

Zeitschrift: Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles
Band: 98 (1975)

Artikel: Etude comparative de quelques associations végétales dans la Tourbière du Cachot : caractères microclimatiques et phénologie
Autor: Auroi, Charles
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-89076>

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: 16.04.2026

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

**ÉTUDE COMPARATIVE
DE QUELQUES ASSOCIATIONS VÉGÉTALES
DANS LA TOURBIÈRE DU CACHOT:
CARACTÈRES MICROCLIMATIQUES
ET PHÉNOLOGIE**

par

CHARLES AUROI

AVEC 2 FIGURES ET 8 TABLEAUX

1. INTRODUCTION

L'étude d'un milieu commence généralement par une étude phytosociologique, mais trop souvent celle-ci n'est utilisée qu'imparfaitement. En effet, l'intégration des données phytosociologiques à l'étude d'un écosystème implique de considérer les associations végétales non comme des éléments statiques du système, mais au contraire comme des éléments dynamiques, se modifiant sous la pression des facteurs écologiques, mais influençant également ces derniers. Toutefois, l'étude des relations entre associations végétales et facteurs écologiques est souvent inexistante, car elle nécessite l'emploi d'un matériel complexe et coûteux.

Il nous a paru que, même avec des moyens limités, une étude partielle était possible. Dans ce travail, nous avons donc essayé d'apporter notre contribution à l'étude d'un milieu déjà bien connu, la Tourbière du Grand-Cachot, en essayant de mesurer et de comparer quelques facteurs écologiques dans plusieurs associations végétales voisines, tout en complétant ces données par des observations phénologiques. Les facteurs écologiques mesurés seront ceux qui sont accessibles à nos moyens, c'est-à-dire principalement les facteurs climatiques.

La Tourbière du Grand-Cachot, dans la vallée de la Brévine, a été bien étudiée au point de vue de l'écologie générale et de la phytosociologie par MATTHEY (1964). Cet auteur a montré que le centre de la tourbière est formé d'une mosaïque d'associations. Notre projet est d'essayer de trouver les différences (ou les analogies) microclimatiques qui existent entre les associations.

Notre étude étant, dans une certaine mesure, une suite au travail de MATTHEY (*op. cit.*), nous renvoyons à cet auteur pour la description générale de la tourbière. D'autre part, le climat de la vallée de la Brévine a été étudié par SPINNER (1926).

2. MÉTHODES

2.1. Généralités

Nous avons conduit notre travail selon la démarche suivante :

1. Dans les principales associations de la tourbière, nous avons choisi et délimité un certain nombre de stations de surface égale.
2. Pendant toute la période de végétation de l'année 1971, nous avons mesuré régulièrement, dans chaque station, quelques facteurs climatiques, en particulier la température de l'air et du sol.
3. Parallèlement aux mesures climatiques, nous avons suivi, dans chaque station, la floraison des espèces bien représentées.
4. Après avoir calculé les valeurs moyennes des facteurs climatiques de chaque station, nous les avons comparées entre elles pour voir si les stations d'une association présentaient des caractères climatiques communs et s'il existait des différences climatiques entre les associations.
5. Nous avons comparé également le début de la floraison des espèces étudiées dans les différentes associations pour mettre en évidence la précocité ou le retard des associations.
6. Nous avons finalement calculé les coefficients de corrélation existant dans chaque station entre les dates de floraison des espèces principales et les facteurs climatiques, pour essayer de voir ce qu'indique une floraison précoce ou tardive du point de vue climatique.

2.2. Le choix des stations

Le centre de la tourbière du Cachot est occupé par les principales associations suivantes (OBERDORFER 1957, RICHARD 1961, MATTHEY 1964) :

Scheuchzeria palustris

C'est l'association des gouilles.

Sphagnum medium

C'est une mosaïque de sous-associations en milieu plus ou moins humide, où les sphaignes sont très abondantes. Nous avons séparé cette association en une forme « humide » et en une forme « sèche ». Le *Sphagnum medium* « sec » (en réalité seulement moins humide...) permet l'implantation des espèces inadaptées aux milieux extrêmement humides, et assure la transition avec le *Sphagnum magellanicum*.

Sphagno - Mugetum

Typiquement, c'est la forêt de pins qui forme une ceinture autour du centre de la tourbière qui, lui-même, est occupé seulement par les îlots de Sphagno - Mugetum.

Ces trois associations forment, au centre de la tourbière, une mosaïque très complexe, dont la figure 1 donne une idée. Parmi ces associations, nous avons choisi et délimité, en automne 1970, 17 stations (fig. 1) :

5 dans le Scheuchzerietum	(A, B, C, D, E)
5 dans le Sphagnetum medii humide	(H, J, K, L, M)
5 dans le Sphagnetum medii sec	(P, Q, R, S, T)
2 dans le Sphagno - Mugetum	(X, Y)

Les stations sont des surfaces de 4 m², carrées ou rectangulaires, dans lesquelles on trouve une association homogène.

La répartition des stations a été déterminée par la possibilité de trouver des associations homogènes de surface suffisante, ce qui n'était pas facile, tant la mosaïque des associations est complexe. La composition floristique de chaque station est indiquée dans le tableau 1.

Dans ce dernier, on voit que deux associations sont bien distinctes : c'est le Scheuchzerietum et le Sphagno - Mugetum. Ces deux associations correspondent au début et au terme d'une évolution de la tourbière, indiquée par MATTHEY (1964). Cette évolution passe par le stade Sphagnetum medii, et la colonisation de celui-ci par les pins aboutit au stade final. Le Sphagnetum medii sec doit correspondre au début de cette colonisation.

2.3. Mesures des facteurs climatiques

Le choix des facteurs climatiques à mesurer et des méthodes de mesure a été directement déterminé par le matériel dont nous pouvions disposer, et nous ne pensons pas que les facteurs que nous avons mesurés soient les seuls importants. Pour des raisons d'accessibilité, les mesures ont été effectuées en bordure des stations.

2.3.1 Matériel

Température de l'air :

Dans chaque station, un thermomètre à maxima et minima, selon Six. La face graduée est orientée vers le nord, et la partie inférieure du bulbe de mesure, placée à environ 15 cm du sol. (La partie supérieure étant alors à 20 cm du sol.)

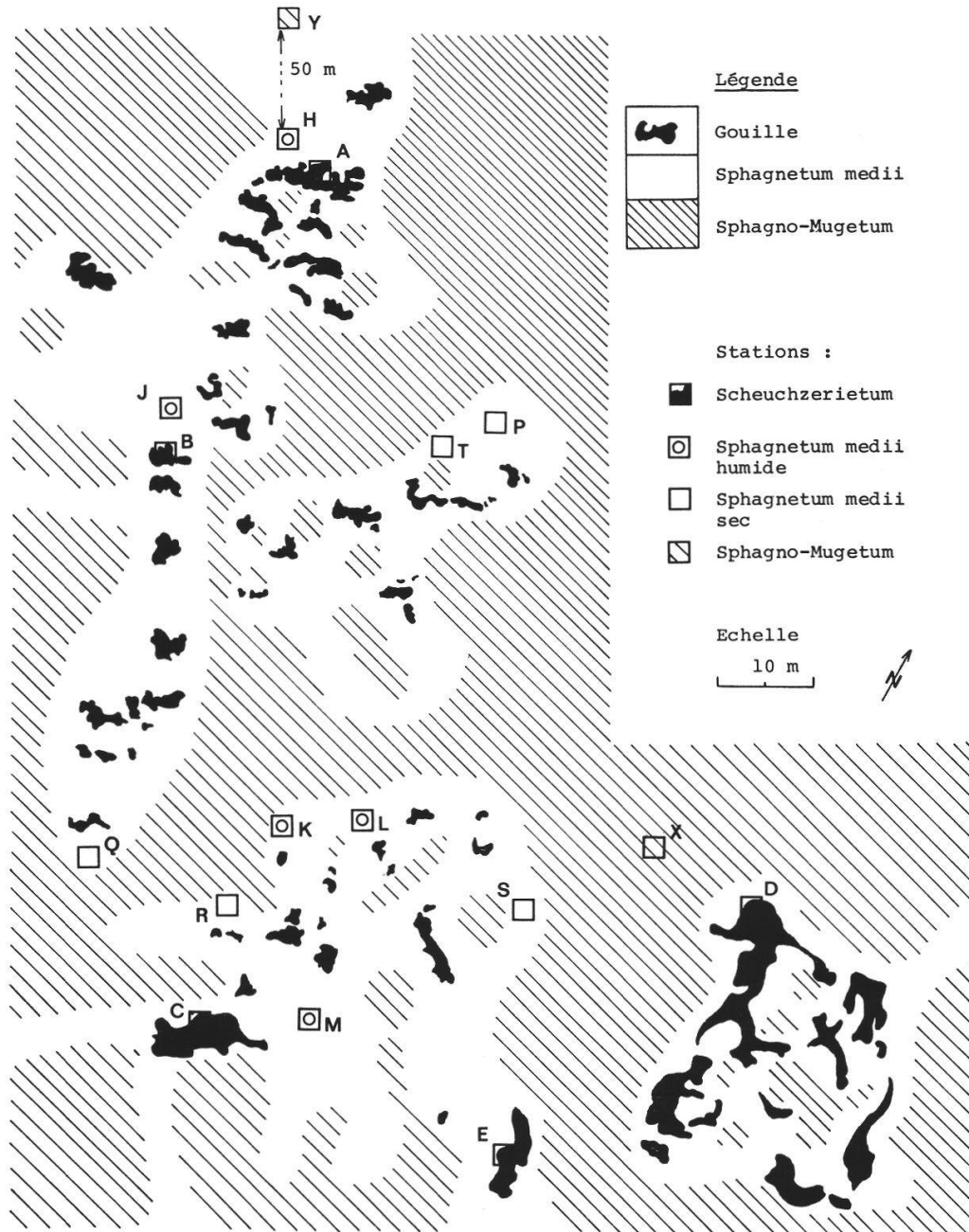
Température du sol :

Dans chaque station, un thermomètre à tige plongeante de 25 cm, gradué de -5 à +100° C.

Niveau de la nappe d'eau souterraine :

Dans chaque station, enfoncé dans le sol, un tube perforé en P.V.C. de 22 mm de diamètre intérieur et de 30 à 40 cm de longueur. La mesure

CARTE DU CENTRE DE LA TOURBIERE (d'après MATTHEY 1971) Figure 1



du niveau de la nappe par rapport à la surface du sol s'effectue au moyen d'une règle graduée, dont l'extrémité porte une lampe miniature. On voit ainsi exactement quand la règle touche l'eau.

2.3.2 Les mesures

Température de l'air (T_{\max} et T_{\min}) :

Tous les 2 à 3 jours nous avons relevé, dans chaque station, la température maximale et minimale.

A chaque mesure, les cavaliers ont été replacés à la température momentanée. Les températures maximale et minimale sont donc celles atteintes dans l'intervalle de temps qui sépare deux mesures.

Température du sol (T_{10} et T_{20}) :

Les mesures ont été effectuées de deux manières :

1. Pendant une première période (20 avril au 7 juillet), nous avons mesuré les températures à 10 et 20 cm de profondeur avec deux thermomètres déplacés de station en station. Mesure tous les 8 à 12 jours.
2. Pendant une dernière période (dès le 21 juillet), nous avons mesuré la température à 10 cm (du 21 juillet au 10 août), puis à 20 cm de profondeur (du 10 août au 14 novembre), en laissant un thermomètre fixe dans chaque station, en effectuant les mesures tous les 2 à 3 jours.

Niveau de la nappe phréatique :

Mesure tous les 2 à 3 jours.

Ensoleillement :

Toutes les stations que nous avons observées sont touchées par les ombres des arbres voisins. La surface non ombragée varie au cours de la journée d'une manière propre à chaque station. On peut écrire :

$$S = f(t) \quad \begin{array}{l} S : \text{surface ensoleillée} \\ t : \text{temps} \end{array}$$

Nous avons appelé ensoleillement E la quantité de soleil que peut recevoir chaque station au cours d'une journée. Ce qui se définit par :

$$E = \int S dt$$

Pratiquement, nous avons déterminé par observation la variation de surface ensoleillée ($S = f(t)$) pour chaque station au cours de deux journées sans nuages, le 8 juillet et le 6 août 1971, en effectuant un relevé toutes les 90 minutes environ.

La surface des diagrammes ainsi obtenus a été mesurée au moyen d'un planimètre, conventionnellement, de 6 h à 18 h. Le résultat de

COMPOSITION FLORISTIQUE DES STATIONS

Tableau 1

	<u>Scheuchzerietum</u>					<u>Sphagnetum medii humide</u>					<u>Sphagnetum medii sec</u>					<u>Sphagno-Mugetum</u>	
	A	B	C	D	E	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	X	Y
<u>Caractéristiques du Scheuchzerietum</u>																	
Carex limosa	3.4	3.2	+	1.2	2.2												
Scheuchzeria palustris		2.2			3.3												
<u>Espèces des unités supérieures (Rynchosporion, Scheuchzerietalia, Scheuchzerio-Caricetea fuscae)</u>																	
Carex filiformis		+	4.5					3.4	2.2	3.4	3.3	2.2	3.4		+2		
Trichophorum caespitosum	3.3	3.3				3.3	3.3	2.3				r.2					
Eriophorum angustifolium	1.2	r						1.1	.1	1.1				+			
Menyanthes trifoliata	2.2	1.2	+ ^o			1.2		1.1									
Carex chordorrhiza	2.2	+2				1.2											
Comarum palustre						2.2	1.2						+ ^o		+ ^o		
Drosera longifolia	r ^o		1.2														
Sphagnum cuspidatum				3.3													
<u>Caractéristiques du Sphagnetum medii</u>																	
Sphagnum recurvum						4.3	3.3	5.5	3.4	4.4	4.4	5.5	5.5	1.3	4.4	1.3	2.4
Sphagnum medium							1.2	+	2.2	2.3	2.3		1.2	1.2	2.4	+	
Sphagnum rubellum						3.3	3.3	+2	2.2	+				2.3			
<u>Différentielles de la variante humide</u>																	
Drosera rotundifolia	r	+				r	1.1	1.2		+2							
Aulacomnium palustre							+2	r	+2								

	A	B	C	D	E	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	X	Y	
<u>Espèces des unités supérieures</u> (Sphagnion fusci, Sphagnetalia, Oxycocco-Sphagnetea)																		
Oxycoccus quadripetalus	+ ^o	r	r ^o			3.3	2.2	2.3	2.2	2.4	3.3	3.3	2.4	1.2	2.2	1.2		
Andromeda polifolia		r					+	2.2	2.2	2.3	+2	2.2	2.3	1.2				
Polytrichum strictum						+	+	r			+	r		+	+		+	
Eriophorum vaginatum									1.2	2.2				+2	3.3		+2	
Sphagnum fuscum															2.3			
<u>Différentielles du Sphagno- Mugetum et des unités supérieures</u> (Vaccinio-Piceion, Vaccinio-Picetalia, Vaccinio-Picetea)																		
Pinus mugo							r	r				2i		r	4i	(0.5)	(0.8)	
Vaccinium vitis-idaea																	4.4	3.3
Pleurozium Schreberi																	5.4	2.3
Vaccinium myrtillus																		4.3
Hylocomium splendens																		4.4
Dicranum scoparium																		+2
<u>Compagnes</u>																		
Calluna vulgaris						1.2 ^o	2.2	+ ^o	2.2 ^o	2.2 ^o	3.3	2.2 ^o	2.2	3.2	1.2		1.2	
Betulas nana		r	r			1.2	+	r	+	+		1.2	3.3		r			
Carex inflata	1.2	1.2	1.1	2.2		1.2		1.1	1.2		r	2.2			+ ^o			
Vaccinium uliginosum								r ^o	r		2.2	1.2	2.2	2.2	3.2	2.2	2.2	
Sphagnum acutifolium						1.2				+								
Molinia coerulea							+										+	
Orchis maculata														+	r			
Cladonia rangiferina														1.2			1.2	
Drepanocladus fluitans																	+	
Sphagnum subsecundum		r ^o																

cette intégration a, pour unité, des $h \cdot m^2$. Puisque la surface de chaque station est de $4 m^2$ et que la durée d'observation est de 12 h, l'ensoleillement le plus grand que l'on pourrait avoir est 48 ($h \cdot m^2$).

Les deux jours de mesures, c'est-à-dire le 8 juillet et le 6 août 1971, permettent de connaître également l'ensoleillement le 4 juin et le 11 mai, puisque la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon en fonction de l'heure est la même pour deux jours situés à des temps égaux, avant et après un solstice. (Dans notre cas, solstice d'été, 21 juin.) Cf. PERRIN DE BRICHAMBAUT (1963.)

2.4 Observations phénologiques

La méthode utilisée pour les observations phénologiques est décrite avec la présentation des résultats (voir ci-après, 3.2.1).

3. RÉSULTATS

3.1 Les facteurs climatiques

3.1.1 Généralités

Pour trouver les analogies ou les différences de climat existant entre plusieurs stations, il faut comparer leurs facteurs climatiques. Nous avons choisi de comparer non pas les moyennes de la saison, mais les moyennes mensuelles. La comparaison ne s'établit alors pas seulement entre les moyennes, mais aussi entre la variation de ces moyennes. On verra ainsi, par exemple, si les stations les plus chaudes au printemps sont également les plus chaudes en été.

Pour que notre saison de mesures soit divisée en périodes d'égale durée, nous l'avons divisée en tranches de 30 jours, qui ne correspondent pas aux mois civils. C'est sur ces périodes arbitraires que nous avons calculé nos moyennes.

Le tableau 2 indique les dates initiales et finales de chaque période et le nombre de mesures qui ont été effectuées durant chaque période et dans les 17 stations :

TABLEAU 2

Nombre de mesures effectuées

Période	Début-fin	Tmax	Tmin	Niveau	T10 cm	T20 cm
I	20.4-19.5	17	17	13	3	3
II	20.5-19.6	14	14	14	3	3
III	20.6-19.7	14	14	12	10	4
IV	20.7-19.8	15	15	14	12	5
V	20.8-19.9	8	8	8	—	7

COMPARAISON DES MOYENNES

Tableau 3

		<u>T_{max}</u>				<u>T_{min}</u>					
		m	s	t _{1.2} t _{2.3} t _{3.4}	t _{1.3} t _{2.4}	t _{1.4}	m	s	t _{1.2} t _{2.3} t _{3.4}	t _{1.3} t _{2.4}	t _{1.4}
I	1)	20.40	0.46	<u>4.45</u>			0.19	0.26	1.49		
	2)	21.47	0.37	0.02	1.50	2.09	-0.05	0.26	1.59	<u>3.11</u>	0.24
	3)	21.49	1.55	1.69	<u>5.12</u>		-0.29	0.22	1.17	0.70	
	4)	19.48	0.73				0.32	1.32			
II	1)	20.50	0.62	<u>2.89</u>			1.30	0.10	<u>2.97</u>		
	2)	21.57	0.62	0.58	1.01	1.87	0.72	0.42	0.69	<u>7.00</u>	0.07
	3)	21.18	1.39	1.85	<u>3.0</u>		0.58	0.21	1.35	0.99	
	4)	18.73	2.20				1.34	1.44			
III	1)	27.15	0.94	1.95			3.87	0.25	<u>3.88</u>		
	2)	28.05	0.48	1.58	0.75	1.65	3.27	0.24	1.28	<u>5.58</u>	0.41
	3)	27.67	1.24	1.87	<u>2.87</u>		3.10	0.18	1.72	1.41	
	4)	25.25	2.42				4.12	1.54			
IV	1)	30.04	0.77	2.22			3.26	0.36	<u>3.21</u>		
	2)	31.11	0.81	1.50	0.03	<u>3.59</u>	2.63	0.25	0.31	<u>2.88</u>	1.12
	3)	30.03	1.40	2.50	<u>4.75</u>		2.57	0.40	2.04	2.07	
	4)	27.0	1.65				4.07	1.79			
V	1)	25.41	1.40	0.97			0.69	0.42	0.92		
	2)	26.15	1.01	0.52	0.28	2.15	0.40	0.55	0.13	1.31	1.14
	3)	25.67	1.54	2.20	<u>3.75</u>		0.36	0.36	1.61	1.43	
	4)	23.03	0.93				1.56	1.86			
		<u>T₁₀</u>				<u>T₂₀</u>					
I	1)	8.16	1.69	1.47			7.16	0.94	1.29		
	2)	9.83	1.67	1.46	<u>3.34</u>	<u>3.02</u>	6.36	1.04	1.68	<u>3.40</u>	<u>6.88</u>
	3)	6.90	0.94	<u>3.62</u>	4.39		5.50	0.56	<u>7.33</u>	<u>5.25</u>	
	4)	4.33	0.24				2.17	0.47			
II	1)	14.03	0.53	<u>3.26</u>			12.26	0.30	<u>3.33</u>		
	2)	13.03	0.43	<u>5.06</u>	<u>7.62</u>	<u>10.01</u>	11.46	0.50	<u>5.00</u>	<u>9.51</u>	<u>9.90</u>
	3)	11.53	0.50	<u>5.72</u>	<u>9.05</u>		10.06	0.42	<u>4.56</u>	<u>6.80</u>	
	4)	8.41	1.06				7.75	1.06			
III	1)	18.48	0.56	<u>3.00</u>			13.96	0.31	1.35		
	2)	17.53	0.44	<u>2.67</u>	<u>3.78</u>	<u>8.80</u>	13.54	0.64	<u>4.41</u>	<u>7.44</u>	<u>10.77</u>
	3)	15.35	1.77	1.66	<u>7.99</u>		12.04	0.49	<u>4.91</u>	<u>6.74</u>	
	4)	13.03	1.22				9.62	0.88			
IV	1)	18.21	0.85	0.60			16.50	0.66	1.69		
	2)	17.94	0.50	1.53	1.62	<u>6.00</u>	15.94	0.40	<u>3.46</u>	<u>4.13</u>	<u>6.71</u>
	3)	17.11	1.07	<u>3.81</u>	<u>7.70</u>		14.90	0.57	<u>4.35</u>	<u>7.87</u>	
	4)	13.68	1.09				12.65	0.78			
V	1)						12.91	0.57	0.76		
	2)						12.68	0.40	<u>3.22</u>	<u>3.19</u>	<u>4.87</u>
	3)						11.97	0.33	<u>4.26</u>	<u>5.74</u>	
	4)						10.62	0.53			

Tableau 3 (suite)

Niveau			t _{1.2}	t _{1.3}	t _{1.4}
	m	s	t _{2.3}	t _{2.4}	
			t _{3.4}		
I	1)	8.26	0.50		
	2)	8.23	1.44	0.04	
	3)	10.80	1.90	<u>2.41</u>	<u>2.90</u>
	4)	14.73	0.51	<u>2.74</u>	<u>5.94</u>
II	1)	7.82	0.38		
	2)	7.27	1.34	0.88	
	3)	9.98	1.72	<u>2.78</u>	<u>2.74</u>
	4)	14.53	0.20	<u>3.53</u>	<u>7.22</u>
III	1)	9.63	1.18		
	2)	10.53	1.82	0.93	
	3)	13.22	2.35	2.01	<u>3.05</u>
	4)	17.40	0.26	<u>2.37</u>	<u>9.03</u>
IV	1)	18.81	3.70		
	2)	19.65	2.57	0.42	
	3)	22.80	2.22	2.06	2.06
	4)	28.10	2.90	<u>2.78</u>	<u>3.95</u>
V	1)	18.13	1.38		
	2)	18.37	2.25	0.21	
	3)	22.14	1.98	<u>2.81</u>	<u>3.72</u>
	4)	29.10	5.97	<u>2.60</u>	<u>3.83</u>
<u>Ensoleillement 6.8</u>					
	1)	40.00	3.90	1.22	
	2)	35.42	6.98	1.49	<u>3.44</u>
	3)	29.80	4.76	<u>3.95</u>	<u>3.77</u>
	4)	19.65	1.06		<u>8.27</u>
<u>Ensoleillement 8.7</u>					
	1)	40.86	3.90	0.77	
	2)	38.08	7.02	1.90	<u>3.15</u>
	3)	29.74	6.85	2.21	<u>3.74</u>
	4)	18.4	0.14		<u>7.69</u>

Légende :

m : moyenne (5 stations d'une association)

s : erreur standard

t : indique que deux moyennes sont significativement différentes lorsqu'il est supérieur à 2.31 (n₁=n₂=5), resp. 2,57 (n₁=5, n₂=2) (chiffres soulignés).

1) : Scheuchzerietum

2) : Sphagnetum medii humide

3) : Sphagnetum medii sec

4) : Sphagno-Mugetum

I-V : périodes de mesure

3.1.2 Comparaison statistique des facteurs climatiques

L'étude des différences climatiques entre les associations a été conduite de la manière suivante :

1. Nous avons calculé la valeur moyenne de chaque facteur climatique, pour chaque période et dans chaque station.
2. Nous avons calculé la valeur moyenne m et l'écart-type s de chaque facteur climatique, pour chaque période et dans chaque association, c'est-à-dire en groupant les stations d'une même association. Ces résultats sont donnés dans le tableau 3.
3. Nous avons comparé deux à deux les moyennes des quatre associations en leur appliquant le test t de Student-Fisher (LAMOTTE 1967, HELLER 1968). Ces résultats sont donnés dans le tableau 3.

t indique une différence significative entre deux moyennes, lorsqu'il prend une valeur supérieure à 2,31 pour $n_1 + n_2 = 10$, respectivement 2,57 pour $n_1 + n_2 = 7$, ceci avec un seuil de risque de 5% (n_1, n_2 , taille des échantillons pour lesquels on calcule la moyenne, c'est-à-dire nombre de stations d'une association. Dans le tableau 3, $n = 5$ pour les associations 1, 2 et 3, $n = 2$ pour l'association 4).

Le résultat des comparaisons est représenté globalement dans le tableau 4, où nous avons porté, pour chaque comparaison, le nombre de périodes pour lesquelles t indique une différence significative.

TABLEAU 4

Nombre de t indiquant une différence significative

Comparaison entre les associations	Tmax	Tmin	T10	T20	Niveau	Ensoleillement	Total
1,2	2	2	2	1	—	—	7
2,3	—	—	2	4	3	—	9
3,4	—	—	3	5	5	1	14
1,3	—	4	3	5	4	2	18
2,4	5	—	4	5	5	2	21
1,4	1	—	4	5	5	2	17

Conclusions :

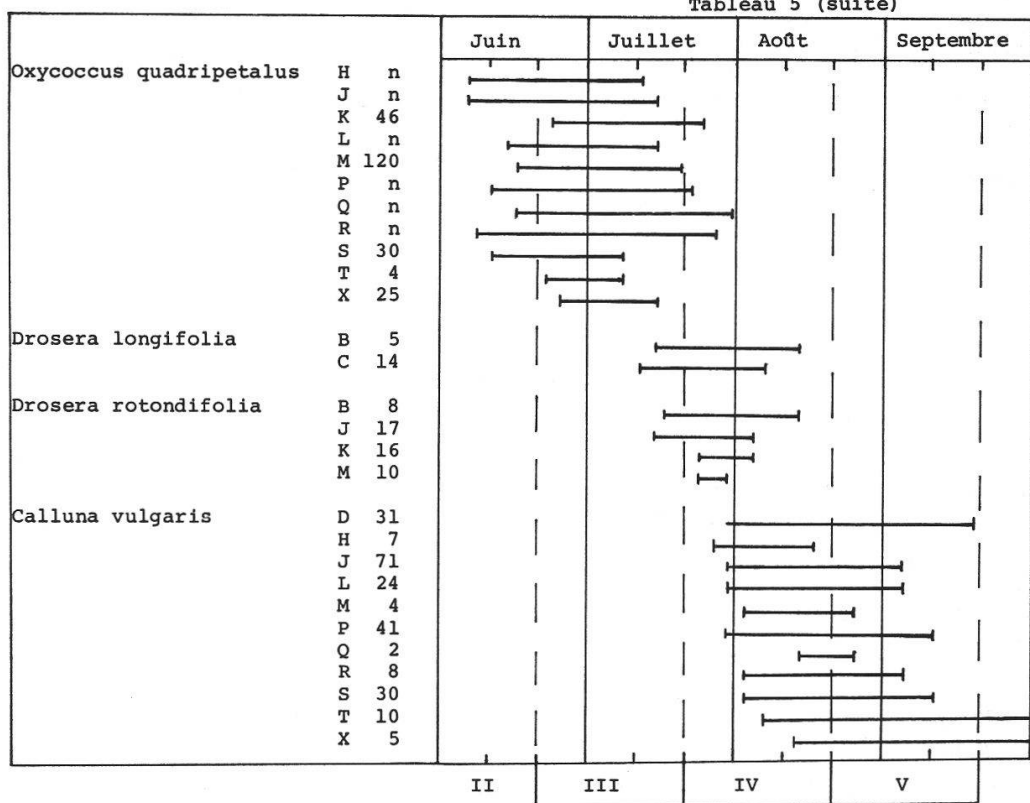
1. Il existe des différences climatiques entre toutes les associations. Ces différences sont particulièrement bien marquées entre le *Sphagnetum medii humide* (2) et le *Sphagnomugetum* (4), de même qu'entre le *Scheuchzerietum* (1) et le *Sphagnetum medii sec* (3).

RESUME DES OBSERVATIONS PHENOLOGIQUES

Tableau 5

		Avril	Mai	Juin	Juillet
<i>Eriophorum vaginatum</i>	L 17				
	M 45				
	R 18				
	S 94				
<i>Trichophorum caespitosum</i>	A 15				
	B 16				
	H 16				
	J 21				
	K 11				
	Q 2				
<i>Carex chordorhiza</i>	A 65				
	B 8				
	H 14				
<i>Andromeda polifolia</i>	J 12				
	K 41				
	L 105				
	M 28				
	P 12				
	Q n				
	R n				
	S 15				
<i>Eriophorum angustifolium</i>	A 39				
	L 11				
	M 6				
<i>Carex limosa</i>	A n				
	B 60				
	C 6				
	E 23				
	H 11				
<i>Menyanthes trifoliata</i>	A 16				
	B 11				
	H 5				
	T 6				
<i>Carex filiformis</i>	B 3				
	C n				
	K 75				
	L 18				
	M 102				
	P 53				
	R 3				
<i>Vaccinium uliginosum</i>	P 31				
	Q 17				
	R 10				
	S 36				
	T 51				
	X 8				
	Y 12				
<i>Carex inflata</i>	A 14				
	B 7				
	C 14				
	D 10				
	H 31				
	K 5				
	L 6				
	P 2				
	Q 16				
<i>Scheuchzeria palustris</i>	B 19				
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	X 36				
	Y 31				
		I	II	III	

Tableau 5 (suite)



Légende :

I, II, III, IV, V : période de mesure

L 17 : L = nom de la station

17 = nombre total d'individus ayant porté des fleurs.

Lorsque ce nombre est nettement supérieur à 100,
il est indiqué par "n".

┌----- : début réel de la floraison (première fleur)

----- : début observé de la floraison (plusieurs fleurs existent
déjà)

... ──── : fin réelle de la floraison

2. La séparation du *Sphagnetum medii* en une forme humide (2) et une forme sèche (3) se trouve justifiée ici.
3. La température dans le sol est le facteur climatique qui indique le plus constamment la différence entre les associations.

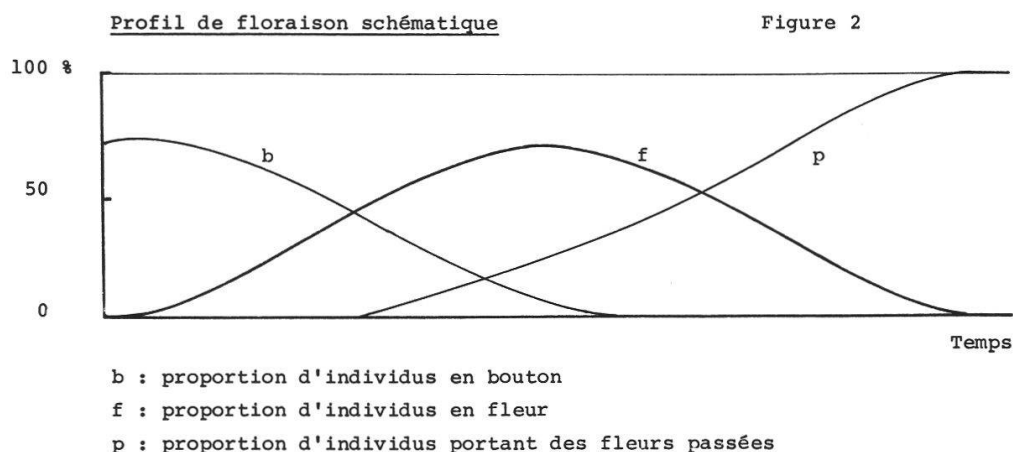
3.2 Les observations phénologiques

3.2.1 Généralités

Au cours d'une saison, chez chaque plante, on voit se succéder une série d'événements : apparition des premières feuilles, éclosion des fleurs, maturation des fruits, etc. Ces événements sont directement influencés par les facteurs climatiques. Par exemple, les pommiers fleurissent plus tôt en plaine qu'en montagne, en raison des climats différents. L'observation de ces événements, observation phénologique, chez une espèce mais en plusieurs endroits, permet donc de comparer les climats de ces endroits (WALTER 1960).

Nous nous proposons d'essayer de comparer les microclimats de nos stations à partir d'observations phénologiques. Dans ce but, nous avons déterminé, dans chaque station, la période de floraison des espèces principales, la comparaison de ces périodes devant indiquer les analogies ou les différences des microclimats des stations.

La période de floraison est la période pendant laquelle on trouve des fleurs sur les plantes d'une espèce donnée, et pour une population délimitée, dans notre cas, celle d'une station. Les individus ne fleurissent pas tous en même temps, la période de floraison se déroule selon le schéma de la figure 2.



L'aspect du schéma pourrait faire croire que la période de floraison est complètement définie si l'on connaît son début, sa fin et le nombre maximum de plantes en fleur simultanément. En réalité, les « profils de floraison » ne sont pas obligatoirement réguliers et symétriques. Par conséquent, il est nécessaire de les déterminer complètement par l'observation.

D'autre part, pour comparer les profils entre eux, il est nécessaire de les construire avec, en ordonnée, non pas des nombres absolus mais des nombres relatifs, puisque, dans chaque station, on n'a pas le même nombre d'individus d'une espèce donnée. Pour normaliser les échelles d'ordonnées, nous avons choisi de prendre :

100% = nombre total d'individus de l'espèce considérée ayant porté des fleurs.

Les individus n'ayant pas porté de fleurs pendant la saison n'ont donc pas été considérés.

Les observations sur le terrain ont été conduites de la manière suivante :

Tous les 2 ou 3 jours, nous avons compté, dans chaque station, et pour les 15 espèces principales,

le nombre d'individus portant des boutons,
le nombre d'individus portant des fleurs,
le nombre d'individus portant des fleurs passées.

Cette méthode de comptage permet de vérifier les résultats, puisque dès le moment où il n'apparaît plus de nouveaux boutons, on a :

$N. \text{ boutons} + N. \text{ fleurs} + N. \text{ fleurs passées} = \text{constant}$

Lorsque le nombre d'individus en fleur était grand (plus de 100), nous avons remplacé le comptage par une évaluation de la proportion d'individus en boutons, en fleurs et passées. A partir du moment où le nombre de boutons n'augmente plus, les évaluations n'entraînent pas de grandes erreurs.

Lorsqu'un individu portait plusieurs fleurs, ou une inflorescence, nous l'avons considéré comme « en fleur » dès le moment où apparaissent ses premières fleurs et jusqu'à ce que ses dernières fleurs soient passées.

Nos observations phénologiques, qui ont porté sur 15 espèces, sont résumées par le tableau 5.

Trichophorum caespitosum, *Andromeda polifolia*, *Carex filiformis*, *Vaccinium uliginosum*, *Carex inflata*, *Oxycoccus quadripetalus*, *Calluna vulgaris* étaient les espèces les mieux représentées et pour lesquelles nous avons étudié le profil de floraison.

L'observation des autres espèces, présentes dans quelques stations seulement — et encore en nombre d'individus restreints — ne se prêtait guère à des comparaisons ; nous avons renoncé à prendre en considération leur profil de floraison.

3.2.2 Les dates de début arbitraire de la floraison

Plutôt que de comparer globalement les profils entre eux, il est utile de choisir une date caractéristique de chaque profil et de comparer le décalage de ces dates. Les dates caractéristiques les plus évidentes sont naturellement le début de la floraison et le maximum de floraison. Pra-

tiquement, pour plusieurs raisons, ces dates ne sont pas utilisables. La date du début de la floraison n'est pas sûre, car les premières fleurs passent souvent inaperçues. D'autre part, cette date n'est pas caractéristique, car, parfois, quelques fleurs isolées précèdent de plusieurs jours le véritable début de floraison concernant un grand nombre d'individus.

La date de floraison maximum n'est pas plus caractéristique en raison de l'asymétrie et de l'irrégularité des profils de floraison.

Pour remédier aux difficultés exposées ci-dessus, nous avons décidé, après un examen de l'ensemble des profils, de prendre comme date caractéristique une date choisie arbitrairement, celle à laquelle le profil dépasse une certaine valeur, c'est-à-dire le moment où une certaine proportion d'individus en fleur est atteinte. Nous avons choisi comme date du début arbitraire de la floraison la date à laquelle le nombre d'individus en fleur atteint 25 %. Cette méthode, si elle n'est pas parfaite, présente du moins des avantages évidents :

- a) la date arbitraire de floraison est vraiment caractéristique du début de la floraison en se rapportant à un nombre significatif d'individus ;
- b) cette date est précise et se détermine sans difficultés.

3.2.3 Comparaison des dates arbitraires du début de floraison

Pour comparer les dates arbitraires de floraison, nous avons calculé, par espèces, le retard de chaque station par rapport à la station la plus précoce.

Nous avons groupé, dans le tableau 6, les retards de chaque espèce dans chaque station, et calculé, pour chaque station, le retard moyen.

L'examen du tableau 6 montre un retard qui va en augmentant, lorsque l'on considère les associations dans l'ordre *Scheuchzeria t u m*, *Sphagnetum medii humide*, *Sphagnetum medii sec*, *Sphagno-Mugetum*. On peut penser que le retard est en rapport avec le climat de l'association. En prenant toujours les associations dans le même ordre que ci-dessus, on observe (tableau 3) une diminution de la température du sol, une diminution de l'ensoleillement et, d'une manière moins régulière, une diminution du niveau de la nappe phréatique.

La relation existant avec les autres facteurs climatiques est moins claire.

Il faut toutefois remarquer que les moyennes des retards entre associations ne montrent pas des différences statistiquement significatives (excepté entre *Scheuchzeria t u m* et *Sphagno-Mugetum*).

3.2.4 Corrélation entre le retard de la floraison et les facteurs climatiques

Les résultats obtenus dans le tableau 6 montrent que la relation entre les facteurs climatiques et les observations phénologiques n'est pas absolument définie.

RETARD DE LA FLORAISON

Tableau 6

Début de la floraison : date à laquelle la proportion d'individus en fleur atteint 25 %

Retard de la floraison: retard (en jours) du début de la floraison par rapport au début de floraison de la station la plus précoce (date 0).

	Date 0	A	B	C	D	E	H	J	K	L	M	P	Q	R	S	T	X	Y
Trichophorum	11.5	0	5				0	2	6									
Andromeda	17.5							4	5	4	3	5	3	0	1			
Vaccinium uliginosum	23.5											11	7	0	2	12	13	11
Carex filiformis	30.5			0					8	6	4	5						
Carex inflata	3.6	0	3	12	7		2		18	12			14					
Oxycoccus	9.6						0	4	18	10	13	9	11	4	13			18
Calluna	26.7						0	9		12	7	9		8	12	11		18
<u>Somme des retards</u>		0	8	12	7		2	19	55	44	27	39	35	12	28	23	49	11
<u>Nombre d'espèces</u>		2	2	2	1		4	4	5	5	4	5	4	4	4	2	3	1
Retard moyen		0	4	6	7		0.5	4.75	11	8.8	6.75	7.8	8.75	3	7	11.5	16.3	11
Moyenne par asso- ciation m :			(1)	4.25				(2)	6.31				(3)	7.61			(4)	13.65
Erreur standard s :				3.10					4.11					3.09				3.75
Comparaison des moyennes : (voir tableau 3)							t _{1,2} : 0.82					t _{2,3} : 0.56					t _{3,4} : 2.23	
								t _{1,3} :1.72						t _{2,4} :2.17				
																		t _{1,4} : 3.31

Pour obtenir une analyse plus précise de cette relation, nous avons pris chaque espèce séparément et considéré, dans chaque station, la valeur d'un des facteurs climatiques et le retard de la floraison. Nous obtenons ainsi une série de couples de valeurs dont le nombre correspond au nombre de stations dans lesquelles existe l'espèce considérée. Avec cette série de couples de valeurs, nous avons calculé un coefficient de corrélation r . Lorsque la valeur de r dépasse un seuil de signification dépendant du nombre de couples utilisés, on peut dire, avec un risque d'erreur déterminé, qu'il existe une relation linéaire entre les deux variables prises en considération — dans notre cas, entre un facteur climatique et le retard de la floraison. Les valeurs positives de r indiquent une proportionnalité directe, les valeurs négatives, une proportionnalité inverse.

Les facteurs climatiques correspondent à une période de mesures qui précède directement la floraison, ou qui lui est superposée (voir tableau 5).

L'ensemble des coefficients de corrélation est donné par le tableau 7.

Discussion :

Dans le tableau, nous avons souligné les coefficients qui peuvent être considérés comme significatifs avec un risque d'erreur de 5%. On remarque que les coefficients significatifs sont plus nombreux pour les périodes qui précèdent la floraison (I pour 1 à 6, III pour 7) que pour celles qui la recouvrent.

En considérant les premières, on peut faire le tableau suivant :

	Tmax	Tmin	T ₂₀	T ₁₀	Niveau	Ensoleillement
Nombre de r significatifs :	1	0	4	3	0	4

Cela montre que c'est la température du sol et l'ensoleillement qui ont le plus fréquemment une haute corrélation avec le retard de la floraison.

Le fait que ces deux facteurs agissent de la même manière n'a rien d'étonnant, puisque la température du sol dépend directement du rayonnement solaire (GEIGER 1971).

Ceci est mis en évidence par le calcul du coefficient de corrélation entre l'ensoleillement et les différents autres facteurs climatiques.

Corrélation ensoleillement 6 août (11 mai) /	T ₂₀	$r = 0,864$
»	» / T ₁₀	$r = 0,856$
»	» / Tmax	$r = 0,461$
»	» / Tmin	$r = 0,282$

Pour 17 couples de valeurs, r devient significatif à partir de 0,606 avec une probabilité d'erreur de 1% (ou de 0,482 pour une probabilité d'erreur de 5%).

Comme prévu, il apparaît que la température du sol est fortement liée à l'ensoleillement. Cela ne prouve pas que la température du sol

Retard de la floraison / Facteurs climatiques

	n	r _{5%}	T _{max}	T _{min}	T ₂₀	T ₁₀	Niv.	Ensoleillement	
<u>Période I</u>								8.7	6.8
1)	5	0.88	-0.31	-0.85	<u>-0.93</u>	<u>-0.99</u>	-0.75	-0.84	-0.71
2)	8	0.71	-0.50	-0.29	+0.14	+0.42	-0.34	-0.21	-0.38
3)	7	0.75	-0.74	-0.07	-0.51	-0.62	+0.37	<u>-0.82</u>	<u>-0.81</u>
4)	5	0.88	+0.60	-0.60	<u>-0.91</u>	<u>-0.90</u>	-0.19	-0.73	-0.63
5)	8	0.71	+0.41	-0.46	-0.51	-0.56	+0.06	<u>-0.75</u>	<u>-0.88</u>
6)	10	0.51	-0.51	-0.23	<u>-0.65</u>	<u>-0.75</u>	+0.45	<u>-0.73</u>	<u>-0.71</u>
7)	9	0.67						<u>-0.73</u>	<u>-0.77</u>
<u>Période II</u>									
3)	7	0.75	-0.56	+0.17	-0.57	-0.48	+0.45		
4)	5	0.88	+0.45	-0.66	-0.42	-0.72	-0.27		
5)	8	0.71	+0.15	-0.30	-0.69	-0.64	-0.02		
6)	10	0.63	<u>-0.64</u>	+0.04	-0.51	-0.47	+0.48		
<u>Période III</u>									
7)	9	0.67	-0.42	-0.24	<u>-0.83</u>	-0.46	+0.57		
<u>Période IV</u>									
7)	9	0.67	-0.59	+0.03	-	-0.58	+0.55		

Légende

- 1) *Trichophorum caespitosum*
- 2) *Andromeda polifolia*
- 3) *Vaccinium uliginosum*
- 4) *Carex filiformis*
- 5) *Carex inflata*
- 6) *Oxycoccus quadripetalus*
- 7) *Calluna vulgaris*

r_{5%} : valeur limite du coefficient de corrélation au-dessus de laquelle la corrélation est significative (seuil de risque : 5 %)

n : nombre de stations contenant l'espèce considérée.

n'a pas d'influence sur la floraison, mais empêche de séparer l'influence de l'ensoleillement de celle de la température du sol.

On peut conclure : dans le milieu que nous avons étudié, les stations ont une température du sol d'autant plus élevée et une floraison d'autant plus précoce que leur ensoleillement est élevé.

Remarque :

1. Contrairement à la température du sol, la température maximale est peu liée à l'ensoleillement, mais en se rapprochant pourtant du seuil de signification. Il faut préciser que la mesure de température maximale est « ponctuelle », alors que l'ensoleillement concerne toute la surface de la station. Dans ces conditions, le sens du coefficient de corrélation n'est pas clair.
2. La corrélation basse qui existe entre l'ensoleillement et la température minimum n'a rien d'étonnant, puisque la température minimum est généralement atteinte la nuit.
3. En considérant l'ensemble des coefficients de corrélation, on est tenté de dire que toutes les espèces n'ont pas leur floraison influencée par les mêmes facteurs climatiques. Par exemple, pour *Trichophorum*, ce serait T_{10} qui est déterminant, alors que pour *Carex inflata* c'est l'ensoleillement. Cela n'est pas certain, car les coefficients de corrélation sont des valeurs statistiques soumises à une distribution et dont la valeur est d'autant plus sûre que le nombre d'observations est élevé. Dans notre cas, le nombre d'observations restreint doit nous obliger à la prudence.
4. Pour *Andromeda*, aucun facteur de corrélation n'atteint ou même n'approche le seuil de signification (pas même l'ensoleillement !). Cela pourrait indiquer (mais ne prouve pas !) que la floraison d'*Andromeda* n'est pas influencée par les facteurs climatiques que nous avons mesurés. Cette espèce ne serait donc pas utilisable pour des observations phénologiques.

4. CONCLUSION

L'ensemble de nos observations peut se résumer dans le tableau 8, qui indique la valeur *relative* des facteurs que nous avons observés dans chaque association. Chaque point de ce tableau est donné par une coordonnée horizontale et une coordonnée verticale de même valeur. On peut ainsi lire horizontalement les valeurs des différents facteurs dans une association et, verticalement, les valeurs d'un facteur dans les différentes associations.

De ce tableau, on peut déduire la parenté climatique qui existe entre les associations, et la représenter dans un schéma où la distance entre les associations est proportionnelle à la différence climatique :

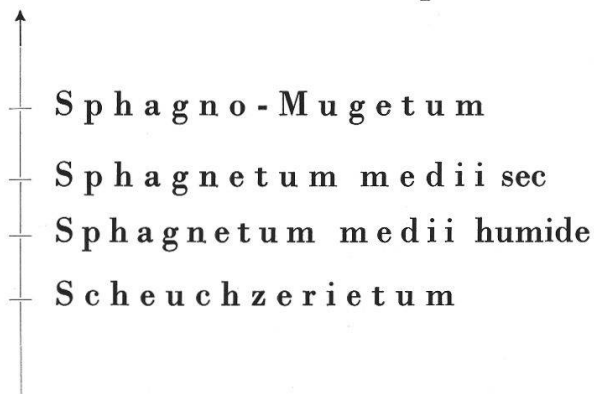
Valeur relative des facteurs observés

Tableau 8

		T _{max}	T _{min}	T ₁₀	T ₂₀	Niveau	Ensol.	Retard
		1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Sphagno- Mugetum	5 4 3 2 1	○	○	○	○	○	○	○
Sphagn. medii sec	5 4 3 2 1	●	●	●	●	●	●	●
Sphagn. medii humide	5 4 3 2 1	○	○	○	○	○	○	○
Scheuchz.	5 4 3 2 1	●	●	●	●	●	●	●

5 : valeur très élevée
 4 : valeur élevée
 3 : valeur moyenné
 2 : valeur basse
 1 : valeur très basse

Différence climatique



Ce schéma indique que le *Sphagnetum medii humide* possède un climat intermédiaire entre celui du *Scheuchzerietum* et celui du *Sphagnetum medii sec*, alors que le climat de ce dernier est nettement différent de celui du *Sphagno-Mugetum*.

Ce résultat est intéressant, si l'on considère que la végétation de la tourbière évolue précisément dans le sens *Scheuchzerietum* → *Sphagnetum medii* → *Sphagno-Mugetum* (MATTHEY 1964).

On peut imaginer comment l'évolution phytosociologique entraîne une évolution climatique :

Dans une première phase, le *Scheuchzerietum*, qui est une gouille, est comblé par les sphaignes. On aboutit peu à peu au *Sphagnetum medii* humide avec, pour conséquence climatique, un abaissement de la température du sol, maintenant protégé par un tapis de sphaignes (WALTER 1960).

Le *Sphagnetum medii* humide est ensuite colonisé par les pins. On arrive au *Sphagnetum medii* sec, qui amène un assèchement du sol, une diminution de l'ensoleillement et de la température du sol.

La forêt de pins s'établit et, dans le *Sphagnomugelum*, le niveau le plus bas de la nappe phréatique diminue encore, de même que l'ensoleillement et la température du sol.

Les variations de la température maximale et minimale de l'air s'expliquent moins facilement, mais elles sont également moins significatives.

Remerciements

En terminant ce travail, je tiens à remercier toutes les personnes qui, directement ou indirectement, m'ont aidé à le réaliser, en particulier le professeur J.-L. Richard, dont j'ai apprécié la disponibilité et l'expérience et qui m'a guidé dans le choix des stations et l'établissement des tableaux de végétation ; le professeur W. Matthey qui, par ses conseils et sa connaissance approfondie de la Tourbière du Cachot, a donné une orientation déterminante à mon travail.

Enfin, je remercie ma femme, qui m'a assisté de multiples manières, d'un bout à l'autre de ce travail, aussi bien dans la mise au net que dans les observations sur le terrain.

Résumé

Dans plusieurs échantillons des trois associations principales qui forment la Tourbière du Cachot (vallée de la Brévine, Jura suisse), quelques facteurs microclimatiques ont été mesurés et mis en parallèle avec des observations phénologiques. Ces données ont été utilisées pour comparer les associations entre elles.

On trouve les différences les plus grandes entre le *Scheuchzerietum* et le *Sphagnomugelum*, alors que le *Sphagnetum medii* montre des caractères intermédiaires entre ces deux associations. Cela correspond à l'évolution de la végétation dans la Tourbière, qui passe du *Scheuchzerietum* au *Sphagnetum medii*, pour aboutir au *Sphagnomugelum*.

Zusammenfassung

In mehreren Mustern der drei Pflanzengesellschaften, die das Hochmoor von Le Cachot (Tal der Brévine, Schweizer Jura) bilden, sind einige mikroklimatische Faktoren gemessen, und Parallelen mit phnologischen Beobachtungen hergestellt worden. Diese Ergebnisse machten es möglich, die Pflanzengesellschaften untereinander zu vergleichen.

Die bedeutendsten Unterschiede wurden zwischen dem *Scheuchzerietum* und dem *Sphagno-Mugetum* gefunden, während das *Sphagnetum medii* einen intermediären Charakter zwischen diesen beiden aufweist. Dies entspricht der Evolution der Vegetation im Hochmoor, die vom *Scheuchzerietum* zum *Sphagnetum medii* übergeht, und schliesslich zum *Sphagno-Mugetum* führt.

Summary

Various microclimatic factors were sought and measured amongst extensive samples taken from the three major plants associations forming the peat bog at Le Cachot (La Brévine Valley, Swiss Jura). These findings were classified with phenological observations and the results used to draw comparisons between the groups.

The most marked differences were found between the *Scheuchzerietum* and the *Sphagno-Mugetum*, whereas the *Sphagnetum medii* displayed features intermediate to the two other associations. These findings correspond with the peat bog's evolution of the vegetation which progresses from *Scheuchzerietum* through *Sphagnetum medii* to terminate in *Sphagno-Mugetum*.

BIBLIOGRAPHIE

- GEIGER, R. — (1971). The climate near the ground. 611 pp. (Harvard).
- HELLER, R. — (1968). Manuel de statistique biologique. 296 pp., *Paris* (Gauthier-Villars).
- LAMOTTE, M. — (1967). Initiation aux méthodes statistiques en biologie. 144 pp., *Paris* (Masson).
- MATHEY, W. — (1964). Observations écologiques dans la Tourbière du Cachot. *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 87 : 103-135.
- (1971). Ecologie des insectes aquatiques d'une tourbière du Haut-Jura. *Revue suisse Zool.* 78 (2) : 367-536.
- OBERDORFER, E. — (1957). Süddeutsche Pflanzengesellschaften. Pflanzen Soziologie 10 : 564 pp., *Jena* (Fischer Verlag).
- PERRIN DE BRICHAMBAUT, Ch. — (1963). Rayonnement solaire et échanges radiatifs naturels. 300 pp., *Paris* (Gauthier-Villars).
- RICHARD, J.-L. — (1961). Les forêts acidophiles du Jura. Etude phytosociologique et écologique. *Mat. pour le levé géobot. de la Suisse* 38 : 164 pp.
- SPINNER, H. — (1926). Le climat de la vallée de La Brévine. *Bull. Soc. neuchâtel. Sci. nat.* 51 : 20-52.
- WALTER, H. — (1960). Grundlagen der Pflanzenverbreitung. I. Teil : Standortlehre. 566 pp., *Stuttgart* (Verlag Eugen Ulmer).
-