régulière

HORIZON 11 : 280 - 287 cm

Dénomination de l'horizon : horizon de transition, verticale et d'altération de flysch : VC

ALLOTÉRITE 1 ; Vertichron 4 ; Lapidon 4 ; Séméton 4

Couleur : 2,5 Y 4/6, brun olive ; surface des agrégats 5 Y 5/3 olive

Structure : pauciclude, micro et mésofaces luisantes et striées

Texture : argilo-sableux

Porosité : rares fentes obliques et quelconques, se terminant dans l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; quelques pores tubulaires fins et moyens

Consistance : peu humide, assez cohérent, non plastique

Allotérite de flysch

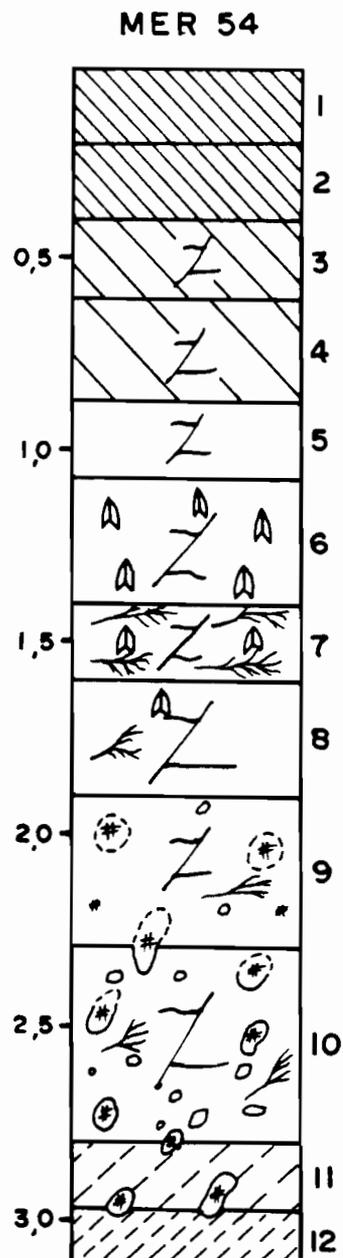
Séméton : volumes durcis et parfois pulvérulents de carbonates

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : nette, régulière

HORIZON 13 : 287 - 290 cm +

Altérite (isaltérite et allotérite) de flysch ou de roche de la série des basaltes



VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions et alluvions

NUMERO DU PROFIL	MER 54					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-60	60-85	85-105	105-140
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	48,0	57,6	63,6	64,9	68,9	72,4
limon fin	21,5	16,9	17,2	16,7	16,8	13,3
limon grossier	11,0	8,4	7,4	7,3	7,2	4,5
sable fin	10,5	8,5	6,7	6,3	4,9	2,7
sable grossier	5,4	7,2	3,9	3,5	2,4	6,2
-----						
EAU DU SOL %						
pF 2,5	42,4	48,4	55,0	54,5	56,6	44,7
pF 4,2	30,8	27,3	26,1	26,5	27,4	26,9
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	1,14	0,56	0,40	0,19	0,076	
N%	0,100	0,066	0,056	0,032	0,016	
C/N	11,4	8,5	7,1	5,9	4,8	
M.O. %	2,0	1,0	0,7	0,3	0,1	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	6,0	5,8	5,3	5,2	5,3	5,4
pH KCl	5,0	4,9	4,5	4,3	4,2	4,5
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	11,3	11,3	11,5	11,6	12,3	19,9
Mg <sup>++</sup>	15,0	18,5	21,3	22,6	25,7	20,4
K <sup>+</sup>	0,36	0,08	0,12	0,08	0,18	0,19
Na <sup>+</sup>	2,44	4,22	5,39	6,68	7,73	5,42
S Somme des cations	29,1	34,1	38,31	40,96	45,91	45,91
T Capacité d'échange	38,3	38,8	41,8	42,8	45,7	39,6
V (S/T) Taux de saturation %	75,98	87,89	91,65	95,70	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,58	0,79	0,08	0,04	0,01	<0,01
H <sup>+</sup> extrait KCl N			0,04	0,08	0,11	0,01
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 54					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-40	40-60	60-85	85-105	105-140
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T) x100	6,37	10,88	12,89	15,61	16,91	13,69
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	29,50	29,12	27,51	27,10	26,91	50,25
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,33	1,64	1,85	1,95	2,09	1,03
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	39,32	33,22	30,11	28,38	26,90	43,53
Mg <sup>++</sup> (%)	52,19	54,38	55,77	55,28	56,20	44,62
Na <sup>+</sup> (%)	8,49	12,40	14,11	16,34	16,90	11,85
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)		0,95	1,07	1,94	1,88	4,90
pH		4,6	4,7	4,6	4,5	4,6
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>		0,17	0,12	0,33	0,26	6,96
Mg <sup>++</sup>		0,30	0,25	0,64	0,51	4,91
K <sup>+</sup>		0,01	0,03	0,02	0,01	0,03
Na <sup>+</sup>		1,46	1,78	2,96	3,04	4,12
Somme des cations		1,94	2,18	3,95	3,82	16,02
Somme des anions						
		1,94	2,09	4,03	3,58	15,67
Cl <sup>-</sup>		0,98	1,07	2,21	2,03	1,46
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		0,94	1,00	1,80	1,54	14,20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>		-0,48	-0,71	0,75	-1,01	-2,66
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>		0,77	0,88	1,47	1,28	7,24
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>		1,76	2,08	1,94	1,96	0,70
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 54					
HORIZON	7	8	9	10	11	12
PROFONDEUR en cm	140-160	160-190	190-230	230-280	280-287	287-290+
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	66,6	73,7	74,0	63,2	43,5	
limon fin	17,6	15,7	16,3	15,1	18,0	
limon grossier	5,9	4,6	4,1	5,7	11,0	
sable fin	4,8	3,1	3,1	6,3	12,0	
sable grossier	4,0	3,2	2,7	9,1	14,3	
-----						
EAU DU SOL (%)						
pF 2,5	44,8	48,0	50,5	44,4	36,3	20,7
pF 4,2	25,4	28,5	29,2	26,5	22,9	10,4
-----						
pH H <sub>2</sub> O	6,8	7,4	8,2	8,4	8,5	8,8
pH KCl	5,8	6,2	7,3	7,2	7,3	7,4
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	16,4	15,8	16,9	19,3	18,7	
Mg <sup>++</sup>	28,6	30,0	29,7	28,3	22,2	
K <sup>+</sup>	0,3	0,26	0,32	0,24	0,12	
Na <sup>+</sup>	7,22	7,47	9,28	9,05	7,96	
S Somme des cations	52,52	53,53	56,2	56,89	48,98	
T Capacité d'échange	50,6	50,8	51,7	41,9	39,2	
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT	
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
-----						
CO <sub>3</sub> %			4,8	7,6	3,6	
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 54					
HORIZON	7	8	9	10	11	12
PROFONDEUR en cm	140-160	160-190	190-230	230-280	280-287	287-290+
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T) x100	14,27	14,70	17,95	21,60	20,31	
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	32,41	31,10	32,69	46,06	47,70	
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,74	1,90	1,76	1,47	1,19	
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	31,41	29,66	30,24	34,07	38,27	
Mg <sup>++</sup> (%)	54,77	56,32	53,15	49,96	45,44	
Na <sup>+</sup> (%)	13,83	14,02	16,61	15,98	16,29	
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)	3,52	2,30	2,55	2,48	1,99	
pH	5,1	5,6	7,3	7,5	7,6	
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>	2,42	0,78	0,58	0,44	0,30	
Mg <sup>++</sup>	3,12	1,31	0,99	0,80	0,49	
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,03	0,01	0,01	
Na <sup>+</sup>	4,17	3,52	4,19	3,98	3,34	
Somme des cations	9,72	5,62	5,79	5,23	4,14	
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>	0,52	0,70	2,54	2,76	1,76	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	8,72	4,61	2,79	2,20	2,09	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,04	0,06	0,29	0,27	0,29	
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-3,65	-2,82	-1,65	-1,22	-1,58	
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	6,30	3,83	2,21	1,76	1,79	
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,29	1,68	1,71	1,82	1,63	
-----						

**PROFIL : MER 64**HORIZON 1 : 0 - 15 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 3 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 2/1 noirStructure : anguclode polyédrique de 0,8 à 1,5 cmTexture : argilo-limoneuxPorosité : important d'entassement ; pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, assez meuble, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux et émoussé, lithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulièreHORIZON 2 : 15 - 30 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 2/0 noirStructure : anguclode polyédrique, de 1 à 4 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes quelconques, limitées ou débutant dans l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm d'écart ; rares pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux et émoussé, lithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulièreHORIZON 3 : 30 - 45 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : A<sub>31</sub>(B)

HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 3/2, brun gris très foncéStructure : pauciclode 1, microfaces luisantes et striées, sphénoclode 3, de 1 à 3 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales débutant dans l'horizon, de 0,1 à 0,2cm ; rares pores fins et moyens, tubulairesConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Humite : en taches à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 2/1, noir

Bioféron : métatubules, 10 YR 2/1, noir ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulièreHORIZON 4 : 45 - 60 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition humique et verticale : A<sub>32</sub>(B)

VERTICHRON 1, Humite 4 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 4/3, brunStructure : pauciclode, mésosfaces luciques et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques limitées à l'horizon, verticales traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores fins et moyens, tubulairesConsistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Humite : en taches à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 2,5 Y 3/0, gris très foncé

Bioféron : métatubules, 2,5 Y 3/0, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulièreHORIZON 5 : 60 - 85 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : (B)<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 Humite 4 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtreStructure : pauciclode, méso et macrofaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1cm ; rares pores très fins tubulairesConsistance : humide, cohérent, plastique, collant

Bioféron : métatubules, 2,5 Y 3/0, gris très foncé

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulièreHORIZON 6 : 85 - 110 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : (B)<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/3, brun olive clair ;  
taches à bords peu nets 7,5 YR 5/8, brun vif  
Structure : sphénoclude 1, de 1 à 5 cm,  
pauciclude 3, micro et mésosfaces luisantes et  
striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant  
l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes  
quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1cm ;  
rars pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, peu  
plastique, non collant

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques  
siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux  
émoussés

Transition : nette, régulière

HORIZON 7 : 110 - 125 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale  
minéral, à concentration de cristaux de  
gypse : B<sub>1</sub>Gy

VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 4

Couleur : 5 Y 5/3, olive ; taches à bords peu  
nets 7,5 YR 4/4 à 5/8, brun à brun vif  
croissant vers le bas de l'horizon

Structure : pauciclude, micro, méso et  
macrofaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques limitées  
ou traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ;  
rars pores très fins tubulaires

Consistance : sec, très cohérent, agrégats  
rigides, non plastiques, non collants

Séméton : crystallarias de gypse concentrés  
plutôt entre les zones de teinte différente,  
en cristaux lenticulaires de 0,2 à 2 cm de  
long de couleur jaunâtre, parfois plus de 20%  
du poids de sol sec, dans les fentes se  
concentrent des cristaux de petite taille

Lapidon : micro mésorudite anguleux,  
lithoreliques siliceux, émoussés,  
altélithoreliques rocheux

Transition : progressive, régulière

HORIZON 8 : 125 - 140 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale  
minéral, à concentration de cristaux de  
gypse : B<sub>2</sub>Gy

VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 6

Couleur : 10 YR 5/4 à 7,5 YR 4/4 brun  
jaunâtre à brun ; placages de teinte 5 Y 5/2,  
gris olive, à la surface des agrégats

Structure : sphénoclude, de 10 à 20 cm

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant  
l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rars pores très  
fins tubulaires

Consistance : sec, très cohérent, agrégats

rigides, non plastiques, non collants

Séméton : crystallarias de gypse en amas de  
cristaux lenticulaires concentrés dans la  
partie supérieure de l'horizon, parfois  
regroupés en amas plus dispersés, de 0,2 à 2  
cm de teinte jaunâtre ;

dendrites de MnO<sub>2</sub> à la surface des agrégats,  
en relation avec les faces de glissement

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques  
siliceux

Transition : nette, régulière

HORIZON 9 : 140 - 160 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale  
minéral à gypse de teinte à dominante noire  
due à MnO<sub>2</sub> : B<sub>1</sub>Mn(Gy)

VERTICHRON 1, OXYDON 2 ; VERTICHRON 2 ;

Séméton 4 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées 10 YR 5/4 à  
5/6 brun jaunâtre et 5 Y 5/3 olive surtout à  
la surface des faces de glissement

Structure : sphénoclude, de 5 à 20 cm

Texture : argileux

Porosité : moyenne, fentes obliques  
traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ;  
nombreux pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, peu  
plastique, non collant

Oxydon : MnO<sub>2</sub> dendrites, ponctuations et  
petites concrétions en revêtements à la  
surface des agrégats, autour des pores  
racinaires ;

Séméton : crystallarias de gypse en amas de  
cristaux de 0,2 à 2 cm agglomérés en  
sphéroïdes de 0,5 à 10 cm de diamètre à  
revêtements noirs (MnO<sub>2</sub>)

Lapidon : micro mésorudite émoussé,  
lithoreliques siliceux

Transition : nette, régulière

HORIZON 10 : 160 - 200 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale  
minéral à rares cristaux de gypse et quelques  
revêtements de MnO<sub>2</sub> : B<sub>2</sub>(Mn,Gy)

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 4/4, brun jaunâtre foncé ;  
revêtements 5 Y 5/2 gris olive à la surface  
des agrégats

Structure : sphénoclude 1, de 5 à 20 cm,  
pauciclude 3, méso, macro et mégafaces  
luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible à moyenne, fentes obliques  
limitées ou traversant l'horizon, de 0,1 à  
0,5 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu  
plastique, non collant

Séméton : dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires ; crystallarias de gypse en petits cristaux de 0,1 à 2 cm, associés aux vides planaires à la base de l'horizon

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : progressive régulière

HORIZON 11 : 200 - 240 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, petits amas pulvérulents

carbonatés :  $BCa$

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 5/4, brun olive clair ; revêtements 5 Y 5/2 olive, à la surface des agrégats

Structure : sphénoclode 1, de 5 à 20 cm, pauciclode 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : en petits amas pulvérulents carbonatés à cœur durci, sphériques de 5 à 10 cm de diamètre, souvent creux à l'intérieur (septéria)

dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires, parfois englobés par les amas carbonatés crystallarias de gypse, rares, au sommet de l'horizon

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux, émoussés ; microrudite arrondie, nodules carbonatés et concrétions de  $MnO_2$

Transition : distincte, régulière

HORIZON 12 et 13 : 240 - 280 - 320 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale à nombreux volumes pulvérulents et concrétions carbonatées :  $V_{Ca}$

VERTICHRON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 4

Couleur : 2,5 Y 5/4, brun olive clair ; revêtements 5 Y 5/2 olive, à la surface des agrégats

Structure : sphénoclode 1, de 5 à 20 cm, pauciclode 3, méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu

plastique, non collant

Séméton : dendrites de manganèse à la surface des agrégats

volumes durcis carbonatés à cœur bien indurés, sphériques de 5 à 15 cm de diamètre, souvent creux à l'intérieur (septéria) ; certains volumes durcis englobent des dendrites de  $MnO_2$  et des microrudites siliceux

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux, émoussés ; microrudite arrondie, nodules carbonatés et concrétions de  $MnO_2$

Transition : distincte, régulière

HORIZON 14 : 320 - 360 cm

Dénomination de l'horizon : horizon d'altération associé à des plages de croûte calcaire friable et discontinue et des volumes durcis carbonatés :  $BC_{Ca}$

ALLOTÉRITE 1 ; Calcofragistérite 3,

Séméton 3 ; Lapidon 4

Couleur : 2,5 Y 4/3, brun olive

Structure : amérose

Texture : argilo-sableux

Porosité : importante, nombreux pores tubulaires et vésiculaires fins et moyens et grossiers

Consistance : humide, meuble, plastique, non collant

Séméton : volumes durcis carbonatés nombreux, associés à des filonets

Calcofragistérite : croûte discontinue, friable, en volumes pulvérulents autour de noyaux d'induration

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux, émoussés ; micro et mésorudite arrondie, nodules carbonatés

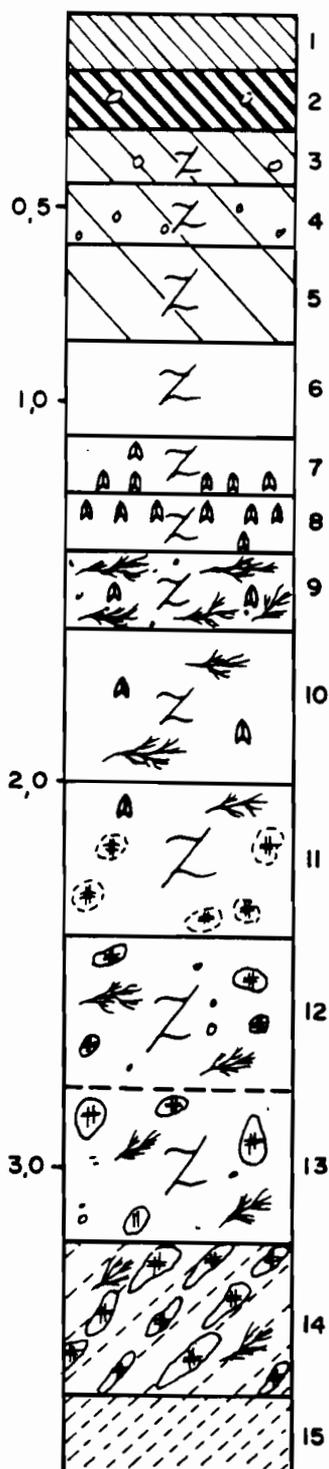
microrudite arrondie, concrétions de  $MnO_2$

Transition : distincte, régulière

HORIZON 15 : 360 - 370 cm

Altérite (isaltérite et allotérite en bancs alternés) de flysch ou de roche de la série des basaltes

MER 64



VERTISOL calcimagnésien à gypse et carbonates sur colluvions et alluvions

NUMERO DU PROFIL	MER 64						
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-15	15-30	30-45	45-60	60-85	85-110	110-125
-----							
GRANULOMETRIE %							
argile	47,0	56,0	65,0	66,1	65,7	66,4	62,8
limon fin	19,9	17,6	15,3	17,0	16,2	16,2	13,8
limon grossier	12,9	9,5	8,4	7,4	8,1	8,5	5,9
sable fin	10,9	8,5	6,9	5,7	5,6	5,6	6,6
sable grossier	6,2	6,5	3,5	4,1	3,6	3,1	9,4
-----							
EAU DU SOL %							
pF 2,5	37,2	44,7	44,1	49,6	51,4	51,2	43,8
pF 4,2	21,9	28,3	27,7	25,6	25,3	24,8	26,0
-----							
MATIERE ORGANIQUE							
C%	2,41	1,55	0,68	0,38	0,21		
N%	0,163	0,118	0,070	0,049	0,028		
C/N	14,8	13,1	9,7	7,8	7,5		
M.O. %	4,2	2,7	1,2	0,7	0,4		
-----							
pH H <sub>2</sub> O	5,8	5,7	5,4	5,2	5,3	5,3	5,4
pH KCl	4,6	4,5	4,3	4,1	4,2	4,2	4,5
-----							
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)							
Ca <sup>++</sup>	9,56	9,52	11,3	11,4	11,7	11,3	16,5
Mg <sup>++</sup>	14,5	15,7	20,6	23,6	25,1	24,7	20,6
K <sup>+</sup>	0,47	0,3	0,15	0,14	0,2	0,21	0,15
Na <sup>+</sup>	2,22	3,02	4,66	7,82	8,42	8,38	6,89
S Somme des cations	26,75	28,54	36,71	42,96	45,42	44,59	44,14
T Capacité d'échange	33,9	37,2	39,2	42,1	43,2	43,3	33,4
V (S/T) Taux de saturation %	78,91	76,72	93,65	SAT	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,35	0,22	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
-----							

NUMERO DU PROFIL	MER 64						
HORIZON	1	2	3	4	5	6	7
PROFONDEUR en cm	0-15	15-30	30-45	45-60	60-85	85-110	110-125
-----							
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS							
(Na <sup>+</sup> /T)x100	6,55	8,12	11,89	18,57	19,49	19,35	20,63
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	28,20	25,59	28,83	27,08	27,08	26,10	49,40
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,52	1,65	1,82	2,07	2,15	2,19	1,25
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables							
Ca <sup>++</sup> (%)	36,38	33,71	30,91	26,62	25,87	25,46	37,51
Mg <sup>++</sup> (%)	55,18	55,59	56,35	55,11	55,51	55,66	46,83
Na <sup>+</sup> (%)	8,45	10,69	12,75	18,26	18,62	18,88	15,66
-----							
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2							
Résistivité (mS)			1,01	2,60	2,95	2,89	5,73
pH			4,6	4,4	4,4	4,4	4,5
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air							
Ca <sup>++</sup>			0,11	0,46	0,52	0,63	7,00
Mg <sup>++</sup>			0,24	1,10	1,24	1,38	5,68
K <sup>+</sup>			0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
Na <sup>+</sup>			1,53	3,93	4,45	4,45	4,82
Somme des cations			1,90	5,52	6,23	6,48	17,53
Somme des anions			1,82	5,33	6,14	6,18	18,06
Cl <sup>-</sup>			1,26	3,65	3,95	3,92	3,06
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			0,56	1,68	2,19	2,26	15,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			0	0	0	0	0
Paramètres ioniques							
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>			-0,27	-0,28	-0,50	-0,53	-1,76
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>			0,45	1,22	1,67	1,63	8,00
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>			2,18	2,39	2,38	2,19	0,81
-----							

NUMERO DU PROFIL	MER 64						
HORIZON	8	9	10	11	12	13	14
PROFONDEUR en cm	125-140	140-160	160-200	200-240	240-280	280-320	320-360
-----							
GRANULOMETRIE %							
argile	69,7	64,3	69,3	70,8	69,8	63,1	25,7
limon fin	16,6	21,6	19,2	15,8	13,5	13,8	12,0
limon grossier	7,0	7,0	5,4	4,7	5,5	5,4	7,8
sable fin	4,1	5,0	3,6	4,7	4,7	8,7	19,3
sable grossier	1,3	1,4	2,2	3,3	4,7	7,7	35,3
-----							
EAU DU SOL %							
pF 2,5	45,1	43,0	46,6	49,9	47,4	43,3	26,3
pF 4,2	26,6	26,2	27,3	29,3	29,1	26,8	15,8
-----							
pH H <sub>2</sub> O	6,0	6,4	7,2	7,7	8,2	8,7	8,1
pH KCl	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,3	7,1
-----							
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)							
Ca <sup>++</sup>	16,9	15,6	14,7	15,9	17,9	18,5	17,1
Mg <sup>++</sup>	26,3	26,0	31,0	34,2	30,9	29,1	18,6
K <sup>+</sup>	0,26	0,27	0,39	0,48	0,39	0,3	0,07
Na <sup>+</sup>	8,67	8,9	9,49	9,92	9,12	8,63	7,32
S Somme des cations	52,13	50,77	55,58	60,5	58,31	56,53	43,09
T Capacité d'échange	44,1	44,7	48,6	52,5	53,0	44,8	30,2
V (S/T) Taux de saturation %	SAT						
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,35	0,22	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01
-----							
CO <sub>3</sub> %					1,3	2,0	5,7
-----							

NUMERO DU PROFIL	MER 64						
HORIZON	8	9	10	11	12	13	14
PROFONDEUR en cm	125-140	140-160	160-200	200-240	240-280	280-320	320-360
-----							
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS							
(Na <sup>+</sup> /T) x100	19,66	19,91	19,53	18,90	17,21	19,26	24,24
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	38,32	34,90	30,25	30,29	33,77	41,29	56,62
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,56	1,67	2,11	2,15	1,73	1,57	1,09
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables							
Ca <sup>++</sup> (%)	32,58	30,89	26,64	26,49	30,90	32,90	39,75
Mg <sup>++</sup> (%)	50,70	51,49	56,17	56,98	53,35	51,75	43,24
Na <sup>+</sup> (%)	16,71	17,62	17,20	16,53	15,75	15,35	17,02
-----							
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2							
Résistivité (mS)	6,22	6,32	3,98	3,05	2,85	2,50	1,52
pH			4,6	4,4	4,4	7,4	7,9
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air							
Ca <sup>++</sup>	6,60	5,08	1,47	0,68	0,53	0,15	0,22
Mg <sup>++</sup>	6,33	5,84	2,67	1,42	1,27	0,28	0,37
K <sup>+</sup>	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	6,58	6,57	4,89	4,26	4,67	2,52	2,67
Somme des cations	19,54	17,51	9,06	6,38	6,50	2,96	3,26
Somme des anions							
Cl <sup>-</sup>	18,88	17,11	9,55	6,86	6,35	2,95	3,23
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	3,70	3,57	3,61	3,57	3,19	1,21	1,20
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	15,16	13,50	5,85	3,05	2,82	1,38	1,68
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,04	0,09	0,24	0,34	0,36	0,35
Paramètres ioniques							
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-2,88	-3,00	-1,28	-0,69	-1,48	-1,32	-1,47
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	8,56	8,42	4,38	2,37	2,30	1,23	1,46
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	0,96	1,15	1,82	2,09	2,40	2,19	0,81
-----							

**PROFIL : MER 65****HORIZON 1** : 0 - 15 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique de 0,5 à 1,5 cmTexture : argilo-limoneuxPorosité : important d'entassement ; pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, assez meuble, agrégats rigides, non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : nette, irrégulière**HORIZON 2** : 15 - 40 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 4

Couleur : 10 YR 2/1, noirStructure : anguclode polyédrique, de 1 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes quelconques et verticales, limitées ou débutant dans l'horizon, de 0,2 à 0,5 cm d'écart ; pores fins et moyens tubulairesConsistance : sec, assez cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, irrégulière**HORIZON 3** : 40 - 60 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : A<sub>31</sub>(B)

HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 4 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/3, brun foncéStructure : pauciclode 1, prismoclode 3, micro et mésofaces luisantesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales limitées ou traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores fins et moyens, tubulairesConsistance : assez humide, cohérent, plastique, collant

Humite : en taches à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1,

gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé et 10 YR 4/3 brun

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 4** : 60 - 80 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition humique et verticale : A<sub>32</sub>(B)

VERTICHRON 1, Humite 4 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 4/3, brunStructure : pauciclode 1, prismoclode 3, micro et mésofaces luciques et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques limitées à l'horizon, verticales limitées ou traversant l'horizon, de 0,1 à 0,2 cm ; rares pores fins et moyens, tubulairesConsistance : humide, cohérent, plastique, collant

Humite : en taches à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1, gris très foncé

Bioféron : métatubules, 2,5 Y 3/0, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : progressive, régulière**HORIZON 5** : 80 - 100, 110 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 Humite 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 4/3, oliveStructure : pauciclode, micro, méso et macrofaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 cm ; rares pores très fins tubulairesConsistance : humide, cohérent, plastique, peu collant

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés (développement plus important sur une partie du profil)

Transition : distincte, ondulée**HORIZON 6** : 100, 110 - 120 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 3 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/3, brun olive clair

Structure : pauciclude 1, micro et méso macrofaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés, surtout localisé sur une face

Transition : distincte, ondulée

HORIZON 7 : 120 - 140 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, : V<sub>3</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 3

Couleur : 10 YR 5/4 à 7,5 YR 5/6 brun jaunâtre à brun vif ; placages de teinte 5 Y 6/3, olive pâle, à la surface des agrégats

Structure : pauciclude, micro, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés, surtout localisé sur une face

Transition : progressive, régulière

HORIZON 8 : 140 - 160 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral à gypse de teinte à dominante noire due à MnO<sub>2</sub> : V<sub>4Mn</sub>

VERTICHRON 1, OXYDON 2, SEMETON 2 ;

VERTICHRON 2 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées 10 YR 5/4 à 5/6 brun jaunâtre et 5 Y 5/3 olive surtout à la surface des faces de glissement

Structure : sphénoclude, de 3 à 20 cm

Texture : argileux

Porosité : moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; nombreux pores très fins et fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant

Oxydon Séméton : MnO<sub>2</sub> dendrites, ponctuations et petites concrétions en revêtements à la surface des agrégats, autour des pores racinaires ;

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques

siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés, surtout localisé sur une face

Transition : nette, régulière

HORIZON 9 : 160 - 210 cm +

Dénomination de l'horizon : horizon verticale V<sub>5</sub> (Mn)

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 5/6, brun jaunâtre ; revêtements 5 Y 6/3 olive pâle

Structure : sphénoclude 1, de 5 à 20 cm

Texture : argileux

Porosité : moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; nombreux pores très fins et fins tubulaires

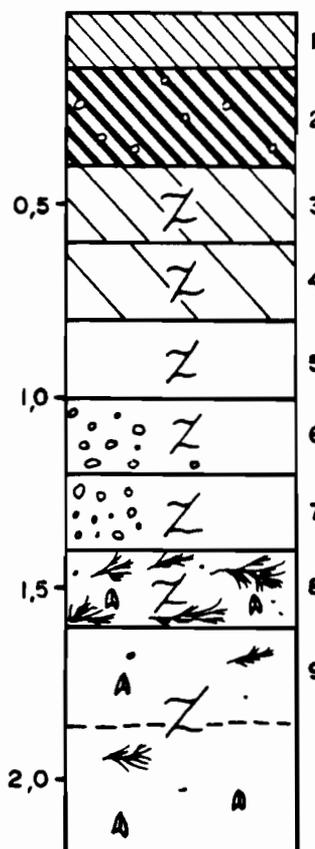
Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : dendrites de MnO<sub>2</sub> associés aux vides planaires ou aux pores racinaires ;

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : progressive régulière

## MER 65



NUMERO DU PROFIL	MER 65					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-40	40-60	60-80	80-100	100-120
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	51,1	54,9	60,1	65,2	65,5	62,6
limon fin	19,4	18,8	16,2	17,1	16,1	16,6
limon grossier	11,4	11,8	19,7	8,8	9,0	10,7
sable fin	9,7	9,3	8,3	6,4	6,3	8,0
sable grossier	6,3	5,1	5,4	3,7	3,8	3,5
-----						
EAU DU SOL %						
pF 2,5	38,5	41,1	47,0	53,0	54,7	48,5
pF 4,2	24,7	26,8	24,3	25,6	26,0	23,8
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	1,74	1,14	0,60	0,32	0,21	
N%	0,092	0,090	0,069	0,048	0,041	
C/N	18,9	12,7	8,7	6,7	5,1	
M.O. %	3,0	2,0	1,0	0,6	0,4	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	5,8	5,1	4,7	4,8	4,8	5,1
pH KCl	4,7	4,2	3,8	3,8	3,8	4,1
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	8,96	9,94	8,39	9,18	9,9	9,37
Mg <sup>++</sup>	13,8	17,2	17,3	21,0	23,3	22,2
K <sup>+</sup>	0,34	0,1	0,08	0,16	0,15	0,2
Na <sup>+</sup>	2,14	3,31	5,67	7,83	8,83	7,88
S Somme des cations	25,24	30,55	31,44	38,17	42,18	39,65
T Capacité d'échange	35,5	35,5	37,1	41,4	43,1	42,1
V (S/T) Taux de saturation %	71,10	86,06	84,74	92,20	97,87	94,18
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,78	0,12	0,08	0,02	0,01	0,01
-----						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	8,55	7,74	7,00	6,59	6,45	6,22
Résidu	45,03	46,66	43,26	41,72	40,10	42,34
SiO <sub>2</sub>	27,95	25,82	28,21	29,36	30,73	29,40
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,60	8,91	10,05	10,01	10,02	9,95
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,12	8,05	8,46	9,08	9,02	8,75
MnO <sub>2</sub>	0,17	0,19	0,06	0,03	0,03	0,03
TiO <sub>2</sub>	0,70	0,86	0,90	0,86	0,84	0,76
CaO	0,30	0,32	0,30	0,31	0,32	0,31
MgO	0,76	0,78	0,88	0,98	1,03	1,16
K <sub>2</sub> O	0,06	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09
Na <sub>2</sub> O	0,09	0,14	0,21	0,28	0,30	0,30
NiO	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03
CoO	<0,01	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	6,2	4,9	4,8	5,0	5,2	5,0
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 65					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-40	40-60	60-80	80-100	100-120
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T) x100	6,03	9,32	15,28	18,91	20,49	18,72
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	25,24	28,00	22,61	22,17	22,97	22,26
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,54	1,73	2,06	2,29	2,35	2,37
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	35,98	32,64	26,75	24,15	23,55	23,75
Mg <sup>++</sup> (%)	55,42	56,49	55,17	55,25	55,44	56,27
Na <sup>+</sup> (%)	8,59	10,87	18,08	20,60	21,01	19,97
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)		0,55	1,49	2,43	2,80	2,93
pH		5,0	4,2	4,2	4,3	4,4
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>		0,04	0,17	0,34	0,42	0,49
Mg <sup>++</sup>		0,07	0,40	0,88	1,21	1,31
K <sup>+</sup>		0,02	0,01	0,01	0,01	0,03
Na <sup>+</sup>		0,83	2,32	3,84	4,31	4,48
Somme des cations		0,96	2,90	5,07	5,95	6,31
Somme des anions						
		0,98	3,10	5,26	6,04	6,33
Cl <sup>-</sup>		0,52	2,05	3,58	3,84	3,63
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		0,43	1,05	1,68	2,20	2,70
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0,03	0	0	0	0
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>		-0,31	-0,27	-2,16	-0,47	-0,85
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>		0,39	0,88	1,34	1,78	2,21
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>		1,75	2,35	2,59	2,88	2,67
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 65	MER 65	MER 65
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	120-140	140-160	160-210
-----			
GRANULOMETRIE %			
argile	67,9	67,1	71,1
limon fin	18,2	20,7	17,3
limon grossier	7,7	6,2	5,4
sable fin	4,4	3,9	2,5
sable grossier	1,7	1,4	1,8
-----			
EAU DU SOL %			
pF 2,5	49,4	45,1	46,8
pF 4,2	25,3	26,2	27,5
-----			
pH H <sub>2</sub> O	5,3	6,1	6,8
pH KCl	4,3	5,1	5,8
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)			
Ca <sup>++</sup>	11,3	12,8	13,6
Mg <sup>++</sup>	26,3	27,8	31,2
K <sup>+</sup>	0,3	0,32	0,33
Na <sup>+</sup>	9,46	9,99	10,5
S Somme des cations	47,36	50,91	55,63
T Capacité d'échange	45,6	47,8	50,9
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,02	<0,01	<0,01
-----			
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %			
Perte au feu	6,92	7,32	7,09
Résidu	38,29	36,43	34,71
SiO <sub>2</sub>	30,86	29,60	31,75
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,60	11,01	11,22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,77	8,78	9,60
MnO <sub>2</sub>	0,03	1,21	0,27
TiO <sub>2</sub>	0,78	0,74	0,78
CaO	0,36	0,99	0,76
MgO	1,61	1,77	2,07
K <sub>2</sub> O	0,24	0,26	0,28
Na <sub>2</sub> O	0,39	0,42	0,44
NiO	0,01	0,07	0,07
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	0,03	0,05
CoO	0,00	0,07	0,01
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	4,5	4,6	4,8
-----			

NUMERO DU PROFIL	MER 65	MER 65	MER 65
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	120-140	140-160	160-210
-----			
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS			
(Na <sup>+</sup> /T) x100	20,75	20,90	20,63
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	24,78	26,78	26,72
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,33	2,17	2,29
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables			
Ca <sup>++</sup> (%)	24,01	25,30	24,59
Mg <sup>++</sup> (%)	55,89	54,95	56,42
Na <sup>+</sup> (%)	20,10	19,75	18,99
-----			
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2			
Résistivité (mS)	3,25	6,22	5,66
pH	4,4	4,9	5,1
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air			
Ca <sup>++</sup>	0,69	4,98	3,83
Mg <sup>++</sup>	1,54	6,32	5,29
K <sup>+</sup>	0,03	0,05	0,04
Na <sup>+</sup>	5,18	7,10	6,66
Somme des cations	7,44	18,90	16,46
Somme des anions			
Cl <sup>-</sup>	4,09	3,92	3,81
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	3,33	14,95	12,61
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0	0,03	0,04
Paramètres ioniques			
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-1,09	-3,18	-2,85
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	2,64	9,97	8,78
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,23	1,27	1,38
-----			

Porosité : faible, fentes obliques et quelconques, débutant, se terminant, traversant ou limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,8 cm d'écart ; rares pores fins tubulaires  
Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, peu collant  
 Séméton : crystallarias de gypse, de 0,4 à 0,5 cm, de forme "losangique", localisées à la surface des agrégats  
 Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux  
Transition : nette, régulière

HORIZON 7 : 135 - 155 cm

Dénomination de l'horizon : horizon vertique minéral à gypse de teinte à dominante noire due à  $MnO_2$  :  $V_3Mn$

VERTICHRON 1, OXYDON 2, SEMETON 2 ;

VERTICHRON 2 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées, 5 Y 5/3 olive surtout à la surface des faces de glissement et 10 YR 5/4, brun jaunâtre

Structure : pauciclude méso, macro et mégafaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques et quelconques, débutant, se terminant, traversant ou limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,8 cm d'écart ; rares pores fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, peu collant

Oxydon Séméton :  $MnO_2$  dendrites, ponctuations et petites concrétions en revêtements à la surface des agrégats, autour des pores racinaires

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux

microrudite, arrondi, concrétions de  $MnO_2$ , de 0,1 à 0,8 cm de diamètre

Transition : nette, régulière

HORIZON 8 : 155 - 200 cm +

Dénomination de l'horizon : horizon vertique minéral :  $V_4$

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtre ;

revêtements 5 Y 5/3, olive, à la surface des agrégats ; trainées réticulées 7,5 YR 3/1, brun foncé

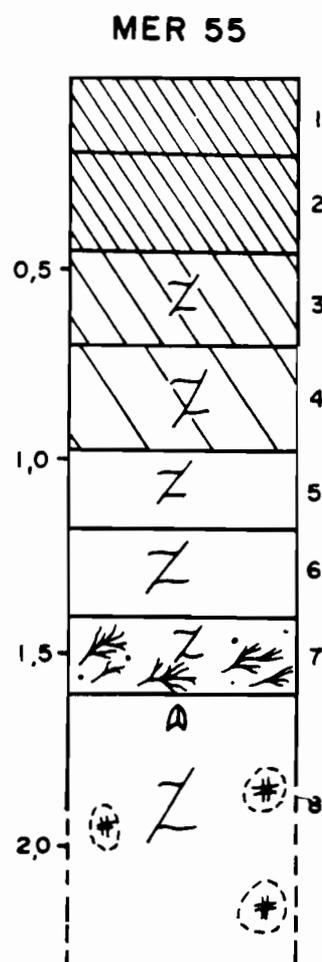
Structure : sphénoclude, de 0,2 à 3 cm

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques et quelconques, débutant, se terminant, traversant ou limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,8 cm d'écart ; rares pores fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : volumes pulvérulents et volumes durcis carbonatés ; dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires ; crystallarias de gypse, de 0,4 à 0,5 cm, de forme "losangique", localisées à la surface des agrégats  
 Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés  
 microrudite, arrondi, concrétions de  $MnO_2$ , de 0,1 à 0,8 cm de diamètre



VERTISOL magnésien à carbonates sur colluvions et alluvions

**PROFIL : MER 55****HORIZON 1** : 0 - 15 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique de 0,5 à 2 cmTexture : argilo-limono-sableuxPorosité : importante d'entassement, fentes verticales et quelconques, débutant, traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 1,5 cm d'écart ; pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, assez cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 35 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ;

Lapidon 5

Couleur : 10 YR 2/1, noirStructure : anguclode polyédrique 1, prismoclude 3, de 2 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales et quelconques traversant ou limitées à l'horizon, de 0,1 à 1,5 cm d'écart ; pores fins et moyens tubulairesConsistance : peu humide, cohérent, agrégats peu friables, non plastiques

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux

Transition : distincte, irrégulière**HORIZON 3** : 35 - 65 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : A<sub>31</sub>(B)

HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Bioféron 5 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/2, brun gris foncéStructure : sphénoclude, de 0,2 à 2 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et quelconques, traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 1 cm d'écart ; rares pores fins et moyens tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent,

plastique, peu collant

Bioféron : métatubules, 2,5 Y 3/0, gris très foncé ; orthotubules

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 4** : 65 - 90 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition humique et verticale : A<sub>32</sub>(B)

VERTICHRON 1, Humite 4 ; Bioféron 5 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/4, brun olive clairStructure : sphénoclude, de 0,5 à 2 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et quelconques, débutant, se terminant, traversant ou limitées à l'horizon, de 0,1 à 1 cm d'écart ; rares pores fins tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, plastique, collant

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux et émoussés

Transition : graduelle, régulière**HORIZON 5** : 90 - 115 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 6 ; Lapidon 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 5 Y 5/3, oliveStructure : pauciclude, micro et mésosfaces luciques et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et quelconques, débutant, se terminant, traversant ou limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,8 cm d'écart ; rares pores fins tubulairesConsistance : peu humide, cohérent, peu plastique, peu collant

Séméton : efflorescences salines sur les faces du profil

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 6** : 115 - 135 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 6 ; Lapidon 5 ;

Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtre ; trainées peu nettes 5 Y 5/3, oliveStructure : pauciclude méso, macro et mégafaces luisantes et striéesTexture : argileux

NUMERO DU PROFIL	MER 55					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-65	65-90	90-115	115-135
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	50,3	65,1	67,2	67,8	66,4	68,8
limon fin	23,1	15,9	16,2	16,6	16,7	16,6
limon grossier	12,4	8,6	7,9	8,0	8,6	7,4
sable fin	9,0	6,7	5,7	5,3	5,3	4,2
sable grossier	3,2	2,9	3,3	2,2	2,5	2,1
-----						
Densité apparente	1,15	1,06	1,26	1,38	1,48	1,50
Densité réelle	2,32	2,44	2,27	2,19	2,26	2,24
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)	22,61	25,27	30,39	28,40	23,49	22,44
pF 2,5	44,2	53,6	54,1	55,2	52,1	52,3
pF 4,2	29,8	26,0	26,0	26,1	25,2	25,8
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	1,11	0,43	0,20	0,11	0,094	
N%	0,103	0,048	0,027	0,018	0,017	
C/N	10,8	9,0	7,4	6,1	5,5	
M.O. %	1,9	0,7	0,3	0,2	0,2	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	5,9	5,2	5,0	5,0	5,4	6,3
pH KCl	4,9	4,2	4,0	4,1	4,3	5,2
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	11,3	11,0	11,3	11,6	11,3	11,2
Mg <sup>++</sup>	14,7	21,9	25,2	27,9	28,4	28,3
K <sup>+</sup>	0,32	0,11	0,12	0,14	0,17	0,15
Na <sup>+</sup>	2,57	5,48	7,83	9,33	9,39	9,31
S Somme des cations	28,89	38,49	44,45	48,97	49,26	48,96
T Capacité d'échange	38,1	44,3	45,8	47,9	46,6	48,7
V (S/T) Taux de saturation %	75,83	86,88	97,05	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,34	0,05	0,02	0,02	0,01	0,01
H <sup>+</sup> extrait KCl N		0,12	0,12	0,13	0,03	
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 55					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-65	65-90	90-115	115-135
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T) x100	6,75	12,37	17,10	19,48	20,15	19,12
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	29,66	24,83	24,67	24,22	24,25	23,00
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,30	1,99	2,23	2,41	2,51	2,53
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	39,55	28,66	25,49	23,76	23,02	22,95
Mg <sup>++</sup> (%)	51,45	57,06	56,85	57,14	57,85	57,98
Na <sup>+</sup> (%)	9,00	14,28	17,66	19,11	19,13	19,07
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)		0,94	2,06	3,02	2,95	3,24
pH		4,5	4,4	4,4	4,6	4,7
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>		0,08	0,27	0,50	0,47	0,75
Mg <sup>++</sup>		0,20	0,61	1,35	1,29	1,61
K <sup>+</sup>		0,01	0,02	0,03	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>		1,56	3,22	4,67	4,65	5,20
Somme des cations		1,85	4,12	6,55	6,43	7,53
Somme des anions		1,74	4,12	5,75	6,43	7,53
Cl <sup>-</sup>		0,99	2,81	4,22	3,72	4,04
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>		0,74	1,30	1,52	2,70	3,47
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>		-0,57	-0,41	-0,45	-0,93	-1,16
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>		0,66	1,03	1,02	2,23	2,72
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>		2,5	2,25	2,7	2,74	2,15
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 55	MER 55	MER 55
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	135-155	155-180	180-200+
-----			
GRANULOMETRIE %			
argile	67,2	70,2	62,9
limon fin	20,2	17,1	17,7
limon grossier	7,3	7,1	9,5
sable fin	5,1	4,2	5,5
sable grossier	2,1	0,7	2,7
-----			
Densité apparente	1,49	1,48	1,48
Densité réelle*	2,24	2,32	2,31
-----			
EAU DU SOL %			
Humidité à 105°C (%)	23,35	24,09	24,76
pF 2,5	49,2	52,7	51,2
pF 4,2	25,7	27,3	22,9
-----			
pH H <sub>2</sub> O	7,0	7,3	8,3
pH KCl	6,0	6,1	7,1
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)			
Ca <sup>++</sup>	13,6	13,7	17,5
Mg <sup>++</sup>	31,5	33,0	30,7
K <sup>+</sup>	0,23	0,24	0,22
Na <sup>+</sup>	10,4	10,3	9,56
S Somme des cations	55,73	57,24	57,98
T Capacité d'échange	48,9	52,3	46,7
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,02	<0,01	<0,01
-----			

NUMERO DU PROFIL	MER 55	MER 55	MER 55
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	135-155	155-180	180-200+
-----			
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS			
(Na <sup>+</sup> /T)x100	21,27	19,69	20,47
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	27,81	26,20	37,47
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,32	2,41	1,75
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables			
Ca <sup>++</sup> (%)	24,50	24,04	30,30
Mg <sup>++</sup> (%)	56,76	57,89	53,15
Na <sup>+</sup> (%)	18,74	18,07	16,55
-----			
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2			
Résistivité (mS)	3,67	3,39	2,88
pH	6,1	5,5	7,3
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air			
Ca <sup>++</sup>	1,04	0,76	0,52
Mg <sup>++</sup>	2,12	1,73	1,25
K <sup>+</sup>	0,01	0,03	0,01
Na <sup>+</sup>	5,20	4,97	4,64
Somme des cations	8,37	7,49	6,42
Somme des anions			
Cl <sup>-</sup>	3,80	3,90	3,26
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	4,62	3,79	2,83
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,11	0,09	0,26
Paramètres ioniques			
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-1,40	-1,07	-1,38
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	3,58	3,03	2,31
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,04	2,28	2,40
-----			

**PROFIL : MER 66****HORIZON 1** : 0 - 15 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguoclode polyédrique de 0,2 à 1,5 cmTexture : argilo-limoneuxPorosité : importante d'entassement ; pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, assez meuble, agrégats rigides, non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques siliceux

Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 35 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 2/1, noirStructure : anguoclode polyédrique 1, prismoclode 3, de 1 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales débutant ou traversant l'horizon, de 0,2 à 1 cm d'écart, quelconques, limitées à l'horizon, <0,1 cm ; pores fins et moyens tubulairesConsistance : peu humide, cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : microrudite émoussé, lithoreliques siliceux

Transition : distincte, irrégulière**HORIZON 3** : 35 - 47 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : A<sub>31</sub>(B)

HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : pauciclode, micro et mésosfaces luisantes parfois striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales à obliques traversant l'horizon, de 0,2 à 1 cm, quelconques, limitées à l'horizon, <0,1 cm ; rares pores fins et moyens tubulairesConsistance : assez humide, cohérent, plastique, collant

Bioféron : métatubules, 10 YR 4/3, brun ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques

siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : progressive, régulière**HORIZON 4** : 47 - 60 cmDénomination de l'horizon : horizon de transition humique et verticale : A<sub>32</sub>(B)

VERTICHRON 1, Humite 3 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/2, brun gris foncéStructure : pauciclode, micro et mésosfaces luciques et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et verticales traversant l'horizon, de 0,1 à 1 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; rares pores fins et moyens, tubulairesConsistance : assez humide, cohérent, plastique, collant

Humite : en placages à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1, gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé, 10 YR 5/3, brun ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 60 - 80 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtreStructure : sphénoclode 1, de 1 à 10 cm, pauciclode 3, micro et mésosfaces luciques et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et verticales traversant l'horizon, de 0,1 à 1 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, < 0,1 cm ; rares pores fins et moyens, tubulairesConsistance : assez humide, cohérent, plastique, assez collant

Humite : en placages à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1, gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulière

HORIZON 6 : 80 - 100 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Humite 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/4, brun olive clair

Structure : sphénoclude 1, de 1 à 10 cm, pauciclude 3, micro, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes verticales et obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 1 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : humide, cohérent, plastique, peu collant

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

Transition : distincte, régulière

HORIZON 7 : 100 - 110 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral à gypse de teinte à dominante noire due à MnO<sub>2</sub> : V<sub>3Mn</sub>

VERTICHRON 1, OXYDON 2, SEMETON 2 ;

VERTICHRON 2 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées, 5 Y 5/3 olive surtout à la surface des faces de glissement

Structure : sphénoclude 1, de 1 à 3 cm, pauciclude 2, micro, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 cm ; nombreux pores très fins et fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez meuble, peu plastique, non collant

Oxydon Séméton : MnO<sub>2</sub> dendrites, ponctuations et petites concrétions en revêtements à la surface des agrégats, autour des pores racinaires, mais aussi dans la masse

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés, surtout localisé sur une face ; microrudite, arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>, de 0,1 à 0,8 cm de diamètre

Transition : nette, régulière

HORIZON 8 : 110 - 135 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>4</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 5 ; Lapidon 4 ;

Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/4, brun olive clair

Structure : pauciclude 1, micro et méso macrofaces luisantes et striées, sphénoclude 3, de 3 à 20 cm

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, peu plastique, non collant

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

microrudite, arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>, de 0,1 à 0,8 cm de diamètre

Séméton : dendrites de MnO<sub>2</sub> associés aux vides planaires ou aux pores racinaires ;

Transition : distincte, régulière

HORIZON 9 : 135 - 155 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale minéral, : V<sub>Ca1</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 4 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 5/4 brun olive clair

Structure : pauciclude 1, micro et méso macrofaces luisantes et striées, sphénoclude 3, de 5 à 20 cm

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, non plastique, non collant

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés mêlés à la masse argileuse ;

dendrites de MnO<sub>2</sub> associés aux vides planaires ou aux pores racinaires

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

microrudite, arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>, de 0,1 à 0,8 cm de diamètre

Transition : progressive, régulière

HORIZON 10 : 160 - 210 cm

Dénomination de l'horizon : horizon verticale V<sub>Ca2</sub>

VERTICHRON 1 ; SEMETON 2 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 5/4 brun olive clair

Structure : pauciclude 1, micro et méso macrofaces luisantes et striées, sphénoclude 3, de 5 à 20 cm

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm, fentes quelconques, limitées à l'horizon, de 0,1 cm ; rares pores très fins tubulaires

Consistance : peu humide, cohérent, non plastique, non collant

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés mêlés à la masse argileuse ;

dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires

Lapidon : micro mésorudite, lithoreliques siliceux anguleux, altélithoreliques rocheux émoussés

microrudite, arrondi, concrétions de  $MnO_2$ , de 0,1 à 0,8 cm de diamètre

Transition : progressive, régulière

HORIZON 11 : 190 - 250 cm +

Dénomination de l'horizon : horizon vertique

V<sub>6</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 Y 6/3, olive pâle ; trainées 2,5 Y 4/4 brun olive en provenance de l'horizon supérieur

Structure : sphénoclude 1, de 5 à 20 cm

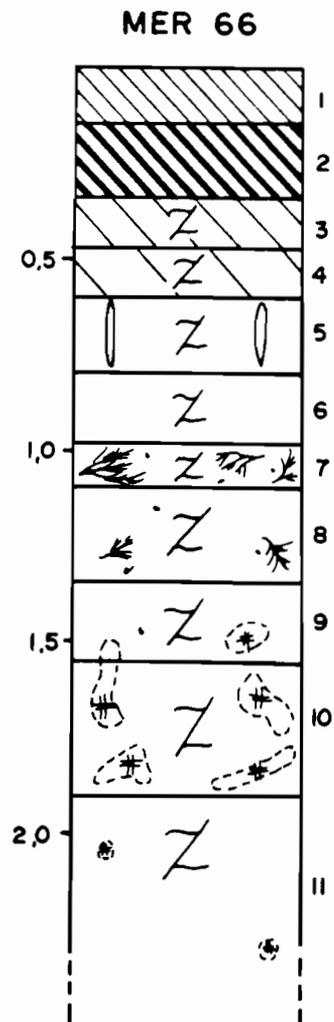
Texture : argileux

Porosité : moyenne, fentes obliques traversant l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; nombreux pores très fins et fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, non plastique, non collant

Séméton : dendrites de  $MnO_2$  associés aux vides planaires ou aux pores racinaires ;

Lapidon : micro mésorudite anguleux, lithoreliques siliceux, émoussés, altélithoreliques rocheux



VERTISOL magnésien à carbonates sur colluvions et alluvions

NUMERO DU PROFIL	MER 66					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-47	47-60	60-80	80-100
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	53,0	57,3	66,7	67,9	67,9	66,8
limon fin	22,8	22,2	16,7	18,7	18,3	17,1
limon grossier	11,8	10,2	7,8	8,3	8,2	9,6
sable fin	6,7	5,8	4,3	3,9	3,8	4,3
sable grossier	2,2	2,3	2,8	2,0	2,2	1,3
-----						
EAU DU SOL %						
pF 2,5	41,3	47,4	53,3	54,8	55,6	54,6
pF 4,2	25,2	26,8	27,1	26,8	27,1	26,2
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	2,97	1,62	0,87	0,44	0,30	
N%	0,180	0,108	0,076	0,041	0,036	
C/N	16,5	15,0	11,4	10,7	8,3	
M.O. %	5,1	2,8	1,5	0,8	0,5	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	5,9	5,5	5,2	5,2	5,5	6,4
pH KCl	4,7	4,4	4,1	4,1	4,4	5,1
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	10,3	7,98	9,47	10,0	10,0	10,4
Mg <sup>++</sup>	17,2	15,9	22,0	24,8	26,2	27,6
K <sup>+</sup>	0,71	0,25	0,11	0,11	0,09	0,11
Na <sup>+</sup>	2,0	3,18	5,17	7,17	8,99	9,05
S Somme des cations	30,21	27,31	36,75	42,08	45,28	47,16
T Capacité d'échange	38,5	41,3	45,7	45,8	45,8	46,7
V (S/T) Taux de saturation %	78,47	66,13	80,42	91,88	98,86	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,20	0,28	0,07	0,04	0,04	0,04
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 66				
HORIZON	7	8	9	10	11
PROFONDEUR en cm	100-110	110-135	135-155	155-190	190-210+ +
-----					
GRANULOMETRIE %					
argile	58,4	58,7	57,7	53,3	70,0
limon fin	23,1	23,1	21,2	22,6	17,9
limon grossier	12,1	12,7	13,3	13,0	6,6
sable fin	5,7	4,6	4,5	6,6	4,0
sable grossier	2,2	1,0	1,6	3,9	2,3
-----					
EAU DU SOL (%)					
pF 2,5	46,0	45,0	44,0	40,9	27,1
pF 4,2	24,0	25,1	24,1	23,8	27,1
-----					
pH H <sub>2</sub> O	7,0	7,4	8,1	8,1	7,7
pH KCl	5,7	6,0	6,9	6,9	6,5
-----					
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)					
Ca <sup>++</sup>	11,4	10,9	12,8	11,9	11,4
Mg <sup>++</sup>	27,3	28,1	29,9	24,8	30,7
K <sup>+</sup>	0,12	0,15	0,14	0,21	0,26
Na <sup>+</sup>	10,3	9,71	9,65	7,93	8,87
S Somme des cations	49,12	48,86	52,49	44,84	51,23
T Capacité d'échange	47,7	44,6	40,9	36,9	50,1
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,01
-----					
CO <sub>3</sub> %			1,4	2,3	
-----					

NUMERO DU PROFIL	MER 66					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-15	15-35	35-47	47-60	60-80	80-100
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T)x100	5,19	7,70	11,31	15,66	19,63	19,38
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	26,75	19,32	20,72	21,83	21,83	22,27
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	1,67	1,99	2,32	2,48	2,62	2,65
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	34,92	29,49	25,85	23,83	22,13	22,10
Mg <sup>++</sup> (%)	58,31	58,76	60,04	59,09	57,98	58,66
Na <sup>+</sup> (%)	6,78	11,75	14,11	17,08	19,89	19,23
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)			1,05	1,73	2,41	2,81
pH			4,5	4,2	4,5	4,7
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>			0,07	0,15	0,24	0,31
Mg <sup>++</sup>			0,20	0,43	0,70	1,03
K <sup>+</sup>			0,01	0,01	0,02	0,02
Na <sup>+</sup>			1,64	2,77	3,92	4,56
Somme des cations			1,92	3,36	4,88	5,92
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>			1,89	3,32	4,80	5,76
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			1,53	2,88	4,04	4,76
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>			0,36	0,54	0,76	0,99
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>						0,01
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>			-0,11	0,11	0,12	0,20
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>			0,29	0,39	0,52	0,68
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>			2,86	2,87	2,92	3,32
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 66				
HORIZON	7	8	9	10	11
PROFONDEUR en cm	100-110	110-135	135-155	155-190	190-210+
-----					
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS					
(Na <sup>+</sup> /T) x100	21,59	21,77	23,59	21,49	17,70
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	23,90	24,44	1,30	32,25	22,75
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,39	2,58	2,34	2,08	2,69
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables					
Ca <sup>++</sup> (%)	23,27	22,38	24,45	26,66	22,37
Mg <sup>++</sup> (%)	55,71	57,69	57,12	55,57	60,23
Na <sup>+</sup> (%)	21,02	19,93	18,43	17,77	17,40
-----					
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2					
Résistivité (mS)	2,62	3,05	2,91	2,74	3,04
pH	4,9	6,1	7,3	7,2	6,9
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air					
Ca <sup>++</sup>	0,26	0,35	0,40	0,38	0,44
Mg <sup>++</sup>	0,74	1,15	1,23	1,15	1,32
K <sup>+</sup>	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01
Na <sup>+</sup>	4,41	4,89	4,64	4,37	4,74
Somme des cations	5,43	6,40	6,28	5,92	6,51
Somme des anions					
Cl <sup>-</sup>	5,52	6,49	6,32	5,77	6,61
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	4,20	4,79	4,32	3,85	4,48
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,29	1,65	1,61	1,73	2,00
	0,03	0,05	0,39	0,19	0,13
Paramètres ioniques					
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,21	-0,10	-0,32	-0,52	-0,26
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	1,03	1,30	1,21	1,35	1,56
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,85	3,28	3,07	3,03	3,0
-----					

**PROFIL : MER 56****HORIZON 1** : 0 - 12 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Oxydon 5 ; Bioféron 4 ;

Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclode polyédrique de 1 à 3 cmTexture : argilo-limono-sableuxPorosité : importante d'entassement, fentes verticales et quelconques, débutant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 2 cm d'écart ; pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : sec, cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Oxydon : en traînées d'orientation quelconques, associées aux vides et au rhizagé, 10 YR 5/6 brun jaunâtre

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

microrudite arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>Transition : distincte, régulière**HORIZON 2** : 15 - 35 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 4 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/2, brun gris très foncéStructure : anguclode polyédrique de 1 à 8 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales et quelconques, débutant et limitées à l'horizon, de 0,2 à 2 cm d'écart ; pores fins, moyens et grossiers, tubulairesConsistance : peu humide, assez cohérent, agrégats rigides, non fragiles

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Transition : distincte, irrégulière**HORIZON 3** : 25 - 40 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : AV

HUMITE 1, VERTICHRON 2 ; Humite 5 ;

Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 4/2, brun gris foncéStructure : sphénoclode, de 2 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes verticales obliques et quelconques traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 1 cm ; rares pores fins et moyens tubulairesConsistance : peu humide, meuble, plastique,

collant

Humite : en placages à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1, gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Transition : progressive, régulière**HORIZON 4** : 40 - 60 cmDénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Humite 4 ; Bioféron 5 ;

Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 5/3, brun olive clairStructure : sphénoclode, de 2 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et quelconques traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,8 cm ; rares pores fins et moyens tubulairesConsistance : peu humide, meuble, plastique, collant

Humite : en placages à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1, gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 60 - 80, 90 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 10 YR 5/4, brun jaunâtreStructure : sphénoclode, de 2 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et quelconques traversant et limitées à l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; rares pores fins et moyens tubulairesConsistance : peu humide, meuble, plastique, collant

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Transition : distincte, ondulée**HORIZON 6** : 80, 90 - 100 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral à gypse de teinte à dominante noire due à MnO<sub>2</sub> : V<sub>3Mn</sub>

VERTICHRON 1, OXYDON 2, SEMETON 2 ;

VERTICHRON 2 ; Lapidon 6

Couleur : noir

vertichron : à taches imbriquées, 10 YR 5/4  
brun jaunâtre

Structure : sphénoclode, de 2 à 5 cm

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques et  
quelconques traversant et limitées à  
l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; nombreux pores  
très fins et fins tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent,  
plastique, collant

Oxydon Séméton :  $MnO_2$  dendrites, ponctuations  
et petites concrétions en revêtements à la  
surface des agrégats, autour des pores  
racinaires, mais aussi dans la masse

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et  
anguleux, lithoreliques siliceux ;  
microrudite, arrondi, concrétions de  $MnO_2$ , de  
0,1 à 0,8 cm de diamètre

Transition : ondulée, régulière

HORIZON 8 : 100 - 120 cm +

Dénomination de l'horizon : horizon vertique  
minéral :  $V_4$

VERTICHRON 1 ; Séméton 5 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 5/4, brun olive clair

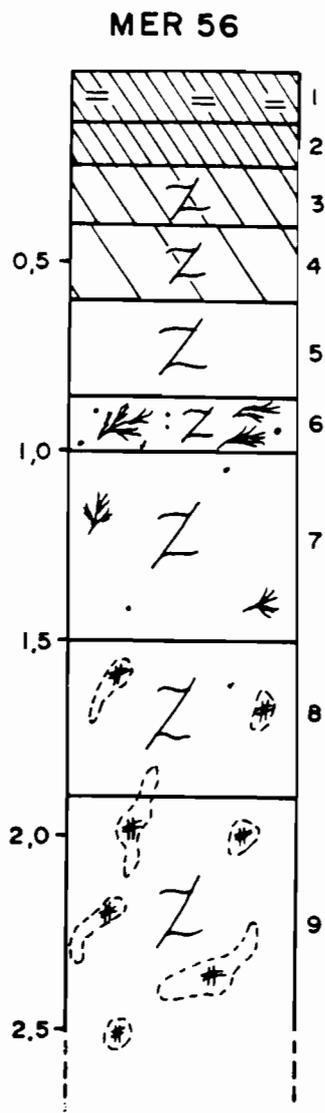
Structure : sphénoclode, de 2 à 5 cm

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes obliques et  
quelconques traversant et limitées à  
l'horizon, de 0,1 à 0,5 cm ; rares pores fins  
et moyens tubulaires

Consistance : peu humide, meuble, plastique,  
collant

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et  
anguleux, lithoreliques siliceux



VERTISOL magnésien à carbonates sur colluvions et alluvions

NUMERO DU PROFIL	MER 56					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-12	12-25	25-40	40-60	60-80	80-100
-----						
GRANULOMETRIE %						
argile	52,9	52,4	65,3	67,8	66,4	66,6
limon fin	24,0	24,9	18,9	18,9	19,2	21,5
limon grossier	12,8	13,4	8,8	8,4	9,3	8,8
sable fin	5,3	5,7	3,8	3,3	3,3	3,5
sable grossier	1,6	1,7	1,8	0,8	1,2	1,1
-----						
Densité apparente	1,04	1,03	1,25	1,28		
Densité réelle <sub>x</sub>			2,24	2,27		
-----						
EAU DU SOL %						
Humidité à 105°C (%)	24,43	27,42	30,76	26,42		
pF 2,5	44,0	44,3	53,3	54,5	56,6	53,5
pF 4,2	27,1	28,5	30,6	27,4	26,5	28,2
-----						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	2,35	2,27	1,12	0,52	0,20	
N%	0,155	0,155	0,092	0,053	0,024	
C/N	15,2	14,6	12,2	9,8	8,3	
M.O. %	4,1	3,9	1,9	0,9	0,3	
-----						
pH H <sub>2</sub> O	5,7	5,8	5,8	5,6	6,9	7,3
pH KCl	4,5	4,5	4,4	4,5	5,5	6,1
-----						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	8,75	9,29	10,1	8,94	9,92	10,0
Mg <sup>++</sup>	18,2	18,8	27,1	26,4	30,8	30,8
K <sup>+</sup>	0,4	0,32	0,31	0,14	0,09	0,09
Na <sup>+</sup>	2,26	2,8	4,09	5,0	8,04	8,36
S Somme des cations	29,61	31,21	41,6	40,48	48,85	49,25
T Capacité d'échange	38,5	38,4	47,0	47,4	47,9	48,1
V (S/T) Taux de saturation %	76,91	81,28	88,51	85,40	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	0,38	0,45	0,19	0,08	0,01	<0,01
-----						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	9,54	9,13	7,95	6,90	6,00	6,00
Résidu	45,29	45,17	41,05	39,95	41,40	40,55
SiO <sub>2</sub>	27,05	26,22	26,95	28,40	28,85	28,80
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,82	7,77	11,25	11,00	10,65	10,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,42	8,15	9,25	9,70	9,65	9,65
MnO <sub>2</sub>	0,19	0,22	0,17	0,089	0,08	0,727
TiO <sub>2</sub>	0,58	0,66	1,05	1,07	1,04	1,05
CaO	0,33	0,32	0,29	0,27	0,27	0,29
MgO	0,89	0,94	1,20	1,35	1,48	1,51
K <sub>2</sub> O	0,07	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14
Na <sub>2</sub> O	0,09	0,10	0,69	0,56	0,43	0,43
NiO	0,02	0,02				
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11	0,14	0,133	0,140	0,156	0,148
CoO	0,01	0,01				
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	5,9	5,7	4,1	4,4	4,6	4,5
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 56	MER 56	MER 56
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	100-150	150-190	190-250+
-----			
GRANULOMETRIE %			
argile	55,2	65,0	63,2
limon fin	25,0	20,2	23,5
limon grossier	13,1	11,4	11,2
sable fin	4,7	4,0	2,9
sable grossier	2,6	0,8	1,0
-----			
EAU DU SOL %			
pF 2,5	42,7	47,6	45,2
pF 4,2	25,2	26,0	30,4
-----			
pH H <sub>2</sub> O	8,3	8,0	7,9
pH KCl	6,9	6,7	6,6
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)			
Ca <sup>++</sup>	9,08	9,83	9,5
Mg <sup>++</sup>	23,4	29,4	28,8
K <sup>+</sup>	0,18	0,14	0,24
Na <sup>+</sup>	6,32	7,94	8,01
S Somme des cations	38,98	47,31	46,55
T Capacité d'échange	38,1	46,8	45,6
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT
Mn <sup>++</sup> extrait CH <sub>3</sub> COO(NH <sub>4</sub> )	<0,01	<0,01	<0,01
-----			
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %			
Perte au feu	9,95	6,35	
Résidu	38,40	40,55	
SiO <sub>2</sub>	24,05	28,40	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,65	9,75	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,75	9,75	
MnO <sub>2</sub>	0,25	0,31	
TiO <sub>2</sub>	0,87	1,00	
CaO	3,46	0,64	
MgO	4,87	2,57	
K <sub>2</sub> O	0,29	0,20	
Na <sub>2</sub> O	0,57	0,52	
NiO			
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,122	0,167	
CoO			
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol	4,7	4,9	
-----			
CO <sub>3</sub> %	5,9		0,8
-----			

NUMERO DU PROFIL	MER 56					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-12	12-25	25-40	40-60	60-80	80-100
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T)x100	5,87	7,29	8,70	10,55	16,78	17,38
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	22,73	24,19	21,49	18,86	20,71	20,79
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,08	2,02	2,68	2,95	3,10	3,08
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	29,96	30,07	24,46	22,16	20,34	20,34
Mg <sup>++</sup> (%)	62,31	60,86	65,63	65,44	63,17	62,65
Na <sup>+</sup> (%)	7,74	9,06	9,91	12,39	16,49	17,01
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2						
Résistivité (mS)				0,86	1,71	1,85
pH				4,7	5,0	5,5
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>				0,05	0,12	0,13
Mg <sup>++</sup>				0,15	0,42	0,47
K <sup>+</sup>				0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>				1,32	2,76	3,10
Somme des cations				1,53	3,31	3,70
Somme des anions						
Cl <sup>-</sup>				1,62	3,43	3,76
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>				1,38	3,02	3,20
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				0,23	0,39	0,52
				0,01	0,02	0,04
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>				0,06	0,26	0,10
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>				0,18	0,27	0,39
Ca <sup>++</sup> /Mg <sup>++</sup>				3,0	3,5	3,6
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 56	MER 56	MER 56
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	100-150	150-190	190-250+
-----			
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS			
(Na <sup>+</sup> /T)x100	16,59	16,97	17,57
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	23,83	21,00	20,83
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	2,58	2,99	3,03
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables			
Ca <sup>++</sup> (%)	23,40	20,84	20,51
Mg <sup>++</sup> (%)	60,31	62,33	62,19
Na <sup>+</sup> (%)	16,29	16,83	17,30
-----			
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2			
Résistivité (mS)	1,56	1,87	2,26
pH	7,1	7,2	7,1
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air			
Ca <sup>++</sup>	0,10	0,14	0,20
Mg <sup>++</sup>	0,33	0,47	0,73
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	2,65	3,16	3,76
Somme des cations	3,09	3,78	4,70
Somme des anions			
Cl <sup>-</sup>	2,23	2,88	3,47
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,70	0,78	1,01
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,25	0,20	0,23
Paramètres ioniques			
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,42	-0,28	-0,29
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,60	0,64	0,81
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	3,3	3,36	3,65
-----			

**PROFIL : MER 71****HORIZON 1** : 0 - 30 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 5 Y 2,5/1, noirStructure : pauciclode, mésosfacesTexture : argilo-limono-sableuxPorosité : moyenne, d'entassement ; rares pores fins moyens et grossiers tubulairesConsistance : humide, cohérent, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

microrudite arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>Transition : diffuse, régulière**HORIZON 2** : 30 - 50 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

MELANUMITE 1 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 2/1, noir ; certaines faces de teinte 5 Y 3/2, gris olive foncéStructure : pauciclode, méso et macrofacesTexture : argileuxPorosité : très faible, non visible (trop humide)Consistance : humide, cohérent, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Transition : progressive, régulière**HORIZON 3** : 50 - 72 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : AV

HUMITE 1, VERTICHRON 4 ; Humite 5 ;

Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 3/1, gris très foncé ; certaines faces de teinte 2,5 Y 3/2, brun gris très foncéStructure : anguclode 1, de 1 à 3 cm ; pauciclode 3, méso et macrofaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : très faible, non visible (trop humide)Consistance : humide, cohérent, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Transition : progressive, régulière**HORIZON 4** : 72 - 90 cmDénomination de l'horizon : horizon minéral verticale : V<sub>1</sub>

ENTAFERON 1, Vertichron 3 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 3/2, brun gris très foncéStructure : anguclode 1, de 1 à 3 cm ; pauciclode 3 méso et macrofaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, fentes obliques et quelconques traversant et limitées à

l'horizon, de 0,1 à 0,8 cm ; rares pores fins et moyens tubulaires

Consistance : peu humide, meuble, semi-rigide, non collant

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Entaféron : arénite 1, micro et mésorudite 5, émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 90 - 200 cm +Dénomination de l'horizon : horizon d'apport alluvial sableux : C

ENTAFERON 1 ; Séméton 3 ; Rhizagé 5

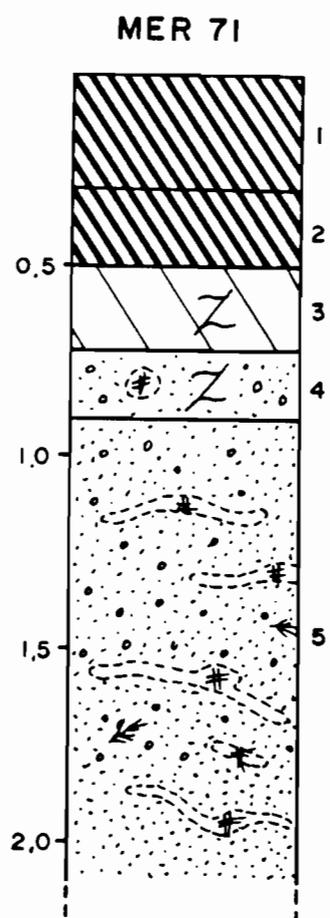
Couleur : 10 YR 4/4, brun jaunâtre foncéStructure : amérode, psammoclodeTexture : sableuxPorosité : forte, interparticulaireConsistance : peu humide, meuble

Entaféron : arénite 1, micro et mésorudite 5, émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés, en traînées, de 10 à 20 cm de long et 2 cm de

large, à bords diffus et à coeur induré ;

très nombreuses taches et volumes durcis de MnO<sub>2</sub>



VERTISOL hypermagnésien à carbonates sur alluvions sableuses

NUMERO DU PROFIL	MER 71				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-30	30-50	50-72	72-90	90-200+
-----					
GRANULOMETRIE %					
argile	43,0	54,2	59,1	51,7	41,5
limon fin	25,3	20,5	19,2	16,7	17,0
limon grossier	13,3	10,1	9,6	9,8	10,1
sable fin	14,0	11,6	11,0	20,1	30,5
sable grossier	2,1	1,9	1,5	1,5	1,6
-----					
EAU DU SOL %					
pF 2,5	40,9	45,7	47,5	45,1	36,7
pF 4,2	23,2	26,0	26,7	25,4	21,2
-----					
MATIERE ORGANIQUE					
C%	2,53	1,12	0,601	0,276	
N%	0,174	0,092	0,061	0,034	
C/N	14,6	12,2	9,9	0,34	
M.O. %	4,4	1,9	1,0	0,5	
-----					
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ppm (gravimétrie)	420	150	250	520	
-----					
pH H <sub>2</sub> O	6,1	5,9	7,2	8,0	8,1
pH KCl	5,0	4,8	6,0	6,7	6,8
-----					
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)					
Ca <sup>++</sup>	4,96	3,65	3,78	3,4	3,19
Mg <sup>++</sup>	28,9	38,7	44,4	38,5	32,1
K <sup>+</sup>	0,17	0,1	0,07	0,03	0,3
Na <sup>+</sup>	0,98	1,92	2,41	2,24	1,72
S Somme des cations	35,01	44,37	50,66	44,17	37,31
T Capacité d'échange	42,5	50,2	51,4	44,2	35,5
V (S/T) Taux de saturation %	82,38	88,39	98,56	99,93	SAT
-----					
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %					
Perte au feu	10,35	8,63	9,04	7,72	7,30
Résidu	43,06	38,79	38,96	37,99	32,02
SiO <sub>2</sub>	27,08	28,92	27,43	27,32	32,89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,75	7,44	8,13	6,95	6,24
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,22	11,01	10,88	10,25	10,13
MnO <sub>2</sub>	0,49	0,42	0,36	0,30	0,21
TiO <sub>2</sub>	0,55	0,61	0,64	0,61	0,53
CaO	0,21	0,19	0,20	0,36	0,48
MgO	1,49	1,86	2,27	5,59	7,9
K <sub>2</sub> O	0,05	0,04	0,05	0,06	0,17
Na <sub>2</sub> O	0,05	0,07	0,08	0,08	0,09
NiO	0,11	0,13	0,18	0,26	0,23
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,87	0,77	0,67	0,57	0,39
CoO	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
-----					
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	9,7	6,6	5,7	6,7	8,9

NUMERO DU PROFIL	MER 71				
HORIZON	1	2	3	4	5
PROFONDEUR en cm	0-30	30-50	50-72	72-90	90-200+
-----					
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS					
(Na <sup>+</sup> /T)x100	2,31	3,82	4,69	5,07	4,85
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	11,67	7,27	7,35	7,69	8,99
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	5,83	10,60	11,75	11,32	10,06
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables					
Ca <sup>++</sup> (%)	14,24	8,24	7,47	7,70	8,62
Mg <sup>++</sup> (%)	82,95	87,42	87,76	87,22	86,73
Na <sup>+</sup> (%)	2,81	4,34	4,76	5,07	4,65
-----					
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2 -					
Résistivité (mS)	0,11	0,22	0,317	0,365	0,293
pH	6,3	6,7	6,9	7,4	7,9
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air					
Ca <sup>++</sup>	0,07	0,03	0,01	0,01	0,02
Mg <sup>++</sup>	0,43	0,22	0,16	0,20	0,18
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,13	0,32	0,44	0,47	0,37
Somme des cations	0,64	0,58	0,62	0,69	0,58
Somme -	0,19	0,43	0,61	0,67	0,58
Cl <sup>-</sup>	0,04	0,17	0,29	0,36	0,22
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,04	0,08	0,11	0,11	0,04
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,11	0,18	0,21	0,20	0,32
Paramètres ioniques					
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,09	-0,15	-0,15	-0,11	-0,15
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	-0,03	0,05	0,10	0,10	0,02
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	6,14	7,33	16,0	20,0	9,0
-----					

**PROFIL : MER 72****HORIZON 1** : 0 - 20 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface humifère : A<sub>11</sub>

HUMITE 1 ; Oxydon 5 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 4 ; Lapidon 5

Couleur : 2,5 Y 3/1, gris très foncéStructure : anguclide polyédrique de 2 à 5 cmTexture : argileuxPorosité : faible, interagrégats, fentes non visibles (trop humide)Consistance : humide, cohérent, plastique, collant

Oxydon : en traînées d'orientation quelconques, à bords diffus, associées aux vides et au rhizagé, 2,5 YR 3/2, rouge sombre

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

microrudite arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>Transition : progressive, régulière**HORIZON 2** : 15 - 37 cmDénomination de l'horizon : horizon de surface sous l'horizon humifère : A<sub>12</sub>

HUMITE 1, vertichron 4 ; Bioféron 5 ; Rhizagé 5 ; Lapidon 5

Couleur : 10 YR 3/1, gris très foncéStructure : anguclide 1, polyédrique de 2 à 5 cm ; pauciclode 4, micro et mésosfaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, interagrégats, fentes non visibles (trop humide)Consistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Bioféron : orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

microrudite arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>Transition : progressive, irrégulière**HORIZON 3** : 37 - 52 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère à tendance verticale, à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : AV<sub>1</sub>

HUMITE 1, Vertichron 4 ; Humite 5 ; Bioféron 4 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 5 Y 3/1, gris très foncéStructure : anguclide 1, prismoclode 3, de 5 à 10 cm ; pauciclode 4, microfaces luisantes, mesofaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, interagrégats, fentes non visibles (trop humide)Consistance : humide, assez cohérent, plastique, collant

Humite : en placages à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1, gris très foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé, 5 Y 4/3 olive ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

microrudite arrondi, concrétions de MnO<sub>2</sub>Transition : graduelle, régulière**HORIZON 4** : 52 - 70 cmDénomination de l'horizon : horizon humifère verticale à traces de turn-over, mélange avec horizon moins humifère : AV<sub>2</sub> VERTICHRON 1, Humite 3 ; Humite 5 ; Bioféron 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5Couleur : 2,5 Y 4/2 à 4/3, gris olive à olive, en taches diffusesStructure : sphénoclode 1, de 2 à 5 cm, pauciclode 3, micro et mésosfaces luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, interagrégats, fentes non visibles (trop humide)Consistance : humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Humite : en placages à bords nets, recouvrant les anciennes fentes de retrait, 10 YR 3/1, gris très foncé, faces 2,5 à 5 Y 3/2, gris olive foncé

Bioféron : métatubules, 10 YR 3/1, gris très foncé ; orthotubules et copropèdes

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;

Transition : distincte, régulière**HORIZON 5** : 70 - 95 cmDénomination de l'horizon : horizon verticale minéral : V<sub>1</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 5 ; Lapidon 5 ; Rhizagé 5

Couleur : 2,5 Y 4/4, brun oliveStructure : pauciclode, mésosfaces, luisantes et striéesTexture : argileuxPorosité : faible, interagrégats, fentes non visibles (trop humide)Consistance : humide, assez cohérent, peu plastique, non collant

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés à bords diffus ;

rares dendrites de MnO<sub>2</sub>

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux ;  
Transition : très nette, régulière

HORIZON 6 : 95 - 108 cm

Dénomination de l'horizon : horizon d'apport alluvial à tendance verticale : VC<sub>1</sub>  
 ENTAFERON 1, Vertichron 3 ; Séméton 5 ;  
 Rhizagé 5

Couleur : 5 Y 5/3, olive

Structure : pauciclude 1, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : argilo-sableux

Porosité : faible, intergranulaire ; rares pores fins et moyens tubulaires

Consistance : peu humide, meuble, semi-rigide, non collant

Entaféron : arénite 1, micro et mésorudite 2, graviers arrondis, lithoreliques siliceux ;

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés en traînées

Transition : progressive, régulière

HORIZON 7 : 105 - 125 cm

Dénomination de l'horizon : horizon minéral vertical : V<sub>1</sub>  
 VERTICHRON 1, Entaféron 5 ; Séméton 5 ;  
 Rhizagé 5

Couleur : 5 Y 5/4, olive

Structure : pauciclude 1, méso et macrofaces luisantes et striées

Texture : argileux

Porosité : faible, fentes peu visibles ; rares pores fins et moyens tubulaires

Consistance : peu humide, assez cohérent, plastique, non collant

Entaféron : arénite 1, micro et mésorudite 2, graviers arrondis, lithoreliques siliceux ;

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés à bords diffus

Transition : très nette, régulière

HORIZON 8 : 125 - 145 cm

Dénomination de l'horizon : horizon d'apport alluvial sableux : C  
 ENTAFERON 1 ; Séméton 3 ; Lapidon 4 ;  
 Rhizagé 5

Couleur : 5 Y 4/3, olive

Structure : amérode, psammoclude

Texture : sableux

Porosité : forte, interparticulaire

Consistance : peu humide, meuble

Entaféron : arénite 1, micro et mésorudite 5, émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux

Séméton : volumes pulvérulents carbonatés, en traînées, de 10 à 20 cm de long et 2 cm de large, à bords diffus et à coeur induré ;

Lapidon : mésorudite, concrétions arrondies très blanches de giobertite, à surface très nette

Transition : très nette, régulière

HORIZON 9 : 125 - 150 cm +

Dénomination de l'horizon : horizon vertical minéral : V<sub>2</sub>

VERTICHRON 1 ; Séméton 5 ; Lapidon 5

Couleur : 5 Y 5/4, olive ; faces structurales de teinte 2,5 Y 4/4, brun olive

Structure : sphénoclude, de 1 à 20 cm

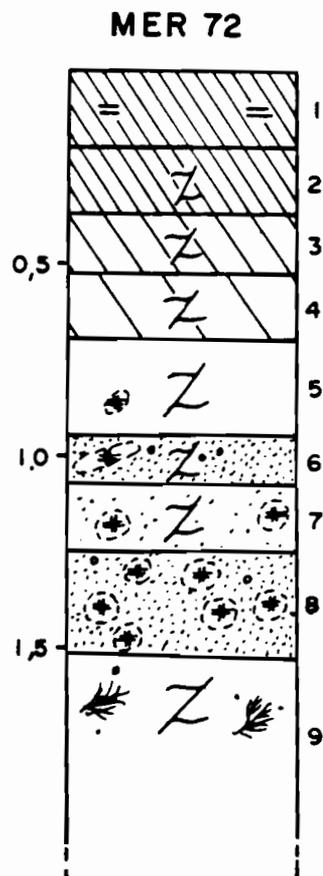
Texture : argileux

Porosité : faible, fentes non visibles

Consistance : peu humide, meuble, plastique, collant

Lapidon : micro et mésorudite émoussé et anguleux, lithoreliques siliceux

Séméton : dendrites de manganèse



NUMERO DU PROFIL	MER 72					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-37	37-52	52-70	70-95	95-108
<hr/>						
GRANULOMETRIE %						
argile	54,2	57,1	59,4	61,2	62,2	45,8
limon fin	23,0	21,3	19,4	19,8	18,7	16,5
limon grossier	11,5	9,9	9,9	9,9	9,0	9,2
sable fin	8,7	8,4	8,1	7,4	7,3	10,5
sable grossier	1,6	1,6	1,9	1,5	3,0	17,4
<hr/>						
EAU DU SOL %						
pF 2,5	48,5	49,1	50,0	49,9	49,4	42,7
pF 4,2	27,9	30,7	32,1	33,7	36,4	27,4
<hr/>						
MATIERE ORGANIQUE						
C%	1,61	0,964	0,688	0,30		
N%	0,136	0,096	0,074	0,043		
C/N	11,9	10,0	9,3	7,0		
M.O. %	2,8	1,7	1,2	0,5		
<hr/>						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total ppm (gravimétrie)	560	130	10	110		
<hr/>						
pH H <sub>2</sub> O	5,8	6,1	6,7	7,5	8,0	8,4
pH KCl	4,8	4,8	5,3	6,1	6,5	6,9
<hr/>						
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)						
Ca <sup>++</sup>	4,53	2,57	2,0	1,59	1,47	1,51
Mg <sup>++</sup>	36,8	41,1	45,1	49,1	52,1	38,7
K <sup>+</sup>	0,19	0,08	0,09	0,12	0,06	0,22
Na <sup>+</sup>	1,64	2,15	2,45	3,08	3,19	2,65
S Somme des cations	43,16	45,9	49,64	53,89	56,82	43,08
T Capacité d'échange	49,2	52,4	52,9	53,9	54,4	39
V (S/T) Taux de saturation %	87,72	87,60	93,84	99,98	SAT	SAT
<hr/>						
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %						
Perte au feu	9,41	8,73	8,39	8,58	7,63	7,67
Résidu	33,92	38,80	38,25	35,22	33,38	37,08
SiO <sub>2</sub>	33,95	27,70	28,75	31,12	33,72	29,95
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,34	8,15	7,92	8,10	7,94	7,78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,16	10,93	10,88	11,08	11,07	9,28
MnO <sub>2</sub>	0,39	0,41	0,41	0,32	0,27	0,19
TiO <sub>2</sub>	0,52	0,54	0,54	0,58	0,61	0,54
CaO	0,17	0,11	0,10	0,07	0,09	0,37
MgO	1,71	1,85	2,00	2,09	3,73	5,31
K <sub>2</sub> O	0,07	0,06	0,05	0,06	0,07	0,2
Na <sub>2</sub> O	0,07	0,09	0,11	0,12	0,11	0,14
NiO	0,13	0,14	0,16	0,16	0,22	0,18
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,49	0,54	0,48	0,43	0,39	0,13
CoO	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	7,9	5,8	6,2	6,5	7,2	6,5

NUMERO DU PROFIL	MER 72	MER 72	MER 72
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	108-125	125-140	140-180+
-----			
GRANULOMETRIE %			
argile	53,3	39,5	60,3
limon fin	18,9	13,5	17,4
limon grossier	10,8	7,9	9,8
sable fin	9,5	11,3	10,1
sable grossier	6,8	26,7	2,1
-----			
EAU DU SOL %			
pF 2,5	44,1	36,7	44,8
pF 4,2	29,8	23,5	28,3
-----			
pH H <sub>2</sub> O	8,6	8,1	7,9
pH KCl	7,2	6,7	6,5
-----			
COMPLEXE D'ECHANGE cmol/kg (Méthode TUCKER : NH <sub>4</sub> Cl à pH 7)			
Ca <sup>++</sup>	2,41	1,54	1,02
Mg <sup>++</sup>	38,1	37,1	46,6
K <sup>+</sup>	0,28	0,27	0,32
Na <sup>+</sup>	2,51	2,69	3,11
S Somme des cations	43,3	41,6	51,05
T Capacité d'échange	41,6	40,8	51,0
V (S/T) Taux de saturation %	SAT	SAT	SAT
-----			
ELEMENTS TOTAUX - Analyse triacide - %			
Perte au feu	10,13	7,26	7,51
Résidu	29,07	32,46	34,41
SiO <sub>2</sub>	34,11	32,78	32,11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8,49	6,72	8,31
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,74	11,11	10,31
MnO <sub>2</sub>	0,14	0,12	0,26
TiO <sub>2</sub>	0,57	0,57	0,60
CaO	1,54	0,63	0,23
MgO	6,44	6,14	3,92
K <sub>2</sub> O	0,26	0,16	0,25
Na <sub>2</sub> O	0,15	0,12	0,15
NiO	0,11	0,22	0,17
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11	0,17	0,20
CoO	0,01	0,02	0,02
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mol.	6,8	8,3	6,6
-----			

NUMERO DU PROFIL	MER 72					
HORIZON	1	2	3	4	5	6
PROFONDEUR en cm	0-20	20-37	37-52	52-70	70-95	95-108
-----						
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS						
(Na <sup>+</sup> /T)x100	3,33	4,10	4,63	5,71	5,86	6,79
(Ca <sup>++</sup> /T)x100	9,21	4,90	3,78	2,95	2,70	3,87
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	8,12	15,99	22,55	30,88	35,44	25,63
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables						
Ca <sup>++</sup> (%)	10,54	5,61	4,04	2,96	2,59	3,52
Mg <sup>++</sup> (%)	85,64	89,70	91,02	91,31	91,79	90,29
Na <sup>+</sup> (%)	3,82	4,69	4,94	5,73	5,62	6,18
-----						
SELS SOLUBLES - Extrait au 1/2 -						
Résistivité (mS)	0,298	0,21	0,357	0,404	0,34	0,365
pH	6,5	6,7	6,9	7,2	7,3	7,6
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air						
Ca <sup>++</sup>	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Mg <sup>++</sup>	0,26	0,18	0,09	0,17	0,09	0,13
K <sup>+</sup>	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,47	0,36	0,58	0,65	0,58	0,57
Somme des cations	0,77	0,57	0,70	0,84	0,69	0,72
Somme des anions	0,55	0,24	0,62	0,78	0,63	0,66
Cl <sup>-</sup>	0,17	0,12	0,28	0,38	0,25	0,33
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,15	0,10	0,16	0,16	0,10	0,07
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,23	0,02	0,18	0,24	0,28	0,26
Paramètres ioniques						
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,30	-0,24	-0,30	-0,27	-0,33	-0,24
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,15	0,10	0,14	0,15	0,09	0,06
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	13,0	9,0	4,5	17,0	9,0	13,0
-----						

NUMERO DU PROFIL	MER 72	MER 72	MER 72
HORIZON	7	8	9
PROFONDEUR en cm	108-125	125-140	140-180+
-----			
CATIONS ECHANGEABLES - RAPPORTS			
(Na <sup>+</sup> /T) x100	6,03	6,59	6,35
(Ca <sup>++</sup> /T) x100	5,79	3,77	2,08
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	15,81	24,09	45,69
Pourcentage relatif des 3 principaux cations échangeables			
Ca <sup>++</sup> (%)	5,60	3,73	2,01
Mg <sup>++</sup> (%)	88,56	89,77	91,86
Na <sup>+</sup> (%)	5,83	6,51	6,13
-----			
Résistivité (mS)	0,431	0,47	0,804
pH	7,8	7,9	7,4
Résultats en cmol/kg de sol séché à l'air			
Ca <sup>++</sup>	0,01	0,01	0,01
Mg <sup>++</sup>	0,19	0,20	0,51
K <sup>+</sup>	0,01	0,01	0,01
Na <sup>+</sup>	0,67	0,71	1,00
Somme des cations	0,88	0,93	1,54
Somme des anions	0,83	0,88	1,41
Cl <sup>-</sup>	0,37	0,54	1,28
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	0,05	0,06	0,03
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,41	0,28	0,10
Paramètres ioniques			
Cl <sup>-</sup> -Na <sup>+</sup>	-0,30	-0,17	0,28
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> -Ca <sup>++</sup>	0,04	0,05	0,02
Mg <sup>++</sup> /Ca <sup>++</sup>	19,0	20,0	51,0
-----			

## RÉSUMÉ

Sur la côte ouest de la Nouvelle Calédonie, de nombreux géologues avaient identifié et qualifié des argiles noires à gypse comme des formations sédimentaires évaporitiques, synchrones, qui se sont mises en place durant un paléoclimat sec et un haut niveau marin. Ces zones sont situées le long de la bordure littorale, sous le vent ; la pluviométrie est contrastée et ne dépasse pas 1000 mm/an.

L'étude de trois sites localisés sur la côte sud-ouest de la Grande Terre près de la baie de St Vincent nous a permis de mieux qualifier ces formations argileuses.

**Le site de Tiaré** montre que ces formations à gypse sont des *vertisols* qui dérivent de l'altération de flyschs. Les vertisols sont localisés dans le tiers inférieur de la pente, lorsque la déclivité décroît régulièrement. A l'aval de la toposéquence, les vertisols se forment sur colluvions et atteignent plus de 6,00 m d'épaisseur. Le gypse apparaît sous forme de lentilles centimétriques dans les sols à partir de 1,00 m de profondeur et peut constituer 30% du poids du sol.

Il n'y a pas de gypse dans les sols acides et lessivés dérivant de l'altération de phanites.

**Le site de l'îlot Leprédour** est caractérisé par sa doline sommitale, à 200m d'altitude, drainant des calcaires gris et des calcaires gréseux. Sur *calcaire gris*, le résidu de décarbonatation est faible, les sols fersiallitiques rouges en amont, et les vertisols confinés hydratés et jaunes en aval sont peu épais et concentrent très peu de gypse. Sur *calcaire gréseux*, le résidu de décarbonatation est important, les brunisols colluviaux en amont et les vertisols sont épais ; vers l'aval de la séquence ces sols deviennent hydromorphes, très peu drainants et contiennent du gypse en abondance.

**Le site de la basse vallée de la Tamoia** montre des vertisols calcimagnésiens à gypse, aragonite et calcite, dérivant de colluvions de flyschs, qui passent progressivement à des vertisols magnésiens à dolomite et à des vertisols hypermagnésiens à dolomite et magnésite, dépourvus de gypse, sur alluvions de roches ultrabasiques.

Les argiles à gypse affleurent à des altitudes bien plus élevées que celles des anciens niveaux marins du Quaternaire. A cette période, les mouvements néotectoniques étaient de faible amplitude et de surcroît, les sites étudiés sont localisés sur des panneaux subsidés. Une origine marine et quaternaire de ces argiles à gypse est donc hautement improbable.

Les argiles à gypse occupent des niveaux alluviaux qui ont été datés du Quaternaire récent. On peut établir, par l'intermédiaire des *minéraux lourds* et les *datations radiométriques*, que les vertisols à gypse se sont formés durant les périodes les plus froides et les plus sèches de la dernière glaciation, et que les vertisols sur colluvions sont antérieurs aux vertisols sur alluvions.

*Les isotopes du soufre* constituant le gypse montrent une double origine : une origine marine dominante, provenant des embruns et de l'eau de pluie, et une origine continentale provenant de l'oxydation de sulfures continentaux. Cette part continentale augmente dans les terrasses alluviales et lorsque l'on s'éloigne de la bordure côtière.

**Le gypse se concentre dans les seuls vertisols calcimagnésiens.** La présence de larges fentes de retrait, spécifiques aux vertisols, permet à l'eau de pluie, ruisselant en surface, chargée de sels, de pénétrer profondément dans les profils. Ces sels sont lixiviés de la partie supérieure du sol et se concentrent à une profondeur supérieure à 1,00 m, dans des horizons très peu drainants. Dans les vertisols hypermagnésiens, le manque de calcium et la grande solubilité du sulfate de magnésium ne permettent pas au gypse de se former.

**Les vertisols et leurs éléments figurés reflètent une succession de différents climats.** Les vertisols à gypse se sont formés durant la dernière période glaciaire, sous un climat plus sec, plus contrasté et plus venteux que l'actuel, affectant d'abord la côte, puis gagnant l'intérieur du pays. La fin de cette période a été suivie par un climat de type méditerranéen, moins contrasté, à pluviométrie hivernale, favorable au développement des croûtes calcaires. Durant la transgression flandrienne, le climat était à nouveau plus humide que l'actuel. Il est caractérisé par une remontée des nappes phréatiques, par le développement de l'hydromorphie remobilisant le gypse et les carbonates, par une dégradation des argiles à la surface des vertisols, par une altération du gypse et sa pseudomorphose en carbonates. Le climat actuel est à nouveau plus sec que durant le Flandrien et se traduit par une carbonatation discrète.

**Mots-clés :** Carbonates ; Gypse ; Magnésium ; Nouvelle Calédonie ; Paléoclimats ; Quaternaire ; Smectites ; Vertisols.