



HAL
open science

RELATION “ DIATOMÉES ÉPIPHYTES-BRYOPHYTES ” DANS LES TOURBIÈRES DU MONT LOZÈRE (FRANCE)

J Bertrand, J P Renon, O Monnier, L Ector

► **To cite this version:**

J Bertrand, J P Renon, O Monnier, L Ector. RELATION “ DIATOMÉES ÉPIPHYTES-BRYOPHYTES ” DANS LES TOURBIÈRES DU MONT LOZÈRE (FRANCE). *Vie et Milieu / Life & Environment*, 2004, pp.59-70. hal-03218038

HAL Id: hal-03218038

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03218038v1>

Submitted on 5 May 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

RELATION « DIATOMÉES ÉPIPHYTES-BRYOPHYTES » DANS LES TOURBIÈRES DU MONT LOZÈRE (FRANCE)

Relationship “epiphytic diatoms-Bryophytes” at Mount Lozère peat bogs (France)

J. BERTRAND¹, J. P. RENON², O. MONNIER³, L. ECTOR³

¹ Rue de Malvoisine 42, F-45800 Saint-Jean de Braye, France

² Université d'Orléans-la Source, F-45100 Orléans, France

³ Centre de Recherche Public – Gabriel Lippmann, CREBS, Av. de la Faïencerie 162a, L-1511 Luxembourg, Grand-Duché du Luxembourg
j.r.bertrand@wanadoo.fr

BACILLARIOPHYCEAE
EPIPHYTIC DIATOMS
BRYOPHYTES
SPHAGNUM
PEAT BOGS
LOZÈRE MOUNT

ABSTRACT. – To our knowledge, no research has been carried out to understand the possible relationship between epiphytic diatoms and Bryophytes. During two field samplings (2001 and 2002, Mount Lozère, France) the diatoms from 76 Bryophytes were sampled in peat bogs. The physico-chemical characteristics of the standing waters were measured. 181 diatom taxa, distributed in 33 genera, were identified from 23 bryophyte taxa ; 90% of them were acidophilous. The variation in abundance and frequency of the taxa was completely independent from the bryophyte considered and variable inside the same group of bryophytes (*Sphagnum*, Hepaticae, Musci). The frequency of living cells was around 23%. The specific richness of the diatoms was independent from the level of emersion or immersion. However, the ratio of absolute abundances of the diatoms between complete emersion and complete immersion of the supports is 1/16 800 per gram of bryophyte dry matter. Correspondence Factorial Analysis (CFA) enabled to separate diatom populations living on mosses and peat mosses. Approximately 45 to 50% of the diatom taxa are common from a group of bryophytes to the other and they represent on average 89.5% of the total diatom flora. The diatoms which did not occur in both main groups of bryophytes (*Sphagnum*, Musci and Hepaticae) did not reach high abundances. The comparison of the different peat bog populations did not reveal characteristic taxa with high abundances. Only two peat bogs showed a certain divergence in comparison to the 9 others, explained by the sample composition which were made up of 95% by peat mosses.

BACILLARIOPHYCÉES
DIATOMÉES ÉPIPHYTES
BRYOPHYTES
SPHAGNUM
TOURBIÈRES
MONT LOZÈRE

RÉSUMÉ. – A notre connaissance, aucune recherche n'avait testé les relations existant entre les Diatomées épiphytes et les Bryophytes des tourbières. Deux campagnes de récoltes (2001 et 2002, Mont Lozère, France) ont permis d'échantillonner les Diatomées dans 76 prélèvements de Bryophytes. Les caractéristiques physico-chimiques des eaux stagnantes ont été mesurées. Dans les 23 taxons de Bryophytes récoltés, 181 taxons de Diatomées ont été identifiés. Ils se répartissent dans 33 genres. 90 % des Diatomées sont acidophiles. La fréquence et l'abondance des taxons, extrêmement variables d'une récolte à l'autre, ne sont pas totalement indépendantes de la Bryophyte hôte et sont variables à l'intérieur d'un même groupe de Bryophytes. La proportion des cellules vivantes n'est que de 23 % environ. La richesse spécifique des Diatomées ne semble pas liée au niveau d'immersion ou d'émersion des Bryophytes. Par contre, le rapport des abundances absolues des Diatomées entre la hauteur maximale et l'immersion complète des supports est de 1/16 800 par gramme de matière sèche de Bryophyte. Les Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) ont permis d'isoler les populations diatomiques du groupe des Sphaignes de celui des Hépatiques et autres Mousses. Environ 45 à 50 % des taxons de Diatomées sont communs d'un groupe à l'autre de Bryophytes, pour une abondance moyenne de 89,5 %. Les Diatomées caractéristiques dans ces deux groupes de Bryophytes (*Sphagnum* d'une part, autres Musci et Hepaticae d'autre part) sont d'abondance très faible. La comparaison des populations des différentes tourbières n'a pas permis de révéler des taxons caractéristiques en grande abondance ; seules deux tourbières, composées à 95 % de Sphaignes, ont montré une certaine divergence avec les 9 autres, confirmant ainsi la disparité du peuplement diatomique entre les Sphaignes et les Mousses.

INTRODUCTION

Bien que certaines études aient été réalisées sur les Algues et les Diatomées dans les tourbières d'Europe et d'autres régions du monde : Wuthrich (1978a, b) dans le Jura suisse, Dell'Uomo (1981, 1992) dans les Alpes et les Apennins en Italie, Compère (1966), Gérard (1993) et Iserentant (1997, 2001) dans les Ardennes belges, Wojtal *et al.* (1999) au sud de la Pologne, Denys & Beyens (1987) au sud du Groenland, Van de Vijver & Beyens (1997, 1999a, b, c) dans les îles sub-antarctiques, Togashi & Ichimura (1997), Hasegawa (1993) et Mieno *et al.* (1997) au Japon, à notre connaissance aucune recherche sur les relations entre les Diatomées et les Bryophytes de ces milieux n'a été effectuée jusqu'à ce jour. Pour la plupart, les travaux précités ne portaient que sur des analyses floristiques. Cependant deux études de Van de Vijver *et al.* (2003) et Poulicková (2004) ont abordé des recherches globales dans ce sens.

En 2001, une équipe Franco-canadienne a réalisé une campagne de prélèvements de Bryophytes (2000 prélèvements) au Mont Lozère (non publié). Les Diatomées ont été prélevées dans 37 récoltes de Bryophytes. En 2002 une seconde campagne à laquelle l'un de nous (JB) a participé, a permis de mesurer les caractéristiques physico-chimiques des eaux et de compléter les récoltes, en ciblant mieux les prélèvements de Diatomées et en portant ceux-ci à 76. L'étendue du territoire à explorer (125 km²), l'abondance des tourbières (plus de 1250) et les conditions climatiques ont constitué des contraintes qui ont dicté le choix des lieux de prélèvements et leur nombre.

Le Mont Lozère, situé au sud-est du Massif Central (France), est un massif granitique érodé (reste de l'arc hercynien) s'étendant d'est en ouest. Trois sommets presque indistincts marquent le paysage : le Signal des Laubies (altitude 1657 m), le Finiels (1699 m) et le Pic Cassini (1680 m). Sur ce plateau à la pluviométrie abondante (2800 mm de précipitations annuelles) et au climat boréal humide (été court et froid, hiver long et fortement marqué) se sont développées des tourbières dont les surfaces varient de quelques m² à 0,5 km². Elles sont constituées par des Sphaignes, des Mousses et des Hépatiques mélangées parfois intimement. La végétation basse, constituée de *Carex* et de *Juncus*, sert de pâturage d'estive pendant quatre mois et permet à 2000 bovins et 6000 ovins de participer à la conservation des caractéristiques floristiques du Mont Lozère.

Cette étude a pour objet principal de chercher à comprendre s'il existe des relations entre les Diatomées et les divers groupes de Bryophytes qu'elles colonisent. De même, l'émersion ou l'immersion de ces Bryophytes pourrait avoir une influence dans le développement des peuplements de Diato-

mées caractéristiques. Les travaux présentés ici portent essentiellement sur les relations des Diatomées avec les Bryophytes aquatiques, immergées ou non, des tourbières du Mont Lozère.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'analyse physico-chimique, effectuée à l'aide de tests colorimétriques liquides, a porté uniquement sur les variables suivantes : O₂, NO₃⁻, pH, TH (Titre Hydrochimique). L'eau a été prélevée dans les « trous d'eau » et les ruisselets lents de 10 tourbières différentes sur toute la longueur du plateau. Au moment des récoltes de Bryophytes et d'Algues, la température de l'eau a été relevée simultanément.

Compte tenu de la nouveauté de la recherche et des conditions météorologiques du moment, aucun plan précis de prélèvement n'a été suivi ; les récoltes ont été effectuées au hasard de l'exploration de chaque tourbière.

Le matériel, issu de 11 groupes de tourbières (Tabl. I), est constitué de 76 prélèvements de Bryophytes avec 1 à 14 récoltes par tourbière (Tabl. II).

Des Sphaignes (13 taxons), des Hépatiques (2 taxons) et des Mousses aquatiques (7 taxons), dans lesquelles nous avons extrait les Diatomées ont été inventoriées. L'identification des Bryophytes a été faite *a posteriori*. Seule la partie vivante des Bryophytes, d'une longueur d'environ 10 à 15 cm, a été conservée. Dans les 37 premières récoltes, l'eau a été exprimée et le matériel séché pour être traité au laboratoire. Dans les 39 récoltes suivantes, 35 ont été ramenées avec l'eau de la tourbière afin d'observer les Diatomées vivantes dans leur milieu et d'établir le rapport entre les Diatomées mortes ou vivantes. Pour chaque récolte de Bryophytes, le niveau d'émersion ou d'immersion par rapport au niveau d'eau a été relevé.

L'expression manuelle simple de l'eau retenue par les Bryophytes ne permettant pas une extraction complète des Diatomées, collées aux feuilles et aux tiges par leur mucus, nous avons recherché une autre méthode. La dissolution complète des Bryophytes préconisée par Van de Vijver *et al.* (2003), conduisant à de grosses difficultés de séparation des résidus et des Diatomées, notamment dans le cas des Sphaignes, nous avons adopté une nouvelle technique. L'extraction des Diatomées dans les Bryophytes sèches est obtenue en réhydratant les récoltes, puis en ajoutant au volume des Bryophytes hydratées 10 % d'eau additionnée de H₂O₂ à 30 %. Après 2 à 3 h, le mucus d'adhérence des Diatomées est dissous. Le liquide contenant les Diatomées, est extrait par expression du bloc de Bryophytes, ainsi que l'eau de 2 lavages successifs. Ces liquides, filtrés sur un tamis (maille de 0,4 mm), sont additionnés de H₂O₂ à 30 % ; puis ils sont chauffés pour dissoudre la matière organique. Dans le cas de tourbières alcalines le traitement postérieur à l'acide chlorhydrique (HCl) est nécessaire. Il est parfois indispensable de procéder à un grillage complémentaire sur lamelle afin d'obtenir une préparation exempte de débris de Bryophytes. Les préparations sont montées au Naphrax (indice de réfraction = 1,74) et les comptages ont été réalisés suivant le protocole de Prygiel & Coste (1995, 2000).

Tabl. I. – Liste des sites de prélèvements au Mont Lozère, caractéristiques physico-chimiques des eaux et statistiques générales concernant les populations diatomiques.

Location of explored peat bogs at the Mount Lozère, physico-chemical characteristics of waters and general statistics on the diatom populations.

Commune	Tourbières sources	Température (C°)	pH	NO ₃ - (mg.l-1)	TH (°F)	O ₂ (mg.l-1)	Nb. de prélèvements		%	H'
							Nb. de prélèvements	Nb. de taxons		
Cubières	Nassettes	10	5	12,5	0	6	5	62	34	2,67
		12	5	12,5	0	6				
		13	5,5	6	0	6				
Cubièrettes	Pontel	14	5	5	0	3	14	82	45	2,83
Mas d'Orcières	Combe Cordiale	2	5	6	0	5	4	48	26	2,91
		3	5,5	6	0	6				
		1	6	8	0	5				
Cubièrettes	Cougnet	5,5	5	10	0	6,5	7	78	42	2,56
		5	5	10	0	5				
		5	5,5	12,5	0	8				
Pont de Monvert	Tarn	10	5	10	0	5,5	2	39	21	2,86
Altier	Centre Massif	8	5,5	16	0	5	1	14	8	2,59
Pont de Monvert	Galadet (Grandes Nasses)	2	5	10	0	5,5	15	111	60	2,53
Mas d'Orcières	Combe sourde	4	5,5	12,5	0	6	7	88	48	3,62
Cubières	Grand Jas	8	5,5	13	0	5	6	91	49	3,11
Pourcharesses	Cassini	8	5,5	10	0	5	4	57	31	2,47
		10	6	8	0	8				
		10	6	8	0	8,5				
Saint Julien du Tournel	Peschio	5	5,5	10	0	5	11	108	59	2,72

Tabl. II. – Liste des Bryophytes et statistiques générales concernant les peuplements diatomiques associés.
List of bryophytes and general statistics on the associated diatom populations.

Bryophytes - Taxons		N° de groupement	Nombre de taxons de diatomées	%	Indice H'	Nombre de prélèvements
Mousses	<i>Aulacomnium palustre</i> (Hedw.) Schwaegr.	8	21	11	3,28	1
	<i>Calliergon stramineum</i> (Brid.) Kindb.	8	22	12	2,7	1
	<i>Fontinalis squamosa</i> Hedw.	5	74	40	4,67	4
	<i>Pseudobryum cinclidoides</i> (Hüb.) T.Kop.	6	71	39		2
	<i>Warnstorfia exanulata</i> (Schimp.) Loeske	1	90	49	4,81	14
	<i>Rhynchostegium riparioides</i> (Hedw.) Card.	3	77	42	3,92	5
	<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i> (Bruch & Schimp.) T.J. Kop.	8	27	15	4,03	1
	<i>Philonotis seriata</i> Mitt.	8	45	24		1
Hépatiques	<i>Pellia messiana</i> (L.) Corda	9	40	22	2,77	1
	<i>Scapania undulata</i> (L.) Dum.	9	46	25		2
Sphaignes	<i>Sphagnum angustifolium</i> (C. Jens. ex Russ.) C. Jens	7	52	28		3
	<i>S. capillifolium</i> (Ehrh.) Hedw.	13	39	21		2
	<i>S. denticulatum</i> Brid.	12	64	35		4
	<i>S. fallax</i> (Klinggr.) Klinggr.	13	37	20	3,12	1
	<i>S. flexuosum</i> Dozy & Molk.	13	45	24	1,54	2
	<i>S. magellanicum</i> Brid.	10	51	28		3
	<i>S. majus</i> (Russ.) C. Jens.	13	35	19		2
	<i>S. papillosum</i> Lindb.	11	55	30		3
	<i>S. rubellum</i> Wils.	2	104	57	4,78	13
	<i>S. subnitens</i> Russ. & Warnst.	13	31	17		2
	<i>S. subsecundum</i> Nees	4	56	30	4,3	5
	<i>S. tenellum</i> (Brid.) Brid.	13	29	16		2
	<i>S. teres</i> (Schimp.) Angstr.	13	35	19		2

La détermination de l'abondance absolue est réalisée en référence au poids de matière sèche de Bryophytes avant sa réhydratation. Après le comptage et l'identification des taxons, la formule suivante est appliquée pour le calcul de l'abondance absolue en nombre de cellules par gramme de matière sèche :

$$\text{Abondance absolue} = ((\text{nb.Cl} / \text{nb.Chp}) \times (\text{Slml} / \text{S.Chp}) \times (\text{Vol.dil.} / \text{Vol.dep.}))$$

nb.Cl = Nombre de cellules comptées ; nb.Chp = Nombre de champs parcourus pour obtenir les 400 cellules (valves ou frustules) ; Slml = Surface de la lamelle ; S.Chp = Surface d'un champ d'observation
Vol.dil. = Volume de dilution ; Vol.dep = Volume déposé sur la lamelle.

La détermination des Bryophytes a été réalisée à l'aide de Corley *et al.* (1982), Corley & Crundwell

(1991) et Grolle (1983). Celle des Diatomées a été réalisée à l'aide de Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a, b), Krammer (1992) et Lange-Bertalot (1993).

Étant donné le grand nombre de valeurs nulles du tableau de dénombrement, des analyses factorielles des correspondances (AFC) ont été préférées. Elles ont été conduites avec le logiciel ADE 4 (Thioulouse *et al.* 1997). Dans cette analyse, nous avons supprimé tous les taxons d'abondance relative inférieure à 0,01 % du total des individus. En conséquence, le tableau initial des données se compose de 76 lignes-récoltes et 124 colonnes-taxons de l'inventaire.

RÉSULTATS

Abondance et diversité

Deux examens portant sur l'extrémité des Sphaignes (*Sphagnum rubellum*) de la tourbière du Pontel, nous ont permis de mesurer la vitalité des colonies de Diatomées. Les prélèvements, réalisés à la surface d'une dépression naturelle dont le fond était à 0,30 m au-dessus de la nappe d'eau, ont montré 29 % de cellules vivantes présentant des chloroplastes intacts. Considérant que l'absence de courant dans la nappe d'eau permettait l'intégration des générations successives de Diatomées au même endroit, nous avons décidé de prendre en compte la totalité des cellules mortes et vivantes des échantillons.

Au total, 181 taxons ont été identifiés. Ils se répartissent dans 33 genres, pour l'ensemble des 76 prélèvements de Bryophytes (Tabl. III). 90 %

des taxons sont acidophiles selon Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a,b), ce qui est en accord avec les analyses chimiques : pH = 5,3 ± 0,36 ; O₂ = 5,9 ± 1,41 mg.l⁻¹ ; NO₃⁻ = 10 ± 2,43 mg.l⁻¹ ; TH = 0 °f. La qualité biologique des eaux est remarquablement élevée et constante sur l'ensemble du plateau, puisque l'Indice moyen de Polluo-Sensibilité Spécifique (IPS, Coste *in Cemagref* 1982) atteint 18,3 ± 1,17. Toutefois, un IPS de 13,7 a été relevé pour une station, qui semble avoir été contaminée par l'élevage bovin.

Dans la répartition des genres et des espèces (Fig. 1), 80 % des 181 taxons sont représentés par seulement 11 genres avec une abondance relative de 77 %. Le genre *Pinnularia*, dominant en nombre de taxons (31), ne représente que 7,5 % de l'abondance et n'est présent que dans 18 des 76 récoltes. Le genre *Navicula*, représenté par 26 taxons, n'a qu'une abondance de 14,1 % et n'est présent que dans 16 récoltes. Par contre le genre *Eunotia* qui vient en 3^e position, avec 25 taxons, a une abondance relative de 37 %, en étant présent dans 26 des 76 récoltes.

Aulacoseira, essentiellement représenté par *A. paffiana*, et classé en 13^e position est curieusement présent dans 62 récoltes avec une abondance relative de 11,8 %. Toutefois, ces chiffres bruts ne peuvent montrer la complexité et la richesse spécifique des assemblages, car une grande proportion des taxons répertoriés ont une abondance très faible. En effet, 33,7 % de l'ensemble des taxons ne représentent que 2,5 % de l'abondance. Les taxons présents dans un seul prélèvement représentent 27 % du total des espèces récoltées pour une abondance relative individuelle de 0,4 % à 1 % seulement. C'est dans ce groupe

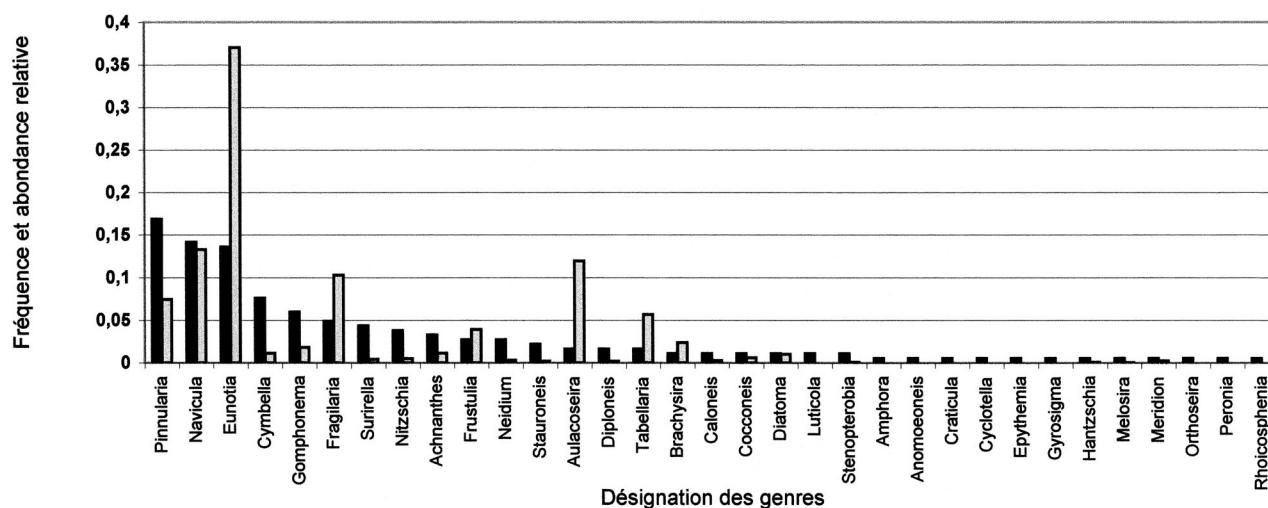


Fig. 1. – Répartition des genres de Diatomées suivant leurs fréquences relatives décroissantes et leurs abondances relatives associées. En noir : fréquences relatives ; en gris : abondances relatives.

Distribution of diatom genera according to their decreasing relative frequencies and their associated relative abundances. In black : relative frequencies ; in grey : relative abundances.

que l'on trouve des taxons intéressants : *Achnanthes taeniata* (0,1 %), *Gomphonema rhombicum* (0,04 %), *Navicula stroemii* (0,04 %) et *Pinnularia gigas* (0,02 %). La richesse spécifique par récolte est extrêmement variable, allant de 9 à 52 taxons (en moyenne $29,3 \pm 10,8$ taxons). Cette variation est totalement indépendante de la Bryophyte considérée et variable à l'intérieur d'un même groupe de Bryophytes. L'indice de diversité de Shannon & Weaver (1949) [$H' = -\sum_{i=1}^s p_i \cdot \log_2(p_i)$] par prélèvement montre la même variabilité (moyenne = 2,8, maximum = 4,23, minimum = 0,98 bits), quel que soit le genre ou l'espèce de Bryophyte considéré. Pour une même Bryophyte, certains prélèvements sont d'une faible diversité taxonomique, alors que d'autres présentent une plus grande richesse.

Tabl. III. – Liste des taxons de Diatomées, avec leur fréquence globale.

Diatom taxa with their global frequency.

Taxons	Nb. Total cellules / espèce	%
<i>Achnanthes helvetica</i> (Hustedt) Lange-Bertalot	2	0,01
<i>A. lapidosa</i> Krasske	18	0,05
<i>A. rupestoides</i> Hohn	2	0,01
<i>A. taeniata</i> Grunow	33	0,10
<i>Achnanthidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki var. <i>affinis</i> (Grunow) Bukhtiyarova	296	0,90
<i>Amphora copulata</i> (Kützing) Schoeman et Archibald	6	0,02
<i>Anomoeoneis sphaerophora</i> (Ehrenberg) Pfitzer	4	0,01
<i>Aulacoseira crenulata</i> (Ehrenberg) Thwaites	5	0,02
<i>A. granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	4	0,01
<i>A. paffiana</i> (Reinsch) Krammer	3888	11,86
<i>Brachysira brebissonii</i> Ross	688	2,10
<i>B. serians</i> (Brébisson) Round et Mann	82	0,25
<i>Caloneis tenuis</i> (Gregory) Krammer	85	0,26
<i>C. undulata</i> (Gregory) Krammer	2	0,01
<i>Cavinula lapidosa</i> (Krasske) Lange- Bertalot	13	0,04
<i>C. variostrata</i> (Krasske) Mann et Stickle	165	0,50
<i>Chamaepinnularia mediocris</i> (Krasske) Lange-Bertalot	1686	5,14
<i>Cocconeis pediculus</i> Ehrenberg	3	0,01
<i>C. placentula</i> Ehrenberg	197	0,60
<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) Mann	1	0,00
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	4	0,01
<i>Cymbella affinis</i> Kützing	1	0,00
<i>C. cesatii</i> (Rabenhorst) Grunow	2	0,01
<i>C. cistula</i> (Ehrenberg) Kirchner	1	0,00
<i>C. gracilis</i> (Ehrenberg) Kützing	244	0,74
<i>C. hebridica</i> (Grunow) Cleve	19	0,06
<i>C. leptoceros</i> (Ehrenberg) Kützing	1	0,00

Taxons	Nb. Total cellules / espèce	%
<i>C. minuta</i> Hilse ex Rabenhorst	38	0,12
<i>C. naviculacea</i> Grunow	27	0,08
<i>C. naviculiformis</i> Auerswald	12	0,04
<i>C. norvegica</i> Grunow	1	0,00
<i>C. proxima</i> Reimer	1	0,00
<i>C. silesiaca</i> Bleisch	12	0,04
<i>C. subaequalis</i> Grunow	2	0,01
<i>C. subcuspidata</i> Krammer	6	0,02
<i>Diatoma hyemalis</i> (Roth) Heiberg	3	0,01
<i>D. mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing	332	1,01
<i>Diploneis elliptica</i> (Kützing) Cleve	9	0,03
<i>D. oblongella</i> (Naegeli) Cleve-Euler	43	0,13
<i>D. ovalis</i> (Hilse) Cleve	6	0,02
<i>Epithemia sorex</i> Kützing	2	0,01
<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg	11	0,03
<i>E. bilunaris</i> (Ehrenberg) Souza	646	1,97
<i>E. bilunaris</i> var. <i>mucophila</i> Lange- Bertalot, Nörpel et Alles	349	1,06
<i>E. diodon</i> Ehrenberg	3	0,01
<i>E. exigua</i> (Brébisson) Rabenhorst	39	0,12
<i>E. exigua</i> var. <i>tenella</i> (Grunow) Nörpel et Alles	2563	7,82
<i>E. flexuosa</i> (Brébisson) Kützing	47	0,14
<i>E. glacialis</i> Meister	730	2,23
<i>E. hexaglyphis</i> Ehrenberg	92	0,28
<i>E. incisa</i> Gregory	1836	5,60
<i>E. intermedia</i> (Krasske ex Hustedt) Nörpel et Lange-Bertalot	770	2,35
<i>E. minor</i> (Kützing) Grunow	169	0,52
<i>E. monodon</i> Ehrenberg	34	0,10
<i>E. nymanniana</i> Grunow	387	1,18
<i>E. paludosa</i> Grunow var. <i>trinacria</i> (Krasske) Nörpel et Alles	1602	4,89
<i>E. parallela</i> Ehrenberg	4	0,01
<i>E. praerupta</i> Ehrenberg	91	0,28
<i>E. rhomboidea</i> Hustedt	59	0,18
<i>E. septentrionalis</i> Oestrup	70	0,21
<i>E. serra</i> Ehrenberg	243	0,74
<i>E. serra</i> var. <i>tetraodon</i> (Ehrenberg) Nörpel	46	0,14
<i>E. soleirolii</i> (Kützing) Rabenhorst	66	0,20
<i>E. sp.</i>	1	0,00
<i>E. steineckii</i> Petersen	2204	6,72
<i>E. ursamaioris</i> Lange-Bertalot et Nörpel-Schempp	3	0,01
<i>Fragilaria arcus</i> (Ehrenberg) Cleve	12	0,04
<i>F. capucina</i> Desmazières	586	1,79
<i>F. capucina</i> var. <i>septentrionalis</i> (Oestrup) Lange-Bertalot	143	0,44
<i>F. constricta</i> Ehrenberg	582	1,78
<i>F. elliptica</i> Schumann	67	0,20
<i>F. pulchella</i> (Ralfs ex Kützing) Lange-Bertalot	51	0,16
<i>F. ulna</i> (Nitzsch) Lange-Bertalot	18	0,05
<i>F. virescens</i> Ralfs	2093	6,38
<i>Frustulia crassinervia</i> (Brébisson) Lange-Bertalot et Krammer	528	1,61
<i>F. krammeri</i> Lange-Bertalot et Metzeltin	117	0,36
<i>F. saxonica</i> Rabenhorst	471	1,44
<i>F. viridula</i> (Kützing) Ehrenberg	154	0,47

Taxons	Nb. Total cellules / espèce	%	Taxons	Nb. Total cellules / espèce	%
<i>F. vulgaris</i> (Thwaites) De Toni	11	0,03	<i>Peronia sp.</i>	3	0,01
<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg	1	0,00	<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agardh) Cleve	195	0,59
<i>G. affine</i> Kützing	7	0,02	<i>P. borealis</i> Ehrenberg	30	0,09
<i>G. angustatum</i> (Kützing) Rabenhorst	4	0,01	<i>P. brandelii</i> Cleve	1	0,00
<i>G. angustum</i> Agardh	22	0,07	<i>P. brevicostata</i> Cleve	7	0,02
<i>G. clavatum</i> Ehrenberg	237	0,72	<i>P. divergens</i> W. Smith	292	0,89
<i>G. gracile</i> Ehrenberg	94	0,29	<i>P. divergentissima</i> (Grunow) Cleve	17	0,05
<i>G. hebridense</i> Gregory	82	0,25	<i>P. gibba</i> Ehrenberg	13	0,04
<i>G. minutum</i> (Agardh) Agardh	3	0,01	<i>P. gigas</i> Ehrenberg	6	0,02
<i>G. parvulum</i> Kützing	124	0,38	<i>P. hemiptera</i> (Kützing) Rabenhorst var. <i>inconstans</i> Hustedt	102	0,31
<i>G. rhombicum</i> M. Schmidt	14	0,04	<i>P. kneuckerii</i> Hustedt	31	0,09
<i>G. truncatum</i> Ehrenberg	3	0,01	<i>P. lata</i> (Brébisson) Rabenhorst	3	0,01
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kützing) Rabenhorst	1	0,00	<i>P. maior</i> (Kützing) Rabenhorst	65	0,20
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow	26	0,08	<i>P. mesolepta</i> (Ehrenberg) W. Smith	9	0,03
<i>Kobayasiella subtilissima</i> (Cleve) Lange-Bertalot	1902	5,80	<i>P. microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	313	0,95
<i>Luticola cohnii</i> (Hilse) Mann	1	0,00	<i>P. nobilis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg	5	0,02
<i>L. goeppertiana</i> (Bleisch) Mann	1	0,00	<i>P. nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith	24	0,07
<i>Melosira varians</i> Agardh	10	0,03	<i>P. pseudogibba</i> Krammer	4	0,01
<i>Meridion circulare</i> (Greville) Agardh var. <i>constrictum</i> (Ralfs) Van Heurck	79	0,24	<i>P. rupestris</i> Hantzsch	267	0,81
<i>Navicula angusta</i> Grunow	40	0,12	<i>P. schroederii</i> (Hustedt) Krammer	5	0,02
<i>N. begerii</i> Krasske	33	0,10	<i>P. similis</i> Hustedt	1	0,00
<i>N. cocconeiformis</i> Gregory ex Greville	2	0,01	<i>P. sp.</i>	1	0,00
<i>N. costulata</i> Grunow	1	0,00	<i>P. stomatophora</i> (Grunow) Cleve	46	0,14
<i>N. cryptocephala</i> Kützing	16	0,05	<i>P. streptoraphe</i> Cleve	13	0,04
<i>N. festiva</i> Krasske	305	0,93	<i>P. subcapitata</i> Gregory var. <i>elongata</i> Krammer	567	1,73
<i>N. gregaria</i> Donkin	9	0,03	<i>P. subgibba</i> Krammer	13	0,04
<i>N. lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	1	0,00	<i>P. subrostrata</i> (Cleve) Cleve-Euler	1	0,00
<i>N. lenzii</i> Hustedt	2	0,01	<i>P. sudetica</i> (Hilse) Hilse	7	0,02
<i>N. leptostriata</i> Jorgensen	12	0,04	<i>P. transversa</i> (A. Schmidt) Mayer	40	0,12
<i>N. oblonga</i> Kützing	1	0,00	<i>P. viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg	354	1,08
<i>N. protractoides</i> Hustedt	1	0,00	<i>Planothidium lanceolatum</i> (Brébisson) ex Kützing) Lange-Bertalot	12	0,04
<i>N. reinhardtii</i> (Grunow) Grunow	4	0,01	<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot	1	0,00
<i>N. rhynchocephala</i> Kützing	12	0,04	<i>Sellaphora pupula</i> (Kützing) Mereschkowsky	4	0,01
<i>N. soehrensensis</i> Krasske	10	0,03	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg	16	0,05
<i>N. striolata</i> (Grunow) Lange-Bertalot	2	0,01	<i>S. gracilis</i> Ehrenberg	19	0,06
<i>N. stroemii</i> Hustedt	14	0,04	<i>S. legumen</i> (Ehrenberg) Kützing	1	0,00
<i>N. submuralis</i> Hustedt	75	0,23	<i>S. phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg	20	0,06
<i>N. tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory	6	0,02	<i>Stenopterobia curvula</i> (W. Smith) Krammer	16	0,05
<i>N. trivialis</i> Lange-Bertalot	3	0,01	<i>S. delicatissima</i> (Lewis) Brébisson ex Van Heurck	10	0,03
<i>N. weinzierlii</i> Schimanski	5	0,02	<i>Surirella angusta</i> Kützing	1	0,00
<i>Neidium alpinum</i> Hustedt	23	0,07	<i>S. bifrons</i> Ehrenberg	2	0,01
<i>N. ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer	8	0,02	<i>S. biseriata</i> Brébisson	13	0,04
<i>N. bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve	52	0,16	<i>S. linearis</i> W.M. Smith	32	0,10
<i>N. dubium</i> (Ehrenberg) Cleve	2	0,01	<i>S. ovalis</i> Brébisson	2	0,01
<i>N. iridis</i> (Ehrenberg) Cleve	14	0,04	<i>S. minuta</i> Brébisson	2	0,01
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow	6	0,02	<i>S. roba</i> Leclercq	78	0,24
<i>N. constricta</i> (Kützing) Ralfs	1	0,00	<i>S. splendida</i> (Ehrenberg) Kützing	1	0,00
<i>N. fasciculata</i> Grunow	111	0,34	<i>Tabellaria fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	135	0,41
<i>N. linearis</i> (Agardh) W. Smith	1	0,00	<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	1701	5,19
<i>N. perminuta</i> (Grunow) M. Peragallo	36	0,11	<i>T. ventricosa</i> Kützing	11	0,03
<i>N. sinuata</i> (Thwaites) Grunow var. <i>delognei</i> (Grunow) Lange-Bertalot	2	0,01			
<i>Orthoseira roeseana</i> (Rabenhorst) O'Meara	5	0,02			

Analyse préliminaire partielle

La comparaison des peuplements de Diatomées entre divers groupes de Sphaignes ou de Mousses, ou entre divers niveaux d'immersion / émergence doit permettre, a priori, de mettre en évidence des taxons appartenant spécifiquement à un groupe de Bryophytes ou à un niveau d'immersion. Toutefois cette comparaison, pour être correcte, doit se faire à partir d'un nombre de prélèvements identiques, vu qu'il existe une relation de type logarithmique entre le nombre de taxons et le nombre de prélèvements (Daget 1976, Bertrand *et al.* 1999, Bertrand 2003). En conséquence, les comparaisons ont été effectuées à partir d'un nombre sensiblement égal de prélèvements dans chaque cas, afin d'éviter d'apporter des biais. Le nombre de couples disponibles s'en trouve limité (Tabl. I, IV).

Ainsi, la comparaison entre *Warnstorfia exannulata* (Mousse immergée) et *Sphagnum rubellum* (Sphaigne émergée jusqu'à une hauteur de 1 m), de 14 et 13 prélèvements chacun, montre que le nombre de taxons communs est proche de 50 % pour une abondance relative de 95 %. Les taxons spécifiques de *Warnstorfia exannulata* sont de 19,4 % (abondance 2,8 %) et ceux de *Sphagnum rubellum* de 30,2 % (abondance 2,5 %). De même, la comparaison entre *Rhynchostegium riparoides* et *Sphagnum subsecundum* (5 prélèvements immergés chacun), conduit à un résultat semblable au précédent : 45,2 % de taxons en commun et une abondance relative de 91,3 %. Cependant, la part des taxons spécifiques à chaque Bryophyte est différente pour ce qui est de la fréquence des taxons : *Rhynchostegium riparoides* héberge 36,7 % des espèces (abondance de 2,6 %) et *Sphagnum subsecundum* en héberge 14,4 % (abondance de 0,7 %). La comparaison de 2 Mousses immergées, *Rhynchostegium riparoides* et *Fontinalis squamosa*,

conduit au même résultat : fréquence des taxons communs de 51,5 % et abondance de 87,6 %. Dans ce cas, les taxons de Diatomées spécifiques des Mousses ont des fréquences semblables (25,3 % et 23,2 %), avec une abondance de 1,9 % pour *R. riparoides*, mais de 10,5 % pour *F. squamosa*. La comparaison entre 2 prélèvements d'une Mousse (*Pseudobryum cinclidioides*) et 2 prélèvements d'une Sphaigne (*Sphagnum angustifolium*) donne 41,9 % de fréquence commune et 81,5 % d'abondance relative. Par contre, les taxons spécifiques de *P. cinclidioides* ont une fréquence de 40,7 % et seulement de 17,4 % pour *S. angustifolium*. Dans les 2 cas, les abondances spécifiques sont négligeables : 3 % et 1 %. Enfin, la comparaison entre 3 Sphaignes à des niveaux d'émergence différents : *Sphagnum angustifolium* (0,00 m), *S. magellanicum* (+ 0,20 m) et *S. papillosum* (+ 0,25 m) montre une fréquence commune des taxons de 30,7 % pour une abondance de 92,3 %, alors que la fréquence des taxons spécifiques est pour chacun de 17 % avec une abondance de 1 à 1,6 %.

Ainsi cette analyse exploratoire partielle montre que deux supports ou deux hauteurs d'émergence ont environ la moitié de leurs taxons diatomiques en commun et que ceux-ci sont numériquement prépondérants (abondance relative voisine de 90 %). Par contre, le nombre de taxons spécifiques peut varier d'un facteur 2 entre supports différents (Mousses ou Sphaignes) à une même hauteur d'émergence, ou ne pas être similaire entre 2 espèces de Mousse à une même hauteur, ou entre trois espèces de Sphaignes à des hauteurs différentes. Dans tous les cas ces taxons spécifiques offrent une abondance relative très faible (0,7 à 3,3 %), sauf chez la Mousse *Fontinalis squamosa* où elle atteint 10,5 %. On peut donc suspecter dans ce peuplement diatomique une ou plusieurs sources d'hétérogénéité liées à la nature du support bryophytique

Tabl. IV. – Comparaisons des peuplements diatomiques entre les divers supports (Sphaignes, Mousses et Hépatiques).
Comparisons of diatom populations among the various substrates (*Sphagnum*, mosses and hepatics).

Bryophytes- Taxons	Nombre de taxons par support	Nombre de taxons total	Abondance relative	Nombre de taxons communs	Abondance relative	Nombre de taxons spécifiques	Abondance relative	Nombre de prélèvements	
<i>Warnstorfia exannulata</i>	90	129	11741	65	5918	11130	25	323	14
<i>Sphagnum rubellum</i>	104				5212		39	288	13
<i>Rhynchostegium riparoides</i>	75	90	4453	41	1959	4065	33	305	5
<i>Sphagnum subsecundum</i>	56				2106		13	83	5
<i>Sphagnum angustifolium</i>	52				1163		15	39	3
<i>S. magellanicum</i>	51	88	3807	27	1186	3515	15	49	3
<i>S. papillosum</i>	55				1166		15	58	3
<i>Pseudobryum cinclidioides</i>	71	86	2824	36	1237	2301	35	385	3
<i>Sphagnum angustifolium</i>	51				1064		15	121	3
<i>Rhynchostegium riparoides</i>	77	99	3952	51	2264	3461	25	75	5
<i>Fontinalis squamosa</i>	74				1688		23	416	4

et éventuellement à la hauteur d'émergence du support.

Cette dernière source d'hétérogénéité s'est révélée par une approche différente. En effet, pour 21 récoltes, nous avons calculé l'abondance absolue des Diatomées en référence à un poids sec unitaire de support (Fig. 2). On constate une abondance extrêmement variable en fonction de la hauteur d'émergence. Le rapport des abondances absolues entre les niveaux extrêmes d'immersion (-0,10 m) et d'émergence (+ 0,90 m) est de 1/16 800 par g de matière sèche ; en outre la valeur de H' est curieusement très élevée dans les récoltes du niveau extrême 0,90 m (Fig. 3). Cette donnée remarquable pourra nous amener à nuancer des conclusions obtenues à partir des abondances relatives.

Analyses factorielles et groupements hiérarchiques

Le tableau des données se compose de 76 lignes-récoltes et 124 colonnes-taxons. Ces 76 récoltes relèvent de 3 modalités correspondant à 3 agencements différents ; elles peuvent être agencées soit en 11 sites comportant chacun de 1 à 15 récoltes ; soit selon 13 espèces ou genres de supports végétaux (Bryophytes) comportant chacun de 2 à 13 récoltes ; ou encore selon la hauteur du support immergé ou non (2 niveaux immergés et 4 niveaux

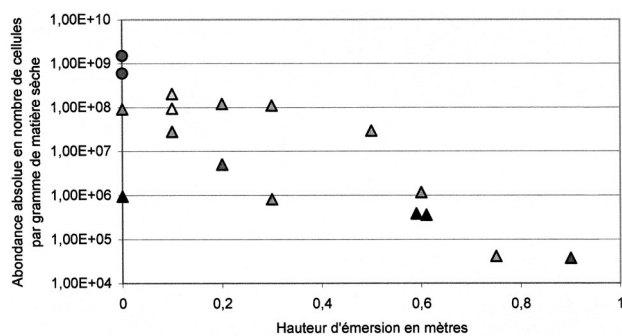
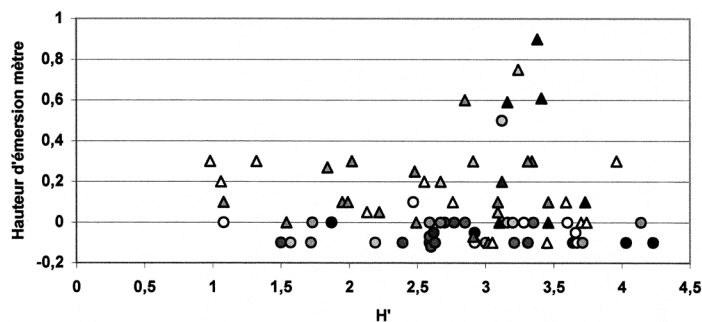


Fig. 2. – Relation entre l'abondance absolue et la hauteur d'émergence des Diatomées.
Relation of absolute abundance according to the height of emergence of the diatoms.



←
Fig. 3. – Relation entre H' et le niveau d'émergence ou d'immersion.
Relation of H' according to the emergence/immersion level

émergés), avec 6 à 24 récoltes chacun. Après une Analyse Factorielle des Correspondances dite « mélangée » (Doledec & Chessel 1989), nous avons effectué 3 AFC dites « groupées » ou « inter » en couplant le tableau de départ avec chacune des modalités. On constate ainsi que les supports expliquent 20,8 % de l'inertie totale, les sites 17,5 % et les hauteurs d'émergence 7,9 %.

Nous examinerons 2 des principales modalités en résumant ces analyses par des procédures de groupements hiérarchiques (Roux 1985).

Analyse intersupports

L'axe 1 de l'analyse intersupports résume 25 % de l'inertie partielle, l'axe 2, 18,2 % et l'axe 3, 13 %. L'axe 1 oppose très nettement les Mousses et les Hépatiques d'une part, les Sphaignes d'autre part. Ces Bryophytes pour lesquelles l'axe 1 explique le maximum d'inertie sont d'une part les Mousses *Warnstorfia exanulata* et *Rhynchostegium riparoides*, d'autre part diverses espèces de Sphaignes (regroupées), *Sphagnum angustifolium* et *S. subsecundum*. Une procédure d'agglomération hiérarchique selon le moment d'ordre 2 (= variance) a été appliquée aux coordonnées des récoltes et des taxons sur les 3 premiers facteurs. Cinq groupes ont été mis en relief (Fig. 4) :

– Le groupe 1 est composé de 18 récoltes de Sphaignes, à l'exception de *Sphagnum rubellum* et *S. denticulatum*. Il est lié fortement à l'axe 1 pour lequel les taxons dont les contributions et l'abondance relative les plus marquantes sont : *Kobayasiella subtilissima* (12,3 %), *Eunotia glacialis* (4,9 %), *Chamaepinnularia mediocris* (14,4 %), *Eunotia steineckii* (20,8 %), *E. paludosa* var. *trinacria* (14,5 %).

– Le groupe 2 rassemble 8 récoltes sur 13 de la Mousse *Warnstorfia exanulata*. Ce groupe est fortement lié à l'axe 2 et les taxons sont : *Frustulia saxonica* (8,7 %), *Brachysira brebissonii* (8,6 %), *Eunotia hexaglyphis* (0,8 %), *Fragilaria constricta* (9,7 %).

– Le groupe 3 est composé de 5 récoltes dont 4 concernent la Mousse *Fontinalis squamosa*. Les Diatomées associées sont largement dominées par *Fragilaria capucina* var. *septentrionalis* (6,7 %).

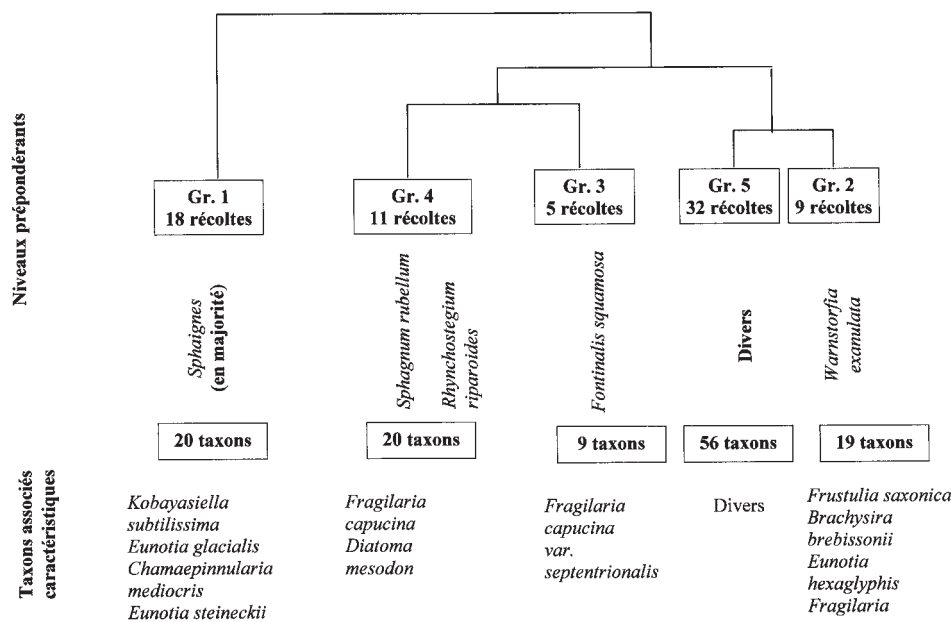


Fig. 4. – Groupement hiérarchique des récoltes selon leurs supports et des taxons correspondants, à partir de leurs coordonnées factorielles sur les 3 premiers axes de l'AFC intersupports.
Hierarchical grouping of samplings according to their supports and corresponding taxa, from their factorial coordinates on the first three axes of the AFC inter-supports.

– Le groupe 4 rassemble des récoltes de *Sphagnum rubellum* et de *Rhynchosstegium riparoides*. Les taxons associés offrant une abondance relative importante sont : *Fragilaria capucina* (8,0 %) et *Diatoma mesodon* (4,2 %).

Les 32 récoltes non classées et les 56 taxons correspondants forment un dernier groupe ininterprétable ; ils se situent au voisinage du centre de gravité du nuage de dispersion ; ils n'appellent pas de commentaire.

Les 4 groupes retenus montrent des liens sans équivoque entre les espèces de Bryophytes et de Diatomées mentionnées ; pour ces dernières (et pour d'autres non citées car d'abondance relative faible), l'abondance relative est au minimum 3 fois plus élevée que dans le reste des récoltes.

Analyse interniveaux

L'axe 1 de l'analyse interniveaux, en résumant 37,7 % de l'inertie partielle, oppose le niveau immergé – 0,10 m aux niveaux émergés 0,10, 0,30 et 0,50 m. L'axe 2 en résumant 26,1 % de l'inertie, oppose le niveau émergé extrême (0,90 m) et une partie des récoltes du niveau zéro, à l'ensemble des autres récoltes. Le reste des récoltes du niveau zéro se situant au voisinage de l'origine des axes, l'axe exprime un gradient d'immersion/émersion, du moins entre – 0,10 et + 0,50 m.

Comme lors de l'analyse intersupports, la même procédure de groupement hiérarchique permet de

mettre en relief 3 groupes de taxons correspondant à 3 groupes de niveaux (Fig. 5).

Le groupe 1 rassemble 26 récoltes dont 20 relèvent du niveau – 0,10 m et les 6 autres du niveau zéro. Les taxons correspondants sont : *Eunotia incisa* (11,0 %), *Tabellaria flocculosa* (10,5 %), *Fragilaria constricta* (4,6 %), *Frustulia saxonica* (3,3 %), *Cymbella gracilis* (1,3 %) et *Fragilaria capucina* var. *septentrionalis* (1,1 %).

Le groupe 2 rassemble 11 récoltes dont 5 (sur 6 disponibles) appartenant au niveau émergé extrême (0,90 m), 5 autres au niveau zéro et une au niveau – 0,10 m. Les taxons correspondants sont *Fragilaria virescens* (14,0 %), *Eunotia intermedia* (12,0 %), *Fragilaria capucina* (7,5 %), *Diatoma mesodon* (3,9 %), *Cocconeis placentula* (3,9 %), *Eunotia minor* (2,6 %), *Meridion circulare* (1,1 %) et *Hantzschia amphioxys* (0,5 %).

Le groupe 3 enfin rassemble 38 récoltes dont celles des niveaux 0,00 et 0,50 m, la majorité de celles du niveau 0,10 m et quelques-unes relevant des autres niveaux. Les taxons correspondants sont : *Eunotia paludosa* var. *trinacria* (9,7 %) et *Pinnularia rupestris* (0,9 %).

Dans tous les cas, les taxons mentionnés ci-dessus offrent dans chacun des groupes dont ils relèvent, une abondance relative au moins 3 fois plus élevée que les Diatomées du reste des récoltes. Autant l'ordonnement opéré par l'axe 1, selon un gradient immersion/émersion, et la cohérence du groupe 1 (niveau –0,10m) sont satisfaisants, autant

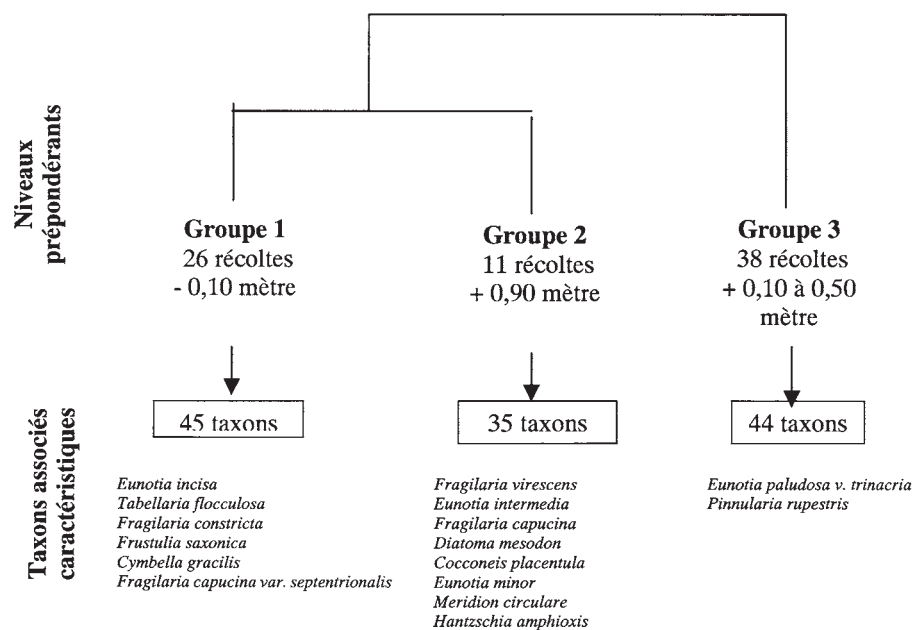


Fig. 5. – Groupement hiérarchique des récoltes selon leurs niveaux et des taxons correspondants, à partir de leurs coordonnées factorielles sur les 2 premiers axes de l’AFC inter-niveaux.

Hierarchical grouping of samplings according to their levels and corresponding taxa, from their factorial coordinates on the first two axes of the AFC inter-levels.

le regroupement des récoltes émergées extrêmes (+0,90 m) avec les récoltes du niveau zéro (groupe 2) est difficilement compréhensible et sera discuté.

Tabl. V. – Comparaisons des peuplements diatomiques entre les divers lieux de prélèvements.

Comparisons of diatom populations among the various places of sampling.

Analyse Intersites

Bien que 17,5 % de la dispersion des valeurs soit imputable à la diversité des 11 tourbières, ce facteur d’hétérogénéité ne sera pas analysé comme les précédents ; en effet, d’une part nous ne disposons d’aucune donnée susceptible de caractériser chaque tourbière (hormis sa position géographique) et donc d’interpréter les résultats, d’autre part l’échantillonnage ne suit aucun plan et reste exploratoire. Néanmoins nous avons comparé le peuplement diatomique des tourbières prises 2 à 2 sous la contrainte d’un nombre de récoltes similaires. Nous disposons ainsi de 5 couples de tourbières (Tabl. V). Nous remarquons que dans chaque couple, les deux tourbières ont la moitié de leurs taxons diatomiques en commun, et de 20 à 40 % de taxons caractéristiques. La tourbière Cassini, bien qu’isolée à l’est des autres tourbières, ne s’en différencie pas. Seule la tourbière des Nassettes se singularise par un faible pourcentage de taxons caractéristiques (12,5 %) ; cette particularité tient à l’espèce *Eunotia intermedia* fort prépondérante dans ce site mais beaucoup plus rare ailleurs. Hormis ces observations, nous n’envisagerons pas plus avant l’influence éventuelle de ce facteur « sites ».

Tourbières sources	Nombre de prélèvements	Total des 2 sources	Total de chaque source	Espèces communes	Espèces spécifiques
Nassettes	5	104	62	49	13
Grand Jas	6		91		42
Pontel	14	132	83	61	21
Galadet	15		111		50
Cougnet	7	112	78	54	34
Combe Sourde	7		88		24
Cassini	4	70	57	35	22
Combe Cordiale	4		48		13
Pontel	14	134	82	56	26
Peschio	11		108		52

DISCUSSION ET CONCLUSION

La comparaison des colonisations diatomiques sur les différentes Bryophytes montre une répartition qui semble uniforme. Dans les comparaisons 2 à 2, de Mousses et de Sphaignes, d’Hépatiques et de Sphaignes, d’Hépatiques et de Mousses ou de Sphaignes de différents niveaux d’émergence, entre

45 et 50 % des taxons sont communs avec une abondance relative voisine de 81 % à 95 %. Par contre, la fréquence des Diatomées spécifiques à l'une ou l'autre des espèces de Bryophytes s'échelonne de 15 % à 42 % pour une abondance relative extrêmement faible, située entre 0,7 et 3 %, et un maximum de 10 % pour *Fontinalis*. Ceci est à relier aux 33,7 % de taxons qui ne représentent que 2,7 % de l'abondance relative. Chez *Fontinalis squamosa*, une communauté indifférenciée extrêmement large de Diatomées, colonisant probablement tous les milieux en fonction des possibilités architecturales des Bryophytes, semble exister, mais ceci reste à démontrer. Quant au problème de l'immersion / émergence, s'il est bien analysé par l'AFC et sépare correctement les appartenances à l'une ou l'autre des grandes catégories, il est compliqué du fait de la position des récoltes du niveau + 0,90 m au-dessus de la nappe d'eau, qui devrait, en toute logique, se situer dans la partie émergence. Ce groupe est constitué de Diatomées appartenant à tous les milieux y compris ceux qualifiés de non acide. Nous pensons que cette incohérence est due en partie au mode de dénombrement et aux calculs portant sur les abondances relatives. En effet, pour obtenir les 400 cellules lors du comptage, une grande surface de la lamelle est parcourue. Tous les taxons isolés rentrent ainsi dans le comptage. Par contre, lorsque l'abondance absolue est forte, les 400 cellules sont comptées sur une petite surface et les taxons rares sont enregistrés très rarement s'il y a dominance d'un taxon, diminuant ainsi la richesse spécifique et du même coup l'indice de diversité de Shannon & Weaver. C'est pourquoi se trouvent dans ce niveau extrême d'émergence des taxons de tous les milieux et certains probablement apportés par le vent. La faiblesse de l'abondance absolue, à ce niveau d'émergence peut s'expliquer également par l'assèchement des sommets des « touradons » en période estivale.

L'immense plateau constituant les sommets du Mont Lozère, qui abrite un nombre très élevé de tourbières, est un domaine relativement pauvre en taxons de Diatomées. Toutefois, celles-ci constituent une population acidophile très riche et même exceptionnelle en comparaison aux autres tourbières qui ont fait l'objet d'un dénombrement algal (Dell'Uomo 1992, Iserentant 1997, 2001, Wojtal *et al.* 1999, Wuthrich & Matthey 1978a, b). Les Diatomées qualifiées d'épiphytes ne sont inféodées à aucun taxon spécifique de Bryophyte. Tout au plus une faible différence de peuplement a été observée entre les Mousses et les Sphaignes. Ces dernières seraient plutôt colonisées par des Diatomées à tendance aérophile. Il semble bien que les colonies de Diatomées se développent en fonction de l'architecture de la Bryophyte (nombreuses niches écologiques à l'échelle des Diatomées) plutôt que de leur nature biologique. La différence de population entre l'immersion et l'émergence est également

faible et un peu moins marquée que dans le cas des supports. Certains taxons semblent en effet préférer l'immersion absolue et il y a raréfaction considérable de l'abondance absolue à partir de 0,30 m au-dessus de la nappe d'eau. Il semble également qu'il y ait peu de différence entre les peuplements diatomiques dans les différentes tourbières, même fortement éloignées les unes des autres. Cette uniformité est probablement due au transfert des cellules, d'une part par les animaux qui pâturent, les Insectes et les Oiseaux (Wuthrich & Matthey 1980), et d'autre part, par la présence de vents violents pendant une grande partie de l'année, probablement aussi de par l'homogénéité de la nature lithologique du plateau granitique, qui induit une faible variabilité de la qualité physico-chimique des eaux de ruissellement. La seule différence qui semble exister serait due à la présence de nitrates dans certaines tourbières (centre du Massif et Nassettes), justifiant ainsi la présence régulière de *Pinnularia microstauron*, qui est une Diatomée polysaprobe (Prygiel & Coste 2000).

REMERCIEMENTS. – Les auteurs remercient particulièrement le Dr P Boudier du Muséum d'Histoire Naturelle de Chartres ainsi que le Dr J Bardat du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris pour leur aide précieuse dans la recherche et la détermination des Bryophytes. Nous remercions également les correcteurs qui ont bien voulu relire le manuscrit et apporter d'utiles recommandations.

RÉFÉRENCES

- Bertrand J 2003. Étude de la dynamique des populations de Diatomées (Bacillariophycées) sur le déversoir du canal d'Orléans à Combleux (Loiret, France) en relation avec la pluviométrie du massif forestier. *Symbioses* 8: 29-38.
- Bertrand J, Renon JP, Monnier O 1999. Les Diatomées des sources du rebord karstique de la Beauce de la région Orléanaise. *Symbioses* 1: 3-14.
- Cemagref 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux. Rapport Q. E. Lyon, Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse – Cemagref, Lyon, 218 p.
- Compère P 1966. Observations sur les algues des groupements à Sphaignes des Hautes-Fagnes de Belgique. *Bull Jardin Bot Etat Bruxelles* 36: 5-51.
- Corley MFV, Crundwell AC, Düll R, Hill MO, Smith AJE 1982. Mosses of Europe and the Azores : an annotated list of species, with synonyms from the recent literature. *J Bryol* 11: 609-689.
- Corley MFV, Crundwell AC 1991. Additions and amendments to the mosses of Europe and Azores. *J Bryol* 16: 337-356.
- Daget J 1976. Les modèles mathématiques en écologie. Masson, Paris. Coll d'Ecologie 8, 172 p.
- Dell'Uomo A 1981. Studio algologico del bacino torbosopalustre del Laghestel (Trento). *St Trent Sci Nat Acta Biol* 58: 169-230.

- Dell'Uomo A 1992. Diatomées de quelques tourbières du nord de l'Italie et leur réponse dans différentes conditions du milieu ambiant. *Nova Hedwigia* 54: 503-513.
- Denys L, Beyens L 1987. Some diatoms and their assemblages from the Angmagssalik region, south-east Greenland. *Nova Hedwigia* 45: 389-413.
- Doledec S, Chessel D 1989. Rythmes saisonniers et composantes stationnelles en milieu aquatique. II Prise en compte et élimination d'effets dans un tableau faunistique. *Acta Oecol / Oecol Gen* 10: 207-232.
- Gérard AC 1993. Étude des peuplements de Diatomées dans la Réserve naturelle Domaniale des Anciennes Troufferies (Libin). Mém Licence Sci Bot. Unité Écol Biogéographie. Fac Sci, Univ Catholique Louvain, Belgique, 66 p.
- Grolle R 1983. Hepatics of Europe including the Azores ; an annotated list of species with synonyms from the recent literature. *J Bryol* 12: 403-459.
- Hasegawa Y 1993. Diatom thanatocoenoses from *Pisidium nipponense* Kuroda – Diatoms from the *Sphagnum*-bog at the Ogenashi of the Nishikubiki mountain mass located in the south-western part of Niigata prefecture, central Japan. *Diatom* 8: 71-77.
- Iserentant R 1997. Chapitre IV – La flore – Les Diatomées (Bacillariophyceae) 1: Inventaire floristique. In La réserve naturelle domaniale des « Prés du Haut Sommerain » Houffalize, Région Wallonne. Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement. Conservation de la Nature, Trav n° 17: 63-78.
- Iserentant R 2001. Chapitre IV – Aperçu sur la Flore – Les algues 2: Les Diatomées (Bacillariophyceae). In La réserve naturelle domaniale de « La Fange aux Mochettes (La Roche) », Région Wallonne. Direction générale des ressources naturelles et de l'environnement, Division de la Nature et des Forêts, Trav n° 24: 41-55.
- Krammer K 1992. *Pinnularia*: eine Monographie der Europäischen Taxa. *Biblioth Diatomol* 26, 353 p.
- Krammer K, Lange-Bertalot H 1986. Bacillariophyceae. Teil 1 : Naviculaceae. In Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, Süßwasserflora von Mitteleuropa 2 (1). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 876 p.
- Krammer K, Lange-Bertalot H 1988. Bacillariophyceae. Teil 2 : Epithemiaceae, Surirellaceae. In Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, Süßwasserflora von Mitteleuropa 2 (2). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 596 p.
- Krammer K, Lange-Bertalot H 1991a. Bacillariophyceae. Teil 3 : Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In Ettl H, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, Süßwasserflora von Mitteleuropa 2 (3). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 576 p.
- Krammer K, Lange-Bertalot H 1991b. Bacillariophyceae. Teil 4 : Achnanthaceae, Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. In Ettl H, Gärtner G, Gerloff J, Heynig H, Mollenhauer D eds, Süßwasserflora von Mitteleuropa 2 (4). Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, 437 p.
- Lange-Bertalot H 1993. 85 Neue Taxa und über 100 weitere neu definierte Taxa ergänzend zur Süßwasserflora von Mitteleuropa Vol. 2 (1-4). *Biblioth Diatomol* 27, 454 p.
- Mieno K, Tuji A, Ohtsuka T, Hyodo K, Bando T 1997. Diatom flora of Kurozo-moor, Tokushima Prefecture. *Diatom* 13: 147-160.
- Pouličková A, Hájková P 2004. Factors influencing distribution of moss diatom assemblages. 18. Tagung Deutschsprachiger Diatomologen. 26-28. 03: 2.
- Prygiel J, Coste M 1995. Les Diatomées et le diagnostic de la qualité des eaux continentales : les principales méthodes indicielles. *Vie Milieu* 45: 179-186.
- Prygiel J, Coste M 2000. Guide méthodologique pour la mise en œuvre de l'Indice Biologique Diatomées NF T 90-354. Cemagref, Agences de l'Eau, 134 p + 89 pl + cd rom TAX'IBD français/anglais.
- Roux M 1985. Algorithmes de classification. Masson, Paris, 151 p.
- Shannon CE, Weaver W 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, 117 p.
- Thioulouse J, Chessel D, Doledec S, Olivier JM 1997. ADE-4 : a multivariate analysis and graphical display software. *Stat Comput* 7: 75-83.
- Togashi T, Ichimura T 1997. Diatom Flora in Kushiro Mire, Hokkaido. *Diatom* 13: 129-145.
- Van de Vijver B, Beyens L 1997. The epiphytic diatom flora of mosses from Stromness Bay area, South Georgia. *Polar Biol* 17: 492-501.
- Van de Vijver B, Beyens L 1999a. Biogeography and ecology of freshwater diatoms in Sub-Antarctica : a review. *J Biogeography* 26: 993-1000.
- Van de Vijver B, Beyens L 1999b. Freshwater diatoms from Ile de la Possession (Crozet Archipelago, Sub-Antarctica) : an ecological assessment. *Polar Biol* 22: 178-188.
- Van de Vijver B, Beyens L 1999c. Moss diatom communities from Ile de la Possession (Crozet, Sub-Antarctica) and their relationship with moisture. *Polar Biol* 22: 219-231.
- Van de Vijver B, Van Kerckvoorde A, Beyens L 2003. Freshwater and terrestrial moss diatom assemblages of the Cambridge area, Victoria Island (Nunavut, Canada). *Nova Hedwigia* 76: 225-243.
- Wojtal A, Witkowski A, Metzeltin D 1999. The diatom flora of the "Bor na Czerwonem" raised peat-bog in the Nowy Targ Basin (Southern Poland). *Fragm Flor Geobot* 44: 167-192.
- Wuthrich M, Matthey W 1978a. Les Diatomées de la tourbière du Cachot (Jura neuchâtelois). I. Etude systématique. *Bull Soc Neuch Sc Nat* 100: 45-60.
- Wuthrich M, Matthey W 1978b. Les Diatomées de la tourbière du Cachot (Jura suisse). II. Associations et distribution des espèces caractéristiques. *Schweiz Z Hydrol* 40: 87-103.
- Wuthrich M, Matthey W 1980. Les Diatomées de la tourbière du Cachot (Jura suisse). III. Etude de l'apport éolien et du transport par les Oiseaux et les Insectes aquatiques. *Schweiz Z Hydrol* 42: 269-284.

Reçu le 25 septembre 2003 ; received September 25, 2003
 Accepté le 25 février 2004 ; accepted February 25, 2004