

THESE
présentée à
L'UNIVERSITE LOUIS PASTEUR DE STRASBOURG

en vue de l'obtention du
DOCTORAT DE SPECIALITE (3° cycle)
en Sciences biologiques
Option : ECOLOGIE VEGETALE

par

Boguini PARE

CONTRIBUTION A L'ETUDE ECOPEDOLOGIQUE DU
MASSIF FORESTIER DE HAGUENAU (BAS - RHIN)

Soutenu le 25 juillet 1977 devant la Commission d'Examen :

MM. GOUNOT	Président
SOUCHIER	Examineur
CARBIENER	Examineur
BOUDOT	Examineur

Président : Professeur P.KARLI
Vice-Présidents : Professeur Fr.MARCOUX
Professeur J.H.WEIL
Secrétaire Général : Monsieur G.KIEHL

**PROFESSEURS, MAITRES DE CONFERENCES, DIRECTEURS ET MAITRES DE RECHERCHE
DES U.E.R. RESPONSABLES DES DOCTORATS ES-SCIENCES**

Président honoraire G.OURISSON.
Doyens honoraires P.LACROUTE - H.J.MARESQUELLE - J.H.VIVIEN - G.MILLOT.
Professeurs honoraires L.BOISSELET - J.BYE - H.CARTAN - G.CERF - C.CHABAUTY - A.CHRÉTIEN - J.DENY -
Ch.EHRESMANN - Mie S.GILLET - S.GOLDSZTAUB - R.HOCART - P.LACROUTE - G.LEMEE - P.L'HÉRITIER -
A.LICHTNEROWICZ - A.MAILLARD - H.J.MARESQUELLE - L.NEEL - J.PARROD - R.ROHMER - J.P.ROTHE -
L.SACKMANN - Ch.SADRON - H.SAUCIER - H.VILLAT - H.WEISS - Et.WOLFF - J.YVON.
Maître de Conférences honoraire R.WEIL.

PROFESSEURS

J.H. VIVIEN	Zool. et Embryol. expérimentale	G. SUTTER	Physique électronique
S. GORODETZKY	Phys.gén. et Physique nucléaire	V. AVANISSIAN	Analyse supérieure
P. JOLY	Biologie générale	Fr. LACROUTE	Biologie végétale
H. BENOIT	Physicochimie macromoléculaire	J.P. EBERHART	Minéralogie
G. MILLOT	Géologie et Paléontologie	J.M. LEHN	Chimie
R. LECOLAZET	Physique du Globe	Cl. ROBERT	Physique
A. GAGNIEU	Botanique	Fr. BECKER	Physique mathématique
F. STUTINSKY	Physiologie générale	Fr. SCHALLER	Biologie générale
B. WURTZ	Chimie biologique	Fr. GAULT	Chimie organique
J. BRENET	Electrochimie	M. GOUNOT	Botanique
J.P. EBEL	Chimie biologique	J. DEHAND	Chimie minérale
G. OURISSON	Chimie	Cl. GODBILLON (détaché)	Mathématiques
A. COCHE	Physique nucléaire	J. ROUX	Botanique
R. CERF	Physique générale	R. VOLTZ	Physique théorique
A. DELUZARCHE	Chimie	A. MICHARD	Géologie
R. ARMBRUSTER	Physique	Y. BOULANGER	Chimie biologique
A. ROCHE	Physique du Globe	J.J. RIEHL	Chimie
L. HIRTH	Microbiologie	R. GERARD	Mathématiques
A. FUCHS	Mécanique rationnelle	M. DAIRE	Chimie phys.ind.et Sc.des matériaux
A. GALLMANN	Physique	G. DUNOYER de SEGONZAC	Géologie
P. MIALHE	Physiologie animale	J.P. JOUANOLOU	Mathématiques
D. MAGNAC	Physique	Cl. DELLACHERIE	Mathématiques
M. DAUNE	Biophysique	Ch. TANIÉLIAN	Chimie
J.P. ADLOFF	Chimie nucléaire	Ph. RICHARD	Physiologie animale
D. BERNARD	Méthode mathématique de la Physique	M. GROSS	Chimie
E. DANIEL	Physique expérimentale	J.P. RAMIS	Mathématiques générales
P. CHEVALLIER	Physique	Ph. ROPARTZ	Psycho-Physiologie
G. REEB	Topologie	M. GROSMANN	Physique
J. WUCHER	Physique	P. BENVENISTE	Physiologie végétale
M. BRINI	Chimie	J. FARAUT	Mathématiques
H. DURANTON	Botanique	G. SCHIFFMANN	Mathématiques
R. WEISS	Chimie	J. LEITE-LOPES	Phys.nucléaire et corpusculaire
P. FEDERLIN	Chimie	Cl. BENEZRA	Chimie
J.P. SCHWING	Chimie	G. SOLLADIE	Chimie organique
M. SIESKIND	Physique	D. VIAUD	Mathématiques
G. MONSONEGO	Physique théorique	R. KIRSCH	Zoologie
C. WIPPLER	Physicoch.des Hts Polymères Industriels	J. SOMMER	Chimie appliquée
G. WEILL	Physique	J. BROSSAS	Chimie macromoléculaire
A. CLAUSS	Chimie	C. PESKINE (détaché)	Mathématiques
E. FOLLENIUS	Zoologie	J.J. FRIED	Mécanique des Fluides
J. LUCAS	Géologie	B. MORIN	Mathématiques I
J.J. THIEBOLD	Biologie animale	M. LEROY	Chimie
G. GLAESER	Mathématiques	M.J. SCHWING	Chimie Physique
J.H. WEIL	Chimie biologique	J. MARTINET	Mathématiques
D. FOATA	Mathématiques	D. FROELICH	Chimie générale Chimie physique
H. DANAN	Phys.atom.et Physique du Solide		
X. FERNIQUE	Mathématiques		

PROFESSEURS ASSOCIÉS

A. ANDREOTTI (Math.) - A. BANDERET (E.A.H.P.) - P. BARSHAY (Phys. nucl. théor.) - J. CARITHERS (Physiol.) - T. EGGARTER (Phys.) - C. JASCHEK (Astr.) - A. KORANYI (Math.) - J. OSBORN (Chimie min.) - G.C. ROTA (Math.) - B.O. SERAPHIN (Phys.).

PROFESSEURS CONVENTIONNÉS

P. BOUVEROT (Physiol. respiratoire) - P. DEJOURS (Physiol. respiratoire) - A. PETROVIC (Physiol. méd.).

MAITRES de CONFÉRENCES et CHARGÉS d'ENSEIGNEMENT

J.CI. BERNIER (Chimie gén.) - P.L. WENDEL (Phys.) - T. JUTEAU (Minéralogie) - M. MIGNOTTE (Informatique) - Ch. BURGGRAF (Minéralogie) - H. BURNAGE (Méc. Fluides).

ASTRONOME ADJOINT : A. FLORSCH (Observatoire).

ASTRONOME ADJOINT ASSOCIÉ : E. ATHANASSOULA-GEORGALA (Observ.).

MAITRE de CONFÉRENCES ADJOINT : J. SITTLER (Géologie).

MAITRES de CONFÉRENCES ASSOCIÉS : A. DURHAM (Microbiologie) - G. LETTA (Math.).

DIRECTEURS de RECHERCHE

J.F. BIELLMANN	Chimie	J. MEYER	Botanique
P. BOUVEROT	Physiologie respiratoire	C. MIALHE	Physiologie
P. DEJOURS	Physiologie respiratoire	A. PETROVIC	Physiologie (Médecine)
A. KNIPPER	Physique nucl. et corpusculaire	A. PORTE	Biologie cellulaire
A. KOVACS	Physicochimie macromoléculaire	P. REMPP	Physicochimie macromoléculaire
J. MARCHAL	Physicochimie macromoléculaire	A. SKOULIOS	Physicochimie macromoléculaire
P.A. MEYER	Mathématiques	A. VEILLARD	Chimie moléculaire
A.J.P. MEYER	Physique	A. ZUKER	Physique théorique

MAITRES de RECHERCHE

J.Ch. ABBE	Physicoch. atom. et ionique - chim. nucl.	A. MALAN	Physiologie
P. ALBRECHT	Chimie	E. MARCHAL	Physicoch. molécul. et macromolécul.
F. BECK	Physique nucléaire	R. MORAND	Physique nucléaire
G. BECK	Bi chimie	Th. MULLER	Physique
J.P. BECK	Physiologie	G. MUNSCHY	Physique
J. BIETH	Enzymologie (Pharmacie)	M. NAUCIEL-BLOCH	Physique des solides
M. BONHOMME	Géologie	A. NICOLAIEFF	Virologie végétale
H. BRAUN	Physique corpusculaire	M. PATY	Physique corpusculaire
M.C. CADEVILLE	Physique des solides	R. PFIRSCH	Botanique
H. CALLOT	Chimie	P. POIX	Chimie
S. CANDAU	Physique	J. POUYET	Biophysique
M. CHAMPAGNE	Biophysique	R. RECHENMANN	Biophys. des rayons. (Médecine)
M. CHOUDHURY	Physique du Globe	B. REES	Chimie
J.P. COFFIN	Physique nucl. et corpusculaire	P. REMY	Biochimie
A. CORET	Physique	S. RIMBERT	Géographie
M. CROISSIAUX	Physique nucléaire	J. RINGEISEN	Physique
D. DISDIER	Physique nucléaire	J.P. ROTH s/Dir. inst. de Rech.	Physicochimie macromoléculaire
J. DOUBINGER	Géologie	F. SCHEIBLING	Spectrométrie nucléaire
M. DUMONT	Physique biologique (Médecine)	N. SCHULZ	Physique nucléaire
S. EL KOMOSS	Physique	C. SCHWAB	Physique
J.P. VON ELLER	Géologie	R. SELTZ	Physique nucléaire
M.R. ELOY	Endocrinologie (INSERM Hte Pierre)	M. SENSENBRENNER	Neurochimie (Médecine)
M. FRANCK-NEUMANN	Chimie organique	P. SIFFERT	Phys. rayon. et Electron. nucléaire
E. FRANTA	Physicochimie moléculaire	Cl. SITTLER	Géologie
J.M. FRIEDT	Physicochimie atomique et ionique	Cl. STRAZIELLE	Physicochimie macromoléculaire
A. FRIDMANN	Physique corpusculaire	M. SUFFERT	Basses Energies
Y. GALLOT	Physicochimie macromoléculaire	Y. TARDY	Géologie
G. GOMBOS	Biologie (Médecine)	K. TRAORE	Physicochimie atomique et ionique
Ph. GRAMAIN	Physicochimie macromoléculaire	R. VAROQUI	Physicochimie macromoléculaire
J.B. GRUN	Physique	A. VASSY	Botanique
K. HAFEN-STENGER	Endocrinologie (Médecine)	J.J. VOGT	Thermophysiol. (Ctre d'Etudes Bioclim.)
J. HERZ	Physicochimie macromoléculaire	A. WAKSMANN	Neurochimie (Médecine)
J. HOFFMANN	Biologie animale	G. WALTER	Phys. rayon. et Electron. nucléaire
M. JACOB	Neurochimie (Médecine)	Fr. WEBER	Géologie
G. KAUFMANN	Chimie	J.P. WENIGER	Zoologie
B. KOCH	Physiologie	J. WITZ	Biologie cellulaire
P. LAURENT	Physiol. comparée des régulations	R. WOLFF	Chimie
Cl. LERAY	Physiol. comparée des régulations	R. ZANA	Physicochimie macromoléculaire
L.M. LEITNER	Physiologie	J.P. ZILLINGER	Physique
A. LLORET	Physique corpusculaire		
G. MAIRE	Chimie		

TABLE DES MATIERES

Pages

Première partie : Les données régionales

Introduction	1
I. Histoire de la forêt	1
A) La "Forêt indivise"	1
B) Les actions anthropiques	1
C) Conclusion	2
II. Généralités sur la géographie physique du milieu	3
A) Situation géographique du massif forestier de Haguenau	3
B) Les données climatiques	3
C) Le réseau hydrographique	5
III. Formations géologiques et géomorphologiques	5
A) Formations imperméables : marnes oligocènes	6
B) Formations superficielles	8
Conclusion	15
IV. La végétation	15
A) Introduction	15
B) Description	15
1. La chênaie - charmaie et chênaie - hêtraie	16
2. La pineraie	17
3. L'aulnaie - frênaie	19
Conclusion	21

Deuxième partie : Etude stationnelle

Chapitre 1 : Les stations sur limons sableux peu épais	23
I. A) Données géomorphologiques	23
I. B) Végétation	23
I. C) Les sols correspondants	24
Chapitre 2 : Les stations sur loess	28
I. A) Données géomorphologiques	28
I. B) Végétation	28
I. C) Les sols correspondants	29

	<u>Pages</u>
1. Station sur loess peu décarbonaté	29
2. Station sur loess très décarbonaté	31
3. Station 34	35
Chapitre 3 : Les stations sur sables	40
I. Les sables blancs pliocènes bien drainés	40
I. A) Géomorphologie	40
I. B) Végétation	40
I. C) Les sols correspondants	40
1. Station 89 a	40
2. Station 89	44
3. Station 73	46
II. Les sables quaternaires reposant sur l'oligocène marneux peu profond	50
II. A) Géomorphologie	50
II. B) Végétation	50
II. C) Les sols correspondants	51
1. Station 127 b	51
III. Les sables mal drainés	53
III. A) Géomorphologie	53
III. B) Végétation	55
III. C) Les sols correspondants	55
1. Station 28	55
2. Station 50	58
3. Station 89 b/89 a 2	63
4. Station 219	65
5. Station 2 b	70
 <u>Troisième partie : Pédogenèse en Forêt de Haguenau</u>	
Introduction	73
Chapitre 1 : En condition drainée	74
1. Végétation et type de matériau	74
A) Evolution générale de l'humus	74
B) Développement des horizons humifères A ₁	77
C) Dynamique du fer, de l'argile et de l'aluminium dans les sols sableux drainés	78

	<u>Pages</u>
a) Généralités	78
b) En Forêt de Haguenau	78
Chapitre 2 : En condition d'hydromorphie quasi permanente ou provisoire	84
1. Les podzols hydromorphes	84
A) Humus et processus de pédogenèse mis en cause	84
B) Développement des horizons rouilles	87
2. Les sols bruns et les sols podzoliques à pseudogley	87
A) Types d'humus et pédogenèse	87
a) Drainage moyen	92
b) Drainage médiocre	92
3. Les sols bruns "marmorisés" sur loess	92
A) Loess peu ou très décarbonatés	95
a) Mécanismes de pédogenèse	95
4. Les sols humifères à gley	95
A) Pédogenèse	95
Chapitre 3 : Discussion - Conclusion	100
1. Végétation	100
A) Chênaie - hêtraie et chênaie - charmaie	100
B) Peuplements d'aulnaies - frênaies	100
2. Typologie des sols et mécanismes pédogénétiques prépondérants	101
A) Sables drainés à hydromorphie profonde	101
B) Drainage défavorable	101
3. Problème des "sols climax" et certains sols en Forêt de Haguenau	102
 <u>Annexes</u>	 104
 <u>Bibliographie</u>	 115

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur le Professeur GOUNOT pour m'avoir enseigné les cours d'Ecologie générale et, par la suite, accepté dans son laboratoire d'Ecologie végétale.

Mes premiers pas sur le terrain ont été guidés par Monsieur BOUDOT ; je lui réserve la part de reconnaissance qu'il mérite.

Je dois entière reconnaissance à Monsieur le Professeur ROUX et à toute l'équipe de son laboratoire où j'ai trouvé compréhension et amitié. J'y ai achevé mes expériences entreprises et la rédaction de ce mémoire.

Ce travail n'aurait pas encore vu le jour si je n'avais pas bénéficié du soutien moral et actif de l'équipe de mon laboratoire. Je pense plus particulièrement à Yvan VERGNE, Patrice de RUFFRAY, Jean-Michel WALTER, Jean-Luc MERCIER, Philippe BRIANÇON, Marie FALK, Bernadette CLEMENT et à bien d'autres agréables compagnies.

Je remercie Monsieur SOUCHIER, Directeur du Centre de Pédologie biologique du C. N. R. S. à Nancy, d'être membre du jury. J'ai profité, au cours d'une tournée sur le terrain, des conseils de MM. GUILLET et GURY, Maître - Assistant et Assistant à l'Université de Nancy 1 ; je les en remercie sincèrement.

A Monsieur le Professeur CARBIENER de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg est réservée une mention de gratitude pour les enseignements qu'il m'a prodigués (écologie des pollutions) et la tâche d'être membre du jury.

PREMIERE PARTIE

LES DONNEES REGIONALES

INTRODUCTION

En écologie végétale, de nombreux travaux ont été consacrés à l'étude des rapports sol - végétation. Ceci est lié au fait que la nature et l'évolution du tapis végétal ne peuvent être appréhendées d'une façon complète qu'en rapport avec l'étude du milieu où il vit réellement.

Dans une région donnée, la différenciation d'"entités stationnelles" stables ou transitoires est la résultante d'interactions complexes, plus ou moins influencées par l'homme, entre la végétation, la roche - mère et le climat régional. S'il est démontré que ce climat et l'action humaine sont uniformes, la ségrégation des unités ainsi différenciées résultent des relations d'interdépendance entre la végétation et les facteurs stationnels (substrat, topographie, pédoclimat).

L'étude stationnelle nous renseigne alors sur les propriétés des roches - mères, le type de végétation, le pédoclimat et l'évolution des sols.

I. HISTOIRE DE LA FORET

A) La forêt "indivise"

Le massif forestier de Haguenau est l'une des vastes forêts de plaine qui subsiste sur le territoire français. Son histoire a été étudiée par Huffel (1920) Elle est mentionnée dans les textes dès la fin du X^e siècle. A la suite du traité de Westphalie, elle devient copropriété de la couronne de France et de la ville de Haguenau et est exploitée en régie.

B) Les actions anthropiques

L'exploitation traditionnelle pour les besoins locaux comporte le ramassage des myrtilles (300 t/an), du bois vert, l'enlèvement des feuilles mortes (surtout sur la lisière nord du massif pour pallier à une pénurie du paille) et le pacage des troupeaux. Ce pacage concernait seulement un tiers de la forêt et était réglementé (Chancelier, 1958 - 61).

A partir du XVII^e siècle, les besoins en bois d'oeuvre et d'industrie se font de plus en plus sentir. Selon Burg (1949), les premières coupes de chênes séculaires (6 m de diamètre) remontent à l'année 1698. Les premiers "gros clients" étaient des Hollandais, d'où le terme "Holländerholz" pour les bois du massif forestier. La commercialisation a porté sur le Pin, l'Epicéa et surtout le Chêne, essence très recherchée pour l'ébénisterie. Cette situation a alors conduit à l'amélioration des peuplements ou à l'introduction d'espèces étrangères au massif, comme l'Epicéa. En ce qui concerne le Pin sylvestre, son caractère indigène est controversé. Signalons cependant, que la vente du Pin a commencé pendant la période 1648 - 1699 (Burg, 1949) et que les textes anciens datant depuis le XIV^e siècle ne font aucune mention du Pin. Ces textes font état du Chêne, du Hêtre, et comme - bois morts - Bouleau, Charme, Epines et "Zünehholz" (bois pour clôture). Toutefois, une certitude demeure, c'est que le Pin (Fürlen) est signalé dans le Waldordnung (coutume de la Forêt) depuis sa seconde rédaction en 1435 (Huffel, 1920).

C) Conclusion

Ces actions sylvicoles ont eu des conséquences spectaculaires. L'extension massive du Pin sylvestre en peuplements denses remonterait peut-être au XIV - XV^e siècle. Il occupe actuellement de très vastes surfaces et fait l'objet d'interventions sylvicoles très intensives (y compris des traitements herbicides à la régénération. Par contre, l'Epicéa joue un rôle très modeste.

Ces actions anthropiques ont fortement marqué cette forêt. En particulier, les substitutions d'essences chimiques ont considérablement modifié ou raréfié la tapis herbacé. Néanmoins, des variations floristiques peuvent encore être observées et être mises en parallèle avec les variations des conditions écologiques, le plus souvent liées au substrat.

Dans ce travail seront étudiés la composition floristique des stations et ses rapports avec les données écologiques essentielles : climat, géomorphologie, drainage et pédogenèse.

II. GENERALITES SUR LA GEOGRAPHIE PHYSIQUE DU MILIEU

A) Situation géographique du massif forestier de Haguenau

1. La Plaine d'Alsace

Si les montagnes vosgiennes sont occupées par de "belles" forêts à déterminisme bioclimatique (température, pluviométrie, enneigement, roche - mère), il n'en est pas de même lorsque l'on descend des collines vosgiennes et sous - vosgiennes, en direction de l'Est. Dans la Plaine d'Alsace, les forêts que nous observons aujourd'hui, sont localisées le long des cours d'eau et notamment le Rhin. Les seuls paysages végétaux encore présents, sont les bandes étroites et discontinues des forêts rhénanes et enfin les boquetaux de certaines plantes qui se maintiennent encore dans le Ried. Au sud de la plaine, la Forêt de la Hardt reste un échantillon encore représentatif du paysage de la plaine.

2. La région de Haguenau

La massif forestier de Haguenau constitue - lui aussi - un flot qui se maintient de façon relativement confortable et cet état de conservation, également relatif, dépendra de ce qu'aura décidé le génie humain : établir l'équilibre entre le bien être de l'homme et la conservation de la nature ou maximiser la rentabilité en faisant fi des risques écologiques présents et à venir.

B) Les données climatiques

1. La pluviométrie (voir tableaux en annexe)

Du Sud au Nord de l'Alsace, l'influence de la barrière vosgienne se manifeste par une variation dans l'intensité des précipitations et dans leur répartition saisonnière. La pluviométrie moyenne annuelle, qui est de

519 mm à Colmar est de 750 mm à Strasbourg, passe à 750 - 800 mm à Haguenau. Soumise à l'influence de la forêt, elle est augmentée de 5 % au niveau du massif boisé étudié (Rempp, 1930, 1937). Puis elle retombe à 600 - 700 mm vers Lauterbourg. Ceci s'explique par l'abaissement des Vosges au niveau de Saverne qui facilite la circulation des vents pluviaux du Sud - Ouest apportant de l'air atlantique relativement chaud et chargé d'humidité. Les effets de foehn sont également supprimés. Il en résulte un climat moins continental qu'à Strasbourg et dans le Sud de l'Alsace. Ceci peut être illustré par les données météorologiques.

Par ailleurs, le type de régime climatique est, selon SHAMSI, "EAPH" dans la partie centrale de l'Alsace (classement des saisons suivant une pluviométrie décroissante) (SHAMSI, 1968), puis "EAP" et "EHAP" vers le Nord.

Le taux de précipitation par saison est un facteur qui permet de distinguer la région de Haguenau des régions voisines. Si les pluviométries estivales y sont comme ailleurs supérieures à 200 mm, l'originalité du secteur étudié se manifeste par des précipitations hivernales supérieures à celles que l'on observe ailleurs, dépassant bien souvent 100 mm.

Le caractère moins continental de Haguenau par rapport à Strasbourg peut être illustré par le nombre d'années où la pluviométrie est maximale en été (caractère continental). Pour les 49 années où l'on a des données à la fois pour Haguenau et Strasbourg, la pluviométrie est maximale en été 36 années à Strasbourg contre 26 à Haguenau, ces dernières correspondant toujours à un maximum estival à Strasbourg.

2. Les températures et l'humidité relative (fig.1)

Le régime thermique de la région étudiée se caractérise par une moyenne annuelle avoisinant 10° et une amplitude thermique modérée au printemps et en été (15 à 20° environ). L'évolution de l'humidité est plus régulière et plus uniforme que celle des températures. Elle reste toujours relativement élevée, même au printemps et en été (67 à 91 %).

Cet état de fait est probablement à mettre en relation avec l'existence de la nappe phréatique "pliocène" qui est souvent très proche de la surface du sol.

3. Conclusions

Les caractères précités confèrent à la région étudiée une tendance atlantique qui se retrouvera dans la composition floristique des associations végétales.

C) Réseau hydrographique

La Forêt de Haguenau est parcourue par deux grandes rivières coulant d'Ouest en Est, la Sauer au Nord et la Moder au Sud. D'autres rivières (Eberbach, Zinsel, Brumbach) et de nombreux ruisseaux dont certains prennent naissance dans la forêt même, la sillonnent. Il semble (J.P. FRAUEL, 1961) que ces ruisseaux parfois intermittents sont alimentés par l'eau de la nappe aquifère, constituée sur le toit du fond marneux, oligocène imperméable. La nappe phréatique imprègne la masse des alluvions sableuses ou limoneuses pliocènes et quaternaires, à une profondeur qui varie en fonction de la topographie et de l'épaisseur de ces sables.

Conclusion

Par ces caractères, cette forêt est un milieu où se juxtaposent des zones drainées et des zones engorgées à divers degrés, allant de l'enneigement fugace aux inondations temporaires sans parfois plus de 80 cm d'eau et à l'hydromorphie permanente.

III. FORMATIONS GEOLOGIQUES ET GEOMORPHOLOGIQUES

La plupart des observateurs (HAAS, J. O. , 1922 ; G. JUNG, 1962 ; GEISSERT 1962 et MOREL, G. , 1972) sont unanimes sur l'extrême hétérogénéité des

formations superficielles de la Forêt de Haguenau. Au cours de nos études préliminaires, nous avons également pu constater que, d'une parcelle forestière à une autre ou même dans une parcelle, le matériau géomorphologique changeait parfois de nature et de texture. Ce sont là des observations dont il faut tenir compte pour conclure à l'homogénéité acquise d'une station donnée. Cependant, la complexité de ces formations ne nous a pas empêché de distinguer trois grandes unités géomorphologiques. Ce sont, par ordre d'extension croissante, les formations sableuses, les formations loessiques et les marnes oligocènes.

A) Formations imperméables : marnes oligocènes

Rarement affleurantes, sauf dans la partie Nord du massif, les marnes oligocènes constituent le support des formations superficielles sableuses ou sablo - argileux du pliocène et du quaternaire. L'apparition de formations imperméables en position topographique haute, nous a quelque peu intrigué au départ.

En fait, l'étude géologique (J. O. HAAS, 1922) de la région a révélé que la structure des marnes était bosselée. Dès lors on comprend aisément qu'un affleurement du sommet imperméable en position haute, puisse être à l'origine de nos observations. La structure vallonnée des marnes est aussi à l'origine de certaines cuvettes aujourd'hui comblées par des dépôts sableux.

Précisons que les formations imperméables (argiles) se trouvent également sous forme de bancs discontinus, dans les dépôts sableux du pliocène. Il en résulte que l'identification de ces formations imperméables est parfois délicate sur le terrain. Si le risque de confusion existe au niveau des argiles pliocènes et des marnes oligocènes, notre expérience de terrain nous a permis de l'éviter. Ainsi, au toucher le pliocène argileux contient des éléments de texture plus grossière et est de consistance plus collante que les marnes oligocènes. Dans l'argile pliocène, nous observons beaucoup d'éléments (galets) gréseux et quartzeux. Au toucher, les marnes sont moins collantes et ne contiennent des galets identifiables que lorsqu'elles sont mélangées avec les formations pliocènes ou quaternaires. Au niveau de la couleur, les argiles pliocènes présentent une coloration bleue alors que les marnes oligocènes sont grises (G Mordé, 1972).

En fait, l'observation de la teinte mérite des précisions complémentaires. Nous avons vu, sur le terrain, que les argiles pliocènes sont parfois jaunes rouille et que les marnes offrent parfois une coloration sous forme de traînées gris verdâtres tirant sur le bleu ou de traînées franchement jaune - ocre (cf. : station 127 b). Nous voulons surtout insister ici sur le fait que les conditions pédoclimatiques et l'état du fer, influencent fortement la coloration de ces matériaux.

Les travaux de Morel (1972) ont pu mettre en évidence dans l'étage oligocène un faciès marin inférieur et un faciès saumâtre supérieur. Du faciès marin au faciès saumâtre, on distingue successivement de bas en haut :

- les couches à Melettes (marnes grises - claires, micacées, sableuses ; grès calcaires micacés, débris de plantes, schistes à poissons, marnes schisteuses fréquemment bitumeuses, marnes à foraminifères) ;
- marnes à Cyrènes (marnes gris - claires, intercalation de grès et de sables
- les couches de Niederroedern (marnes bariolées jaunes - ocre ou grises).

Les couches de Niederroedern constituent le toit de l'oligocène dont la profondeur d'apparition module la puissance des alluvions qu'il supporte. Il semble que des vallées miopliocènes ont été creusées dans les marnes oligocènes, mais il n'y a pas de dépôts reconnus (Morel, 1972). Deux vallées fossiles ont pu être identifiées par cet auteur. La première de direction N.W. - S.E. s'étend du village de Walbourg à la Maison Forestière du Gros Chêne, vallée qui suivrait le Thalweg actuel de la rivière Eberbach et s'incurverait en direction d'Oberhoffen. La deuxième vallée fossile suit le cours de la rivière Halbmühlbach et il est avancé que son tracé correspondrait à l'ancien lit de la Sauer.

Au Nord de Haguenau, la substratum antépliocène a été très faiblement, ou pas du tout, affecté par l'érosion. Il en résulte un plateau oligocène. Ce plateau correspond vraisemblablement à l'actuel affleurement de l'oligocène dans la partie Nord de la Forêt de Haguenau.

Après cette étude générale des formations oligocènes, nous abordons maintenant l'étude des formations plio - quaternaires qu'elles supportent.

B) Formations superficielles

En raison de la profondeur d'apparition variable du toit des marnes, les formations superficielles qui les recouvrent auront une puissance alluviale en rapport avec la structure géologique des matériaux sous-jacents.

1. Formations sableuses ou sablo - argileuses

Dans ces types de formations, nous distinguons les sables pliocènes et les substrats sableux quaternaires anciens et récents. Mais nous tenons à préciser qu'il y a eu des confusions entre les sables pliocènes et certaines formations oligocènes sablo - argileuses (comm. or. B.R.G.M, Strasbourg, 1975). Sur la carte géologique (1/50 000) de Haguenau, les substrats sableux et argileux de la partie centrale de la Forêt sont considérés comme étant du pliocène. En fait, il s'agirait de l'oligocène (B.R.G.M. comm. orale, 1975). Nous pensons que la confusion s'est produite au niveau des marnes oligocènes à Cyrènes qui, effectivement, contiennent des intercalations de sables et de grès comme l'ont confirmé les travaux de Morel (1972). Il est donc bien probable que l'erreur d'interprétation ait porté sur les assises de Soufflenheim (alternance d'argiles ligniteuses et de sables fins, grossiers + graviers), de Riedseltz (sables jaunes et galets + argiles bariolés) respectivement sommet et base du pliocène et les marnes à Cyrènes, oligocène supérieur. Sur la même carte les formations sableuses qualifiées d'alluvions anciennes seraient plutôt du pliocène.

Cette mise au point étant acquise, voyons maintenant quelles sont les caractéristiques générales des dépôts plio - quaternaires.

a) Dépôts pliocènes

Du point de vue stratigraphique, le pliocène est formé, semble-t-il (Morel, 1972), de deux assises :

- Assise de Riedseltz au sommet,
- Assise de Soufflenheim à la base.

L'assise de Soufflenheim, constituée dans des conditions sédimentologiques calmes, offre des matériaux plus fins (sables) alternant avec des couches d'argile grise ligniteuse.

A la fin du pliocène, il semble que le pouvoir d'érosion, plus intense, a été à l'origine de la mise en place de l'assise de Riedseltz. Cette série est formée de sables et de graviers plus grossiers contenant des débris végétaux. Ces sables et graviers décolorés ont perdu une partie de leurs pigments ferrugineux et sont alternés avec des argiles bariolés (bien peu représentés par rapport à leurs homologues de Soufflenheim). Les caractères sédimentologiques du pliocène sont les suivants (Morel, 1972) :

- sables de teinte claire, un peu micacés ;
- pas de niveau gréseux ou calcaires, pas de marnes (calcimétrie négative) ;
- niveaux ligniteux ;
- argiles riches en ^{korolinite} korolinite.

Nos sondages à la carrière et la morphologie des profils pédologiques (stations 89, 89a et 73) confirment l'observation granulométrique et la coloration des sables. Toutefois, sur le terrain, nous avons vu des galets altérés, qui apparemment, sont de nature gréseuse (station 89a). Nous ajoutons également que les sables pliocènes présentent parfois un aspect panaché (couleur "tigrée") et qu'ils contiennent des graviers plus grossiers (station 89).

Il semble que les sables blancs pliocènes proviennent d'arènes granitiques remaniés de la Forêt Noire et c'est probablement là l'origine de l'absence de niveaux gréseux dont la présence n'est pas toujours obligatoire. Dans la région étudiée, nous savons que des remaniements superficiels fréquents ont affecté la plupart des matériaux. Il n'est donc pas étonnant d'observer des éléments gréseux - galets par exemple - dans les substrats pliocènes. Quant à l'origine des sables blancs pliocènes, elle peut paraître curieuse puisque, jusqu'ici, les sables du massif forestier de Haguena sont considérés comme des alluvions en provenance des Vosges du Nord.

Il suffit alors de se rappeler qu'au pliocène, le Rhin n'avait pas le même cours qu'aujourd'hui et qu'il gagnait la Méditerranée par la trouée de Belfort et par le Sundgau (Simler L. et Millot G., 1967). Nous pensons que les matériaux pliocènes granitiques ont pu être ainsi charriés depuis la Forêt Noire jusqu'en Plaine d'Alsace du Nord. Le Rhin coulait alors dans le sens Nord - Sud.

D'autre part, du point de vue pétrographique, ces sables blancs pliocènes contiennent de la kaolinite et des interstratifiés de type illite - smectite. Les pourcentages respectifs, en ces éléments, sont de 40 et 60 (B.R.G. M. comm. or., 1975).

En conclusion, nous insistons sur le caractère complexe des formations pliocènes en Forêt de Haguenau. Il est fondamental de savoir que les conditions stationnelles dépendront essentiellement de la nature des matériaux alluvionnés. Nous disons nature parce que l'importance des inclusions argileuses dans les sables et graviers, créera parfois des contraintes aux possibilités de drainage. Dans ces conditions, les possibilités d'évacuation de l'eau excédentaire se trouveront amoindries. Il est aussi évident que lorsque ces sables sont bien drainés, nous serons alors en présence d'autres stations situées pourtant sur le même matériau géologique et géomorphologique.

b) Sables quaternaires

.....

En dehors des dépôts pliocènes, nous trouvons dans la forêt de Haguenau, des formations quaternaires également sableuses. Elles proviennent des Vosges septentrionales. Elles sont le résultat des phénomènes de gel et de dégel qui se sont exercés sur les matériaux gréseux et de leur mise en place sous climat périglaciaire. Les caractéristiques principales du grès vosgien septentrional sont les suivantes (Perriaux J., 1961) :

- bancs épais et réguliers,
- couleur brun - rouge clair à rose jaunâtre; intercalation de lits blancs; nombreux nodules d'oxydes de manganèse à la partie inférieure ;

- pétrographie : quartz (85 %), arthrose (15 %) ; muscovite (0 % à traces) ; quartz arrondis à façonnement éolien ; peu de nourrissage secondaire ;
- galets abondants dans la partie inférieure.

Les alluvions quaternaires constituent donc le cône de déjection des rivières (Moder, Sauer) qui descendent des Vosges. La nature des matériaux ainsi chariés dépendra de la lithologie du lit mineur de ces cours d'eau. Il semble (Geissert, comm. or., 1974) que la Moder ait déposé des substrats essentiellement sableux et la Sauer, des dépôts argileux.

Les sables quaternaires ne sont jamais blancs, mais plutôt rouilles ou jaunes rouilles. Cette coloration prête souvent à confusion avec un processus de différenciation pédologique des profils. Cependant, l'analyse et l'interprétation des mécanismes pédogénétiques peuvent aider à lever cette équivoque.

Parfois, ces sables quaternaires recouvrent les sables blancs pliocènes qui - dans ces conditions - prennent une coloration rouille par suite du lessivage du substrat supérieur. Les sables quaternaires sont plus riches en sesquioxides (fer notamment). Les travaux de Mosser (1968) concluent indirectement dans le même sens. En effet, cet auteur est arrivé à doser les teneurs en fer dans les eaux des sédiments pliocènes (0,075 ppm à pH 6,4) et dans les eaux des sédiments quaternaires (0,21 ppm à pH 7,4). Il aboutit à la conclusion suivante : les eaux pliocènes sont plus pauvres en fer que les eaux quaternaires. Sur le terrain, nous avons constaté que les sables quaternaires présentent une coloration rouille qui atteste la présence du fer. Quant au dosage des teneurs en fer des eaux pliocènes et quaternaires, il aurait apporté plus de précisions pour des conditions de pH voisines ou semblables. Vu la profondeur de ces sédiments, cette étude serait du domaine de l'hydrogéologie et, dans le cadre de ce travail, il ne nous a pas été possible de vérifier les teneurs en fer de ces eaux.

Dans certains sables quaternaires et notamment sur les berges de certains ruisseaux, nous avons pu observer de véritables concrétionnements ferrugineux de dimensions variables (les plus gros atteignent 30 - 40 cm).

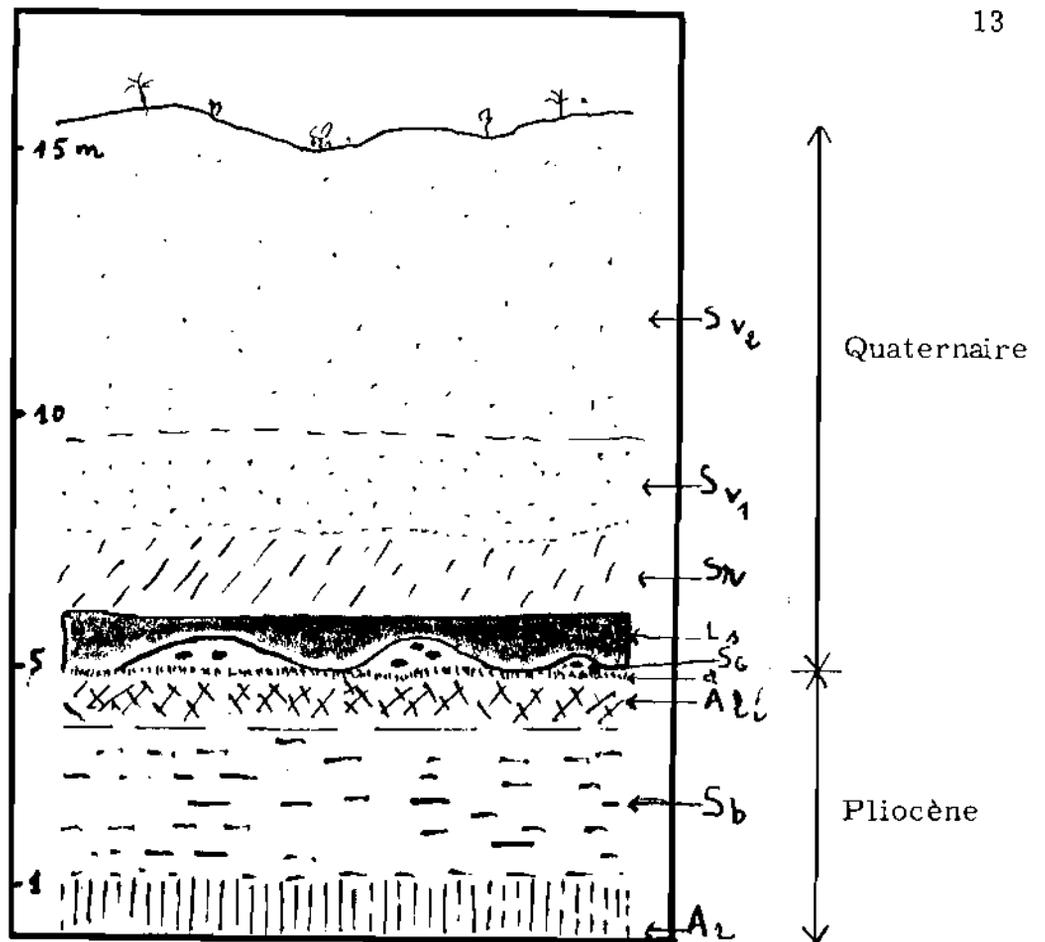
Ces concrétionnements sont vacuolaires. Après exploitation forestière, nous avons aussi observé des "cuirassements" ferrugineux aux emplacements racinaires d'arbres abattus. Notre curiosité nous a conduit à faire des sondages pédologiques dans les secteurs environnants. C'est ainsi que nous avons trouvé un "cuirassement" ocracé à moins de 50 cm de profondeur (cf. station 28 Zinsel), sous un peuplement végétal mixte. Les garluches signalées sont semble-t-il, en voie de formation et seraient donc actuelles (Geissert, comm. or., 1974).

En conclusion, les sables quaternaires de la Forêt de Haguenau sont beaucoup moins diversifiés que leurs homologues du pliocène. Ils contiennent rarement des niveaux argileux. Pour illustrer ceci, nous avons ci-après un tableau schématique de la stratigraphie générale des niveaux pliocènes et quaternaires. Il s'agit d'une carrière déjà observée par Geissert (1962) dans la région de Soufflenheim. Au Nord - Est du massif forestier, se trouvent des accumulations loessiques hétérogènes. Nous en décrirons les caractères généraux dans les pages qui suivent.

c) Loess et limons loessiques

Les dépôts de loess et de limons sont bien représentés dans la Plaine d'Alsace. On sait que les formations loessiques sont contemporaines des climats froids du quaternaire. Rappelons que cette période géologique a été marquée par des épisodes climatiques variables (chaud, froid et sec, tempéré froid). Ces épisodes ont, bien sûr, affecté la mise en place et l'évolution des matériaux limono - loessiques. Il est devenu classique, et ce en dépit de quelques controverses parfois remarquables, de distinguer les loess anciens des loess récents. C'est la paléontologie et notamment l'étude de la faune malacologique qui ont, le plus apporté des solutions à la détermination précise de ces formations.

En Alsace, il semble (Wernet, 1957 ; Mazenot, 1963) que l'on a des loess récents terrestres essentiellement constitués de poussières éoliennes (loess typiques) et des loess aquatiques généralement palustres (loess sableux aquatiques).



Carrière de KNEPFLEER à Soufflenheim (d'après Geissert, 1962)

Signification des sigles

- SV₂ : Sables vosgiens "purs"
- SV₁ : Sables vosgiens lessivés
- Sr : Sables rhénans gris, riches en mica
- Ls : Lignite supérieur (tourbe)
- Sg : Sables grossiers
- a : Surface d'altération
- Ali : Argile ligniteuse (lignite inférieur)
- Sb : Sables blancs fossilifères
- Ar : Argile réfractaire

Au Nord de la Plaine d'Alsace, à Mothern, les loess récents (würmiens) de couleur gris - clair, jaune - brun, sont peu consistants et poudreux (Mazenot, 1963). A Mothern également, Geissert (1968) observe au-dessus des marnes, une terrasse débutant par un sable rhénan gris avec une faune malacologique (Perforatella bidentata, Cepaea nemoralis, Discus ruderratus) qui atteste un climat tempéré. Près de Niederbetschdorf au Nord - Est de la Forêt de Haguenau, Geissert (1968) signale des accumulations de loess würmien aquatique et éolien.

En Forêt de Haguenau, les accumulations loessiques, comme il a été fait mention précédemment, sont hétérogènes. Des bancs de sable s'observent fréquemment intercalés dans les loess. Souvent aussi, les sables dominant tandis que les loess forment quelques placages locaux. Dans la carrière de Hatten, nous avons pu observer (en 1974) que le loess alterne d'une régularité remarquable avec des sables rouges d'origine éolienne. Précisons que l'ensemble des formations loessiques est parfois recouvert d'une couche de sable jaune datant du dernier alluvionnement tardiglaciaire (Geissert, comm. or.) Ces loess contiennent des mollusques (Planorbe) - et nous les avons vus sur le terrain - qui permettent d'en retrouver les conditions de dépôt (Geissert, comm. or.).

En conclusion, les accumulations de loess sont des matériaux déposés en milieu aquatique peu profond et temporairement asséché. Ces loess sont surtout localisés dans la partie Est du massif forestier. Toutefois, nous avons trouvé à l'Ouest (région de Mertzwiller) et au Centre Nord de la Forêt (parcelles n° 164 - 165) des placages de loess mélangés avec du sable. Ces placages reposent sur les marnes profonds de quarante centimètres.

Dans l'inventaire des principales structures géomorphologiques de ladite Forêt, il faut faire mention - bien que moins étendus - des anciens chenaux abandonnés, des ruisseaux en voie de disparition et enfin des cuvettes. Ces microstations sont alimentés par des réalluvionnements successifs. Le matériau de ces milieux sera en rapport avec les différentes conditions qui ont présidé à sa mise en place. Dans ce cas, il n'est pas rare d'observer des substrats qui sont généralement stratifiés, ce qui justifierait alors l'hétérogénéité des roches - mères pédologiques.

Conclusion générale

.....

Les observations mentionnées ci-dessus nous conduisent à penser, comme bien d'autres (Geissert, 1962, 1965 ; Morel, 1972), à l'extrême complexité des formations superficielles de la Forêt Sainte. Les composantes essentielles de cette complexité sont, nous semble-t-il, d'une part l'origine des matériaux (Vosges gréseuses d'Alsace du Nord, Forêt Noire) et , d'autre part la variabilité texturale du substrat. Nous précisons, dès maintenant, combien est délicate l'interprétation des processus pédogénétiques qui s'y exercent. Toutefois, il a été possible de chercher et de trouver des conditions d'homogénéité pour certains substrats. C'est par exemple, le cas de certains sables pliocènes ou rouilles - jaunâtres quaternaires.

Après ce contact avec le "monde inerte", prenons contact avec le "monde vivant", nous voulons dire la végétation.

IV. LA VEGETATION

A) Introduction

En Forêt de Haguenau, nous avons déjà étudié les facteurs exogènes principaux (climat, roches - mères et topographie). Si le climat est uniforme, il n'en est pas de même pour les substrats inventoriés et la topographie. Ces considérations nous amènent à l'étude de la répartition spatiale de la végétation..

B) Description

Au regard de la complexité des formations précédemment décrites, l'étude des relations sol - végétation devient un sujet passionnant. L'intérêt réside dans la recherche, l'analyse et la compréhension du déterminisme de la végétation qui s'offre ainsi à l'observation. Il est vrai que l'homme - par suite des besoins croissants en bois a mis en culture certaines essences que nous qualifierons d'"intruses". Mais il est aussi évident que les "intruses" ne sauraient devenir vigoureuses et même parfois dominantes que si certaines

conditions stationnelles, le substrat en l'occurrence, ne le leur permettent. En définitive, l'étude de la végétation doit prendre en considération l'existence d'un "équilibre" si fragile et si éloigné du climax soit-il. C'est cet état d'équilibre actuel qui a été à la base de notre inventaire des principales unités écologiques de la région étudiée. Les grands types de peuplements forestiers observés sont les suivants :

- la chênaie - hêtraie et la chênaie - charmaie,
- la pineraie,
- l'aulnaie "pure" et l'aulnaie - frênaie.

1. La chênaie - charmaie et la chênaie - hêtraie

a) En conditions favorables

.....

Dans la plupart de nos observations, nous nous sommes trouvés devant le fait suivant : l'apparition du chêne pédonculé coïncide avec l'existence d'une certaine humidité. Afin de pouvoir en déterminer les raisons justificatives nous avons fait une série de sondages à la tarière. Ces sondages ont révélé que le matériau géomorphologique est essentiellement de nature argileuse. Si le matériau est sableux, il contient toujours des éléments minéraux fins (argiles et limons) favorisant une meilleure rétention d'eau. Ces milieux sont soit des affleurements marneux oligocènes ou des sables pliocènes ou quaternaires.

La chênaie - charmaie se trouve en association avec l'aubépine (Crataegus oxyacantha) et souvent aussi avec le hêtre quand le substrat est sableux et bien drainé. La chênaie - hêtraie constitue parfois un peuplement bienvenant. La chênaie - charmaie est généralement accompagnée par un tapis herbacé de type "améliorant", parmi lequel nous ne citerons que la canche cespiteuse (Deschampsia cespitosa), le crin végétal (= herbe à matelas) (Carex brizoïdes), la circée ou herbe de Saint Etienne (Ciraea lutetiana), le genêt (Arum maculatum), la stellaire holostée (Stellaria holostea), le millet (Milium effusum), le houx (Ilex aquifolium) et un brachypode (Brachypodium silvaticum). Ce type de peuplement peut être

rattaché à l'association du Stellario - carpinetum, Oberd., 1949 - 1962 ou au Querceto - Carpinetum medio - europaeum de Tüxen (1960). Quand les conditions de drainage deviennent meilleures que précédemment et que le milieu est plus sec, le chêne pédonculé (Quercus pedunculata) fait place au chêne sessile (Quercus sessiliflora). Cette situation est réalisée dans la partie Ouest de la Forêt Sainte mais aussi dans la partie Sud (Bois de Bischwiller).

b) En conditions défavorables
.....

La remontée du plan d'eau (coupes répétées), le type de substrat et la topographie engendrent des conditions d'hydromorphie néfastes. Ainsi, si le niveau imperméable est proche de la surface et que la position topographique est une contrainte à l'écoulement des eaux (dépressions), toutes les chances sont réunies pour engendrer des conditions d'hydromorphie excessive. Ici, le pin sylvestre (Pinus silvestris), les bouleaux pubescents et la fougère aigle (Pteridium aquilinum) prédominent. Précisons cependant que le port des arbres est défectueux et que l'on trouve des chênes chétifs disposés en pieds épars. Le tapis herbacé a tendance à la monospécificité qui joue en faveur de la molinie. Le terme ultime de cette évolution est, nous semble-t-il, la chênaie dégradée. La flore herbacée, précédemment signalée, y est rare si ce n'est que quelques faciès de Luzula pilosa et de Carex brizoïdes.

2. La pineraie

Nous avons déjà posé le problème de l'origine du pin en Forêt de Haguenau. La solution définitive, pensons-nous, verra le jour quand confrontation et l'interprétation des données paléontologiques (du pliocène au quaternaire) seront connues avec précision pour chaque période géologique. Toutefois, les travaux de Geissert (1968) et la consultation des documents anciens (cf. : rappel historique) nous donnent déjà des résultats fort concluants. Il est acquis que cette essence existe depuis le pliocène (Geissert, 1968) et

que son introduction date du XIV^e siècle (à notre échelle de travail, ces périodes, la dernière notamment, sont suffisantes pour que nous puissions donner l'interprétation écologique du pin dans la Forêt Sainte.

a) Forêts de Pin en milieu drainé

Les forêts de pin sylvestre occupent une grande partie de l'étendue du massif. Elles sont localisées sur des substrats sableux pliocènes ou quaternaires souvent bien drainés. Le hêtre s'y trouve associé au pin. Il semble que la présence du hêtre est favorisée par l'homme (Leroy, 1952, 1956). Des anciens, comme Jung (1956) avancent que c'est une essence introduite. Le hêtre (Fagus sylvatica) doit pouvoir, cependant, trouver sa place en Forêt de Haguenau, eu égard aux données climatiques précisées plus haut. L'intervention de l'homme ne nous paraît pas suffisante pour expliquer le maintien de cette essence dans la région. Nous dirait-on que le facteur climat n'est pas la seule variable susceptible de fournir des indications sur l'écologie du hêtre. En nous référant à la géomorphologie et au sol, nous voyons mal comment cette espèce peut être présente et parfois dominante (cf. : station 89) si ces facteurs n'intervenaient pas. Une autre espèce subatlantique (Ilex aquifolium) accompagne les forêts mixtes où se trouve le hêtre. Tout se passe comme si des conditions préexistantes dans le milieu naturel, favorisaient la cohabitation hêtre - houx (espèces subatlantiques) ou même, peut-être, étaient à son origine. Ces conditions, pensons-nous, sont indirectement réalisées par la discontinuité du massif vosgien, composante essentielle du type génétique de climat (tendance océanique) dans la région étudiée.

La végétation accompagnant les forêts de pin en milieu drainé est constituée dans la strate arbustive par la bourdaine (Rhamnus frangula), la myrtille (Vaccinium myrtillus), le genêt à balais (Sarothamnus scoparius), la callune (Calluna vulgaris). Dans la strate herbacée, on peut noter la canche flexueuse (Deschampsia flexuosa).

Si les battements de nappe phréatique se font sentir jusqu'en surface ou que le niveau imperméable est superficiel, un type de forêt, la pineraie hydromorphe est observée. Nous y trouvons le bouleau, la bourdaine et surtout la molinie disposée en touradons (cf. : station 2b).

3. L'aulnaie - frênaie

Dans les stations mal drainées (dépressions, anciens chenaux abandonnés) l'aulne glutineux (Alnus glutinosa) y trouve son site préférentiel. Ici, la (ou les) différence (s) avec les secteurs hydromorphes précédents, porte (nt) essentiellement sur la finesse (argiles, limons) du matériau et plus encore sur sa richesse en éléments minéraux nutritifs disponibles. Les aulnaies "pures" sont localisées dans les basfonds où le substrat alluvionnaire est formé d'argile, mais aussi de sable suivant les conditions de dépôt.

Là où l'engorgement n'est pas générateur de conditions asphyxiantes constantes, l'aulne est mélangé avec le Frêne (Fraxinus excelsior). Ici, le frêne domine par suite de la richesse trophique du milieu. Rappelons que, sur le plan nutritionnel, le frêne est une espèce plus exigeante que l'aulne. Le tapis herbacé des forêts d'aulnaie - frênaie se compose de la canche cespiteuse, du Carex brizoïdes (sol non calcaire), de l'ortie (Urtica dioica), de la cirécée (Circea lutetiana), de la grande fétuque (Festuca gigantea), de l'impatiante (Impatiens noli tangere), etc. Ce type de forêt, grâce à l'identité des exigences des espèces qui la composent, peut être rattaché à l'association Alneto - Fraxinetum.

Là où les conditions d'hydromorphie sont permanentes, l'aulne forme des peuplements "purs" et denses quoique souvent moins vigoureux. La strate herbacée est alors caractérisée par l'extraordinaire densité de carex hygrophiles (Carex elongata, C. pendula, C. maxima). Ici encore, ce groupement assez homogène se rapproche de l'association (Carici elongatae Alnetum, Koch, etc...).

Un excellent exemple d'aulnaie est celui de Forstfeld, située à la lisière Est de la Forêt, dans la zone de raccordement entre la terrasse de Haguenau et la plaine rhénane.

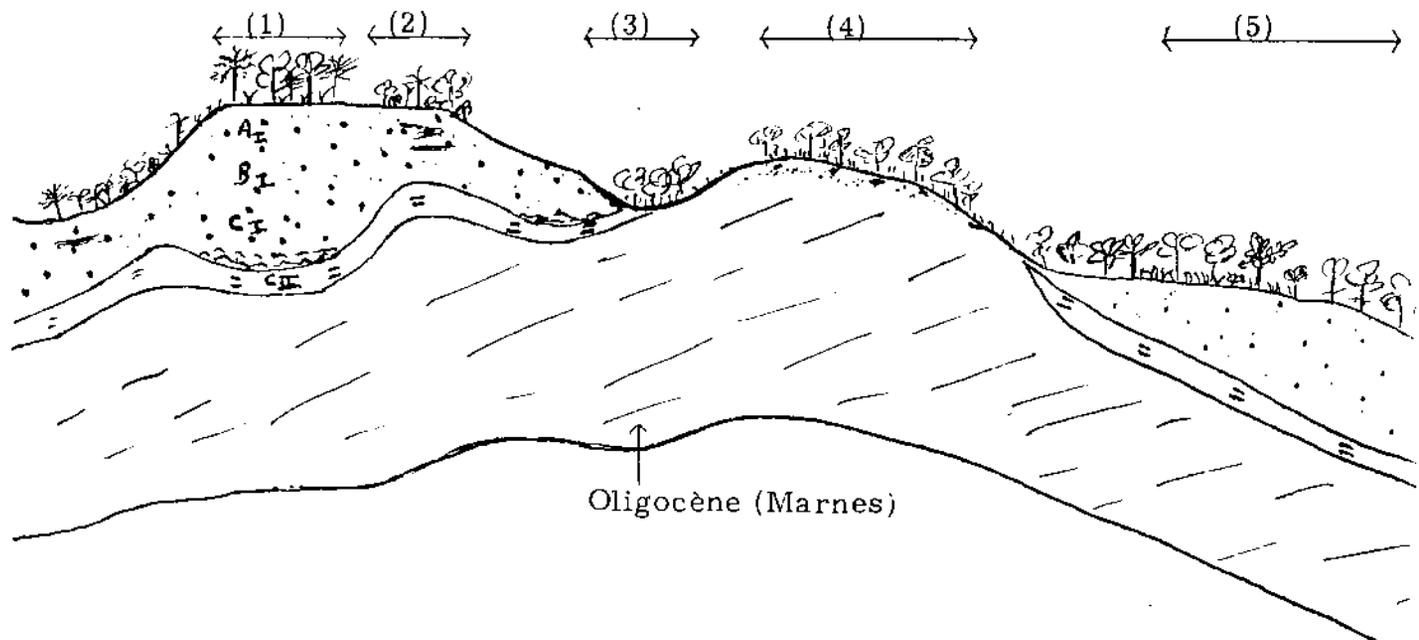
Conclusions

L'étude générale de la végétation met en évidence deux facteurs qui semblent présider - comme il a déjà été signifié plus haut - à sa répartition spatiale : le matériau géomorphologique et l'hydromorphie. Il ne peut en être autrement, la raison évidente en étant l'uniformité du climat local. Il apparaît donc que la structure d'ensemble de la forêt étudiée est essentiellement d'origine géologique et géomorphologique. Cette structure a révélé l'importance des faits suivants :

- nature, épaisseur et localisation des matériaux,
- hydromorphie de surface.

En Forêt de Haguenau, les composantes stationnelles semblent être les facteurs de hiérarchisation des principales unités écologiques.

Le tableau p.21 illustre les relations structure - végétation et le schéma ci-après explicite la localisation mutuelle des associations en fonction de ces composantes.



- (1) : Chênaie - hêtraie acidiphile sur substrat sableux. Pineraie - hêtraie.
- (2) : Chênaie dégradée : substrat sableux.
- (3) : Aulnaie : dépressions.
- (4) : Chênaie - charmaie sur affleurement oligocène.
- (5) : Aulnaie - frênaie. Chênaie - frênaie sur loess.

STRUCTURE		VEGETATION
Substrat	Conditions de drainage	Types de forêts
Sables	Favorables	Pineraie "pure" ou mixte
Sables + limons + argile	Favorables	Chênaie - Charmaie Hêtraie - Chênaie + Pin sylvestre
Sables	Défavorables	Pineraie hydromorphe à molinie
Affleurement oligocène mélangé avec des sables	Favorables	Chênaie - Charmaie à Deschampsia cesp.
Fonds de vallée argileux et sablo - limoneux	Favorables ou défavorables	Aulnaie à carex hygrophiles + quelques pieds de frêne
Loess	Peu décarbonaté Substrat drainé	Frênaie - Chênaie
Loess	Très décarbonaté Drainage moyen à faible	Frênaie - Aulnaie à Carex brizoides Aulnaie - Frênaie à Carex elata

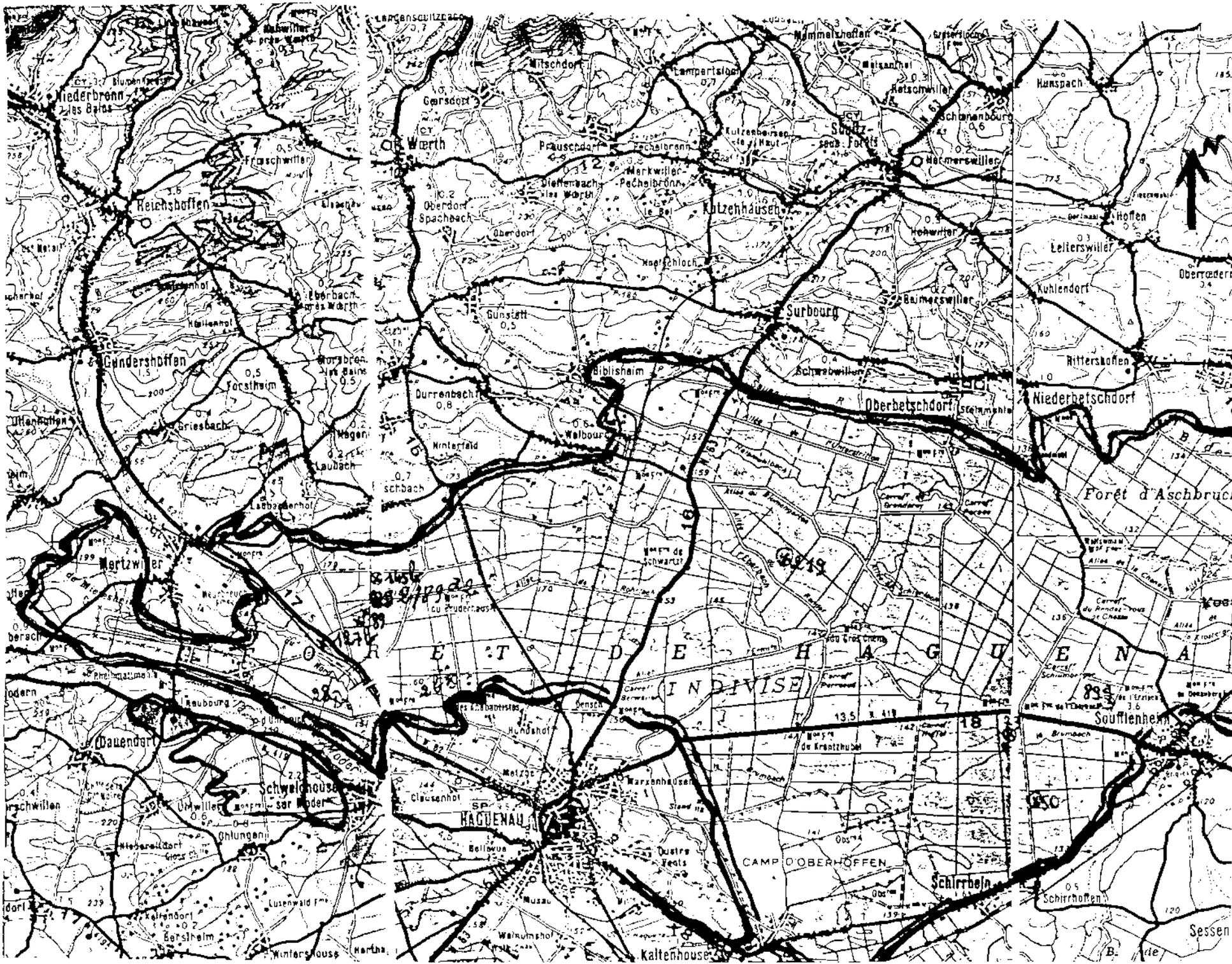
Relations entre structure géologique - géomorphologique et la végétation

Ces unités écologiques ne peuvent être étudiées avec précision que par une approche plus approfondie. C'est alors que l'étude stationnelle devient la méthode de travail adoptée.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE STATIONNELLE

Végétation - Géologie - Géomorphologie - Sols



Chapitre 1 : LES STATIONS SUR LIMONS SABLEUX PEU EPAIS

Rappelons que les formations imperméables sont soit des bancs argileux des substrats pliocènes, soit des marnes oligocènes. Les affleurements d'argiles pures oligocènes sont rares ; parfois ils sont recouverts par des dépôts quaternaires (sables et limons non loessiques) peu épais.

I. A) Données géomorphologiques

Plateau de pente faible (1 - 2°), incliné au Sud et à l'Ouest. Le substrat est sablo - limoneux en surface, puis argilo - sablo - limoneux à partir de dix centimètres. En profondeur, ce deuxième niveau contient des galets de quartz et d'autres cailloux de nature diverse ; les marnes y sont donc remaniées. A partir de 70 cm se trouve le fond marneux également remanié, mais la texture est plus argileuse.

I. B) Végétation

Le peuplement végétal est une forêt de chênaie - charmaie bien venante (chêne pédonculé et charme). Le chêne sessile et le hêtre y sont rares. Le tapis herbacé est dominé par la canche cespiteuse et d'autres espèces améliorantes. Parmi celles-ci nous citons la circée de Paris (Circea lutetiana), le millet (Millium effusum), l'oxalis (Oxalis acetosella), le laurier jaune (Lamium galeobdolon), le brachypode des forêts (Brachypodium silvaticum), la stellaire holostée (Stellaria holostea) et le glechome faux lierre (Glechoma hederacea) et certains carex (Carex silvatica, C. remota). Nous pouvons rattacher ce type de forêt à la chênaie - charmaie hygrophile à Deschampsia caespitosa. Précisons que nous rencontrons l'oxalis aussi bien sur les substrats sableux faiblement argileux que sur les substrats argileux. Dans le premier cas c'est la physico - chimie des roches - mères (substrats siliceux) et dans le second la profondeur de décarbonatation des argiles calcaires qui, parallèlement et par des mécanismes différents, expliquent la présence de cette espèce. Les deux caractéristiques (substrats sableux acides ou roches marneuses décarbonatées) concourent au même but : l'acidification du milieu.

I. C) Les sols correspondants

1. 1. Etude stationnelle

a) Localisation : Parcelle forestière n° 145 b.
.....

b) Description morphologique du profil :
.....

A₁₁ (0 - 5 cm) :

- Hydromull - moder de texture sablo - limono - argileuse.
- Consistance plastique - matériau collant.
- Structure bien agrégée. Couleur brun - foncé. Nombreuses racines et quelques lombrics.

A₁₂ (5 - 10) :

- Même texture que l'horizon précédent. Consistance également plastique.
- Horizon suintant le jour du prélèvement.
- Couleur gris - clair. Structure grumeleuse.

II B_{G0} (10 - 70) :

- Horizon de texture sablo - argilo - limoneuse (avec quelques galets de quartz).
- Couleur rouille bariolée, ont quelques taches gris - beiges et gris - verdâtres. Présence de veinules noirâtres qui deviennent de plus en plus nombreuses et discernables (oxydes probablement ferro - manganiques) vers la base de II B_{G0}.

III Cg₁ (70 - 90) :

- Horizon marquant une discontinuité texturale bien nette (marnes décarbonatées).

- Couleur gris- blanchâtre avec taches rouilles et verdâtres.
- Présence de concrétions noirâtres, de galets de quartz et de particules brillantes qui semblent être des micas (muscovite).

III Cg₂ (90 - 115 cm et +) :

- Marnes calcaires où s'observent des nodules arrondis, de précipitation des carbonates.
- Couleur gris - verdâtre à taches rouilles mieux individualisées que précédemment, peut-être du fait d'un meilleur drainage et d'une aération plus prononcée.
- Présence de particules micacées.

c) Analyses de caractérisation (cf. p. 27)

.....

1.2. Commentaire et conclusion

.....

- Au vu des résultats analytiques, la remarque qui s'impose est la suivante : la morphologie de l'humus (hydromull - moder à structure grumeleuse) est en discordance avec son activité minéralisatrice (C/N : 20 à 15) et son taux de saturation (V : 38 à 27). La désaturation du complexe absorbant et l'élévation du C/N en surface, seraient - pensons-nous - en liaison avec l'acidité (pH = 4,8) et l'hydromorphie qui s'exerce depuis l'horizon A₁₂ (aspect délavé). Ces conditions sont défavorables à l'activité biologique et, dans ce cas, les processus d'humidification sont amoindris. L'hydromorphie serait également à l'origine du lessivage des cations échangeables (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, K⁺) en surface. Les faibles teneurs en ces éléments et la valeur du taux de saturation en A₁₂, semblent en être les preuves.
- On note, à partir de II B_{G0}, l'augmentation des teneurs en argile, sesquioxydes libres (Fe₂O₃, Al₂O₃) et en minéraux argileux altérés (Al, Si). Il est à noter que la répartition de l'argile semble bien plus refléter un gradient granulométrique initial qu'un processus de lessivage

qui ne peut cependant être écarté. La discontinuité texturale des matériaux, le type d'humus (mull - moder acide), l'état du complexe absorbant en surface, l'évolution des matières organiques et minérales et enfin les traces d'hydromorphie, font rattacher ce profil au sol brun faiblement lessivé à pseudogley.

TABLEAU 2. CARACTÉRISTIQUES DE LA SÉRIE 1050.

NO. GROUP DE PROFILS P.S.C.	GRAMMES LIBRES DE LA FRACTION FINE					SILICATES LIBRES P.S.C.			EXTRACTION SOUDC P.S.C.	
	G	LF	LS	SF	SS	LF	AL	SC	AL	SI
111 (0-5)	10.0	12.0	7.2	17.0	46.0	4.5	1.5	1.0	0.6	4.2
112 (5-10)	10.1	12.0	6.9	19.3	45.7	5.5	2.0	1.0	0.4	4.0
113 (10-20) G ₀	10.0	10.0	5.7	14.2	43.9	12.0	4.5	3.5	1.0	9.0
114 (20-30) g ₁	10.0	10.7	10.5	8.4	10.8	17.0	5.5	5.0	1.0	10.0
115 (30-40) g ₂	10.0	10.7	12.0	12.4	1.0	17.0	5.0	5.0	0.6	7.2

NO. GROUP DE PROFILS P.S.C.	m	b	mV			mV *100	H	C	C/H	H ₂ O 105DC %	MO %
			CA	MG	*						
111 (0-5)	4.0	3.0	2.1	0.41	0.14	30.0	1.35	31.4	10.1	12	5.40
112 (5-10)	4.0	3.0	1.1	0.20	0.09	27.7	1.30	15.4	15.4	8	2.64
113 (10-20) G ₀	4.0	4.0	7.0	1.00	0.41	32.0	0.38	2.8	7.3	18	0.48
114 (20-30) g ₁	4.0	4.0	24.2	0.47	0.73	30.1	0.37	2.2	.	33	0.37
115 (30-40) g ₂	4.0	4.0	46.3	0.46	0.50	30.1	0.39	2.4	.	39	0.41

M.F. : matière fine : résultats non corrigés par la teneur en eau de l'échantillon à 105° C.

M.S. : matière sèche : résultats corrigés par la teneur en eau de l'échantillon à 105° C.

DC : °C ; G₀ : horizons G₀ ; AG : Ag ; BG : Bg ; BGO : BG₀ ; CG : Cg ;
CGO : CG₀ ; m : niveau à concrétion des horizons Bg ; b : niveau enfoui (fossile) ;
mV : MV ; CA : Ca ; MG : Mg ; * : signe de multiplication.

Chapitre 2 : LES STATIONS SUR LOESS

Nous avons déjà mentionné le rôle que jouaient la texture et les réserves minérales nutritives de ces matériaux sur la répartition de la végétation. A celles-ci, il ne faut pas oublier l'hydromorphie dont l'influence est souvent déterminante.

I. A) Données géomorphologiques

Rappelons que les substrats loessiques constituent la plus grande partie de la composante Nord - Est du massif forestier. Ils se trouvent en mélange de proportion variable avec les sables quaternaires de la région étudiée. Les conditions de drainage varient d'une part en fonction de la texture du matériau et d'autre part selon la topographie des stations. Soulignons aussi que pour des matériaux essentiellement loessiques, le bilan hydrique de l'épaisseur des horizons décarbonatés. En effet, la dissolution des carbonates des substrats calcaires s'accompagne généralement de la densité d'un tassement du matériel qui est à l'origine de l'hydromorphie.

I. B) Végétation

La remarque générale, c'est l'exceptionnelle richesse floristique des formations loessiques. Le tapis herbacé est plus dense que sur les autres substrats étudiés. La flore herbacée est surtout de type "améliorant". La végétation ligneuse est celle de l'aulnaie - frênaie ou frênaie quand le substrat est plus drainé. Cette dernière condition favorise également le chêne pédonculé qui s'y trouve alors en association avec la frênaie. Dans ce type de forêt, l'orme blanc (Ulmus montana) parvient à s'installer. Les espèces "améliorantes" de la variante (frênaie - chênaie) sont généralement les mêmes que celle de la chênaie - charmaie hygrophile, mais avec ici une diversification plus prononcée. Parmi elles, nous pouvons citer la circée, deux carex

(Carex remota, C. silvatica), l'ortie jaune et le lierre terrestre.

Quant au cortège floristique de l'aulnaie - frênaie des stations peu drainées, il est représenté par des hygrophiles strictes (le grand carex : Carex pendula ; un iris : Iris pseudacorus ; un carex disposé en buttes touffues et denses : Carex elongata ; la spirée : Spirea ulmaria ; la balsamine des bois : Impatiens noli tangere ; une primulacée = mille feuille d'eau : Hottonia palustris) ou des espèces exigeant une certaine humidité du profil. C'est, par exemple, le cas d'un carex (Carex brizoïdes) qui exige toujours une profondeur de décarbonatation supérieure à un seuil qui est, ici, compris entre 45 et 50 cm d'épaisseur.

I. C) Les sols correspondants

1. Station sur loess peu décarbonaté (station 17)

1.1. Etude stationnelle

a) Localisation : Forêt communale de Hatten. Parcelle forestière n° 17.

b) Topographie et substrat : Plaine loessique, substrat hétérogène, station inondable en hiver.

c) Végétation : Forêt de chêne pédonculé et de frêne. Le charme, l'aubépine et le noisetier se rencontrent çà et là. La strate herbacée est composée essentiellement du brachypode des forêts (Brachypodium silvaticum), de l'arum (A. maculatum), de la circée de Paris, du gléchome faux lierre et du laurier jaune. Deux carex (C. remota et C. silvatica) s'y rencontrent également fréquemment.

d) Description morphologique du profil :

A₁ (0 - 10 cm) :

- Hydromull argilo - limoneux.

- Structure grumeleuse et couleur brun - foncé.
- On observe, à la base de l'horizon, quelques plages rouilles diffuses.
- Présence de nombreux vers de terre (Lombrics).
- Feutrage dense de racines.

A_{lg} (10 - 20) :

- Texture argileuse.
- Structure grumeleuse moins construite que précédemment.
- Couleur brun - clair. Présence de concrétions noirâtres.
- Présence de racines.
- Consistance plastique (à l'état humide) et compacte (à l'état sec).

B_g (20 - 40) :

- Texture argileuse.
- Concrétions noirâtres.
- Taches rouilles nombreuses et bien individualisées ; çà et là on observe des taches verdâtres.
- Racines moins nombreuses.
- Consistance collante.
- Pas de calcaire

C_{G0}^{ca⁺⁺} (40 - 70) :

- Loess calcaire de texture limono - argileuse.
- Couleur jaunâtre parsemée de nombreuses taches gris - beiges (texture sablo - limoneuse) et verdâtres.
- Zone de précipitation calcaire (nodules calcaires de dimensions variables : 1 mm à 20 mm).
- Racines pourries
- Veinules noirâtres.

e) Analyse de caractérisation (cf. p. 32)

1.2. Commentaire et conclusion

- Humus de type hydromull acide (pH = 5,6) et actif (C/N = 10).
- Quasi-saturation du complexe absorbant de tous les horizons.
- Les maximums de teneurs en fer libre et en argile se situent en B_g où le C/N est bas. Il n'y a donc pas de complexation organo - minérale, migration et précipitation du fer en B_g. La forte teneur en fer de B_g peut être due à son individualisation sous forme de taches rouilles, phénomène lié à l'existence des battements de la nappe phréatique. Le fait que les maximums de fer et d'argile se situent en B_g, laisse également à penser à un processus de lessivage simultané des deux éléments. Au vu de l'hétérogénéité texturale du substrat, ce processus reste délicat à interpréter. Le type d'humus, sa structure, le taux de saturation (V) remarquablement saturé des horizons, l'évolution des matières minérales et enfin l'hydromorphie présente depuis l'horizon A_{1g}, confèrent à ce profil les caractères d'un sol brun fortement marmorisé sur loess peu décalcifié.

2. Station sur loess très décalcifiés

2.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Forêt communale de Rittershoffen. Parcelle n° 22.

b) Topographie et substrat : Dépression inondable en hiver. Sables + loess.

c) Végétation : Forêt de chêne pédonculé et de frêne où le charme est

 relativement fréquent. La différence essentielle par rapport à la station précédente porte sur le tapis herbacé : celui-ci est effectivement constitué d'un tapis très dense de carex brizoïdes ("crin végétal"), espèce calcifuge, qui occupe les terrains temporairement inondés sur substrat suffisamment

TABLE 1. CHARACTERIZATION OF LA STATION 17.

ANALYSIS OF PARTICULATE MATTER	ANALOGOUS TO THE FINE FRACTION FINE					SULPHOXIDES			EXTRACTION	
	Ca	Al	Si	S	Fe	Fe	Al	Si	Al	Si
(10-11)	22.9	21.7	19.8	9.1	16.0	6.0	5.5	2.5	.	.
(11-12)	23.2	21.3	20.9	9.1	16.8	9.5	6.5	3.5	.	.
(12-13)	24.0	21.7	23.1	10.4	17.8	13.0	6.5	4.0	1.2	8.6
(13-14)	17.9	16.1	18.6	8.6	11.6	9.5	3.5	3.5	0.8	6.6

ANALYSIS OF PARTICULATE MATTER	Ca	Al	S			N	H	C	C/N	H ₂ O	MO
			100%	100%	100%						
(10-11)	22.9	21.1	22.1	2.73	0.10	50.6	6.12	62.4	10.3	47	10.73
(11-12)	23.2	20.4	22.5	2.07	0.16	56.1	4.09	42.6	10.4	18	7.32
(12-13)	24.0	19.9	19.5	2.77	0.23	50.1	1.44	12.6	8.7	17	2.16
(13-14)	17.7	19.5	17.9	1.90	0.17	50.1	0.53	3.3	.	16	0.56

décarbonaté ou franchement acide. Au sein de ce gazon flexueux se rencontrent surtout le millet (Millium effusum) et l'oxalis (Oxalis acetosella).

d) Description morphologique du profil :
.....

A₁ (0 - 5 cm) :

- Hydromull limono - argileux. Structure grumeleuse bien construite (2 - 5 mm), parfois agglomérée en éléments plus grossiers, mais de structure toujours grumeleuse.
- Couleur noire. Présence de nombreux lombrics.
- Racines nombreuses. Pas de calcaire.

A_{1g} (5 - 15) :

- Horizon de même texture et structure que l'horizon sus-jacent, mais la couleur (brun - noirâtre) est mouchetée de taches rouilles (zones de précipitation du fer).
- Présence de racines. Pas de calcaire.

B_{1g} (15 - 35) :

- Horizon de même texture ; la fraction argileuse présente des facettes brillantes. Consistance plastique.
- Couleur rouille non uniforme.
- Présence de graviers de quartz (1 - 10 mm).
- Concrétions noirâtres non identifiables.
- Racines moins nombreuses. Pas de calcaire.

B_{2g} (35 - 50) :

- Horizon de même morphologie que précédemment ; toutefois, sa maléabilité est supérieure à celle de B_{1g}.

- Couleur rouille ; précisons qu'à l'état sec, ce rouille est plus marqué qu'en B_{1g}. Pas de calcaire et peu de racines.

B_{3g} (50 - 66) :

- Texture sablo - limoneuse. Structure massive.
- Couleur plus rouille (à l'état sec) que B_{2g}.
- Taches gris-beiges limoneuses.
- Présence de galets de quartz blancs.
- Présence de quelques concrétions noirâtres.
- Pas de calcaire.

B_{4g} (66 - 92) :

- Même morphologie que B_{3g}, mais la couleur rouille est plus prononcée.
- Les cailloux, plus nombreux, sont de taille et de nature diverses.
- Concrétions noirâtres plus nombreuses. Pas de calcaire.

II C_{can} (92 - 130) :

- Marnes calcaires avec des zones de précipitation locale du fer (taches rouilles) et du calcaire (nodules).
- Couleur jaunâtre mouchetée de taches gris-beiges et noirâtres.

e) Données analytiques (cf. tableau p. 36)

2.2. Commentaire

La différenciation morphologique de ce profil est la conséquence de l'hétérogénéité texturale du substrat. En surface, la couverture argilo - limoneuse prédomine; alors qu'en profondeur la texture grossière devient plus importante. Enfin, en II C ca⁺⁺, nous avons les marnes calcaires.

- L'humus de type mull à faciès hydromorphe présente - au vu des résultats analytiques - des caractéristiques favorables à la formation et au maintien d'une structure agrégée. Il s'agit, en ce qui concerne ces propriétés, du rapport C/N (de 9 à 11) et du taux de saturation V (79 à 84 %) qui est saturé en profondeur. Nous avons volontairement subdivisé l'horizon humifère en deux parties. La partie supérieure, peu épaisse (0 - 5 cm) et la partie inférieure mieux développée (5 - 15 cm) ont toutes la même structure grumeleuse ; mais l'horizon inférieur est plus sensible aux fluctuations du niveau de la nappe phréatique, témoins les traces d'oxydation du fer (taches rouilles). L'hydromorphie se manifeste ici donc, dès les cinq premiers centimètres (à partir de A_{1g}).
- Les minéraux altérés extraits à la sonde, ont des teneurs en Al, Si élevées dans les horizons B_g. L'évolution de l'argile, du fer et de l'aluminium libres sont à mettre en rapport avec l'hétérogénéité des matériaux de cette station.
- Le type d'humus, hydromull actif et acide (pH = 4 à 5), l'évolution des matières minérales, les nombreuses traces d'hydromorphie et la morphologie générale du profil nous font rattacher ce sol au type brun fortement marmorisé.

3. Station 34

3.1. Etude stationnelle

a) Localisation : Forêt communale de Hatten. Parcelle n° 34,
.....

b) Topographie et substrat : Chenal temporaire d'un ruisseau très évasé ;
.....
substrat loessique remanié, calcaire dès les vingt cinq premiers centimètres.

c) Végétation : Aulnaie presque pure où l'orme de montagne (Ulmus montana) et le frêne sont rares. Tapis de fougères très denses, surtout

ANALYSE DE LA COMPOSITION DE LA STATION 22.

PROFONDÉUR DE LA STATION	COMPOSITION DE LA FRACTION FINE					SÉQUOXYDES LIBRES			EXTRACTION SOUDE	
	g	LF	LG	SF	SO	FF	AL	SI	AL	SI
81 (0-1)	20.9	32.3	15.7	5.0	10.2	11.5	7.5	4.0	0.8	7.6
81g (0-1)	30.0	10.7	16.7	6.3	12.9	13.5	8.2	0.2	1.2	9.2
81g (10-1)	17.0	22.7	16.0	3.1	23.6	14.0	7.0	4.0	.	.
81g (15-1)	17.2	20.9	14.2	9.6	30.8	10.0	5.5	4.0	1.2	8.6
81g (20-1)	19.3	15.5	15.0	12.3	41.5	11.0	3.2	2.2	1.0	6.1
81g (30-1)	25.0	13.6	20.1	11.0	40.8	10.5	3.2	3.0	1.0	7.6
1100 (10-1)	17.0	16.0	26.5	3.4	5.3	12.5	3.5	2.5	0.4	4.0

PROFONDÉUR DE LA STATION	pH	T° 1000	S 1000			V 5/1 1000	H %	C %	C/A	H2O 10000 %	MO %
			CA	S	r						
81 (0-1)	9.7	11.5	21.7	2.63	0.99	7.10	6.25	70.0	11.1	24	12.04
81g (0-1)	9.0	17.2	20.0	2.35	0.29	34.0	4.04	37.8	9.3	22	6.50
81g (10-1)	9.3	12.4	15.7	1.07	0.27	56.1	1.30	11.7	7.3	21	2.01
81g (15-1)	9.7	14.0	14.2	1.35	0.22	55.1	0.65	4.3	6.0	13	0.73
81g (20-1)	9.7	10.0	3.8	1.01	0.14	56.1	0.37	2.3	6.2	10	0.39
81g (30-1)	7.7	9.5	9.6	1.06	0.15	57.1	0.26	0.6	.	12	0.10
1100 (10-1)	7.1	14.6	17.3	1.00	0.30	56.1	0.26	6.9	.	24	0.15

formé par la rarissime Dryopteris thelypteris A. Gray renfermant divers carex (C. gracilis, C. elongata, C. remota, ...) et Solanum dulcamara.

d) Description morphologique du profil :
.....

A₁ (0 - 10 cm) :

- Anmoor en période humide et hydromull en saison sèche.
- Texture argilo - limoneuse. Consistance plastique.
- Racines nombreuses. Présence de lombrics.
- Pas de calcaire. Couleur noire .

A_{1g} (10 - 25) :

- Horizon assez semblable, mais talus clair et moucheté de taches rouilles.
- Texture légèrement moins argileuse.
- Racines moins nombreuses.

G₀Ca₁ (25 - 35 cm) :

- Horizon calcaire sablo - limono - argileux de consistance plastique et collante.
- Couleur gris rouille parsemée de taches gris beiges.
- Encore des racines.

G₀Ca₂ (35 - 55 cm) :

- Horizon calcaire de mêmes caractéristiques physiques, mais de couleur gris beige mouchetée de taches noirâtres.
- Présence de concrétions ferrugineuses.

G_r Ca (inf. 55 cm) :

- Gley loessique localement oxydé, de consistance collante et compacte, calcaire.
- Couleur gris verdâtre à quelques taches rouilles et noirâtres.
- Présence de nodules calcaires arrondis.

e) Analyses de caractérisation (cf. p.39)

3.2. Commentaire et conclusion

Humus de type anmoor modérément acide (pH 6) et actif ($C/N < 11$). Quasi saturation du complexe absorbant de tous les horizons. En été, nous avons observé que l'hydromull a une structure bien agrégée, contrairement à ce qui se passe en hiver. Nous constatons donc que la structure de l'humus est soumise aux conditions variables du pédoclimat de la station. La connaissance parfaite de la durée de chaque période (saturation par l'eau et dessiccation du profil) est d'un intérêt primordial pour la compréhension des processus d'humification et de ce fait, d'une analyse plus fine des mécanismes pédogénétiques dominants. La forte épaisseur de l'horizon G_0 (25 - 55 cm) révèle l'importance de l'amplitude de la nappe phréatique.

Nous sommes étonnés par la proximité de l'horizon calcaire (à 25 cm de profondeur) alors qu'il est profond (à 120 cm de profondeur) sous un peuplement de chênaie distant de quelques mètres de la station 34. Ce fait serait probablement à mettre en rapport avec l'apport de matériaux plus riches en cet élément.

Le type d'humus, anmoor eutrophe à $C/N < 13$, les conditions pédoclimatiques (hydromorphie temporaire), l'évolution de la matière organique (14 % m. o. en A_1 et 13 % en A_{1g}) et la morphologie du profil ($A G_0 G_r$) permettent de dire qu'on a affaire à un sol humique à gley calcaire.

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF LA SECTION 34.

ANALYSIS of PROPAGATED L.A.	GRAVEL FRACTION					SEMI-SOLID FRACTION			EXTRACTION SOLUBLE	
	Wt %	LF	LG	SF	SG	FF	AL	SI	AL	SI
01 (1-1)	11.0	10.9	11.3	13.0	20.5	9.5	6.2	3.2	1.1	8.6
01g (1-2)	19.1	17.5	11.2	13.0	20.4	12.5	7.0	4.0	1.0	8.4
000A1 (2-2)	10.0	6.9	9.2	10.1	34.8	12.5	4.0	3.0	0.2	4.4
000A2 (3-2)	7.0	7.2	15.9	17.2	20.5	5.5	2.0	2.5	0.4	3.4
020A1 (2-2)	11.0	12.2	23.0	13.5	16.0	7.0	2.5	3.0	0.4	3.6

ANALYSIS of PROPAGATED L.A.	PI	I % 100%	S % 100% D.F.			C % 110	H % A.P.	C % P.F.	C/H	H2O 1050C %	MO % A.S.
			SA	S	SI						
01 (1-1)	0.0	17.1	20.7	1.70	0.10	32.7	7.57	81.6	10.7	48	14.03
01g (1-2)	0.0	12.7	20.7	1.70	0.09	30.4	5.13	70.4	12.1	39	13.48
000A1 (2-2)	7.1	0.0	33.9	0.29	0.05	58.1	0.75	8.0	9.4	14	1.37
000A2 (3-2)	0.0	5.5	30.6	0.31	0.06	57.1	0.24	1.2	.	0	0.20
020A1 (2-2)	0.0	7.2	33.0	1.07	0.06	58.1	0.32	2.3	.	13	0.39

Chapitre 3 : LES STATIONS SUR SABLES

I) Sables blancs pliocènes bien drainés

I. A) Géomorphologie

Nous avons déjà dit que les sables pliocènes ou quaternaires occupent une grande partie de la Forêt de Haguenau. Indépendamment de l'épaisseur de ces substrats, la topographie détermine aussi des types de structures géomorphologiques. Les variations que l'on observe au niveau de ces structures, concernent également les teneurs en matières minérales fines (argile et limon) qui ont une part importante dans le bilan hydrique des stations. Rappelons que c'est le facteur bilan hydrique, qui est à la base d'une ségrégation de la végétation sur les sables bien drainés.

I. B) Végétation

Elle est essentiellement formée de forêts de résineux (Pin sylvestre) ou de forêt mixte (Pin - Hêtre) lorsque l'humidité est suffisante sans être excessive. Quand le substrat est moins frais, le chêne sessile trouve des conditions écologiques favorables qui lui permettent de s'installer. Le tapis herbacé est généralement formé par des espèces acidifiantes (canche flexueuse, myrtille) ; mais il est souvent assez pauvre. Les traitements forestiers et les actions anthropiques pourraient, en partie, en être tenus pour responsables.

I. C) Les sols correspondants

1. Station 89 a : Forêt indivise

1.1. Etude stationnelle

a) Localisation : Route Haguenau - Soufflenheim - Parcelle 89 a.

b) Topographie et substrat : Plateau sableux, entaillé par des vallées

 encaissées par l'Eberbach (au Nord) et le Brumbach (au Sud). Substrat
 argileux à partir de 5 m en profondeur (observation d'une carrière dans
 le secteur).

c) Végétation : Elle est constituée de Pineraie presque pure dont le cortège

 floristique se compose de Canche flexueuse, Fougère aigle, Bourdaine,
 Myrtille. On trouve çà et là quelques pieds de Hêtre et de Chêne sessile.

d) Description morphologique du profil :

A_0/A_1 (0 - 10 cm) :

- Mor-moder sableux,
- Structure particulière friable,
- Présence de graviers et de cailloux,
- Couleur noire,
- Racines nombreuses.

A_1 (10 - 30) :

- Horizon de texture sableuse + graviers de taille et de nature diverses,
- Structure particulière friable,
- Couleur brun -chocolatée qui rappelle l'horizon A_1 de la station 50
 située en milieu hydromorphe.
- Racines nombreuses.

B (30 - 52) :

- Même texture que $A_1 - 1$, mais la couleur est brun - rouille.
- Sables plus grossiers.

- Structure particulière friable.
- Çà et là on observe quelques vieilles racines pourries et quelques taches dont la morphologie rappelle l'horizon sous-jacent (A_1 -).

C_1 (52 - 66) :

- Texture sableuse grossière. Les graviers sont plus nombreux à partir de 60 cm,
- Ici, les graviers et les cailloux de nature ferromanganique et manganosiliceuse, ont la particularité d'offrir une coloration qui fait penser à la "couleur de peau de panthère" ; remarquons à ce sujet que cette particularité est peut-être à l'origine d'une production, plus forte, de minéraux libres (fer notamment : 4,5 % Fe) dans un horizon C aussi profond),
- Couleur : sables roses délavés.

C_2 (66 cm et +) :

- Même texture que C_1 , si ce n'est que les sables (blanchis ici) et les graviers (moins nombreux),
- Galets de quartz et de grès très altérés. Cette altération explique, en partie, la teneur relativement élevée (2,5 % Fe) en fer dans cet horizon

e) Analyse de caractérisation (cf. tableau p. 43)

1.2. Commentaire

Le type d'humus (mor - moder actif $C/N < 30$), le pH acide (3 à 4,5) des horizons, l'évolution croissante, de bas en haut, de la fraction argileuse, la diminution du C/N avec la profondeur, l'accumulation importante d'Aluminium libre en B et enfin la morphologie du profil, sont des indices d'un sol ocre podzolique.

ANALYSIS OF SAMPLES FROM THE LA SALLE CO. PA.

SAMPLE NO. P. 207-100 L. 100	GROUND LIME FINE LA FRACTION FINE					SESOUIOXIDES LIBRES % M.S.			EXTRACTION SOUD % M.S.	
	Ca	Al	LO	SF	So	FF	AL	SI	AL	SI
207-1 (1-10)	4.	2.0	1.9	12.4	71.3	7.0	1.8	1.5	0.8	3.6
207-1 (1-20)	3.0	2.3	2.0	13.1	69.6	7.0	2.0	1.0	0.6	4.0
207-1 (1-30)	3.1	2.0	1.7	15.6	79.7	5.5	3.5	2.0	0.8	3.2
207-1 (1-40)	1.2	0.6	1.2	10.9	75.2	4.5	2.5	2.5	0.4	4.0
207-1 (1-50)	0.9	0.5	0.7	5.2	35.1	2.5	1.0	2.2	0.0	3.6

SAMPLE NO. P. 207-100 L. 100	Fe	P % 1000	S 100g P.P.			K % *100	N % P.P.	C % P.P.	C/N	H2O 1050C %	MO % M.S.
			Ca	Mg	P						
207-1 (1-10)	0.00	0.08	0.7	0.06	0.05	0.5	1.76	40.0	22.7	11	6.88
207-1 (1-20)	0.00	0.07	0.9	0.05	0.02	11.8	0.58	10.2	17.5	7	1.75
207-1 (1-30)	0.00	0.05	0.9	0.02	0.02	13.0	0.40	4.9	12.2	4	0.84
207-1 (1-40)	0.00	1.4	0.9	0.02	0.01	30.7	0.15	1.3	.	1	0.22
207-1 (1-50)	0.	1.4	0.9	0.01	0.01	43.0	0.15	0.1	.	0	0.01

2. Station 89 : Forêt domaniale

2.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Parcelle forestière n° 89 (Route d'Esbach).

b) Topographie - Substrat : Sables pliocènes. Milieu de pente faiblement incliné (2°).

c) Végétation : Peuplement mixte (Hêtre - Pin) à litière de feuillus prédominante. On y observe le Chêne sessile et la Canche flexueuse.

d) Description morphologique du profil :

A₀ (0 - 7) :

- Moder sableux. Grains de sable blanchis. Structure particulière friable.
- Couleur noire. Chevelure racinaire dense.

A₁ (7 - 10) :

- Horizon de texture sableuse.
- Structure particulière, moins friable que A₀.
- Couleur brun - chocolatée.
- Racines nombreuses.

(B) (10 - 40) :

- Texture sableuse + galets de quartz.
- Couleur brune.
- Structure particulière.
- Racines moins nombreuses.

TABLE 5. CHARACTERISTICS OF LA STATION 29.

GRADES or PROF. OF CUT C.C.	GRADE LEVELS EXTRACTION FIB					SESQUIOXIDES LIBRES 4.5.			EXTRACTION SOUL 10.5.	
	S	IF	LO	F	CG	IF	AL	SI	AL	SI
(0-7)	7.0	0.9	2.2	4.0	70.5	7.5	1.0	1.0	0.4	5.2
(7-10)	2.3	2.3	1.8	5.5	82.1	5.0	1.0	1.5	0.4	4.4
(10-16)	2.0	2.7	2.1	5.7	80.6	3.5	4.0	2.0	0.6	4.4
(16-20)	1.0	0.7	1.9	7.8	82.5	1.5	1.5	2.0	0.2	2.4
(20-25)	0.5	1.1	1.4	15.1	83.7	1.5	1.0	1.5	0.1	3.3

GRADES or PROF. OF CUT C.C.	Wt	W 100g of S.	S 100g M.F.			V 3/1 % 100	L %	C %	C/W	120 10500 %	MO %
			Ca	S	P						
(0-7)	1.1	14.2	1.1	0.14	0.19	16.0	3.47	25.2	24.5	24	14.65
(7-10)	1.1	5.6	0.5	0.06	0.05	11.5	0.31	15.8	19.5	7	2.71
(10-16)	3.7	2.0	0.4	0.03	0.01	16.9	0.45	5.7	12.6	5	0.98
(16-20)	1.0	0.5	1.0	0.65	0.01	.	0.13	0.2	.	0	0.03
(20-25)	4.1	0.2	0.4	0.02	0.00	.	0.15	0.1	.	0	0.01

(B)/C (40 - 93) :

- Même texture que l'horizon sous-jacent précédent. Précisons que les cailloux (2 - 3 cm) deviennent plus nombreux et plus grossiers (œci rappelle les dépôts pliocènes (cf : G. Morel, 1970).
- Horizon blanchi progressivement vers la base.
- Couleur brun - claire. Racines moins nombreuses.

C (93 à 150 et +) :

- Même texture que B/C, mais les sables sont blanchis (il s'agit -selon Geissert, comm. orale - des sables pliocènes) et les éléments caillouteux moins nombreux.
- Présence de quelques racines.

e) Analyses de caractérisation (cf. tableau p. 45)

2.2. Commentaire

Le type d'humus, l'évolution des sesquioxydes libres et des minéraux fortement altérés, la dynamique de l'Aluminium et l'évolution du fer et de l'argile, nous permettent de classer ce sol parmi les sols ocres podzologiques. Le "ventre" pour l'Alumine libre se situe en (B) où l'on note également un maximum pour les minéraux altérés extraits à la soude (0,6 ‰) d'Al contre 0,4 ‰ en A₀, A₁ et 0,1 ‰ en C).

3. Station 73.

3.1. Etudes stationnelles

- a) Localisation : Parcelle forestière n° 73 (Route des Juifs, près de la Maison Forestière d'Eberbach).

b) Topographie et substrat : Plateau faiblement incliné vers l'Eberbach

 à l'Ouest et le Brumbach à l'Est. Sables pliocènes bien drainés.

c) Végétation : Le Pin sylvestre constitue le peuplement dominant. Ça et

 là se trouvent quelques pieds de Chêne sessile, d'Epicéa, de Hêtre et
 de Bourdaine. La flore herbacée est formée de Canche flexueuse, de
 Fougère aigle, de Myrtille et du Chèvrefeuille des bois (*Lonicera peri-*
clymenum). Précisons que la Bourdaine, comme la Surelle, se rencon-
 tre dans des milieux de signification écologique différente (milieu hy-
 dromorphe et milieu bien drainé).

d) Description morphologique du profil :

A_0/A_1 (0 - 11 cm) :

- Moder sableux.
- Couleur noire, petits grains de quartz délavés.
- Structure particulière friable.
- Chevelu racinaire dense.

A_1 (11 - 20) :

- Horizon de texture sableuse.
- Structure particulière friable.
- Couleur brun foncé, fer plus important.
- Grains de quartz délavés.
- Racines nombreuses, mais ici, elles sont plus développées qu'en A_0/A_1 .

(B) (20 - 35) :

- Texture sableuse.
- Couleur brune (mais cette teinte rappelle celle de l'horizon homologue
 de la station 89 a₁, lequel horizon reste néanmoins peu foncé).

- Structure particulière ; grains de quartz entourés d'oxydes bruns.
- Galets de quartz + autres éléments caillouteux de taille et nature diverses.
- Racines nombreuses.

(B)/C (35 - 45) :

- Texture sableuse.
- Couleur brun - clair, plus clair vers la base.
- Structure particulière.
- Présence de quelques racines.

C (> 45) :

- Texture sableuse (sables blancs pliocènes) + quelques lentilles sablo-limoneuses, dues à l'état frais, friables à l'état sec.

e) Analyse de caractérisation (cf. tableau p. 49)

3.2. Commentaire

L'humus moder acide (pH = 3,5) a une activité minéralisatrice faible (C/N = 24). Par contre, l'horizon d'accumulation organique (A₁) offre un pouvoir minéralisateur plus élevé (C/N = 17,4). Il semble (Ovchinnikov, 1965 ; Duchaufour, 1970) que cette activité biochimique en A₁ est liée au type de composés humiques qui s'y trouvent, composés définis par le type d'azote (azote aminé) qu'ils contiennent.

La morphologie de ce profil rappelle le sol ocre podzolique de la station 89 a (Forêt résineuse) où la tendance ocreuse est peu prononcée. Les analyses de caractérisation mettent en évidence une altération croissante de bas en haut pour les minéraux amorphes extraits ^{du} ~~du~~ réactif combiné. Cependant, la faible teneur en fer libre (en A₀/A₁) est probablement le résultat d'une pollution éolienne d'un matériau pauvre en fer.

TABLEAU DE CARACTÉRISATION DE LA STATION 73.

CONCENTRÉS DE PROGÉLÉOLINE EN G.	GRAFFIOMÉTRIE DE LA FRACTION FINE					SESQUIOXYDES LIGÉS % I.S.			EXTRACTION BOUR % I.S.	
	1	2	3	4	5	FE	AL	SI	AL	SI
	0.1	0.2	0.5	1.0	2.0					
(1-11)	0.5	0.0	1.9	0.8	73.1	2.5	1.0	0.5	0.4	3.4
(11-20)	1.	2.3	0.4	4.2	86.2	4.5	1.5	1.0	0.4	3.6
(20-30)	1.5	3.3	1.2	5.5	85.1	3.0	2.5	1.0	0.5	4.0
(30-40)	2.1	1.2	0.7	3.1	87.3	2.5	4.0	2.0	0.6	3.2
(40-50)	1.7	0.6	0.4	5.3	92.9	2.0	1.0	1.5	0.0	2.4

CONCENTRÉS DE PROGÉLÉOLINE EN G.	C2	F 1000 %	S 1000 % F.			M 5/1 100	F %	L %	C/L	H2O 1050C %	MO %
			C2	g	%						
(1-11)	3.7	10.0	0.7	0.66	0.09	5.0	2.41	50.0	24.0	15	9.97
(11-20)	7.7	7.5	0.5	0.05	0.05	5.3	1.39	20.2	17.0	5	4.16
(20-30)	9.5	6.5	0.4	0.04	0.04	7.0	1.11	16.0	15.0	6	2.75
(30-40)	9.5	2.9	0.5	0.05	0.01	11.7	0.46	6.1	13.2	4	1.04
(40-50)	9.5	1.2	0.3	0.02	0.01	27.5	0.39	0.05	.	0	0.00

Les courbes de répartition des matières fines minérales font ressortir un léger "ventre" pour l'argile en (B) et pour l'Aluminium en B/C. La dynamique des deux éléments nous semble être sous la dépendance de processus différents.

Le type d'humus, la coloration ocracée de l'horizon (B), l'évolution des fractions fines minérales et surtout la dynamique caractérisée de l'Aluminium ($K_{Al} = 3,3$) font de ce profil un sol ocre podzolique.

II. Sables quaternaires reposant sur l'oligocène marneux peu profond

Les teneurs en argile des substrats sableux, dépassent rarement 7 à 8 %. Cependant, ce seuil peut être dépassé (> 8 %) sur certains substrats sableux reposant sur les marnes oligocènes. Dans ces conditions, nous assistons à des variations pédoclimatiques importantes. Ces variations concernent notamment le bilan hydrique. Il en résulte des modifications au niveau du peuplement végétal le type de peuplement rencontré est la hêtraie - chênaie - charmaie à litière "améliorante".

II. A) Données géomorphologiques

La station est à mi versant, au pied d'un plateau faiblement incliné (1 - 3°). Le substrat est sablo - argilo - limoneux dans les horizons de surface (A_1) et les horizons B_g , plus profonds. Le support de ces matériaux est le substratum oligocène (marnes).

II. B) Végétation

La végétation est aujourd'hui constituée de chêne pédonculé et de hêtre. Le charme s'y trouve associé. Çà et là se dressent peu majestueusement, quelques pieds de chêne rouvre (Quercus sessiliflora). La strate arbustive est essentiellement formée de bourdaine (Rhamnus frangula). Il semble (comm. orale de Mr Muller, M.F. de Mattsthal) que le peuplement ligneux atteint 140 à 160 ans

et que certains chênes sont plus âgés.

La flore herbacée se compose d'espèces indicatrices de conditions favorables à l'activité biologique. Il n'y a pas accumulation de matière organique non décomposée. Parmi les espèces "améliorantes" nous pouvons citer : Circea lutetiana, Lamium galeobdolon, Glechoma hederacea, Brachypodium silvaticum, Millium effusum, Fraxinus excelsior, Oxalis acetosella.

II. C) Les sols correspondants

1. Station 127 b

1.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Parcelle forestière n° 127 b. Route Haguenau - Mertzwiller

b) Description morphologique du profil :

A₁₁ (0 - 10) :

- Mull sablo - argileux, légèrement limoneux.
- Matière organique bien incorporée à la fraction minérale.
- Présence de lombrics et de mille pattes.
- Structure grumeleuse bien construite.
- Couleur brun foncée.
- Galets de taille et de nature diverses.
- Racines nombreuses.

A₁₂ (10 - 20) :

- Même texture que l'horizon sus-jacent, mais ici les cailloux sont plus grossiers. Galets de quartz (peu altérés), de grès (très altérés).
- Structure grumeleuse ; friable à l'état sec.

- Couleur brune uniforme parsemée de quelques taches rouilles foncées (zones locales de précipitation du fer).
- Racines moins nombreuses que précédemment.

Bg₁ (20 - 40) :

- Texture plus argileuse que A₁₂ ; les galets de grès semblent plus nombreux et plus altérés ; concrétions noires d'oxydes manganiques.
- Tendance au durcissement, mais reste moyennement friable.
- Couleur gris foncée à gris noire ; présence de taches noirâtres (probablement éléments gréseux très altérés ou anciens canaux racinaires).
- Présence de racines.

Bg₂ (40 - 70) :

- Horizon suintant le jour du prélèvement (remontée de la nappe phréatique)
- Texture sableuse plus grossière ; cailloux et galets sont plus grossiers.
- Couleur gris claire marquant une limite nette avec Bg₁ sus-jacent.
Plages rouilles à l'état sec.
- Pas de tendance au durcissement ; meuble.
- Présence de racines.

II Cg₁ (70 - 170) :

- Horizon marquant une discontinuité texturale nette (marnes oligocènes décarbonatées).
- Présence de graviers, de racines dispersées.
- Couleur rouille non uniforme ; plages verdâtres (Fer réduit (Fe⁺⁺) insoluble) et taches noirâtres. Ces taches semblent être du grès très altéré.

II Cg₂ (inf. à 170) :

- Marnes gris verdâtres ; présence de nodules calcaires et de quelques galets de quartz. Matériau collant.

c) Analyses de caractérisation (cf. p. 54)

1.2. Commentaire et conclusion

- Nous sommes en présence d'un profil hétérogène constitué par la superposition de deux substratums, sableux en surface et marneux à partir de 40 cm.
- Humus de type mull grumeleux acide (pH = 5,3). Evolution parallèle des teneurs en fer libre et en argile dans les horizons de surface (A_1 et Bg_1). Nous constatons quelques indices d'altération des argiles en Bg_1 (augmentation de la teneur en Al (0,8 %) extrait à la sonde) et en Bg_2 (baisse de la capacité d'échange cationique). Les sesquioxydes libres (Al, Fe) ont des teneurs élevées en II Cg_1 où le pourcentage d'argile est maximum ; ceci est à mettre en rapport avec le type de matériau (marnes).
- Faible teneur en eau (H_2O 105° C) de II Cg_1 .

La discontinuité texturale du profil, le type d'humus et l'évolution des matières minérales nous autorisent à considérer ce sol comme un sol brun à pseudogley primaire.

III. Les sables mal drainés

III. A) Géomorphologie

Ici, le facteur eau joue un rôle de premier plan. Les stations mal drainées sont, soit des substrats sableux soumis à de fortes amplitudes de battement de la nappe, soit des stations à position topographique en cuvette. L'hydromorphie temporaire ou permanente résulte, soit d'un drainage des versants latéraux, soit d'une remontée de la nappe d'eau. Les conditions réductrices y sont fréquentes. Il faut également ajouter d'autres conditions géomorphologiques peu favorables au drainage des eaux ; ce sont les substrats marno - sableux et les anciens chenaux.

TABLE 1. CHARACTERIZATION OF LA STATION 127B.

ANALYSIS OF PROPORTION (%)	GRAVIMETRIC OF LA FRACTION FINE					SESQUIOXIDES LIBRES M.G.			EXTRACTION SOUDE % M.S.	
	A	LF	LG	SF	SG	FT	AL	SI	AL	SI
A1 (1-10)	10.0	7.0	2.0	10.9	63.1	7.5	2.0	2.0	0.6	3.3
A2 (11-20)	9.1	5.0	2.2	9.1	72.5	7.0	2.0	1.5	0.6	3.4
g1 (21-30)	10.0	6.2	3.7	13.0	69.0	6.0	3.2	2.5	0.6	4.4
g2 (31-40)	9.0	2.2	2.1	12.0	76.6	6.5	3.5	2.5	1.0	4.6
110g1 (41-50)	30.0	20.0	3.0	4.0	10.0	32.5	5.5	3.1	1.8	3.8
110g2 < 100	10.7	50.9	5.4	1.1	0.6	17.0	3.5	4.5	0.6	5.6

ANALYSIS OF PROPORTION (%)	Fe	P 1000 M.F.	S 1000 M.F.			V S/F *100	H %	C %	C/A	H2O 105DC %	MO % M.S.
			Ca	g	F						
A1 (1-10)	9.0	10.1	5.0	0.53	0.16	50.3	2.23	31.8	14.2	17	5.46
A2 (11-20)	9.7	5.0	4.2	0.90	0.95	79.0	0.39	11.6	13.0	9	1.99
g1 (21-30)	9.0	6.3	4.5	0.61	0.00	37.1	0.52	4.5	8.6	10	0.77
g2 (31-40)	9.0	2.0	2.0	2.40	0.06	20.0	0.28	1.4	5.0	7	0.24
110g1 (41-50)	9.5	11.9	15.7	3.34	1.13	32.1	0.64	3.6	.	18	0.61
110g2 < 100	7.5	17.8	35.7	4.91	0.79	50.1	0.57	3.3	.	35	0.56

III. B) Végétation

Lorsque les sables sont soumis à des battements de nappe fréquents, la végétation observée est constituée de bouleau pubescent et verruqueux, de pin sylvestre, mais surtout de molinie, indicatrice fidèle de la persistance de l'hydromorphie. On y trouve parfois aussi la fougère aigle qui tend à la monospécificité parmi les espèces du tapis herbacé (station 50).

Dans les cuvettes ou dans les anciens bras morts de rivière, le type physiologique de végétation est l'aulnaie. Dans ces aulnaies, l'activité biologique est favorisée par la présence d'une microflore aérobie et anaérobie. Nous avons constaté qu'il n'est pas rare d'observer différents types morphologiques d'humus suivant les saisons (hydromull en été et anmoor en hiver).

La strate herbacée des aulnaies est surtout formée de diverses laiches dont le Carex elongata, du prêle d'hiver (Equisetum hiemale), d'iris jaune (Iris pseudacorus), mais aussi de surelle.

Dans les pages qui suivent, nous présenterons les stations soumises aux conditions d'hydromorphie temporaire ou persistante.

III. C) Les sols correspondants

1. Station 28

1.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Forêt domaniale. Parcelle forestière n° 28.

b) Topographie et substrat : Plateau sableux faiblement incliné vers la Zinsel du Nord à l'Est. Substrat soumis à de fortes amplitudes de battement de nappe phréatique.

c) Végétation : Pîneraie - hêtraie avec Vaccinium myrtillus, Deschampsia flexuosa, Ilex aquifolium, Pteridium aquilinum.

d) Description morphologique du profil :

A_{00} (0 - 1 cm) :

- Litière mixte (feuillus + résineux) en décomposition.

A_0 (1 -10) :

- Mor - moder sablonneux.
- Structure fibreuse. Matière organique non incorporée à la matière minérale essentiellement constituée de grains de quartz blanchis.
- Couleur noire.
- Limite nette avec l'horizon sous-jacent.
- Présence de fins chevelus racinaires.

A_2 (10 - 16/25) :

- Horizon humifère appauvri en matière organique. Texture sableuse + cailloux de taille et de nature variées.
- Structure particulière.
- Limite nette mais sinueuse.
- Racines nombreuses.
- Couleur brun clair.

B_s (25 - 45) :

- Texture sableuse + cailloux de nature variée.
- Structure particulière friable.
- Couleur rouille.
- Limite non nette.
- Racines nombreuses dont certaines en voie de décomposition.

II A₂b (45 - 55 cm) :

- Texture sableuse + cailloux de taille plus grossière.
- Structure particulière friable à l'état sec.
- Limite non nette.
- Couleur gris claire parsemée de taches gris beiges. Présence de veinules rouilles qui semblent être du grès altéré.
- Racines présentes.

II B_{s1}b (55 - 75) :

- Horizon de texture sableuse.
- Couleur rouille. Tendance au durcissement qui n'est pas continu.
- Présence de concrétions noires.
- Présence de galets de grès très altérés. Sur ces galets on observe un "crépissage" de nature sablo- argileuse.
- Racines présentes, mais certaines sont en décomposition.
- Limite non nette.
- Cet horizon remonte souvent jusqu'à 40 cm près de la surface (ceci ne facilite pas l'interprétation des processus de pédogenèse car les risques d'erreur de confusion avec B_s sont possibles).

II B_{s2}b (75 - 160) :

- Texture sableuse.
- Couleur gris rouille à gris rose, mais à prédominance brun jaunâtre.
- Présence de lentilles sablo - limono - argileuses.
- Racines pourries au niveau des flots sableux grossiers.
- Structure poudreuse à l'état sec ; odeur particulière.

II Cb (160 - 190 et +) :

- Texture sableuse.

- Couleur : sables roses délavés.
- Çà et là on observe des plages de l'horizon sus-jacent.

e) Analyse de caractérisation (cf. p. 59)

1.2. Commentaire

La première remarque concernant ce profil c'est sa complexité morphologique. Précisons que le deuxième matériau à partir de II A₂b est plus gravionnaire que le matériau de surface. Deux niveaux distincts de processus pédogénétiques se dégagent. En surface, une pédogenèse "récente" est parfaitement décelable, témoins l'évolution du rapport C/N (= 31,3) de l'humus et des horizons A₂ (C/N = 22,4) et B_{s1} (C/N = 17,8). Il y a également lieu de rappeler qu'on assiste à une accumulation importante de bases échangeables en surface ; ceci explique la relative élévation du taux de saturation (V = 14 %) de l'horizon A₀₀ par rapport aux horizons A₀ (V = 4,4), A₂ (5 %) et B_{s1} (10,9 %).

En profondeur, l'édification d'horizons appauvris (II A₂b) et enrichis (II B_{s1}b) en sesquioxydes libres (Al, Fe) semble être sous le contrôle de mécanismes différents. Ces mécanismes, pensons-nous, sont plus anciens et plus importants que ceux qui s'exercent aujourd'hui dans la partie supérieure du profil.

Conclusion

Le type d'humus (mor moder inactif C/N = 31), l'évolution des éléments Fer et Aluminium, de la fraction argileuse, de la matière organique et les traces d'hydromorphie nous autorisent à considérer ce sol comme un podzo hydromorphe complexe.

2. Station 50 -----

2.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Parcelle forestière n° 50. Route des Juifs.

b) Topographie et substrat : Bas de pente ; station inondable ; substrat

 sableux. En profondeur se trouvent des sables rhénans rouilles verdâtres,
 riches en muscovite (mica blanc) ; nous les avons atteints à la tarière
 en faisant un sondage dans un fossé de drainage.

c) Végétation : Il s'agit d'un peuplement de pin sylvestre en mélange avec

 l'épicéa. Au dire du Chef de secteur forestier, Monsieur Titzenthaler,
 certains arbres auraient 93 à 100 ans. Le sous - bois est essentiellement
 formé de fougère aigle. Le tapis herbacé bien peu représenté, se compose
 de canche flexueuse et de myrtille. Ça et là se trouvent des individus
 isolés de chênes et de hêtres chétifs. Par contre, la fougère aigle se
 maintient confortablement.

d) Description morphologique du profil :

A₀ (0 - 15 cm) :

- Hydromor sableux.
- Structure fibreuse. Tendance plastique.
- Grains de quartz délavés + graviers quartzeux.
- Racines nombreuses.
- Horizon de couleur brun noire progressivement appauvri en matière organique vers la base.

Bh (15 - 25) :

- Texture sableuse + graviers quartzeux.
- Structure particulaire ; grains de sable enrobés de matière organique.
- Couleur brun foncée tirant sur le brun chocolaté foncé. Limite bien visible, mais à contours irréguliers.
- Racines nombreuses.
- Tendance à la compacité par rapport à A₀.

II C_{G0} (25 - 45 cm) :

- Texture sableuse. Les graviers deviennent ici, plus grossiers et plus nombreux.
- Couleur gris foncé avec taches rouilles. Limite nette avec l'horizon sus-jacent.

Inf. à 45 cm :

- Horizon non atteint.
- Les sables coulaient en raison de la remontée de la nappe phréatique. Nous avons cependant remarqué que les cailloux sont de plus en plus nombreux vers la profondeur.

e) Analyses de caractérisation (cf. p. 62).

2.1. Commentaire

- Profil complexe formé par la superposition de deux matériaux, l'un sablo - limoneux en surface et l'autre sableux et gravionnaire en profondeur.
- Humus de type mor humide et acide (pH = 3,3), C/N élevé (> 30). Horizon Bh moyennement humifère.
- La couleur brun foncée de Bh et les pellicules brunes autour des matières minérales, conduisent à penser qu'il y a eu complexation du fer, migration, précipitation et édification de cet horizon ; on y note un léger maximum pour l'argile.
- Le type d'humus, l'évolution des matières organiques et minérales, la morphologie du profil et enfin, le rôle joué par les battements de nappe, permettent de considérer ce sol comme un podzol hydromorphe.

ANALYSIS OF CONDENSATE FROM LA STATION 50.

DETERMINATION OF CONDENSATE ANALYSIS	GRAVIMETRIC ANALYSIS OF EXTRACTED FIB					SULFOXYDES LIBRES % M.S.			EXTRACTION SOUDE % M.S.	
	V	GF	LG	SF	SG	FF	AL	SI	AL	SI
80 (1-10)	1.0	6.1	5.2	13.0	50.8	2.0	1.5	1.0	0.2	7.2
70 (10-20)	7.0	6.1	4.9	13.0	62.9	2.0	3.5	1.0	1.0	4.0
110.0 (20-30)	5.0	5.8	5.5	14.0	67.6	2.0	4.5	2.0	1.2	3.8

DETERMINATION OF CONDENSATE ANALYSIS	V	T W TUBES % F.	S 1000 M.F.			N % 4.F.	C % 1.F.	C/A	H ₂ O 105DC %	MO % M.S.	
			Ca	Fe	P						
80 (1-10)	0.0	13.0	0.4	0.09	0.11	3.9	2.49	89.2	30.8	17	15.34
70 (10-20)	7.0	11.1	0.3	0.04	0.05	3.5	1.26	34.0	26.9	16	5.84
110.0 (20-30)	0.0	5.5	0.3	0.03	0.01	8.7	0.51	8.1	15.6	8	1.39

3. Station 89 b / 89 a 2

3.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Route Haguenau - Eschbach. Parcelle n° 89 b / 89 a 2.

b) Topographie et substrat : Plateau peu élevé. Sables pliocènes plus ou moins argileux en surface ; le substrat oligocène remanié et décalcifié à moins d'un mètre de profondeur. Station inondable.

c) Végétation : Il s'agit d'un pineraie hydromorphe dont le tapis herbacé est presque exclusivement formé de molinie. Ça et là on observe quelques pieds de bouleau pubescent. Les conditions asphyxiantes sont fréquentes dans la station.

d) Description morphologique du profil :

A₀ (0 - 6 cm) :

- Mor humide. Couleur noire.
- Consistance plastique en hiver. Grains de quartz blanchis, emprisonnés dans la matière organique construite sur le type fibreux.
- Feutrage dense de racines (peu développées).

A₁ (6 - 11) :

- Texture sableuse ; présence de galets de quartz et de grès de dimensions variables (1 - 2 cm).
- Structure particulière.
- Couleur gris - brun, mouchetée d'flots brun - foncés (zones de précipitation du fer en aérobiose). La morphologie de cet horizon rappelle l'horizon A₁ édifié sur des substrats sableux bien drainés.
- Racines nombreuses.
- Limite nette avec l'horizon sus-jacent.

A_2 (11 - 32) :

- Horizon de texture sableuse plus ou moins limoneuse. Présence de galets de quartz et de grès de taille variable (1 mm - 20 mm).
- Couleur gris claire (délavé). Présence d'anciennes cavités racinaires de couleur rouille.
- Racines peu nombreuses.

$Bg_m / II Cg_1$ (32 - 100) :

- Texture sableuse, légèrement limoneuse.
- Couleur gris beige avec des taches rouilles bien individualisées sont parsemées, par endroits, de taches roses de texture plus sableuse. Présence de concrétions noirâtres (probablement des oxydes ferro - manganiques). Matériau faiblement collant.
- Ça et là on observe des plages de texture sablo - limono - argileuse.
- Horizon suintant le jour du prélèvement.

$II Cg_1 / II Cg_2$ (100 - 110) :

- Texture plus argileuse.
- Structure massive.
- Couleur marquée par des taches rouilles qui, ici, sont plus nombreuses. Veinules noirâtres non identifiables.
- Sur les parties plus argileuses, on observe des particules brillantes non identifiables.
- Ça et là des taches d'oxydation du fer et des taches verdâtres (Fer réduit insoluble).

$II Cg_2$ (110 - 140) :

- Horizon dont la morphologie est la même que l'horizon sus-jacent. Toutefois, les particules brillantes sont plus discernables (muscovite).
- La présence du mica blanc n'est pas sans rapport avec le type génétique de matériau déjà défini (cf. 1^o partie : marnes oligocènes : couches à melettes).

e) Analyses de caractérisation (cf. p. 66)

3.2. Commentaire et conclusion

- Profil hétérogène : discontinuité texturale bien nette en profondeur.
- Accumulation importante de matière organique dans l'horizon A₀ (39,9 % m.o.) ; humus acide (pH : 3,6 à 3,9) ; le pH diminue avec la profondeur.
- Capacité d'échange élevée en A₀ (T = 49,94 ; colloïdes organiques) et dans les horizons profonds II Cg (T = 11,9 à 14,1 ; colloïdes minéraux).
- L'horizon A₂ blanchi a un C/N élevé (24,6) et une teneur en argile relativement élevée (> 8 %) par rapport à Bg_m/II Cg₁.
- Conclusion : Le type d'humus, la morphologie du profil (traces d'oxydation du fer, concrétions noirâtres), l'évolution des matières organiques et minérales et enfin, la discontinuité texturale des matériaux font de ce sol un sol podzolique à pseudogley.

4. Station 219 -----

4.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Forêt indivise. Secteur de Birklach. Allée du Rendel.

 Parcelle n° 219.

b) Topographie et substrat : Dépression fermée inondable. Sables plus ou

 moins argileux et limoneux en surface.

c) Végétation : Aulnaie avec quelques pieds de bouleau verruqueux (Betula

 verrucosa) et des faciès de prêle d'hiver (Equisetum hiemale). La flore herbacée se compose de Deschampsia caesp., Luzula pilosa, Iris pseudacorus, Molinia coerulea et Oxalis acetosella.

d) Description morphologique du profil :

ANALYSE DE CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION 093/80A2.

PROFONDEUR ET PÉRIODE M. S.	GRAVIMÉTRIE					SI SOULFOXYDES			EXTRACTION	
	%	LF	LG	SF	SG	LIBRES			SOUDÉ	
						SI	AL	SI	AL	SI
00 (0-5)	11.4	10.4	3.6	5.0	23.7	15.0	4.5	0.5	0.6	11.2
01 (5-11)	7.7	7.0	5.4	13.7	50.5	2.5	1.5	1.0	0.8	5.0
02 (11-21)	3.2	7.0	4.4	15.1	61.7	3.0	2.0	1.5	0.8	4.6
03 (21-32) <i>89 g/l g1</i>	5.7	5.0	4.2	16.3	70.4	2.5	1.5	1.5	0.5	4.4
04 (32-100) <i>92</i>	7.0	8.3	10.2	10.0	43.1	16.0	4.0	3.0	1.6	9.0
05 (100-210)	4.5	15.5	9.9	3.4	33.6	17.5	4.5	4.0	0.4	3.8

PROFONDEUR ET PÉRIODE M. S.	%	F 1000 M.F.	S 1000 M.F.			N S/T *100	H %	C %	C/H	H2O 105DC %	MO %
			CH	SH	S						
00 (0-5)	3.0	49.5	1.7	0.37	0.37	4.7	11.79	23.2	19.6	53	39.90
01 (5-11)	3.4	6.2	0.4	0.07	0.06	6.7	0.39	23.2	22.4	7	3.81
02 (11-21)	4.2	4.4	0.4	0.04	0.05	11.1	0.34	15.8	24.6	5	2.71
03 (21-32) <i>91 g/l g1</i>	4.9	1.5	0.4	0.04	0.02	25.7	0.22	9.8	3.6	1	0.13
04 (32-100) <i>92</i>	9.0	11.3	11.6	1.32	0.52	56.1	0.36	1.2	.	16	0.20
05 (100-210)	9.8	14.1	14.1	1.44	0.49	57.1	0.31	0.8	.	20	0.13

A₁ (0 - 21 cm) :

- Anmoor (hiver) ou hydromull (été) sablo - argileux.
- Structure grumeleuse. Couleur noire. Présence de lombrics.
- Racines nombreuses.

Ag (21 - 65) :

- Horizon de texture sablo - argileuse ; consistance plastique et matériau collant.
- Couleur rouille jaunâtre foncé. Zone de précipitation du fer.
- Présence de racines.

Ag / G₀ (65 - 68) :

- Horizon peu épais, sableux.
- Structure non construite.
- Couleur gris rouille uniforme parsemée de plages gris beiges de texture sablo - limoneuse.
- Peu de racines.

G₀ (68 - 90) :

- Texture sableuse.
- Consistance pâteuse.
- Couleur jaunâtre rouille (plus rouille que Ag/G₀ et plus clair que Ag où la teneur en fer libre est forte). Présence de graviers.

C₁₁ (90 - 130) :

- Texture sableuse.
- Structure non construite. Consistance pâteuse.
- Couleur gris - rose clair.
- Pas de racines.

C₁₂ (130 et +) :

- Texture sableuse.
- Couleur gris-beige à gris verdâtre clair.
- La coloration gris verdâtre serait à mettre en rapport avec l'approche des marnes oligocènes situées plus profondément ; ce qui confirmerait l'hypothèse de la position topographique en cuvette de la station

e) Analyses de caractérisation (cf. p. 69)

4.2. Commentaire et conclusion

- Humus modérément acide (pH = 5,9) et actif (C/N = 10,4). La couleur noire est le reflet de l'activité des microorganismes responsables de la synthèse des composés organiques mélanisants ; le taux de saturation V (= 69,3) y reste faible, début d'altération du complexe absorbant. L'accumulation superficielle des cations échangeables (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) nous semble être en rapport avec la biologie de la station (aulnaie à litière améliorante riche en Ca⁺⁺, Mg⁺⁺) et la physico - chimie (réserves minérales argilo - limoneuses plus importantes) des horizons de surface.
- Accumulation également importante d'argile et de minéraux amorphes (Fe₂O₃, Al₂O₃, Si) en Ag.
- pH basique de tous les horizons. En C₁₁ l'alcalinité est forte (pH = 8,3), la teneur en matière organique y est minimum (0,03 %) ; il est possible que ceci soit dû à l'appauvrissement en matière organique qui, il faut le rappeler, constitue la source des ions H⁺, et donc de l'acidité (organique).
- Le type de matériau (sables argilo - limoneux), l'importance des battements de la nappe phréatique (les phénomènes d'oxydo - réduction), la "bipolarité" de l'humus, le développement de A₁ (épaisseur >20 cm) et enfin l'évolution des matières minérales, confèrent à ce profil, les caractères d'un sol humique à gley (à anmoor mésotrophe).

RESULTS OF CHARACTERISATION OF LA STATION 219.

ANALYSES OF PROPAGANDA Etc.	GRAVIMETRIE DE LA FRACTION FIB					SILICOXYDES LIBRES			EXTRACTION SOUDÉ	
	A	LF	LV	SF	SG	% M.S.			% M.S.	
						FF	AL	SI	AL	SI
01 (0-1)	13.1	10.1	3.7	17.0	41.7	5.5	4.5	2.5	1.2	6.6
02 (21-55)	15.2	8.0	5.1	27.7	42.6	18.5	5.5	4.0	.	.
03 (105-05)	5.2	2.3	1.0	28.4	61.5	5.5	3.0	3.0	0.6	6.0
04 (108-50)	4.1	1.2	1.3	24.9	60.2	5.7	2.0	2.0	0.4	3.9
05 (10-150)	6.7	0.9	1.0	20.0	74.3	5.0	2.0	3.0	0.4	3.4
06 (10-10)	3.9	1.0	1.3	24.2	63.8	2.0	1.0	1.5	0.2	2.8

ANALYSES OF PROPAGANDA Etc.	Cm	I v 1000 %	S 1000 Mg.			v 5/1 *100	H %	C %	C/D	H2O 10500 %	MO %
			2	g	.						
01 (0-1)	6.7	10.3	19.2	1.70	0.10	95.3	7.70	80.4	10.4	42	13.82
02 (21-55)	7.1	3.2	10.7	1.10	0.10	56.1	0.77	6.5	8.4	14	1.11
03 (105-05)	7.1	0.2	4.0	0.62	0.04	50.7	0.32	2.0	6.2	5	0.34
04 (108-50)	7.4	1.7	2.7	0.91	0.05	50.7	0.26	0.8	3.0	2	0.13
05 (10-150)	4.0	2.4	1.9	0.32	0.04	94.1	0.18	0.2	.	2	0.03
06 (10-10)	7.5	2.0	2.2	0.41	0.04	50.7	0.21	0.9	.	1	0.15

5. Station 2 b

5.1. Etudes stationnelles

a) Localisation : Forêt domaniale. Parcelle forestière n° 2 b.

b) Topographie et substrat : Dépression avec réalluvionnement argileux en surface et en profondeur, le support pliocène sableux.

c) Végétation : Jeune pineraie hydromorphe. Le port des arbres est très défectueux. Le tapis herbacé est presque exclusivement formé de molinie disposée en touradons.

d) Description morphologique du profil :

A₀ (0 - 16 cm) :

- Hydromorfe argileux.
- Structure plastique.
- Grains de sable délavés.
- Feutrage dense de racines.
- Couleur noire.

A_{1g} (16 - 32) :

- Texture argileuse.
- Consistance plastique.
- Couleur brun noire avec quelques taches brunâtres.
- Racines nombreuses.

II Gr₁ (32 - 84) :

- Texture sableuse. Sables délavés. Présence de graviers.

II Gr₂ (84 - 120) :

- Même texture que précédemment ; ici les cailloux et les sables sont plus grossiers.
- Couleur brun clair ; odeur particulière (putréfaction de composés azotés et sulfurés).

e) Analyse de caractérisation (cf. p. 72)

5.2. Commentaire et conclusion

Nous sommes en présence d'un profil complexe. En surface, le substrat essentiellement argileux, joue le rôle d'un frein à l'égard des processus d'entraînement vertical des éléments organo - métalliques. Dans ce cas, nous pensons que les processus ayant présidé à l'édification des horizons profonds, sont différents de ceux qui s'exercent en surface.

- Le pH (3,2) acide de l'humus (hydromor), l'aspect délavé des grains de quartz et le taux de saturation V (= 7,1 %) en A₀, nous conduisent à penser à l'existence de composés organiques à caractère "agressif" vis à vis des éléments minéraux. Le C/N est anormalement bas (16) pour le type d'humus observé ; rappelons qu'il est généralement voisin de 30.
- Accumulation importante d'Aluminium et de Fer libres en surface ; elles seraient en rapport avec le type de matériau (argile) et la présence de composés organiques qualitativement plus altérants.
- Dans l'horizon II Gr₁, il nous semble que l'odeur particulière (putréfaction de composés azotés et sulfurés) est peut-être liée à une accumulation "ancienne" de composés organiques. En effet, le C/N y est élevé (3,6).
- L'évolution de la matière organique (34 % en A₀ et 9,41 % en A_{1g}), les processus d'oxydo réduction (à partir de A_{1g}) et le type d'humus (hydromor acide ; pH = 3,2), autorisent à classer ce profil parmi les sols humiques à gley (à hydromor).

ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF LA STATION 2B.

NO. 12078 of Prod. Control Card	GRAVIMETRIC ANALYSIS FINE					SESQUIOXIDES LIBRES % M.S.			EXTRACTION SOUDE % M.S.	
	P	L	LO	SF	SG	FF	AL	SI	AL	SI
80 (1-10)	22.0	19.6	3.0	3.0	16.7	7.0	8.0	1.5	4.0	20.2
Al ₂ O ₃ (11-30)	31.3	19.9	6.0	8.5	25.1	9.0	12.5	4.0	7.6	16.0
FeO (13-60)	1.0	1.6	0.9	13.0	82.2	1.5	1.5	1.5	0.4	3.4
CaO (14-10)	1.0	1.1	0.3	5.7	96.1	2.0	1.5	1.5	0.4	2.8

NO. 12078 of Prod. Control Card	P	L 1000 % M.S.	S 1000 % M.S.			V 5/1 +100	B % % M.S.	C % % M.S.	C/L 1000 %	H2O 1000 %	MO % M.S.
			CA	Fe	Si						
80 (1-10)	22.0	30.7	1.5	0.37	0.32	7.1	12.5	109.0	16.0	21	34.40
Al ₂ O ₃ (11-30)	31.3	25.2	0.9	0.15	0.19	4.5	3.0	55.2	15.8	16	9.49
FeO (13-60)	1.0	1.4	0.5	0.06	0.02	11.0	0.5	2.2	6.8	1	0.37
CaO (14-10)	1.0	1.2	1.0	0.21	0.03	70.7	0.3	4.2	13.6	2	0.70

TROISIEME PARTIE

PEDOGENESE EN FORET DE HAGUENAU

INTRODUCTION

Rappelons que la pédogenèse résulte d'interactions entre la végétation, le climat et la roche - mère pédologique. Ainsi définie, toute étude pédologique doit prendre en considération les aspects variés des facteurs mis en cause et en évaluer leur importance relative. On sait que, dans les régions montagneuses, par exemple, dans les Vosges, c'est le climat, lié à l'altitude (topoclimat) qui influence l'évolution des sols. On sait aussi que, lorsque les conditions climatiques sont uniformes, la roche - mère, la végétation et le pédoclimat ont, pour des raisons différentes, une part déterminante dans l'édification des profils. Dans ce dernier cas, les facteurs stationnels deviennent les composantes principales des mécanismes pédogénétiques.

En Forêt de Haguenau, nous avons déjà établi l'uniformité du climat régional. Les principaux types de sols observés dépendent essentiellement de la nature du substrat, de la topographie et de l'amplitude de battement de la nappe phréatique. Dans les pages qui suivent, notre effort consistera à déterminer le rôle et l'ampleur des facteurs ségrégatifs de l'évolution des sols rencontrés. Mais, d'ores et déjà, nous tenons à préciser que l'hydromorphie semble être l'une des composantes dominantes de hiérarchisation des types morphologiques de profils et c'est pourquoi nous distinguerons les conditions bien drainées des conditions mal drainées.

Chapitre 1 : EN CONDITION DRAINEE

1. Végétation et type de matériau

En Forêt de Haguenau, lorsque le substrat est bien drainé, les sols qui s'y développent s'apparentent au type brun aussi bien sous résineux que sous végétation mixte. A première vue, ceci peut paraître paradoxal à la lumière des données sur le comportement de la végétation acidifiante (résineux). En effet, dans les Vosges, sous végétation acidiphile (landes de callune et myrtille), les sols édifiés sur les matériaux pauvres en fer ont une évolution pédogénétique à tendance podzolisante. Si le substrat est suffisamment riche en fer et en argile, les sols sont peu différenciés et donnent naissance à la brunification sous végétation feuillue de type améliorant (chêne, fétuque, hêtre). Précisons que ces matériaux, dans les Vosges, proviennent de la désagrégation mécanique de la roche géologique. Ils n'ont pas subi de transport et sont sans altération chimique significative. En conclusion, la teneur en fer libre actif et le type de végétation, orientent l'évolution des profils.

En Forêt de Haguenau, les sables de grès ont, par contre, subi un transport au cours duquel ils ont pu être altérés et appauvris. La particularité de ces matériaux repose donc sur leur pauvreté en ferro - magnésiens et en argile (excepté la kaolinite et l'illite - smectite dans les sables pliocènes).

A) Evolution générale de l'humus

Rappelons qu'en condition drainée et en milieu acide, la pédogenèse "brunifiante" est caractérisée par une teneur équilibrée en fer et en argile de la roche - mère (Duchaufour, 1968, 1970 ; Souchier, 1970). Les substrats, en Forêt de Haguenau, sont originellement pauvres en fer libre (1 à 2,5 % en C) et en argile (0,5 à 1 %). Ils sont donc, a priori, peu susceptibles de donner prise à la brunification. Cependant, la brunification existe, mais ses modalités d'action sont apparemment indépendantes de la végétation.

a) Propriétés physico - chimiques de la roche - mère

a. 1. Fer et Aluminium

Sous végétation forestière résineuse (station 89 a : Forêt indivise), mixte (station 73 ou feuillue (station 89 : Forêt domaniale), les humus formés sont de type moder et les sols sont plus ou moins brunifiés morphologiquement. L'évolution convergente des humus est probablement liée à la pauvreté initiale du matériel minéral et non pas à la végétation. Le rôle de la végétation ne devient déterminant que si les teneurs en éléments fins, argile et fer, sont convenablement bien représentés dans les matériaux de pédogenèse. En zone tempérée, plusieurs auteurs (Duthion, Chrétien, 1966 ; Guillet, 1972, Vedy et Jacquin, 1972 ; Duchaufour, 1973 ; Toutain, 1974, Vedy et Toutain, 1975) ont démontré le rôle joué par le fer et l'argile dans l'orientation des processus de pédogenèse. En Plaine Lorraine, Guillet (1972) a réussi à montrer que les climax stationnels sont liés à une particularité "physico - chimique" de la roche - mère. Cet auteur distingue, sur des faciès bien pourvus en fer et en argile, des sols bruns à mull (sous feuillus : hêtre, chêne) sous climat lorrain.

Lorsque la roche - mère est pauvre en ferro - magnésiens, les sols sont de type ocre podzolique à moder sous ces mêmes peuplements végétaux. On voit donc que les espèces dites "améliorantes" n'induisent pas toujours la formation des humus de type mull à structure agrégée. Ceci a également été démontré par Vedy et Jacquin (1972) qui ont pu montrer que si le substrat est riche en fer libre "actif" et en argile, le mull prenait naissance même sous litière "acidifiante". Toutain et Vedy (1975) ont démontré, d'une manière remarquable, que dans un milieu donné, il existe un seuil (pourcentage en argile et pourcentage en fer) de teneur de la roche - mère en-dessous duquel la végétation n'oriente pas l'humification. et au-dessus duquel elle joue un rôle prépondérant.

Dans les Ardennes belges, Delecour (1972) a également établi des nuances d'humification dans les sols bruns acides, nuances liées à la lithologie ou

à la géologie des stations. Précisons que la lithologie ou la géologie intervient par les teneurs en fer "mobilisable" et en fer "libre" des horizons. Les teneurs en fer "libre" diminuent des mulls acides aux moders, baisse que l'auteur explique par une migration des complexes organo - métalliques pseudosolubles formés au niveau de l'horizon "hémorganique principal".

Au regard des travaux antérieurs sur les processus d'humification, une contrainte, la physico - chimie de la roche - mère, semble être à l'origine de la formation des humus de type moder en Forêt de Haguenau. Le pédoclimat, aération indispensable au maintien du fer à l'état ferrique insoluble et donc de la stabilité des agrégats (Muller, 1963), ne peut être d'emblée mis en cause. Rappelons que nous avons ici, des substrats sableux bien drainés dont l'humidité (H 20 à 105° C) oscille, de C vers A, entre 0 et 25 %. Dans la plupart des cas, nous avons remarqué, sur le terrain, que lorsque les sables contiennent des éléments fins (argile et limons), les humus formés sous forêt feuillue sont de type mull à structure grumeleuse. Ce point de vue semble être en accord avec les données analytiques de la station 127 b où les teneurs en argile des niveaux sableux sont supérieurs à 8 % et l'humus un mull à C/N < 15.

a. 2. Rôle de l'Aluminium échangeable

.....

Si le fer et l'argile font défaut pour l'élaboration de complexes argilo - humiques bien structurés, on peut aussi se demander s'il n'y a pas certains cations, Ca^{++} et surtout Al^{3+} échangeables, qui rempliraient ces rôles comme le suggèrent certains auteurs (Schwertmann, 1965 ; Juste, 1965). Il semble, d'après Schwertmann, que dans certains milieux très acides, l'Aluminium échangeable prend le relai du fer en tant qu'"agent flocculant" à pH < 5. Dans les Basses Vosges, Duthion et Chrétien (1966) ont montré que la fraction argileuse renforçait l'action stabilisatrice du fer et de l'aluminium et que la pauvreté en éléments fins, constitue le déclenchement des processus de podzolisation. Les sables de la Forêt de Haguenau sont, d'une part bien peu pourvus en argile et, d'autre part,

très filtrants. On remarquera, que sur les courbes de répartition des sesquioxydes libres (Al et Fe), l'aluminium libre est généralement minoritaire en surface. Ceci nous conduit à admettre l'existence d'un début de migration de complexes organo - métalliques. On sait que lorsque les migrations ne sont pas nulles "le complexe argilo - humique et par conséquent la structure" (Duchaufour et Souchier, 1968), restent instables. On sait aussi que la forme active (Al^{3+} échangeable) de l'alumine libre extrait, intervient dans l'acidification de certains milieux. A priori, nous sommes tenté de croire que les sables du massif forestier, constituent un milieu favorable. Ceci ne paraît pas être le cas en Forêt de Haguenau. En effet, ~~des~~ ^{dans} les horizons d'accumulation aluminique, rien ne permet, au vu des résultats analytiques, de constater un quelconque abaissement du pH, suite à la présence d' Al^{3+} échangeable, fraction "active" de la forme libre. Le pH est plutôt sensible aux teneurs en matière organique.

Conclusion

L'absence d'une structure bien agrégée serait à mettre en rapport avec la pauvreté en éléments minéraux fins des matériaux sableux.

B) Développement des horizons humifères A₁

Sous les horizons humifères, nous avons souvent observé des horizons d'accumulation de composés organiques. La coloration tire sur le brun chocolaté ou le brun foncé, aussi bien sous les peuplements de forêts feuillues que sous les forêts résineuses ou mixtes. Précisons que leur épaisseur varie suivant les stations. Il est probable que nous ayons là, des différences de mobilité liées à la nature des composés organiques hydrosolubles. Rappelons que les composés les plus solubles sont des "anions simples" et qu'ils "offrent le pouvoir complexant maximum (2/3 pouvoir total)" (Bruckert, 1970).

Conclusion

Les horizons A_1 , à développement inégal suivant les stations, seraient des indices d'un début de micropodzolisation de surface.

C) Dynamique du fer, de l'argile et de l'aluminium dans les sols sableux drainés

a) Généralités

En vue d'"établir une définition géochimique synthétique des processus pédogénétiques", Lelong et Souchier (1970) ont pu déterminer le "bilan d'altération dans divers sols vosgiens" (des sols bruns acides aux podzols). Ces auteurs sont arrivés à la conclusion selon laquelle l'altération est plus forte dans les sols bruns acides que dans les podzols. Rappelons que ceci peut paraître surprenant au regard des données acquises sur les podzols (dégradation très poussée des argiles). Les substrats des sols bruns acides sont, au départ, plus riches en minéraux altérables que leurs homologues de podzols. La brunification, définie par Souchier (1971), est une "altération croissante de bas en haut du profil, accompagnée d'une argilogenèse également croissante de bas en haut". Dans les sols "bruns ocreux", l'argilogenèse commence à diminuer par suite de l'agressivité de la matière organique à l'égard de certains minéraux phylliteux, mais surtout de la pauvreté de la roche - mère en ferro - magnésiens. A la différence de ce qui se passe sur le granite, sur les grauwackes du Markstein (Hautes - Vosges), l'argilogenèse augmente de bas en haut avec le degré d'évolution du profil (Boudot, 1976). Il semble (Boudot, 1976) que c'est la plus forte altérabilité des grauwackes, par rapport au granite, qui soit à l'origine de cette tendance argilisante croissante sur les profils "bruns ocreux".

b) En Forêt de Haguenau

Au regard de nos données analytiques et des courbes de répartition des

matières minérales, la tendance commune aux sables drainés, c'est leur extrême pauvreté en fer ($< 3 \%$) et en argile ($< 1 \%$) dans les horizons C. Il est à noter que la fraction argileuse augmente généralement de bas en haut des profils.

La dynamique de l'alumine et du fer libres, mettent en évidence une évolution dissymétrique des deux éléments. Le premier présente un maximum dans les horizons (B) ou (B)/C alors que le deuxième a des valeurs croissantes de bas en haut dans tous les profils. Tout porte à croire que les deux éléments ont un comportement différentiel et qu'il y existe un facteur favorisant le maintien de l'un en surface et l'entraînement de l'autre en profondeur ou sa libération avec accumulation in situ.

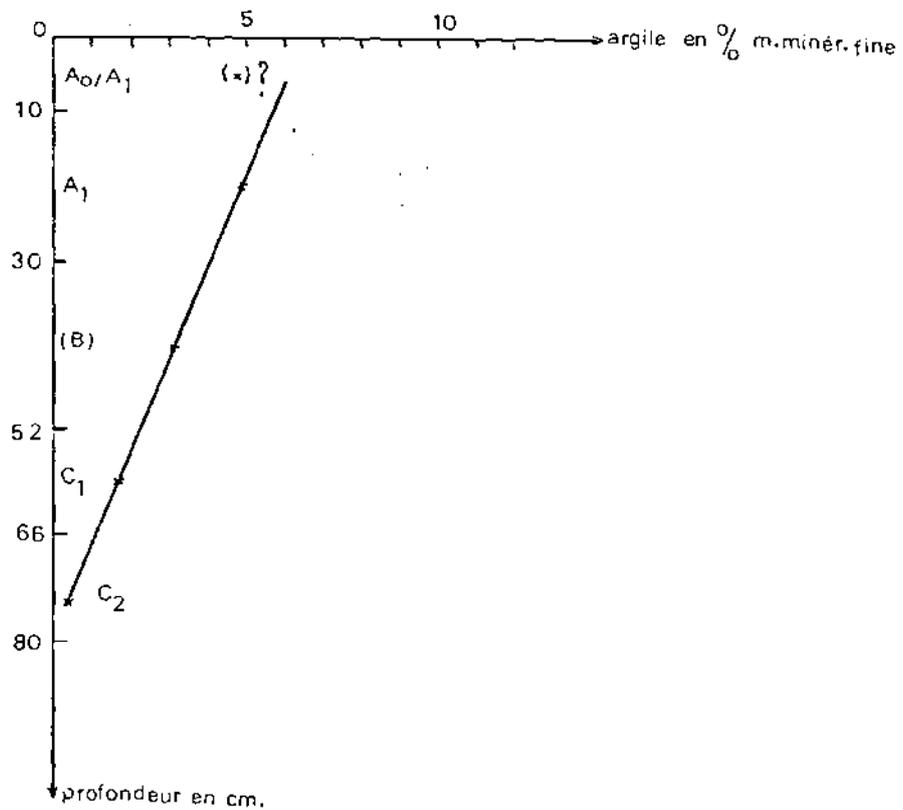
On peut penser à des processus de complexation organo - minérale avec migration et accumulation pour l'aluminium. Les éléments complexants seraient alors des composés organiques de faible poids moléculaire (acides aliphatiques et polyphénols peu condensés). Par contre, l'aération favorise la précipitation du fer par oxydation et sa conservation dans les horizons de surface.

L'étude des coefficients de redistribution (Souchier, 1971) de l'alumine montre quelques différences suivant les stations (89 a : $K_{Al} = 2,3$; 89 : $K_{Al} = 2,0$; 73 : $K_{Al} = 3,3$). Il est permis de penser que ces valeurs traduisent différents mécanismes d'évolution pédogénétique. Il semble que dans les sols ocres podzoliques le K_{Al} oscille entre 2 et 3,5 alors que dans les sols podzoliques et les podzols, ce coefficient est compris entre 2,7 et 9 (Nys, 1975). Le profil de la station 73 a donc les caractères fortement marqués d'un sol ocre podzolique.

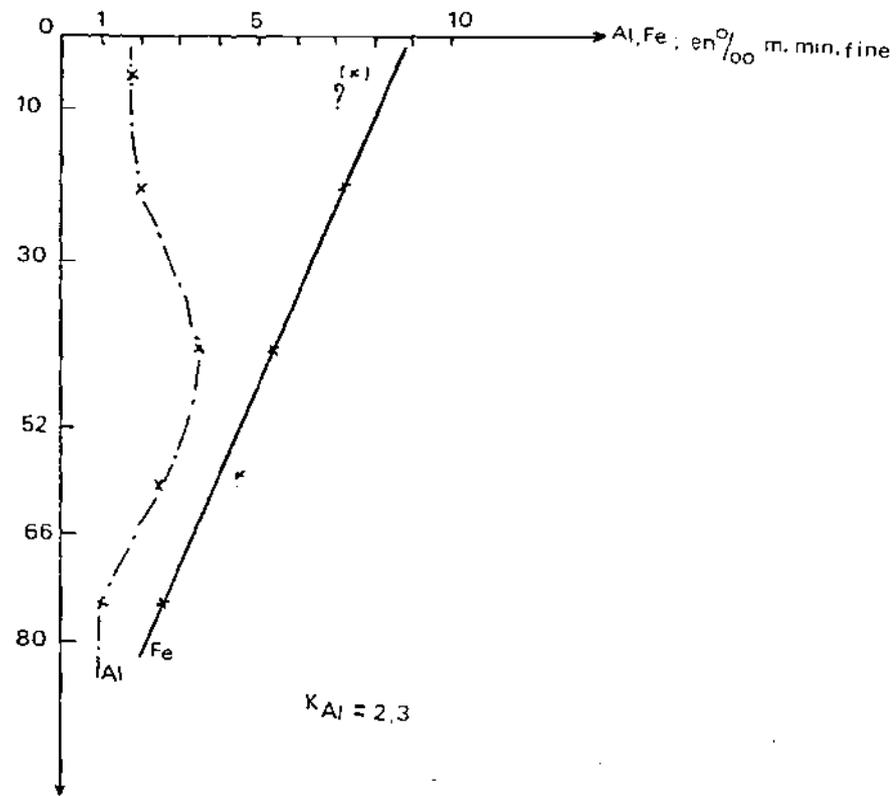
Conclusion

Au terme de l'étude pédologique générale sur les sables bien drainés, quels en sont les enseignements, pour l'interprétation de la position génétique des profils rencontrés ?

STATION 89^a : Forêt indivise (Résineux) ; Sol ocre-podzolique.

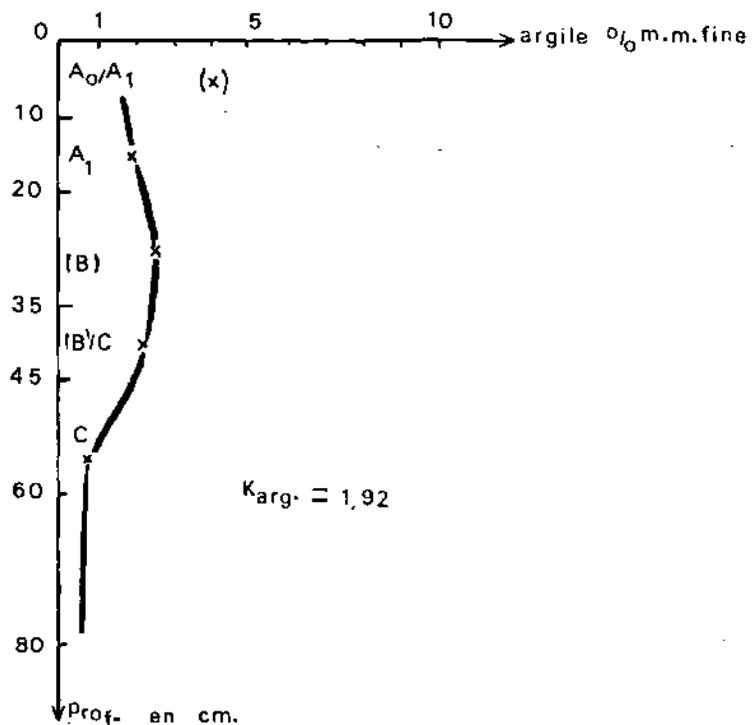


Courbe de répartition de l'argile.

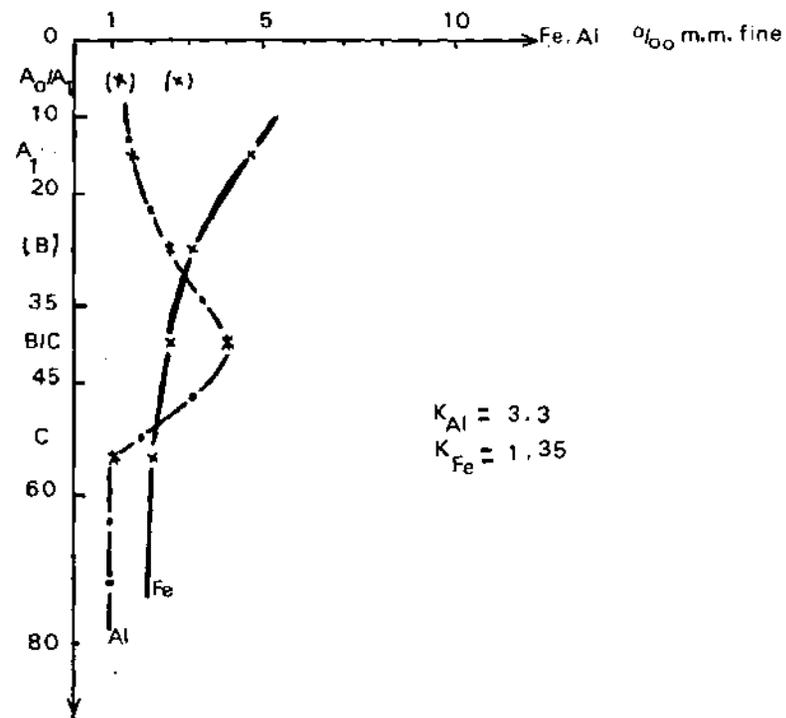


Courbes de répartition des sesquioxydes libres (Al, Fe).

STATION 73 : Forêt indivise (Résineux et quelques Feuillus) : Sol ocrepodzolique

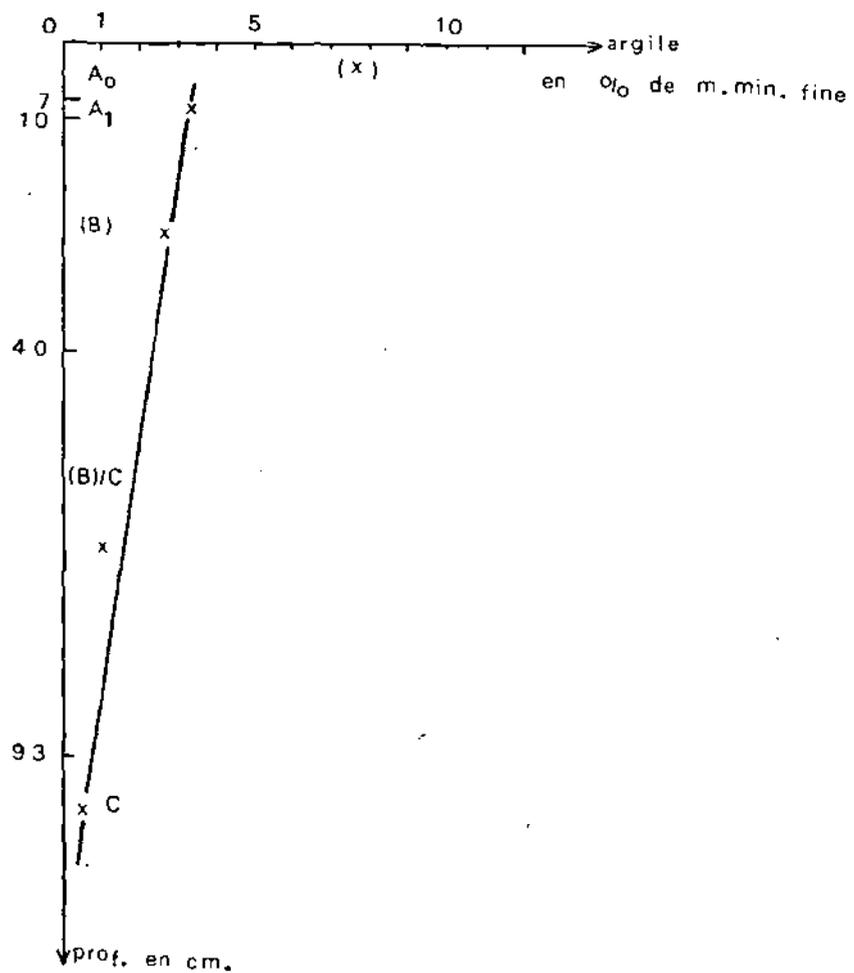


courbe de répartition de l'argile

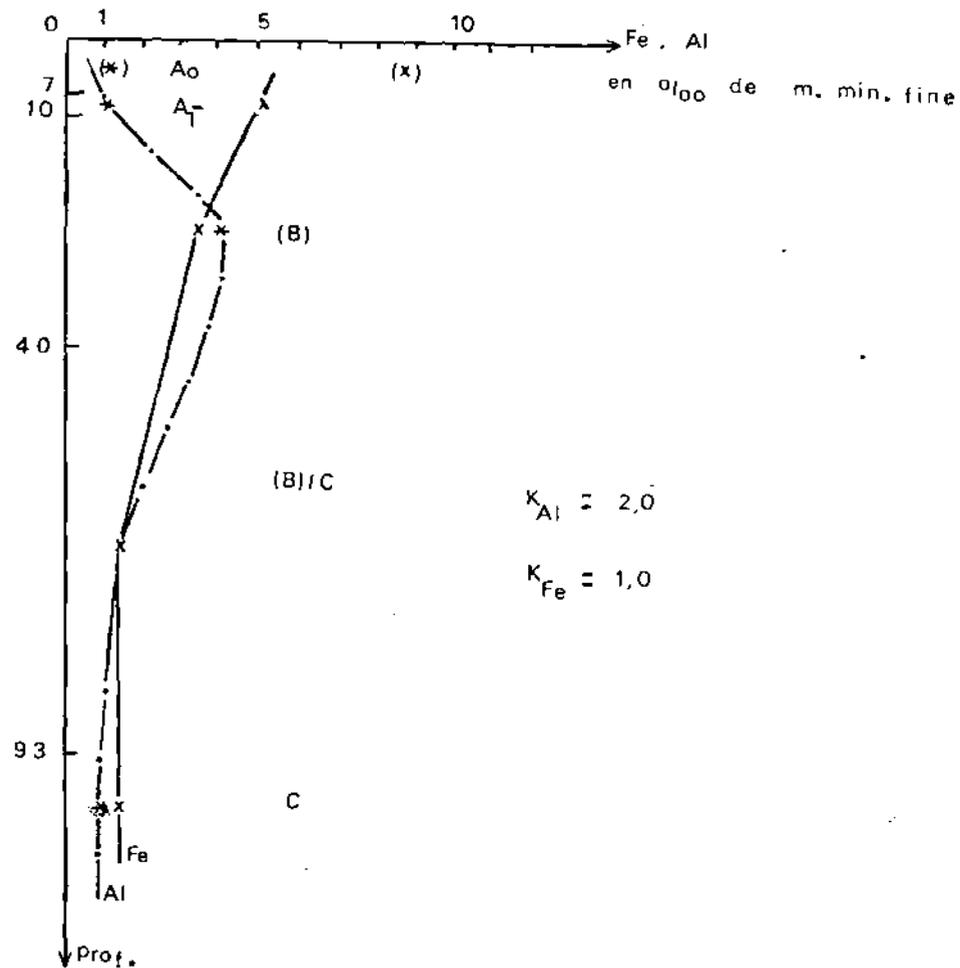


courbes de répartition des sesq. libres (Al, Fe)

STATION 89: Forêt domaniale (Feuillus): Sol ocre-podzolique.



Courbe de répartition de l'argile



Courbes de répartition des sesquioxydes libres (Al, Fe)

- Le type d'humus est généralement le moder sableux à $C/N > 15$ dans les horizons de surface. Précisons que le C/N diminue avec la profondeur, baisse qui rappelle les conditions d'une pédogenèse "brunifiante".
- Sous végétation acidiphile ancienne (depuis le XV^e siècle) ou sous végétation climacique peu améliorante (hêtre ou hêtre - pin), les sables ne donnent pas non plus des podzols sensu stricto. Les sols qui se développent offrent une parenté morphologique remarquable : ils sont tous plus ou moins brunifiés et sont peu différenciés, hormis le A_1 constaté. Nous avons donc été amené à penser à l'existence de mécanismes pédogénétiques où brunification et podzolisation potentielle coexistent. L'étude des horizons A_1 a révélé que l'imprégnation de ces horizons, par des composés organiques, varie suivant les stations ; ceci pensons-nous, est à mettre en rapport avec la nature de ces composés.
- L'évolution des sesquioxydes libres (fer et surtout alumine libre) a également révélé que la parenté morphologique cachait un type de podzolisation (podzolisation chimique) demeuré jusque là hypothétique.
- Le type d'humus (moder), la baisse du C/N avec la profondeur, la dynamique de l'argile et des fractions "libres" (Fe, Al) et enfin, la morphologie des sols sur sables drainés, permettent de classer les les profils étudiés parmi les sols ocre podzoliques.

Chapitre 2 : EN CONDITION D'HYDROMORPHIE QUASI PERMANENTE OU
PROVISOIRE

Ici, les sols sont soumis, soit à de fortes amplitudes de battement de la nappe phréatique (substrats sableux), soit à une saturation par l'eau des matériaux plus fins (oligocène remanié par la pliocène ou le quaternaire et dépôts de loess). Les sols rencontrés sont variés (podzols hydromorphes complexes, sols bruns à pseudogley primaire, sols humifères à gley et sols bruns marmorisés).

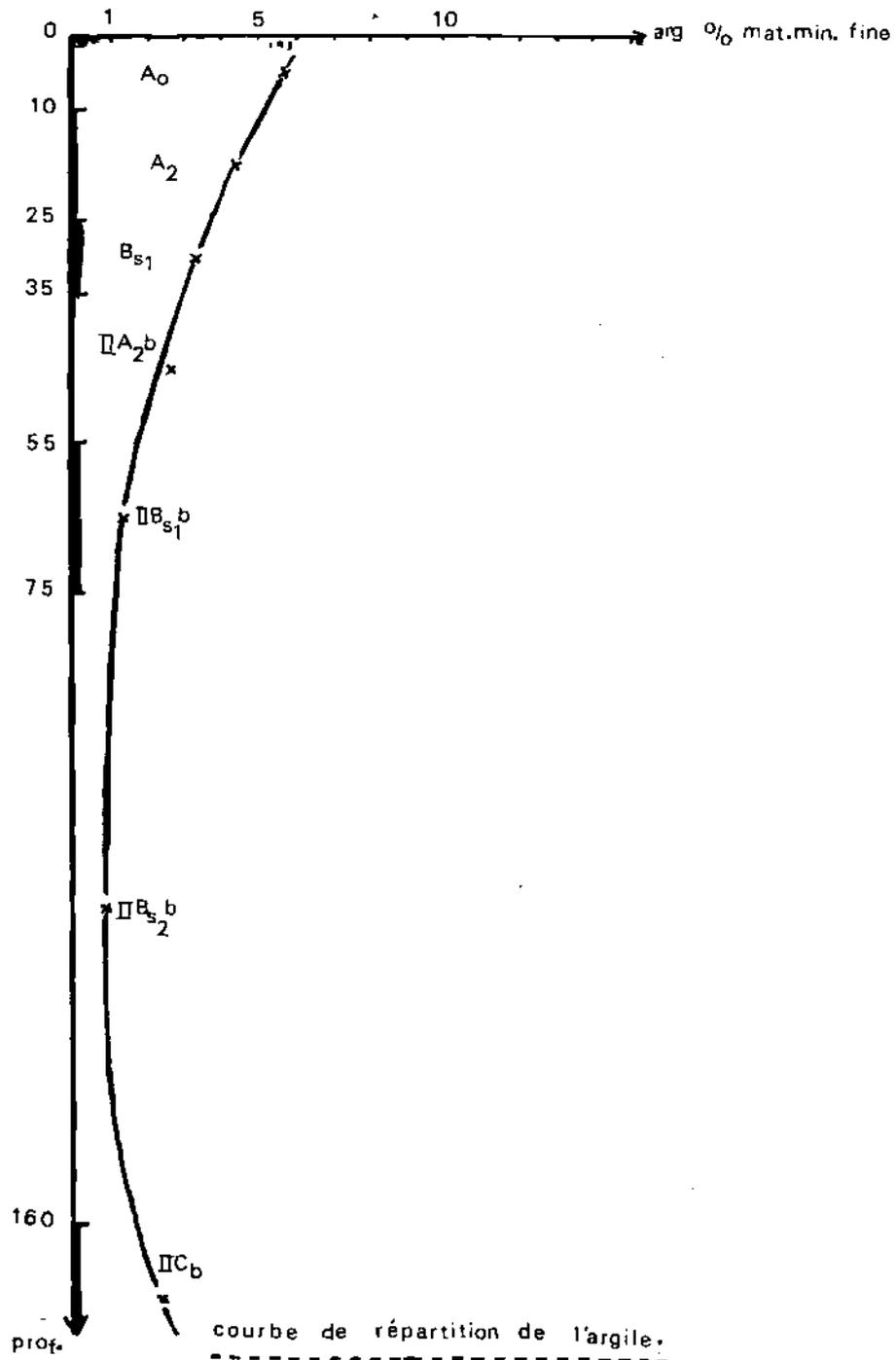
1. Les podzols hydromorphes (cf. stations 28, 50)

A) Evolution générale de l'humus et quelques processus de pédogenèse mis en cause

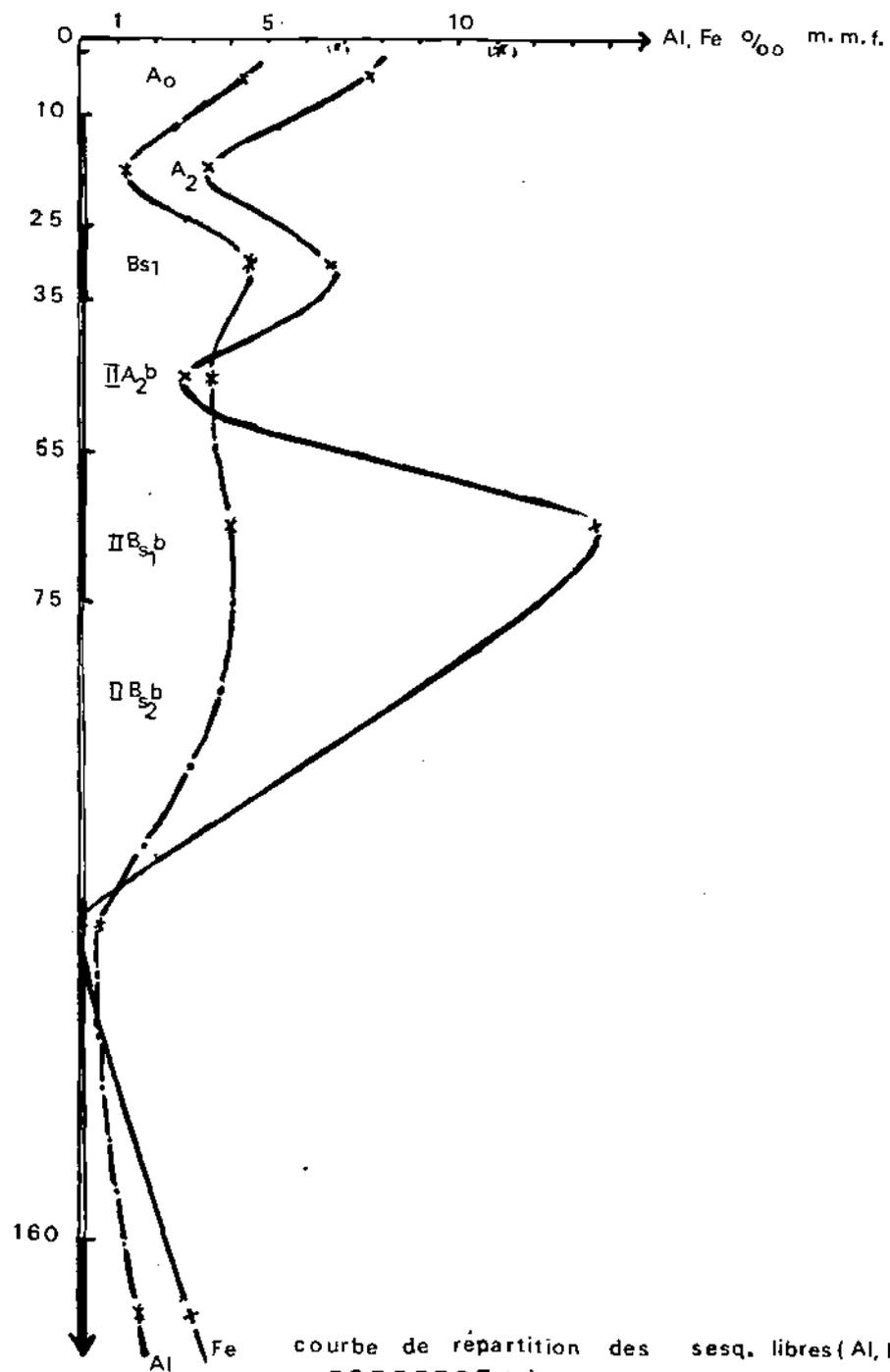
a) En station mal drainée et en milieu sableux

L'humus est un hydromor rarement moder. Le C/N est remarquablement élevé (> 30) dans les horizons A_0 des sols de peuplements mixtes ou résineux. Dans certains cas, on note en-dessous des horizons A_0 , un horizon d'accumulation organique (station 50) ou un horizon humifère plus ou moins appauvri en matière organique, A_2 (station 28). Dans l'horizon Bh, les grains de sable sont enrobés d'un enduit organique de couleur brune ; ceci laisse présager, pour expliquer l'édification de Bh, l'hypothèse de complexation du fer, de migration et de précipitation. De même, la baisse simultanée des teneurs en sesquioxydes libres (Al, Fe), l'appauvrissement de l'horizon A_2 et la formation de B_{s1} superficiel (station 28), permettent d'avancer l'hypothèse des processus de complexation organo-minérale. Ces processus seraient renforcés par la remontée de la nappe phréatique, car, en condition bien drainée, hormis les horizons A_1 , il n'y a pas appauvrissement effectif en matière organique des horizons de surface.

STATION 28-: Forêt dom.(mixte): SOL à podzol hydromorphe complexe.

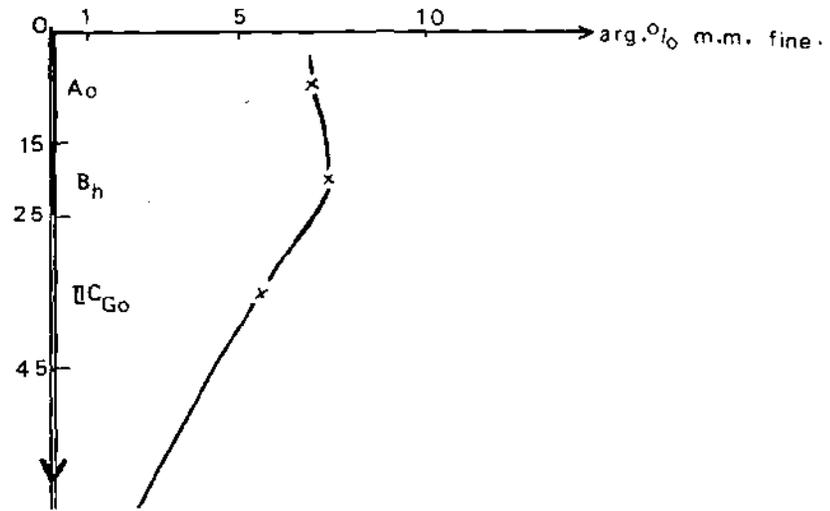


courbe de répartition de l'argile.

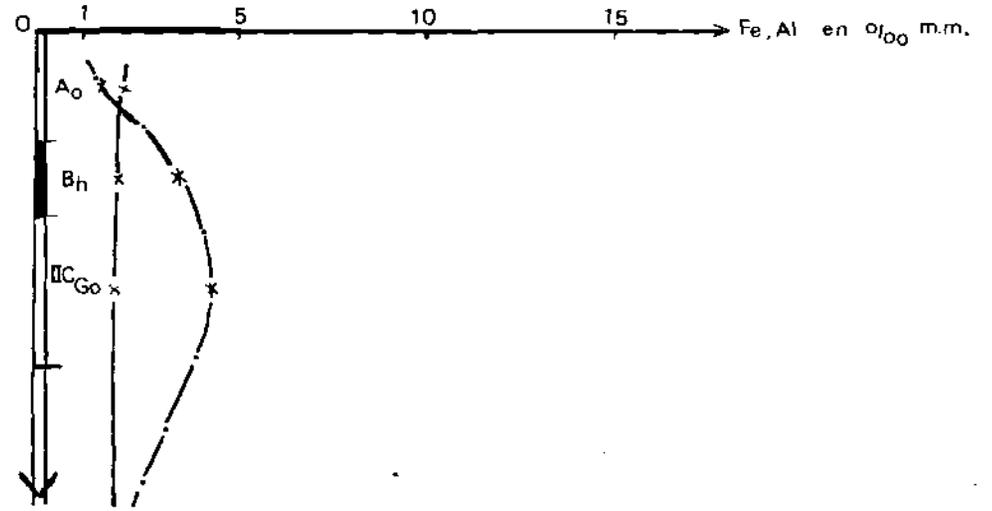


courbe de répartition des sesq. libres (Al, Fe).

STATION 50: Podzol hydromorphe .



Courbe de répartition de l'argile.



Courbes de répartition des sesquioxydes libres (Al, Fe).

B) Développement des horizons rouilles

Dans les zones de battement de la nappe, les horizons rouilles sont souvent indurés en véritables concrétionnements ferrugineux. Ils se développent dans des matériaux dont la mise en place a été différente des substrats sous-jacents. Lier la formation de ces horizons à une accumulation du fer en provenance des horizons de surface, paraît être une tâche délicate. Le développement de ces horizons est à mettre avec les battements de la nappe qui s'exercent à différentes profondeurs. On peut aussi suggérer des mécanismes d'altération du matériel et d'accumulation des minéraux altérés in situ.

Conclusion

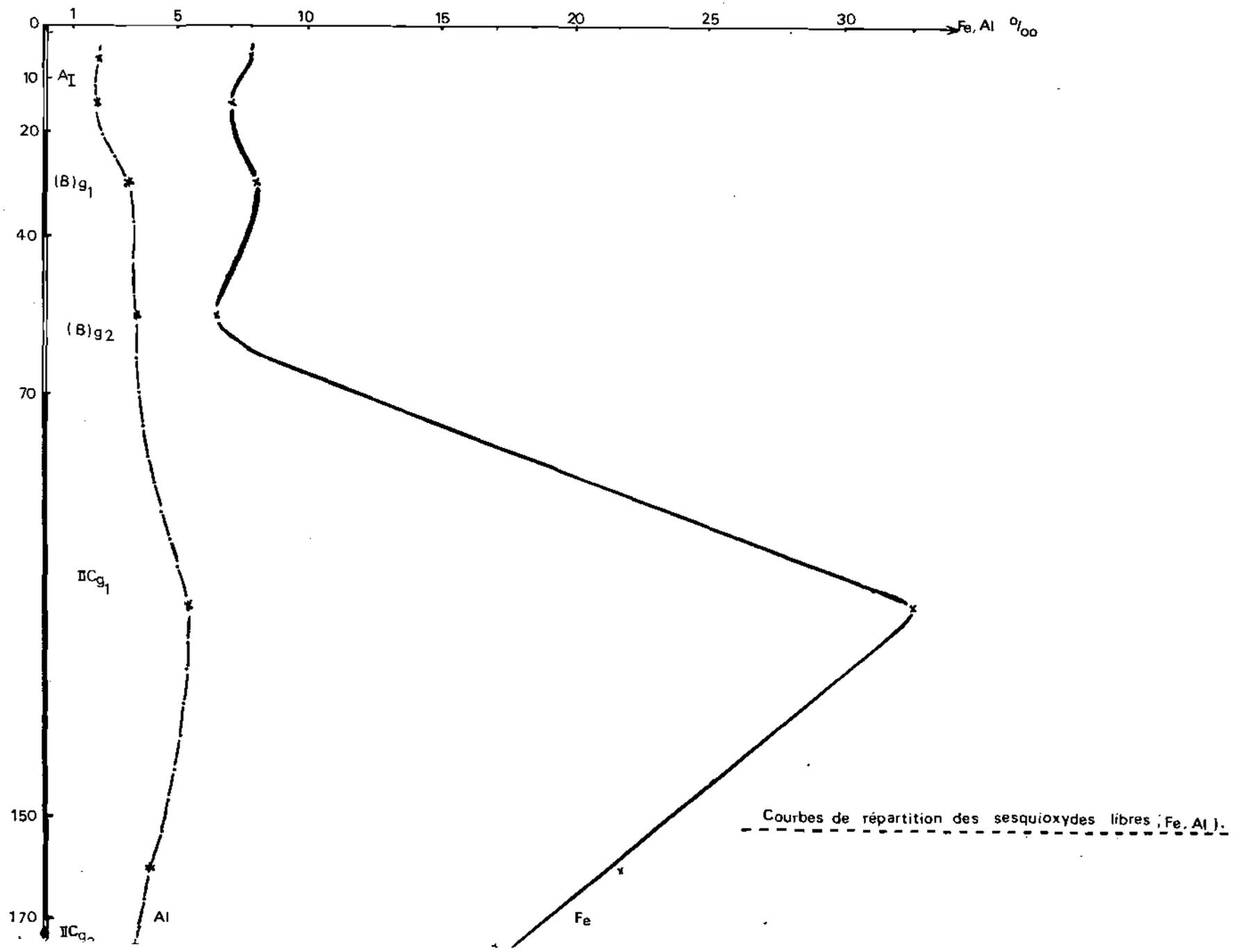
En raison de l'hétérogénéité des matériaux, les podzols hydromorphes sont des sols complexes. La station 28 en est un exemple. En effet, nous avons une succession d'horizons d'accumulation (B_{s1} , IIB_{s1b} , IIB_{s2}) morphologiquement et analytiquement différents. Des conditions pédogénétiques échelonnées dans le temps et dans l'espace semblent en être responsables. Précisons que cette succession ici, ne rappelle en rien une quelconque variation de la granulométrie qui "provoque un arrêt dans la percolation de l'eau" (Vendamme et al., 1968). Elle n'est pas non plus l'une des séquences de sol brun lessivé ou sol podzolique définies par Ameryckx (1960) sur matériau sableux. Ces remarques confirment, une fois de plus, l'originalité de la pédogenèse en Forêt de Haguenau.

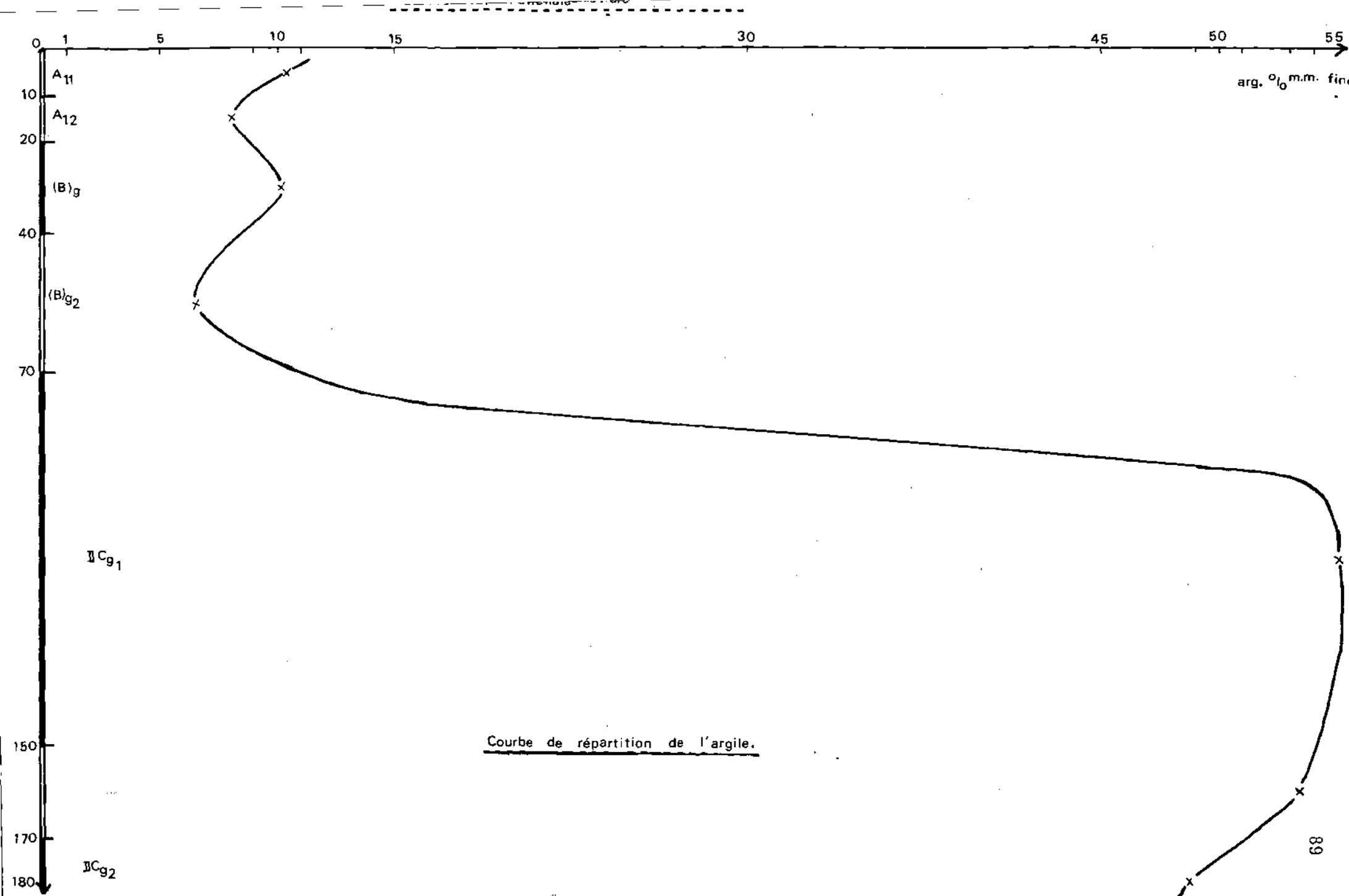
2. Sols bruns et sols podzoliques à pseudogley

Rappelons que l'hydromorphie résulte, soit d'un engorgement par l'eau des matériaux fins (cf. stations 145 b, 89 b/89 a 2), soit d'une nappe d'eau libre constituée aux dépens d'un substrat imperméable (discontinuité lithologique des formations géologiques (cf. station 127 b).

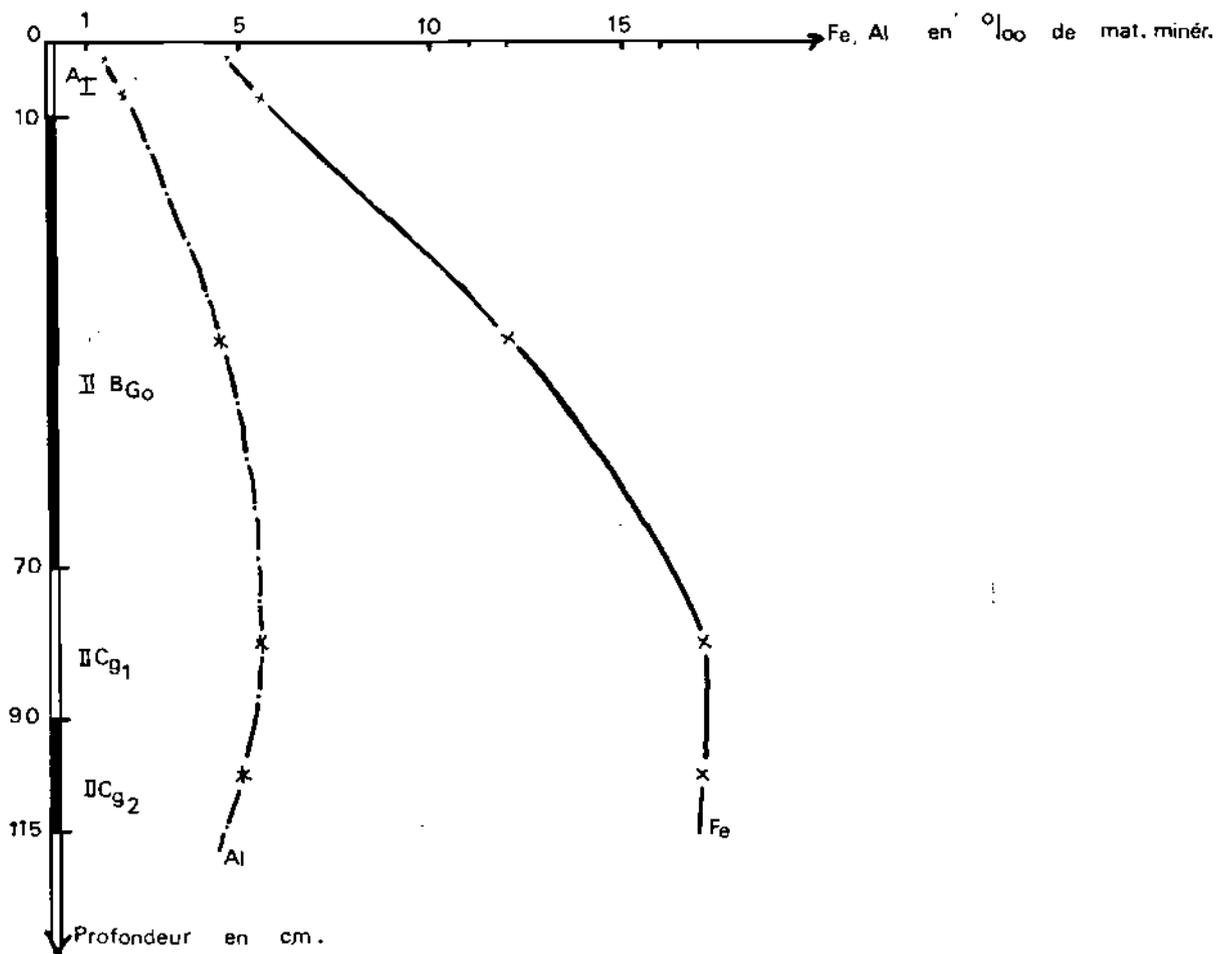
A) Types d'humus et processus généraux de pédogenèse

STATION 127^b : Sol brun à pseudogley primaire.



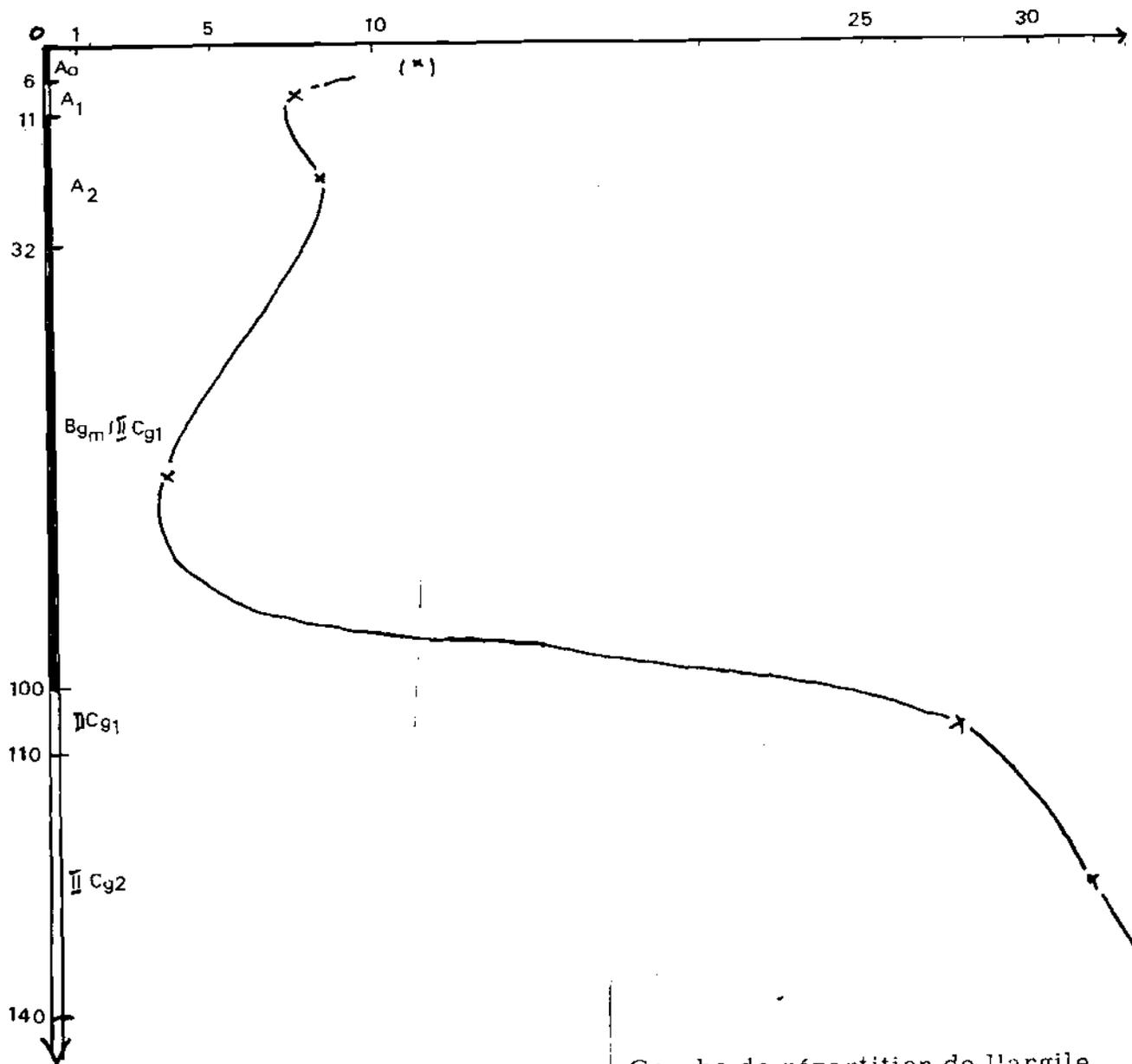


STATION 145b : Sol brun faiblement lessivé à Pseudogley.

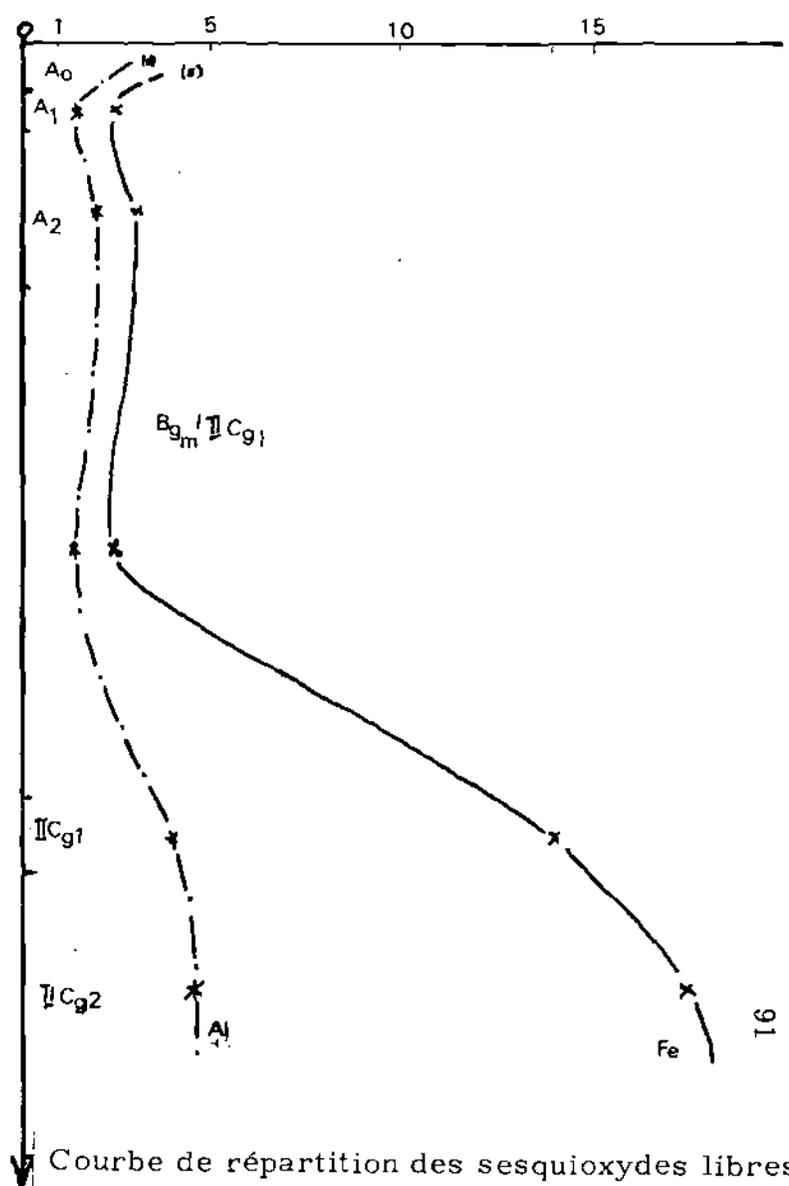


Courbes de répartition des sesquioxides libres (Fe et Al).

Station 89 b/89a2 : sol podzolique à pseudogley.



Courbe de répartition de l'argile.



Courbe de répartition des sesquioxydes libres (Al, Fe).

a) Drainage moyen

Quand l'hydromorphie n'est pas excessive (station 127 b et 145 b), les humus formés sous chênaie - hêtraie avec charme, sont des mulls actifs plus ou moins acides (pH 6 ou 4,8). Cependant, l'acidification du milieu semble amorcer un processus de lessivage (station 145 b), processus dont la mise en évidence reste délicate sur des matériaux superposés. L'évolution des fractions granulométriques fines et des minéraux extraits au réactif combiné et à la soude, montre une disparité dans la répartition de ces éléments à différentes profondeurs. La raison en est également l'hétérogénéité des matériaux.

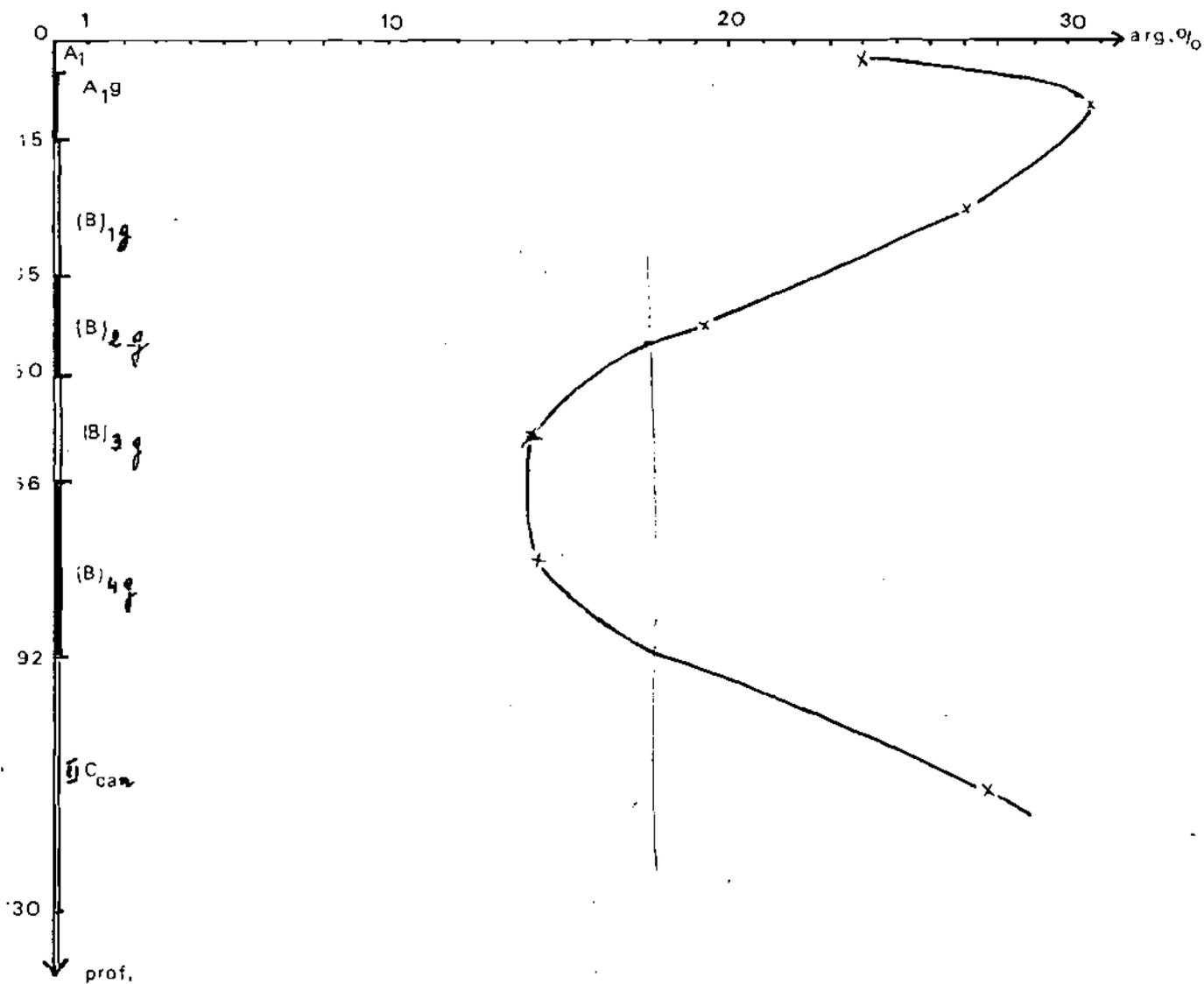
b) Drainage médiocre

Lorsque l'hydromorphie est persistante (station 89 b/89 a 2), on observe sous les horizons A_0 et A_1 , des horizons superficiels (A_2) délavés, ce qui signifie que la nappe remonte jusqu'en surface. Ici, il est également permis d'envisager l'hypothèse du renforcement, par la nappe, des processus de migration et de précipitation du fer par complexation organo-métallique. L'élévation du C/N entre A_1 (C/N = 22,4) et A_2 (C/N = 24,6), révèle que certains composés organiques ont diffusé à partir de A_1 , humifère et morphologiquement appauvri (délavé). Dans les horizons profonds où se trouvent les concrétionnements (Bg_m/IIg_1), la discontinuité lithologique nous incite à des interprétations prudentes. Ici encore, on remarque que la répartition de l'argile, du fer et de l'alumine libres, semble obéir à la nature granulométrique des différents horizons. Les taches rouilles observées sont des zones de précipitation du fer et de son oxydation après retrait de la nappe.

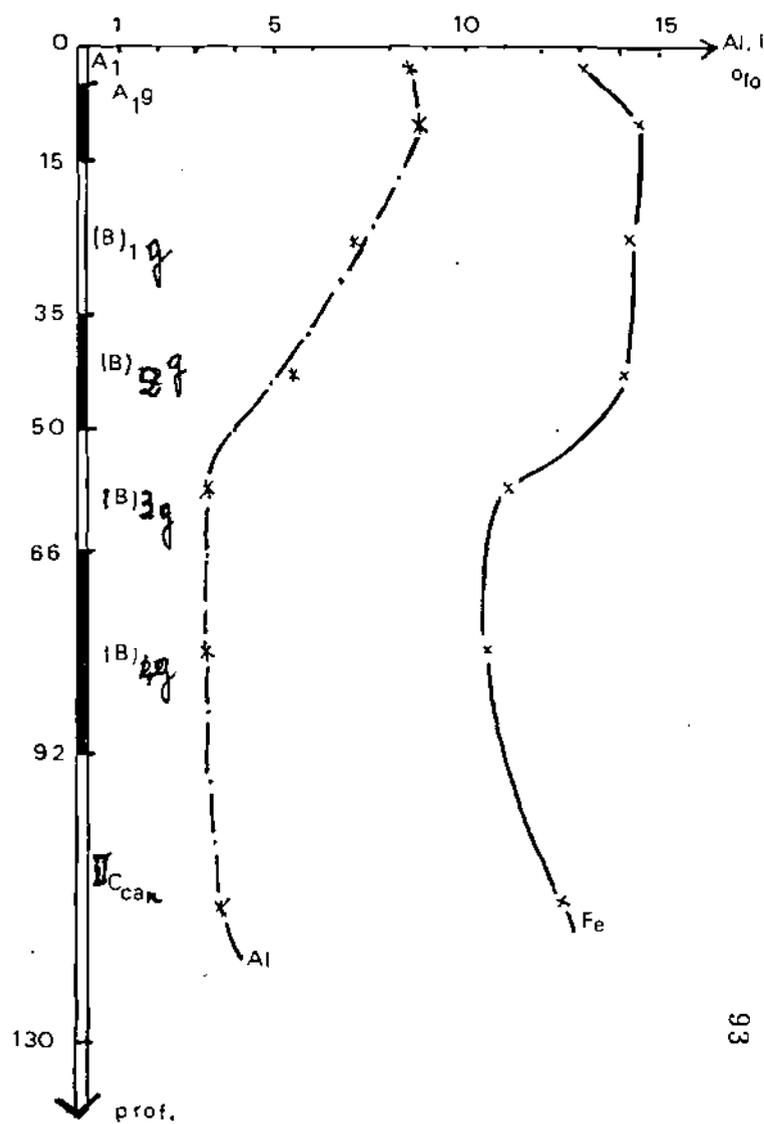
3. Sols bruns "marmorisés" sur loess

Nous avons antérieurement posé le problème de l'hétérogénéité des loess de la partie Nord - Est du massif forestier. La superposition des niveaux sableux

. STATION 22 (Feuillus) : Sol brun sur l'èss très décarbonaté.

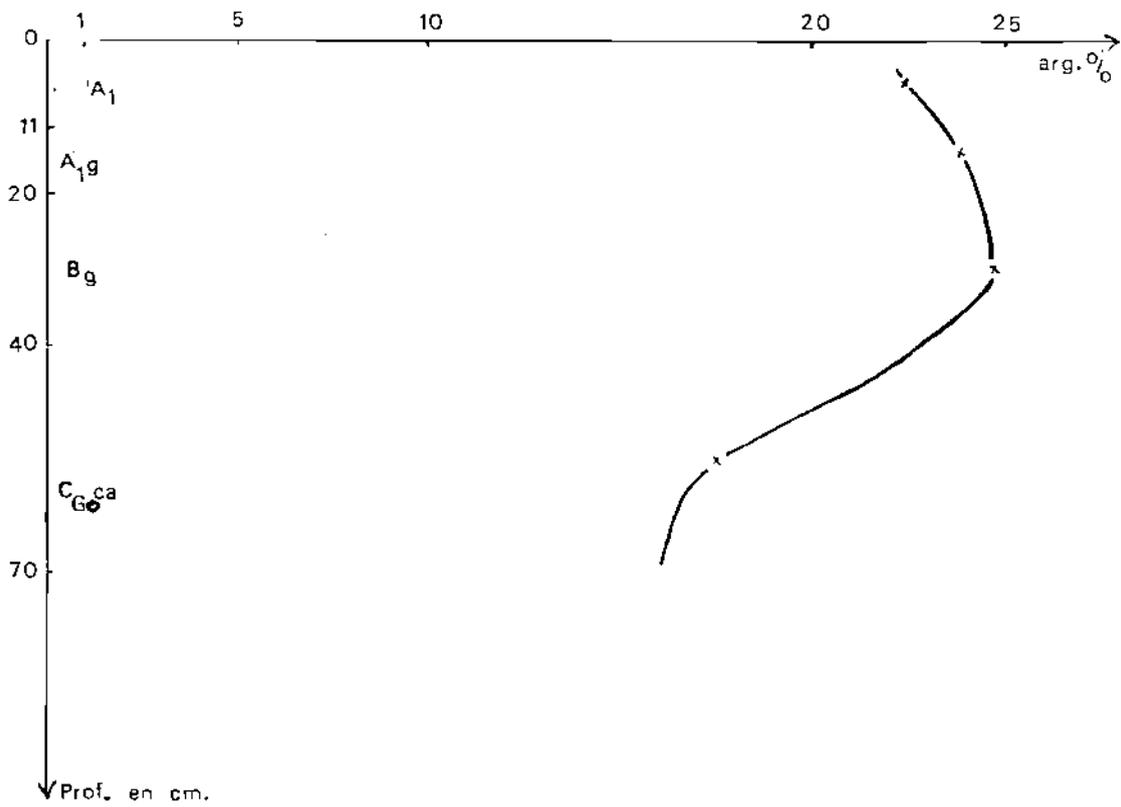


courbe de répartition de l'argile.

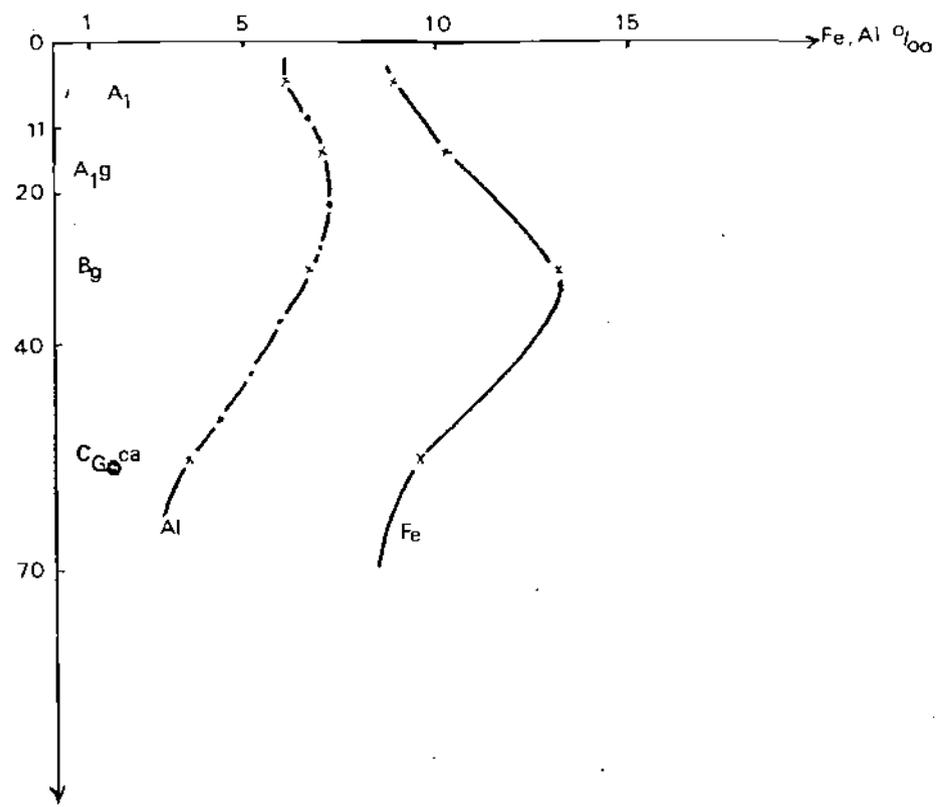


courbes de répart. des sesq. libres (Al, Fe)

STATION 17 : sol brun marmorisé sur lœss peu décarbonaté.



courbe de répartition de l'argile.



courbes de répartition des sesquioxydes libres (Fe, Al).

avec des niveaux de loess, ne rend souvent pas la tâche aisée quant à l'interprétation des processus pédogénétiques.

A) Loess peu ou très décarbonatés

a) Mécanismes de pédogenèse

Sur les loess, les processus biochimiques d'humification sont favorables et peuvent être mis en rapport avec la nature et la richesse en cations échangeables de ces matériaux. Les humus sont des mulls ou des hydromulls à $C/N < 12$ et à taux de saturation élevé ($V > 80 \%$). Les manifestations d'hydromorphie se font sentir dès les horizons humifères (A_{1g}) de surface, horizons qui marquent une hétérogénéité granulométrique avec les horizons profonds. Dans certains cas (station 17), l'allure des courbes de répartition de l'argile, du fer et de l'alumine libres font penser à l'éventualité d'un lessivage simultané pour l'argile et les sesquioxydes libres.

Conclusion

La remarque qui s'impose est l'extrême variabilité des matériaux. Il est à noter que plus les matériaux sont stratifiés (station 22), plus nous assistons à la formation des horizons B_g caractérisés.

4. Sols humifères à gley

A) Processus généraux de pédogenèse

En Forêt de Haguenau, les sols à gley sont soumis à des conditions d'hydromorphie plus accentuées. Les peuplements d'aulnaies offrent toujours une litière à décomposition rapide. Par contre, s'il s'agit de pineraies, la décomposition de la matière organique est fortement ralentie et les humus sont de type hydromor. Sous aulnaie, nous avons été étonné de constater que nous

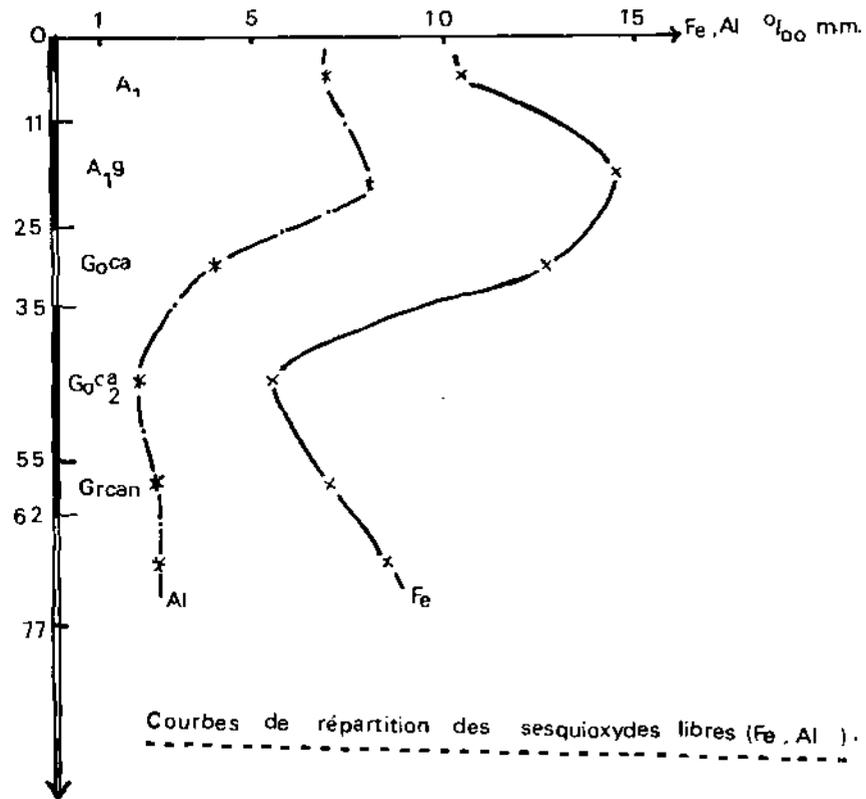
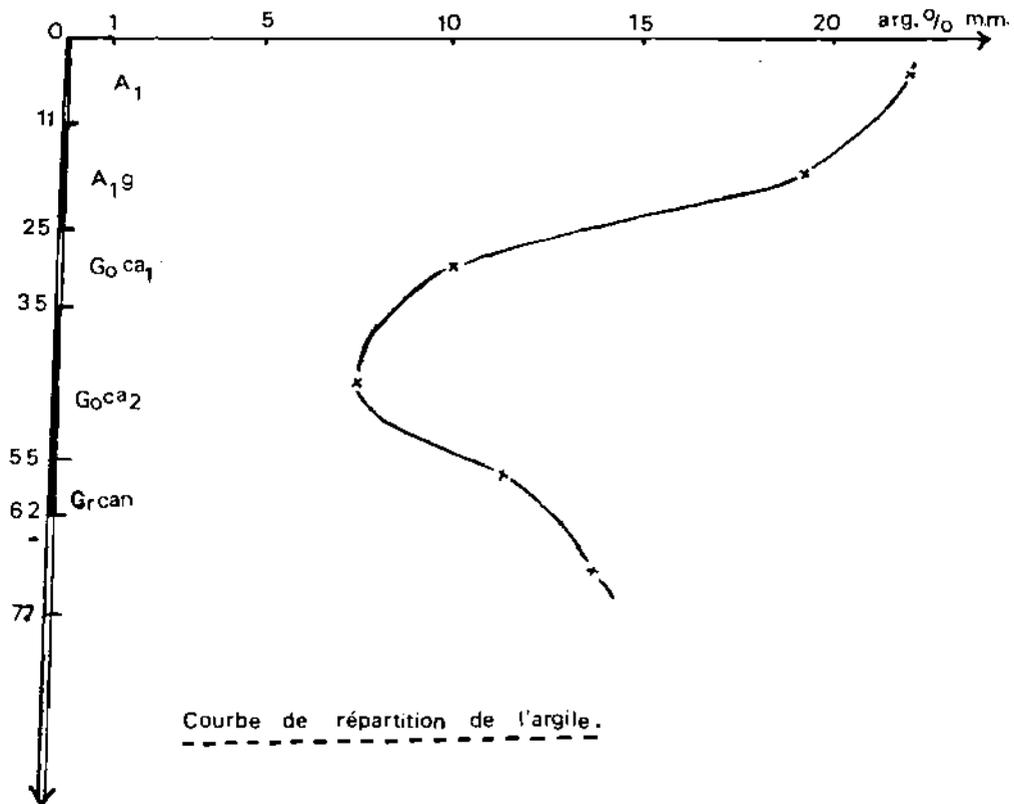
n'avons pas toujours affaire au même type d'humus suivant les moments d'observation. Ainsi, en hiver, l'humus est un anmoor plastique, quelques fois fondu, de couleur noire et d'odeur particulière (substances azotées en décomposition). En été, c'est un hydromull de structure plus ou moins grumeleuse. Nous présentons, ci-dessous, une étude comparative des principaux types de sols à gleys.

<u>Sols à gley sous aulnaie</u>	<u>Sols à gley sous pineraie</u>
- Humus de type anmoor ou hydromull à structure grumeleuse ; acidité modérée (pH 6)	- Humus de type hydromor à structure plastique, fondue, très acide (pH 3)
- Teneur en matière organique en A ₁ (< 15 %)	- Accumulation remarquable de m.o. en A ₀ (> 30 %)
- Horizons minéraux loessiques (pH > 7)	- Horizons humifères très acides
- Accumulation importante de cations échangeables en surface	- Horizons minéraux également acides (4 < pH < 5,5)
- Saturation complète du complexe absorbant sauf dans les horizons humifères A ₁ (station 219) plus acide (V = 69,3 %)	- Cations échangeables peu importants en surface
- Bonne activité biologique : C/N < 13 en surface ; il baisse vers la profondeur	- Faible taux de saturation en surface
- Horizons : A (A _{1g}) G ₀ Gr	- Faible activité biologique : C/N < 20 en surface ; ceci est peu classique pour ce type d'humus
	- Horizons : A (A _{1g}) II Gr

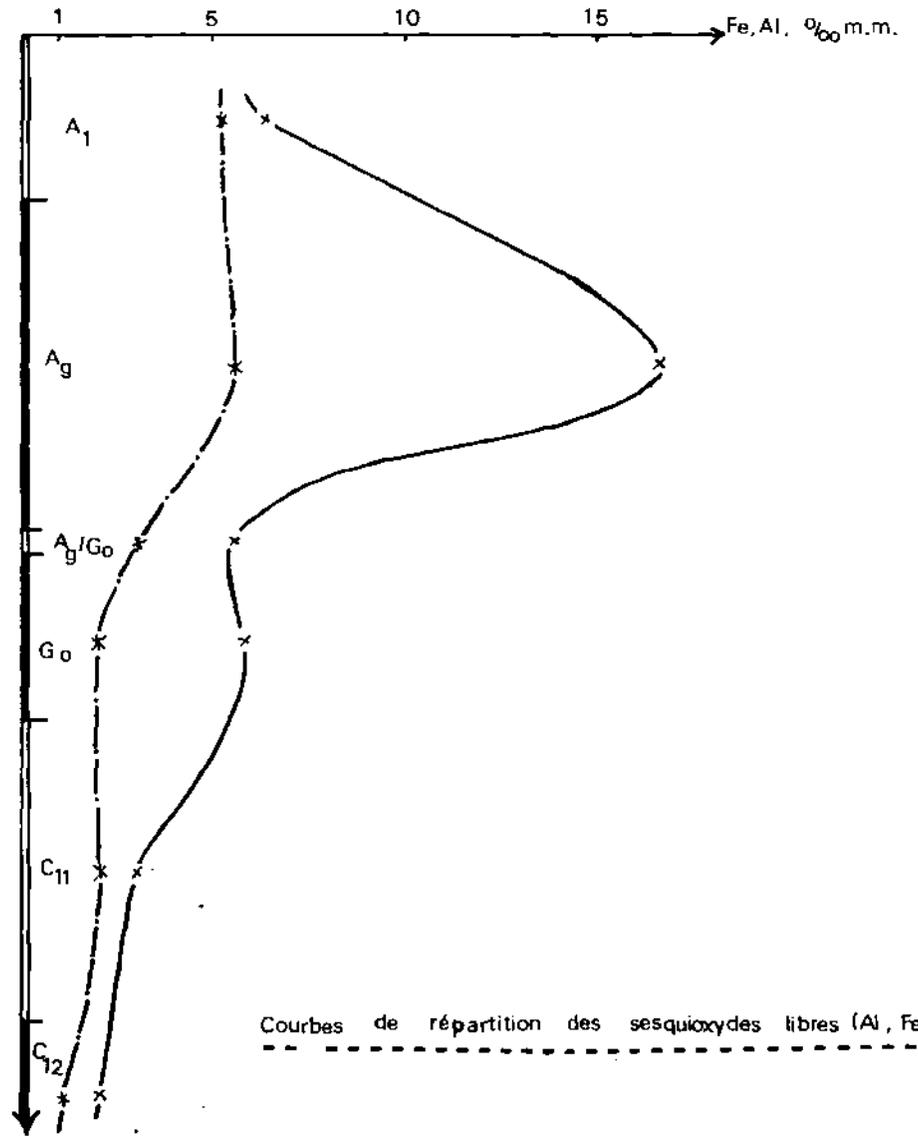
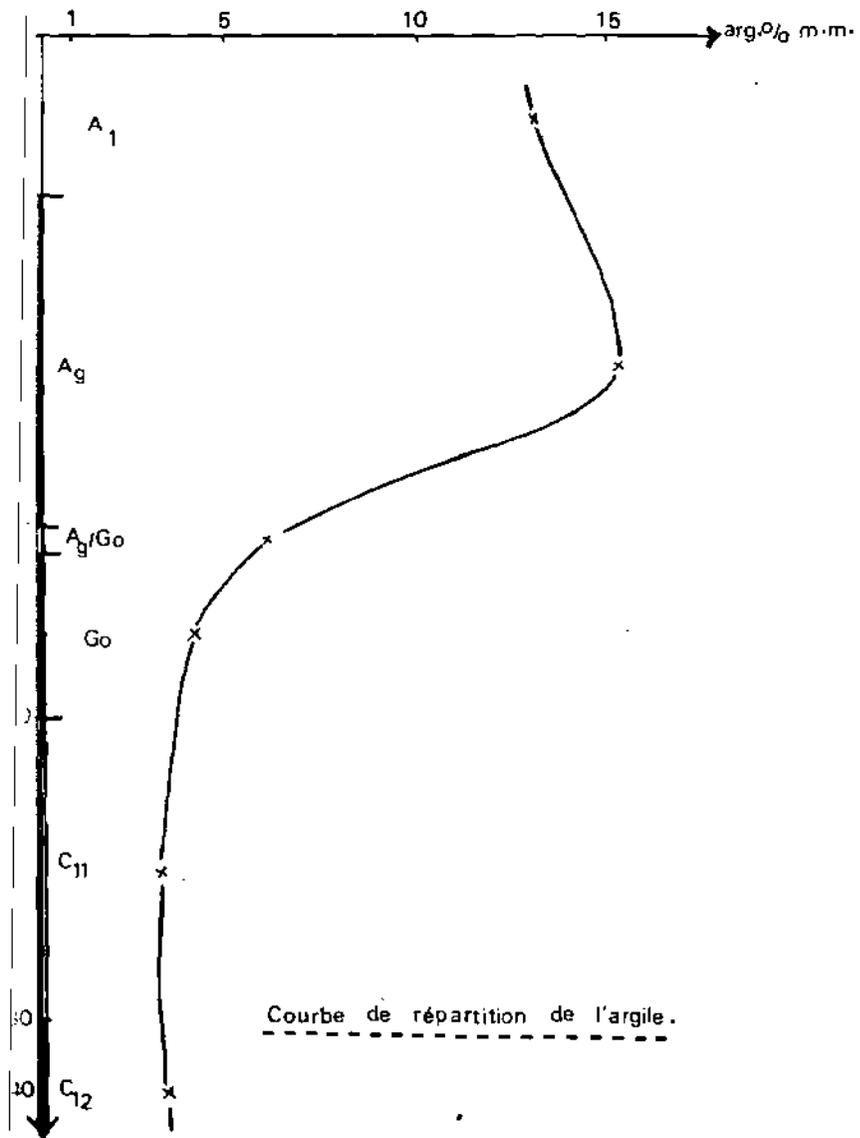
Conclusion

L'évolution de la matière organique et la morphologie générale des profils (A₁, A_g/G₀, G₀, C ou A₁, A_{1g}, G₀, Gr) édifiés sous aulnaies ont les caractères d'un sol humifère à gley eutrophe. En milieu très acide (station 2 b), le profil évolue vers le type sol humifère à gley et à hydromor.

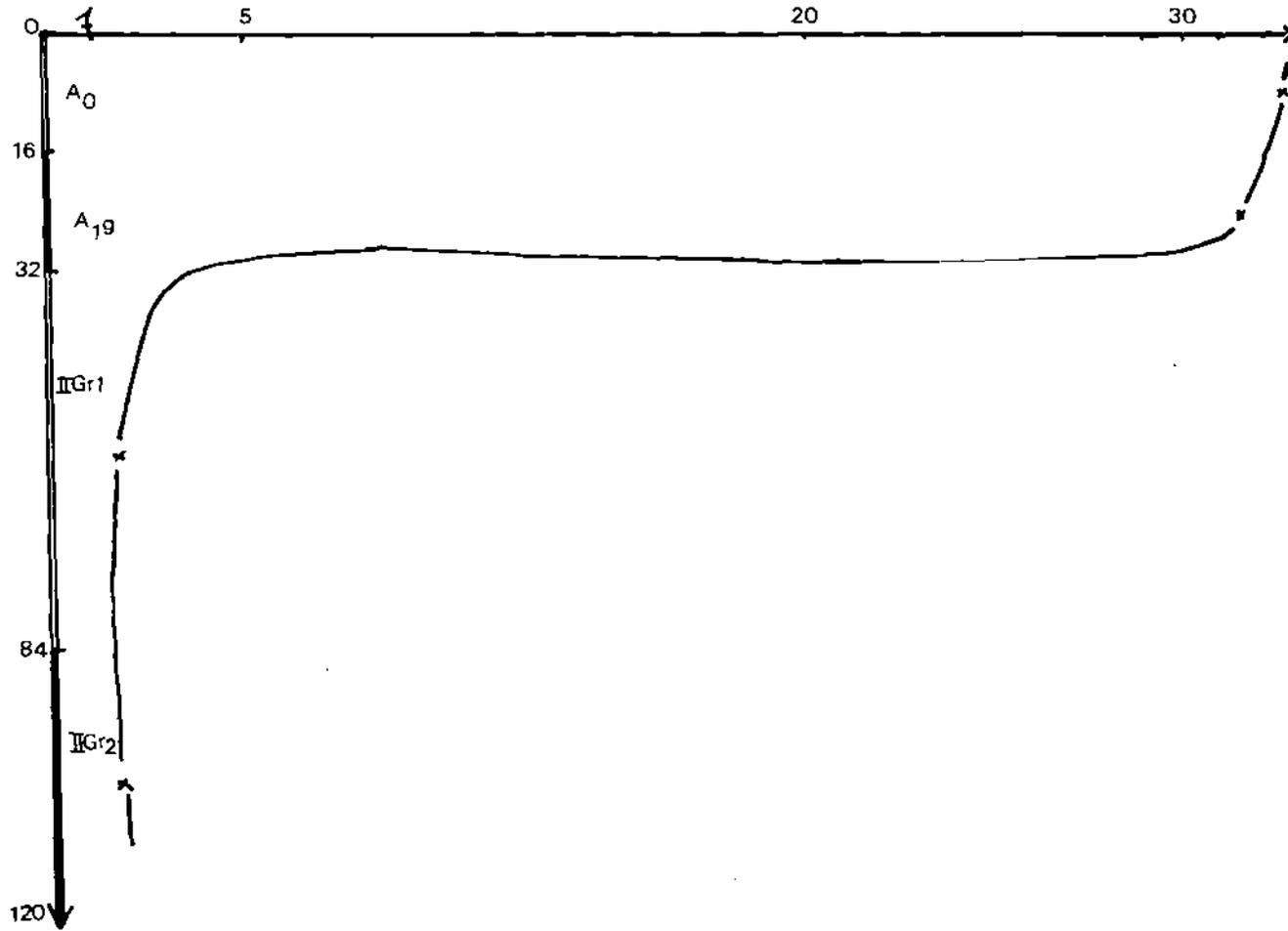
STATION 34 : Sol humique à gley calcaire (à anmoor eutrophe).



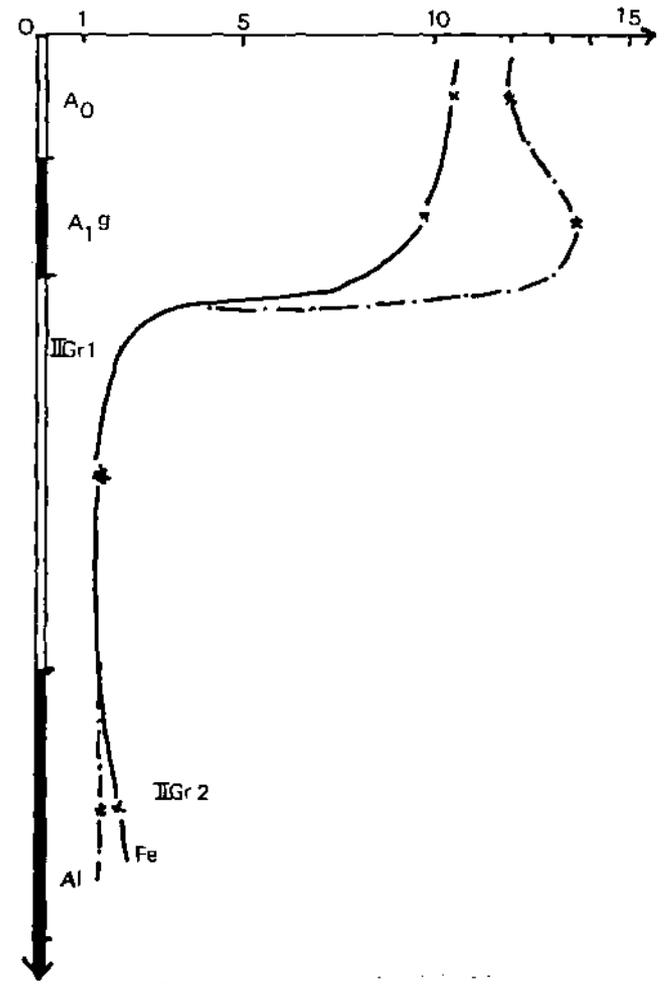
STATION 219 : Sol humique à gley (à anmoor mésotrophe).



STATION 2b: Sol humique à gley (à hydromor)



Courbe de répartition de l'argile.



Courbes de répartition des sesquioxydes libres (Al, Fe).

Chapitre 3 : DISCUSSION - CONCLUSION

L'étude éco - pédologique a soulevé un certain nombre de problèmes concernant la végétation et les processus de pédogenèse en Forêt de Haguenau.

1. Végétation

A) La chênaie - hêtraie et chênaie - charmaie

Ces forêts constituent rarement des groupements "purs". Toutefois, sur certains substrats (sables drainés à pédoclimat frias ou faible couverture limono - sableuse remaniant l'oligocène), les forêts de chênaie - hêtraie offrent une physionomie agréable. Les espèces généralement observées, sont la canche cespiteuse, le sceau de Salomon, le millet, la circée, la stellaire, la luzule et une brachypode (Brachypodium silvatica). L'ensemble floristique dont il est ici question représente l'association du Stellario - Carpinetum d'Obd. (1942 - 1962).

En association avec le hêtre, le pin sylvestre forme des peuplements mixtes parfois bienvenants. La flore herbacée est en général pauvre.

B) Peuplements d'aulnaies - frênaies

Les aulnaies sont localisées dans les stations mal drainées ; toutefois, les substrats sont, ici, riches en réserves minérales (notamment Ca^{++} , Mg^{++} , K^+). Quand ces substrats (sables et loess) sont mieux drainés; ce qui n'exclut pas l'hydromorphie temporaire, la frênaie fait son apparition.

Les forêts d'aulnaies et de frênaies font partie d'une association que nous avons appelée Alneto - Fraxinetum. En fait, si nous raisonnons à l'échelle stationnelle, il y a lieu de distinguer les associations du Carici elongatae - Alnetum (Koch), du Circeo - Alnetum (Oberd.) et du Carici remotae - Fraxinetum (Koch). Cette remarque rejoint la conception auto - écologique

des groupes écologiques, définie par Duchaufour (1950) : "... les caractéristiques de station forment alors, grâce à l'identité de leurs exigences, une association qui reflète fidèlement l'état du milieu".

2. Typologie des sols et mécanismes pédogénétiques prépondérants

A) Sables drainés à hydromorphie profonde

Sur le terrain, les sols observés ont des caractères morphologiques (horizons A_1 , (B) et C) apparentés. Les analyses ont permis de montrer qu'il y a, en fait, des différences dans les processus de pédogenèse dans ces stations. Nous avons établi que ces sols, de par le comportement de l'alumine libre, sont le siège d'une podzolisation chimique qui autorise à les classer parmi les sols ocres podzoliques. Ceci nous conduit à admettre comme certains auteurs (Duchaufour et Souchier, 1965 ; Nys, 1973, 1975), que la distinction entre évolution chimique et évolution morphologique n'est pas souvent aisée.

La particularité des sables de cette forêt, c'est que malgré certaines propriétés physico-chimiques (pauvreté en argile et fer, perméabilité, acidité élevée : $\text{pH} < 5$), ils ne donnent pas naissance à des podzols au s. s. La production croissante d'argile et de fer libre (de C vers A), mérite d'être étudiée par des méthodes d'investigation plus poussées. Des études géochimiques permettront, sans doute, des précisions sur la nature et l'évolution de la fraction fine argileuse.

L'identification du type de composés organiques qui imprègnent les horizons A_1 offrira également des résultats pour élucider certains processus pédogénétiques.

B) Drainage défavorable

Les podzols hydromorphes ont été édifiés grâce à l'action conjointe de l'eau et d'une matière organique à comportement agressif vis-à-vis de la matière minérale. Le blanchissement des horizons humifères de surface (A_0 , A_1 , A_2) est le signe révélateur du rôle joué par l'eau et la matière organique acide :

altération, solubilisation des matières minérales hydrosolubles et évacuation. Les horizons rouilles sont le résultat de mécanismes de pédogenèse multiples. Enfouis ($II B_{s1} b$ et $II B_{s2} b$) sous des horizons A_2 également fossiles ($IIA_2 b$), ils semblent refléter des processus de pédogenèse anciens. En surface, la pédogenèse est actuelle : ces niveaux de pédogenèse différée dans le temps et dans l'espace mettent une fois de plus à l'ordre du jour, le problème des sols anciens (paléosols et sols polycycliques). Dans nos stations, les substrats de pédogenèse datent du pliocène et du quaternaire. Il est inutile de rappeler ici la nécessaire et fructueuse collaboration entre le pédologue et le géomorphologue pour une meilleure compréhension des rapports pédogenèse - morphogenèse.

Dans les stations sur oligocène remanié, les sols sont de type brun à pseudogley primaire, brun faiblement lessivé ou podzolique à pseudogley. Sur les loess, les sols sont bruns avec traces d'hydrophie (marbrures) dès les horizons de surface. Les analyses de caractérisation ont confirmé l'extrême variabilité texturale des horizons de ces sols, modifications qui sont en rapport avec les conditions de dépôts des matériaux. Nous précisons que l'hétérogénéité texturale se reflète au niveau de la dissymétrie de la répartition des matières minérales (argile, fer et aluminium). Ainsi, pour un horizon donné, l'augmentation de teneur en éléments minéraux (argile, par exemple) ne peut être uniquement attribuée aux processus de lessivage avec perte et gain.

Dans les sols humifères à gley, les différences portent essentiellement sur la biologie des stations (type de litières) et certaines propriétés physico-chimiques des matériaux (cations échangeables, pH). Il en résulte qu'on peut rencontrer suivant les stations, des sols humifères à gley calcaire (ou non) à anmoor eutrophe ou à hydromor.

3. Problème des "sols climax" et certains sols en Forêt de Haguenau

Il est d'habitude, dans les études écopédologiques, d'opposer les "sols climax" aux sols dégradés. Précisons que les "sols climax" sont dans un état d'équilibre bio-dynamique relativement stable. Par contre, lorsque l'homme inter-

vient, par suite d'une modification de la végétation primitive (feuillus et tapis graminéen) en végétation d'intérêt vital ou de rente (cultures céréalières, introduction d'espèces à bois utile ou recherché), on assiste généralement à une dégradation des sols, suite logique de la dynamique nouvelle dont il a été l'instigateur. Les exemples de sols dégradés sont malheureusement fréquents (podzols "secondaires", sols lessivés à horizon Bt qui remonte en surface, ... mais nous pensons que l'ignorance des uns et la volonté délibérée des autres, ont beaucoup contribué à l'extension de ces types de sols.

En Forêt de Haguenau, il ne semble pas que l'action de l'homme soit aussi déterminante dans les processus de dégradation des sols. Cependant, cette action humaine est pour une bonne part, à l'origine de l'appauvrissement du tapis herbacé sous certains peuplements forestiers. La podzolisation chimique existe, mais les risques d'une évolution pédogénétique plus avancée (migration de l'argile, du fer et de l'aluminium) existent également. Ces risques se concrétiseront le jour où des remontées fréquentes de la nappe phréatique se feront sentir en surface. Il y a alors solubilisation plus intense de la matière organique (en A_0 , A_0/A_1 et A_1), séparation du fer et de l'argile, altération des éléments minéraux et mise en mouvement des éléments ainsi libérés.

Conclusion

La podzolisation chimique s'est faite sous la dépendance des propriétés physico-chimiques des roches - mères (pauvreté en argile ou éléments peu altérables), de la végétation et de la géomorphologie des stations (épaisseur de sable et drainage). Les sols constituent des "climax stationnels" qu'il ne faut confondre ni avec les climax climatiques (podzols boréaux), ni avec les podzols de dégradation (podzols "secondaires" des plaines atlantiques françaises ou de l'étage montagnard des Vosges). Ces sols sont à rapprocher des sols ocres podzoliques sur certains affleurements gréseux ou sablo - quartzeux dans les Vosges (Edelman, 1960 ; Duchaufour, 1948 - 1970 ; Souchier, 1970 ; Guillet, Bruckert, 1970).

ANNEXES

1. ETUDE DES PROFILS

Les fosses pédologiques ont été choisies en fonction des matériaux géomorphologiques, des conditions du drainage et de la végétation. Parfois, nous avons été amené à utiliser la grande carrière pour le prélèvement de certains horizons inondés le jour du creusement de ces fosses.

A) Analyses physiques

Granulométrie

Après tamisage (tamis de 2 mm), la détermination texturale de la terre fine a porté sur les fractions granulométriques suivantes :

- sable grossier (SG) : 2000 à 200 μ
- sable fin (SF) : 200 à 50 μ
- limon grossier (LG) : 50 à 20 μ
- limon fin (LF) : 20 à 2 μ
- argile (A) : inf.) 2 μ

B) Analyses chimiques

- a) Le p_H est mesuré à l'eau : il s'effectue, après mouillabilité, sur un mélange de 10 g de terre fine et de 25 ml d'H₂O distillée.
- b) Le carbone organique est obtenu par la méthode Anne.
- c) L'azote total est dosé par la méthode Kjeldahl.
- d) Le complexe absorbant. Les cations échangeables (S) sont déterminés après percolation à l'acétate d'ammonium puis, après lavage à l'alcool, une deuxième percolation au chlorure de sodium permet d'obtenir la capacité totale d'échange (C. E. C. = T).

e) Extraction des sesquioxydes libres et des éléments (Al, Si) des minéraux altérés

e.1.) Les sesquioxydes libres (Al_2O_3 , Fe_2O_3) sont extraits par le réactif combiné ainsi constitué. :

- réactif de Tamm (oxalate d'ammonium : 24,8 g/l ;
acide oxalique : 12,6 g/l),

- dithionite de sodium (1 g) (Duchaufour et Souchier, 1966)

Trois extractions successives de 20 mn à 60° C sont nécessaires pour l'extraction des éléments recherchés.

e.2.) Les éléments (Si, Al) des minéraux altérés sont extraits par la soude (NaOH 1N/2).

e.3.) Le dosage des éléments Al_2O_3 , Fe_2O_3 et Si, Al se fait par absorption atomique (Jeanroy, 1967).

2. DONNEES CLIMATOLOGIQUES (Voir tableaux et courbes pages suivantes).

saisons années et stations		H	P	E	A	régimes et pluviomé- trie annuelle.
		Déc. - Fév.	Mars- Mai	Juin- Août	Sept- Nov.	
1891	STRBG	80	176	239	181	EAPH 676
	HAG.	82	186	320	140	EPAH 728
1892	STRBG	114	135	175	190	AEPH 614
	HAG	144	105	247	262	AEPH 758
1893	STRBG	109	39	151	226	AEHP 525
	HAG.	146	41	184	140	AEHP 611
1894	STRBG	80	152	229	210	EAPH 671
	HAG	95	195	223	239	AEPH 752
1895	STRBG	189	151	234	157	EHAP 731
	HAG	238	215	272	221	EHAP 946
1896	STRBG	83	157	267	232	EAPH 739
	HAG	117	165	224	170	EAPH 676
1897	STRBG	91	164	225	85	EPHA 565
	HAG	147	245	296	180	EHPA 868
1898	STRBG	104	176	281	178	EAPH 739
	HAG	118	250	224	196	PEAH 788
1899	STRBG	169	176	245	126	EPHA 716
	HAG	174	168	213	140	EHPA 695
	STRBG					
	HAG					

saisons		H	P	E	A	régimes et pluviomé- trie annuelle.
années et stations		Déc. - Fév.	Mars- Mai	Juin- Août	Sept.- Nov.	
1900	STRBG HAG.	213	89	201	169	HEAP 672
1901	STRBG	75	167	212	170	EAPH 624
1902	STRBG HAG.	110	192	155	99	PEHA 556
1903	STRBG HAG	64	101	354	129	EAPH 648
1904	STRBG HAG	112	161	181	154	EPAH 608
1905	STRBG HAG	76	155	187	173	EAPH 591
1906	STRBG HAG	109	161	201	107	EPHA 578
1907	STRBG HAG	110	116	166	117	EAPH 509
1908	STRBG HAG	81	219	269	106	EPAH 675
1909	STRBG HAG	84	121	287	234	EAPH 726
1910	STRBG HAG	167	106	333	186	EAPH 792

années et stations	saisons				régimes et pluviométrie annuelle.
	H Déc. - Fév.	P Mars- Mai	E Juin- Août	A Sept. - Nov.	
1911 STRBG HAG.	92	134	146	207	AEPH 579
1912 STRBG HAG	122	143	335	143	EAPH 743
1913 STRBG HAG.	115	155	190	208	AEPH 668
1914 STRBG HAG	150	212	322	176	EPAH 860
1915 STRBG HAG	211	188	243	198	EPHA 750
1916 STRBG HAG	140	158	252	277	AEPH 827
1917 STRBG HAG	51	137	274	174	EAPH 636
1918 STRBG HAG	123	137	150	230	AEPH 640
1919 STRBG HAG	173	136	195	200	AEHP 704
1920 STRBG HAG	95	179	212	147	EPAH 633
1921 STRBG HAG	105 119	118 107	179 112	125 131	EAPH 527 AHEP 469

années et stations	saisons		H	P	E	A	régimes et pluviométrie annuelle.
			Déc. - Fév.	Mars- Mai	Juin- Août	Sept. - Nov.	
1922	STRBG		189	281	258	245	PEAH 973
	HAG.		237	280	220	209	PEAH 946
1923	STRBG		167	187	110	253	APHE 717
	HAG		216	159	116	287	AHPE 778
1924	STRBG		67	198	243	233	EAPH 741
	HAG.		92	176	255	237	EAPH 760
1925	STRBG		150	181	174	200	APEH 705
	HAG		196	209	172	226	APHE 803
1926	STRBG		121	194	242	220	EAPH 777
	HAG		177	211	295	205	EAPH 888
1927	STRBG		132	203	407	246	EAPH 988
	HAG		143	228	288	252	EAPH 911
1928	STRBG		160	175	256	186	EAPH 777
	HAG		185	150	213	204	EAHP 752
1929	STRBG		122	112	277	179	EAHP 690
	HAG		174	168	213	140	EHPA 695
1930	STRBG		82	245	266	288	AEPH 881
	HAG		298	162	176	215	HAEP 851
1931	STRBG		158	214	353	145	EPHA 870
	HAG		212	219	407	167	EPHA 1005
1932	STRBG		56	207	297	181	EPAH 741
	HAG		63	201	211	260	AEPH 717

saisons années et stations		H	P	E	A	régimes et pluviométrie annuelle.
		Déc. - Fév.	Mars- Mai	Juin- Août	Sept. - Nov.	
1933	STRBG	76	182	251	183	EAPH 692
	HAG.	86	187	228	165	EPAH 666
1934	STRBG	133	88	282	120	EHAP 623
	HAG	127	106	237	126	EHAP 596
1935	STRBG	194	219	231	218	EPAH 862
	HAG.	216	239	168	237	PAEH 860
1936	STRBG	165	130	353	197	EAHP 845
	HAG	264	156	301	196	EHAP 917
1937	STRBG	161	242	251	134	EPAH 788
	HAG	243	261	164	181	PHAE 849
1938	STRBG	141	97	415	133	EHAP 786
	HAG	261	129	309	170	EHAP 869
1939	STRBG	120	225	289	248	AEPH 982
	HAG	182	269	310	446	AEPH 1207
1940	STRBG	129	186	278	243	EAPH 836
	HAG	155	213	270	366	AEPH 1004
1941	STRBG	202	197	308	148	EHPA 855
	HAG	295	262	314	124	EHPA 995
1942	STRBG	107	183	220	248	AEPH 758
	HAG	116	212	213	230	AEPH 771
1943	STRBG	77	130	277	166	EAPH 650 EAPH

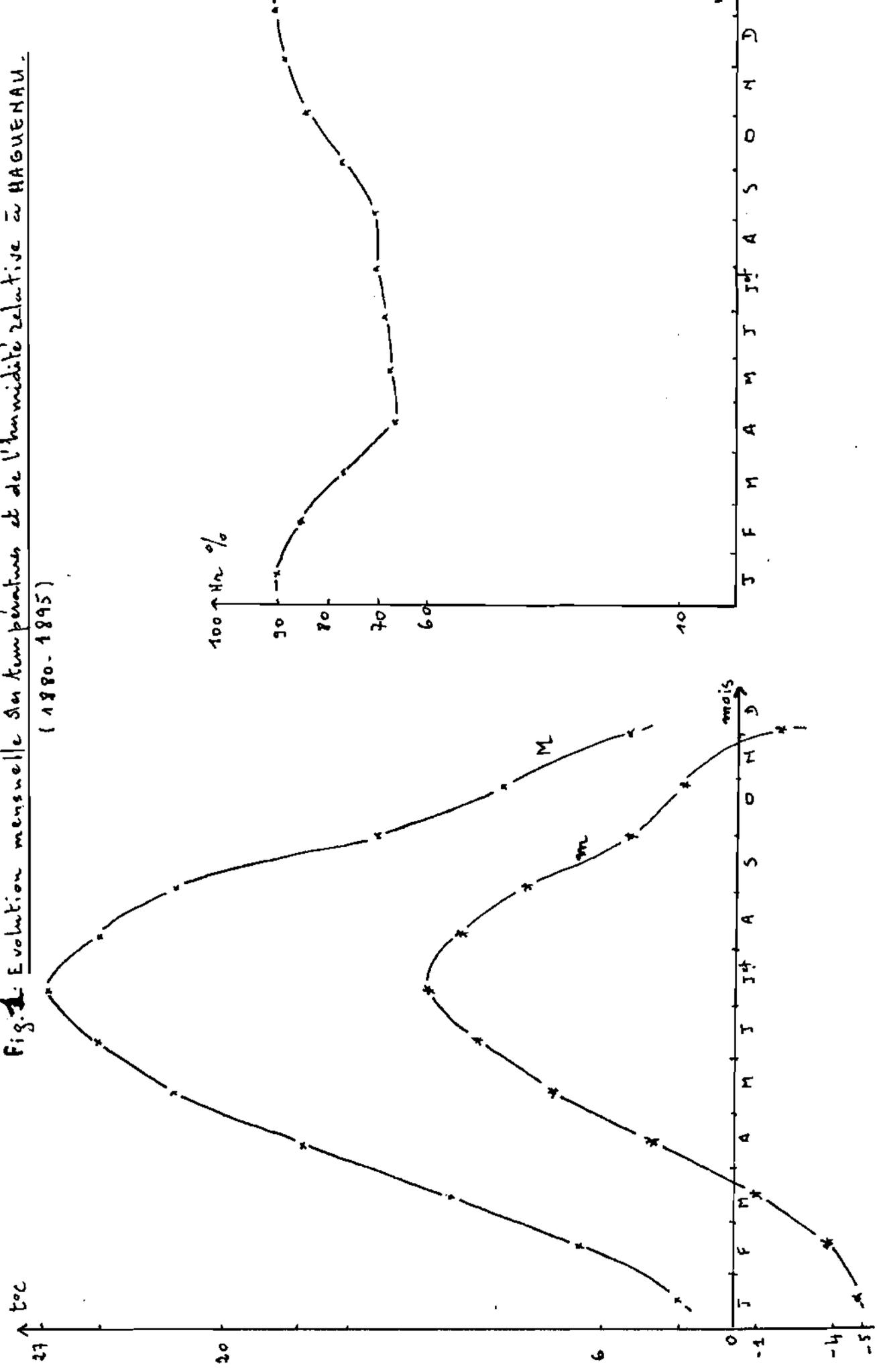
saisons années et stations		H	P	E	A	régimes et pluviométrie annuelle.
		Déc. - Fév.	Mars- Mai	Juin- Août	Sept. - Nov.	
1944	STRBG	127	107	230	353	AEHP 817
	HAG.	122	101	192	406	AEHP 821
1945	STRBG	153	110	297	137	EHAP 697
	HAG	206	119	265	153	EHAP 743
1946	STRBG	114	140	304	101	EPHA 659
	HAG.	146	161	251	142	EPHA 700
1947	STRBG	194	155	178	127	HEPA 654
	HAG	220	181	174	166	HPEA 741
1948	STRBG	119	144	464	112	EPHA 839
	HAG	184	150	486	137	EHPA 957
1949	STRBG	146	128	117	124	HPAE 515
	HAG	162	75	74	111	HAPE 422
1950	STRBG	135	168	321	243	EAPH 867
	HAG	192	167	273	268	EAHP 900
1951	STRBG	96	146	339	190	EAPH 771
	HAG	156	169	207	196	EAPH 728
1952	STRBG	158	179	169	349	APEH 855
	HAG	234	217	155	335	AHPE 941
1953	STRBG	80	120	373	85	EPAH 658
	HAG	96	90	231	94	EHAP 551
1954	STRBG	164	130	242	231	EAHP 767
	HAG	178	114	235	241	AEHP 768

saisons années et stations		H	P	E	A	régimes et pluviomé- trie annuelle.
		Déc. - Fév.	Mars- Mai	Juin- Août	Sept. - Nov.	
1955	STRBG	218	129	265	74	EHPA 686
	HAG.	308	122	215	87	HEPA 732
1956	STRBG	69	191	286	164	EPAH 710
	HAG	96	148	286	200	EAPH 730
1957	STRBG	117	101	228	110	EHAP 545
	HAG.	173	109	313	132	EHAP 727
1958	STRBG	266	129	277	156	EHAP 828
	HAG	342	172	327	182	HEAP 1023
1959	STRBG	128	214	169	87	PEHA 598
	HAG	131	204	189	83	PEHA 607
1960	STRBG	165	126	268	215	EAHP 774
	HAG	207	158	280	221	EAHP 866
	STRBG					
	HAG					
	STRBG					
	HAG					
	STRBG					
	HAG					

t° C max. (M) t° C min. (m) H r	Mois											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
M	2	6	11	17	22	25	27	25	22	14	9	4
m	-5	-4	-1	3	7	10	12	11	8	4	1	-2
H r	90	86	77	67	68	69	71	71	78	85	89	91

Températures et humidité relative (1880 - 1895) à Haguenau

Fig. 1: Evolution mensuelle des températures et de l'humidité relative à HAGUENAU.
(1880-1895)



BIBLIOGRAPHIE

- AMERYCKX J., 1960 - La pédogenèse en Flandre sablonneuse. Une chrono-bioséquence sur matériaux sableux. Pédologie, X, 1, pp. 124-190.
- ANDERSON J.M., 1973 - Carbon dioxide evolution from two temperate, deciduous woodlands soils (Evolution du CO₂ dans deux sols de forêt tempérée de feuillus). J. appl. Ecol., G.B., 10, n° 2, 361-378 bibl. (1 p 1/2)
- ANGELES M., HERNANDEZ V. et ROBERT M., 1975 - Transformation profonde des micas sous l'action de l'acide galacturonique. Problème des smectites des podzols. C. R. Acad. Sci., Paris, S-D, t. 281, 1° Septembre 1975 ; p. 523.
- APOSTOLESU V., 1968 - Reconstitution des conditions de sédimentation et des milieux de dépôt par données sédimentologiques et paléobiologiques conjuguées. Exemple de l'Eocène - Oligocène de Forcalquier - Manosque (Basses - Alpes). Rev. I.F.P., 23, pp. 774-792.
- ARCA M.N., WEED S.B., 1966 - Soil agregation and porosity in relation to contents of free ironoxide and clay. Soil Sci., 101 (3), 170.
- AUBREVILLE A., 1962 - Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. Adansomia, T. II, p. 16-84.
- AUBREVILLE A., 1976 - Centres tertiaires d'origine, radiations et migration des flores angiospermiques tropicales. Adansomia, ser. 2, 16 (3) : 297-354.
- AUSSENAC G. et BECKER M., 1968 - Ecologie d'un massif sur sols hydromorphes : la forêt de charmes (Vosges). Contribution à la mise au point d'une méthode d'étude dynamique du milieu forestier. Annales des Sciences forestières, vol. 25, n° 4, pp. 291-332.
- BAULNY H. de, 1964 - La Moder. Etude hydrobiologique. Thèse Doct. 3° cycle de Géodynamique, Paris.
- BECKER M., 1971 - Etude des relations sol - végétation en condition d'hydromorphie dans une forêt de la plaine lorraine. Thèse, Nancy I.
- BECKER M., 1973 - Contribution à l'étude expérimentale de l'écologie de cinq espèces herbacées forestières : *Molinia coerulea*, *Carex brizoides*, *Deschampsia flexuosa*, *Luzula albida*, *Poa chaixii*. Oecol. Plant., 8 (2), 99-124.
- BEGON J.C. et JAMAGNE M., 1973 - Les notions de pseudogleyx et pélosols dans la classification des sols de la R.F.A. (excursion pédologique Congrès de A.I.S.S., Stuttgart, 1971). Bull. Assoc. Fr. Etud. Sol n° 4.

- BERTHELIN J. et KOGBLEVI A., 1974 - Influence de l'engorgement sur l'altération microbienne des minéraux dans les sols. Revue d'Ecol. Biol. Sol, 1, 1, (4), p. 499.
- BLUME H.P. and SCHWERTMANN U., 1969 - Genetic Evaluation of Profil Distribution of Aluminium, Iron and Manganese Oxides. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33, 3, p. 438-444.
- BONNEAU M., DUCHAUFOR Ph., LE TACON F. et N'GUYEN KHA, 1967 - Note sur quelques sols développés sur substratums argileux. Pédologie, Gand, VII, (1), 106-118.
- BOQUEL G. et KAUFFMANN J., 1963 - Influence du thermopériodisme et de l'hydropériodisme sur la formation de l'humus et l'activité des fixateurs d'azote aérobies libres dans la terre. Cahiers de l'ORSTOM, 2, 5-7.
- BOQUEL G., BRUCKERT S. et SUAVIN L., 1970 - Inhibition de la nitrification par les extraits de litière de hêtre (*Fagus silvatica*). Revue Ecol. Biol. Sol, T. VII, 3, pp. 357-360.
- BORDES F., 1969 - Le loess en France. Suppl. Bull. Assoc. Fr. Et. Quat. (A.F.E.Q.), INQUA, 69-76 - Paris.
- BOUDOT J.P., 1976 - Ecologie du paysage. Processus de pédogenèse sur les grauwackes de la série du Markstein (Hautes - Vosges). Thèse 3° cycle, U.L.P. Strasbourg.
- BRUCKERT S. et DOMMERGUES Y., 1966 - Etude expérimentale de la biodégradation de deux complexes organo - ferriques dans un sol à mor et à mull. A.F.E.S., Sci. du Sol, n° 2, 1966.
- BRUCKERT S. et DOMMERGUES Y., 1968 - Importance relative de l'immobilisation physico - chimique et de l'immobilisation biologique du Fer dans les sols. Sci. du Sol, 1, pp. 19-27.
- BRUCKERT S. et JACQUIN F., 1969 - Complexation du Fer (III) par les fractions organiques d'un extrait naturel de mor. C.R. Acad. Sci. Paris, 269, 1625-1628.
- BRUCKERT S., 1970 - Influence des composés organiques solubles sur la pédogenèse en milieu acide. Thèse d'Etat, Fac. Sciences, Nancy.
- BRUCKERT S. et GUILLET B., 1972 - Influences des propriétés physico - chimiques d'un granite et d'un grès sur la migration relative des polymères fulviques et humiques des podzols. C.R. Acad. Sc., Paris, 1974, S-D, n° 23, pp. 3076-3079.

- BRUCKERT S. et SOUCHIER B., 1975 - Mise au point d'un test de différenciation chimique des horizons cambiques et spodiques. C-R. Acad. Sc., Paris, T 280, S-D, pp. 1361-1364.
- BRUCKERT S. et SOUCHIER B., 1975 - Humification et distribution des complexes organo - métalliques des sols brunifiés et podzolisés. C-R Acad. Sc., Paris, T 280, S-D. pp. 1237-1240.
- BURG M.M., 1949 - L'exportation du bois de la Forêt de Haguenau en Hollande au XVII^e siècle. Revue d'Alsace, 89, pp. 192-212.
- BURG A.M., 1960 - La Forêt de Haguenau. Bull. Club vosgien, n° 2, mai 1960, p. 13.
- BURINGH P., 1954 - The analysis of pedological elements in aerial photographs. Actes et C.R. Transactions V^e Congrès internat. Sci. Sol. Léopoldville.
- CAILLEUX A., 1954 - Les loess et limons éoliens de France. Bull. Service Carte géologique France, n° 240, T. II.
- CAMEZ T., 1962 - Etude sur l'évolution des minéraux argileux dans les sols des régions tempérées. Mém. Serv. Carte Géol. Als. Lorr., 20, 90 p.
- CARBIENER R., 1963 - Les sols du massif du Hohneck. Leurs rapports avec le tapis végétal. Le Hohneck, Ass. Philom. Als. Lorr., Strasbourg p. 103-152.
- CASSINI DE THURY C.F. et CASSINI J.D., 3^e quart du XVIII^e siècle - Carte topographique de la France. Feuilles 161-165, 171 (Alsace) S.n.l.d. 5f. 58-92, sur toile en boîte in 8°.
- CHANCELIER N., 1958-1961 - L'exploitation de la Forêt de Haguenau. Etudes Haguenaubiennes, III, N. S., 145-184.
- CONINCK F. de, 1954 - Différences dans la morphologie des podzols suivant l'humidité (Campine anversoise). Actes et C.R. Transactions, V^e Congrès Internat. de la Science du Sol, Léopoldville.
- CONINCK F. de et HERBILLON A., 1969 - Evolution minéralogique et chimique des fractions argileuses dans les alfisols et des spodosols de la Campine (Belgique). Pédologie, XIX, 2, p. 159-272, Gand.
- DEJOU J., GUYOT J. et MORIZET J., 1966 - Etude des sols reposant sur granites à 2 micas et micaschistes à biotite dans la région de Bessines - Laurière (Haute - Vienne). Bull. A. F. Etud. du Sol, n° 10, octobre 1966.

- DEJOU J., GUYOT J., PEDRO G., Mme CHAUMON C. et ANTOINE H., 1968 - Nouvelles données concernant la présence de gibbsite dans la formation d'altération superficielle des massifs granitiques (cas du Cantal et du Limousin). C.R. Acad. Sc., T. 266, pp. 1825-1827.
- DELIBRIAS G., DUTIL P. et JUSTE C., 1966 - Premiers résultats de mesure d'âge de la matière organique de l'horizon d'accumulation des podzols humiques développés sur le sable des Landes. C.R. Acad. Sc., Paris, 263, (18), 1300-1302.
- DELECOUR F., 1972 - Problèmes généraux de complexation organo - minérale dans les sols bruns acides ardennais. Pédologie, XXII, 2, pp. 185-197, Gand.
- DELECOUR F., VAN PRAAG H. et CHERDUVILLE G., 1974 - Etude sur l'acidité des sols forestiers ardennais. Premières observations sur l'acidité de la matière organique. Pédologie, Gand, 3, pp. 216-237.
- DELMAS A.B., 1975 - Sur la nature du phénomène régissant la dissolution des composés minéraux et organiques. C.R. Acad. Sc. Paris, S-D, 280, n° 15, pp. 1765 et
- DIETZ E., 1883 - Les pluies en Alsace - Lorraine de 1870 - 1880. Strasbourg Librairie Treuttel et Würtz, 1883.
- DION J., 1970 - Les Forêts de la France du Nord - Est. Revue géographique de l'Est, T. XII, n° 3 - 4.
- DOMMERGUES Y. et DUCHAUFOR Ph., 1965 - Etude comparative de la dégradation biologique des complexes organo - ferriques dans quelques types de sols. A.F.E.S., Sci. du Sol, n° 1, 1965.
- DOMMERGUES Y. et MANGENOT F., 1970 - Ecologie des sols. Masson et Cie, édit., Paris, 1970.
- DUBLED H., 1958 - 1961 - Etude sur les défrichements opérés dans la Forêt Sainte (ou Forêt de Haguenau) des origines au XIII^e siècle. Etudes haguenviennes, III, N-S., p. 77-97.
- DUBOIS G., 1955 - La géologie d'Alsace. Mémoire du Service de la Carte géol. d'Als. Lorr., n° 13.
- DUCHAUFOR Ph., MICHAUD R. et MILLOT G., 1950 - Etude des éléments fins de quelques types de sols de climat atlantique. Géol. appliquée et Prospect. min. fr., III, p. 31-62.

- DUCHAUFOR Ph., 1956 - Pédologie. Applications forestières et agricoles.
Ecole Nat. des Eaux et Forêts, Nancy.
- DUCHAUFOR Ph., 1957 - Sur le rôle de la matière organique dans les phénomènes de lessivage et de podzolisation. C.R. Acad. Sci., Paris, 245, 1154-1157.
- DUCHAUFOR Ph., PARDE J., JACAMON M. et DEBAZAC E., 1958 - Un exemple d'utilisation pratique de la cartographie des stations : la forêt du Ban d'Etival (Vosges). R.F.F. n° 10, pp. 597-630.
- DUCHAUFOR Ph. et JACAMON M., 1959 - Les vallées des basses Vosges et leurs types de forêts. Bull. Soc. Bot. France, 1959, p. 29.
- DUCHAUFOR Ph., 1960 - Station, type d'humus et groupements écologiques. R.F.F., n° 7, 484-494.
- DUCHAUFOR Ph., 1960 - Les sols de la hêtraie en Europe Occidentale. Bull. Inst. Agron. et des stations de rech. de Gembloux, vol. 1, 59-74.
- DUCHAUFOR Ph. et BONNEAU M., 1960 - Note sur la physiologie de la nutrition des Résineux. Application à la pratique des reboisements. R.F.F., n° 4, pp. 2250-2256.
- DUCHAUFOR Ph., 1961 - Le rôle de la végétation dans l'évolution des sols. Bull. de l'Assoc. F. E. S., 168-193.
- DUCHAUFOR Ph., 1963 - Note sur le rôle du fer dans les complexes argilo-humiques. C.R.A. Acad. Sci., Paris, 256, 12, 2657-2660.
- DUCHAUFOR Ph. et JACQUIN F., 1963 - Recherche d'une méthode d'extraction et de fractionnement des composés humiques contrôlés par l'électrophorèse. Ann. Agron., 14, 885-918.
- DUCHAUFOR Ph., 1964 - Sur la dynamique de l'Aluminium dans les sols podzoliques. C.R. Acad. Sci., Paris, 259, 3307-3309.
- DUCHAUFOR Ph., 1965 - Note sur un problème de classification. Podzolisation chimique et différenciation du profil. Pédologie, Gand, XI, 2, 143-158.
- DUCHAUFOR Ph. et SOUCHIER B., 1966 - Note sur une méthode d'extraction combinée de l'Aluminium et du Fer libres dans les sols. Sciences du sol, 41, 17-29.
- DUCHAUFOR Ph. et SOUCHIER B., 1968 - Note sur la migration sélective de l'Aluminium dans les sols cryptopodzoliques. C.R. Acad. Sci. Paris, 266, 204-206.

- DUCHAUFOR Ph., 1970 - Humification et écologie. Cahier de l'ORSTOM, Série Pédologie, VII (4), 379-390.
- DUCHAUFOR Ph., 1970 - Précis de pédologie. Masson et Cie, Edit.
- DUCHAUFOR Ph., 1972 - Processus de formation des sols. Biochimie et Géochimie. C.R.D.P., Nancy, Collection Etudes et Recherches.
- DUCHAUFOR Ph., 1973 - Action des cations sur les processus d'humification. Sci. du Sol, 3, 151, 163.
- DUCHAUFOR Ph. et JACQUIN F., 1975 - Comparaison des processus d'humification dans les principaux types d'humus forestiers. Sci. du Sol, 1, 29-33.
- DUCHAUFOR Ph. et all., 1976 - Atlas écologique des sols du monde. Masson et Cie Edit.
- DUDAL R., 1968-1969 - Définitions of soils units for the Soilmap of World and Supplement, World Soil Resources Report. 33, 72 p. and 37, 10 p., F.A.O., Rome.
- DUDAL R., 1970 - 90 years of "Podzolic" Soils. 90 années de sols podzoliques. Institutul Geologic - Studii Tehnice Si. Economice. In memoriam N. e. Cernescu et M. Popovat, Seria C. Pédologie nr 18.
- DUPUIS Th., JAMBU P. et DUPUIS J., 1970 - Sur les formes de liaisons entre le fer et les acides fulviques de sols hydromorphes. C.R. Acad. Sci., Paris, 270, S-D, 2264-2267.
- DUPUIS Th., JAMBU P. et DUPUIS J., 1976 - Recherches sur les produits obtenus par fixation d'ammoniaque sur les composés humiques de podzol. C.R. Acad. Sci., Paris, T. 282, S-D, p.1491.
- DUVIGNAUD P., DENAEYER DE SMET S., 1970 - Phytogéochimie des groupes écologiques forestiers de Haute - Belgique: Oecol. Plant., 5, 1-32.
- EDELMANN C.M., 1960 - Podzols forestiers et podzols de bruyère. Pédologie, vol. X, n° 2, Gand, pp. 229-249.
- EMBERGER L., 1971 - Considérations complémentaires au sujet des recherches bioclimatologiques et phytogéographiques - écologiques. In : Travaux de Botanique et d'écologie. Masson et Cie, Paris, p. 291-301.
- ENGEL R. et KAPP E., 1961 - Contributions à l'étude de la flore des Vosges du Nord. Bull. Assoc. Philom. Als. Lorr., T. XI, n° 1. Avril p. 43.

- ESPIAU P., 1976 - L'acidité d'échange dans les sols. Méthode de détermination de l'Aluminium échangeable et des protons échangeables. Bull. Ass. Fr. Etud. du Sol, Sci. du Sol, n° 3, p. 161-175.
- FAUCK R., 1972 - Les sols rouges sur sables et sur grès d'Afrique Occidentale. Publication ORSTOM, n° 61, 257 p.
- FAURIE G., JOSSERAND A. et BERDIN R., 1975 - Influence des colloïdes argileux sur la rétention d'ammonium et la nitrification. Rev. Ecol. Biol. Sol, T. 12, fasc. 1, p. 201.
- FAVROT J.C. et LEGROS J.P., 1972 - A propos d'un type de sol hydromorphe observé en France : le planosol lithomorphe. Bull. Ass. Fr. Etud. du Sol, n° 6, p. 243-249.
- FEDOROFF N., 1968 - Genèse et morphologie des sols à horizon B textural (Bt) en France atlantique. Sci. du Sol, n° 1, p. 29-65.
- FLAIG W., 1970 - Contribution à la connaissance de la constitution et de la synthèse des acides humiques. Sci. du Sol, n° 2, 39-72.
- FLEXOR J.M. et VOLKOFF B., 1977 - Distribution de l'isotope stable ^{13}C dans la matière organique d'un sol ferrallitique de l'Etat de Bahia (Brésil). C.R. Acad. Sci., Paris, S-D, T. 284, n° 17, pp. 1655-1657.
- FRANC de FERRIERE J., 1937 - Contribution à l'étude géologique et pédologique des formations quaternaires de la plaine d'Alsace. Thèse, Strasbourg, Sci. 1937.
- GANEV S., 1974 - Modifications subies par une muscovite en présence d'un système adsorbant fortement acide. Pédologie, XXIV, 1, p. 71-86, Gand.
- GARELIS R.M. et CHRIST C.L., 1965 - Minerals, solutions and equilibria. Hayer and Row, 450 p.
- GEHU J.M., 1959 - Rapports sol / végétation dans quelques stations basiques du Boulonnais. Bull. Soc. Bot. de France, Juin 1959.
- GEISSERT F., 1959 - Sur la végétation de la région de Haguenau. 85^e session extraordinaire de la Société Bot. de France. Bull. Soc. Bot. France, 1959, p. 95-104.
- GEISSERT F., 1960 - Contribution à la faune malacologique d'Alsace. Bull. Assoc. Philom. d'Als. Lorr., LX, n° 8, p. 185.
- GEISSERT F., 1960 - Découvertes récentes dans les gisements fossilifères aux environs de Soufflenheim. Bull. Ass. Philom. d'Als. Lorr., T.X., p. 178, n° 8.

- GEISSERT F., 1961 - Die Pflanzen und Tierfossilien der Haguenauer Umgebung. Etudes haguenviennes, N-S, 3, p. 25-70.
- GEISSERT F., 1962 - Nouvelle contribution à l'étude de la flore pliocène des environs de Haguenau. Bull. du Service de la Carte Géol. d'Alsace Lorraine, 15, 2, p. 37-49.
- GEISSERT F., 1967 - Mollusques et nouvelle flore plio-pléistocène à Sessenheim (Bas-Rhin) et leurs corrélations villafranchiennes. Bull. Assoc. Philom. d'Als. Lorr., 20, 1, p. 83-100.
- GEISSERT F., 1969 - I) Le pliocène et le quaternaire au nord de Strasbourg. II) Note préliminaire sur la découverte de nouveaux végétaux pliocènes à Auenheim (Bas-Rhin). Bull. Ass. Philom. Als. Lorr., T. XIII, n° 2, p. 199-226.
- GOUNOT M., 1956 - A propos de l'homogénéité et du choix des surfaces de relevé. Bull. Serv. Carte Phytogéogr., Série B, 1, 1, 7-17.
- GOUNOT M., 1958 - Contribution à l'étude des groupements végétaux messicoles et rudéraux de la Tunisie. Ann. Serv. Bot. Agron. Tunisie, 31, 1-282.
- GOUNOT M., 1961 - Les méthodes d'inventaire de la végétation. Bull. Serv. Carte Phytogéogr. Série B, 6, 1, 7-73.
- GOUNOT M., 1969 - Méthodes d'étude quantitative de la végétation. Masson et Cie, Edit. Paris.
- GUCKERT A. et LE TACON F., 1970 - La podzolisation dans les Vosges gréseuses. Rev. Forest. Fr., T. XXII; n° 4, p. 470-471.
- GUILLET B., 1971 a - Etude palynologique des podzols. La podzolisation sur les versants secs gréseux des Basses Vosges. Pollen et Spores, VIII (2), 233 et suiv.
- GUILLET B., 1972 - Relation entre l'histoire de la végétation et la podzolisation dans les Vosges. Thèse Doct. d'Etat, Nancy 1, 112 p.
- GUILLET B., 1974 - Le problème de l'évolution des podzols vosgiens et ses relations avec l'histoire de la végétation. Rev. For. Fr., T. XXV, 1, pp. 31-44.
- GUINOCHET M., 1955 - Logique et dynamique du peuplement végétal. Phytogéographie, phytosociologie, biosystématique, applications agronomiques. Paris, Masson, Coll. évolution des sciences.
- GUINOCHET M., 1975 - Phytosociologie. Masson et Cie Edit.

- HAAS J. O. , 1922 - Le Pliocène de Haguenau et ses rapports avec l'étendue de la Grande Forêt. Bull. Ass. Philom. Als. Lorr., 6, 4, p. 165-172.
- HAAS H. , 1922 - La stratification et la tectonique des terrains tertiaires de Pechelbronn. Bull. Assoc. Philom. Als. Lorr., T. VI, fasc. 4, pp. 158-164.
- HANAUER A. , 1908 - La Forêt Sainte et Haguenau jusqu'au milieu du XIV^e siècle (Extrait Revue d'Alsace), Strasbourg, Librairie Noiriel (F Staat).
- HETIER J. M. et JEANROY E. , 1973 - Solubilisation différentielle du fer, de la silice et de l'alumine par le réactif oxalate - dithionite et la soude diluée. Pédologie, Gand, XXIII, 2, 85-99.
- HUFFEL G. , 1920 - La Forêt Sainte de Haguenau en Alsace. Berger - Levrault, éditeurs, Nancy, Paris, Strasbourg.
- HARRIS J. O. , 1961 - Soluble aluminium in plants and soils. Nature, 189, 513-514.
- JACQUIN F. , JUSTE C. et DUREAU P. , 1965 - Contribution à l'étude de la matière organique des sols sableux des Landes de Gascogne. C.R. Acad. Agric. (en cours d'impression).
- JAMAGNE M. , 1969 - Colloque sur les limons (1967). Données sur l'évolution pédogénétique des formations limoneuses. Mém. Société Géol. France, 5, 37-52.
- JAMAGNE M. et FEDOROFF N. , 1969 - Comparaison micromorphologique de quelques sols sur limons du Bassin de Paris. Mém. h. sér. soc. géol. Fr., 5, 73 et suiv.
- JAMAGNE M. , 1969 - Interprétation pédologique de quelques coupes et profils limoneux dans le Nord du Bassin de Paris. Mém. h. sér. Soc. géol. de France, n° 5, 8-30.
- JAMAGNE M. , 1970 - Sur la mise en évidence d'une séquence d'évolution pédogénétique développée dans les formations limoneuses sous climat tempéré humide. C.R. Acad. Sci., Paris, 270, S-D, 2, 1773-1779.
- JAMAGNE M. , 1972 - Quelques caractéristiques fondamentales des pélosols sur loess du Nord de la France. Pédologie, XXII, 2, pp. 198-221, Gand.
- JAMBU P. , DUPUIS Th. et DUPUIS J. , 1972 - Etude de quelques aspects de la fixation du fer par les acides humiques. Ann. agron., 23 (3), pp. 333-354.

- JEANROY E., 1967 - La spectrophotométrie par absorption atomique. Application à l'analyse des sols. Note technique n° 1, Centre de Pédologie biologique du C.N.R.S., Nancy.
- JEANROY E., 1974 - Analyse totale par spectrophotométrie d'absorption atomique des roches, sols, minerais, ciments, après fusion au métaborate de strontium. Analisis, 2 (10-11), 703-712.
- JUNG G., 1962 - Etudes éco-pédologiques dans le Massif Forestier de Haguenau (Bas-Rhin). D.E.S., Strasbourg, Fac. Sci., 1962.
- JUSTE C., 1965 - Contribution à l'étude de la dynamique de l'Aluminium dans les sols acides du Sud-Ouest atlantique : application à leur mise en valeur. Thèse, Nancy 1, Fac. Sci., 1965.
- JUSTE C. et DUTIL P., 1965 - Importance relative du fer et de l'aluminium dans les sols sableux des Landes de Gascogne. Science du Sol, Vol. 1, 1965.
- KOWALSKA M., 1971 - Les composés phénoliques des aiguilles de Pin sylvestre (*Pinus silvestris* L.). Plant. méd. & Phyt., 5, 3, p. 209-223.
- KRANSKOPF K.B., 1956 - Dissolution and precipitation of silicat at low temperatures. Geochim. Cosmochim. Acta, 10, p. 1-26.
- LAPRAZ G., 1965 - Note sur les chênaies - charmaies acidiphiles des Basses - Vosges orientales entre Andlau et Ottrot (*Poa chaixii* - *Carpinetum*) Bull. Assoc. Phil. Als. Lorr., T. XII, n° 1, p. 41 et suivantes.
- LEMEE G., 1937 - Recherches écologiques sur la végétation du Perche. Thèse, Fac. Sci. Paris, 1937 et Revue gén. Bot., 50, 1938, p. 22 et suiv.
- LEMEE G., 1966 - Sur l'intérêt écologique des réserves biologiques de la forêt de Fontainebleau. Bull. Soc. bot. de France, CXIII, 1966.
- LEMEE G., 1967 - Investigation sur la minéralisation de l'azote et son évolution annuelle dans des humus forestiers in situ. Oecol. Plant., 2, 4, 285-324.
- LEROY P., 1961 - Humus brut et régénération du pin sylvestre en forêt de Haguenau. Revue Forest. Fr., 1961, p. 251-263.
- LEVY G., 1969 - Premiers résultats d'étude comparée de la nappe phréatique des pseudogleys sous Résineux et sous Feuillus. Annales des Sci. Forest., vol. 26, n° 1, p. 65-79.
- LOSSAINT P., 1959 - Etude expérimentale de la mobilisation du fer des sols sous l'influence des litières forestières. Thèse, Fac. Sci., Strasbourg, 107 p.

- LOSSAINT P., WAREMBOURG F. et BOTTNER P., 1969 - Note sur l'existence d'un solocre podzolique à horizon B₂ noir alumineux dans les Cévennes méridionales siliceuses. C.R. Acad. Sci. Paris, T. 269 n° 17, S-D, p. 1621-1624.
- MACKNEY D., 1961 - A podzol development sequence in oakwoods and heath in Central England. J. Soil Sci., 12, 23-40.
- MANIL G., DELECOUR F., FORGET G. et EL ATTAR A., 1969 - L'humus, facteur de station dans les Hêtraies acidiphiles de Belgique. Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux, 31 (1-2), 114 p.
- MANIL G., 1971 - L'édaphologie forestière. Principes et techniques de recherche. U.N.E.S.C.O., Productivity of forest ecosystems, U.N.E.S.C.O., Productivité des écosystèmes forestiers, Paris, 1971, p. 87-99.
- MAZENOT G. avec Coll. WERNERT P. et FRANC de FERRIERE J., 1963 - Recherches malacologiques avec les loess et les complexes loessiques d'Alsace. Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., T. 16, fasc. 1.
- MILLOT G., 1964 - Géologie des argiles. Masson et Cie Edit.
- MILLOT G., 1971 - Géochimie des altérations. Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 24, pp. 181-217.
- MOHAMAD RHAZZAGHE-KARIMI et ROBERT M., 1975 - Altération des micas et géochimie de l'aluminium : rôle de la configuration de la molécule organique sur l'aptitude à la complexation. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 280, S-D, n° 23, p. 2645-2648.
- MOINEREAU J. et ROBERT M., 1976 - Evolution des argiles dans un profil d'altération sur marnes lacustres à palygorskite. Bull. A.F.E.S. Sci. du Sol, n° 4, p. 247-257.
- MONNIER G., 1966 - Le concept de sol et son évolution. A.F.E.S., Sci. du Sol, n° 1, 1966.
- MOOR M., 1960 - Zur Systematik des Querceto-Fagetea. Mitteil. Floristisch Arb. Gem. N-F. 8, 263 -293.
- MOREL G., 1972 - Etude hydrodynamique par modèle analogique des alluvions pliocènes de la région de Haguenau (Bas-Rhin). Thèse 3° cycle, Strasbourg.
- MOSSER Ch., 1968 - Le fer et le manganèse dans la nappe phréatique du Rhin au nord de Strasbourg. Thèse, Fac. Sci., Strasbourg.

- N'GUYEN-KHA et DUCHAUFOR Ph., 1969 - Note sur l'état du fer dans les sols hydromorphes. Sci. du Sol, 1, 97-110.
- NYS C., 1973 - Les sols du plateau de Millevaches. A.F.E.S., Sci. du Sol, n° 4, pp. 241-253.
- NYS C., 1975 - Un podzol "humo-ferrugineux humifère" sur le granite de Millevaches. Sci. du Sol, n° 3, 1975.
- OBERDORFER E., 1949, 1962 - Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.
- ORSINI L. et REMY J.C., 1976 - Utilisation du chlorure de cobaltihexamine pour la détermination simultanée de la capacité d'échange et des bases échangeables des sols. Bull. A.F.E.S., Sci. du Sol, n° 4, pp. 269-275.
- PEDRO G. et BITAR K.E., 1966 - Sur l'influence du type chimique de la roche mère dans le développement des phénomènes d'altération superficielle. C.R. Acad. Sci., Paris, S-D, t. 262, p. 1828-1831.
- PEDRO G., JAMAGNE M. et BEGON J.C., 1968 - Evolution des minéraux dans les sols durant le quaternaire. Symposium sur la pédogenèse du quaternaire, p. 1-20.
- PEDRO G. et CHAUVEL A., 1973 - Sur la nature et l'importance relative des principaux mécanismes intervenant dans le processus de lessivage pédologique. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 227, S-D, n° 139, pp. 1133-1136.
- PEDRO G, SEDOH F.K. et DELMAS A.B., 1974 - Sur la présence de gibbsite dans les arènes granitiques de pays tempérés et la mise en évidence d'un phénomène d'"inversion hydrolytique". C.R. Acad. Sci. Paris, vol. 279, S-D, n° 26.
- PEDRO G., 1976 - Sols argileux et argiles. Eléments généraux en vue d'une introduction à leur étude. Bull. A.F.E.S., Sci. du Sol, n° 2, pp. 69-84.
- PERRIAUX J., 1961 - Contribution à la géologie des Vosges gréseuses. Mém. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 18, 216 p.
- PERRIN M. et HAANS A., 1934 - Les climats des Vosges orientales et de l'Alsace. Extrait de la Revue Médicale de l'Est du 1° Février 1934.
- PONOMAREVA V.V., ROZHNOVA T.A. and SOTNIKA N.S., 1968 - Lysimetric observations on the leaching of elements in podzolic soils. 9th Intern. Congr. of Soil Science Transactions Adelaide, Australia, vol. I.

- RIGHI D., 1973 - Contribution à l'étude de l'humus des podzols et des sols hydromorphes des Landes du Médoc. Bull. Assoc. Fr. Et. du Sol, n° 3, p. 207.
- ROBERT M. et RAZZAGHE-KARIMI, 1975 - Mise en évidence de deux types d'évolution minéralogique des micas trioctaédriques en présence d'acides organiques hydrosolubles. C.R. Acad. Sci., Paris, S-D, t. 280, n° 19, pp. 2175-2182.
- ROBERT M. et RAZZAGHE M., 1977 - Dynamique spécifique du fer des silicates en présence d'acides organiques hydrosolubles. C.R. Acad. Sci., Paris, t. 284, S-D, n° 13, p. 1143.
- ROBIN A.M., 1970 - Contribution à l'étude du processus de podzolisation sous forêt de feuillus. Sci. du Sol, n° 1, p. 63-83.
- SCHAEFFER R., 1962 - Les sols hydromorphes du Bruche de l'Andlau (Alsace). Bull. A.F. Et. du Sol, 1, 1-17.
- SCHAEFFER R., 1967 - Caractère et évolution des activités microbiennes dans une chaîne de sols hydromorphes mésotrophiques de la plaine d'Alsace. Revue Ecol. Biol. Sol, IV, (3), 385-437.
- SCHEYS G., DUDAL R. et BAEYENS L., 1954 - Une interprétation de la morphologie de podzols humo-ferriques. Actes et C.R. Transactions V° Congrès internat. Sci. Sol, Léopoldville, 1954.
- SCHNITZER M. and SKINNER S.I.M., 1963 - Organo-metallic interactions in soil : 1 : Reactions between a number of metal ions and the organic matter of a podzol B_h horizon. Soil Sci., 96 : 86-93.
- SCHWERTMANN U., 1966 - Inhibitory Effect of Soil Organic matter on the Crystallization of Amorphous Ferric Hydroxide. Nature, 212 : 645-646.
- SCHWERTMANN U., 1968 - The influence of organic compounds on the formation of iron oxides. Intl. Congr. Soil Sci., Trans. 9th (Adelaide, Austr. Vol. I : 645-656.
- SERVE L., 1975 - Etude par chromatographie sur gels de dextrane des acides humiques de quelques sols siliceux de haute montagne. C.R. Acad. Sci., Paris, S-D, T. 280, n° 20, p. 2317.
- SIMLER L., MILLOT G., 1967 - Le réseau hydrographique alsacien à l'époque pliocène. Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 20, 3, pp. 159-165.
- TACON F. le et TIMBAL J., 1972 - A propos des conditions écologiques des hêtraies dans le Nord-Est et le Nord-Ouest de la France. Revue For. Fr., XXIV, n° 3, p. 187-200.

- TANGHE M., 1967 - Les groupes écologiques forestiers de la Gaume. Lejeunia, N-S, n° 43.
- TIERCELIN J.J. et CHAMLEY H., 1975 - Minéraux argileux du Pléistocène glaciaire et interglaciaire de Laragne - Sisteron (Alpes de Haute - Provence). C.R. Acad. Sci., Paris, S-D, t. 280, n° 20, p. 2293.
- TIMBAL J., 1970 - Principales espèces indicatrices (arborescentes, arbustives et herbacées) du Nord-Est de la France. Document I.N.R.A., C.N.R.F., Labo. Bot. for., 6 p.
- TOUTAIN F., 1974 - Étude écologique de l'humification dans les hêtraies acidiphiles. Thèse, Doct. d'Etat, Fac. Sci., Nancy.
- TOUTAIN F. et VEDY J.C., 1975 - Influence de la végétation forestière sur l'humification et la pédogenèse en milieu acide et en milieu tempéré. Revue Ecol. Biol. Sol, 12 (1) : 375-382.
- TRICART J. et MICHEL P., 1965 - Morphogenèse et pédogenèse. I - Approche méthodologique : géomorphologie et pédologie. A.F.E.S., Sci. du Sol, n° 1, 1965.
- TÜXEN R., 1960 - Zur Systematik der west- und mitteleuropäischen Buchenwälder. Bull. Inst. agron. et Stat. rech. Gembloux, 29, 356-385.
- VANDAMME et al., 1968 - Pédologie, Gand, XVIII, 3, p. 374-406.
- VEDY J.C. et DUCHAUFOR Ph., 1971 - Cycle biogéochimique du calcium dans les premières phases de pédogenèse en milieu acide. C.R. Acad. Sci., Paris, 272 D, 588-591.
- VEDY J.C. et BRUCKERT S., 1971 - Evolution saisonnière de composés organiques solubles en relation avec divers processus biochimiques d'humification. Pédologie, Gand, XX, (2), p. 135-153.
- VEDY J.C. et JACQUIN F., 1972 - Formation "in situ" d'horizons humifères sur "matériau" acide en présence de litières améliorantes ou acidifiantes. Sci. du Sol, n° 2, p. 103-120.
- WAGNER E.E., 1916 - Regenkarten von Elsass - Lothringen. Verlag von Karl J. Trubner. Strasbourg, 100 p.
- WRIGHT J.L. and SCHNITZER M., 1963 - Metallo - organic interaction associated with podzolisation. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27, 171-176.
- YUAN T.L. and BRELAND H.L., 1969 - Evaluation of atomic Absorption methods for Determinations of Aluminium, Iron and Silicon in Clay and Soil Extracts. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 33, pp. 868-872.