

SS FVS - TH - KA 2

THESES

présentées

à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy

pour obtenir le grade de

DOCTEUR D'UNIVERSITE

par

François LE TACON

1ère THESE

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS
D'UN MASSIF FORESTIER DES BASSES-VOSGES**

2ème THESE

PROPOSITION DONNEE PAR LA FACULTE

soutenues le 14 mars 1966 devant la Commission d'Examen

JURY

Président : M. Ph. DUCHAUFOUR

Examineurs : MM. M. BONNEAU

F. JACQUIN

THESES

présentées

à la **Faculté des Sciences de l'Université de Nancy**

pour obtenir le grade de

DOCTEUR D'UNIVERSITE

par

François LE TACON

1ère THESE

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DES SOLS
D'UN MASSIF FORESTIER DES BASSES-VOSGES**

2ème THESE

PROPOSITION DONNEE PAR LA FACULTE

soutenues le 14 mars 1966 devant la Commission d'Examen

JURY

Président : M. Ph. DUCHAUFOUR

Examineurs : MM. M. BONNEAU

F. JACQUIN

Doyen : M. AUBRY

Assesseur : M. GAY

Doyens honoraires : MM. CORNUBERT - DELSARTE - URION - ROUBAULT.

Professeurs honoraires : MM. CROZE - RAYBAUD - LAFFITTE - LERAY - JULY - LAPORTE - EICHHORN - GODEMENT - DUBREUIL - L. SCHWARTZ - DIEUDONNE - DE MALLEMANN - LONGCHAMON - LETORT - DODE - GAUTHIER - GOUDET - OLMER - CORNUBERT - CHAPELLE - GUERIN - WAHL.

Maîtres de conférences honoraires : MM. LEINHART - PIERRET.

Professeurs

MM. URION	Chimie biologique	* MALAPRADE	Chimie
DELSARTE	Analyse supérieure	MANGENOT	Botanique
ROUBAULT	Géologie	GAYET	Physiologie
CAPELLE	Mécanique rationnelle	BONVALET	Mécanique appliquée
VEILLET	Biologie animale	HADNI	Physique
BARRIOL	Chimie théorique	* BASTICK	Chimie
BIZETTE	Physique	* KERN	Minéralogie
GUILLIEN	Electronique	DUCHAUFOR	Pédologie
GIBERT	Chimie physique	GARNIER	Agronomie
LEGRAS	Mécanique rationnelle	* WEPPE	Minéralogie appliquée
BOLFA	Minéralogie	NEEL	Chimie organique indust.
NICLAUSE	Chimie	BERNARD	Géologie appliquée
FAIVRE	Physique appliquée	* CHAMPIER	Physique
AUBRY	Chimie minérale	* GAY	Chimie biologique
COPPENS	Radiogéologie	* REGNIER	Physico-chimie
DUVAL	Chimie	STEPHAN	Zoologie
FRUHLING	Physique	* CONDE	Zoologie
HILLY	Géologie	* WERNER	Botanique
LE GOFF	Génie chimique	EYMARD	Calcul différentiel et intégral
SUHNER	Physique expérimentale	LEVISALLES	Chimie organique
CHAPON	Chimie biologique	Mme HERVE	Méthode mathématiques de la physique
HEROLD	Chimie minérale indust.		Mécanique physique
SCHWARTZ B.	Exploitation minière	* GOSSE	

ANNEE SCOLAIRE 1965-1966

* Professeur titulaire à titre personnel

Maîtres de Conférences

Mme	BASTICK	Chimie M.P.C. (Epinal)
MM.	GUDEFIN	Physique
	ROCCI	Géologie
	VUILLAUME	Psychophysiologie
	FRENTZ	Biologie animale
	HORN	Physique propédeutique
	LAFON	Physique (I.S.I.N.)
	MARI	Chimie (I.S.I.N.)
	AUROUZE	Géologie
	FELDEN	Physique théorique et nucléaire
	DEVOT	Physique du solide
	FLECHON	Physique M.P.C.
Mle	HUET	Mathématiques S.P.C.N.
	VIGNES	Métallurgie
	BALESDENT	Thermodynamique chimique appliquée
	BLAZY	Minéralogie appliquée (E.N.S.G.)
	JANOT	Physique M.P.C. (Epinal)
	JACQUIN	Pédologie et chimie agricole
	MAINARD	Physique M.G.P.
	CACHAN	Entomologie appliquée (E.N.S.A.)
	MARTIN	Chimie M.P.C.
	DEPALX	Probabilités et statistiques
	LALANNE	Mécaniques (I.S.I.N.)
	OVAERT	Mathématiques
	PAULMIER	Mécanique expérimentale
	VILLERMAUX	Génie chimique
	HILLY	Mathématiques M.P.C.
	GEORGE	Mathématiques S.P.C.N.
	PAIR	Mathématiques appliquées
N...		Mécanique des fluides (I.S.I.N.)
N...		Physiologie animale



A Monsieur le Professeur DUCHAUFOUR,

C'est grâce à son enseignement et à l'encouragement qu'il m'a toujours prodigué, que j'ai pu réaliser ce travail. Qu'il en soit ici très chaleureusement remercié.

A Monsieur BONNEAU

Directeur de la Station de Recherches sur les sols forestiers et la fertilisation, qui malgré ses lourdes tâches, a bien voulu me guider, et me faire profiter de son expérience, avec une inlassable bienveillance.

A Monsieur JACQUIN

Maître de Conférence à la Faculté des Sciences et à l'Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Nancy, pour ses judicieuses remarques, et pour avoir accepté de juger ce travail.

A Monsieur SOUCHIER

Ingénieur des Eaux et Forêts, chef du laboratoire des sols du Centre de Pédologie du C.N.R.S. de NANCY, qui m'a utilement conseillé pour réaliser certaines analyses.

A Monsieur l'Ingénieur Principal CHENAL

Monsieur l'Ingénieur LAJOURNADE

Monsieur le Chef de District PIERHOLE

et tout le Personnel du Service Forestier ayant la charge du Massif de Ste Hélène, qui m'ont facilité le travail de terrain.

A Mesdames DAMERY et SALMON

Mademoiselle BITCHE

pour leur participation au travail analytique, et à l'ensemble du personnel de la Station de Recherches sur les Sols Forestiers et la Fertilisation.

A L'INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
ET AU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES FORESTIERES
AU SEIN DESQUELS J'AI PU REALISER CE TRAVAIL

S O M M A I R E

- BUTS DE L'ETUDE	po 1
<u>PREMIERE PARTIE - DONNEES GENERALES - ETUDE DE TERRAIN - CARTOGRAPHIE</u>	
<u>CHAPITRE I - DONNEES GENERALES</u>	2
I - Données forestières.....	2
II - Géographie	3
III - Géologie	4
<u>CHAPITRE II - ETUDE DE TERRAIN ET CARTOGRAPHIE</u>	7
I - Etudes antérieures du massif	7
II - Méthodes de travail	7
- ouverture de fosses	7
- prospection	7
- méthodes analytiques	9
- classification de référence	10
III - Matériaux originels	10
- conglomérat	13
- grès a voltzia à meule	13
- grès à voltzia argileux	13
- Muschelkalk marneux	13
- Alluvions anciennes	13
- Alluvions récentes	14
- limons homogènes non soliflués	14
- limons hétérogènes soliflués	15
- limons remaniés	15
- limons de colmatage	16
- Mélanges limons et produits d'alté- ration du grès	17
- colluviums de pente	17
IV - Unités pédologiques inventoriées	18
- sols d'érosion	18
- sols alluviaux acides	19
- sols bruns acides	20
- sols bruns marmorisés	27
- sols bruns lessivés	29
- sols lessivés, lessivés marmorisés, et lessivés à pseudogley	36

- pseudogleys à nappe perchée	p. 42
- Pseudogleys de surface	43
- stagnogleys	44
- gleys et sols tourbeux	44
- Tourbe	44
- sols ocres podzoliques, podzols et podzols hydromorphes	44
V - Représentation cartographique	45
- carte au 1/10 000	45
. 1er type.....	45
. 2e type.....	46
- représentation au 1/100 000	48
VI - Valeur forestière des sols	48
VII - Associations végétales rencontrées	51
VIII - Raisons du choix de la méthode employée	55

DEUXIEME PARTIE -- ESSAI D'INTERPRETATION DES FAITS OBSERVES

<u>CHAPITRE I -- GENESE DES SOLS A HORIZON DE PSEUDOGLEY</u>	56
I - Causes possibles d'hydromorphie temporaire	56
II - conséquences et origines possibles d' l'existence d'un niveau imperméable	57
III - Etude et comparaison de deux profils	58
- Description	58
- Etude de la répartition du fer et de l'argile	61
- Superposition des profils I et II	74
- etudes d'autres critères de lessivage.....	76
. Alumine libre	76
. Enrobements	76
. Humus	77
IV - Modifications dues à l'hydromorphie	77

V	-	Génèse des sols lessivés à pseudogley	p. 79
VI	-	Difficultés de classification	82
VII	-	Sols à pseudogley à deux couches géologiques	84
<u>CHAPITRE II - LES PHENOMENES PEDOLOGIQUES DANS LE TEMPS</u>			88
I	-	Rubéfaction des alluvions anciennes	88
II	-	Sols rouges sur limons anciens	88
	-	Description	90
	-	Analyse	90
	-	Essai de détermination	93
	•	couleur	93
	•	épaisseur du profil	93
	•	texture	93
	•	lessivage	93
	•	rapport limon / argile	94
	•	fer	94
	•	alumine libre	95
	•	taux de sesquioxydes dans 1 horizon B	95
	•	complexe absorbant et type d'argile	95
	•	taux de saturation	96
	•	Ph	96
	•	hydromorphie	96
	•	conclusions	96
III	-	Sols lessivés sur limons récents	98
IV	-	Sols récents	104
V	-	Conclusion	105
<u>CHAPITRE III - FACTEURS AYANT ORIENTES LA PEDOGENESE</u>			106
I	-	Zone du complexe alluvions limons	106
	-	Différenciation des sols à mull	106
	*-	Différenciation des sols à gley	107
	-	différenciation des podzols	108
II	-	Zone gréseuse	109
III	-	Conclusions	110
- RESUME ET CONCLUSIONS			112
- BIBLIOGRAPHIE			117

BUTS DE L'ETUDE

Une prospection sommaire antérieure du massif forestier de Sainte-Hélène avait permis de déceler la présence d'un ensemble de sols extrêmement variés sur une surface relativement réduite.

Il a paru intéressant de poursuivre cette prospection, afin de déterminer les différents types de sols existants, ainsi que leur répartition, de préciser la nature et l'importance relative des facteurs ayant contribué à leur formation, et d'essayer de différencier les stades successifs de la pédogénèse dans le temps.

Le meilleur moyen de résoudre ces problèmes a semblé être la cartographie à grande échelle, ce qui permettait en outre de se rendre compte si une représentation cartographique était possible, sans trop d'approximation, dans une zone où la succession des sols se faisait de manière particulièrement rapide.

Cette représentation pouvait être envisagée de différentes manières, et il était intéressant d'effectuer plusieurs essais de façon à pouvoir en tirer des conclusions valables pour des études ultérieures.

Un telle étude pouvait également présenter un intérêt pour l'aménagement d'un massif où se posent des problèmes de substitution d'essences.

Enfin, la prospection ayant mis en évidence l'importance des sols à hydromorphie temporaire, il est apparu intéressant de les étudier plus particulièrement.

PREMIERE PARTIE

- DONNEES GENERALES -

- ETUDE DE TERRAIN et CARTOGRAPHIE -

CHAPITRE I : DONNEES GENERALES

I - DONNEES FORESTIERES

La forêt de Sainte-Hélène, qui s'étend sur un millier d'hectares environ, dont 803 en forêt domaniale et 189 en forêt communale, dépend de la conservation des Vosges.

Le hêtre y est l'essence dominante et constitue 59 % du peuplement.

Le chêne est la seconde essence avec 24 %.

Le reste est constitué de pins sylvestres (8 %), de sapins (3 %), de bouleaux (3 %), d'épicéas (1 %) et d'essences diverses (2 %).

Jusqu'en 1789 le massif appartenait en partie au Chapitre de Saint-Dié et en partie à l'Abbaye de Saint-Geery d'Epinal.

La presque totalité était traitée en taillis sous futaie avec une révolution de trente ans. Quelques hectares étaient traités en futaie régulière.

À partir de 1877, le régime du taillis sous futaie a été abandonné.

Le massif a été divisé en quatre affectations à régénérer en quatre périodes de trente six ans, la révolution adoptée étant de cent soixante ans.

Actuellement la conversion en futaie est très avancée. En première affectation et partiellement en seconde, le peuplement se présente à l'état de perchis ou de haut-perchis. Ailleurs, entre les anciennes réserves de hêtres ou de chênes, existe un remplissage de hêtres qui se présente à l'état de jeune futaie ou de futaie.

De 1942 à 1951, la production totale a été de 24 262 m³ pour les 803 hectares de la forêt domaniale, soit 3,3 m³ par hectare et par an.

Le dernier aménagement de 1954 prévoyait une réalisation de 3 000 m³ par an soit une possibilité de 3,73 m³ par hectare et par an.

En 1954, le m³ se vendait en moyenne 1 800 anciens francs.

Actuellement, 5 % seulement de la production peuvent fournir des grumes se vendant aux environs de 100 F. le m³.

Tout le reste ne fournit que des produits de valeur très médiocre, essentiellement voués au chauffage.

Le hêtre produit un bois dur présentant un retrait important et par conséquent peu utilisable.

Le chêne est souvent taré et ne fournit pas de bois de qualité.

La forêt ne fournit donc qu'un revenu des plus modestes, état de fait dû essentiellement à l'inadaptation des essences principales.

Depuis longtemps se pose le problème de l'enrésinement, comme d'ailleurs dans toute la zone forestière des Basses-Vosges.

Dans un tel contexte, on peut penser qu'une étude pédologique serait susceptible d'apporter une contribution au choix des essences résineuses à introduire.

II - GEOGRAPHIE

La forêt dans sa région naturelle

La forêt de Sainte-Hélène est située dans le département des Vosges à cinq kilomètres au Sud-Est de Rambervillers.

Elle est rattachée à l'ensemble des collines prévosgiennes, qui font transition entre la plaine lorraine de faible altitude (200 à 250 mètres) à vocation agricole, et le massif des Vosges, montagne d'altitude moyenne, comprise entre 400 et 1 400 m, à vocation forestière : le taux de boisement y atteint 80 %.

Le climat, dit climat lorrain, est intermédiaire entre celui du bassin parisien, encore sous l'influence atlantique, et le climat continental d'Europe centrale.

La proximité du massif montagneux des Vosges se traduit par une augmentation de la pluviosité, qui va croissant d'ouest en est :

- 726 mm à NANCY	située à 220 m d'altitude
- 850 mm à Rambervillers	" 290 m

et par un léger abaissement de la température moyenne.

La plus grande partie de la forêt est située sur un plateau étroit, orienté Nord-Ouest Sud-Est, d'altitude moyenne comprise entre 360 et 380 m, séparant deux rivières, à l'Est la Mortagne et à l'Ouest un de ses affluents, l'Arantelle.

Ce plateau domine de 80 à 90 mètres la vallée de la Mortagne, à laquelle il se raccorde par un rebord à pente forte (15 à 20 %).

Le rebord a été entamé, perpendiculairement à la vallée de la Mortagne, par les eaux de ruissellement, qui ont donné naissance à plusieurs ravins à profil en V très accentué, appelés localement basses.

Le rebord Ouest est en pente beaucoup plus douce (4 à 8 %), et les basses qui l'entaillent ont un profil nettement moins accusé.

Le rebord Sud, longé par le ruisseau de Dracourt, à une pente intermédiaire de 8 à 10 %.

Le relief du sommet du plateau est très peu marqué. On peut noter un léger relèvement dans la partie Sud.

III - GEOLOGIE

Située dans une zone de transition climatique, la forêt de Sainte-Hélène s'étend également, dans une zone de transition géologique : du faciès détritique à caractère continental ou lagunaire du trias inférieur, on passe au faciès franchement marin du trias moyen.

Le faciès détritique continental, essentiellement constitué de grès dur, se marque dans le relief, et constitue les premiers contreforts des Vosges, par opposition aux roches tendres marno-calcaires des étages suivants, constituant la plaine lorraine au relief peu accentué.

Les principales subdivisions, du trias inférieur au grès bigarré, sont présentes.

Le grès vosgien, réduit à sa partie supérieure, n'affleure que dans une zone étroite, dans la partie Sud-Est de la carte. Il est représenté par le grès vosgien dit "supérieur", grossier, en bancs épais, exploité pour la construction dans une concession située dans la forêt (1) [L 10], et par le conglomérat qui termine cet étage.

L'absence du grès intermédiaire est certainement due, à la présence d'une faille, que l'on peut décèler par le pendage anormalement élevé de bancs de conglomérat, et par le fait qu'on ne les retrouve pas de l'autre côté du versant.

(1) Toutes les coordonnées, indiquées dans le texte, par une lettre et un chiffre sont les coordonnées propres de la carte jointe en annexe.

On passe ensuite presque immédiatement au grès à Voltzia, qui constitue la quasi totalité du substratum géologique, de la partie Sud de la carte. On peut tracer approximativement sa limite, en prenant les deux points extrêmes, où il a été trouvé par sondage à la tarière (1 m 20), K₅ à l'Ouest et H₇ à l'Est, ce qui ne correspond pas à la carte géologique qui indique l'existence du grès à Voltzia sur l'ensemble de la carte.

Ce grès à Voltzia existe sous ces deux faciès principaux : à la base le grès à meule, à grains fins micacés, et au sommet, terminant le faciès continental du trias inférieur, un grès argileux. Le grès à meule existe sur les pentes Sud et Sud-Ouest ; le grès argileux, plus au Nord et au sommet du plateau.

Des lits argileux de faible puissance terminent le grès à Voltzia. Le Muschelkalk doit se trouver à peu de distance, et il est logique de considérer la ligne joignant les points K₅ et H₇ comme limite entre Bundsandstein et Muschelkalk, bien que, ni les sondages à la tarière, ni les affleurements de carrière ne permettent de préciser la nature du sous-sol profond.

Cependant, la présence en E₅ de Muschelkalk à 1 m 50 de profondeur, et son affleurement en K₁, K₂ et L₁ confirment ce fait. Par conséquent, les deux tiers de la forêt de Sainte-Hélène seraient sur Muschelkalk.

Ce Muschelkalk est uniquement représenté par son faciès moyen, marneux.

Presqu'en contact avec le grès bigarré, dans la partie sud-Ouest, il est représenté par des marnes rouges lie-de-vin, bariolées, puis, un peu plus au Nord, par des marnes grises.

En E₅, on rencontre un calcaire marneux, blanchâtre, qui constitue la partie supérieure du Muschelkalk marneux.

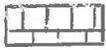
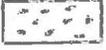
En fait, si le Muschelkalk constitue la plus grande partie du sous-sol de la forêt, il n'affleure que dans la forêt communale de Sainte-Hélène, située à l'Ouest de la vallée de l'Arantelle. Ailleurs il est entièrement recouvert par des dépôts récents, comme l'est aussi une petite partie du grès bigarré.

Ces dépôts récents constituent une masse très importante et complexe, qui sera étudiée de manière plus détaillée ultérieurement.

Ces dépôts sont constitués par des alluvions récentes limitées aux vallées de différentes rivières actuelles, et par des alluvions anciennes de grande épaisseur, pouvant atteindre un cinquantaine de mètres ou plus.

Ces alluvions anciennes sont recouvertes par des limons dont on peut estimer l'épaisseur, en certains endroits, à au moins 3 mètres.

Coupe géologique du massif

-  Limons éoliens
-  Alluvions anciennes
-  Muschelkalk marne-calcaire
-  Muschelkalk marneux
-  Grès à voltzia angileux
-  Grès à voltzia à meule

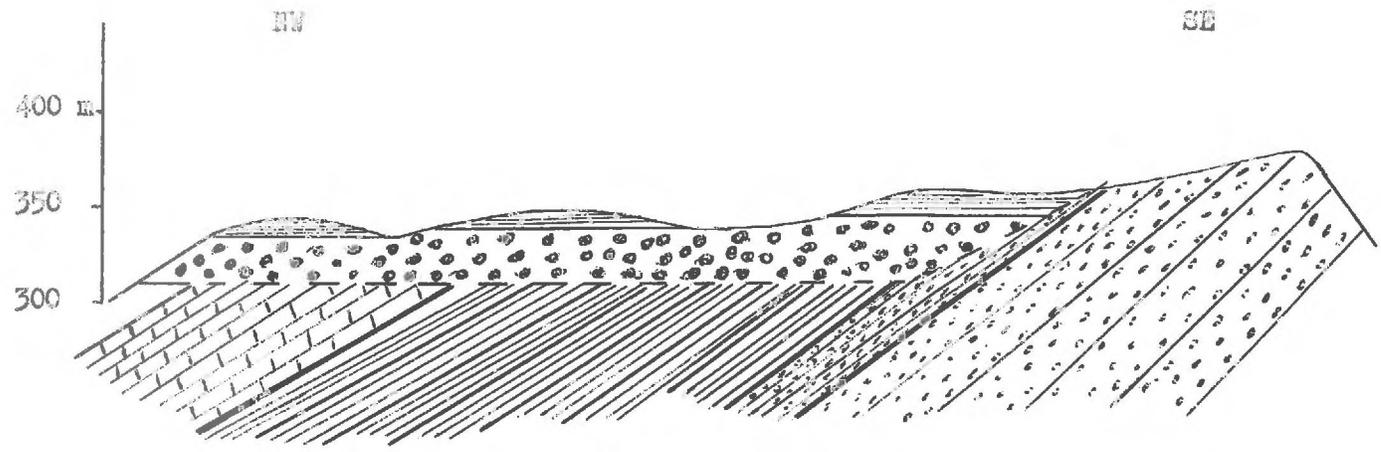


Fig. I

CHAPITRE II : ETUDE DE TERRAIN ET CARTOGRAPHIE.

I - ETUDES ANTERIEURES DU MASSIF

Lors du passage de la forêt au domaine de l'état, et de l'établissement du premier aménagement en 1877, la présence des deux formations, grès et muschelkalk, avait été notée, ainsi que l'existence d'alluvions, et d'un diluvium argileux, correspondant aux limons.

Les sols avaient été définis, comme d'excellents sols forestiers convenant au hêtre et au chêne, ces deux essences devant constituer, seules, le peuplement.

Récemment, la section de Pédologie de la Station de Recherches Forestières avait fait ouvrir plusieurs fosses, disséminées dans le Massif, et avait procédé à l'analyse de ces profils.

L'exemple de pseudogley décrit dans l'ouvrage, "Tableaux descriptifs et analytiques des sols", par Ph. DUCHAUFOR, a été pris dans la forêt de Sainte-Hélène.

II - METHODES DE TRAVAIL

A - Ouverture de fosses

Après une reconnaissance rapide du Massif, et l'étude des fosses et carrières existantes, il a été ouvert plusieurs fosses supplémentaires, de façon à avoir des profils, répartis sur l'ensemble de la forêt et correspondant, autant que possible, aux différentes unités que l'on pouvait déjà discerner.

Pour les mille hectares du Massif, 27 fosses de 1 m de profondeur ont pu être étudiées, auxquelles il faut ajouter 6 carrières permettant des observations sur plusieurs mètres de hauteur.

B - Prospection

Après ce travail préliminaire, la prospection proprement dite a été entreprise au 1/5 000 à l'aide d'une tarière pédologique, type BISCHWILLER de 1,20 m.

Deux autres moyens supplémentaires d'étude ont pu être utilisés :

a) les fossés de drainage, donnant des profils excellents sur plusieurs dizaines de mètres, et montrant les variations de sol, ainsi que les relations existant entre les différents types.

b) les chablis de hêtre, particulièrement abondants ; ils ont été extrêmement utiles et ont permis souvent de pallier au manque d'observation dans les zones où la tarière ne pouvait pénétrer, du fait de l'abondance de cailloux.

D'autre part, les chablis ont l'avantage de donner des coupes de sol sans modifier la structure des horizons, ce qui n'est pas le cas des prélèvements à la tarière.

Le plan au 1/5 000, qui a servi de document de travail sur le terrain, a été quadrillé par un système de coordonnées rectangulaires, Est Ouest, et Nord Sud, délimitant des surfaces de 1 hectare. Ce quadrillage a ainsi permis le repérage exact des points de sondage.

La direction de prospection a toujours été celle de la plus grande pente, donc dans le sens de la succession la plus rapide des unités.

En début de prospection, chaque hectare était l'objet d'un sondage. En fin de prospection, le sondage est devenu plus lâche dans les zones où, les chaînes de sols se répétaient constamment de la même manière.

Parfois, cependant, un sondage tous les 100 m pouvait se révéler insuffisant, et il était nécessaire d'en effectuer quelquefois tous les 20 m.

À chaque sondage, les observations suivantes étaient notées sur une fiche :

- Nature du peuplement, composition sommaire de la végétation herbacée, nature de l'humus et des horizons, succession de ces horizons, couleur appréciée au code MUNSELL, texture appréciée à la main, structure, abondance des cailloux, présence de phénomènes d'hydromorphie, et si possible type génétique.

À ce sujet on peut se demander si les observations doivent être purement analytiques, ou si un essai d'interprétation est souhaitable.

En début de prospection, il est certain que ces observations sont parfaitement analytiques. Il est difficile, en effet, à ce stade, d'effectuer une appréciation synthétique immédiate. On ne peut que difficilement rattacher les différents profils les uns aux autres, ou à des fosses préalablement étudiées. L'interprétation des observations et la délimitation des unités se fera ultérieurement par comparaison et regroupement.

Cependant en cours de prospection les relations entre les différentes unités arrivent assez rapidement à être connues ; les observations ne sont plus totalement analytiques.

Avant un sondage, on s'attend à rencontrer tel ou tel sol, et il est possible, qu'inconsciemment certaines observations puissent être inexactes.

Cependant, à partir du moment où il est possible d'interpréter directement sur le terrain, le travail se trouve largement facilité, et le tracé des unités cartographiques peut se faire immédiatement. Les unités sont ensuite reprises, modifiées, subdivisées ou, éventuellement regroupées.

Sur le terrain, il a été recueilli le maximum de données car il est difficile, avant d'entreprendre le travail de report définitif, de décider quelles seront les unités adoptées. Des modifications peuvent être apportées, ne serait-ce que pour des raisons d'impression.

En général, aucun prélèvement systématique n'était effectué lors des sondages à la tarière en vue d'une analyse. Lorsqu'un type de sol, différent de ceux observés dans les fosses, était rencontré, chaque horizon était analysé, soit complètement, soit partiellement. Souvent, une analyse de la texture et du fer était suffisante.

C - Méthodes analytiques

Les méthodes utilisées ont été les suivantes :

1 - Analyses granulométriques

- Méthode MERIAUX par densimétrie après dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium pour les analyses courantes et pour la construction des courbes cumulatives.

- Méthode Internationale modifiée par l'emploi de la pipette de Robinson pour l'établissement des courbes de lessivage de l'argile.

2 - Analyses chimiques

- Capacité totale d'échange **T**

* Percolation au chlorure de calcium : Après lavage à l'eau, déplacement de l'ion Ca^{++} par du nitrate de potassium et dosage par complexométrie.

* Dans le cas du sol rubéfié, la capacité totale d'échange a été obtenue par percolation à l'acétate d'ammonium.

- Bases échangeables

Après percolation à l'acétate d'ammonium, dosage du calcium, potassium et sodium au photomètre à flamme.

La magnésium a été dosée à partir du percolat par colorimétrie au jaune de titane.

- La somme des bases échangeables S a été obtenue par addition de Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ et Na^+ .

- Phosphore assimilable
Méthode DUCHAUFOUR Et BONNEAU : double extraction acide puis basique par H_2SO_4 N/250 et NaOH N/10. Dosage par colorimétrie au bleu de molybdène.
- Fer libre : Méthode DEB
Complexation du fer par le tartrate de sodium après réduction par l'hydrosulfite de sodium. Colorimétrie par le sulfocyanure de potassium.
- Fer total
Attaque nitroperchlorique et colorimétrie par le sulfocyanure de potassium.
- Alumine libre : Méthode TAMM
Extraction par acide acétique et acétate d'ammonium : colorimétrie à l'ériochromecyanine.
- Carbone : Méthode ANNE
- Azote total : Méthode ANSOEHTI
- PH : méthode électrométrique à l'eau (25 cc d'eau pour 10 g de sol).
- les cations échangeables (Ca^{++} Mg^{++} K^+ Na^+ , ainsi que la capacité totale d'échange et la somme des bases échangeables sont exprimés en milliéquivalents pour 100 grammes de terre fine, séchée à l'air.
- Le carbone, l'azote et le fer sont exprimés en %
- Le phosphore assimilable (P_2O_5) et l'aluminium libre en ‰.

D - Classification

La classification de référence utilisée est la classification française, dont les principes ont été définis lors du congrès de GAND en 1962.

III - MATERIAUX ORIGINELS

L'étude géologique du Massif avait montré que le substratum était constitué essentiellement par 4 formations : Grès bigarré, Muschelkalk, Alluvions et limons.

Or, différentes actions ont, au cours du quaternaire, modifié ce système simple. Le démantèlement de ces 4 formations et l'incorporation les uns aux autres, des produits qui en ont résulté, ont abouti à un système complexe de matériaux ayant des caractéristiques différentes, de celles des roches mères initiales.

Au cours des périodes où régnaient des conditions de climat glaciaire ou périglaciaire, les limons ont été affectés par des phénomènes de solifluxion : pendant les phases de dégel, glissement en masse sur les parties profondes constamment gelées, ou sur les roches dures sous-jacentes, là où existait une pente légère. Comme les limons reposaient sur des alluvions sableuses à cailloux roulés, la solifluxion s'est traduite par l'incorporation dans la masse des limons, de cailloux roulés épars.

A cette action de la solifluxion s'est ajoutée celle de la cryoturbation qui est un phénomène beaucoup plus localisé, intéressant des poches à l'intérieur desquelles les différents matériaux ont subi des "plications" et des involutions.

Dans les zones à pente plus forte, les limons ont été et sont encore soumis à des phénomènes de remaniement : Les eaux de ruissellement provoquent un déplacement du matériel déjà solifié, en l'ameublissant et en y incorporant plus complètement, les éléments grossiers des alluvions sous-jacentes.

Enfin, à la rupture de pente qui est brutale, surtout sur les versants Est et Sud, débutent des phénomènes de colluvionnement caractérisés par des déplacements beaucoup plus rapides, et par un mélange encore plus accentué des limons et des alluvions.

Un quatrième phénomène, que l'on peut distinguer des précédents, consiste en l'entraînement d'éléments fins dans des zones déprimées : cet entraînement aboutit à la formation de limons dit "de colmatage".

Ces différentes actions ont abouti à la différenciation d'une vingtaine de matériaux originels qu'il est nécessaire d'étudier plus en détail.

Le tableau n° 1 donne la composition granulométrique des formations essentielles : Pour chacune de ces formations, il a été choisi un exemple qui semblait caractéristique. Les chiffres correspondent aux horizons les plus profonds, de façon à éliminer autant que possible l'influence de la pédogénèse. Ils n'ont qu'une valeur indicative, car la variabilité est importante, surtout pour les matériaux remaniés ou colluvionnés.

TABIEAU I

Composition granulométrique des principaux matériaux -

Matériaux et profondeur de prélèvement	Composition de la terre fine en %					Cailloux en % du volume total
	0 - 2 μ A	2 - 30 μ IF	30 - 50 μ Lg	50 - 200 μ Sf	200 - 2000 μ Sg	
Limons homogènes 180 cm	34.0	39.0	17.5	3.9	4.1	0 %
Limons hétérogènes - 120 cm	31.6	27.4	13.7	11.4	10.5	5 - 10 %
Limons remaniés 120 cm	24.1	31.4	17.2	7.3	15.4	10 - 15 %
Colluvium de pente limono-sableux 80 cm	14.5	18.7	14.8	13.7	38.6	15 - 20 %
Alluvions sableuses anciennes 80 cm	8.7	5.0	2.1	16.9	64.0	40 %
Muschelkalk 180 cm	53.6	36.9	5.0	1.6	1.6	Néant
Grès à faciès argileux 100 cm	27.3	19.1	10.4	35.8	5.9	—
Grès à meule 70 cm	8.0	13.6	6.0	19.0	47.2	—
Mélange limon grès 50 cm	26.1	28.0	13.9	24.9	4.3	—

- CONGLOMERAT

Il a peu d'importance dans le Massif. Là où il affleure, il a été en partie démantelé et donne une formation de composition voisine de celle des alluvions anciennes : sables grossiers et cailloux roulés. Il s'en distingue par sa couleur lie de vin.

- GRES A VOLPZIA A MEULE

Il affleure dans la zone la plus élevée de la forêt, et forme toutes les pentes Sud et Sud-Ouest.

Il se caractérise par son taux d'argile très faible (10 % environ) et par sa forte teneur en sables, essentiellement des sables grossiers (50 %). Très rapidement, vers 1 m de profondeur, son altération est nulle et la pénétration à la tarière impossible.

- GRES A VOLPZIA ARGILEUX

Il constitue le sommet de la partie Sud, et se caractérise par un taux d'argile de 25 à 30 %, un taux de limon de 30 %, et un taux de sables, qui sont presque uniquement des sables fins de 40 %. Il ne forme pas, en profondeur, une dalle impénétrable.

Ces deux faciès du grès bigarré se reconnaissent très facilement des autres formations par leur couleur lie de vin.

- MUSCHELKALK MARNEUX

Seul, le Muschelkalk marneux n'est pas recouvert d'éléments récents. C'est une argile limoneuse (50 % d'argile) sans éléments grossiers, très plastique quand elle est imbibée d'eau, et impénétrable en période sèche. L'absence de calcaire est complète. On devrait lui réserver le nom d'argile plutôt que celui de marne*

- ALLUVIONS ANCIENNES

Les alluvions anciennes constituent la masse principale des dépôts récents, sous forme d'une terrasse allongée, adossée au Sud, à une hauteur résultant de l'érosion différentielle du grès bigarré et du Muschelkalk ; elles sont responsables du relief de la majeure partie du Massif. On peut estimer leur épaisseur à une quarantaine de mètres.

Elles se caractérisent par leur hétérogénéité : alternance de lits à sables grossiers, contenant 30 à 40 % de galets ou plus, et de lits sableux sans galets. Ces lits peuvent être horizontaux et parallèles entre eux, ou obliques et plus ou moins entrecroisés.

Les grains de sables formés à 90 % par du quartz, sont très émoussés. Les cailloux roulés formés de 90 % de quartz, de quartzites ou de phanites sont analogues à ceux du conglomérat, séparant le grès vosgien du grès à voltzia, et ont, par conséquent, déjà été usés au trias.

L'ensemble présente une teinte générale rouge, due à des oxydes de fer qui ont cimenté plus ou moins les éléments entre eux. De ce fait, ces alluvions sont résistantes à l'érosion et, lorsqu'elles sont proches de la surface, sans avoir été démantelées, elles constituent un obstacle impénétrable.

Leur origine est manifestement fluviale. Il existe cependant deux lentilles argileuses incorporées dans cette masse avec des galets peu abondants et épars, au moins dans l'une d'elle, et l'on peut être tenté de rapprocher ces argiles des argiles à blocs.

Malgré leur grande extension, ces alluvions n'apparaissent que très rarement seules en surface, sauf au Nord où une partie du placage limoneux a été décapé, et en quelques rares plaques, à l'amorce d'une rupture de pente.

- ALLUVIONS RECENTES

Les alluvions récentes, des vallées actuelles, occupées par des cultures, n'intéressent qu'une très petite partie du massif forestier.

Leur texture est comparable à celle des alluvions anciennes avec dominance de sables grossiers et présence de cailloux roulés. Elles s'en distinguent par leur manque de cohésion, dû à l'absence des oxydes de fer.

- LIMONS HOMOGENES NON SOLIFLUES

Ils constituent une lentille allongée, occupant tout le sommet du Massif, et ayant une épaisseur maximum d'au moins 5 mètres.

Ils sont caractérisés par une granulométrie extrêmement fine avec 60 % de limons (2 à 50 μ) et par l'absence quasi totale d'éléments grossiers (7 à 8 % de sables) et de cailloux roulés.

Leurs courbes cumulatives sont en général comprises, entre le maximum et le minimum indiqués par CAILLEUX, pour les limons éoliens, quoique parfois, la teneur en argile soit un peu forte. Leurs positions topographiques et géologiques confirment l'hypothèse de leur origine éolienne.

D'autre part, dans les carrières, les coupes ne montrent aucune stratification. Enfin, ils sont parcourus dans toute leur masse par un fin réseau de canalicules, que l'on donne souvent comme caractéristiques des dépôts éoliens, et qui seraient laissés par les anciennes racines des graminées, ayant provoqué la fixation de ces limons.

Leur texture est remarquablement constante, d'une extrémité à l'autre du placage limoneux, ainsi que leur couleur beige clair, qui permet leur reconnaissance rapide;

Ils constituent un matériel peu résistant à l'érosion, mais cependant compact, du fait de leur porosité réduite au minimum.

Aucune trace de calcaire n'a pu être décelée dans ces limons, même dans les parties les plus profondes ; Ce fait résulte soit d'une décarbonatation totale, soit, plus vraisemblablement de l'absence primitive de calcaire, si les particules transportées par le vent proviennent du Massif Vosgien, uniquement constitué de matériaux gréseux ou cristallins.

- LIMONS HETEROGENES SOLIFLUES

Ils constituent une auréole étroite et complète autour des précédents, et s'en distinguent par la présence de cailloux roulés (5 à 10 %). Leur texture est un peu différente du fait d'une légère augmentation de la teneur en sable qui peut atteindre 20 %.

Ils sont également d'origine éolienne, et la présence d'éléments grossiers ne peut être due qu'à l'action de la solifluxion.

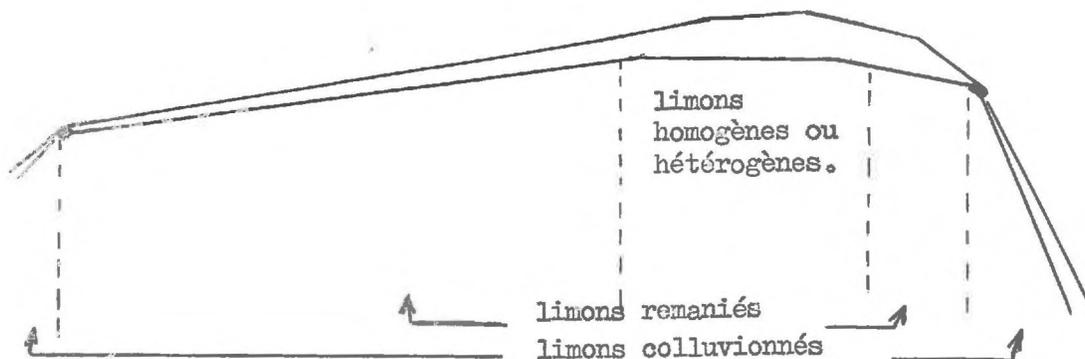
Leur compacité est aussi importante que celle des limons homogènes. Ces deux limons forment donc un matériel ayant des propriétés identiques.

Cependant les limons à cailloux roulés diffèrent par leur épaisseur. Leur auréole concentrique peut être divisée en une zone interne, dont l'épaisseur est d'au moins 1 mètre, et une zone externe, dans laquelle les alluvions sableuses sous-jacentes apparaissent entre 50 et 100 cm.

- LIMONS REMANIES

Ils forment une seconde auréole, autour de la bntille des limons homogènes, correspondant, très exactement, à une augmentation de la pente. Il est remarquable de constater la dissymétrie de cette auréole, corrélative de la dissymétrie du Massif. Elle est large du côté Ouest et Nord-Ouest, là où le versant se raccorde en pente douce avec la Vallée de l'Arantelle, et étroite, ou même absente du côté Est, là où le versant se raccorde à la Vallée de la Mortagne par une pente forte (rive concave). Sur ce versant, on passe très rapidement, d'une pente faible, correspondant à une zone de solifluxion, à une pente forte, correspondant à une zone de colluvionnement ; la zone de pente intermédiaire correspondant au remaniement étant très étroite ou absente.

Fig. II



Ces limons remaniés ont une texture parfois presque identique à celle des limons hétérogènes. Le plus souvent, la charge en cailloux est plus forte ainsi que la teneur en sables, qui peut atteindre 20 à 25 %.

Sous la même désignation, on a donc un matériel dont la texture peut varier, mais dans des limites relativement étroites. Ce matériel reste à dominante limoneuse.

La différence essentielle avec les limons homogènes ou hétérogènes se traduit dans la compacité. Il y a eu déplacement, non plus en masse, mais de manière désordonnée et irrégulière sous l'action des eaux de ruissellement. Le résultat en est un ameublissement, et une augmentation de la porosité, considérables. Sur le terrain, cette différence est très nette lors des sondages à la tarière qui pénètre difficilement dans les limons en place, surtout en période de sécheresse.

C'est cette différence de compacité avec les limons homogènes et hétérogènes, plus que les différences granulométriques, qui ont justifié la distinction cartographique.

LIMONS DE COLMATAGE

Leur extension est très localisée. On les rencontre dans quelques dépressions, qui ont été colmatées par des limons, provenant de l'érosion de la lentille limoneuse en place.

Leur texture est à peu près semblable à celle des limons en place. Leur épaisseur est très faible, et ne dépasse guère 1 m. Ils reposent, soit sur des alluvions sableuses, soit sur un mélange de limons et d'alluvions. Enfin, leur compacité semble moindre, que celle des limons en place, mais plus forte que celle des limons remaniés ou colluvionnés.

Il est d'ailleurs possible que ces limons de couleur grise, différente de celle des limons en place ou remaniés, aient été mis en place par sédimentation dans de petits étangs disparus. Dans les parties les plus basses de ces dépressions existent en effet des zones tourbeuses, qui pourraient être les restes de ces anciens étangs.

- MÉLANGE LIMONS ET PRODUITS D'ALTERATION DU GRÈS BIGARRE

Ce type de matériel ne se rencontre que dans une frange étroite, au contact entre le grès bigarré argileux et les limons éoliens.

Dans cette région, les limons reposent directement sur le grès sans l'intermédiaire des alluvions anciennes. En se dirigeant vers le Sud, on quitte les limons en place et, avant d'être sur le grès proprement dit, on traverse une zone à pente peu accentuée où le matériel originel n'a pas la couleur lie de vin caractéristique du grès, bien que la teneur en sable fin soit de 25 %. D'autre part, la teneur en limon est nettement plus forte que celle du grès argileux.

La texture de ce matériel est à peu près exactement intermédiaire entre celle des limons éoliens et celle du grès ; elle est parfaitement équilibrée.

D'autre part, c'est un matériel assez épais, dépassant 1 mètre, et très meuble.

- COLLUVIUMS DE PENTE

Toutes les pentes dépassant 10 à 15 % sont le siège de phénomènes d'entraînement rapide, par les eaux de ruissellement. Les matériaux qui se déplacent ainsi sont dits "colluvionnés".

Sur les flancs Est et Sud du Massif, existe une bande continue et étroite de produits colluvionnés. Sur le versant Ouest, on ne rencontre des colluvions que là, où des amorces de cours d'eau, ont entamé le plateau et créé des pentes suffisantes.

Sur les pentes correspondant aux alluvions, les éléments fins des limons sont incorporés, au cours de leur descente, aux éléments grossiers sous-jacents. Le matériel nouveau, ainsi obtenu, est un mélange plus ou moins complet, de 2 formations et, par conséquent, de texture variable.

Le maximum de variabilité est obtenu dans les colluviums de bas de pente, dont l'épaisseur dépasse souvent 1 mètre. On peut rencontrer à peu près tous les types de texture, parfois sur des distances très courtes.

La variabilité sur les pentes proprement dites, là où le colluvium ne dépasse guère 50 cm d'épaisseur est moindre. On peut distinguer une texture limono-sableuse, la plus fréquente, avec 35 à 40 % de sables grossiers et une charge en cailloux variable, et une texture limono-argileuse avec environ 40 à 50 % d'argile et une charge en cailloux faible.

Dans l'ensemble, le brassage le long de ces pentes aboutit à la formation d'un matériel à texture équilibrée et très meuble.

Sur les pentes de grès bigarré presque toujours constituées de grès à meule, le colluvionnement n'intéressant qu'une seule roche mère, ne provoque aucun changement de texture. Le colluvium se distingue du grès initial uniquement par son ameublissement. Comme dans le cas des pentes sur alluvions, l'épaisseur du colluvium est d'environ 50 cm et augmente progressivement, pour dépasser 1 mètre, en bas de pente.

IV -- UNITES PEDOLOGIQUES INVENTORIEES

La description des différentes unités inventoriées, ainsi que l'interprétation de différents profils, ne sont possibles, que si l'on admet un certain nombre de faits, dont l'étude fera l'objet de la seconde partie de ce travail.

Ces différents faits peuvent se résumer ainsi :

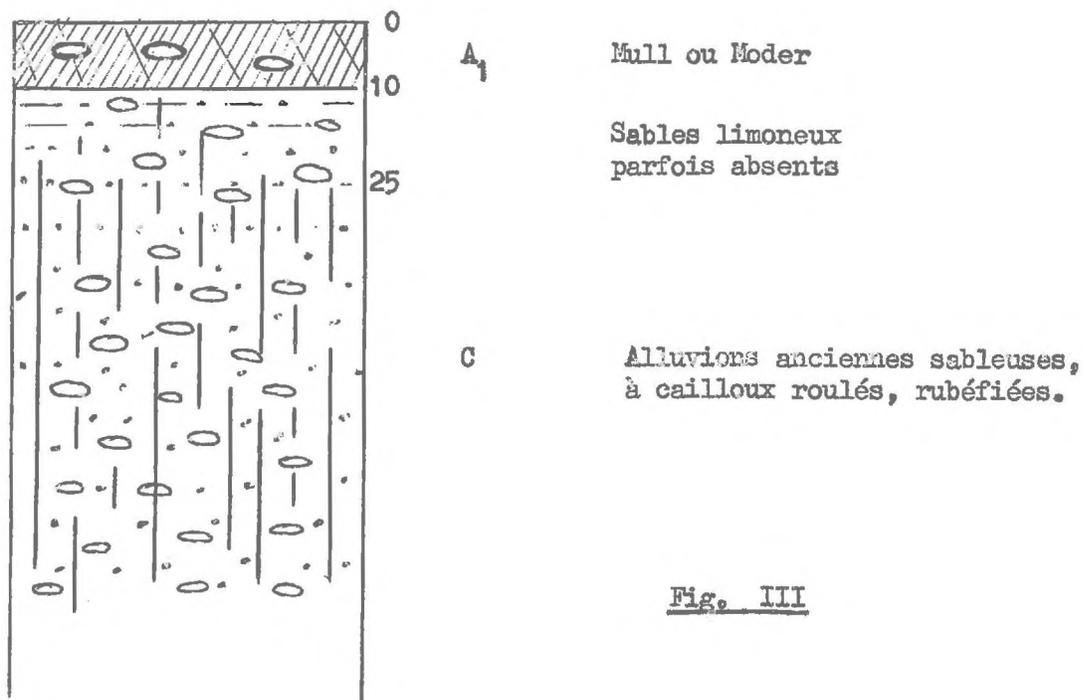
Successivement, les alluvions anciennes, puis les limons les plus anciens, qui les ont recouvertes, ont été soumis, au cours de périodes reculées, à l'action de pédogénèse de climat chaud. Cette action de climats à caractères tropicaux se traduit par la présence d'horizons rubéfiés, fréquents dans tout le massif.

Ces horizons rubéfiés sont le plus souvent recouverts de dépôts éoliens plus récents, qui ont été soumis à leur tour à une nouvelle phase de pédogénèse. Cette nouvelle phase a été caractérisée par un lessivage intense, qui s'est traduit par la formation d'un horizon B d'accumulation, imperméable. Cet horizon imperméable, d'origine pédologique a provoqué secondairement l'hydromorphie d'un certain nombre de sols.

A -- SOLS D'EROSION

La couverture limoneuse a été entièrement décapée. Les alluvions sableuses sont présentes dès la surface. Le profil n'est absolument pas différencié.

L'Horizon A_1 , qui est soit un mull, soit un moder, repose sur du sable compact coloré par des oxydes de fer déshydratés, soit directement, soit indirectement par l'intermédiaire d'une couche de quelques centimètres de limons sableux.



B - SOLS ALLUVIAUX ACIDES

Ils se sont développés sur les alluvions récentes de la vallée de l'Arantelle.

- texture essentiellement sableuse,
- structure grumeleuse en surface,
- l'humus épais d'une dizaine de cm très noir, à structure grumeleuse est un hydromull.

Les premières taches d'hydromorphie apparaissent à 50 cm, sous forme de plages claires et de taches rouilles plus foncées (10 %), et restent constantes en nombre et en intensité jusqu'à 120 cm. La nappe phréatique n'a pas été trouvée à la tarière (prospection en août).

N.B. - Pour la signification des symboles, voir légende in Fine.

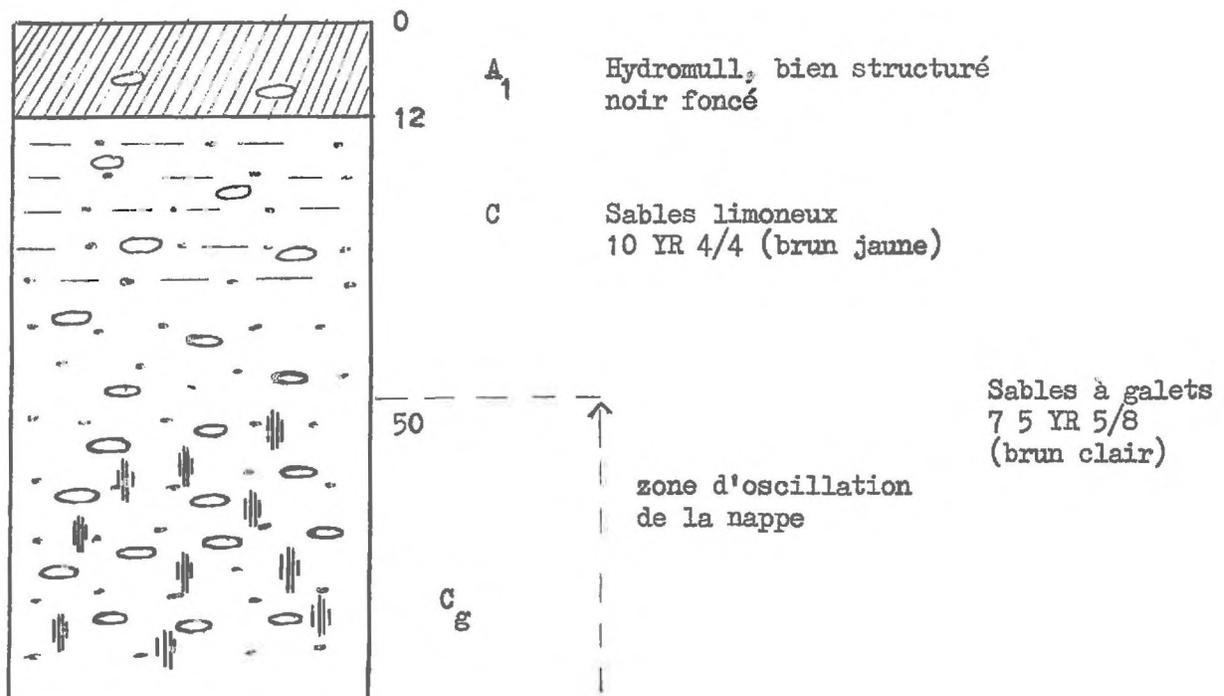


Fig. IV

C - SOLS BRUNS ACIDES

Sous la dénomination de sols bruns acides, il a été cartographié un ensemble de sols ayant comme caractère commun la non évolution du profil. Cet ensemble, cependant, est hétérogène, aussi bien par la variabilité de l'origine génétique, que par la variabilité de l'humus, ou de la texture.

L'humus toujours acide peut être un mull acide, un mull moder, le plus souvent un moder et même beaucoup plus rarement un mor.

La variabilité de la texture est due au fait que ces sols se sont développés sur des roches mères différentes, qui présentent souvent elles-mêmes une forte hétérogénéité.

La roche-mère la plus fréquente est un colluvium de pente limono-sableux ou limono-argileux à galets roulés. Il peut très rarement arriver que ce colluvium soit entièrement limoneux sans éléments grossiers.

a) - Exemple de sols bruns acides sur colluvium de pente
limono-sableux :

Emplacement E₅ (parcelle 21)

Pente 10 ‰

Jeune Sapinière

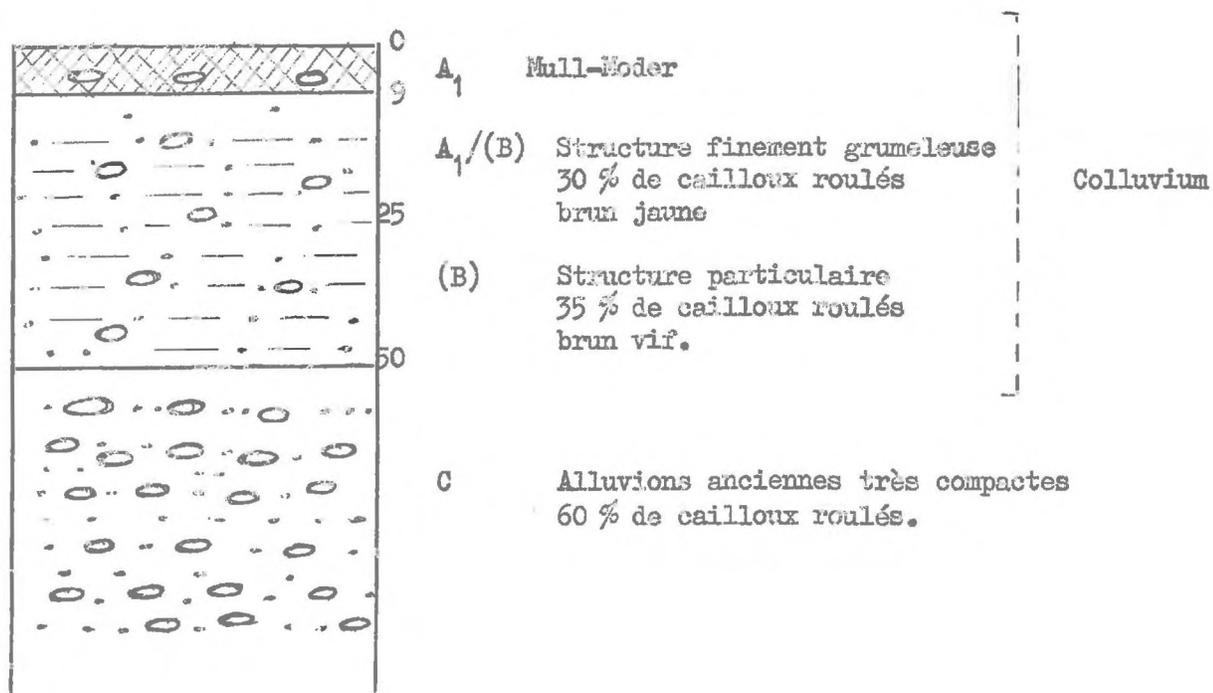


Fig. V

TABLEAU II

Analyse : sol brun acide sur colluvium limono-sableux

	P _H	H.O. %	C %	N %	C/N	R m.e./100g	Ca m.e./100g	P ₂₅ %	Fe %
A ₁ 3-9 cm	4,5	15,5	7,75	0,31	25,0	0,30	0,32	0,05	0,53
A ₁ / (B) 9-25	5,35	4,4	2,58	0,09	28,6	0,07	0,10	0,02	0,60
(B) 25-50 cm	5,0	0,9	0,55			0,07	0,07	0,11	0,70
C 50 →	5,1					0,07	0,26	0,02	0,58

diamètre des particules en μ	A 0-2	L _f 2-20	L _g 20-50	S _f 50-200	S _g 200 à 2 000
A ₁	13,4	24,2	12,1	11	22,4
A ₁ / (B)	11,8	26,7	17,6	13,3	23,5
(B)	15,0	27,9	13,7	12,4	26,0
C	13,6	28	16,5	10,5	26,5

Interprétation

- Humus de type moder,
 - Sol très peu épais,
 - Enracinement entravé dès 50 cm,
- Texture équilibrée caractéristique du mélange limons et sables des alluvions anciennes,
- Lessivage nul ou très faible du fer et de l'argile,
 - Sol très pauvre en potassium et en phosphore.

Tous ces sols développés, sur un matériel constamment brassé, et sur une pente empêchant tout lessivage vertical du fer et de l'argile, n'ont donc pas évolué.

Génétiquement ces sols sont différents de ceux rencontrés sur grès bigarré.

b) -- Sols bruns acides sur grès

Sur grès, en station horizontale, où le rajeunissement continu par colluvionnement ne peut cependant pas être invoqué comme cause de non différenciation, alors que la texture grossière semblait prédisposer au lessivage, on a également des sols bruns acides, comme dans l'exemple décrit ci-dessous.

Sol brun acide sur grès

- emplacement : K₉
- Peuplement : hêtres et chênes avec sous-étage de sapins.
- Description :

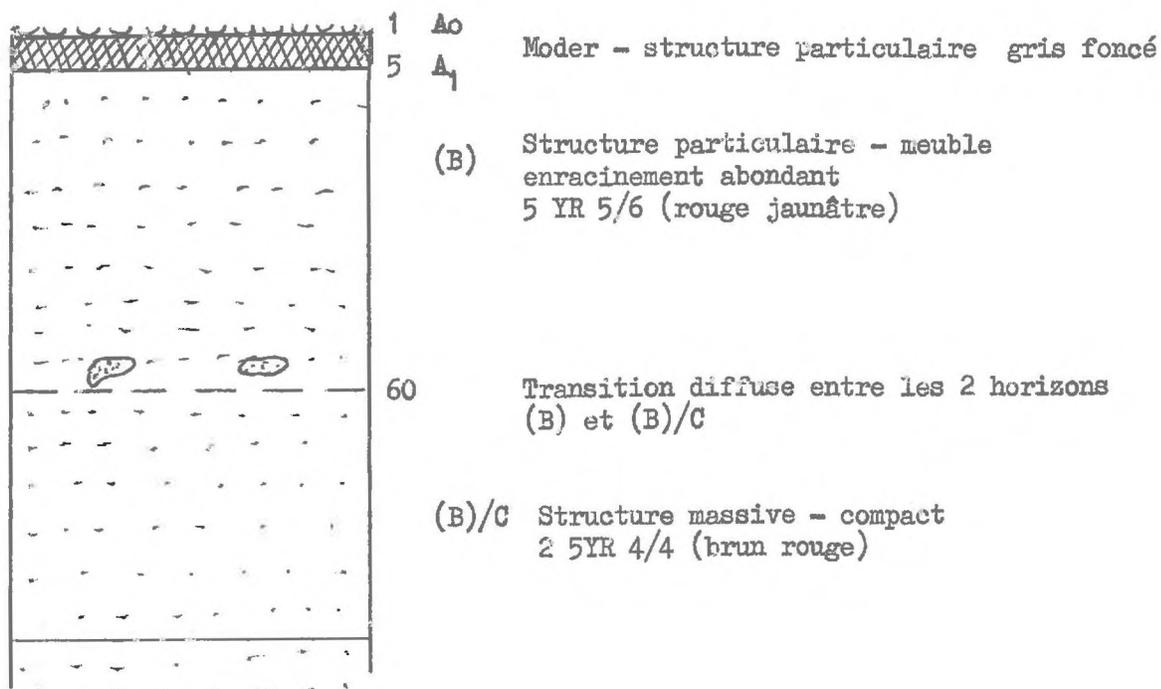


fig. VI

TABLEAU III

Analyse : Sol brun acide sur grès

	P _H	C %	M.O. %	N %	C/N	K m.e./100g	Ca m.e./100g	P ₂ O ₅ %	Fe %
A ₁ 1-5 cm	3,8	5,35	9,2	0,24	22,3	0,35	0,34	0,03	0,61
(B) 10-15	4,5	1,82	3,15	0,06	30,3	0,08	0,10	0,07	0,53
(B) 55-60	4,4	0,41	0,7			0,21	0,27	0,04	0,55
(B)/C 100	4,3					0,11	0,25	0,06	0,56

Diamètre des particules en μ	A 0-2	L _F 2-20	L _G 20-50	S _F 50-200	S _G 200-2 000
A ₁ 1-5 cm	12,3	15,2	7,1	10,7	43,8
(B) 10-15	12,0	16,8	7,1	10,6	49,2
(B) 55-60	12,9	17,8	7,5	11,2	49,0
(B)/C 100	12,0	12,0	2,6	7,1	65,8

Nous sommes en présence d'un véritable sol brun acide où l'évolution est entravée par un autre facteur que la pente. DUCHAUFOUR et SOUCHIER admettent pour ce type de sol brun acide une insolubilisation rapide de l'humus, par le fer et l'alumine libérés, empêchant tout lessivage.

Dans ce type de sol sur grès, les propriétés chimiques ne sont pas favorables ; le phosphore en particulier est très peu abondant. Par contre, l'enracinement peut s'effectuer profondément.

Les sols bruns acides sur colluvium de pente gréseux sont très semblables, l'évolution étant doublement entravée par la pente, et par l'insolubilisation rapide de l'humus.

c) - Un exemple de sol brun acide développé sur colluvium limonosableux (mélange alluvions-limons) est particulièrement intéressant.

- Emplacement ; Peuplement clair de Pins sylvestres âgés avec sous-étage de hêtres - J₅ (parcelle 40).

- Strate herbacée :
vaccinum myrtillus
Deschampsia flexuosa
Calluna vulgaris

- Pente : 5 %

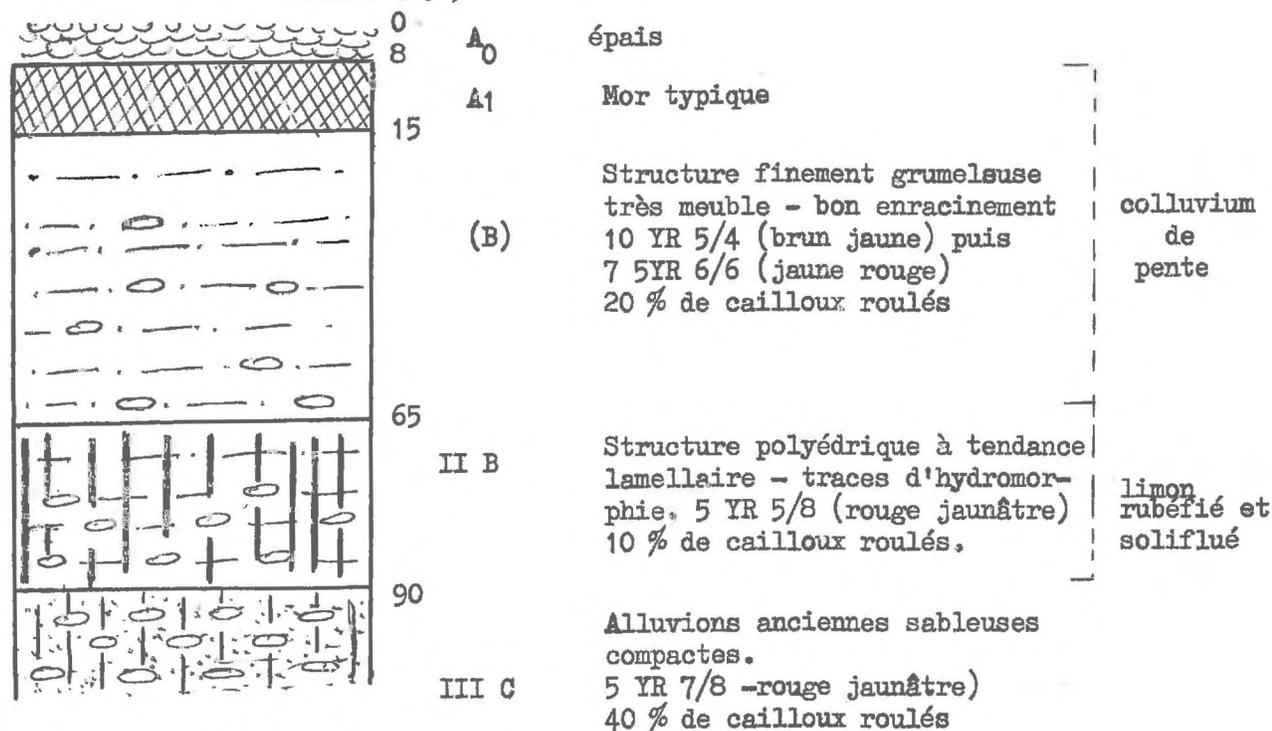


fig. VII

Ce profil est complexe et comprend 3 roches mères successives : un colluvium de pente, un limon ancien, représenté par l'horizon II B d'un sol rubéfié, et enfin des alluvions anciennes rubéfiées (III C)

TABLEAU VI

Analyse : sol brun acide à mor sur colluvium

	P _H	C %	M.O. %	N %	C/N	K m.e./100 g	Ca m.e./100g	P ₂ O ₅ %	Fe %
A ₁	3,3	14,21	28,4	0,47	30,2	0,18	0,33	0,10	0,70
(B) 20-25	4,45	2,81	4,8	0,09	31,2	0,31	0,15	0,04	1,12
(B) 50-60	4,5	0,88	1,5	0,04	22	0,09	0,05	0,10	0,95
II B 70-80	4,9	0,51	0,9			0,12	0,10	0,11	2,60

Diamètres des particules en μ	A	LF	LG	SF	SG
	0-2	2-20	20-50	50-200	200-2 000
A ₁					
(B) 20-25	18,8	21,5	11,8	11,8	29,4
(B) 50-60	14,5	18,7	14,8	13,7	38,6
II B 70-80	25,4	32,5	3,0	12,5	25,4

Le sol brun acide correspond uniquement au colluvium de pente limonosableux, dont la texture est caractéristique.

L'humus est un mor typique. On pourrait s'attendre à rencontrer un profil évolué. Or, le profil est celui d'un sol brun sans la moindre trace d'évolution.

Le taux d'argile reste constant ; en effet, l'augmentation constatée en II B, correspond à un matériel différent.

Le fer ne présente^{pas}/non plus la moindre trace de lessivage. En effet, l'horizon A₁ ayant 28 % de matières organiques, le taux de fer réel est d'environ 1 %. Le taux de 2,6 % en fer de l'horizon II B n'est pas à prendre en considération, cet horizon étant fossile et ayant subi une pédogénèse de climat chaud.

Si la pente peut expliquer l'absence de lessivage, elle ne peut expliquer l'absence de podzolisation visible. Sur des pentes analogues un podzol ou un sol podzologique peuvent parfaitement se développer.

La forte teneur en éléments fins (argile 18 % et limons fins 20 %) et, probablement comme pour le sol précédent, le blocage de la matière organique par le fer et l'alumine libre, peuvent être considérés comme la cause de cette non-différenciation.

Les propriétés de ce sol ne sont guère différentes du premier profil décrit sur colluvium limono-sableux :

- propriété chimiques défavorables,
- de plus ici, présence d'un mor empêchant le retour des éléments minéraux,
- enfin, enracinement entravé dès 50 cm.

D - SOLS BRUNS MARMORISES

Ces sols sont très peu représentés dans le Massif. On les rencontre soit sur colluvium de bas de pente, soit sur grès à faciès argileux.

Dans le premier cas, ils ne diffèrent des sols bruns sur colluvium que par la présence, en profondeur, de traces d'hydromorphie dues à la proximité d'une nappe permanente.

Dans le second cas, ils sont semblables aux sols bruns acides sur grès. La présence de caractères d'hydromorphie est due à la nature du grès peu favorable, en cet endroit, au drainage.

Difficulté de détermination

La détermination de ces sols bruns acides est délicate, non seulement parce que la pénétration de la tarière est souvent impossible du fait de la présence de cailloux roulés, mais surtout, parce que les critères habituels : absence d'augmentation de la teneur en fer et en argile, en profondeur ne peuvent être utilisés qu'avec beaucoup de prudence.

Les matériaux originels résultant d'un brassage le long d'une pente ont une texture variable, si bien qu'une augmentation de la teneur en argile, en profondeur, ne veut pas toujours dire lessivage.

Il en est de même pour la teneur en fer libre qui augmente souvent en profondeur, parce que le colluvium repose sur les alluvions anciennes, ayant subi une pédogénèse de climat chaud.

Le seul critère utilisable est l'absence, en profondeur, d'une structure polyédrique avec ou sans enrobements argileux (le plus souvent, il n'en existe pas). La structure de ces sols bruns reste grumeleuse dans tout le profil devenant parfois particulière, en B.

On pourra objecter que la présence d'une structure polyédrique en B peut très bien se rencontrer dans un sol brun. A Sainte-Hélène, il n'existe pas de matériel originel sauf de très rares exceptions (alluvions argileuses anciennes ou Muschelkalk) ayant plus de 30 % d'argile, teneur qui est insuffisante pour provoquer la formation d'un B structural ; la structure polyédrique est en effet la conséquence d'une teneur en argile au moins égale à 30 %, teneur nécessaire pour que le retrait de l'argile puisse, en période sèche, provoquer un réseau de fentes de dessiccation délimitant des unités polyédriques.

Une teneur en argile égale ou supérieure à 30 %, et donc la présence d'une structure polyédrique, ne peuvent être attribuées qu'au lessivage, dans le cas des sols de ce massif.

Limons remaniés et colluvium résultent en effet d'un mélange de limons (teneur initiale en argile de 15 à 35 %) et d'alluvions sableuses ; ils ont par conséquent un taux d'argile inférieur à 30 %.

A Sainte-Hélène, dans la plupart des cas, une structure polyédrique est l'indication d'un horizon argillique et non d'un horizon structural.

E - SOLS BRUNS LESSIVES

Ces sols sont caractérisés par un entrainement du fer et de l'argile de l'ordre de 1,5 à 2, ce qui a pour conséquence la formation d'un horizon B argillique ; cet horizon se différencie nettement à l'oeil de l'horizon A₂, par sa couleur ocre (7 5YR 6/8) et sa structure polyédrique, avec parfois des enrobements visibles.

L'humus est toujours du type mull-moder.

Contrairement aux sols bruns acides, ils constituent un ensemble homogène. Ils se rencontrent essentiellement sur les limons remaniés. Il en résulte que les variations entre les profils, seront dues à celles de ce matériel originel ; charge en éléments grossiers plus ou moins importante suivant l'intensité du remaniement, apparition des alluvions anciennes à plus ou moins grande profondeur.

Dans la partie sud du Massif, sur le mélange limons grès bigarré et sur une partie du grès bigarré, on rencontre également des sols bruns lessivés.

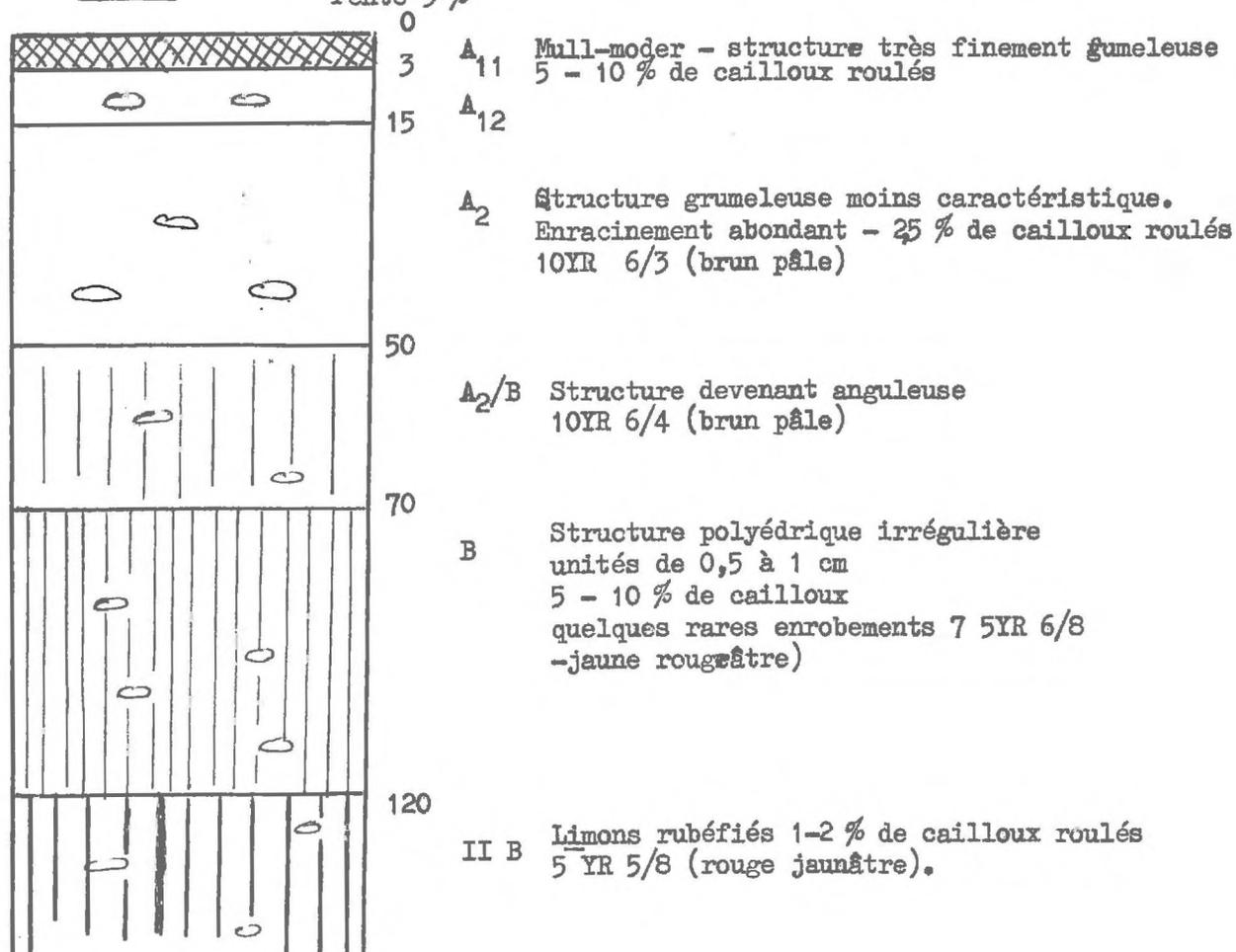
a) - exemple de sols bruns lessivés sur limons remaniés :

Emplacement H₄ (parcelle A₁ : forêt communale de Ste Hélène)

Futaie de hêtres et de chênes

Pente 5 %

Fig. VIII -



Comme la majorité de ceux du Massif, ce profil est complexe ; de 0 à 120 cm le matériel originel est un limon remanié ; à partir de 120 cm le matériel est différent ; nous sommes en présence d'un limon rubéfié et soliflué. Il n'y a donc pas d'horizon C, l'horizon II B étant un matériel totalement différent.

Il n'y a aucune transition nette entre les différents horizons.

TABLEAU V

Analyse : sols bruns lessivés

	P _H	C %	H ₂ O. %	N %	C/N	K m.e./100g	Ca m.e./100g	Mg m.e./100g	S	T	S/T	P ₂ O ₅ %	Fe %
A ₁₁	4,2	10,8	21,6	0,55	19,6	1,25	2,60	1,85	5,70	21	27	0,11	0,82
A ₁₂	4,55	3,09	5,3	0,18	17,2	0,29	0,21	0,38	0,88	11	8	0,07	0,99
A ₂	4,55	1,29	2,2	0,09	14,3	0,16	0,14	0,40	0,70	6	11,5	0,06	1,10
A ₂ /B	4,55	0,69	1,2	0,05	13,8	0,43	0,14	0,38	0,95	7	13,5	0,05	1,33
B	4,8	0,23	0,4			0,19	0,32	0,89	1,40	8,5	15	0,10	1,64
II B	5,05	0,32	0,5			0,24	1,39	2,50	4,13	12	34	0,43	2,72

Diamètre des éléments en μ	A 0-2	LF 2-20	LG 20-50	SF 50-200	SG 200-2 000
A ₁₁					
A ₁₂	20,2	30,4	18	6	14,9
A ₂	18,7	36,9	20,7	6,0	13,8
A ₂ / B	23,3	37,4	18,2	5,5	12,5
B	30,2	29,9	16,6	6,1	14,4
II B	47,2	14,5	8,0	6,4	19,7

Indice d'entraînement du fer : 1,6
 " " de l'argile : 1,5

La teneur de l'horizon II B en fer libre (2,7 %) et en argile (47,2%) sont identiques à celles de l'horizon II B du sol rubéfié, qui sera ultérieurement décrit.

Le taux de saturation en base est faible, très nettement inférieure à 35 % en B, ce qui interdit de ranger ce sol dans l'ordre des alfisols de la classification américaine, bien que ce ne soit manifestement pas un ultisol.

Nous pouvons résumer ainsi les caractéristiques de ce sol :

- Humus de type mull-moder
- Acidité élevée
- Profil très meuble
- texture équilibrée du fait de l'incorporation d'éléments grossiers aux limons
- Prospection des racines sur une grande profondeur
- Teneur suffisante en potassium
- Teneur faible en phosphore assimilable sauf en II B
- Lessivage du fer et de l'argile de 1,5

La détermination de ces sols bruns lessivés est souvent délicate, du fait d'une part de la variabilité des limons remaniés sur la hauteur d'un même profil, et d'autre part du fait de la complexité fréquente de ces profils, qui peuvent résulter de la superposition de deux pédogénèses.

b) - Prenons par exemple le cas de la fosse située en B3.
 (parcelle 2)

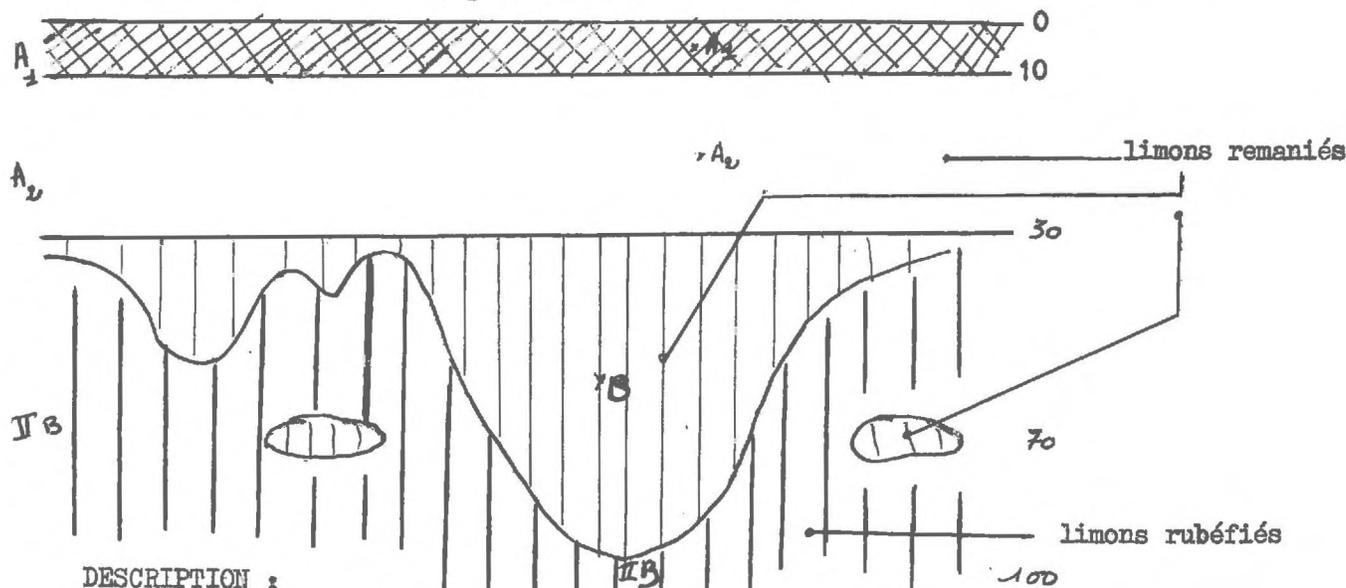


fig. IX

DESCRIPTION :

- A₁ Mull-moder
- A₂ Structure finement grumeleuse, 2 5Y 6/4, 2 à 3 % de cailloux roulés (brun jaune pâle)
- B Structure polyédrique, enrobements d'argile, 10 YR 6/4, 5 % de cailloux roulés (brun jaune)
- IIB Structure polyédrique-compact, 15 à 20 % de cailloux roulés 5 YR 5/8 (rouge jaunâtre)

TABLEAU VI

Analyse : Sol brun lessivé à profil complexe

	P _H	C %	M.O. %	N %	C/N	K m.e./100 g	Ca m.e./100 g	P ₂ O ₅ %	Fe %	P
A ₁ 0-10	4,2	2,31	4,0	0,15	15,4	0,32	0,68	0,10	1,21	9,6
A ₂ 10-20	4,2	1,15	2,0	0,07	16,4	0,13	1,0	0,05	1,07	7
B 60-70	4,2	0,60	1,0	0,05	12,0	0,13	0,38	0,07	1,44	8,3
II B 100-110	4,5					0,14	0,73	0,22	2,60	12,4

diamètre des éléments en microns	A 0-2	LF 2-20	LG 20-50	SF 50-200	SG 200-2 000
A ₁	19,6	34,5	18,3	7,2	14,5
A ₂	24,1	31,4	17,2	7,3	15,4
B	26,8	25,0	17,0	5,8	11,2
II B	44,8	15,9	8,4	3,8	17,6

INTERPRETATION

Pour interpréter ce profil il faut admettre que le matériel originel est constitué d'une couche de limons remaniés, ayant une épaisseur comprise entre 20 et 80 cm, et reposant sur une couche de limons rubéfiés à surface tourmentée.

Cette couche rubéfiée, dont la forte proportion de cailloux roulés peut faire penser qu'elle est solifluée, a de plus été fortement remaniée, peut être par cryoturbation, puisque de petites lentilles de la couche supérieure se trouvent incorporées dans sa masse.

On ne peut déceler la présence d'un sol brun lessivé que dans la poche où la couche rubéfiée est située à 80 cm de profondeur.

L'indice d'entraînement du fer (B/A_2) égal à 1,4, ainsi que la structure polyédrique et la présence d'enrobements peu visibles, permettent de conclure dans ce sens.

Ailleurs lorsque la couche rubéfiée apparaît à 50 cm ou moins, rien ne permet de mettre en évidence le lessivage : Si on se basait sur les teneurs en fer et en argile, à 20 et à 60 cm, on trouverait respectivement des indices d'entraînement de 2,4 et 2, ce qui serait inexact.

Dans la zone, où est située cette fosse, on passe brusquement dans un intervalle de 1 mètre, à des sols à couche rubéfiée présente dès 20 cm, à des sols bruns lessivés véritables, développés dans des poches de limons non rubéfiés.

L'ensemble a été cartographié sols bruns lessivés, car de toute façon même si on ne peut le mettre en évidence, il y a un léger lessivage actuel.

c) - sol brun lessivé sur grès

Emplacement K_7 (parcelle 50)

Description

0 - 10 cm	Horizon A_1	Structure grumeleuse, couleur gris-rouge
10-40 cm	" A_2	meuble, structure finement grumeleuse, excellent enracinement, 7 5 YR 6/4 (brun clair)
40-80 cm	" B	moins meuble, structure massive, quelques racines 5 YR 5/4 (brun rouge)
80 cm et plus	" C	Impénétrable, grès non altéré.

TABLEAU VII

Analyse : Sol brun lessivé sur grès

	P _H	C %	M.O. %	N %	C/N	K m.e./100g	Ca m.e./100g	Mg m.e./100g	P ₂ O ₅ ‰	Fe %	T m.c./100g
A ₁ 0-3	4,7	6,57	12,7	0,31	20,5	1,06	2,78	1,67	0,10	0,79	15
A ₂ 5-15	4,7	1,29	2,2	0,07	18,4	0,27	0,25	0,38	0,05	0,77	6
A ₂ 30-40										0,86	
B 45-55										1,25	
B 65-70	4,85	0,18	0,3			0,27	0,35	0,64	0,07	1,08	6
C 80-90										1,00	

diamètre des éléments en microns	A 0-2	LF 2-20	LG 20-50	SF 50-200	SG 200-2 000
A ₁ 0-3	23,7	24,1	13,7	20,7	2,4
A ₂ 5-15	13,1	31,7	19,5	28,0	4,5
A ₂ 30-40	17,7	33,3	18,4	23,7	5,9
B 45-55	26,7	25,1	15,5	26,0	3,7
B 65-70	27,2	20,8	11,6	36,0	2,7
C 80-90	23,3	17,1	9,0	46,1	2,9

INTERPRETATION

Les teneurs en fer libre et en argile des horizons A₂ et B, permettent de penser, qu'il y a effectivement eu lessivage. Les indices d'entraînement sont respectivement de 1,6 et 2.

La teneur en fer libre passe nettement par un maximum aux environs de 60 cm. Il en est de même pour la teneur en argile, qui passe par un maximum aux environs de 70 cm.

Cependant en A₁, la teneur en argile est de 23,7 %, donc égale à celle de l'horizon C. S'il y a eu lessivage comme le montre la variation de la teneur en fer libre, l'hétérogénéité de la roche mère doit intervenir au même titre que le lessivage.

A l'œil il est difficile de distinguer l'horizon B. Il est peu différent de la roche mère, aussi bien par sa couleur, que par sa teneur en argile. Il n'existe pas de structure polyédrique. Cette absence de structure polyédrique doit être due au faible taux d'argile (27 % en B).

On peut distinguer l'horizon A₂ de l'horizon B, à l'œil, du fait de la différence de structure, et d'une légère décoloration.

Malgré cette faible différenciation du profil, ces sols développés sur grès ont été cartographiés comme sols bruns lessivés.

Ils sont d'ailleurs très proches des sols développés sur limons remaniés. Leur texture bien équilibrée diffère légèrement de celle des limons remaniés, par une teneur en argile un peu moindre, et une proportion plus élevée en sables fins.

Il n'existe pas de cailloux dans le profil.

Malgré la structure massive en B, la pénétration des racines se fait sans trop de difficulté.

L'humus malgré son C/N élevé est plus proche d'un mull que d'un moder.

La teneur en potassium échangeable est suffisante. La teneur en phosphore assimilable est faible.

F - SOLS LESSIVES - SOLS LESSIVES MARMORISES - SOLS LESSIVES A PSEUDOGLEY

a) - Sols développés sur limons

Ces sols constituent un ensemble parfaitement homogène du point de vue génétique. Ils se caractérisent par un entrainement du fer et de l'argile supérieur à 2, et ne diffèrent que par leur degré d'hydromorphie.

Dans les sols lessivés typiques il n'y a aucune ségrégation du fer. Ces sols constituent une exception dans le massif.

Les sols lessivés marmorisés présentent un début d'hydromorphie qui se manifeste dans l'horizon d'accumulation par un début de migration latérale du fer, localisé sur les faces des unités structurales, et en particulier au niveau des enrobements argileux.

L'horizon d'accumulation des sols lessivés à pseudogley, présente un aspect bigarré très marqué ; en outre il se différencie un horizon A_{2g} , qui n'existe pas dans les sols lessivés marmorisés.

Les propriétés de ces sols développés, soit sur limons homogènes, soit sur limons hétérogènes, présentent des variations continues, et ne peuvent être étudiées séparément.

Les propriétés des deux profils I et II étudiés ultérieurement, lors de l'essai d'interprétation de la genèse des sols à pseudogley, représentent deux aspects de cette/continue, et peuvent servir d'exemple type.

gamme

Une description très détaillée de ces 2 profils sera donnée dans la deuxième partie. Néanmoins il est nécessaire ici d'en donner une description sommaire.

Profil n° I - Emplacement H₁ (parcelle A₁ forêt communale de Sainte Hélène)⁴

Sol lessivé à pseudogley profond

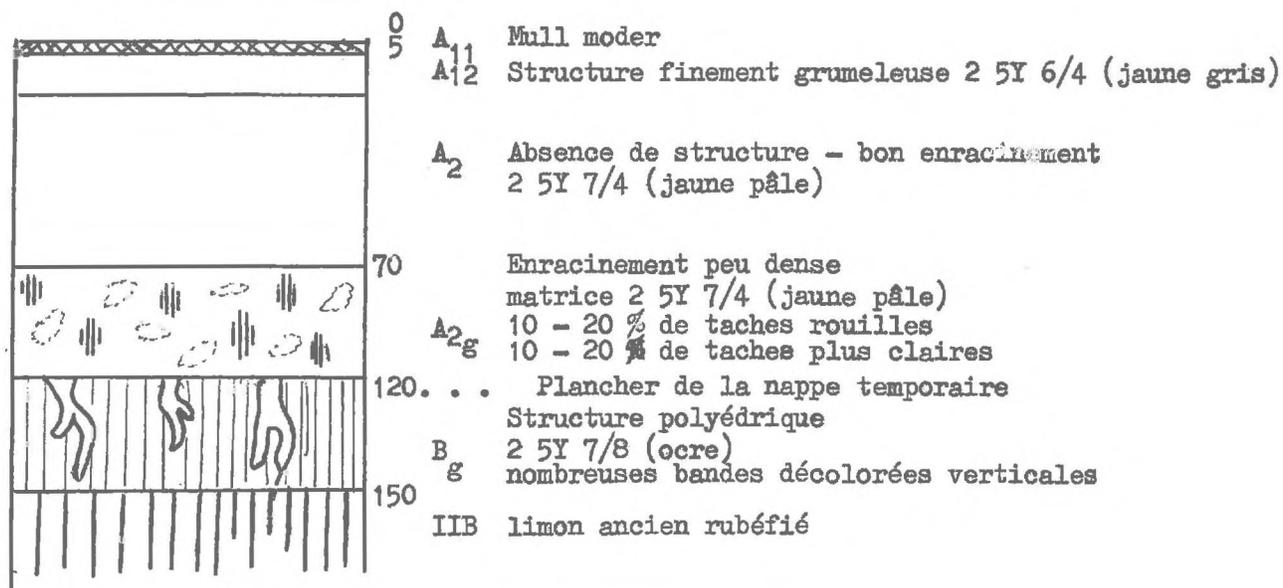


fig. X

PH	C	M.O.	N	C/N	K	Ca	Mg	P ₂ O ₅	Al	T	S/T	Fer	
	%	%	%		m.e./100g	m.e./100g	m.e./100g	%	libre %			libre	
A ₁	4,4	9,96	19,9	0,56	17,8	1,21	4,20	2,41	0,10		22	35	
A ₂	5,1	0,41	0,7			0,11	0,73	0,46	0,10	2,7	4	32,5	0,78
B _g	5,2	0,18	0,3			0,19	1,30	1,30	0,11	3,0	9	30	1,90

Diamètre des éléments en microns					
	A 0-2,	If 2-20	Lg 20-50	Sf 50-200	Sg 200-200
A ₁					
A ₂	16	49	23	6,5	7,1
B _g	33,5	35	17	4,7	4,7

TABLEAU VIII

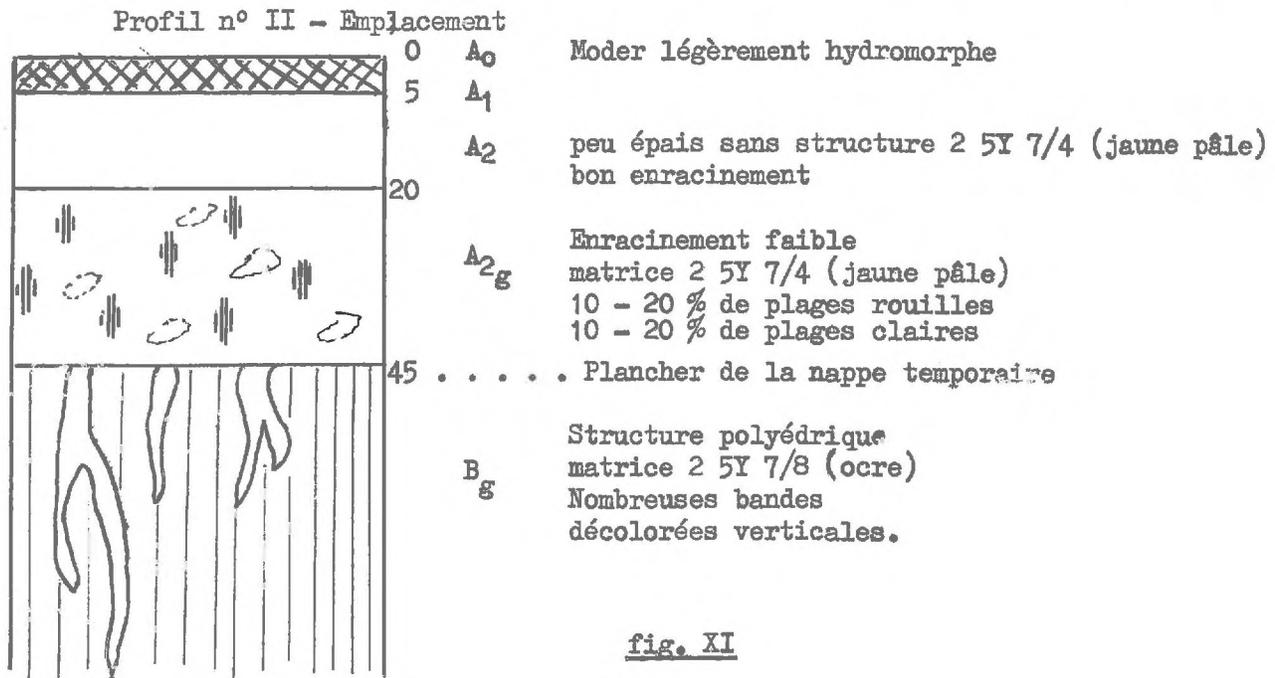


fig. XI

	P _H	C %	H ₂ O %	N %	C/N	m.e.K/ 100 g	Ca m.e./ 100g	Mg m.e./ 100g	P ₂ O ₅ %	Al libre%	Ter libre%	m.e./ 100g	S/T
A ₁	3,8	14,94	29,9	0,67	22,3	1,31	1,55	0,83	0,11			26	14,2
A _{2g}	4,7	0,41	0,7			0,28	0,25	0,11	0,05	2,8		5,5	11,6
B _g	5,05	0,14	0,2			0,22	0,44	1,46	0,09	3,2		10	21
B _g	5,1	0,09	0,1			0,19	1,53	2,16	0,10	3,1		10	32,8
E/C	5,35	0,09				0,21	2,32	2,33	0,10	3,2		11,5	42,0

Diamètre des éléments en microns	A 0-2	Lf 2-20	Lg 20-50	Sf 50-200	Sg 200-2000
A ₁					
A _{2g}	12,5	52	22	5,2	5,8
B _g	33	39	15,5	2,9	3,1
B _g					
B/C					

TABLEAU n° IX

INTERPRETATION

Les indices d'entraînement du fer et de l'argile sont supérieurs à 2, ce qui justifie le classement de ces sols dans les sols lessivés.

Propriétés chimiques

Les limons étaient à l'origine convenablement pourvus en potassium (0,31 m.e.) en calcium (2,3 m.e.) et en magnésium (2,3 m.e.), comme le montre la teneur en ces éléments de l'horizon C.

Par contre la teneur en Phosphore assimilable était faible (0,10%).

Le lessivage a provoqué un appauvrissement par migration en profondeur des bases échangeables, sans que la teneur en P_2O_5 assimilable semble avoir varié.

A cet appauvrissement du au lessivage s'est ajouté, quand l'hydromorphie est apparue, une nouvelle disparition des bases échangeables, (désaturation du complexe absorbant, augmentant avec l'intensité de l'hydromorphie), et également du phosphore, qui en A_2 et en B_g devient suffisant.

Propriétés physiques

A ces propriétés chimiques peu favorables, s'ajoutent de mauvaises propriétés physiques.

- Structure fondue en A_2 et en A_2
- Compacité élevée de l'horizon B_g^g
- Présence d'une nappe temporaire, au niveau de laquelle l'enracinement est presque nul.

Ces sols seront donc d'autant plus défavorables que l'horizon B_g sera proche de la surface.

Lorsque cet horizon est situé à plus de 70 cm, le volume prospecté par les racines devient suffisant, comme c'est par exemple le cas pour le profil n° 1.

Par contre dans le profil n° II, l'enracinement est limité dès les premières dizaines de centimètres, du fait de la présence de la nappe temporaire et du plancher, à faible profondeur. D'autre part pour ce profil n° II, dans la zone de prospection des racines, les propriétés chimiques sont plus défavorables que pour le profil n° I.

Un certain nombre de sols développés sur des matériaux divers Muschelkalk marneux, alluvions argileuses et limons de colmatage, ont été cartographiés comme sols lessivés à pseudogley, bien qu'ils diffèrent sensiblement des sols typiques développés sur limons.

b) - Sols développés sur Muschelkalk marneux

Exemple : fosse située en K₁

Description

0 - 1 cm	Horizon A ₁	Mull très peu visible - structure grumeleuse grumeaux de 3 à 8 mm 5 Y 7/3 (jaune pâle)
1 - 15 cm	Horizon A ₂	Structure grumeleuse 2 5Y 6/4 (brun jaune pâle)
15-45 cm	Horizon A _{2g}	Structure fondue. Matrice 2 5Y 6/4 (brun jaune pâle) 5-10 % de taches rouilles 5-10 % de taches plus claires
45-100 cm	Horizon B _g	Teinte générale 5 YR 7/3 (ocre) 30 % de bandes verticales décolorées 30 % de plages 10 YR 5/8

Analyse

	P _H	C %	M.O. %	N %	C/N	K m.e./100g	Ca m.e./100g	Mg m.e./100g	P ₂ O ₅ %	F ₂ %	T m.e./100g	S/T
A ₁	5,05	2,40	4,1	0,16	15,0	0,63	2,02	0,95	0,07	6,95	9,5	38
A _{2g} 30-35	4,85	0,78	1,3	0,06	13,0	0,15	0,86	0,62	0,09	0,98	7	23
B _g 45-55	5,0	0,23	0,4			0,31	2,90	4,20	0,07	1,51	15	50
B _g 70-80	5,35	0,14	0,2			0,36	8,80	8,75	0,07	1,11	15	100

Diamètre des éléments en microns	A	1f	1g	Sf	Sg
	0-2	2-20	20-50	50-200	200-2000
A ₁	20	44,3	22,2	4,9	2,6
A _{2g} 30-35	17,9	49	21,3	5,0	3,8
B _g 45-55	41,8	35,9	15,3	2,3	0,7
B _g 70-80	41,9	36,4	15,1	2,0	0,4

TABLEAU n° X

L'originalité de ces sols par rapport à ceux développés sur limons, réside dans leur richesse en bases échangeables, ce qui se traduit dans le profil par l'existence d'un mull, à C/N de 15, dont la faible épaisseur traduit une forte activité.

L'indice d'entraînement de l'argile est supérieur à 2, alors que celui du fer n'est que de 1,5. Il est donc légèrement inexact du fait de ce faible entraînement du fer, confirmé par d'autres analyses, de classer ce sol parmi les sols lessivés à pseudogley.

Bien qu'en valeur absolue, ces sols soient riches en éléments échangeables, on notera la désaturation relative du complexe absorbant en B₁ et A₂, au niveau du plancher de la nappe, et dans la zone d'oscillation de cette nappe.

Si la teneur en bases échangeables est forte, la teneur en phosphore est faible.

Les propriétés physiques sont défavorables du fait, comme pour les sols précédents, de l'existence d'une nappe temporaire, et de l'extraordinaire compacité des horizons A_{2g} et B_g en période sèche.

c/ Sols à hydromorphie temporaire provoquée par la présence d'alluvions argileuses

Sur une surface réduite (E 5 et F 5), existe une petite lentille d'alluvions anciennes très argileuses, recouvertes de limons remaniés ayant une épaisseur de 40 à 70 cm. Ce niveau argileux, situé à faible profondeur, a provoqué la formation d'une nappe temporaire et la différenciation d'horizons hydromorphes, très semblables à ceux observés dans les sols lessivés à pseudogley.

Ici la présence d'un horizon imperméable n'est donc pas due à un phénomène pédologique, mais à une discontinuité géologique.

Néanmoins le profil est très semblable à celui d'un sol lessivé, ce qui justifie le rattachement de ces sols aux sols lessivés.

Cependant ils ont été cartographiés ainsi, uniquement parce que la multiplicité des unités risquait de rendre l'impression de la carte beaucoup trop onéreuse.

d/ Sols développés sur limons de colmatage

Il existe dans le massif quatre zones déprimées, colmatées par un matériel à texture fine, provenant probablement de l'érosion de la lentille des limons homogènes et hétérogènes.

L'interprétation des sols qui s'y sont développés est particulièrement délicate. Les caractères d'hydromorphie sont très variables d'aspects.

Sur la carte, ces sols n'ont pas été distingués des sols lessivés à pseudogley, bien que l'hydromorphie ne soit pas due au lessivage, mais plutôt à la position topographique.

Cependant leurs propriétés physiques et chimiques ne sont guère différentes de ces sols lessivés à hydromorphie temporaire. C'est pour cette raison et pour ne pas compliquer la représentation cartographique, qu'il a été décidé de ne pas créer une unité supplémentaire.

G - PSEUDOGLEYS A NAPPE PERCHÉE

Ils constituent trois petites zones très localisées sur limons homogènes. Leur étude ne peut se disjoindre de celle des sols lessivés à pseudogley, qui sera ultérieurement effectuée.

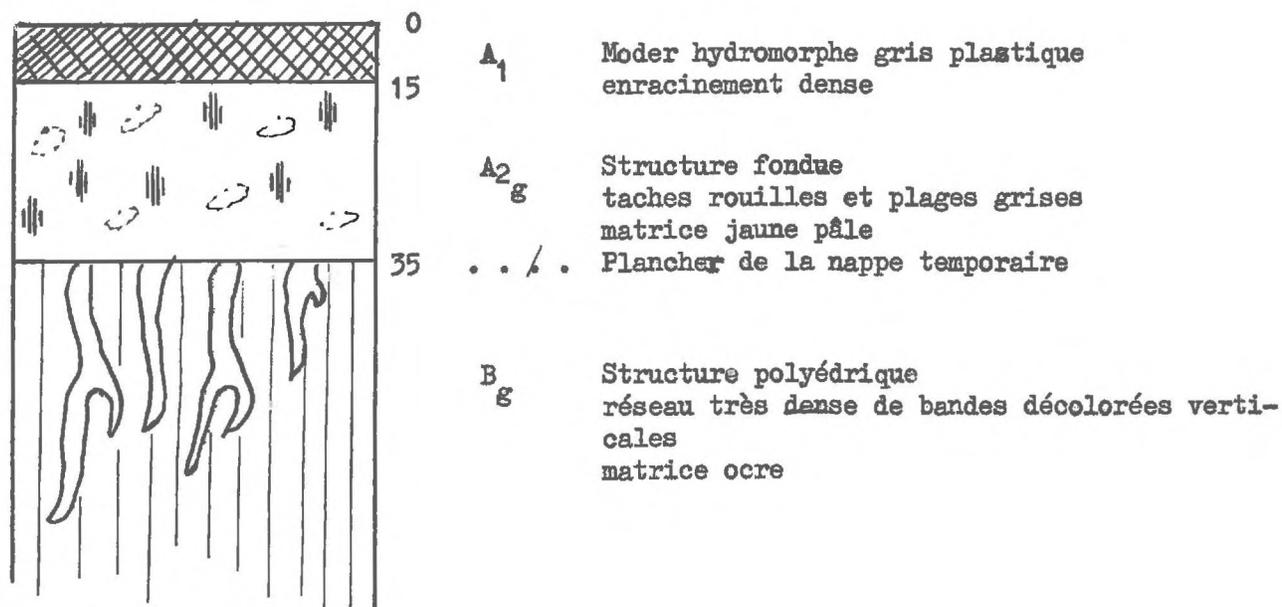


fig. XII

Nous ne donnerons que les caractéristiques essentielles de ces sols, l'ensemble de leurs propriétés se déduisant de celles des sols à pseudogley, dont ils dérivent comme nous le verrons dans la seconde partie.

La différence essentielle réside dans le fait que l'hydromorphie est présente dès la surface. L'humus est un moder hydromorphe, l'horizon A_2^g débute immédiatement sous l'horizon organique.

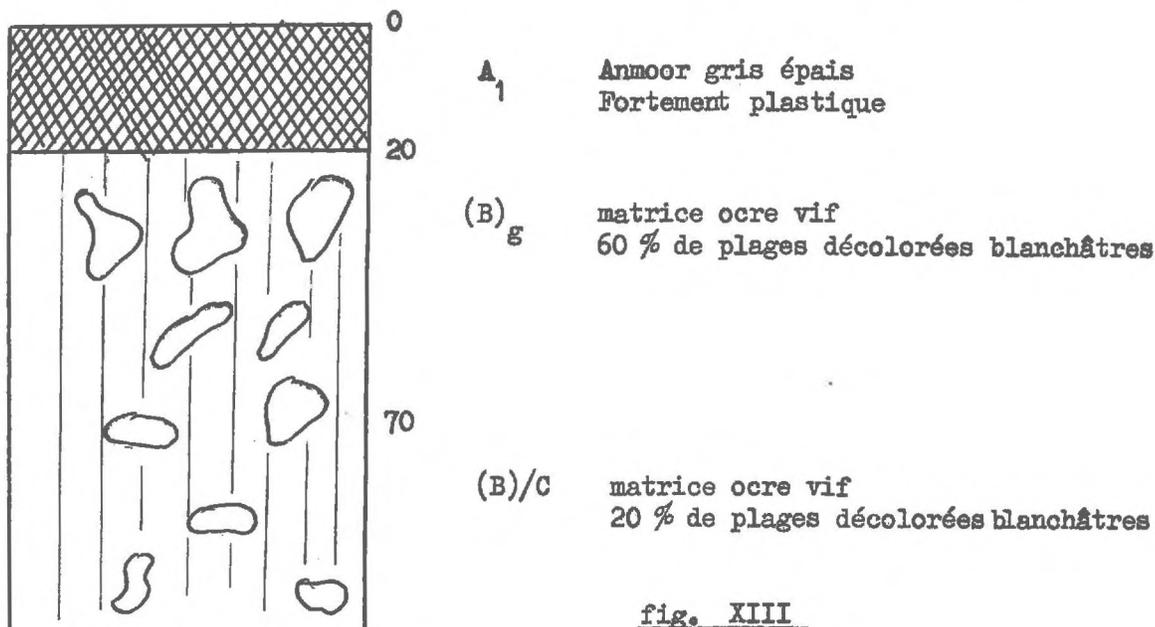
L'horizon B_g , parcouru par un réseau très dense de bandes verticales décolorées, débute entre 30 et 35 cm.

Cette accentuation de l'hydromorphie temporaire se traduit par des difficultés accrues d'enracinement et par une plus grande pauvreté en éléments minéraux assimilables, des différents horizons.

H - PSEUDOGLEYS DE SURFACE

Ils forment une zone très réduite, correspondant à la présence dès la surface du faciès argileux des alluvions anciennes.

Leur faible extension ne justifiait pas une étude détaillée.



La teneur en argile est constante dans tout le profil. L'hydromorphie est maxima au sommet du profil et diminue en profondeur. Contrairement aux pseudogleys à nappe perchée, il n'y a aucune traces de lessivage.

I - STAGNOGLEYS

Ils ne diffèrent des pseudogleys de surface, que par une hydromorphie encore plus accentuée, du fait de l'absence de drainage topographique. Leur existence est également liée au faciès argileux des alluvions anciennes. Ils ne sont représentés qu'en un seul endroit du massif en I 4.

L'horizon supérieur, situé immédiatement sous l'anmoor épais de 25 cm, est presque entièrement décoloré (90 % de plages blanches).

Pseudogleys de surface et stagnogleys représentent les cas extrêmes d'hydromorphie temporaire, et constituent des sols particulièrement défavorables à la végétation forestière.

J - GLEYS ET SOLS TOURBEUX

Ces sols caractérisés par l'existence d'une nappe permanente et d'un horizon entièrement réduit parfois immédiatement situé sous l'horizon organique, qui est soit un anmoor, soit très proche d'une véritable tourbe, constituent un complexe souvent impossible à cartographier en détail. De tels complexes existent tout le long du rebord est du massif et forment une étroite bande continue au bas des pentes.

K - TOURBE

Il existe une tourbière véritable, située au sommet du plateau en E 2, dont l'existence est liée à la lentille d'alluvions anciennes à faciès argileux, et à une faible dépression où l'évacuation de l'eau se fait difficilement.

L - SOLS OCRES PODZOLIQUES, PODZOLS ET PODZOLS HYDROMORPHES

Les sols de la série podzolique sont très peu répandus dans le massif. Ce sont les sols ocres podzoliques qui sont les mieux représentés. Ils se rencontrent sur conglomérat, et en quelques rares endroits sur grès bigarré.

Les podzols sont encore moins répandus. Ils sont typiques sur alluvions anciennes à faciès sableux. Il y a différenciation d'un horizon lessivé cendreux épais et des deux horizons d'accumulation caractéristiques B_h et B_{fe} .

Les podzols hydromorphes n'ont pu être observés sur la totalité de leur profil. La forte proportion de cailloux roulés interdisait en effet la pénétration de la tarière.

Néanmoins la présence d'un hydromor et d'un horizon cendreux infiltré de matière organique, ainsi que leur position topographique, sont suffisantes pour classer ces sols dans les podzols hydromorphes humiques à nappe permanente.

V - REPRESENTATION CARTOGRAPHIQUE

Carte au 1/10 000.

L'échelle définitive adoptée a été le 1/10 000. Cette échelle permet de rendre compte, avec suffisamment d'exactitude des nombreuses variations observées, tout en n'aboutissant pas à une représentation détaillée à l'extrême et difficilement lisible.

Deux types de représentation ont été envisagés et effectués. En cartographie, en effet, il existe deux tendances ; l'une utilise la couleur pour la représentation des textures superficielles et une surcharge en noir pour la représentation des types génétiques. L'autre tendance utilise au contraire la couleur pour les types génétiques et la surcharge en noir pour les textures.

1er type

Le premier type envisagé était essentiellement basé sur les matériaux originels dont on s'était attaché à représenter toutes les variations de faciès et de texture. On s'était attaché à représenter aussi bien la texture superficielle que la texture de profondeur, donc l'ensemble du profil.

Ce mode de représentation avait l'avantage de mettre en relief les propriétés physiques, qui dépendent essentiellement des matériaux originels. Or, ce sont les propriétés physiques qui conditionnent la plus ou moins grande fertilité des sols de ce massif.

Les propriétés physiques, en effet, sont extrêmement variables, alors que les propriétés chimiques, au contraire, sont relativement constantes, sauf dans le cas des sols développés sur Muschelkalk.

Enfin, ce mode de représentation mettait l'accent sur l'importance des matériaux originels, qui ont orienté la pédogénèse, et sont à l'origine des types génétiques, comme nous le verrons.

Ces matériaux originels étaient représentés par des couleurs et leurs variations de faciès par un système de trames.

Le type génétique était représenté par une surcharge en noir.

Cette carte, malgré ces avantages, a été cependant abandonnée pour plusieurs raisons.

Elle était compliquée, donc de représentation onéreuse et surtout était difficilement lisible, car elle mettait en relief des nuances difficilement compréhensibles pour un lecteur ne pouvant effectuer des observations sur le terrain.

2ème type

Le deuxième type de représentation envisagé était basé sur les types génétiques. C'est finalement ce type qui a été adopté avec en couleur le type génétique et en surcharge les matériaux originels.

Cette représentation a l'avantage d'être plus simple que la précédente, de tenir cependant compte des matériaux originels et enfin d'être généralisable.

Ainsi chaque surcharge en noir de la carte correspondant à un matériel déterminé, délimite des familles de peu d'étendue qui sont pratiquement des séries.

En effet dans une représentation cartographique plus traditionnelle, il n'y aurait eu que 5 types de matériaux : alluvions, muschelkalk, grès bigarré limons et grès vosgien.

A l'intérieur de chaque sous groupe il y aurait donc eu 5 familles au maximum, qui auraient été divisées en séries suivant les variations de profil (apparition de cailloux roulés, charge plus ou moins grande en cailloux, différence de compacité, etc...)

Or ici nous avons fait intervenir toutes ces variations à l'intérieur des 5 grands types de matériaux. Nous avons en effet montré comment différents phénomènes ont au cours du quaternaire modifié ce système simple et provoqué la formation d'un système très complexe de matériaux originels qu'il était nécessaire de distinguer pour la compréhension et l'interprétation des faits observés.

Les familles se sont ainsi trouvées pulvérisées en véritables séries et n'apparaissent plus en tant qu'ensembles synthétiques.

Par exemple, les sols lessivés à pseudogley sur limons homogènes et les sols lessivés à pseudogley sur limons hétérogènes, constituent en réalité deux séries et non deux familles, la seule différence étant la présence ou l'absence de cailloux roulés.

Le choix des couleurs qui sont utilisées pour la représentation des unités génétiques, ne relève pas d'une logique rigoureuse.

En principe, la couleur apparaît au niveau du sous-groupe : elle peut apparaître au niveau de la classe ou du groupe lorsque ces grandes divisions ne sont représentées que par un seul sous-groupe.

Dans un cas cependant, la couleur apparaît au niveau de la série : il a été distingué deux séries de sols lessivés à pseudogley, suivant que l'horizon B apparaît à plus ou moins 70 cm. Il aurait été plus logique au lieu de distinguer ces deux séries par une différence de teinte, d'utiliser une seule teinte plate et de la tramer, par exemple, lorsque l'horizon B apparaît à plus de 70 cm.

En fait, la première solution a été retenue, surtout, pour des raisons d'impression.

En adoptant de tels principes, nous avons abouti à une représentation cartographique très simple, mais valable pour l'étude à grande échelle d'une petite zone comme le massif de Sainte Hélène.

Représentation au 1/100 000

Dans une région où les sols sont aussi variables, une représentation au 1/100 000, échelle adoptée pour la couverture de la France, est très approximative. Il est possible à partir d'une carte détaillée à grande échelle de tirer un extrait à peu près représentatif de la réalité.

Mais, on peut se demander, avec une prospection lâche nécessairement envisagée, dans le cas d'une carte au 1/100 000, si on ne se ferait pas une idée très éloignée de la réalité.

VI - VALEUR FORESTIERE DES SOLS

Si l'établissement d'une carte à caractères uniquement pédologiques est indispensable pour la compréhension des facteurs ayant influencé la pédogénèse, cette carte n'est guère utilisable sous cette forme pour des applications pratiques.

Il est nécessaire de regrouper les unités afin de présenter un ensemble ne comportant que quelques groupes de sols, de manière à ce que l'aménagiste puisse en tirer parti.

Il est possible de dégager tout d'abord un ensemble de conclusions valables pour la totalité du massif.

Si l'on excepte la zone située sur Muschelkalk, tous les sols du reste du massif ont en commun des caractéristiques liées à la pauvreté des trois roches mères essentielles; limons, alluvions et grès.

La teneur en phosphore assimilable est toujours faible et ne dépasse guère 0, 10 % .

Les principaux cations échangeables, Ca, Mg et K sont en faible quantité. Le plus important, le potassium, est toujours en quantité inférieure à 0,2 m.e. pour 100 grammes de sol, ce qui est insuffisant.

Le Ph est légèrement inférieur à 5.

Ces caractères sont en corrélation avec le type d'humus qui est le plus souvent un mull-moder. Le C/N est compris entre 15 et 20.

Dans l'ensemble les propriétés chimiques, ne sont pas très favorables. Elles représentent ce que l'on trouve le plus fréquemment dans les zones forestières, qui n'ont pas été utilisés par l'agriculture, justement pour cette raison.

Les propriétés chimiques étant relativement uniformes, ce seront surtout les propriétés physiques qui détermineront les différences de fertilité.

Trois facteurs interviennent essentiellement :

- l'hydromorphie temporaire caractérisée par une nappe perchée, qui limite le volume de sol prospecté par les racines.
- l'existence d'un niveau compact entravant la pénétration des racines mécaniquement et qui a donc le même effet que le facteur précédent.
- l'hydromorphie permanente qui est très défavorable à une végétation forestière normale.

Il est donc possible de déterminer trois groupes de sols de fertilité décroissante.

Le groupe I subdivisé en I_a et I_b comprend tous les sols, où il n'existe aucun facteur limitant l'enracinement sur au moins 80 cm de profondeur.

De plus chimiquement ce sont les sols les plus riches ; en effet, au moins dans le cas du complexe alluvions-limons, la couche limoneuse rubéfiée contenant une quantité importante de phosphore assimilable (0,20 % à 0,40 %) a été plus ou moins incorporée au sol.

A ces sols bruns lessivés, il a été adjoint les sols lessivés à pseudogley profond situés sur limons ; l'horizon hydromorphe présent à plus de 70 cm de profondeur ne doit pas entravé l'enracinement.

Le groupe I_b comprend tous les sols acides ou ocres podzoliques situés sur grès bigarré. Ils sont moins favorables que les sols bruns lessivés surtout par leur texture sableuse, mais constituent de bons sols forestiers.

Le groupe II comprend tous les sols, où l'enracinement est limité à partir d'une zone comprise entre 50 et 70 cm.

Le groupe II_a correspond à tous les sols lessivés à horizon de pseudogley compris entre 50 et 70 cm.

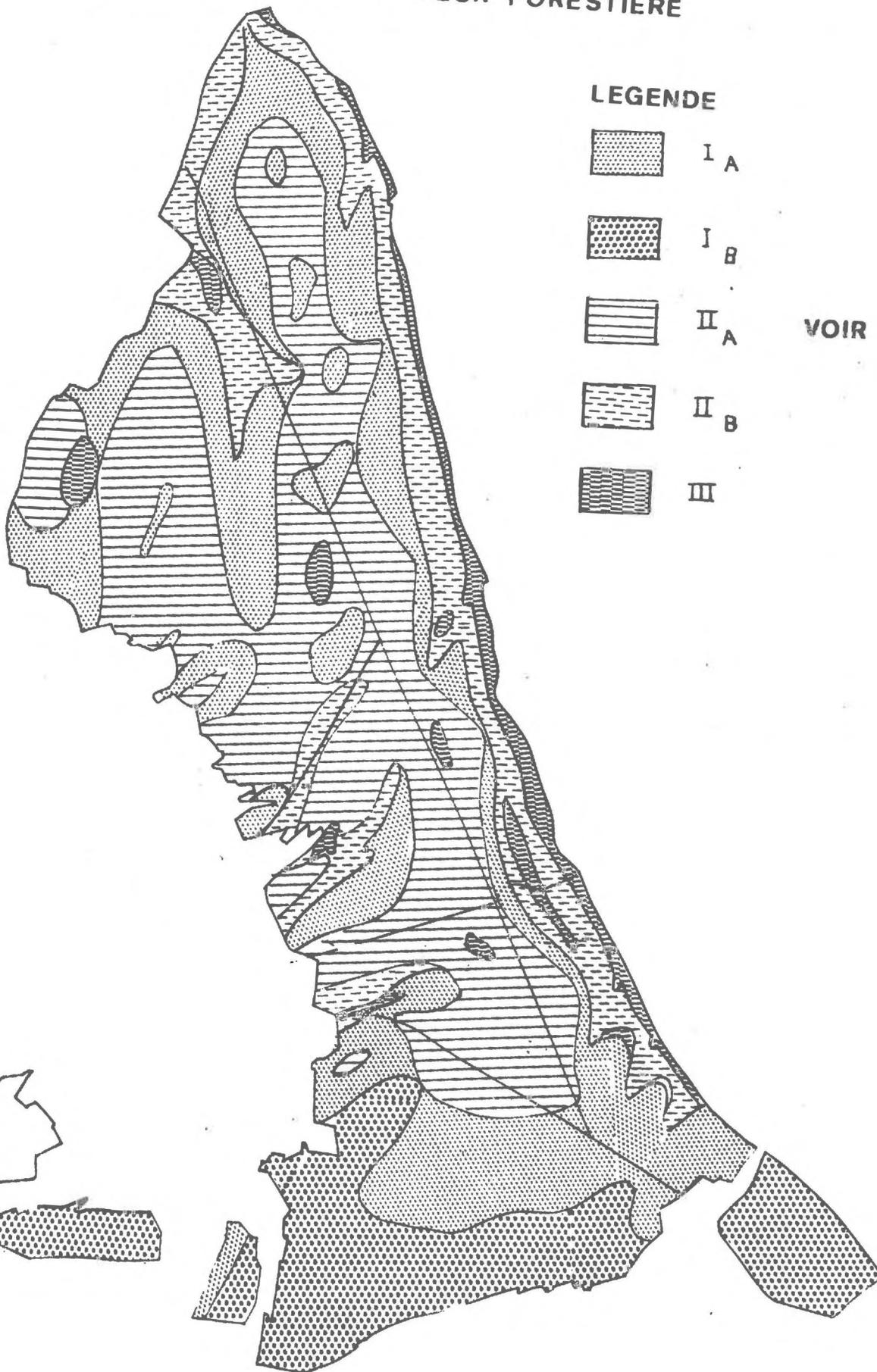
Le groupe II_p correspond à tous les sols bruns acides situés sur colluvium de pente limono-sableux. Si les propriétés physiques sont favorables dans les horizons A₁ et (B), l'enracinement est impossible à partir de 40-50 cm, du fait de la présence des alluvions anciennes très compactes contenant 50 à 70 % de cailloux roulés.

Enfin le groupe III, le moins important comprend tous les sols défavorables :

Pseudogley à nappe perchée, pseudogley de surface, stagnogley, gley tourbes et podzols.

Les sols situés sur Muschelkalk n'ont pas été classés dans cet ensemble, car ils constituent un groupe à part, ne pouvant s'intégrer dans une hiérarchie ainsi établie pour un complexe, qui malgré son apparente diversité, forme un tout.

CARTE DES SOLS EN FONCTION DE LEUR VALEUR FORESTIERE



LEGENDE

-  I A
-  I B
-  II A
-  II B
-  III

VOIR TEXTE