

H. STIEPERAERE. - I would ask to M. DIERSSEN what means *Ericion* to him ?
a vegetation with *Oxygoceos* and *Andromeda* ?

K. DIERSSEN. - The *Ericion*, as I understand it, will be locally characteri-
sed by *Sphagnum compactum*, *S. strictum* and *S. molle* and differentiated by
plants of the order *Nardetalia*.

Colloques phytosociologiques	VII	Sols tourbeux	Lille 1978
------------------------------	-----	---------------	------------

LES MARDELLES DE TOURAINE ET LEURS GROUPEMENTS VEGETAUX

par Jean-Mary COUDERC
 Faculté d'Aménagement
 Géographie, Informatique
 Département de Géographie
 Parc de Grandmont
 37200 Tours



RESUME

Les mardelles sont des dépressions fermées, de forme quelconque, allongée ou ronde, longues de quelques mètres à cent mètres, inondées ou non, parsemant les plateaux tourangeaux. Elles sont naturelles et les analyses polliniques datent leur remplissage de la charnière du Subboréal et du Subatlantique mais leur origine reste une énigme.

Toutes sont inscrites dans des formations limoneuses ou sablo-argilleuses reposant sur un horizon hydromorphe à nappe perchée, ainsi les limons de plateaux, les sables micènes continentaux sur l'argile à silex, le substrat étant calcaire ou non. Certaines sont sans doute liées à la dissolution des marnes lacustres ou des calcaires marneux situés sous un manteau limoneux peu épais (1 à 2 m).

Pour les autres, deux hypothèses sont possibles :

- une genèse cryokarstique (thermokarst ?) mais il faudrait pour cela trouver des remplissages plus anciens.

- une genèse cryptokarstique mais la craie reposant à 30 ou 40 m de profondeur, les infiltrations auraient-elles pu traverser les sédiments argileux et les conséquences de la dissolution auraient-elles pu s'exercer à la surface au point de marquer ainsi tout un paysage ?

Leur végétation est caractérisée par :

- la grande différence existant entre les groupements de chaque mardelle s'expliquant autant par des problèmes de colonisation que par des différences dans le chimisme du milieu.

- l'homogénéité des peuplements végétaux de certaines d'entre elles, une plante pouvant occuper toute la surface.

Les groupements sont répartis en trois catégories : aquatiques, semi-aquatiques et landicoles.

ABSTRACT

The "mardelles" (cloups) are enclosed depressions of frequent occurrence on the plateaus of Touraine. Studies show that they always occur in places where plateau silts or argillaceous sand overlie a hydromorphic clay level (flint clay for example). The bed rock can be calcareous (quite often marly), or not.

Pollinic analysis of the deposits found at the bottom of these depressions proves that they date back to the end of the Subboreal. But neither this evidence, nor a study of their shape, size and orientation, is sufficient to enable us to determine the exact origin of most of them. Some of them, however, seem to be originated in the dissolution of lacustrine limestone or marl to be found a few yards below.

The following hypotheses can also be put forward, but there is no evidence to prove them true :

- The "mardelles" might be of cryokarstic origin. Yet they possess neither a ring-shaped mound nor an ancient peat deposit,
- They might also be of cryokarstic origin, but the collapse of the upper layers, following the dissolution of the chalk substratum sixty or ninety feet below, is difficult to affirm without conclusive evidence.

The vegetation of the "mardelles" is characterized by :

- great differences between the communities of each "mardelle" often explained more by modalities of vegetal colonisation than chemical qualities of waters,
- the possibility for a single species to colonize a whole mardelle.

The author describes summarily the various aquatic, semi-aquatic and moor communities leading gradually to the filling up of these marshes.

RESUMEN

"Les mardelles" (espèce de pozas) son depresiones cerradas, de forma cuauquiera, alargada o redonda, de algunos metros a cien metros de longitud, inundadas o no, salpicando las mesetas de Turenna. Son naturales y los analisis polinicos de sus turbas nos dan una edad al limite del Subboreal y del Subatlántico, pero su origen queda enigmático.

Todas se inscriben en formaciones limososas o en arenas arcillosas asentadas sobre un horizonte hidromórfico con agua temporaria así los "limos de meseta" o las arenas miocélicas continentales sobre el arcillo con pedernales, cuauquiera que sea el substrato : calcreo o no.

Ciertas son sin duda formas de disolución de margas lacustres o de calizas margosas situadas bajo una capa de limo poco espeso (1 a 2 m). Para las otras "mardelles" dos hipotesis quedan posibles :

- un origen cryokárstico (thermokarsto ?) pero sería necesario encontrar materiales de relleno mas antiguos.
- un origen cryokárstico, pero la creta yacienda a treinta o cuarenta metros de profundidad, uno se puede interrogar en el hecho que las infiltraciones hubieran podido atravesar la capa de arcillo y disolver la cal, o que las consecuencias de la disolución hubieran sido sensibles a la superficie.

La vegetación esta caracterizada por :

- la diferencia que existe entre las agrupaciones de cada "mardelle" y que mas bien se explica por la naturalza de la colonización que por diferencias químicas del agua,
- la homogeneidad de las poblaciones vegetales ; una especie ocupando algunas veces toda la superficie.

Las agrupaciones estan estudiadas en 3 grupos : acuaticos, semiacuaticos y agrupaciones de landas.

DEFINITION, MORPHOLOGIE ET LOCALISATION

1) Définition

Nous appelons "mardelles" les dépressions fermées, inondées ou non, qui parsèment deci delà les plateaux des régions de la Loire Moyenne et qui ne s'apparentent pas, du moins directement, aux dolines qui sont beaucoup moins fréquentes.

Les premières se trouvent toujours développées sur des terrains argileux (argile à silex, "limons des plateaux", marges lacustres, etc...), les secondes sur des terrains calcaires. Faute d'un vocabulaire spécifique, le terme de mardelle est emprunté (1) au langage populaire du Bassin Parisien (2) où il désigne aussi bien des cavités sèches en forme de cône tronqué du type doline, que des petites mares ou des cavités peu profondes à bords en pente douce, c'est-à-dire les phénomènes que nous étudions ici. De fait, le terme de "mardelle" n'existe qu'en Touraine du Sud et surtout en Berry où il s'applique à la fois aux dolines et aux cavités sèches comparables, alors que le phénomène qui nous intéresse y est surtout désigné sous le nom de "marchais", "mortier" ou "fosse" (3). A la suite de A. CAILLEUX (1) et de R. BRAQUE (1966), nous avons déjà employé le terme de mardelle (cf. BAILLY, COUDERC, DENEFLE et BERRAIN, 1975) qui se répand dans la littérature scientifique (cf. B. DANGIEN et J.-M. DECORNET, 1977) pour désigner ces phénomènes à la genèse encore énigmatique mais qu'il convient peut-être de rapporter aux froids périglaciaires.

2) Morphologie

Quoiqu'ayant parfois un dénivelé à peine sensible, les mardelles sont des cuvettes en général inondées l'hiver. Leur profondeur maximum avoisine trois mètres. Elles sont parfois arrondies, mais le plus souvent allongées ; elles mesurent de 10 à 80 m de longueur et de 4 à 60 m de largeur. L'examen des photographies aériennes à grande échelle montre que dans la plupart des cas elles sont situées sur des topographies presque horizontales avec néanmoins une pente faible de l'ordre de 3 à 4%.

Ni leur répartition, ni leur forme parfaitement variable, n'apparaissent liées à des facteurs d'ordre humain, par exemple à des limites de pays, à des chemins d'exploitation éventuelle de produits de la terre, à de vieux axes de déplacement ; comme l'a dit J. LEBRUN (com. orale) : "Les gens qui travaillaient ont le sens de la géométrie ; les lignes de tourbage parfaitement droites se devinent bien dans les tourbières ardennaises". Ajoutons que les bords des mardelles qui peuvent être assez raides quand celles-ci contiennent de l'eau en permanence et qu'elles ont pu être recouvertes (en domaine agricole par exemple), sont en général en pente assez douce, voire parfois très douce. Même des mardelles sèches assez profondes comparables à de grandes dolines (ainsi la "Fosse sèche" dans les landes de Cravant) et qui ont une pente assez forte, n'ont pas un rebord raide comme on pourrait en rencontrer dans d'anciennes fosses d'extraction.

(1) Cf. A. CAILLEUX, 1956 : *Mares, mardelles et pérgas*. Cr. Som. Acad. Sc. t. 242, 1912-1914. Paris.

(2) On le rencontre dans la Mayenne, le Pays de Caux, le Loiret, l'Indre, la Vienne et la Charente.

(3) On les appelle "marchais" dans l'Est et le Sud-Est de la Touraine et jusque dans l'Indre où existent aussi les termes de *marais*, *marats*, *mollés* et *viveurs*. Le terme de "mortier" s'emploie dans toute la région berrichonne s'étendant depuis le NW de Tours jusque au Baugerais. On rencontre parfois le terme de "fosse" qui peut cependant désigner des phénomènes distincts.

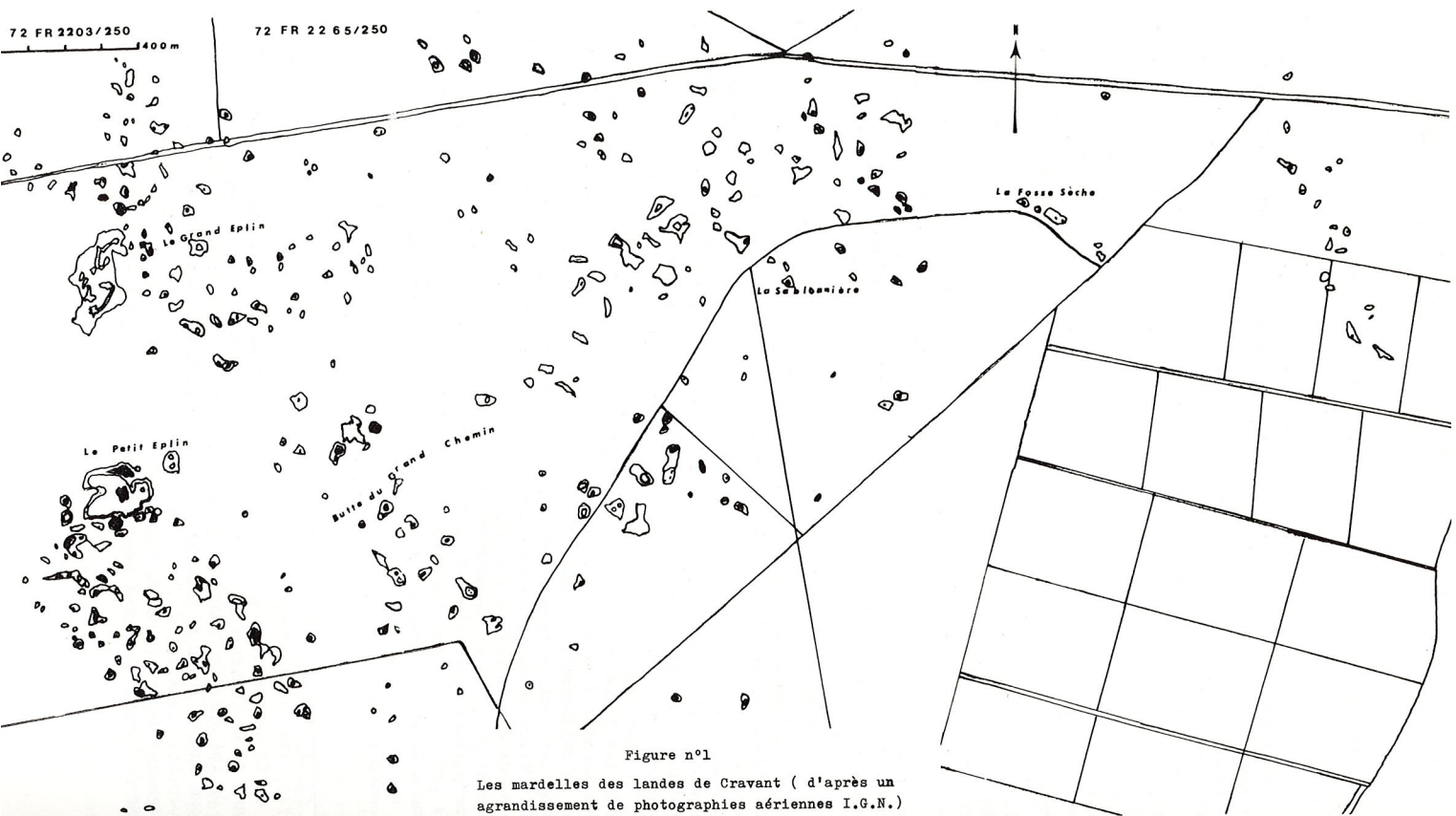


Figure n°1
Les mardelles des landes de Cravant (d'après un agrandissement de photographies aériennes I.G.N.)

Les mardelles se rencontrent en groupes dans certaines zones privilégiées qui se trouvent être assez souvent des landes ou des forêts. C'est que leur existence semble liée comme celle des landes à des sols argilo-siliceux peu favorables à l'agriculture. Sur les plateaux argileux mis en cultures beaucoup ont pu disparaître. Parmi ces zones citons les landes de Cravant, du Ruchard, de Saint-Martin, de Bréviande, le Bois de la Motte, de Tivoli, de Champchevrier, etc...

La figure 1 nous montre une partie des landes de Cravant où apparaissent quelques 350 mardelles sur le demi-millier du secteur, mais une partie d'entre elles vient d'être détruite à la faveur d'un reboisement généralisé.

On peut remarquer deux choses :

- au sud, dans une zone aménagée avant 1972, les mardelles sont pratiquement absentes parce qu'elles ont été largement comblées ; il en est désormais de même depuis 1976 pour l'essentiel de l'espace couvert par cette photographie aérienne sauf pour l'extrême ouest (Grand et Petit Eplin) ; il suffit de se rapporter aux photographies 1 et 2 qui restituent grâce à l'infra-rouge, les mardelles comblées par les travaux forestiers.

- des concentrations de mardelles en bandes plus ou moins larges (de 100 m à 400 m) à l'intérieur desquelles certaines mardelles semblent alignées selon la même direction NW-SE. On distingue ainsi 6 alignements principaux dont le plus oriental a une direction un peu différente (NNW-SSE). Il existe à l'ouest 2 larges alignements et 4 moins importants au centre et à l'est ; on notera qu'il y a moins de dix mardelles éparses entre les deux grandes bandes de l'ouest.

L'examen de documents à grande échelle dans d'autres zones caractéristiques montre que même lorsqu'il n'y a pas d'agglomérats de mardelles aussi importants, des alignements sont visibles, et chose intéressante, orientés selon le même axe général NW-SW : ainsi au nord du Bois de Tivoli un alignement long de 300 m comprenant 12 mardelles principales (orientation NNW-SSW), idem, dans le Bois de la Motte à proximité du Carroi des Hautes Bornes à l'ouest de l'étang de la Veuve Marianne, idem, dans les bois situés à l'est du carrefour de la Queue de Merluiche, etc...

Il arrive que cette direction corresponde à la plus grande pente mais ce n'est pas toujours le cas, ainsi un alignement de ce type dans le Bois de l'Hérisseaudière (au NW de Saint-Roch) est-il parallèle aux courbes de niveau et composé de mardelles, les unes non drainées, les autres drainées par des fossés sinueux. Cette direction privilégiée doit-elle être rapportée à la direction armoricaine des principaux axes tectoniques régionaux ?

Si l'on considère la surface échantillon de Cravant (figure 1), on peut définir 7 types de mardelles, soit par ordre de fréquence décroissante :

- des formes quelconques (polygone irrégulier) : 61,50%
- des formes allongées ou oblongues : 23%
- des formes ovales : 6,50%
- des formes rondes : 4,50%
- des formes coalescentes : 1,50%
- des formes arquées : 1,50%
- des formes emboîtées avec anneau interne plus profond : 1,50%

Les causes d'erreur sont faibles car nous avons travaillé sur des documents photographiques à l'échelle approximative du 1/9000ème. Il se peut que les formes ovales soient majorées par rapport aux formes irrégulières et surtout les formes allongées par rapport aux formes coalescentes dont nous n'avons repéré que les plus nettes.



Photo 1 : la lande et ses mardelles au Petit Eplin



Photo 2 : mardelles plus ou moins complètes au Nord de la

La direction prédominante des mardelles : NW-SE (53,7%) est celle des alignements ou des bandes à fortes densités de mardelles ; arrive ensuite avec 22,5% la direction S-N, avec 17,5, la direction NE-SW, et avec 6,3% la direction W-E. Ces derniers chiffres montrent qu'il ne paraît pas possible de mettre l'allongement des mardelles en rapport avec la direction d'un vent dominant. L'étude d'autres photographies aériennes concernant les Bois de la Motte ou de Tivoli déjà fortement modifiés par des reboisements à l'époque de la prise de vue (1974), ne permet pas de fournir des chiffres aussi précis. Toutefois, les proportions entre les pourcentages de formes sont comparables mais en ce qui concerne l'allongement des mardelles du Bois de Tivoli, la direction N-S semble l'emporter de peu devant la direction NW-SE et la direction E-W.

A ce point de notre étude, notons que les formes arquées et donc ovales sont rares (5 à Cravant, 2 dans le Bois de Tivoli) alors que dans les Hautes-Fagnes ou au Pays de Gallees de telles formes liées aux froids périglaciers sont extrêmement fréquentes. Les remparts de terre bordant la plupart des viviers des Hautes-Fagnes, résultat de la poussée des sols sous l'influence de la croissance des lentilles de glace, n'existent pas autour de nos mardelles.

Si l'on devait rapporter la genèse des mardelles à l'époque périglacière, il s'agirait de processus distincts de ceux connus dans les régions plus nordiques. Enfin le petit nombre de formes rondes ne permet pas d'évoquer des chutes de météores comme certains auteurs ont pu le faire pour les "lagunes" de la région de Saint-Magne sur le plateau landais.

3) La localisation des mardelles.

Si la majorité d'entre elles sont situées sur des surfaces planes ou subhorizontales, il en est qui se trouvent dans des vallons soit qu'elles correspondent à l'axe du drainage et qu'elles soient reliées par un ruisseau intermittent, soit qu'elles se situent à la tête du vallon sans pour autant être reliées à l'aval par un chenal d'écoulement visible.

Au premier type appartiennent par exemple cinq mardelles plus ou moins en ligne situées au NW du carrefour Marhé dans les Bois communaux de Cravant et dont le fossé qui les relie vient d'être recréusé (1977). Au second type appartiennent les mardelles qui se trouvent dans les deux vallons qui confluent au sein du Bois des Jarries dans les Landes du Ruchard (Y=245 ; X=453,50) et qui forment bien en aval le vallon du Croulay. Sur le premier naissant au SSW du Carroi de la Branche Torse, se trouvent quatre grandes mardelles dont la dernière : le Grand Courgé est reliée à l'aval par le lit d'un ruisseau ; sur le second se trouvent "La Chauloin" et le "Marchais Nivernais", ce dernier allongé dans le sens de la pente, mais non relié à l'aval par un chenal incisé. On notera au passage que sur 6 mardelles, une seule est allongée dans le sens de la pente, les autres sont rondes ou de forme quelconque bien qu'elles s'échelonnent de 114m NGF à 109m NGF sur le vallon Ouest et de 112m à 106m sur la branche Est.

En raison de l'érosion régressive liée à ces vallons affluents de la Vienne, le plancher de l'argile à silex est atteint à cet endroit mais la majorité des mardelles des landes du Ruchard et de Cravant s'inscrivent sur les limons et graviers des plateaux, sur les sables continentaux et sur les argiles éocènes recouvrant les argiles à silex.

Dans la plupart des cas, les zones à mardelles comportent en surface des éléments détritiques peu épais (de 0,30m à 2,50m en général), soit des sables argileux et des graviers de plateau (du Mio-Pliocène en général), soit des limons plus ou moins sableux ("limons des plateaux") ou enfin des formations détritiques éocènes, le tout reposant sur les argiles à silex (plus rarement sur des marnes lacustres). C'est le cas dans toutes les régions de mardelles précédemment citées ou encore à l'Est du plateau de Sainte-Maure (ré-

gion de Sèpmes) ou dans le secteur situé entre Neuilly-le-Brignon et le Grand-Pressigny.

Il n'y a jamais de mardelles inscrites directement dans des formations contenant du carbonate de calcium sauf sur des marines mais presque toujours recouvertes d'un manteau argileux ou limoneux ne réagissant pas à l'acide. Tel est le cas des mardelles de la région de Sudaïs en Loir-et-Cher (sur calcaire de Beauce), de celles de la région de Millly-le-Mougon en Anjou (sur calcaire de Saint-Ouen), de celles du Bois de l'Hérissaudière et du secteur du Tremblay en Touraine près de Saint-Roch (sur calcaire de Briè).
Les mardelles se rencontrent donc dans des milieux où trois facteurs sont en général réunis :

- une subhorizontalité des plateaux,
- une possibilité d'infiltration superficielle,
- un blocage des eaux à faible profondeur sous forme de nappes perchées d'où les pseudogleys ou les sols lessivés à pseudogleys, appelés localement "bournaïs" que les agriculteurs s'efforcent de drainer.

Les mardelles situées sur des pentes plus sensibles sont cependant toujours liées à des terrains très argileux et mouilleux en profondeur.

Voici une analyse physique des sols d'un secteur du Lochois pourvu d'importantes mardelles sur la commune de Sèpmes (secteur du "Marchais du Bois Ribault" et du "Cul de Chaudron") ; il s'agit de bournaïs battants caractéristiques sur limons des plateaux (à noter l'importance des sables très fins) :

Parcelles :	Rainserand	Bois Ribault	Les Sables
Argile	17,1	19,8	15,5
Limons	16,6	24,7	21,6
Sables très fins	14	23,8	20,7
Sables fins	7,8	8,8	8,9
Sables grossiers	44,5	22,9	33,3
Indice de battance	0,56	0,41	0,37

Tableau n° 1 : Analyse physique des sols de trois parcelles pourvues de mardelles

En ce qui concerne le régime des eaux dans les mardelles, notons des phénomènes curieux. Certains sont totalement remplis d'eau quand d'autres sont proches sont parfaitement sèches. Il existe des mardelles sèches ou presque toujours sèches qui ont un plancher inférieur à celui de la nappe perchée et où les eaux s'infiltrent. Ainsi dans les landes de Cravant, la "Fosse sèche" (profonde d'environ 3m) est-elle restée sèche pendant toute la première partie de l'année 1978 (jusqu'en juin), quand la "Fosse aux Chênes" à 200 m de là est restée entièrement pleine avec ses arbres baignant dans 1,50m à 1,80m d'eau. Au fond de la Fosse sèche, on peut voir trois microcuvettes où les eaux résiduelles se rassemblent en période d'inondation comme si cette mardelle possédait trois voies d'infiltration.

A quelques 16m de la Fosse sèche, une mardelle très peu profonde est restée en eau tout le printemps. S'il n'existe pas d'arbres de grande taille dans la Fosse sèche, la présence de chênes âgés (de 80 ans environ) qui poussent sur les parois de la Fosse aux Chênes laisse à penser qu'elle ne devait pas rester aussi longtemps remplie d'eau il y a 80 ans, car les jeunes chênes ne s'y seraient pas développés. Est-ce à dire que son colmatage se soit

notablement renforcé depuis cette époque? Ou bien que les chênes ont poussé à la faveur d'une période particulièrement sèche ?

Les photographies aériennes montrent que dans les grands concentrations de mardelles, certaines sont en eau (particulièrement dans les alignements) quand leurs voisines sont sèches ; ainsi sur la figure 1 réalisée à partir d'une couverture faite du 11 au 15 juillet 1972. La présence de deux séries de phénomènes distincts n'est pas impossible.

L'ETAT DE NOS CONNAISSANCES SUR LEUR GENESE.

Beaucoup d'hypothèses ont été formulées sur l'origine anthropique des mardelles mais l'analyse pollinique du remplissage de trois d'entre elles nous les a fait rejeter dès 1972 (cf. BAILLY, COUDERC, DENEFLE, REGRAIN, 1974). Par ailleurs deux de nos étudiantes ont fait la critique systématique des hypothèses anthropiques (DEWIT VAN STYVANDAEL-FARDIYO (B.) et MOREAU (C.) 1976 et 1978).

Les toponymes qui les désignent sont très anciens (1) et l'analyse pollinique des tourbes du fond de trois mardelles de secteurs différents de la région au Nord de la Loire nous a donné un âge se situant à la charnière du Subboréal et du Subatlantique, époque de la fin de l'âge du Bronze et du début du Fer. Nous avons obtenu des résultats comparables à ceux de M. COUDERC (1969, p. 13) qui, par le C 14 et l'analyse pollinique, a daté du Subatlantique la tourbe des mardelles du Gutland et du pays gaumais. Leur creusement peut être antérieur et on voit mal comment l'homme aurait alors pu réaliser ces innombrables excavations (2).

1) Les analyses polliniques.

Dans chacune des mardelles étudiées au point de vue palynologique, nous avons fait des sondages à la sonde Hillier. Ce sont :

- La mardelle du Tremblay (commune de Saint Roch) immédiatement au NW de Tours (dans une formation argilo-limoneuse sur marne), où nous avons fait trois sondages publiés avec leur diagramme pollinique réalisé par M. DENEFLE (BAILLY, COUDERC, DENEFLE et REGRAIN, 1974, p. 87).

- La mardelle de la Queue de Merluche (commune de Saint-Etienne de Chignay) à 11 km de Tours (X = 461,89 ; Y = 269,13 ; Z = 98m) (photo n°3) avec aussi trois sondages : CD et CE vers le centre et CF sur le bord (celui-ci fait à la tarière pédologique) dont le diagramme constitue la figure 2.

- La mardelle des Bois de Pernay (au SE du bourg) (X = 463,98 ; Y = 272 ; Z = 100m) sous forêt où il reste environ 25cm d'eau l'été.

(1) Le Montien de Saint-Symphorien est cité en 908, le Montien aux Moines (Sonzay) en 1030 et le Marchais d'Azay-sur-Cher en 1177 (XAVIER CARRÉ DE BUS-SERLE, 1884. Dictionnaire géographique, historique et biographique d'Indre-et-Loire et de l'ancienne province de Touraine. Tours, 3 vol.).

(2) Phés de la Fosse sèche de la Lande de Cravant nous avons trouvé du matériel taoundouzien, néolithique, protohistorique (poteries de la fin de la Tène) et les restes d'un habitat romain (cf. J.M. COUDERC : Deux établissements gallo-romains dans les landes de Cravant. Bulletin de la Société archéologique de Touraine, XXXIX, 1978, 4 photos, 4 fig. 10p.). Nous avons montré que les tules avaient été fabriquées avec des matériaux strictement locaux. Il se peut donc que quelques mardelles soient dues à l'homme mais aucun élément n'a jusqu'à présent permis de les distinguer. La Fosse sèche particulièrement profonde et presque toujours sèche contrairement aux autres, est peut-être l'une d'entre elles !

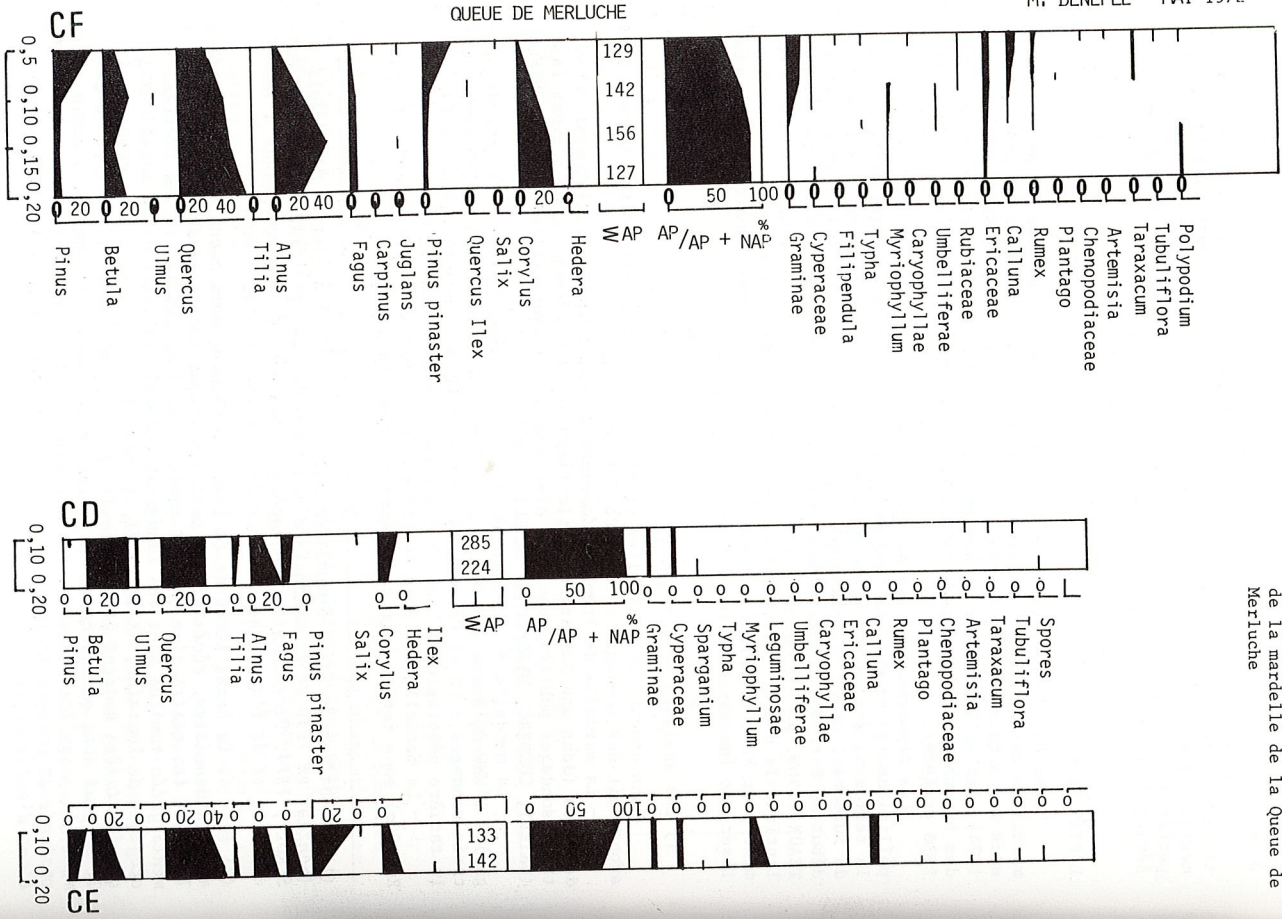


Figure n° 2 : Profil pollinique de la mardelle de la Queue de Merluche

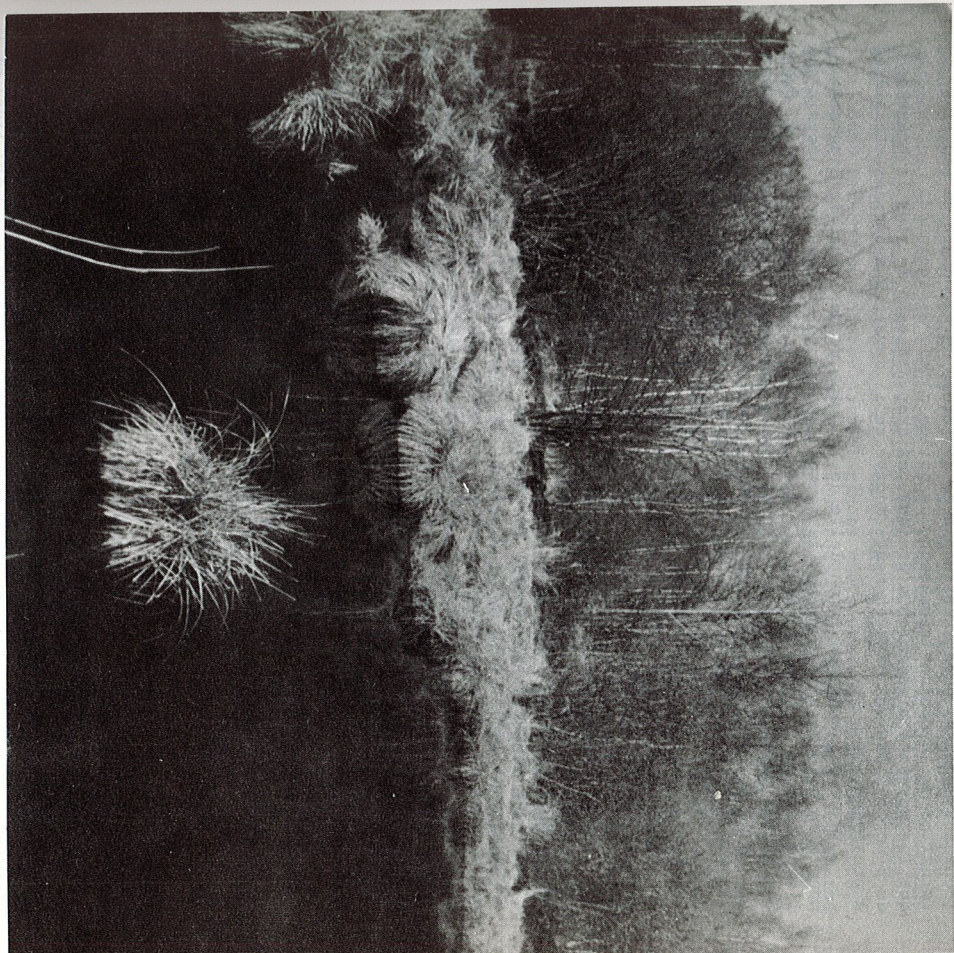


Photo 3 : la mardelle de la Queue de Merluche en bordure de la D. 49. Le sondage CE a été fait à gauche dans l'eau libre et le sondage Ce à gauche dans la Carigaie. Noter les touradons du *Carricetum hudsonii* et l'ouïlet à *Salix atrocinerea* et *Betula pendula* (Cliché J.-M. COUDERC)

Nous ne donnons pas ici le diagramme pollinique mais l'étude de la flore permet d'assigner aux tourbes du plancher le même âge que pour les deux autres (contact Subboréal-Subatlantique) avec toutefois un caractère un peu plus tardif comme le montre la présence de pollen d'*Hebe* indiquant que les moyennes hivernales n'étaient pas trop basses ; de plus la présence de plantes liées aux défrichements montre qu'il devait y avoir des clairières à proximité.

En ce qui concerne la mardelle de la Queue de Merluche, le diagramme montre la faiblesse de *Corynephorus* au sommet du sondage, ce qui impliquerait que l'essentiel de la coupe (sondage CF) pourrait être rapporté à la fin du Subboréal. De même la présence de *Quercus ilex* au niveau d'un sondage (CF) montre qu'on se trouve au Subboréal puisque l'espèce présente à l'Atlantique a disparu de nos régions à cette époque (d'après les conclusions de la thèse de N. PLANCHAIS, 1971). L'importance de *Quercus* et la présence de *Fagus* dans les trois sondages suggèrent un âge subboréal ; il en va de même pour la non décroissance (dans les sondages GE-CD), ou la décroissance modérée, du rapport AP/AP+MAP. Malgré tout la présence d'*Hebe* indiquerait que le Subatlantique est proche.

Bien entendu, ici comme pour les deux autres mardelles étudiées, l'influence humaine est sensible, particulièrement au sommet du sondage CF (début du Subatlantique). Les pourcentages des Graminées, de Chenopodiacées et d'une façon générale des plantes associées aux cultures dans les niveaux supérieurs sont moins forts qu'au Tremblay. Par contre les Ericacées sont plus importantes et leur augmentation ainsi que celle des *Rumex* dans les niveaux supérieurs, montre l'influence de défrichements dans un milieu acide et un environnement encore très forestier (déjà beaucoup plus estompé au Tremblay où le plancher de la région est marneux). L'âge ancien des limons tourbeux (limite Subboréal-Subatlantique), la discrétion de l'influence humaine dans les niveaux inférieurs (Subboréal terminal) indique donc qu'il s'agit très probablement d'une cuvette naturelle.

A ce stade de nos constatations et compte tenu de ce qu'on a étudié dans d'autres régions, on ne peut formuler que deux hypothèses :

- + des traces de phénomènes localisés d'enfure de lenticille de glace lors des froids würmiens selon des processus relevant des phénomènes de thermokarst (cf. DYLIK, 1964).
- + des dépressions dues au soutirage d'éléments fins des formations superficielles, à des infiltrations d'origine cryotkarstique et à des tassements.

2) Genèse périglaciaire ou cryotkarstique ?

a) On peut être tenté de rapprocher ces mardelles des formes dont la genèse périglaciaire est indiscutée (ainsi les viviers de l'Ardenne). S'il y a parenté de formes avec ce qui a été décrit dans le Pays de Galle (WATSON, 1975) et dans les Hautes Fagnes (A. PISSART, 1974), il n'y a pas, loin de là, identité.

Dans les phénomènes tourangeaux :

- il n'y a jamais de remparts,
 - la profondeur est, sauf exception, plus faible,
 - les formes rondes sont moins nombreuses (4,50% pour Cravant),
 - les formes ouvertes sont très rares (1,50% pour Cravant).
- Par ailleurs, les remparts des viviers de l'Ardenne ont été mis en place entre 26000 BC et 15000 BC selon les analyses précises de A. PISSART et de ses collaborateurs.

L'ouverture d'une tranchée dans le rempart d'un vivier a permis à cet auteur de préciser que ce dernier s'était formé après l'inter-stade d'Arcy-Stillfield B (après 26000 BC). Dans un cas G. WOILLARD (cité par A. PISSART,

1974, p. 378), a montré que la cuvette existait déjà à l'Allerö. Mais en général les sédiments qui les remplissent sont holocènes et datent pour les plus anciens du Préboréal comme c'est le cas pour le vivier daté de l'inter-stade d'Arcy, selon G. WOILLARD (cité par B. BASTIN et al., 1974). Or les sédiments de nos mardelles, du moins ceux recueillis jusqu'ici, sont beaucoup plus récents, ce qui semblerait indiquer que celles-ci soient nées beaucoup plus tardivement, c'est-à-dire après les grands froids.

Dans les trois sondages palynologiques que nous avons effectués, nous avons bien été jusqu'au substratum puisque nous avons même atteint le substratum marneux de la tourbière du Tremblay. Le hiatus entre le Préboréal et le Subboréal fait penser à une autre origine que la cryogénèse. B. DEWITT-VAN STUYVANDIËL-TARDIVO et C. MOREAU (1978) ont été tentées de voir dans les mardelles de Cravant des restes de "pales", buttes de tourbe ou de sable et de glace se formant dans des zones à drainage sporadique ou discontinu, par le biais de glace de ségrégation entre des couches de sable et de tourbe. Cette hypothèse permettrait certes d'expliquer l'absence de rempart et la possibilité d'alimentation en eau par les nappes perchées entre les zones gelées, mais on devrait avoir des tourbes anciennes et les températures qui régnaient localement à l'époque du plus grand froid ainsi que la nature des formes (comparées à celles décrites par RAILLON (1968), LUNDQVIST (1969) ou HEIM (1)), ne permettraient pas de faire ce rapprochement.

On a relevé la présence de nombreux coins de glace dans les matériaux sableux de nos régions (cf. R. DION, 1952 et YVARD, 1968 (2)) et on sait qu'on a évoqué la filiation mardelles-dolines du cryotkarst (ainsi R. BRAQUË, 1961, p. 125 ; J. DYLIK, 1964).

En plusieurs points du Bassin Parisien, la trace des anciens sols poly-gonaux a été photographiée par avion (ainsi en Picardie par R. AGACHE (3a et b), en Sologne (3b) et en Orléanais (4)). Au moment des phases les plus froides du Würm, la Touraine connaissait un pergélisol discontinu (5), mais cela n'a pas empêché d'autres auteurs de rapporter à cette période, la genèse de phénomènes comparables à nos mardelles dans des régions encore plus méridionales (M. BOYE, 1958 et A. CAILLEUX, 1975).

Par ailleurs il faut dire que les éléments défavorables à une genèse cryotkarstique ne sont pas minces. On ne pourra donc abandonner définitivement l'hypothèse d'une cryogénèse qu'après multiplication des analyses polliniques et si possible examen d'une coupe perpendiculaire au bord de l'une d'entre elle. On verrait ainsi s'il y a des plissements ou si le phénomène s'inscrit dans le substrat.

(1) J. HEIM : *Etude palynologique d'une palée de la région du golfe de Richmond (Nouveau Québec, Canada), Cahiers de Géographie de Québec. Vol. 20, n° 50. Sept. 1973, 221-238, 1 fig., 2 tabl. L'auteur qui a consulté nos documents ne croit pas à des restes de palée (comm. orale).*

(2) *Fentes de gel périglaciaires de la région de Tours. Bull. AFEQ, 1968, 175-179, 2 photograph. 2 fig.*

(3) a) *Gallia-Paléontologie t. VI, 1963, p. 165.*

b) *Dossiers de l'Archéologue, n° spécial 1977 : La prospection aérienne en 1976.*

(4) P. HÖRTHANS, *Réseaux de fentes en coin périglaciaire d'âge würmien visibles sur photographies aériennes dans l'Orléanais. CR. Acad. Sc. t. 250, 3356-3358, fig.*

(5) *Même pour l'Ardenne, les derniers travaux de A. PISSART (1974, p. 372) montrent qu'il ne devait pas exister un pergélisol continu.*

b) On a déjà montré l'existence de conduits dans des formations non calcaires (ainsi les travaux de P. RAR sur l'argile à silice de Berry), mais de pareils phénomènes ne peuvent être mis en rapport qu'avec la dissolution éventuelle de CaCO₃ du plancher local. Cela concerne soit des calcaires et marnes lacustres, soit des formations crayeuses sénoniennes ou turoniennes se trouvant sous l'argile à silice et les dépôts superficiels qui la surmontent.

Dans l'hypothèse karstique nous pensons que la genèse des mardelles peut difficilement être wülmienne en raison du froid, ou ante-wülmienne en raison de la conservation de la raideur des parois de certaines d'entre elles; l'hypothèse d'école de la présence de dolines antewülmiennes formant des piéges à glace au moment du froid est séduisante mais pour l'instant pas démontrable. Même la mardelle de la Queue de Merluche qui a des bords en pente très douce a un remplissage tardif (fin du Subboréal), ce qui laisse à penser qu'elle n'existerait probablement pas avant l'Atlantique, période suffisamment humide pour assurer un colmatage ou un remplissage si l'établissement de la cavité avait daté d'une période antérieure.

Si les analyses polliniques futures confirment celles que nous avons fait faire, la formation des mardelles tourangelles doit donc se situer entre l'Alleröd et la fin du Subboréal (début du remplissage) alors que M. COUDERC (1969, p. 13) date les mardelles du pays gammais du Subatlantique (âge de leur remplissage), ces phénomènes lui apparaissant comme une manifestation du changement climatique de la période (augmentation probable de la pluviosité). Compte tenu des délais nécessaires au colmatage, il est plus prudent de penser qu'un certain temps s'est écoulé entre les dépôts et la naissance de la cuvette. Dans une région où la proportion des mardelles sèches est beaucoup plus importante qu'en Touraine, le Nivernais, R. BRAQUE (1961, p. 125) a envisagé la naissance des mardelles humides à partir d'un lent colmatage de dolines sèches (colmatage se poursuivant de nos jours) par les argiles et les silices de l'éluvium et par une glyfification progressive (élévation du niveau de la nappe perchée) du fait de la mauvaise gestion de l'exploitation forestière des plateaux argileux. Toutefois même en 1966, l'auteur n'écartait pas l'hypothèse d'une genèse des cuvettes par des processus de thermokarst; il cite alors (1966, p. 176) des exemples de remplissage datant du Dryas récent (ainsi "Prémery 2"), époque à laquelle les viviers de l'Ardenne débarrassés de leur glace recevaient leurs premiers sédiments.

Retenons de ces études bien conduites, le schéma du colmatage progressif des cuvettes. Il est plus difficile de conclure à une genèse cryptokarstique de l'ensemble des cuvettes tourangelles. Il y a quelques chances pour que ce soit le cas pour les mardelles inscrites dans les formations limonueuses ou argileuses peu épaisses (1 à 2m) qui reposent sur les calcaires lacustres (ainsi au Sud de Milly-le-Mougon sur les calcaires marneux du Bartonien, ou encore sur les marnes ludo-sannoisiennes au N de Tours). Pour les autres, il n'y a pas, en profondeur, de formations karstifiables avant plusieurs dizaines de mètres. Celles-ci sont les craies du Crétacé supérieur mais exception faite des facies peu calcaires ou même non calcaires qui sont fréquents. Des phénomènes cryptokarstiques ont pu y exister mais auraient-ils pu être assez importants pour former ces innombrables cuvettes ?

On sait qu'au karst actuel ne correspondent pratiquement pas de dolines en surface (1) mais dans l'hypothèse cryptokarstique on peut concevoir que le phénomène mardelle ne puisse se développer qu'avec une couverture limonueuse ou argilo-limonueuse.

Sous la plupart des mardelles on compte 1 à 2m d'épaisseur de limons, de sables micocènes ou d'autres formations de plateau, 6 à 8m d'épaisseur d'argile à silice (parfois une quinzaine de mètres!) pour arriver au Sénonien.

(1) J.M. COUDERC. *Les phénomènes d'hydrologie karstique en Touraine*. *Notula XV, 227-251, 1968.*

Mais à l'ouest du méridien de Chinon, le Sénonien est formé de sables siliceux sur presque toute son épaisseur et le Turonien supérieur est particulièrement riche en sables quartziteux (il s'agit de la "millarge" du Chilonais). Dans ces régions, la première formation karstifiable : le Turonien moyen est à une trentaine de mètres de profondeur. Prenons des exemples précis :

- Les mardelles des landes de Cravant et du Ruchard sont installées dans des formations mio-pliocènes dont l'épaisseur varie entre 0,1m et 0,50m reposant sur de l'Eocène détritico et sur l'argile à silice, le tout épais de douze à quinze mètres (21m au maximum) se superposant directement sur le Turonien supérieur (environ 20m) très détritico et ne contenant que de 0,5 à 15% de CaCO₃. L'éventuel départ localisé de 10% de la substance d'une roche située à 20 mètres de profondeur peut-il être en cause et quant à l'influence de la seule vraie formation karstifiable : le Turonien moyen, situé à 40m de profondeur, pourrait-elle avoir été sensible en surface ?

- Sous les mardelles des landes de Saint-Martin, le Sénonien est exclusivement composé de sables quartziteux et 20m plus bas le Turonien supérieur ne contient qu'entre 30 et 50% de calcaire.

On voit au total que si on manque d'éléments décisifs pour authentifier une genèse périglaciaire, la genèse cryptokarstique paraît impossible dans un certain nombre de secteurs typiques. Dans les régions où les terrains riches en CaCO₃ sont à une profondeur moindre ou faible, on ne constate aucune augmentation du nombre des mardelles. Tout se passe comme si dans la plupart des cas, la cryptokarstification n'était pas la bonne explication.

Ce que l'on peut dire avec certitude, c'est que la présence de terrains argileux à nappe perchée et tout particulièrement les sables argileux détritico reposant sur l'argile à silice sont un trait commun à tous les secteurs de mardelles. Tout se passe comme si c'était la superposition d'une couche relativement perméable en surface sur un plancher hydro-morphe peu profond (marnoux ou non) qui avait offert les conditions optimales à la naissance des mardelles.

Ainsi les mardelles des landes de Cravant sont-elles liées aux sables et graviers continentaux et leur fréquence augmente-t-elle dans les zones où ceux-ci atteignent de 1m à 1m,20 d'épaisseur (dans la section cadastrale de la Fosse Sèche par exemple). Par contre leur nombre diminue, puis elles disparaissent vers le Sud (au sud du Petit Eplin ou des Bois communaux de Cravant) là où la pente a permis à l'érosion d'enlever le revêtement sablo-argileux.

Si on admet le soutirage d'éléments fins (argile ou limons), ce ne peut-être que par le biais de conduits de quelque importance, au moins karstiques à la base dans les craies. Or dans les vallées bordant les plateaux à mardelles, nous n'avons jamais relevé de phénomènes karstiques notables permettant de croire à des circulations profondes, même mises en place après le creusement des vallées. Par ailleurs les phénomènes karstiques présents en Touraine (COUDERC, 1968, op. citée) et dans l'ensemble modestes, n'ont pas de rapport avec la présence des mardelles sur les plateaux.

La forme et la dimension de certaines sont peu comparables avec des phénomènes de type doline. Nous en avons de très grandes; la grande mare du Grand Eplin (Figure 1) mesure environ 300m sur 100. R. BRAQUE nous a signalé une ou deux mardelles de cette taille en Nivernais (en Forêt de la Bertrange en particulier). Nous avons cependant relevé des formes tout-à-fait originales et inconnues en domaine de karst : des mardelles ouvertes et arquées (il est vrai rares : 1,50% dans les landes de Cravant) qui évoquent tout-à-fait celles qu'on rencontre abondamment dans les régions où la genèse périglaciaire n'est pas contestée (Pays de Galles et Hautes-Fagnes). Enfin nous ne retrouvons pas en Touraine ce que R. BRAQUE (1961 et comm. orale) a constaté en Nivernais, à savoir toutes les formes de passage entre doline fonctionnelle

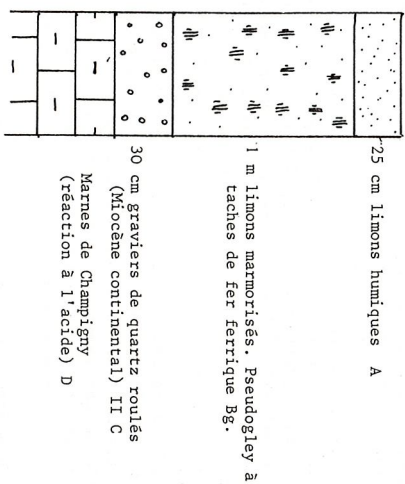
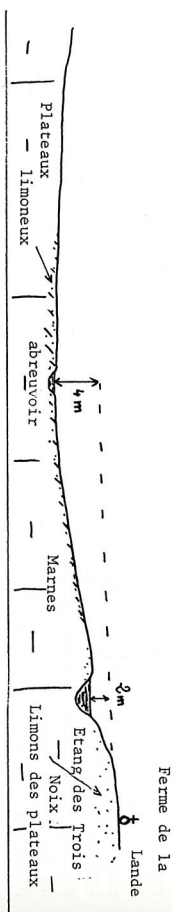


Figure n° 3 : L'étang des Trois Noix (Milly-le-Maugon) incisé dans un vallon récent deux mètres en contrebas du plateau

et mardelle inondée. De la même façon, seule une partie de nos dépressions peut s'apparenter à celles décrites en Gaume et Gutland par M. COUTEAUX (1956 et 1969), c'est-à-dire les mardelles sur limons peu épais recouvrant les marnes lacustres. C'est le cas près de Milly-le-Maugon, au SE de La Lande, pour l'"étang des trois Noix" et les mardelles voisines dont le plancher est installé dans les marnes de Champigny (Baronien) qui réagissent nettement à l'acide. On notera que dans ce cas précis (Figure n° 3), la mardelle est installée dans une incision très récente, ce qui, sauf si elle devait être d'origine anthropique, confirmerait l'âge post-glaciaire d'une partie de ces phénomènes.

Dans ce cas on a une situation comparable à celle de la mardelle "Sur-le-Haut" à Rulles (Belgique) décrite par COUTEAUX (1969, p. 78) qui repose sur un sol argilo-tourbeux passant sans transition à une marne à 82cm de profondeur, le sol tourbeux ayant été daté (au C 14 et par l'analyse pollinique) du Subatlantique.

Conclusion.

En l'état actuel de nos investigations, nous ne pouvons proposer un schéma explicatif cohérent et unique. Nous n'abandonons pas l'idée d'une genèse périglaciaire de certaines mardelles sous réserve que nous trouvions des remplissages antérieurs au Subboréal. Par ailleurs nous n'adhérons que très partiellement ou très localement à un schéma explicatif à partir de processus du cryotkarst.

Nous ne voyons pas comment les grandes dépressions ont pu naître et il nous paraît difficile de proposer une explication par des soulèges autre que karstiques. Nous souhaiçons plus que jamais faire une coupe dans l'une de ces dépressions. Nous en avons l'intention depuis longtemps mais nous avons dû en reculer la mise en chantier devant l'urgence qu'il y avait, en particulier dans les landes de Cravant, à éviter le comblement des mardelles par les bulldozers lors des grands travaux forestiers de reboisement en pins. Grâce à nos efforts les mardelles de la lande de Cravant ne sont plus comblées depuis 1977 et en février 1979, avec l'aide de G. TARDIVO, nous avons réussi à faire protéger une surface typique de lande et de mardelles d'une superficie de 12 à 14 ha (au sud du Petit Eplin) et ceci en accord avec l'Administration et les propriétaires du Groupement forestier de Cravant-les-Côteaux.

LES GROUPEMENTS VÉGÉTAUX DES MARDELLES

Nous ne donnerons ici qu'un schéma de leur peuplement végétal.

1) Les caractéristiques de la végétation des mardelles

On peut en relever deux principales :

- la très grande hétérogénéité des groupements y compris au sein de mardelles toutes proches,

- la dominance souvent très élevée d'une espèce, le plus souvent *Scirpus lacustris*, *Agrostis canina* ou *Phragmites australis*.

Dans un même secteur, les seules grandes différences dans le chimisme des eaux des mardelles proviennent en général de ce que certains s'assèchent régulièrement ou sont susceptibles de s'assécher, tandis que d'autres contiennent des mares permanentes parfois alimentées par des sources. Aucune n'a en effet des eaux calcaires. Les premières, alimentées par des eaux pluviales et recueillant en général des eaux de ruissellement issues de la lande ou des pinèdes, ont des eaux oligotrophes ou rarement mésotrophes ; les hémicryptophytes, les thérophytes et les bryophytes dominent. Les secondes, en général

recruesées en domaine agricole pour servir d'étang, sont souvent eutrophiées. L'eau y est trouble et peu oxygénée et le fond vaseux, la végétation y est caractérisée par des hydrophytes, des hélophytes et des phanérophyles. Prenons par exemple deux mardelles dont nous avons donné l'analyse des sols de la parcelle correspondante (tableau n° 1).

Relevé n° 1 : La mardelle du Bois Ribault

(dimension 20 x 10 m, rebord en pente faible de 60 cm de haut)

Carex hudsonii A. Benn. 3.3, *Typha latifolia* L. 2.1, *Solanum dulcamara* L. 2.1, *Limonium natans* (L.) Rafin. 1, *Rorippa islandica* (Oed.) Bord. 1, *Lemna minor* L. 1, *Lythrum salicaria* L. 1, *Sagittaria sagittifolia* L. +, *Scirpus lacustris* L. +.

Relevé n° 2 : "Le Cul de Chaudron"

(dimension 20 x 10 m, rebord raide ; 1,50 m, 2,80 m de profondeur)

Scirpus lacustris L. 1, *Typha angustifolia* L. 1, *Polygonum amphibium* L. +.

On notera pour le Cul de Chaudron alimenté par des sources, l'absence de *Carex hudsonii* qui indique la présence d'atterrissements importants et l'existence d'un assèchement estival très marqué. Ainsi sur la photographie n° 3, la Carrigae s'étend-t-elle seulement dans la zone qui s'assèche l'été.

L'hétérogénéité des groupements de mardelles toujours en eau ou rarement asséchées proviendrait plutôt des modalités de leur colonisation par la végétation au cours des étapes successives de leur colmatage :

- occupation de l'eau libre et invasion progressive par les hydrophytes,
- atterrissements organiques des bords et du fond avec apparition des hélophytes et des bryophytes (Sphaignes),
- apparition en général conjointe des chamaéphytes et hémicryptophytes de la Lande humide et des phanérophyles (Sauls et Bouleaux en milieu forestier).

Cette colonisation dépend du profil transversal de la mardelle et de la fraction d'eaux de ruissellement recueillies : une pente douce sera favorable à l'intrusion d'espèces de la lande et à un plus grand nombre d'anneaux de végétation ; si une mardelle recueille beaucoup d'eaux de ruissellement (mardelles en lignes) venant de la lande ou de pinèdes, ses eaux pourront être franchement acides et occupées par un *Sphagnetum* (ainsi les mardelles situées dans les Pins et bordant l'Est du Chemin rural n° 2 dans la parcelle de la Sablonnière dans les Landes de Cravant).

Mais la colonisation dépend en grande partie du hasard dans la distribution des graines par le vent, les eaux, les oiseaux et en particulier les Anatides. Les mardelles des grandes landes, en particulier celles pourvues d'une roselière sont des lieux de nichage habituels des Canards colvert et des Sarcelles d'hiver, mais toutes sont visitées par une abondante ornithofaune de passage.

Ainsi parmi toutes les graines laissées dans une mardelle apparaît parfois celle d'une plante qui va concurrencer toutes les autres parce qu'elle se trouve mieux adaptée aux conditions particulières de la mardelle. Ainsi peut-on s'expliquer la richesse et la variété floristique de certaines mardelles dans un secteur où la majorité d'entre elle a une flore banale et le fait que certaines soient entièrement occupées par une seule espèce. C'est le cas pour :

- *Agrostis canina* qui se partage parfois les rives, dans les mardelles susceptibles de s'assécher, avec des *Sphagnum* de la section *Subsecunda* (en général *Sphagnum inundatum*),

Figure n° 4 : Le Marchais Gresle (Forêt de Millly-le-Meungon)

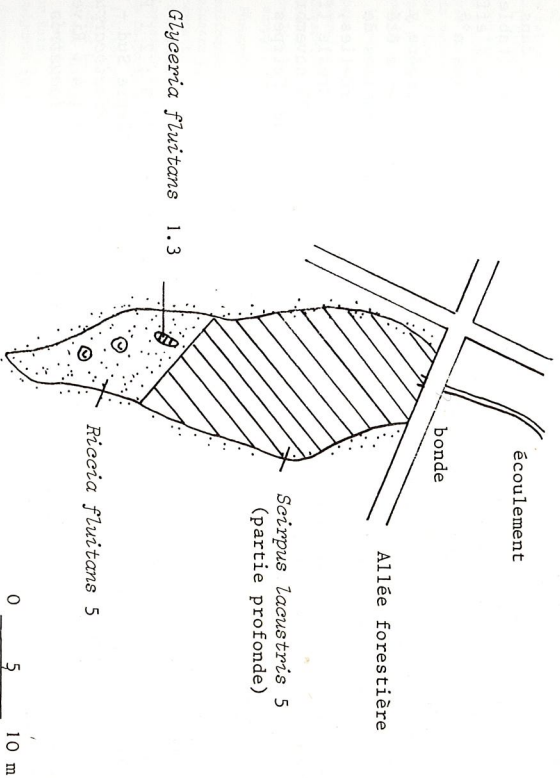
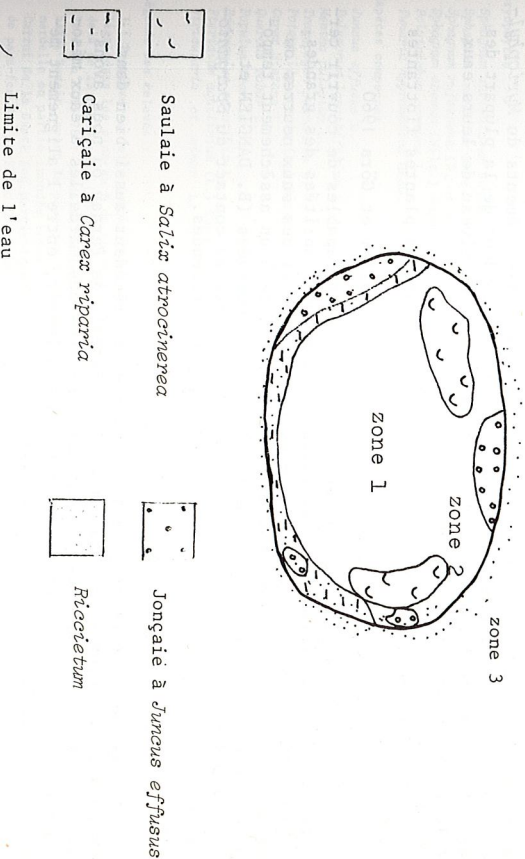


Figure n° 5 : Etang de La Pierre qui Vire (Est de la D. 213 à 3 km au SSE de Millly)



- *Cladium mariscus* colonisant, à notre connaissance, une seule mar-
delle dans les Landes de Cravant (elle est maintenant détruite) avec une do-
minance de 4,

- *Scirpus lacustris*, espèce qui se rencontre aussi bien dans des
mardelles asséchées l'été où elle peut n'être qu'un petit nombre (tableau
n° 2), que dans des mardelles toujours plus ou moins en eau. Elle s'efface
devant *Typha* dans les mardelles trop eutrophisées (cf. les relevés n°s 1 et
2) et elle est absente des *Sphagnetum*.

Rare dans les mardelles de Cravant (tableau 2), l'espèce y colo-
nise néanmoins toute une mardelle du Petit Eplin (ce *Scirpsetum* a été pro-
visoirement détruite par les travaux). Fréquent dans les mardelles de la
Forêt de Millly, l'espèce y colonise intégralement certaines mardelles, ou la
partie profonde de certaines d'entre elles, comme le Marchais Gresle (figure
4) qui est pourtant demeuré asséché tout l'été 1978 jusqu'au 23 novembre. On
peut y voir un peuplement très dense et impénétrable de grands Scirpes à moi-
tié couchés.

Relevé n° 3 : Le Marchais Gresle

(dimension 80 x 20 m ; rebord de 0,50 m)

1 : Bords vaseux asséchés - *Ricciocarpos natans* (L.) Corda 5 ; 2 : Partie
centrale et septentrionale - *Scirpus lacustris* L. 5 ; 3 : Partie Sud - *Salix
arbuscula* Brot. 2,3, *Glyceria fluitans* (L.) R. Brown 1,3, *Ricciocarpos na-
tans* (L.) Corda 5, *Aerocladium cuspidatum* (Hedw.) Lindb. 1,3 ; 4 : Rives -
Noltea caerulea (L.) Moench 4, *Juncus effusus* L. 2, *Scirpus lacustris* L. 1,
Erica scoparia L. 2, *Calluna vulgaris* (L.) Hall 1 +.

Une telle Scirpaie suppose une eau méso-oligotrophe à mésotrophe et un
écoulement fréquent, faute de quoi le milieu s'eutrophiserait rapidement.

2) Les groupements aquatiques

Ils sont essentiellement représentés par des hydrophytes nageantes, la
rareté des hydrophytes enracinées (essentiellement des éléments du *Najasplax*
Letum verticillatv) s'expliquant par la faible profondeur de la plupart des
mardelles et surtout par les nombreuses variations du niveau de leurs eaux
et le risque fréquent d'assèchement.

a) On peut d'abord distinguer deux groupements de plantes flottantes
libres :

- Le *Lemnetum minoris* (Oberd. 1957) Th. Müller et Görs 1960

Il s'agit de peuplements denses à *Lemna minor* capables de couvrir cer-
taines mares ou de former des ceintures sur les zones abritées des grandes.
Ce groupement souvent monospécifique occupe en général des eaux neutres ou
basiques peu profondes (moins d'un mètre) et résiste à un assèchement tempo-
raire. Il interdit le développement de espèces immergées (B. DANGLIEN et
J.-M. DECORNET, 1977, p. 57) et se trouve en général au contact du *Spartanio-
Glycerietum fluitantis* dans les parties les plus profondes.

- Le *Ricciétum fluitantis*

C'est un groupement plus fréquent que le précédent aussi bien dans
des mardelles à eaux eutrophes comme celle du Bois de Pernay où nous avons
réalisé une de nos analyses polliniques, que dans des mardelles à eaux méso-
trophes comme la grande mardelle située à Continvoir, entre l'alignement mé-
galithique des Trois Chiens et la route.

TABLEAU n° 2

Nombre d'espèces	Surface en m ²	Numéros des relevés											
			11	9	17	14	11	11	14	20	18	19	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	P
Espèces de l'Herodacteo-Sphagnetum													
<i>Agrostis canina</i> (L.) Moench	+	4	2	3	3	1-2	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Hypochaeris glabra</i> L.	+	1	+	+	2	2	2	2	+	+	+	+	III
<i>Hypochaeris vulgaris</i> L.	+	1	+	2	2	2	2	2	+	+	+	+	III
<i>Eleocharis multicaulis</i> Sm.						2	2	2	+	+	+	+	III
<i>Ranunculus flammula</i> L.						2	2	2	+	+	+	+	III
<i>Potamogeton polygamoifolius</i> Pourr.						1-2	1-3	1-3	1	1	1	1	III
<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh.													I
Espèces de l'Eriocetum tetractris													
<i>Salix repens</i> L. subsp. <i>repens</i>		1	+2	2	2-2	1	1	1	1	1	1	1	IV
<i>Noltea caerulea</i> (L.) Moench					4	4	4	4	2	2	2	2	IV
<i>Cirsium discoloratum</i> (L.) Hill					+	+	+	+	+	+	+	+	III
<i>Erica tetractris</i> L.					2-2	1-2	1-2	1-2	1	1	1	1	III
<i>Gentiana anglica</i> L.						1	1	1					III
<i>Polygala serpyllifolia</i> Hase									+2				I
Espèces de l'Eriogonitum													
<i>Lupinus sativus</i> L.	+		1	+	+	1	2	+	+	+	+	+	IV
<i>Gallium palustre</i> L.				+2	1-3	+	+	+	+	+	+	+	II
<i>Salix cinerea</i> L.				3									II
<i>Phalaris arundinacea</i> (L.) Moench	1-2												I
<i>Scirpus lacustris</i> (L.)	1-2												I
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	1-2												I
Espèces de l'Ulcat minoris-Scoparietum													
<i>Erica scoparia</i> L.		(2)			+	+	1	+	+	+	+	+	III
<i>Encyphora alpina</i> Müller					+	+	+	+	+	+	+	+	III
<i>Sisymbrium plantaginifolia</i> (L.) C.C.									1	+2			III
<i>Ulex minor</i> Roth													III
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hill													I
Espèces de l'Scorzonero-Eriocetum ciliatris													
<i>Erica ciliatris</i> L.					+								I
<i>Carex verticillata</i> (L.) Koch													I
<i>Gentiana pneumonanthe</i> L.													I
<i>Scorzonera humilis</i> L.													I
Espèces de l'Berulo-Sphagnetum													
<i>Berula pinnatifida</i> Roth	1-2	2	2	2					1(pl.)		1-2		III
<i>Berula pinnatifida</i> Ehrh.		+								+2			I
<i>Carex hirsuta</i> Sm.													I
Bryophytes													
<i>Sphagnum cariculatum</i> Schimp.	+	1	2-3						+2				III
<i>Sphagnum arifolium</i> Russ.		1-3											I
<i>Sphagnum rigescens</i> (N.) et H.) Warnst.													I
<i>Sphagnum obtusum</i> (Willd.) Warnst.													I
<i>Polypodium commune</i> L.													I
<i>Funaria hygrometrica</i> Hedw.	+2												I
Espèces compagnes													
<i>Juncus effusus</i> L.	2												2,3
<i>Polygonum lapathifolium</i> L.	2												2,3
<i>Mercurialis perennis</i> L.													I
<i>Tragopogon pratensis</i> L.													I
<i>Portulaca oleracea</i> (L.) Rons.													I
<i>Carex distans</i> L.													I
<i>Carex rostrata</i> L.													I
<i>Populus tremula</i> L.													I
<i>Ranunculus aquatilis</i> L.													I
<i>Fragaria vesca</i> (L.) Kuhn.													I
<i>Utricularia aquatilis</i> (L.) Kuhn.													I
<i>Utricularia</i> cf. <i>minor</i> L.													I

Légende des relevés :

1 : Première mardelle (sèche) en jasse dans les pins au N du Carrefour Mathé ; 2 : Seconde mardelle (sèche) en
jasse dans les pins au N du Carrefour Mathé ; 3 : Mardelle (sèche) à l'Est de la première ; 4 : Mardelle au-
delà de la précédente (sèche) ; 5 : Troisième mardelle en jasse (sèche) au-delà de celle du relevé n° 2 ; 6 :
Relié n° 015778 : mardelle se trouvant au Sud du chemin rural n° 53 et au Sud de la limite communale Cravant -
Saint-Benoît, avant le pare-feu V (mardelle en partie inondée) ; zone mise en protection ; 7 : Relevé n° 025778 :
mardelle en partie inondée voisine de la précédente ; 8 : Relevé n° 130578 : petite mardelle ronde au SSE du
Carroi de la Basse (en partie inondée) ; 9 : Relevé n° 0131578 A : mardelle à proximité de la partie occidentale
de par-feu VI, au SE du Grand-Eplin (en partie inondée) ; 10 : Relevé n° 0131578 B : id., périphérie non inondée.

Dans la première, il forme une couverture totale, dans la seconde le groupement est associé au précédent sous forme d'un anneau d'une quarantaine de centimètres de large. Cette association est parfois relayée dans des milieux chimiquement comparables par un groupement à *Ricciocarpos natans* (cf. relevé n° 3).

On sait que la forme terrestre est charnue et plus large alors que la forme flottante a un thalle allongé et plus divisé. L'écran du *Ricciocarpus* est rarement aussi dense que celui du *Lemnetum* et il est rarement monospécifique. *Riccia* voisine par exemple avec des Callitriches, comme le montre le relevé du Marchais Croulay.

Relevé n° 4 : Le Marchais Croulay (Forêt de Millly)
mardelle remaniée (100 x 30 m)

Riccia fluitans L. forma *fluitans* 4, *Scirpus fluitans* L. 3.3, *Callitriche* sp. 2.3, *Juncus effusus* L. 4, *Galium palustre* L. 2 (couronne externe).

Relevé n° 5 : Etang de la Pierre qui vire (SSE de Millly)

Mardelle ellipsoïdale (L = 40 m, l = 25 m) à assèchement estival partiel sur pseudogley acide (limons des plateaux) ; rebord avec pente de 35° = 1,30 m de dénivellation. Profondeur totale en période de crue = 2 m.

Zone 1 : eau libre avec ceinture fragmentaire de *Salix atrocinerea* Brot.
2.3 ; Zone 2 : ceinture de 2 m de large - *Carex riparia* Curt. 3.2, *Juncus effusus* L. 2.3, *Solanum dulcamara* L. 1, *Lycopus europaeus* L. +, *Riccia fluitans* L. forma *fluitans* 3 ; Zone 3 : *Riccia fluitans* L. forma *fluitans* 5, *Polytrichum commune* Hedw. 1.3, *Glycyrrhiza plicata* Fries 1.2, *Agrostis canina* L., *Molinia caerulea* (L.) Moench 1, *Populus alba* (Mill.) Smith +, *Fragula alba* + ; Zone 4 : ourlet d'ajoncs, de Callune séparant la mardelle des lours et d'une lande enrésinée à *Erica scoparia*.

b) Signalons comme tout à fait exceptionnels les groupements de plantes flottantes non libres, c'est-à-dire les groupements du radeau à Sphaignes (40 cm d'épaisseur) de la mardelle du Tremblay (3 m de profondeur). Nous avons longuement étudié ce cas unique en Touraine (BAILLY, COUDERC, DENELLE, REGRAIN, 1975, p. 83 et 84 et tableau 1 en particulier) et d'autant plus étonnant que ce radeau se développe sur une mardelle dont le fond est marneux. Il s'agit là d'un véritable "cremlant" dont la partie centrale est composée d'un *Tetraliceto-Sphagnetum* Lemée 1937 (*Tetraliceto-Sphagnetum subnitentis* essentiellement et *Tetraliceto-Sphagnetum fimbriatæ* dans les zones humides du lagg).

On y trouve de larges plages à *Eleocharis multicaulis* et *Eriophorum gracile* qui correspondent peut-être à des stades de reconquête de trouées artificielles ou accidentelles du radeau de Sphaignes. Les espèces caractéristiques du *Tetraliceto-Sphagnetum subnitentis* sont : *Sphagnum subnitens* Russ. et Arnst. 4.4, *Eriophorum angustifolium* Honk. 2.1, *Calluna vulgaris* (L.) Hull 2.2, *Erica tetralix* L. 2.1, *Sphagnum fimbriatum* Mils. 1.4, *Sphagnum palustre* L. 1.4, *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwaegr. + 4, *Pohlia tyronensis* Coud. et Guedes + 3 (1).

3) Les groupements semi-aquatiques

Les groupements à hélophytes sont les plus nombreux ; ils se répartissent en fonction du caractère de l'exondation estivale :

(1) J.-M. COUDERC et M. GUEDES : *Pohlia tyronensis* Coud. et Guedes. *Feddes Repertorium* 87, 7-8, 479-481. Berlin, 1976.

- totale ou non
- partielle ou très marquée

Nous mettrons à part les groupements acidophiles se rattachant par leurs espèces aux groupements de lande humide (cf. tableau 2).

En partant des groupements des mardelles qui s'exondent le moins et en allant vers les groupements des mardelles qui peuvent être totalement asséchés pendant une assez longue période, nous citerons les groupements suivants :

- Le *Scirpo-Phragmitetum* W. Koch 1926

Il colonise les vases non eutrophes et qui conservent en principe de l'eau en profondeur en période de sécheresse. Dans les mardelles que nous avons étudiées, il convient de distinguer deux faciès :

• Le *Scirpetum lacustris* (voir le relevé du Marchais Gresle) dans les mardelles à eaux mésotrophes et renouvelées,

• Le *Phragmitetum australis* qui n'est en principe bien développé que là où l'assèchement des racines n'est pas total. C'est le cas pour la grande mardelle du Petit-Épiau (landes de Cravan) dont la surface dépasse 1 ha et qui est bordée d'une Phragmitaie très homogène abritant une avifaune abondante.

- Le *Spargano-Glycyrrhetum fluitantis* Br.-Bl. 1925

Ce groupement est représenté par *Glycyrrhiza fluitans*, parfois par *Glycyrrhiza plicata* (cf. le relevé n° 5) ; nous n'avons rencontré que rarement *Sparganum erectum* L.

C'est sans doute le groupement le plus difficile à situer écologiquement. Il se rencontre dans des eaux neutres et lorsqu'on rencontre *Glycyrrhiza fluitans* ou *plicata* dans des mardelles environnées de landes, c'est l'indice, comme la présence de *Riccia fluitans*, d'eaux mésotrophes ou à tendance eutrophe. On rencontre en général ce groupement comme première ceinture de végétation en allant de l'eau libre vers l'extérieur, dans les mardelles dont le niveau peut s'abaisser d'une cinquantaine de centimètres ; il arrive cependant qu'on rencontre *Glycyrrhiza* sp. dans des mardelles à sec et qu'elle soit apparemment capable de franchir sans difficultés la période d'exondation (cf. le relevé n° 3).

- Le *Typhnetum latifoliae* Soó 1927

On trouve dans ce groupement de nombreuses formes de relais avec les groupements précédents ; il caractérise les vases épaisses supportant une assez longue exondation le cas échéant.

- L'*Hottonietum palustris* Tuxen 1937

Il est présent dans un petit nombre de mardelles (en particulier dans le Bois de Bernay) qui réunissent à la fois les caractéristiques suivantes :

- assez grande profondeur,
- eaux non acides, mésotrophes ou eutrophes,
- variations de niveau modérées.

Hottonia qui supporte une période d'assèchement fleurit en mai suivie de près par la Renoucle aquatique qui ourle le bord des mardelles.

- Le *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931

Ce groupement n'est jamais abondamment représenté mais il apparaît en fragments au sein des précédents dans les mardelles des landes car *Phalaris*

DARLEY, J. et LACROUZADE, M., 1971. - Etude phytosociologique des marais du plateau landais. I - Les groupements turficoles de la région daquoise. *Le Botériste*, LIV, fasc. I-VI, 91-108, 2 fig.

DEWIT VAN STYVANDAEL-TARDIVO, B. et MOREAU, C., 1976. - Typologie des depressions fermées de la région de Cravant. Etude géomorphologique et botanique. *Mémoire de C2 roméot, Institut de Géographie de Louvain*, 26 p., Fig., cartes.

DEWIT VAN STYVANDAEL-TARDIVO, B. et MOREAU, C., 1978. - Discussion sur les depressions fermées situées dans les landes de Cravant, 8 p., roméot. 1 carte, 5 fig. A paraître dans le *Bulletin des Naturalistes orléanais*.

DION, R., 1952. - Les terrasses de la vallée de l'Indre, de Mers-sur-Indre à Reignac. Diplôme d'Etudes supérieures de géographie physique. Institut de Géographie, Strasbourg.

DYLIK, J., 1964. - Thermokarst, phénomène négligé dans les études du Pleistocène. *Annales de Géographie*, n° 399, LXXIII, 513-523.

LUNDQVIST, J., 1969. - Earth and ice mounds : a terminological discussion in PEME (T.L.) : The Periglacial environment. Mac Gill, Queen's University Press. Montréal, 203-215.

PISSARTI, A., 1974. - Les viviers des Hautes-Fagnes sont des traces de buttes périglaciaires mais s'agissait-il réellement de pingos ? *Annales Soc. Géol. Belgique*, 97, 341-358, 8 fig., 1 tabl., 1 fig. h.t.

PLANCHAIS, N., 1966. - Analyses polliniques en Forêt de Prémeury (Nièvre). *Bull. Assoc. fr. Etude Quat.*, n° 8, 180-190, 5 fig., 1 pl.

RAILLON, J.-B., 1968. - The ecology of palsa bogs, with special reference to the development and collapse of palsa mounds. Toronto, University of Toronto, Master Degree (Thesis), 89 p.

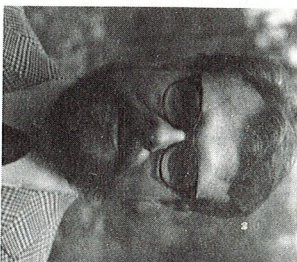
WATSON, E., 1975. - Remains of pingos in the British isles. *Colloque de Géomorphologie périglaciaire*. Station scientifique des Hautes-Fagnes. Université de Liège, 10-15.

Colloques phytosociologiques	VII	Sols tourbeux	Lille 1978
------------------------------	-----	---------------	------------

ECOLOGICAL AND FLORISTIC TRENDS IN OMBROTROPHIC PEAT BOGS
OF EASTERN NORTH AMERICA

per Antoni W.H. DAMMAN

Ecology Section
Biological Sciences Group
University of Connecticut
Storrs, Connecticut 06268
U.S.A.



ABSTRACT

Three major structural and floristic vegetation units can be recognized in all ombrotrophic bogs : 1) mud bottoms and soft carpet communities in the hollows, 2) dwarf shrub heath dominated hummocks, and 3) lawn and solid carpet communities occupying an intermediate position.

Bog hydrology determines their relative abundance within a peat bog. Dwarf shrub heaths predominate in the southern and inland raised bogs whereas mud bottoms and lawn communities make up most of the central bog plain in northern, and especially oceanic, areas.

Geographical changes in floristic composition are of two types : 1) major floristic shifts involving also the dominant species, and thus changing the physiognomy of the vegetation, and 2) the gradual disappearance and appearance of species which do not affect the overall floristic composition.

Vicarious associations were recognized within each of the major structural vegetation units, except the mud bottoms, on the basis of the first type of difference. Regional changes of the second type occur within most of these associations. A coastal zone with more nutrient-demanding species on the ombrotrophic bog surface is delineated. Floristic shifts along east-west and south-north gradients are discussed ; the latter is especially clearly expressed in the wind-exposed dwarf shrub heath vegetation of coastal bogs.