Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 63 (1938)

Artikel: Les relations entre le pH et la végétation dans les tourbières
Autor: Ischer, Adolphe
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88742

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LES RELATIONS ENTRE LE pH
ET LA
VÉGÉTATION DANS LES TOURBIÈRES

par

ADOLPHE ISCHER
Dr ès sciences

AVEC 3 FIGURES DANS LE TEXTE

Introduction.

Les travaux de Sörensen (**9**) et de ses successeurs ont remis en discussion la question des relations entre la végétation et le sol. Grâce à la détermination de la concentration en ions hydrogène des sols, ces relations sont actuellement étudiées avec plus de profit qu'autrefois. Tout un champ de recherches, qui n'a guère été exploré chez nous que par F. Chodat (**2, 3**), est ouvert aux botanistes.

En particulier la comparaison entre les florules des différentes localités d'une association végétale typique et les concentrations respectives de leurs sols en ions hydrogène pouvait donner des résultats intéressants. C'est l'étude que nous avons tentée pour le Bois des Lattes, tourbière typique du Haut-Jura neuchâtelois.

Ce travail s'est fait de la façon suivante:

1) Calcul de la concentration en ions hydrogène des sols d'une douzaine de points alignés grossièrement du centre de la tourbière à sa périphérie.

2) Relevé exact de la flore (phanérogames, sphaignes, mousses, lichens) de ces différentes localités.

3) Recherche des relations qui existent entre l'acidité des terrains et la végétation.

La détermination de la concentration en ions hydrogène des sols s'est opérée par la méthode électrométrique, en juillet 1936; les étés 1936 et 1937 ont été consacrés à l'étude de la végétation, et l'hiver 1937-1938 à la détermination des sphaignes et des mousses récoltées.

M. le Dr Ch. Godet a aimablement mis à notre disposition le laboratoire de la Station d'essais viticoles à Auvernier; il nous a initié à la recherche électrométrique du pH et nous a donné de nombreux renseignements théoriques. Qu'il trouve ici l'expression de notre reconnaissance.

M. le Dr Ch. Meylan, bryologue à Sainte-Croix, a bien voulu revoir nos déterminations de mousses, de lichens et de sphaignes par une visite des diverses localités de prélèvement. Nous le remercions vivement pour le grand service qu'il nous a ainsi rendu.

M. le professeur H. Spinner, enfin, sans prendre part aux recherches de son élève, les a suivies avec bienveillance; nous lui devons d'utiles indications bibliographiques et nous l'en remercions sincèrement.

La notion de concentration en ions hydrogène.

Nous devons à l'obligeance de M. le professeur A. Berthoud les considérations qui suivent et qui permettront aux lecteurs du *Bulletin* de se familiariser avec une notion qui n'est exposée en français que dans quelques ouvrages spéciaux **(12)**.

D'après l'hypothèse d'Arrhenius, émise en 1887 et aujourd'hui universellement admise, les électrolytes (acides, bases ou sels) en solution sont, au moins partiellement, dissociés en leurs ions, c'est-à-dire en atomes ou groupes d'atomes chargés d'électricité. Un acide fort (ClH, NO_3H, etc.) en solution diluée ou moyennement concentrée est presque totalement dissocié, tandis qu'un acide faible ne l'est que faiblement. Son degré de dissociation croît avec la dilution.

Une solution d'un acide contient donc toujours des ions $H^{\cdot}$ et les propriétés caractéristiques des acides (par exemple leur action sur les indicateurs) sont dues à ces ions. Si on a affaire à un acide faible, incomplètement dissocié, il faut ainsi distinguer l'*acidité actuelle* qui dépend de la concentration des ions $H^{\cdot}$ et l'*acidité potentielle* qu'on détermine par titrage et qui correspond à la totalité de l'acide présent, dissocié ou non dissocié. En biologie, c'est l'acidité actuelle qui est importante.

La concentration des ions $H^{\cdot}$ et celle des ions OH' qu'on représente par les symboles [$H^{\cdot}$] ou [OH'] s'expriment ordinairement en ions-grammes par litre. On sait que l'ion-gramme $H^{\cdot}$ pèse 1 gr. et l'ion-gramme OH', 17 gr.

L'eau est faiblement dissociée en ses deux ions $H^{\cdot}$ et OH'. Dans l'eau pure, les concentrations de ces deux ions sont naturellement égales. On peut les faire varier en ajoutant à l'eau un

acide ou une base. D'après la loi d'action de masse, on a toujours, si les concentrations ioniques sont faibles, la relation:

$$\frac{[H^{\cdot}]\ [OH']}{[H_2O]} = K$$

où K est une constante. Si on ne considère que des solutions diluées, la concentration de l'eau est pratiquement constante. La relation précédente se simplifie donc et devient:

$$[H^{\cdot}]\ [OH'] = K_{eau}$$

La constante K_{eau} est très faible. Elle croît avec la température. Des mesures de la conductibilité électrique de l'eau purifiée avec le plus grand soin ont montré qu'à 22° les concentrations des ions $H^{\cdot}$ et OH' sont égales chacune à 10^{-7} ion-gr./litre[1]. K_{eau} est donc égal à 10^{-14}.

Par définition, une solution est neutre quand les concentrations $[H^{\cdot}]$ et [OH'] sont égales. Si, à de l'eau ou à une solution, on ajoute un acide qui rend la concentration des ions $H^{\cdot}$ *n* fois plus grande, celle des ions OH' devient *n* fois plus faible, puisque $[H^{\cdot}]$ [OH'] est constant. L'inverse a lieu si on ajoute une base. Ainsi, à 22°,

une solution est neutre si $[H^{\cdot}] = [OH']$
elle est acide si $[H^{\cdot}] > 10^{-7}$ et $[OH'] < 10^{-7}$
elle est alcaline si $[H^{\cdot}] < 10^{-7}$ et $[OH'] > 10^{-7}$

L'acidité réelle d'une solution est souvent exprimée par le logarithme de la concentration des ions $H^{\cdot}$ changé de signe et qu'on désigne par le symbole pH.[2] On a donc:

$$pH = -\log.\ [H^{\cdot}].$$

Si, par exemple, la concentration des ions $H^{\cdot}$ est égale à 10^{-4} ou 0,0001 ion-gr./litre, le pH est égal à 4. On voit que l'acidité croît quand le pH diminue et que, si ce dernier croît d'une unité, la concentration des ions $H^{\cdot}$ devient 10 fois plus faible. Enfin il résulte de ce qui précède qu'une solution (à 22°) est neutre si son pH = 7, qu'elle est acide si son pH < 7 et alcaline si son pH > 7.

En créant les méthodes électrométriques et colorimétriques de la détermination des concentrations en ions hydrogène, Sörensen a permis aux chercheurs la vérification expérimentale de l'acidité actuelle. Après lui, Michaelis et d'autres ont fait de ces méthodes des instruments de travail pratiques et maintenant très employés.

*
* *

[1] Un litre contenant 55,5 mol.-gr. d'eau, il n'y a donc qu'une molécule d'eau dissociée sur 555 000 000.

[2] Qu'on devrait écrire p_H; la notation pH, plus simple typographiquement, a prévalu.

Il est indéniable que l'acidité actuelle (pH) du milieu influence les échanges chimiques de la plante. Nous devons à Arrhenius **(1)** et à Olsen **(8)** de nombreuses observations concernant la croissance des végétaux dans des milieux naturels ou de culture de pH différents.

F. Chodat (*op. cit.*) montre que les manifestations élémentaires de la vie peuvent se ramener aux problèmes suivants:

1) Action de ferments;
2) Perméabilité des membranes protoplasmiques;
3) Changements dans l'état colloïdal des matières protéiques.

L'action des ferments, les lois de l'osmose et les propriétés des colloïdes sont en relations directes avec le pH du milieu. A ce propos, Chodat note que la vie des tissus s'accommode en général de milieux qui sont acides par rapport à la neutralité de l'eau. Cette constatation oblige l'esprit à se déshabituer des notions d'acidité et d'alcalinité relatives au pH = 7. Telle solution acide, de pH = 5,6 par exemple, se comportera comme une base à l'égard d'un colloïde dont le point isoélectrique serait de pH = 4,8.

Pour terminer cette introduction, disons quelques mots de l'importance qu'a la notion du pH pour la sociologie végétale.

Dans la seconde moitié du siècle passé, toute une école de botanistes, à la suite de Thurmann, attribuait, pour la répartition des plantes, une influence prépondérante à la physique des sols. Par contre, de nombreux autres botanistes mettaient en relief l'importance de la nature chimique des sols. De cette époque date la notion de plantes calcicoles et de plantes silicicoles. Depuis l'introduction de la notion de concentration en ions hydrogène du milieu, les termes de basicité et d'acidité ont remplacé les termes de calciphilie et de siliciphilie. D'ailleurs ces termes sont assez souvent synonymes, les terrains calcaires étant moins acides que les terrains siliceux.

Comme l'état physique du terrain agit sur l'acidité (humidité plus ou moins grande due à la perméabilité), cet état physique ne peut plus être négligé; les idées, longtemps oubliées, de Thurmann, ont porté leurs fruits. Et la plupart des études pédologiques modernes mentionnent la composition chimique du sol, le pH du sol, sa teneur en eau, en air et son analyse mécanique (grosseur des particules). C'est de cette façon complète que sont rédigées actuellement les belles cartes pédologiques des provinces italiennes; c'est également à la lumière de ces différents facteurs que F. Chodat et P. Anand **(3)** viennent d'étudier les Rochers de Raveyres (Bourg-Saint-Pierre).

Nos recherches se bornent aux relations entre le pH et la couverture végétale des divers points de l'association tourbière.

Nous n'avons pas tenu compte des autres données énumérées plus haut. Mais nous avons tenu à les signaler, à marquer ainsi la complexité des relations entre le sol et les plantes. Cette complexité rend délicates les conclusions d'études telles que celle-ci.

DÉTERMINATION DU pH DES TERRES

Les lieux de prélèvement se succèdent du centre de la tourbière (I) à la berge du Petit Bied (XII), sur une distance d'environ 300 mètres (fig. 1).

Après dessication assez poussée, les échantillons sont soumis à l'analyse. Nous avions opté pour la méthode électrométrique de recherche du pH, de façon à obtenir l'acidité actuelle avec deux décimales. Nous verrons, plus loin, pourquoi il a fallu laisser de côté cette deuxième décimale.

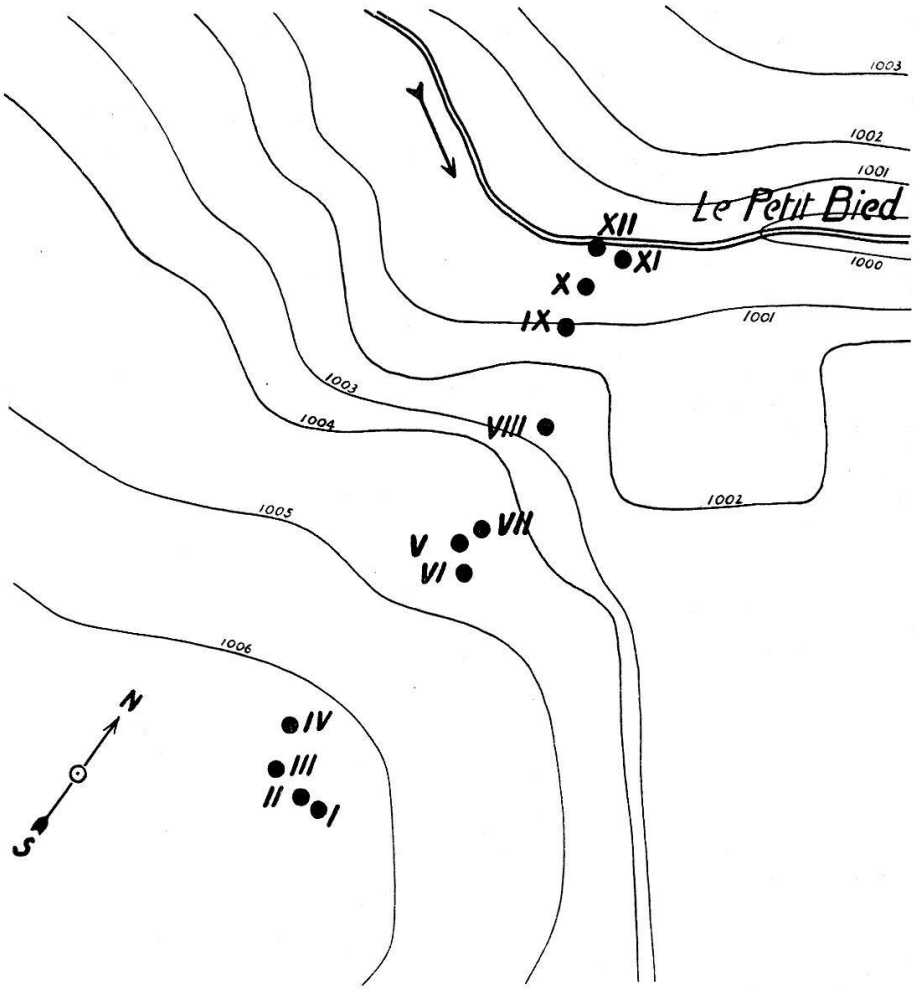

Fig. 1. Plan de situation des localités de prélèvement.
Echelle approximative 1 : 4500.

Les analyses ont été faites au laboratoire de la Station d'essais viticoles, à Auvernier, avec l'appareillage ingénieux, mais délicat, que M. le Dr Ch. Godet a, d'après le schéma de Michaelis (7), installé à la Station et qu'il a obligeamment mis à notre disposition. Il existe actuellement sur le marché des appareils portatifs beaucoup plus simples pour la recherche électrométrique du pH; aussi nous ne nous attarderons pas à décrire l'appareillage classique de Michaelis. En voici le principe:

Quand un fil de platine, couvert de noir de platine, est plongé dans une solution acide, neutre ou alcaline, et que celle-ci est saturée d'hydrogène, il y aura, entre le platine immergé et la solution, une différence de potentiel dont la grandeur est fonction de la concentration en ions hydrogène de la solution considérée. Cette différence de potentiel, très faible, se mesure en déplaçant les bornes d'un pont ohmique établi en circuit parallèle à celui de l'électrode.

L'appareillage de Michaelis ne donne pas des résultats très sûrs pour les terres, en général peu humifiées, du marais bombé. Le gonflement des tissus sphagniques dans l'eau de l'électrode rend difficile l'introduction de la bulle d'hydrogène. De plus, l'élimination de l'air de telles terres n'est pas complète; de par leur structure anatomique, les feuilles et les débris de tiges des sphaignes peu humifiées retiennent d'innombrables bulles d'air minuscules qui faussent les résultats. C'est pourquoi les analyses de contrôle marquent des différences de pH qui vont jusqu'à 0,15, de sorte que la deuxième décimale est souvent fausse; nous n'en avons pas tenu compte.

Les prélèvements I à XII étant situés à peu près sur une ligne centrifuge, les analyses de surface ou de subsurface devraient donner, d'après ce qu'on sait du chimisme des terrains tourbeux, des acidités actuelles décroissant (donc des pH croissant) du centre de la tourbière à sa périphérie. Nous verrons plus loin que la présence d'une forêt sur le marais a masqué cette décroissance de l'acidité du milieu au bord du marais bombé.

Voici le tableau des prélèvements et les résultats des dosages d'acidité actuelle:

Prélèv.	Prof. en cm.	Assoc. végét.	Endroit précis du prélèvement	Apparence des terres	pH
I a	5	*Sphagnetum*	Racines de *Calluna*	Sphag. décomposé	3,8
I b	20	*Sphagnetum*	dans le Sphagn.	Sphag. décomposé	3,8
II	20	*Sphagnetum*	*Sphag. fuscum*	Sphag. peu décomposé	4,3
III	5	*Sphagnetum*	Racines de *Pinus Mugo*	Très humifié	3,8
IV	0	*Sphagnetum*	Stérile : *Cladonia*	Sphag. décomposé	3,9
V	0	*Pinetum*	Bord d'un coussin de *Sphag. ac.*	Très humifié	3,3
VI	5	*Pinetum*	*Pleur. Schreberi*	Très humifié	3,8
VII a	10	*Pinetum*	Coussin de *Sphag. acutifolium*	Sphag. peu décomposé	4,0
VII b	25	*Pinetum*	idem	Sphag. décomposé	3,5
VII c	40	*Pinetum*	idem	Sphag. décomposé	3,1
VIII a	5	*Vaccinieto-Pinetum*	*Hyloc. splend.*	Très humifié	3,8
VIII b	30	*Vaccinieto-Pinetum*	Terre noire	Très humifié	3,5
IX a	10	« Lagg »	*Erioph. vag.* et *Sphag. recurv.*	Sphag. décomposé	4,1
IX b	20	« Lagg »	*Sphag. recurv.*	Sphag. décomposé	4,6
IX c	30	« Lagg »	*Sphagnum*	Sphag. très décomposé	4,9
X	5	*Macrocaricetum*	*Sphagn. rec.* inondé et *Menyanthes*	Sphag. peu décomposé	4,9
XI	5	Pré	sous graminées	Humifié	4,5
XII	0	Berge	stérile	Très humifié	5,5

LA FLORE DE SURFACE

Les relations entre le pH et la végétation ne peuvent être précisées que si les florules exactes, de chaque endroit dont le pH est connu, sont relevées en détail. Pour préciser ces relations, nous avons dressé les listes spécifiques qui vont suivre. Mis à part les renseignements que ces listes fourniront pour la présente étude, elles constitueront une contribution nouvelle à la sociologie végétale du marais bombé.

Prélèvements I et II.

Calluneto-Sphagnetum. — Partout, dans les bultes, les touffes de *Calluna vulgaris* percent le Sphagnum. Le Sphagnum est limité aux bultes; les dépressions (kolks), plus acides, n'en ont pas.

STRATE ARBORESCENTE

Pinus Mugo, en exemplaires chétifs, à quelques mètres.

STRATE HERBACÉE

Calluna vulgaris[1]	5	*Oxycoccus quadripetalus.* .	×
Eriophorum vaginatum . .	2	*Vaccinium uliginosum.* . .	×
Drosera rotundifolia . . .	1		

STRATE MUSCINALE

Sphagnum fuscum (tr. ab.)	*Sphagnum magellanicum*
Sphagnum acutifolium (ab.)	*Sphagnum rubellum* (rare)
Pleurosium Schreberi	*Aulacomnium palustre* (ab.)
Cladonia silvatica	*Cladonia pleurota*
Cladonia rangiferina	*Cladonia coccifera*

Le prélèvement I (kolk) est très acide (pH = 3,8). Le prélèvement II (bulte) montre une acidité très forte encore, mais plus faible que celle de tous les autres prélèvements opérés sur la tourbière proprement dite (pH = 4,3).

Prélèvement III.

Vaccinieto-Sphagnetum. — C'est une dépression; sphaignes surtout dans les bultes. pH de même valeur que pour le prélèvement I (3,8), mais végétation phanérogamique assez différente où dominent les Vaccinium. *Vaccinium Myrtillus* seulement à l'ombre du pin.

[1] Pour les coefficients d'abondance accompagnant les listes de phanérogames, voir (**6**) p. 111-112.

STRATE ARBORESCENTE

Pinus Mugo

STRATE HERBACÉE

Calluna vulgaris.	3	*Oxycoccus quadripetalus.* .	2
Vaccinium Myrtillus . . .	2	*Eriophorum vaginatum* . .	1
Vaccinium uliginosum . .	2	*Andromeda poliifolia* . . .	×

STRATE MUSCINALE

Sphagnum magellanicum (ab.)	*Sphagnum acutifolium*
Sphagnum fuscum (ab.)	*Sphagnum recurvum* var. *parvifolium*
Aulacomnium palustre (ab.)	*Pleurosium Schreberi* (ab.)
Dicranum Schraderi	
Cladonia silvatica	*Cladonia rangiferina*

Prélèvement IV.

Eriophoreto-Sphagnetum. — Sphaignes moins abondantes, rares même dans la dépression qui est presque stérile. Acidité très forte : pH = 3,9.

STRATE ARBORESCENTE

Pinus Mugo

STRATE HERBACÉE

Eriophorum vaginatum . .	4	*Vaccinium uliginosum.* . .	×
Calluna vulgaris.	2	*Andromeda poliifolia* . . .	×
Oxycoccus quadripetalus. .	1		

STRATE MUSCINALE

Sphagnum magellanicum (ab.)	*Sphagnum fuscum*
Sphagnum acutifolium (ab.)	*Sphagnum recurvum* var. *parvifolium*
Pleurosium Schreberi (ab.)	*Aulacomnium palustre* (kolk)
Polytrichum strictum (ab.)	*Dicranum palustre* (kolk)
Cladonia silvatica (très ab.)	*Cladonia rangiferina*
Cladonia pleurota	*Cetraria islandica*

Prélèvements V, VI et VII.

Pinetum. — Végétation phanérogamique discontinue dans le sous-bois clair. Le prélèvement V se trouve sur le bord stérile (pH = 3,3) d'un grand coussin de *Sphagnum acutifolium*; le prélèvement VI dans un parterre de mousses surombrées par les pins,

à 2 mètres au sud (pH = 3,8), et le prélèvement VII au centre du grand coussin (pH = 4).

L'acidité est presque aussi forte que dans le Sphagnetum (beaucoup plus forte même pour le prélèvement V); malgré cela les caractéristiques calcifuges que sont *Andromeda* et *Drosera* ont disparu; preuve manifeste que le facteur prépondérant pour l'établissement du tapis végétal n'est pas le pH. Les lois de succession des associations végétales régissent en premier lieu l'établissement des colonies de plantes.

STRATE ARBORESCENTE

Pinus Mugo

STRATE HERBACÉE

Vaccinium Myrtillus . . .	2	*Oxycoccus quadripetalus.* .	1
Calluna vulgaris.	1	*Vaccinium uliginosum* . .	×
Vaccinium Vitis-Idaea . .	1	*Listera cordata*	×

STRATE MUSCINALE

Sphagnum acutifolium (très abondant)-(VII)

Pleurosium Schreberi (ab.)-(VI) *Dicranum palustre*
Hylocomium splendens (ab.)-(VI) *Dicranum scoparium*
Dicranodontum longirostre

Cladonia rangiferina *Cladonia degenerans*

Remarques.

1) La stérilité complète du bord extraordinairement acide du coussin de *Sphagnum acutifolium* (pH = 3,3) est intéressante à constater.

2) Nous mesurons depuis une dizaine d'années l'accroissement de ce grand coussin de *Sphagnum acutifolium*, qui mesure 12 mètres de tour; or l'accroissement dudit coussin, tant en hauteur qu'en diamètre, n'est que de l'ordre de quelques centimètres pendant cette période; chiffre qui contredit l'idée très répandue de la croissance rapide du Sphagnum.

3) A noter la présence de la rare *Listera cordata.*

4) *Cladonia degenerans* est un lichen rare trouvé à cet endroit par M. le Dr Ch. Meylan.

Prélèvement VIII.

Vaccinieto-Pinetum. — Ce prélèvement est encore dans le bois. Parterre de mousses et de myrtilles reparues ici à cause de l'ombre. Sphaignes rares quoique le pH = 3,8 soit le même que dans les localités I, III, IV.

STRATE ARBORESCENTE

Pinus Mugo — *Betula pubescens*

STRATE HERBACÉE

Vaccinium Myrtillus	5	*Vaccinium uliginosum*	×
Vaccinium Vitis-Idaea	2	*Calluna vulgaris*	×

STRATE MUSCINALE

Sphagnum acutifolium (rare)

Hylocomium splendens (ab.) — *Dicranum scoparium*
Pleurosium Schreberi (ab.) — *Georgia pelucida*

Prélèvement IX.

« ***Lagg*** ». — Les auteurs nordiques ont donné ce nom à la dépression humide qui ceint de tous côtés un marais bombé. Cette localité IX a un pH = 4,1 moins acide que celles de la tourbière; dans la zone radiculaire des plantes, à 20 centimètres de profondeur, le pH est même de 4,6. L'influence du chimisme est ici très nette et la végétation est moins spéciale et plus variée.

STRATE ARBORESCENTE

Pinus Mugo

STRATE HERBACÉE

Eriophorum vaginatum	4	*Calluna vulgaris*	1
Comarum palustre	2	*Potentilla erecta*	×
Vaccinium Vitis-Idaea	2	*Carex echinata*	×
Equisetum palustre	1	*Carex Goodenowii*	×
Carex filiformis	1	*Oxycoccus quadripetalus*	×

STRATE MUSCINALE

Sphagnum recurvum (très ab.) — *Sphagnum subsecundum*
Sphagnum magellanicum — *Sphagnum Girgensohni*
Polytrichum strictum (ab.) — *Aulacomnium palustre*
Pleurosium Schreberi

Prélèvement X.

Pré inondé. — Tapis de *Sphagnum recurvum*; acidité encore forte (pH = 4,9).

STRATE HERBACÉE

Menyanthes trifoliata	3	*Carex filiformis*	×
Equisetum palustre	2	*Carex chordorrhiza*	×
Comarum palustre	2	*Succisa pratensis*	×
Eriophorum vaginatum	×	*Pedicularis palustris*	×

STRATE MUSCINALE

Sphagnum recurvum (ab.) *Sphagnum subsecundum* (ab.)
Sphagnum cuspidatum

Point de mousses.

Prélèvement XI.

Pré. — Végétation de pré malgré un sol très acide (pH = 4,5). Le manque d'humidité du sol (absence de sphaignes) permet à une végétation variée de s'établir. Ici aussi, l'acidité actuelle du sol ne joue pas le principal rôle dans l'établissement de la couverture végétale.

STRATE ARBORESCENTE

Salix sp.

STRATE HERBACÉE

Succisa pratensis	3	*Holcus lanatus*	×
Equisetum palustre	2	*Carex Goodenowii.*	×
Potentilla erecta	2	*Carex echinata*	×
Polygonum Bistorta	1	*Viola palustris*	×
Cirsium rivulare	1	*Pedicularis palustris*	×
Poa trivialis	1	*Juncus effusus*	×
Festuca ovina	×	*Rhinanthus Crista-Galli*	×

STRATE MUSCINALE

Climacium dendroides (ab.) *Calliergon stamineum*
Aulacomnium palustre

Prélèvement XII.

Berge. — Berge du Petit-Bied. Le pH = 5,5 est encore loin de la neutralité.

STRATE ARBORESCENTE

Salix sp.

STRATE HERBACÉE

Filipendula Ulmaria	4	*Polygonum Bistorta*	×
Caltha palustris.	2	*Deschampsia caespitosa*	×
Aconitum Napellus.	1		

STRATE MUSCINALE

Bryum ventricosum *Mnium punctatum*
Acrocladium cuspidatum

A

Sens de l'évolution du marais →

Colonnes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Associations végétales	XII Berge	XI Pré	X Pré inondé	IX «Lagg»	IV Eriophor.	I-II Calluneto Sphagnetum	III Vaccinieto	VIII Vaccinieto Pinetum	V-VI Pinetum	VII Pinetum
Aconitum Napellus	—									
Andromeda poliifolia					—		—			
Betula pubescens								—		
Calluna vulgaris				—	—	▬	—	—	—	—
Caltha palustris	▬									
Carex chordorrhiza			—							
Carex echinata		—		—						
Carex filiformis			—	—						
Carex Goodenowii		—		—						
Cirsium rivulare		—								
Comarum palustre			▬	▬						
Deschampsia caespitosa	—									
Drosera rotundifolia						—				
Equisetum palustre		▬	▬	—						
Eriophorum vaginatum			—	▬	▬	—	—			
Festuca ovina		—								
Filipendula Ulmaria	▬									
Holcus lanatus		—								
Juncus effusus		—								
Listera cordata										—
Menyanthes trifoliata			▬							
Oxycoccus quadripetalus				—	—	—	▬			—
Pedicularis palustris		—	—							
Pinus Mugo				—	—	—	—	▬	▬	▬
Poa trivialis		—								
Polygonum Bistorta	—	—								
Potentilla erecta		▬		—						
Rhinanthus Crista-Galli		—								
Salix sp.	—	—								
Succisa pratensis		▬	—							
Vaccinium Myrtillus							▬	▬	▬	▬
Vaccinium uliginosum					—	—	▬	—	—	—
Vaccinium Vitis-Idaea				▬				▬	—	—
Viola palustris		—								

Légende : coefficient d'abondance 5-4 ▬ 3-2 ▬ 1-× —

B Croissance de l'acidité →

Colonnes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pH	5,5	4,9	4,5	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,3
Prélèvements	XII	X	XI	II	IX	VII	IV	I	III	VI	VIII	V
Aconitum Napellus	—											
Andromeda poliifolia							—		—			
Betula pubescens											—	
Calluna vulgaris				▬	—	—	—	▬	—	—	—	—
Caltha palustris	▬											
Carex chordorrhiza		—										
Carex echinata			—		—							
Carex filiformis		—			—							
Carex Goodenowii			—		—							
Cirsium rivulare			—									
Comarum palustre		▬			▬							
Deschampsia caespitosa	—											
Drosera rotundifolia				—				—				
Equisetum palustre		▬	▬		—							
Eriophorum vaginatum		—		▬	▬		▬	▬	—			
Festuca ovina			—									
Filipendula Ulmaria	▬											
Holcus lanatus			—									
Juncus effusus			—									
Listera cordata						—						
Menyanthes trifoliata		▬										
Oxycoccus quadripetalus				—	—	—	—	—	▬			
Pedicularis palustris		—	—									
Pinus Mugo				—	—	▬	—	—	—	▬	▬	▬
Poa trivialis			—									
Polygonum Bistorta	—		—									
Potentilla erecta			▬		—							
Rhinanthus Crista-Galli			—									
Salix sp.	—		—									
Succisa pratensis		—	▬									
Vaccinium Myrtillus						▬			▬	▬	▬	▬
Vaccinium uliginosum				—		—	—	—	▬	—	—	—
Vaccinium Vitis-Idaea					▬	—				—	▬	—
Viola palustris			—									

C

Sens de l'évolution du marais →

Colonnes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Associations végétales	XII	XI	X	IX	IV	I-II	III	VIII	V-VI	VII
Sphagnum acutifolium					—	▬	—	—	—	▬
Sphagnum cuspidatum			—							
Sphagnum fuscum					▬	▬	▬			
Sphagnum Girgensohni				—						
Sphagnum magellanicum				—	▬	—	▬			
Sphagnum recurvum			▬	▬						
Sphagnum rec. var. *parvif.*					—		—			
Sphagnum rubellum						—				
Sphagnum subsecundum			▬	—						
Acrocladium cuspidatum	—									
Aulacomnium palustre		—		—	—	▬	▬			
Bryum ventricosum	—									
Calliergon stamineum		—								
Climacium dendroides		▬								
Dicranodontum longirostre									—	
Dicranum palustre					—				—	
Dicranum Schraderi							—			
Dicranum scoparium								—	—	
Georgia pelucida								—		
Hylocomium splendens								▬	▬	
Mnium punctatum	—									
Pleurosium Schreberi				▬	▬	—	▬	▬	▬	
Polytrichum strictum				▬	▬					
Cetraria islandica					—					
Cladonia coccifera						—				
Cladonia degenerans									—	
Cladonia pleurota					—	—				
Cladonia rangiferina					—	—	—		—	
Cladonia silvatica					▬	—	—			

Légende : très abondant ▬
abondant ▬
présent —

D

Croissance de l'acidité →												
Colonnes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
pH	5,5	4,9	4,5	4,3	4,1	4,0	3,9	3,8	3,8	3,8	3,8	3,3
Prélèvements	XII	X	XI	II	IX	VII	IV	I	III	VI	VIII	V
Sphagnum acutifolium				▬		▬	—	▬	—	—	—	—
Sphagnum cuspidatum		—										
Sphagnum fuscum				▬			—	▬	—			
Sphagnum Girgensohni					—							
Sphagnum magellanicum		▬		—	—		▬	—	▬			
Sphagnum recurvum					▬							
Sphagnum rec. var. *parv.*							—		—			
Sphagnum rubellum				—				—				
Sphagnum subsecundum		▬			—							
Acrocladium cuspidatum	—											
Aulacomnium palustre			—	▬	—		—	▬	▬			
Bryum ventricosum	—											
Calliergon stamineum			—									
Climacium dendroides			▬									
Dicranodontum longirostre										—		—
Dicranum palustre							—			—		—
Dicranum Schraderi									—			
Dicranum scoparium										—	—	—
Georgia pelucida											—	
Hylocomium splendens										▬	▬	▬
Mnium punctatum	—											
Pleurosium Schreberi				—	▬		▬	—	▬	▬	▬	▬
Polytrichum strictum					▬		▬					
Cetraria islandica							—					
Cladonia coccifera				—				—				
Cladonia degenerans										—		
Cladonia pleurota				—			—	—				
Cladonia rangiferina				—			—	—	—	—		—
Cladonia silvatica				—			▬	—	—			

Légende : voir tableau C

LES RELATIONS ENTRE LE pH ET LA VÉGÉTATION

Les tableaux A, B, C et D résument nos recherches. Les tableaux A et C donnent les relevés floristiques complets, sériés dans l'ordre d'évolution des associations végétales; les tableaux B et D donnent les relevés floristiques complets, sériés d'après les indices d'acidité actuelle (pH).

La comparaison rapide des tableaux C et D (Musci), et celle plus détaillée des tableaux A et B (Phanérogames), permettra de tirer les conclusions du présent travail.

Les tableaux C et D fournissent d'intéressants renseignements au sujet des sphaignes, mousses et lichens. Un bryologue pourrait tirer parti de ces tableaux et noter (tableau C) l'affinité de telle ou telle espèce pour une association végétale donnée, ou (tableau D) l'appétence de ces plantes inférieures pour des sols de différents pH. A première vue il semble que les cryptogames sont, plus que les phanérogames, sous la dépendance du chimisme du terrain. En effet, les tableaux C et D sont moins dissemblables entre eux que les tableaux A et B.

La comparaison des tableaux A et B suggère les constatations suivantes :

L'augmentation de l'acidité se marque de gauche à droite, non seulement dans le tableau B, mais également, *grosso modo*, dans le tableau A. C'est que l'évolution d'un marais plat en un marais bombé implique une déminéralisation du sol, par conséquent une augmentation de l'acidité.

La disparition brusque de toute la flore des prés minéralisés (dès la colonne 5, tableau A, et dès la colonne 6, tableau B) est certainement due au chimisme du sol. Le tableau B montre (colonne 4) que la flore spéciale à la tourbière commence à apparaître au pH = 4,3 et (colonne 6) que la flore des prés disparaît complètement au pH = 4,0.

La stérilité presque totale du sol, au point précis du prélèvement V, doit également être en relation avec l'acidité extraordinaire du lieu (pH = 3,3). C'est, sauf erreur, l'acidité la plus forte que la littérature concernant la concentration en ions hydrogène en milieux naturels ait livrée jusqu'à aujourd'hui.

L'influence du pH se borne aux deux ordres de faits qui viennent d'être cités.

La lecture attentive du tableau A montre très clairement, outre l'élimination de la flore des prés au stade « lagg », l'apparition, la présence massive, puis la disparition des espèces végétales suivant le degré d'évolution du marais.

Exemples :

Apparition de *Calluna vulgaris* dès le « lagg », extension dans l'Eriophoretum, présence massive dans le Calluneto-Vaccinietum et quasi disparition dans le Pinetum.

Apparition d'*Eriophorum vaginatum* dans l'Humidiherbosum, présence massive dans le « lagg » et dans l'Eriophoretum, puis disparition dès que les Ericacées supplantent cette espèce.

Apparition de *Pinus Mugo* dès le début de la formation de la tourbière; les pins végètent jusqu'au moment où le Vaccinietum s'installant leur donne l'humus, nécessaire au développement de la forêt; dans la localité VII la croissance secondaire du Sphagnum fera périr la forêt de pins.

Apparition et présence d'*Oxycoccus quadripetalus* jusqu'au moment où l'absence des sphaignes et l'ombre de la forêt font disparaître cette espèce; elle reparaît en dernière colonne quand, dans la forêt clairsemée, le Sphagnum se réinstalle en sous-bois.

Fidélité de *Vaccinium Myrtillus* au sous-bois; dans la localité III, qui n'est pas boisée, cette espèce ne se trouve (p. 44) qu'à l'ombre du pin isolé.

Du tableau B, aux lignes en général moins constantes, ne se dégage pas, à part les deux constatations faites plus haut, l'impression que la végétation de la tourbière, dans sa répartition géographique, obéit aux variations du pH. Une contradiction étonnante surgit même de la lecture de la colonne 4, de pH = 4,3, à flore de Sphagnetum, avec *Drosera rotundifolia*, encadrée par les colonnes 3 (pH = 4,5) et 5 (pH = 4,1), à flore de prairie.

Une ligne du tableau B retient toutefois notre attention; c'est celle de *Pinus Mugo* qui montre la constance de celles du tableau A. Mais ici les bases du problème sont renversées; ce n'est pas parce que l'acidité augmente que *Pinus Mugo* devient abondant; c'est au contraire parce que *Pinus Mugo* est abondant que le sol s'acidifie. Les prélèvements en profondeur (voir plus loin) ne laissent subsister aucun doute à ce sujet.

Les forêts (de résineux plus particulièrement) acidifient le sol, on le savait. Le présent travail prouve que *Pinus Mugo* augmente encore la concentration en ions hydrogène du sol déjà si acide de la tourbière.

A un point de vue général les recherches des différents auteurs au sujet du pH s'accordent à relever que l'installation de la végétation sur un sol vierge, le dépôt d'humus dû aux végétaux et l'humidité favorisent l'acidification du terrain. Tandis que la sécheresse et l'aération du sol, ainsi que la présence de sources de basicité (massifs calcaires), corrigent cette tendance à l'acidification. (Voir en particulier F. Chodat **2** et **3**).

Dans l'intérieur du Bois des Lattes, 10 espèces de phanérogames sont présentes, comme le montre le tableau B, en des lieux

dont l'acidité est très forte (pH < 3,9). Comment peuvent-elles supporter une concentration en ions hydrogène qui est, pour les points où le pH est de 3,8, mille fois plus élevée que celle qu'on trouve ordinairement dans les prés des régions calcaires (pH = 6,8)?

Pour les deux espèces arborescentes et pour les six espèces d'Ericacées, il semble que la mycorhize de leurs racines les rend plus ou moins indifférentes vis-à-vis de la réaction du sous-sol. Les deux autres espèces en cause seraient-elles aussi mycorhizées? Et *Listera cordata*, qui croît en un point de pH (surface) = 4,0 et de subsurface 3,5, le serait-elle aussi comme beaucoup d'autres Orchidées? Des observations ultérieures pourront peut-être répondre à cette question.

*
* *

La gamme des pH mesurés dans ce travail est trop peu étendue vers la neutralité pour que l'amplitude d'accommodation des diverses espèces de phanérogames puisse être obtenue. Il aurait fallu, du centre de la tourbière, prélever les terres sur une ligne se dirigeant vers le sud-ouest plutôt que vers le nord, pour passer, à la périphérie du Bois des Lattes, à des pH se rapprochant de 7. Les pâturages à *Gentiana lutea* qui séparent Combe-Varin du Bois donneraient probablement une concentration en ions hydrogène voisine de ce chiffre.

La présence de prélèvements à réaction basique ou neutre élargirait d'ailleurs trop le cadre de cette étude; car les terres donnant de telles réactions n'appartiennent plus à la tourbière.

*
* *

Il résulte de la comparaison des tableaux A et B que **l'amplitude d'accommodation des différents végétaux de la tourbière est extrêmement forte;** et que **la répartition des phanérogames à l'intérieur de la tourbière s'explique plus aisément par les lois de la sociologie végétale que par l'influence du chimisme du sol**[1]. Souvent même (voir p. 54) le pH du sol est influencé par la végétation.

Ces conclusions ne doivent point étonner! En effet les travaux de sociologie végétale effectués dans les tourbières depuis une vingtaine d'années n'ont fait que confirmer les études remarquables de Früh et Schröter **(4)** sur l'évolution des marais. Graber **(5)** pour le Bois des Lattes et Spinner **(11)** pour les tourbières de la vallée de la Brévine ont trouvé, dans leurs ditions respectives, une évolution conforme au schème des auteurs cités plus haut.

Nos propres études **(6)** et l'abondante documentation que nous

[1] Notons que cette conclusion laisse de côté l'influence, reconnue depuis longtemps, du chimisme sur la naissance de la tourbière par déminéralisation d'une région marécageuse.

avons rapportée d'un séjour de dix ans dans la région nous ont montré que les lois de succession des associations végétales étaient clairement exprimées dans les tourbières, dans le temps comme dans l'espace. A la tourbière à *Scheuchzeria palustris* et à *Sphagnum cuspidatum* succèdent, par comblement puis par bombement, l'Eriophoretum, le Callunetum, le Vaccinietum et enfin la forêt de tourbière à *Betula pubescens* et *Pinus Mugo*; à l'ombre des arbres reparaissent les sphaignes qui finiront par les supplanter. A chacune de ces associations végétales correspond un cortège floristique bien déterminé. Et les variations locales du pH, jamais bien fortes, sont sans influence primordiale sur l'évolution de la tourbière; elles sont même quelquefois subordonnées à cette évolution.

LE pH EN PROFONDEUR

La fig. 2 est une coupe suivant la ligne centrifuge (de gauche à droite) des prélèvements. Elle donne également, aussi fidèlement que le permet l'exagération de l'échelle verticale, l'emplacement des prélèvements en profondeur.

L'apparente contradiction qui existe à ce sujet entre la série I de prélèvements (acidité égale en profondeur et en surface), les séries VII et VIII de prélèvements (augmentation de l'acidité en profondeur) et la série IX de prélèvements (diminution de l'acidité en profondeur) peut s'expliquer.

Le cas qui se comprend le plus aisément est celui de la série IX; augmentation progressive de l'acidité à partir du sous-sol minéralisé, ce qui est conforme à nos connaissances sur l'évolution des tourbières. Cas qu'on retrouverait, à une profondeur suffisante, dans toutes les autres localités de prélèvement.

Le cas de la série I est également simple; le Calluneto-Sphagnetum est établi là depuis longtemps; à conditions égales, pH semblable.

Le cas des séries VII et VIII paraît par contre anormal. La fig. 3 illustrera celui de la série VII.

Le grand coussin de *Sphagnum acutifolium* s'est développé sur le sol acidifié par la forêt et la présence du Sphagnetum corrige peu à peu, de bas en haut, cette acidité.

Même cas pour la série VIII où l'acidité est plus faible dans l'épaisse strate muscinale d'*Hylocomium splendens* et de *Pleurosium Schreberi* que dans la subsurface terreuse.

Les quelques séries verticales de déterminations de pH qui viennent d'être citées soulignent les variations très fortes du pH en profondeur. Dans l'étude des relations entre le pH et la végétation, seules devraient être prises en considération les notations pH des points en contact avec les parties actives du système radiculaire des plantes. Les notations d'acidité, si elles ont pour

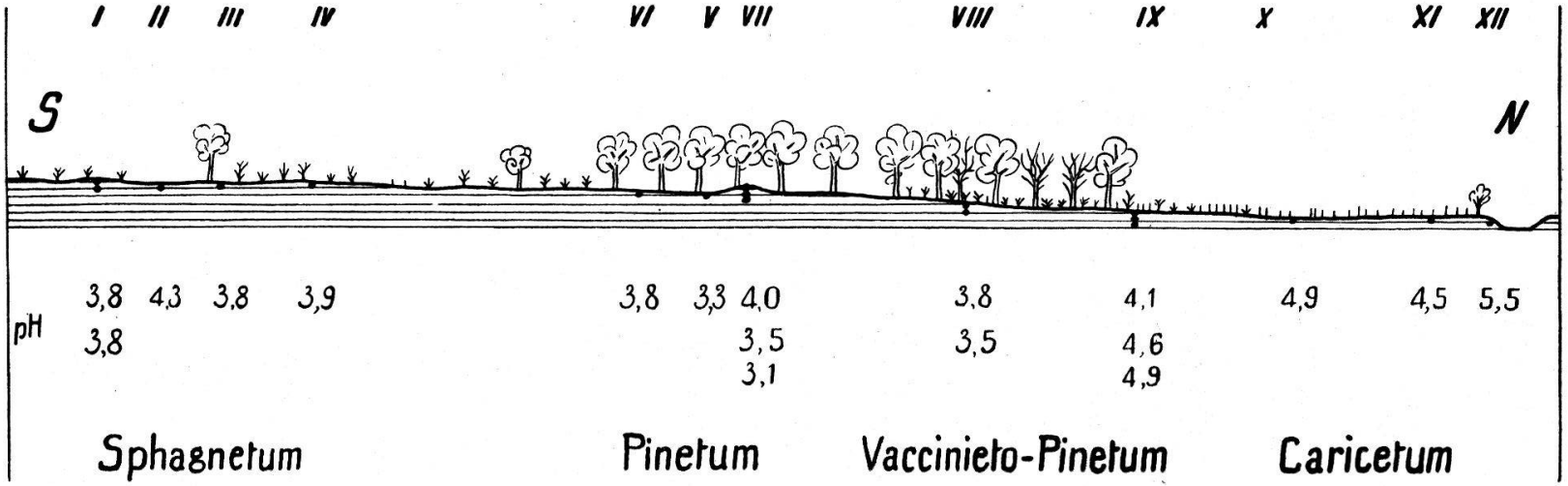

Fig. 2. Coupe du centre au nord du Bois des Lattes, montrant les relations entre les pH de surface et de profondeur et les associations végétales. (Les hauteurs sont exagérées.)

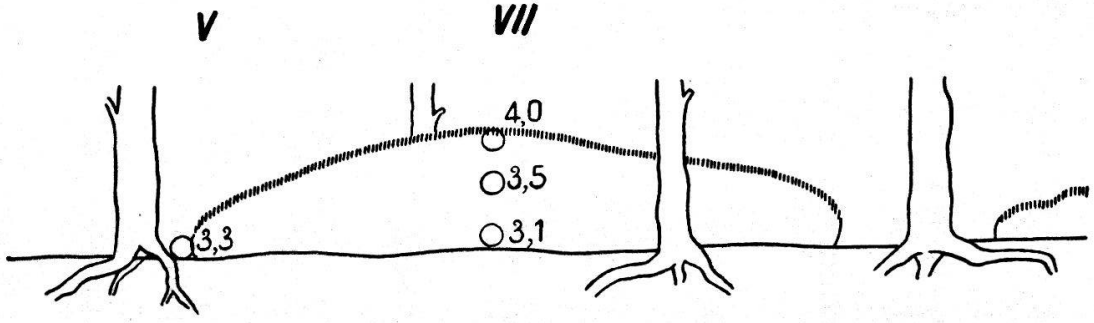

Fig. 3. Le coussin de *Sphagnum acutifolium* de la localité VII.

but les relations entre le pH et la végétation, seront sujettes à caution aussi longtemps qu'elles ne pourront pas être faites en tenant compte de cette observation. Deux points du sol très voisins et situés sur la même ligne verticale peuvent différer très notablement dans leur acidité actuelle.

Notons en passant que, dans des travaux comme celui-ci, la détermination du pH à deux décimales prête aux résultats une pseudo-exactitude dont il faut se méfier.

Les rapports entre le système radiculaire d'une plante et le pH ont été étudiés par Spinner pour le cas de *Meum athamanticum* (**10**). Cette ombellifère plonge dans le sol de longues racines. Suivant que le calcaire apparaît de 30 à 50 centimètres de profondeur (pH = 5,4 à 7,2), ou que le lehm décalcifié atteint 1 mètre d'épaisseur (pH variant de 4,65 à 6,0) la plante est rabougrie ou de belle venue. La lixiviation des terrains calcaires détermine donc un changement important dans le pH de faible profondeur; cela expliquerait la présence, dans des terrains dits calcaires mais en réalité décalcifiés, de plantes acidiphiles à système radiculaire peu profond.

Conclusions.

1) Le sol du Bois des Lattes est extraordinairement acide.

2) La décroissance de l'acidité actuelle, du centre de la tourbière à sa périphérie, est irrégulière. Cette irrégularité est due à la présence de la forêt de pins qui acidifie encore localement le sol.

3) La répartition des phanérogames à l'intérieur de la tourbière s'explique par les lois de la sociologie végétale et non par l'influence du pH du sol. L'acidité actuelle locale est même souvent subordonnée à la couverture végétale du lieu.

4) L'amplitude d'accommodation des végétaux acidiphiles de la tourbière est extraordinaire.

5) Les variations de pH en profondeur s'expliquent par le jeu de la succession des associations végétales.

Bibliographie.

1. ARRHENIUS, O. Kalkfrage, Bodenreaktion und Pflanzenwachstum (1926).
2. CHODAT, F. La concentration en ions hydrogène du sol et son importance pour la constitution des formations végétales (1924).
3. CHODAT, F. et ANAND, P. Les rochers de Raveyres. *Bull. Soc. bot. suisse*, t. 46, 1936.
4. FRÜH et SCHRÖTER. Die Moore der Schweiz. *Beit. zur Geologie der Schweiz*, Geotechnische Serie, dritte Lief. 1904.
5. GRABER, A. Flore des Gorges de l'Areuse et du Creux-du-Van. *Bull. S. N. S. N.*, t. 48, 1923.
6. ISCHER, A. Les tourbières de la vallée des Ponts-de-Martel. *Bull. S. N. S. N.*, t. 60, 1935.
7. MICHAELIS, L. Die Wasserstoffionenkonzentration (1914).
8. OLSEN, C. Studies on the hydrogen ion concentration of the soil and its significance to the vegetation especially to the natural distribution of plants. *Comptes rendus des travaux du laboratoire Carlsberg*, 15, N° 1, 1923.
9. SÖRENSEN. Voir bibl. dans **2**.
10. SPINNER, H. Contribution à la biologie et à la phytogéographie de deux phanérogames du Jura neuchâtelois. *Bull. S. N. S. N.*, t. 56, 1931.
11. SPINNER, H. Le Haut-Jura neuchâtelois nord-occidental. *Mat. pour le levé géob. de la Suisse*, fasc. 17, 1932. Voir aussi bibl. dans **6**.
12. THOMAS, P. Cours de chimie biologique, t. 1 (1926).

Manuscrit reçu le 24 août 1938.