Jacques GELPE*
Nicole GOURDON-PLATEL**
Philippe LEGIGAN***

LES ALIOS LANDAIS

Dans leur définition, dans leur origine, dans les conséquences de leur présence, les alios landais ont suscité maintes hypothèses et théories plus ou moins contradictoires. Les oppositions entre ces dernières ne sont, la plupart du temps, qu'apparentes. Chacun apportant les connaissances et le mode de penser de sa propre discipline ne dégageait qu'une phase ou un processus d'un phénomène relativement complexe, très polymorphe selon l'échelle d'espace et de temps avec laquelle il est abordé.

Sans vouloir clore le débat, la présente communication souhaite être une mise au point sur le problème des alios et sur celui de leur genèse, à l'aide des apports des géographes, des géologues et des pédologues.

Pour cela, il semble nécessaire de nous arrêter sur certaines définitions afin de ne pas introduire de nouvelles ambiguïtés.

RAPPEL DE QUELQUES DÉFINITIONS

Alios

- Tuf ferrugineux, impénétrable à l'eau (Clémenceau, 1843).
- Horizon d'accumulation ferrugineuse, ou humique, ou mixte, en forme de croûte solide, continue ou discontinue, localisée à un certain niveau, se formant lors de la podzolisation des terrains sableux ou graveleux, sous un horizon à humus acide ; il forme un grès humoferrique (G. Plaisance, A. Cailleux, 1958).
- L'horizon B des sols de Sable des Landes correspond fréquemment - mais il y a de notables exceptions - à une sorte de grès tendre d'épaisseur variable que l'on désigne sous le nom d'alios. C'est un agrégat de sable et de composés humoferriques plus ou moins consolidés. Parfois l'alios est très dur et résiste à l'écrasement sous un premier coup de talon, d'ordinaire il est friable et se brise sous la simple action d'un outil ou même sous la pression des doigts (H. Enjalbert, 1960).

De ces définitions nous retiendrons le lien avec la podzolisation et la dénomination d'alios pour des horizons B ayant une certaine compacité. En cela, nous rejoignons l'utilisation vernaculaire pour des couches cohérentes faisant obstacle en profondeur, en particulier aux instruments aratoires lorsque ces couches sont proches de la surface.

De même nous excluons de l'appellation une autre formation répandue dans les Landes, très dure : la « garluche » suivant en cela une distinction déjà faite au siècle dernier (E. Jacquot et V. Raulin, 1874).

* INRA, Laboratoire de Sylviculture et d'Ecologie de la pinède landaise, 33610 Pierroton-Cestas.
** Laboratoire de Géographie physique appliquée, Université de Bordeaux III, 33405 TALENCE.
*** Département de Géologie et Océanographie, Université de Bordeaux I, avenue des Facultés, 33405 Talence.

Horizons B (horizons spodiques de la classification américaine)
(P. Duchaufour et B. Souchier, 1977)

- Bh : horizon noir d'accumulation de matière organique amorphe, à structure en « agrégats intergranulaires » sphériques (pellets), friables dite souvent « floconneuse » ; de quelques centimètres d'épaisseur (podzol humo-ferrugineux) à quelques décimètres (podzol humique hydromorphe), si la matière organique dépasse 3 % l'horizon Bh devient plus compact et constitue un alios humique.
- Bs (ou Bfe) : horizon de couleur rouille, à accumulation d'hydrates de fer et d'aluminium amorphes, avec une quantité plus ou moins grande de matière organique peu colorée (acides fulviques) à structure en « pellicules », pouvant cimenter les grains de quartz (formation d'alios plus ou moins durci par concrétionnement) ou de type floconneux donc non cimenté.

Podzolisation (P. Duchaufour et B. Souchier, 1977).

La podzolisation résulte d'une acidification accentuée de l'humus (mor) produisant des quantités massives de composés organiques solubles ou pseudosolubles, qui migrent en profondeur ; cette migration débute par celle des anions organiques simples qui dominent dans la phase ocre podzolique et podzolique, puis des composés humiques plus polymérisés qui s'accumulent en Bh dans la phase podzol humoferrique.

Ces composés solubles ou dispersés, non seulement réduisent et balaient la totalité du fer libre en A1 et A2, mais encore provoquent une altération par complexolyse de la partie minérale du complexe absorbant, en libérant de l'alumine et de la silice qui migrent également. Les hydroxydes de fer et d'alumine sont complexés par les composés organiques solubles qui résistent à la décomposition microbienne et qui provoquent leur entrainement ; quant à la silice, elle migre à l'état soluble... et précipite en B en même temps que les hydroxydes de fer et d'alumine.

Sols podzolisés, sols podzoliques, podzols...

Sols podzolisés : terme général de la classe des sols ayant subi la podzolisation. Selon l'intensité croissante de celle-ci, le degré de différenciation et la maturation du profil, l'évolution est :

sol ocre podzolique → sol podzolique → podzol

Cycle biogéochimique (ou biologique) (M. Bonneau, 1977).

On appelle cycle biogéochimique la circulation permanente des éléments minéraux entre la partie minérale du sol, la végétation arborée ou non (feuilles, branches, troncs, racines), les couches humifères localisées à la surface du sol et enfin à nouveau les horizons minéraux. .

Ce cycle qui, ainsi défini de manière succinte, apparaît comme fermé possède en fait de nombreuses connexions avec l'extérieur, soit sous forme d'apports d'éléments (pluies, poussières, fixation d'azote atmosphérique, nappe, altération de la roche-mère), soit sous forme de pertes (ruissellement, eaux de drainage, rétrogradations pédologiques, exportations par l'homme en dehors de l'écosystème).

MORPHOLOGIE ET ANALYSES DE PODZOLS LANDAIS

Nous avons choisi deux podzols à alios au nord de la Grande-Lande, l'un de lande sèche (Pas de Moine), l'autre de lande humide (Rétis) (A. Casenave, 1970).

PAS DE MOINE

Localisation : carte 1/25 000, Belin 7-8
x = 355,32
y = 245,15
z = 49

Végétation : pin maritime, fougère, brande, callune, ajonc d'Europe.

Topographie : sommet de la vallée du Bouron.

Substratum : sablon siliceux.

Profondeur de la nappe : 7,43 m (étiage 1969)
6,09 m (crue 1970)
Drainage rapide (classe 0, M. Jamagne, 1966).

Humus de type Mor.

Aoo 1-0 litière d'aiguilles de pins, limite nette et régulière.

Ao 0-5 lacis de racines et de débris organiques plus ou moins fibreux, brun grisâtre très foncé (10 YR 3/2) (Code Munsell), riche en débris non transformés, limite très nette et ondulée.

A1 5-35 sable grossier très riche en gravillons, gris olive foncé (5 Y 3/2). Structure particulaire. Faiblement adhérent, non consistant. Limite distincte et ondulée. Cet horizon ravine très largement l'horizon A21 sous-jacent, formant des poches de 30 à 40 cm de haut et d'environ 50 cm de large, qui sont très riches en gravillons à la base.

A 21 35-65 sable identique au précédent, mais moins riche en gravillons. Gris clair (5 Y 6/1). Structure particulaire. Faiblement cohérent, non consistant. Limite nette et régulière.

A 22 65-95 sable très fin blanc (10 YR 8/1), avec des tâches brunes (7,5 YR 5/8) le long de certaines racines. Structure particulaire. Faiblement cohérent, non consistant. Limite très nette et discontinue avec l'horizon sous-jacent qui présente des poches et des tunnels ou pénètre A22 jusqu'à 180 cm. Les poches englobent des masses irrégulières d'horizon B en disposition verticale.

B2h 95-180 B2s masse de sable très fin identique à A22 de couleurs très variées, brun rouge foncé (5 YR 2/2 et 5 YR 3/4) brun fort (7,5 YR 5/8) quelques passages en tunnels bardés par du B2h noir (2,5 YR 2/0). Les noyaux clairs sont faiblement cohérents avec une structure particulaire. Les noyaux brun-rougeâtre foncé et l'enveloppe de Bh sont beaucoup plus cohérents et moyennement consistants. Limite diffuse et discontinue.

C 180-250 et +. Sable fin avec pommelures brun pâle (10 YR 6/3) sur fond clair. Structure particulaire. Faiblement cohérent, non consistant (*voir tableau page suivante*).

PAS DE MOINE (suite)

		Matière organique pour mille de terre sèche									Sesquioxydes %				Indice d'entraine-ment	
HORIZONS	pH eau	Carbone total C	Azote total N	C/N	C Acides humiques CH	C Acides fulviques CF	Acides fulviques / Acides humiques	Carbone extractibles $\frac{CH+CF}{C\ total}$ %	$\frac{CH}{C\ total}$ %	$\frac{CF}{C\ total}$ %	Fer total	Fer libre	Al_2O_3	Al_2O_3/Fe_2O_3	Fe_2O_3	Al_2O_3
Ao	3,7	38,1	1,11	34,3	8,16	3,43	0,42	30,4	21,4	9,0	0,04	0,04	0,037	0,925		
A1	4,2	8,2	0,18	45,6	2,42	0,52	0,21	35,8	29,5	6,3	0,04	0,04	0,010	0,250		
A21	4,4	2,3	0,07	32,9	1,07	0,57	0,53	71,3	46,5	24,7	0,03	0,02	0,011	0,550		
A22	5,0	0,8	0,06	13,3	0,45	0,12	0,27	71,2	56,2	15,0	0,03	0,01	0,008	0,800		
B2h	4,4	8,3	0,39	21,3	3,33	6,40	1,92	>100	40,1	77,1	0,22	0,18	0,565	3,138	7,33	70,62
B2s	4,6	3,9	0,18	21,7	0,71	2,90	4,08	92,6	18,2	74,4	0,27	0,27	0,531	1,966		
C	5,2	0,5	0,04	12,5	0,62	0,21	0,34				0,04	0,02	0,220	11,000		

RETIS

Localisation : carte 1/25 000, Hostens 5-6
x = 360,40
y = 246,17
z = 73,5 m.

Végétation : pin maritime, brande, sphaigne, ajonc nain.

Topographie : plateau de Canet.

Substratum : Sable des Landes.

Profondeur de la nappe : 0,93 m (étiage 1969)
inondé en période de crue
drainage très faible (classe 5).

Humus de type Mor.

Ao 0-10 — sable gris très foncé (2,5 Y R 3/0) et débris d'aiguilles de pins. Matière organique abondante. Chevelu racinaire très dense. Limite nette et ondulée.

A 11 10-30 — sable gris foncé (2,5 Y R 4/10). Chevelu racinaire très dense. Structure particulaire. Moyennement cohérent, faiblement consistant. Limite nette et ondulée.

A 12 30-40/60 — horizon identique au précédent mais noir (2,5 YR 2/0). Limite nette et irrégulière.

B2h 40/60-60/80 sable très fin, agrégé par la matière organique, noir (7,5 Y R 2/0). Forme une bande assez épaisse de forme ondulée, presque discontinue. Très dur, très cohérent. Sert de plancher à un écoulement d'eau et aux racines. Limite graduelle et ondulée.

B2s 60-80 - 80/90 sable fin, brun à brun foncé (10 Y R 4/3). Structure particulaire, peu cohérent, peu consistant. Limite diffuse et ondulée.

C 80/90 - 180 et +, sable brun jaunâtre (10 YR 5/5). Structure particulaire. Peu cohérent, non consistant.

HORIZONS	pH eau	C total	N total	C/N	C H	C F	$\frac{CF}{CH}$	$\frac{CH+CF}{C\ total}$	$\frac{CH}{C\ total}$	$\frac{CF}{C\ total}$	Fer total	Fer libre	Al_2O_3	Al_2O_3/Fe_2O_3	Indice d'entraînement Fe_2O_3	Indice d'entraînement Al_2O_3
Ao	4,7	48,7	1,74	28,0	5,68	1,22	0,21	14,1	11,6	2,5	0,04	0,04	0,074	1,850		
A11	4,3	11,1	0,36	30,8	6,26	1,17	0,19	66,9	56,3	10,5	0,01	0,01	0,045	4,500		
A12	4,6	13,9	0,55	25,3	1,98	0,47	0,24	17,6	14,2	3,3	0,03	0,03	0,120	4,000	13	11,33
B2h	4,7	19,0	0,71	26,7	5,00	6,90	1,38	62,6	26,3	36,3	0,13	0,13	0,510	3,923		
B2s	4,8	10,0	0,42	23,8	0,81	7,68	9,48	84,9	8,1	76,8	0,07	0,07	0,540	7,714		
C	5,4	1,0	0,07	14,2	1,10	0,55	0,50				0,08	0,06	0,176	2,933		

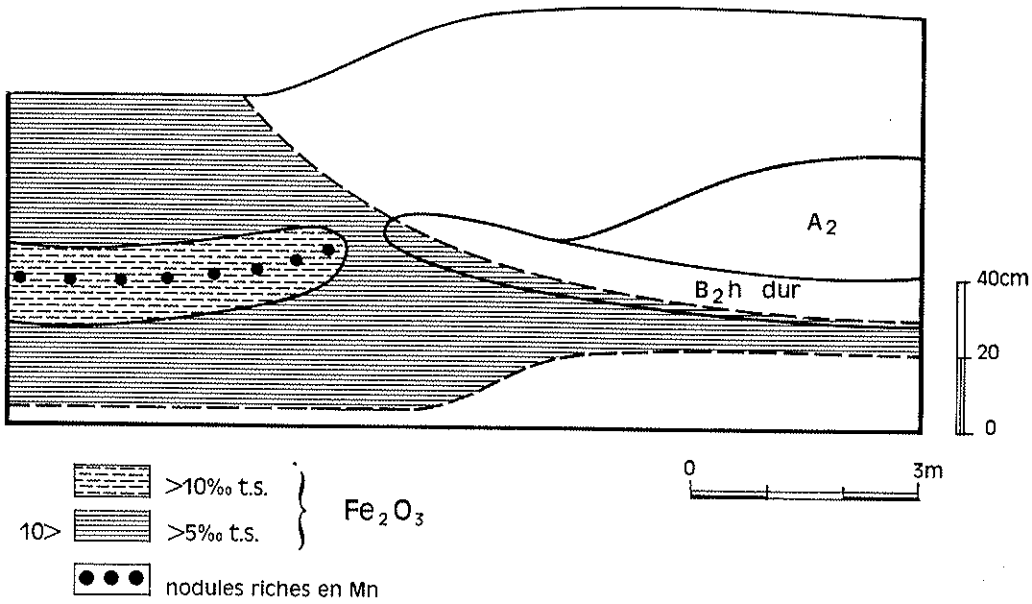
De l'examen de ces deux profils nous pouvons tirer un certain nombre de remarques :

- l'ambiance toujours très acide dans laquelle se déroule la podzolisation ;
- la diminution depuis la surface puis, l'accumulation dans les horizons B de la matière organique, du fer et de l'aluminium, ces phénomènes étant plus intenses dans le podzol de lande sèche.

Cependant, dans ces migrations en profondeur, celle des acides fulviques (à plus petites molécules) est plus intense que celle des acides humiques (évolution du rapport $\frac{CF}{CH}$). L'humification de la matière organique augmente avec la profondeur (rapport $\frac{CF + CH}{C\ total}$), les acides fulviques intervenant plus fortement dans l'évolution de ce rapport.

De même, l'aluminium participe beaucoup plus au phénomène d'accumulation que le fer qui reste généralement à des taux inférieurs à 1 %. Ceci infirme l'appellation ferrugineuse donnée aux formations aliotiques et montre au contraire le rôle primordial de la matière organique et de l'aluminium dans leur genèse. Ces deux éléments sont d'ailleurs en partie liés dans les horizons B, ainsi que le fer, mais ce dernier dans des proportions moindres (C. Juste, 1965) ;

- les limites très tourmentées des horizons B présentant des indentations bordées par le B2h.



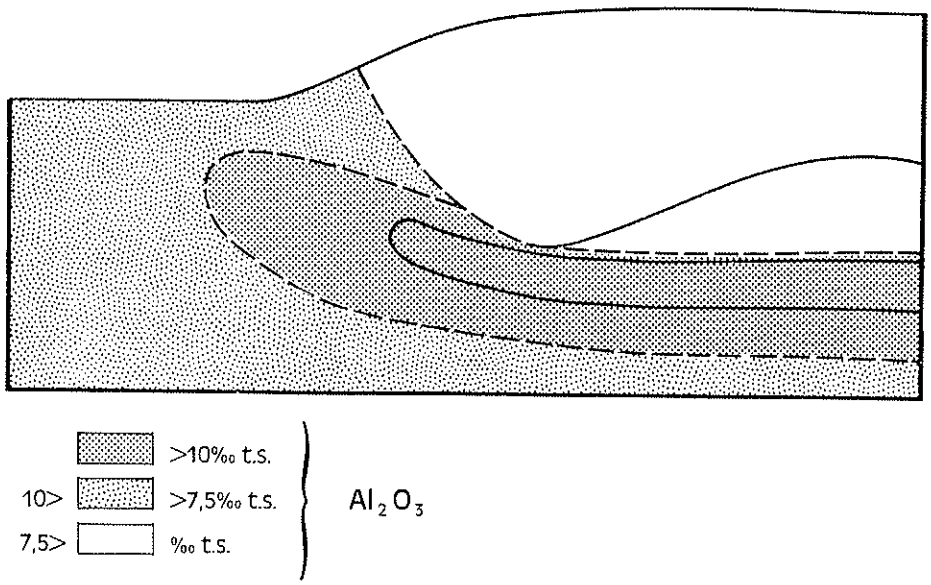


Fig. 1.– Répartition de Mn, Fe, Al dans la séquence de Lagunan (Righi, 1977).

En résumé, l'enchaînement entre deux types de sols de drainage différent et l'importance de l'aluminium dans la formation d'un B2h dur (alios) apparaît sur la séquence de Lagunan (fig. 1 de D. Righi, 1977).

MICROMORPHOLOGIE

En fonction du degré d'évolution du profil pédologique, la porosité primaire du Sable des Landes dont les grains sont très émoussés, va diminuer nettement dans les horizons d'accumulation. Il y a comblement progressif des espaces intergranulaires par un complexe où la matière organique est associée au fer et à l'aluminium.

Les observations en lame mince révèlent généralement que la matière organique amorphe se présente soit sous forme de revêtements autour des grains de quartz qui deviennent jointifs par l'intermédiaire de ponts, soit sous forme de microagrégats poreux, masses irrégulières mais à limites nettes, distribuées au harsard entre les grains de sable avec de rares contacts avec eux.

Dans le premier cas, D. Righi (1977) utilise le terme de *distribution enrobée* pour définir les masses globuleuses, rouille, craquelées donnant un aspect ponctué (photo 1). Dans le deuxième cas, il utilise le terme de *distribution juxtaposée*, les agrégats résultent de précipitations de matière organique amorphe associée à des débris végétaux et à des particules minérales (D. Righi, 1975) (photo 2).

Ces deux exemples correspondent à des horizons B de podzols hydromorphes peu évolués.

Lorsque les ponts reliant les grains entre eux deviennent de plus en plus nombreux et épais, la cohésion augmente tout en réduisant progressivement la perméabilité sans jamais pour autant rendre cet horizon imperméable ; on est alors en présence d'un alios de podzol évolué de lande sèche.

Au fur et à mesure que la porosité diminue, la matière organique amorphe, présentant toujours une distribution enrobée sous forme de revêtements, comble les vides par des granules dont la fragmentation par dessication provoque des craquelures anguleuses. Cette *distribution comblée* est souvent associée à des concentrations et des accumulations de matière organique à *distribution liée* formant des ponts épais obturant de plus en plus les vides (photo 3).

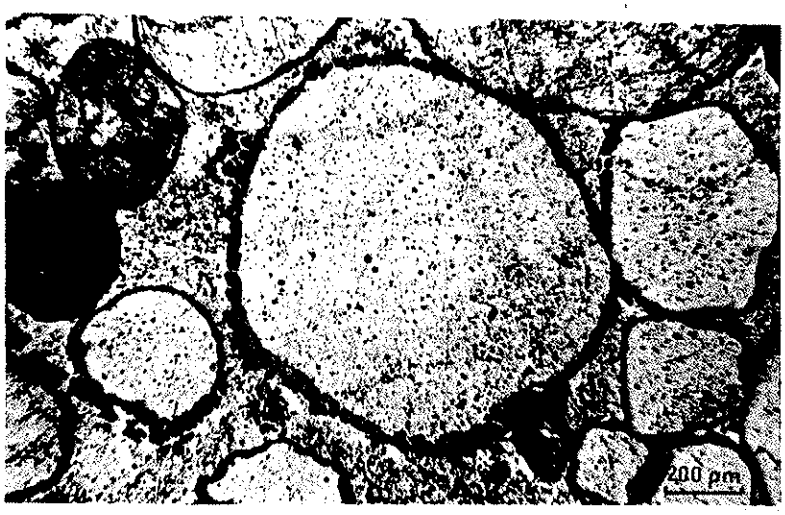
ÉCOLOGIE DE LA PODZOLISATION

Parmi les facteurs écologiques qui président à la formation des podzols : climat, matériau, végétation, l'un d'entre eux présente dans les Landes une très grande homogénéité, le matériau, c'est-à-dire le Sable des Landes.

Toujours très filtrant, c'est en son sein que se développe la podzolisation. S'il repose sur une couche moins perméable, celle-ci déterminera la profondeur des horizons B, ainsi que leurs caractéristiques (J. Wilbert, 1978).

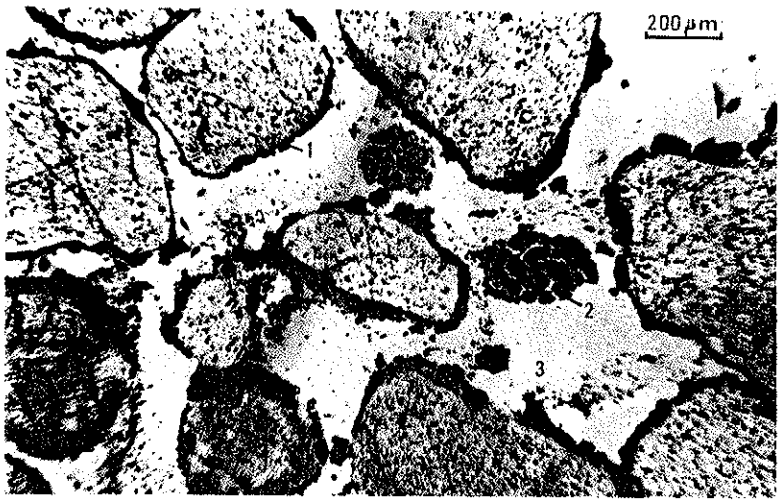
A l'opposé, des matériaux grossiers peuvent, eux aussi, jouer sur la localisation des horizons B à leur partie supérieure si elle se trouve dans la zone de battement de la nappe (A. Casenave, *op. cit.*).

Par contre, le climat et la végétation posent de tout autres problèmes.



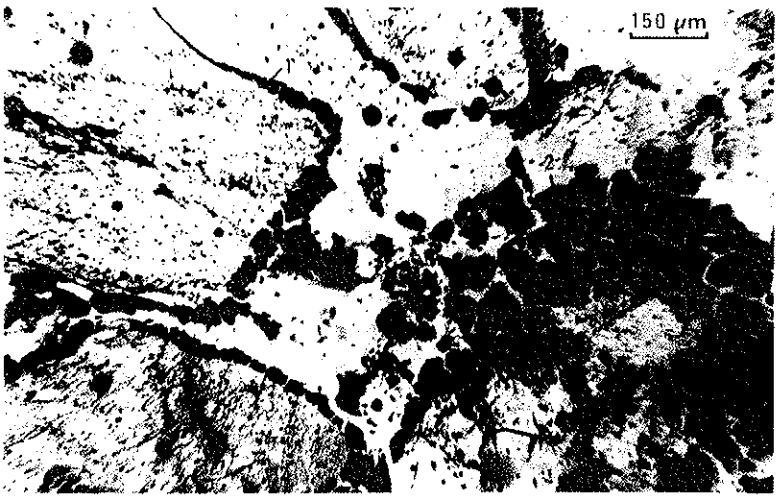
1. – *Alios de lande sèche*

Les grains de quartz présentent un revêtement continu de globules de matière organique amorphe, à distribution enrobée, donnant un aspect ponctué (provenance : Luxey).



2. – *Alios de lande humide*

Revêtement (1) autour des quartz et formation d'agrégats poreux (2), éléments de matière organique à distribution juxtaposée, piégés dans les vides intergranulaires (3) (provenance : Bachot).



3. – *Alios de lande humide*

Distribution de matière organique amorphe formant revêtement (1) autour des grains et comblant progressivement par accumulations de granules (2) les vides interstitiels (provenance : Joué).

Pl. A. – *Microfaciès des alios*

Le climat

La généralisation de la podzolisation se produit en climat froid, boréal ou alpin, en provoquant le ralentissement de la décomposition des litières et une production massive d'hydrosolubles agressifs. Le climat atlantique, notamment sous sa forme la plus humide, est relativement favorable dans la mesure où le faible ensoleillement ralentit la décomposition des litières et l'humification, mais sous son influence, la podzolisation est plus lente sauf en présence d'une nappe acide à circulation latérale favorisant la formation de podzols hydromorphes à évolution rapide (P. Duchaufour et *al.*, 1977).

Mais dans les Landes le climat n'a pas été toujours identique à l'actuel (J. Dubreuilh, 1976).

De plus les variations du niveau de base, l'érosion ou les apports éoliens ont fait varier notablement les conditions de circulation de la nappe (Ph. Legigan, 1979).

Tout au long de ces phases des conditions de podzolisation ont existé et ne correspondent pas automatiquement aux caractéristiques actuelles de climat et de drainage.

De plus, les horizons B, en raison de leur cohésion, ont pu être mis en surface par l'érosion, recouverts ultérieurement par d'autres sédiments, de même que des sols complets ont pu être enfouis sous des sédimentations fluviatiles ou éoliennes. L'exoscopie des quartz permet de tracer les différentes péripéties de cette histoire complexe (Ph. Legigan et *al.*, 1976).

La végétation

Il est admis que seule une végétation particulière, acidifiante et productrice de mor : résineux et éricacées, peut entraîner la formation d'un podzol.

En effet, les végétaux dont les tissus sont à C/N élevé (60 chez le pin), se décomposent très lentement et ne libèrent pratiquement pas d'azote minéral, les espèces acidifiantes comportant des composés phénoliques qui, avec les protéines, forment des complexes très résistants bloquant la minéralisation de l'azote.

Les espèces les plus acidifiantes (callune, bruyère cendrée) se trouvent sur les parties les mieux drainées alors que les parties très humides sont envahies par la molinie.

Ces espèces comportent aussi dans leurs tissus des quantités très variables d'aluminium et de fer.

Or, les tissus végétaux retournent régulièrement au sol (cycle biogéochimique) – 4,3 t/ha/an de pseudophylles secs pour un peuplement de pins de 18 ans. La litière ainsi formée (Ao) par son rapport $\frac{Al\ +++}{Fe\ +++}$ nettement inférieur traduit un lessivage beaucoup plus facile de l'aluminium qui se retrouve dans les horizons B (mobilisation biologique) alors que le fer dont une fraction seulement est complexée se trouve entraîné dans la nappe sous forme de sel ferreux très mobile (fig. 2) (C. Juste, *op. cit.*).

Végétaux	mg/Kg de matière végétale séchée à 105°		
	Al +++	Fe +++	Al +++ / Fe +++
Pseudophylles verts (*Pinus pinaster*)	193	37	5,2
" secs "	207	45	4,6
Ecorce	225	30	7,5
Bois (moyenne de 3 arbres)	8	16	0,5
Mousses	404	175	2,3
Fougère grand aigle	48	58	0,8
Callune	67	44	1,5
Bruyère cendrée	57	45	1,3
Brande	142	74	1,9
Molinie	57	76	0,8
Par comparaison	mg/ Kg terre sèche		
Ao de podzol de lande sèche	960	1020	0,9
Ao de podzol de lande humide	380	770	0,5

(C. Juste, 1965)

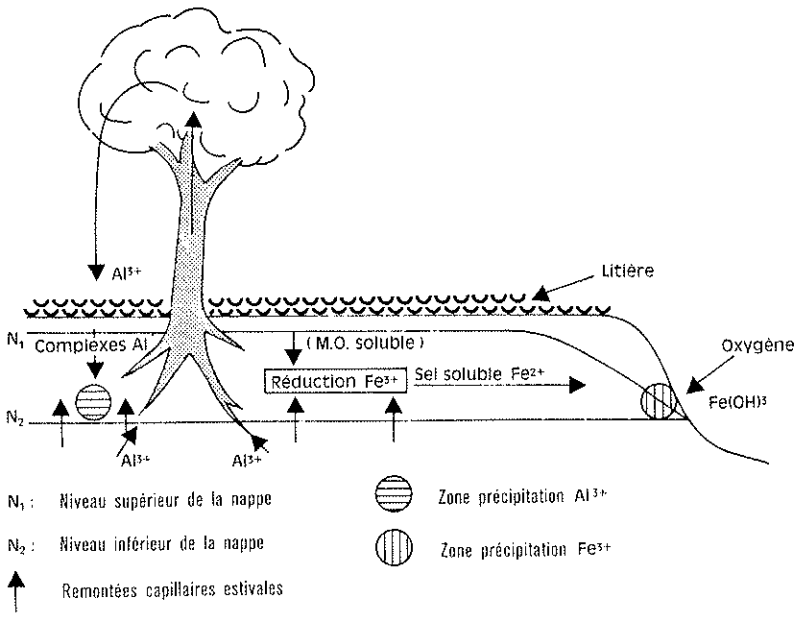


Fig. 2. Schéma de la mobilisation du fer et de l'aluminium dans les podzols hydromorphes d'après Duchaufour, 1977.

De plus, l'étude du cycle biogéochimique dans un peuplement de pins maritimes montre que l'eau qui s'écoule le long des troncs puis des racines, bien que représentant seulement 5 % de la pluie incidente, a des caractéristiques plus fortement acides que la pluie (pH de 3,7 à 4,2 contre 6,0 à 6,5). Elle peut ainsi créer localement des conditions très agressives qui pourraient expliquer les indentations des limites des horizons B (*cf.* profil de lande sèche).

Enfin, comme le climat, la végétation n'a pas été constante ni dans sa composition, ni dans sa répartition. Elle a pu être aussi à l'origine de plusieurs périodes de podzolisation et de plusieurs types de podzolisation - podzols boréaux et podzols de dégradation de la chênaie sous climat atlantique :

- Préboréal d'une part avec des forêts de pins sylvestres et des landes à Ericacées, Graminées et Héliophiles avec présence d'espèces à caractère steppiques : *Ephedra distachya* et nombreuses Chénopodiacées et Polygonacées ;
- Subboréal, faciès de déforestation de la chênaie, extension du pin maritime et des Ericacées, apparition des pollens des premières cultures (M.-M. Paquereau, 1964), (fig. 3 et 4).

AGE DES ALIOS

Pour H. Enjalbert (1960), si les horizons d'accumulation caractéristiques des podzols peuvent se former actuellement, les alios ferrugineux ont été élaborés au début de la phase humide du Mésolithique inférieur (début du Post-glaciaire). Au cours de la période sèche du Mésolithique supérieur, les phénomènes de déflation ont décapé localement les horizons lessivés de ces sols et recouvert par ailleurs d'autres profils qui se trouvent ainsi enterrés et fossilisés par l'ultime modelé éolien responsable de la mise en place des dunes continentales. Le climat doux et humide qui s'installe à partir du Néolithique contribue à la formation de nouveaux alios, moins bien formés, dans les zones basses de ces dunes, indépendamment de ceux qui étaient déjà constitués et qui ont pu continuer à s'épaissir.

D'après P. Duchaufour (1965, 1968), la formation des sols podzolisés daterait de la période atlantique (donc du Néolithique). L'association végétale primitive (climat) est alors constituée par une chênaie clairièrée à bouleaux et espèces sociales (probablement éricacées) ; dans de telles conditions un processus de podzolisation modéré intervient d'emblée. Les sols bruns formés ont été dégradés en sols podzoliques et en podzols humoferrugineux après la disparition de la forêt lors des défrichements remontant à l'âge du Bronze - période subboréale - et du développement des landes à éricacées qui en a résulté.

Depuis ces travaux des données plus précises ont été acquises.

Datation directe

Dans la Grande Lande, la datation absolue au ^{14}C de la matière organique de l'horizon B - alios compact - donne un âge moyen de 2800 ans B.P. (G. Delibrias et *al.*, 1966) :

- pour un profil de lande sèche, situé près de Bourideys, 2359 ± 150 ans B.P.
- pour un profil de lande humide, situé près du Poteau, 3300 ± 200 ans B.P.

Dans le Médoc, les résultats obtenus sur différents horizons B indurés provenant de podzols très hydromorphes échantillonnés sur la commune d'Hourtin (D. Righi, 1977) s'échelonnent entre 2000 ± 70 ans et 2820 ± 70 ans B.P.

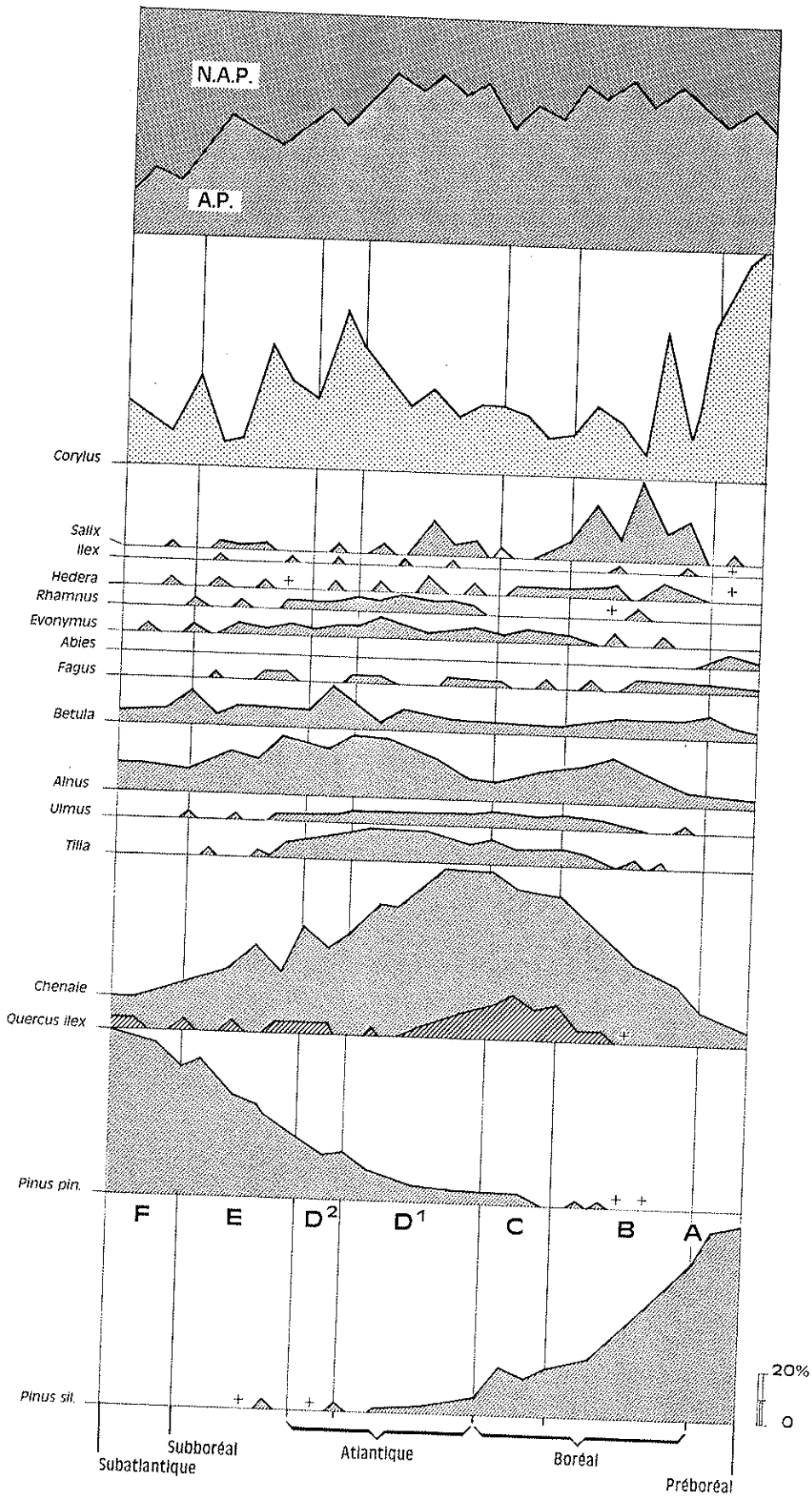


Fig. 3.— Marais du Bordelais. Diagramme des essences arbustives, d'après M.-M. Paquereau.

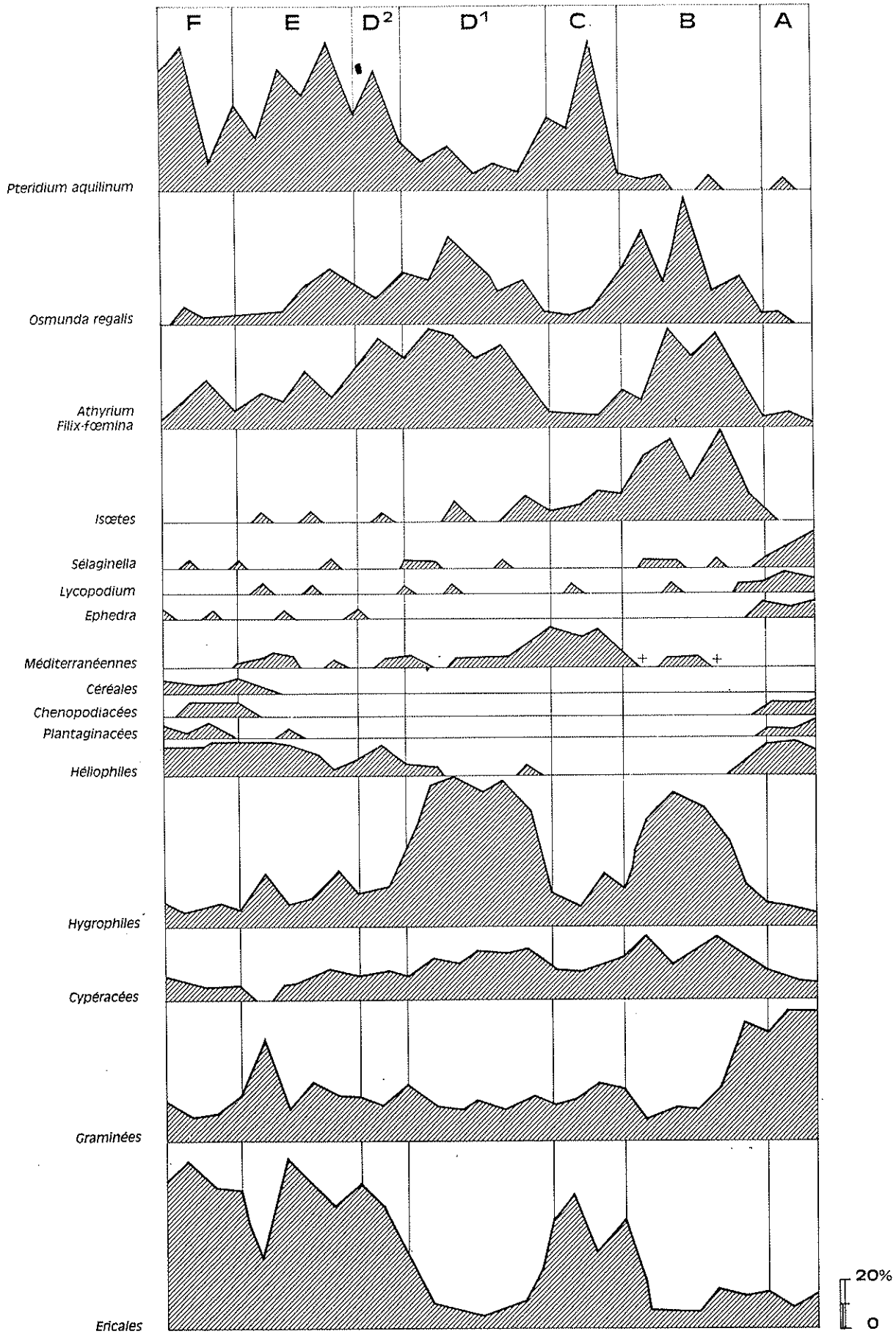


Fig. 4.— Marais du Bordelais. Diagramme des essences herbacées, d'après M.-M. Paquereau.

Ainsi les mesures radiométriques de l'âge de la matière organique des horizons d'accumulation sont comprises entre 2000 et 3500 ans environ, et correspondent à la période subatlantique.

D'après Righi, les « âges apparents » des horizons $B_{22}h$ indurés sont plus élevés que ceux des horizons B_2h meubles de podzols très hydromorphes. Un gradient d'« âge apparent » apparaît lorsque l'on passe latéralement des podzols à horizons B_2h indurés (alios) aux podzols à horizons B_2h meubles :

$$2810 \pm 70 \rightarrow 2380 \pm 70 \rightarrow 2000 \pm 70 \rightarrow 1220 \pm 70 \rightarrow 770 \pm 80$$

les valeurs des âges apparents augmentent vers la profondeur pour les horizons spodiques indurés :

$$B_{22}h^{*}\ 2810 \pm 70 \rightarrow B_3{}^{*}\ 3390 \pm 80$$
$$B_{22}h\ \ 2000 \pm 70 \rightarrow B_3\ \ 2440 \pm 70$$

alors qu'elles restent constantes pour les horizons spodiques meubles :

$$B_2h\ 770 \pm 80 \rightarrow B_3\ 770 \pm 80$$

Ainsi les âges apparents sont difficiles à interpréter. En effet ils représentent :

- d'une part, l'âge moyen des dépôts successifs de matière organique ;
- d'autre part, le temps moyen de résidence de la matière organique dans cet horizon.

Si les processus de minéralisation et de renouvellement de la matière organique de l'horizon B sont rapides, l'âge apparent observé reflète simplement le temps moyen de résidence des composés humiques et ne fournit aucune indication sur leur âge réel. Par contre, si la matière organique est stable et subit une dégradation lente ou nulle, la datation ^{14}C mesure le résultat intègre des âges réels des apports successifs (B. Guillet, 1972).

En fait il ne semble pas possible de donner l'âge de formation d'un sol, ni son âge moyen, car une fraction de matière organique rajeunissante demeure après tous les traitements de préparation. Cette pollution peut provenir d'un excrétat racinaire ou d'un lessivage du sol superficiel. Elle ne peut être éliminée si elle a atteint un degré d'évolution chimique comparable à celui de la matière organique primitive. En conséquence, l'âge obtenu ne correspond qu'à un âge minimum du sol (J. Evin et *al.*, 1979).

En conclusion, ces sols sont sans doute beaucoup plus anciens que ces premiers résultats ne le laissent entrevoir.

Datation indirecte

Dans certains cas, la détermination de l'âge des dépôts recouvrant des sols podzolisés donne une indication sur la limite de formation de ces sols. Cette détermination fait appel à différentes techniques dont les résultats sont plus ou moins précis.

Sur le littoral du Bas-Médoc, une synthèse de différentes coupes analysées par J. Dubreuilh (1971) fait ressortir la présence de dépôts sableux podzolisés intercalés entre deux paléosols riches en matière organique (tourbe sableuse et sable tourbeux). Ces paléosols sont respectivement datés de 11450 ± 100 ans B.P. par le ^{14}C, et de la période préboréale par une flore très froide dominée par le pin sylvestre. On peut donc admettre que le podzol correspond à une oscillation plus douce du Tardiglaciaire.

* Commission de pédologie et de cartographie des sols, 1967.

Au Gurp. un sol podzolisé développé dans des dunes anciennes assimilées aux barkhanes (J. Dubreuilh, 1971) est surmonté par un niveau tourbeux daté de 5100 ± 90 ans B.P., donc antérieur au Subboréal.

Sur le littoral du Haut-Médoc, du sud de Carcans à Lacanau-Océan, des sols podzolisés sont recouverts de sables humifères ou de tourbes que la palynologie (M.-M. Paquereau, 1964) permet d'attribuer au début du Boréal ou au Préboréal (*cf.* Ecologie de la podzolisation - végétation).

De même, ***au Pilat***, le paléosol à alios bien développé, situé à moins d'un mètre au-dessus du niveau de la mer peut être daté par des tourbes surincombantes dont la flore constituée essentiellement de pins sylvestres, de noisetiers, de bouleaux, d'aulnes et de chênes, correspond également à la période du Préboréal et du début du Boréal (M.-M. Paquereau, 1964). Ce paléosol est rapporté par A. Prenant (1969) au Tardiglaciaire.

Sur la rive droite du ruisseau du Gua-Mort, ***près de Villagrains***, une coupe fait apparaître la succession de quatre horizons d'alios intercalés entre les dépôts à industrie du Paléolithique moyen (Würm ancien) à la base, et des dépôts superficiels à industrie de l'Epipaléolithique mis en place au cours du Würm récent et du Post-Glaciaire. Ces paléosols ont donc plus de 10 000 ans (Ph. Legigan et *al.*, 1977).

Dans le sud de la Grande Lande, près de Beylongue, l'interprétation stratigraphique, sédimentologique et paléogéographique (C. Latouche et *al.*, 1974), ainsi que le calage par une datation absolue (J. Evin et *al.*, 1979), permettent d'avancer que le sol podzolisé tronqué, localisé dans les terrains de couverture du gisement de lignite correspond à une oscillation climatique du Würm IV (*cf.* Alleröd). Il est en effet affecté par des phénomènes cryergiques antérieurs à la mise en place des sables de revêtement.

Les alios landais ont donc une origine plus ancienne qu'on ne le pense habituellement. La majorité des résultats obtenus convergent pour leur attribuer un âge Post-Glaciaire, s'étendant du Préboréal au Sub-atlantique.

Cependant, il est incontestable qu'il y a des formations plus anciennes, en relation avec des oscillations climatiques du Tardiglaciaire.

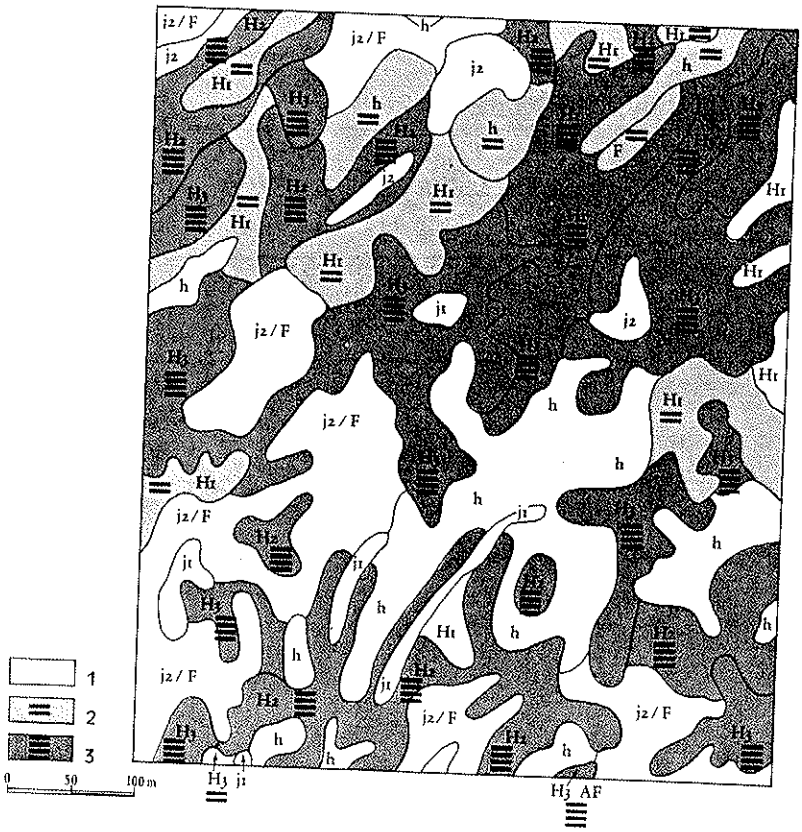
Des témoins de podzolisation encore plus ancienne sont connus au cours de l'interstade Würm III-Würm IV - 16 à 20 000 ans - dans le bassin de l'Adour (C. Thibault, 1970) et en Bigorre (H. Alimen, 1964), de même qu'au cours de l'interstade Würm I-Würm II - 52 à 60 000 ans, en Bigorrre (H. Alimen, 1964).

Reste la question : les alios se forment-ils encore actuellement ?

La podzolisation généralisée ne correspond plus aux conditions climatiques actuelles, les sols de chênes sous des forêts très anciennes (Biscarrosse, La Teste) restent très peu évolués. Il n'en reste pas moins que dans des conditions de milieux très acides, dans un matériau très appauvri et en présence d'une nappe acide continuant à véhiculer du fer à l'état ferreux (D. Righi, *op. cit.*), l'induration d'horizons B mis en place antérieurement peut encore se produire à la faveur en particulier de modification du drainage interne ou de celle du couvert végétal.

CHAINES DE SOLS - RÉPARTITION DES ALIOS DANS L'ESPACE

De tout ce qui précède, il ressort nettement que la dénomination d'un alios ne pourra s'opérer sans examiner l'ensemble du profil ou reconstituer celui qui lui correspondait à l'époque de sa formation.



Domaine de Berganton, SAINT-JEAN-D'ILLAC

Profondeur décroissante de la nappe

Podzols jeunes					j2 podzol jeune à forte amplitude de variation de la nappe	j1 podzol jeune à faible amplitude de variation de la nappe
Intensité de l'évolution ↑	Podzols évolués sans alios	F podzol humo-ferrugineux	H_3 podzol humide à fort accum. en B > 30 cm A_2 apparent de 14 à 25 cm	H_2 podzol humide à forte accum. en B > 30 cm A_2 apparent épais. 0-15 cm	H_1 podzol humide à forte accum. en B > 30 cm Sans A_2 apparent	h podzol humide à faible accum. en B > 30 cm
	Podzols évolués à alios	F = d° B durcis sur moins de la moitié	H_3 = d° B durcis sur moins de la moitié	H_2 = d° B durcis sur moins de la moitié	H_1 = d° B durcis sur moins de la moitié	h = d° B durcis sur moins de la moitié
		F ≡ d° B durcis sur plus de la moitié	H_3 ≡ d° B durcis sur plus de la moitié	H_2 ≡ d° B durcis sur plus de la moitié	H_1 ≡ d° B durcis sur plus de la moitié	h ≡ d° B durcis sur plus de la moitié

je/F sol formé au dépens des horizons A_1 et A_2 d'un ancien podzol humo-ferrugineux

$\overline{AF}$ alios plus ancien en profondeur

Cela évitera entre autres de relier des horizons B à des horizons A constitués postérieurement : J_2/F de la figure 5.

De même, pour les podzols les plus récents, la prise en compte des horizons A^2 renseignera sur le type de drainage qui s'exerçait au moment de la podzolisation, les axes de circulation de l'eau ayant pu localement se déplacer soit par comblement, soit par approfondissement.

L'examen des horizons inférieurs (sous les horizons B) pourra permettre d'évaluer l'« activité » encore actuelle de la nappe (pseudo-gley, gley) (J. Wilbert, 1978) ou la fossilisation du profil (cas de celui du Pas de Moine).

Enfin la végétation se trouve en équilibre avec les conditions actuelles de circulation de l'eau dans le profil. Souvent elle converge avec les conditions d'hydromorphie ou d'assèchement qui existaient au moment du maximum de la podzolisation mais, dans de nombreux cas, elle s'en éloigne et il y a dissociation entre le pédoclimat réel et celui qui serait défini par simple examen du profil. Cette dissociation est particulièrement courante sous la lande mésophile à fougère.

La figure 5, comme précédemment la figure 1, illustre la complexité des enchaînements de podzols et de leurs formations indurées lorsque l'on passe à grande échelle. Ceci illustre le rôle de la répartition et de la composition de la végétation aux différentes périodes de podzolisation comme celui des différentes actions éoliennes ou fluviatiles successives, redistribuant sans cesse les conditions de circulation et de profondeur de la nappe et par voie de conséquence les conditions de végétation.

Conclusion

Les alios landais recèlent en eux de nombreuses pages de l'histoire géologique, pédologique et humaine de la Grande Lande. Mais, le déchiffrement de leurs archives n'est pas chose aisée et ne peut s'opérer valablement que par la collaboration de disciplines parfois très éloignées. Pour les époques les plus récentes les historiens auront certainement à nous apporter pour éclairer les mystères aliotiques.

BIBLIOGRAPHIE

ALIMEN (H.), 1964 –
Le Quaternaire des Pyrénées de la Bigorre.
Mém. Carte Géol. Fr., Paris, 394 p., 117 fig., 24 tab., 12 pl.

BONNEAU (M.), 1977 –
Cours de pédologie forestière, 2ème partie, chapitre III.
Le cycle biologique en forêt, ENGREF Nancy, ronéotypé 45 p.

CASENAVE (A.), 1970 –
Contribution à l'étude des alios.
Thèse de 3ème Cycle, Hydrogéol., Bordeaux, n° 838, 196 p., 22 pl., 13 cartes.

CLEMENCEAU, 1843 –
Rapport de la commission instituée pour l'examen des cultures de M. Ivoy.
Société d'Agriculture de la Gironde, Bordeaux, 16 p.

DELIBRIAS (G.), DUTIL (P.), 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, t. 263, p. 1300-1302.

DUBREUILH (J.), L'HOMER (A.), MARIONNAUD (J.-M.), THIBAULT (C.), 1971 –
Observations nouvelles sur le Quaternaire de la région du Gurp (Gironde).
C.r. somm. Soc. Géol. Fr., Paris, fasc. 1, p. 28-29.

DUBREUILH (J.), 1971 –
Etude géologique des formations quaternaires du Bas Médoc. Essai de corrélations stratigraphiques.
Dipl. Et. Sup., Bordeaux, 147 p., 30 fig., 2 pl. h. t.

DUBREUILH (J.), 1976 –
Contribution à l'étude sédimentologique du système fluviatile Dordogne-Garonne dans la région bordelaise. Les ressources en matériaux alluvionnaires du département de la Gironde.
Thèse Univ. Bordeaux I, n° 91, 273 p., 41 fig., 73 tableaux, 2 pl. et 1 pl. h. t.

DUCHAUFOUR (Ph.), 1965 –
Précis de pédologie.
Paris, Masson, 438 p., 62 fig., 16 pl. h. t.

DUCHAUFOUR (Ph.), 1968 –
L'évolution des sols. Essai sur la dynamique des profils.
Paris, Masson, 94 p., 3 fig.

DUCHAUFOUR (Ph.), SOUCHIER (B.), 1977 –
Pédologie I. Pédogenèse et classification.
Paris, Masson, 477 p., 92 fig., 8 tabl., 16 pl. h. t.

ENJALBERT (H.), 1960 –
Les pays aquitains. Le Modelé et les Sols.
Bordeaux, Bière, 618 p., 103 fig., 47 pl.

EVIN (J.), GILET (N.), LEGIGAN (Ph.) et THIBAULT (C.), 1979 –
Essai de datation absolue d'un horizon humifère inclus dans les sables éoliens des Landes.
Actes 104e Congrès Nat. Soc. Sav., Bordeaux, Avril 1979. C. R., Bibliothèque Nationale, Paris, fasc. III, p. 63-72, 2 fig.

GOURDON-PLATEL (N.), 1975 –
Les alios et les garluches dans le sable des Landes.
Bull. Soc. Linn. Bordeaux, t. V, n° 9-10, p. 79-87, 2 pl.

GUILLET (B.), 1972 –
Relations entre l'histoire de la végétation et la podzolisation dans les Vosges.
Thèse Doc. Etat, Univ. Nancy, 112 p.

JACQUOT (E.) et RAULIN (V.), 1874 –
Statistique géologique et agronomique du département des Landes.
Introduction et première partie. Mont-de-Marsan, Delaroy, 270 p., 1 pl. h. t.

JAMAGNE (M.), 1966 –
Principe de classification régionale des sols.
Science du Sol, Versailles, n° 2, p. 41-64.

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 Doc. Ing., Nancy, I.N.R.A., Paris, 143 p., 27 fig., 39 tabl.

LATOUCHE (C.), LEGIGAN (Ph.), THIBAULT (C.), 1974 –
Nouvelles données sur le Quaternaire des Landes de Gascogne.
Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, n° 16, p. 95-120, 15 fig., 2 tabl.

LEGIGAN (Ph.), 1974 –
Signification de quelques sols fossiles à l'égard de la mise en place du sable des Landes.
Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, n° 16, p. 137-144, 2 fig.

LEGIGAN (Ph.), LENOIR (M.) et RIGAUD (J.-Ph.), 1977 –
Découverte d'industrie lithique dans les alluvions quaternaires de la vallée du Gua-Mort (Gironde).
Les Cahiers du Bazadais, Bazas, p. 3-26, 4 fig., 4 pl., 1 tabl.

LEGIGAN (Ph.) et LE RIBAULT (L.), 1976 –
Sur les mécanismes de sédimentation du complexe détritique continental plio-quaternaire des Landes de Gascogne révélés par l'exoscopie des quartz.
Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine, Bordeaux, n° 20, p. 3-23, 1 fig., 7 pl.

LEGIGAN (Ph.), 1979 –
L'élaboration de la formation du sable des Landes, dépôt résiduel de l'environnement sédimentaire pliocène-pléistocène centre aquitain.
Thèse Sc. Nat., Bordeaux, n° 642, 429 p., 100 fig., 9 pl.

PAQUEREAU (M.-M.), 1961 –
Documents palynologiques sur le littoral du Gurp à Dépet (Gironde).
C. r. somm. Soc. Géol. Fr., fasc. 4, p. 102-103.

PAQUEREAU (M.-M.), 1964 –
Flores et climats post-glaciaires en Gironde.
Actes Soc. Linn., Bordeaux, t. 101, n° 1, 157 p., 4 fig., 16 pl.

PLAISANCE (G.) et CAILLEUX (A.), 1958 –
Dictionnaire des sols.
Paris, Maison Rustique, 616 p., 23 fig., 125 tabl.

PRENANT (A.), 1969 –
Le littoral et les dunes du Pyla. Le littoral du Cap-Ferret à la Pointe-de-Grave.
VIIIème Congrès INQUA, Paris, livre-guide C. 12, Pyrénées occidentales, P. Barrère, p. 65-79, 2 fig.

RIGHI (D.), 1973 –
Contribution à l'étude de l'humus des podzols et des sols hydromorphes des Landes du Médoc.
Science du Sol, Versailles, n° 3, p. 207-219.

RIGHI (D.), 1975 –
Etude au microscope électronique à balayage de champ et au micro-analyseur à sonde électronique des revêtements et des agrégats organiques d'horizons B spodiques.
Science du Sol, Versailles, n° 4, p. 315-321.

RIGHI (D.), 1977 –
Genèse et évolution des podzols et des sols hydromorphes des Landes et du Médoc.
Thèse Doc. Etat, Université de Poitiers, 144 p.

ROSSETI (E.), 1962
Etude pédologique au 1/5 000 du Domaine de Berganton, commune de Saint-Jean-d'Illac (Gironde).
Document CALG, ronéotypé.

THIBAULT (C.), 1970
Recherches sur les terrains quaternaires du Bassin de l'Adour.
Thèse Sc. Nat., Bordeaux, n° 296, t. 1, 431 p., t. 2, p. 432-814, 141 figures, 1 carte, 68 pl.

WILBERT (J.), 1978
Notice de la carte pédologique de France au 1/100 000, feuille de Lesparre.
INRA, Versailles, 215 p., 41 fig.