

## Comparaison des peuplements de diatomées épilithiques de ruisseaux acides en milieu forestier soumis à un amendement de dolomie (Massif Ardennais, Belgique)

A. Loncin<sup>1,2</sup>

L. Leclercq<sup>3</sup>

M. Carnol<sup>4</sup>

J. Remacle<sup>4</sup>

P. Vander Borgh<sup>1</sup>

Mots clés : Bacillariophyceae, diatomées, amendement, ruisseaux, eaux acides, bioindicateurs, *Eunotia*, Ardenne.

Trois à cinq ans après un amendement de dolomie (carbonate calco-magnésien) réalisé en Belgique sur certains bassins versants forestiers du massif ardennais, les diatomées épilithiques ont été prélevées dans deux ruisseaux situés en zone amendée et dans deux ruisseaux en zone non amendée afin de déceler les éventuels changements induits dans les peuplements algaux. On observe des assemblages à *Eunotia* typiques des eaux acides. L'espèce dominante est *Eunotia exigua*, souvent accompagnée par *E. rhomboidea* ou *E. bilunaris*. Dans le cadre de cette étude, aucune influence propre à l'amendement n'a pu être mise en évidence par l'étude de ces bioindicateurs.

**Comparison of epilithic diatom populations from acid streams in a forest catchment treated with dolomite (Ardenne, Belgium)**

Keywords : Bacillariophyceae, diatoms, amendment, streams, acid waters, bioindicators, *Eunotia*, Ardenne.

Three to five years following application of dolomite (calcium magnesium carbonate) on some forest catchments in the belgian area of the Ardenne, epilithic diatoms were sampled in two streams running on treated sites and in two streams running on untreated sites in order to evaluate the possible changes in the algal population. Typical acid water assemblages with *Eunotia* were observed. The dominant species was *Eunotia exigua* often found with *E. rhomboidea* or *E. bilunaris*. In the present study, no influence of the treatment can be demonstrated using these bioindicators.

### 1. Introduction

En vue d'enrayer le phénomène de dépeuplement forestier constaté sur le haut plateau ardennais en Belgique, des épandages de dolomie (3 t/ha de

1. Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Laboratoire de Gestion des Eaux, avenue de Longwy 185, 6700 Arlon, Belgique.  
2. Auteur correspondant : Centre de Recherche Public - Centre Universitaire, CREBS, avenue de la Faïencerie 162a, 1511 Luxembourg, Grand-Duché de Luxembourg.

3. Université de Liège, Station Scientifique des Hautes-Fagnes, rue de Botrange 137, 4950 Robertville, Belgique.

4. Université de Liège, Laboratoire d'Ecologie Microbienne, Institut de Botanique, B22, Sart Tilman, 4000 Liège, Belgique.

$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  et de sulfate de potassium (200 kg/ha de  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ont été réalisés en forêt sur deux bassins versants de ruisseaux acides : d'une part au Waroneu (Hautes-Fagnes) en mai 1992 et d'autre part au Burhé (plateau de la Croix Scaille) en mai 1993 (Anonyme 1994). Deux autres bassins versants proches et de caractéristiques similaires ont été choisis pour observer l'évolution naturelle des écosystèmes, à la Robinette (Hautes-Fagnes) et à la Doucette (Plateau de la Croix Scaille). Des prélèvements de diatomées épilithiques, organismes considérés comme de bons indicateurs de la qualité des eaux acides (Symoens 1957, Battarbee 1984, Fabri & Leclercq 1984, Stevenson et al. 1991, Lancaster et al. 1996), ont été effectués entre octobre 1996 et août 1997 dans dix stations de ces quatre ruisseaux. Ces organismes devraient nous permettre de dé-

celer les différences ou similitudes entre les ruisseaux des deux régions ardennaises et les variations éventuellement induites dans l'écosystème rhithral par l'amendement, après une période de trois à cinq ans.

## 2. Caractéristiques et localisation des sites étudiés

Il a été montré (Fabri & Leclercq 1984) que les ruisseaux de ces régions sont oligotrophes, très acides, riches en acides humiques et peu minéralisés, souvent

bien pourvus en sulfates. Les quatre bassins versants choisis sont similaires du point de vue géologique : roche cambrienne composée de quartzites et de quartzo-phyllades (Anonyme 1994). La vallée du ruisseau Waroneu est plantée en partie d'essences feuillues alors que les trois autres bassin versants sont entièrement enrésinés de *Picea abies* (L.) Karst.

Les deux ruisseaux fagnards, Waroneu et Robinette, présentent une confluence de deux branches (Fig.1). Au Waroneu, trois points de prélèvement ont été sélectionnés : branche Nord (station Wn), branche Sud (sta-

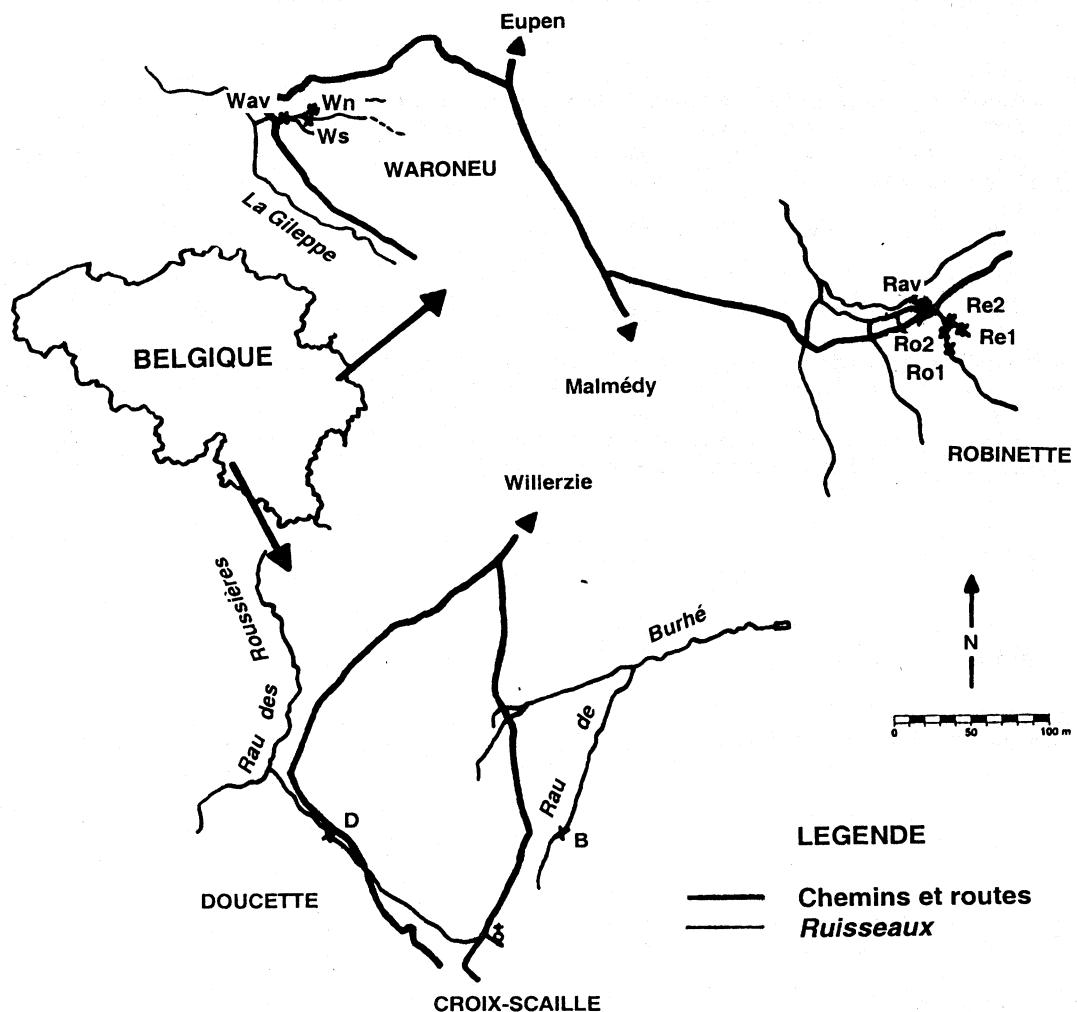


Fig. 1. Localisation des sites étudiés.

Fig. 1. Location of the studied sites.

tion Ws) et aval de la confluence (station Wav). A la Robinette, cinq stations ont été choisies : deux sur la branche Ouest (stations Ro1 et Ro2), deux sur la branche Est (stations Re1 et Re2) et une à l'aval de la confluence (station Rav). Re1 et Ro1 représentent les sites de prélèvement le plus en amont, localisés dans une zone de coupes à blanc et sont donc bien éclairés, tandis que les stations Re2 et Ro2 sont situées en milieu forestier couvert. Une seule station de prélèvement a été échantillonnée pour chacun des ruisseaux du plateau de la Croix Scaille, le Burhé (station B) et la Doucette (station D).

### 3. Matériel et méthodes

Les dix stations de prélèvement ont été échantillonées à huit reprises : en octobre et décembre 1996 et chaque mois de mars à août 1997. Le prélèvement consiste à brosser vigoureusement la face supérieure de quelques pierres ou cailloux choisis dans la zone lenticule. L'échantillon, correspondant à une surface totale d'environ 500 cm<sup>2</sup>, est récupéré par rinçage des pierres et fixé au formol. La matière organique est ensuite éliminée par traitement à l'acide nitrique concentré à chaud. Après plusieurs lavages de l'acide à l'eau distillée, la suspension ne contient plus que les frustules siliceux des diatomées. Après séchage, quelques gouttes de cette suspension sont montées entre lame et lamelle avec du Naphrax. Toutes les espèces présentes sont alors déterminées au microscope optique. Au moins 500 individus sont comptés par préparation. Les espèces présentes mais n'apparaissant pas dans le comptage se voient attribuer par convention une abondance relative de 0,1 %. Les listes floristiques ont été traitées par classification hiérarchique (dendrogramme de similarité) grâce au logiciel Primer v.4.0 (1996) du Plymouth Marine Laboratory.

### 4. Résultats

Pour l'ensemble des quatre ruisseaux, un total de 106 taxons a été recensé (Tableau 1). De nombreux taxons ont été répertoriés dans l'ensemble des dix stations étudiées. Quinze taxons sont considérés comme principaux car ils présentent une abondance relative supérieure à 1 % dans au moins un échantillon. Le tableau 2 reprend l'abondance relative par échantillon de ces 15 taxons. Parmi ceux-ci, le genre *Eunotia* représente généralement plus de 80 % du peuplement, avec principalement *E. bilunaris*, *E. exigua*, *E. rhomboidea* et *E. tenella*. La dominance d'*Eunotia exigua* est nette dans toutes les stations étudiées et durant toute l'année. Cette espèce est généralement accompagnée par

*E. rhomboidea*, sauf dans la branche Ouest de la Robinette où elle est plus souvent associée à *E. bilunaris*. Ce dernier taxon est également bien présent au Burhé, à l'aval de la Robinette et en Re1. Il arrive exceptionnellement en octobre 1996 et en août 1997 que *Tabellaria flocculosa* soit abondante dans le Burhé.

La plus grande diversité est observée en Re2, tandis que la station D est la moins diversifiée.

Le dendrogramme des indices de similarité de Bray-Curtis calculés à partir du tableau 2 (Fig. 2) montre un clivage des échantillons en trois groupes à 70 % seulement. Les différents relevés sont donc très semblables, ce qui paraît logique vu la dominance d'un seul ou plus rarement de deux ou trois taxons : *Eunotia exigua*, *E. rhomboidea* et *E. bilunaris*. Le groupe 1 reprend principalement les échantillons du Waroneu, caractérisés par la présence marquée d'*Achnanthes helvetica* et la faible représentation des deux variétés d'*Eunotia paludosa*. Le groupe 2 réunit la branche Ouest de la Robinette à quelques échantillons de la Robinette aval et du Burhé. Le groupe 3 est composé de la branche Est de la Robinette, de la Doucette et des autres échantillons du Burhé. Les échantillons des groupes 2 et 3 sont caractérisés par une très faible représentation d'*Achnanthes helvetica* et la présence nette d'*Eunotia paludosa*, surtout dans sa variété nominale. Aucune différence n'apparaît entre les sites bien éclairés de la Robinette (Re1 et Ro1) et les sites couverts (Re2 et Ro2). Le Waroneu semble s'individualiser par rapport à la Robinette. Cette observation trouve peut-être son origine dans la couverture forestière des bassins versants. En effet, tous sont plantés d'épicéas (*Picea abies* (L.) Karst.) sauf celui du Waroneu qui est couvert de feuillus (*Fagus sylvatica* (L.)) en aval. Malgré ces considérations, il ne faut pas perdre de vue que tous les échantillons sont similaires à plus de 70 %.

### 5. Discussion et conclusion

Les taxons principaux observés (Tableau 2) sont caractéristiques des milieux acides (Alles et al. 1991, Corring 1993, Kwandrans 1993, Pierre 1996). L'espèce majoritaire, *Eunotia exigua*, est connue comme acidobionte et très résistante aux métaux lourds, notamment l'aluminium (Van Dam 1981, Alles et al. 1991). Or, les ruisseaux étudiés ont un pH proche de 4,0 et des teneurs en aluminium assez élevées, de 0,6 à 1,9 mg Al<sup>+++</sup>/l (Carnol 1997). Cet *Eunotia* trouve donc son optimum de développement et domine dans ces ruisseaux ardennais acides alors que les autres taxons comme *E. paludosa* et *E. bilunaris* supportent probablement moins bien la présence d'aluminium dans l'eau (Alles et al. 1991).

**Tableau 1.** Composition de la flore diatomique et nombre total de taxons recensés dans les dix stations de prélèvements.  
**Table 1.** Composition of the diatom flora and total number of taxa found at the ten sites.

Tableau 1. Suite  
Table 1. Continued

	Rav	Re1	Re2	Ro1	Ro2	Wav	Wn	Ws	B	D
<i>Navicula atomus</i> (Kützing) Grunow	+	+	+	+	+		+			
<i>Navicula bryophila</i> Boye Petersen		+	+		+					
<i>Navicula cincta</i> (Ehrenberg) Ralfs				+						
<i>Navicula cryptocephala</i> Kützing	+	+	+	+		+				
<i>Navicula fossalis</i> Krasske				+	+		+			
<i>Navicula fossalis</i> var. <i>obsidialis</i> (Hustedt) Lange-Bertalot									+	
<i>Navicula gallica</i> var. <i>perpusilla</i> (Grunow) Lange-Bertalot	+									
<i>Navicula gregaria</i> Donkin	+		+		+	+	+	+	+	+
<i>Navicula krasskei</i> Hustedt	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula lanceolata</i> (Agardh) Ehrenberg	+	+	+		+	+	+	+	+	+
<i>Navicula lapidosa</i> Krasske					+		+			
<i>Navicula mediocris</i> Krasske	+	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>Navicula minima</i> Grunow	+	+	+	+						+
<i>Navicula parsura</i> Hustedt			+							
<i>Navicula recens</i> (Lange-Bertalot) Lange-Bertalot	+	+	+	+					+	+
<i>Navicula soehrensis</i> Krasske	+		+			+	+	+	+	+
<i>Navicula subminuscula</i> Manguin								+		+
<i>Navicula tenelloides</i> Hustedt	+	+	+			+			+	
<i>Neidium alpinum</i> Hustedt	+	+	+	+	+	+	+	+		+
<i>Neidium ampliatum</i> (Ehrenberg) Krammer							+			+
<i>Neidium carterii</i> Krammer										
<i>Neidium hercynicum</i> Mayer	+			+	+	+	+			
<i>Nitzschia acidoclinata</i> Lange-Bertalot	+	+				+				
<i>Nitzschia amphibia</i> Grunow					+					
<i>Nitzschia capitellata</i> Hustedt							+			
<i>Nitzschia dissipata</i> (Kützing) Grunow								+	+	+
<i>Nitzschia palea</i> var. <i>debilis</i> (Kützing) Grunow	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Nitzschia solgensis</i> Cleve-Euler						+				
<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agardh) Cleve	+		+							
<i>Pinnularia biceps</i> f. <i>minutissima</i> (Hustedt) Cleve	+	+	+	+	+	+		+	+	+
<i>Pinnularia borealis</i> var. <i>scalaris</i> (Ehrenberg) Rabenhorst	+							+		
<i>Pinnularia carminata</i> Barber & Carter								+		
<i>Pinnularia mesolepta</i> (Ehrenberg) Smith										
<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pinnularia obscura</i> Krasske	+	+	+		+	+		+		+
<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pinnularia schoenfelderi</i> Krammer	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pinnularia sylvatica</i> Petersen	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pinnularia subcapitata</i> Gregory	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>elongata</i> Krammer						+				
<i>Pinnularia subcapitata</i> var. <i>subrostrata</i> Krammer								+	+	
<i>Pinnularia subgibba</i> Krammer	+	+	+	+	+					
<i>Pinnularia submicrostauron</i> Schroeter					+	+				
<i>Pinnularia sudetica</i> (Hilse) Hilse						+				
<i>Pinnularia vindis</i> (Nitzsch) Ehrenberg							+	+		+

Tableau 1. Suite  
Table 1. Continued

	Rav	Re1	Re2	Ro1	Ro2	Wav	Wn	Ws	B	D
<i>Placoneis elginensis</i> (Gregory) Cox		+	+						+	
<i>Reimeria sinuata</i> (Gregory) Kociolek & Stoermer	+	+								
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i> (Agardh) Lange-Bertalot		+								+
<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg				+				+		
<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg								+		
<i>Stauroneis thermicola</i> (Petersen) Lund	+	+	+	+	+		+	+		
<i>Stenopterobia delicatissima</i> (Lewis) Brébisson								+		
<i>Suriella angusta</i> Kützing						+				
<i>Suriella brebissonii</i> var. <i>kuetzingii</i> Krammer & Lange-Bertalot	+								+	
<i>Suriella linearis</i> Smith		+	+					+		
<i>Suriella minuta</i> Brébisson									+	
<i>Suriella roba</i> Leclercq			+	+		+	+	+	+	
<i>Suriella tenuis</i> Mayer								+		+
<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Tabellaria ventricosa</i> Kützing		+	+		+	+	+	+	+	
Nombre de taxons présents	45	53	65	39	41	53	43	45	46	36

La grande diversité taxonomique observée en Re2 trouve peut-être son explication dans les perturbations subies par cette branche du ruisseau, suite aux coupes forestières en amont du site. Le lit du ruisseau a été partiellement obstrué par des troncs, des branchages et de grandes quantités d'aiguilles d'épicéas. Il s'en est suivi un ralentissement de l'écoulement et un développement important de bryophytes. Cette branche du ruisseau a donc évolué vers un système de plus en plus lentique. La matière organique accumulée ayant entamé un processus de dégradation, il est possible que la trophie de l'eau ait augmenté, favorisant la richesse spécifique. Cette diversité a pu être favorisée par la complexation de l'aluminium par les acides humiques amenés dans le ruisseau par ruissellement des terrains environnants (Alles et al. 1991).

Il apparaît donc que tous les cours d'eau présentent des peuplements diatomiques à *Eunotia* très semblables du fait de leur très forte acidité et de leur oligotrophie. De légères différences se manifestent dans la diversité taxonomique, sans doute dues à divers facteurs écologiques difficiles à appréhender (vitesse du courant, luminosité, broutage,...), ou simplement liées à la variabilité d'échantillonnage.

En raison des caractéristiques géologiques de leur bassin versant déterminant des eaux très acides et oli-

gotrophes, les quatre ruisseaux observés dans ces deux régions ardennaises présentent des peuplements de diatomées similaires, dominés par le genre *Eunotia* et principalement par *Eunotia exigua*.

En ce qui concerne les amendements calco-magnésiens effectués au Waroneu en 1992 et au Burhé en 1993, nous n'en constatons aucune trace dans les peuplements diatomiques en 1996 et 1997. On peut raisonnablement penser que, les quantités épandues étant modestes, l'influence éventuelle de ce chaulage sur l'écosystème rhithral est devenu imperceptible après trois à cinq ans.

#### Remerciements

Cette étude a pu être réalisée grâce au mandat de Collaborateur scientifique du F.N.R.S. alloué à l'auteur dans le cadre de la convention F.R.F.C. 2.457195 «Evaluation de la résilience d'écosystèmes forestiers à des perturbations d'origine anthropique : impact sur la phytocénose et la microbiocénose» et aux projets pilote Région Wallonne - Union européenne «Restauration des forêts endommagées et suivi des effets» et «Étude comparée de paramètres écosystémiques et de l'évolution phytosanitaire de peuplements situés dans des couples de bassins versants». Nous tenons à remercier M. Luc Ector pour ses judicieux conseils lors de la lecture du manuscrit, et M. Henry-Michel Cauchie pour son aide précieuse lors de l'utilisation du programme statistique.

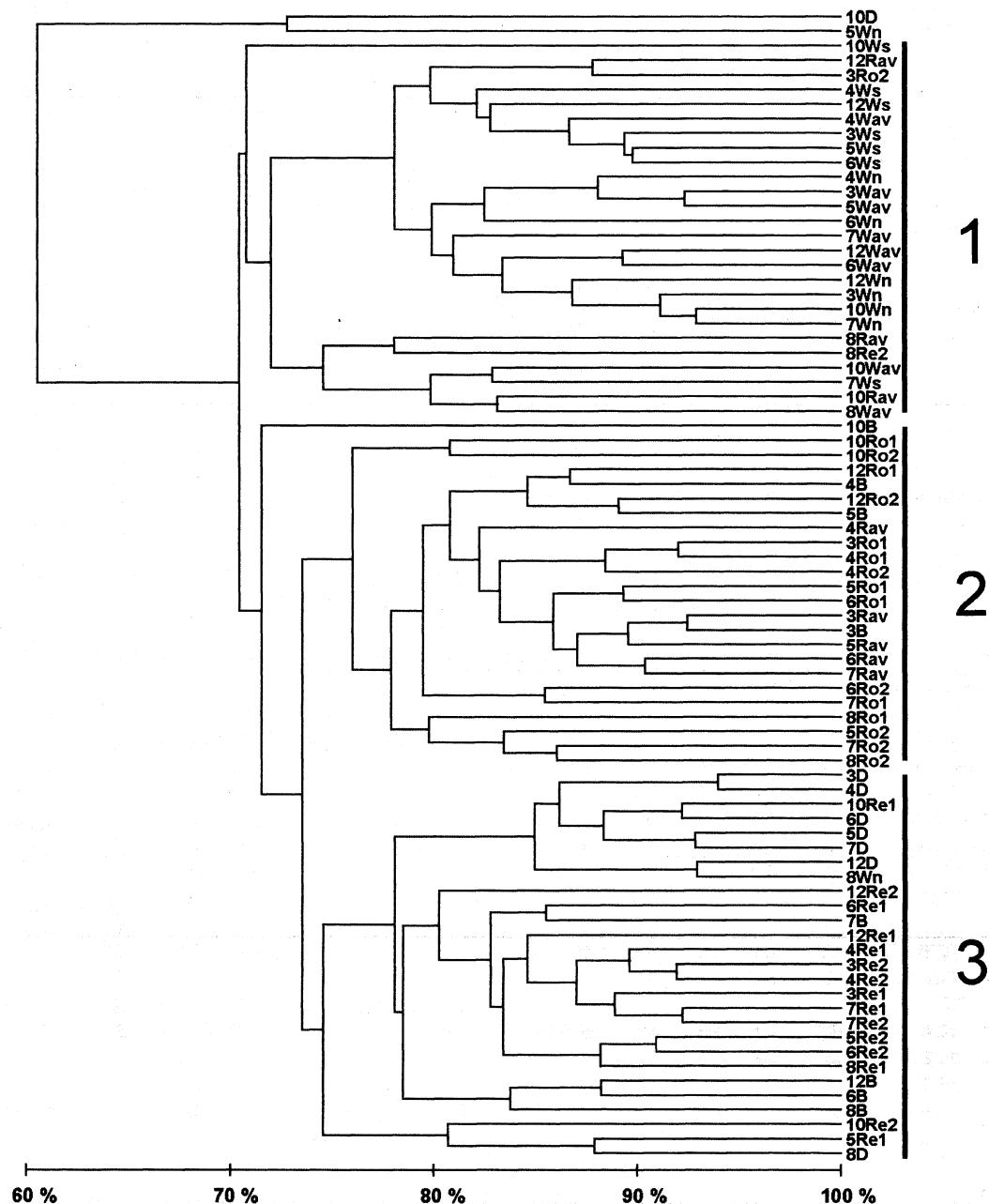


Fig. 2. Dendrogramme des échantillons établi sur base du tableau 2 (indices de similarité de Bray-Curtis). Le nombre précédent la station représente le mois du prélèvement.

Fig. 2. Clustering of samples based on table 2 (Bray-Curtis similarity). The number before the station represents the month of sampling.

Tableau 2. Abondance relative des taxons principaux ( $\geq 1\%$  dans au moins un échantillon) exprimée en %. Le nombre précédent la station correspond au mois du prélèvement.

Table 2. Relative abundance of the main taxa ( $\geq 1\%$  in at least one sample) expressed as %. The number before the station represents the month of sampling.

	<i>Eunotia exigua</i>	<i>Eunotia rhomboidea</i>	<i>Eunotia bilunaris</i>	<i>Eunotia tenella</i>	<i>Eunotia paludosa</i>	<i>Eunotia paludosa var. trinacria</i>	<i>Frustulia rhomboides</i>	<i>Acinanthes helvetica</i>	<i>Eunotia incisa</i>	<i>Eunotia sudetica</i>	<i>Navicula medioris</i>	<i>Pinnularia microstauron</i>	<i>Pinnularia silvatica</i>	<i>Pinnularia subcapitata</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>
10Rav	70,3	11,8	8,2	0,1	0,1	-	6,7	0,1	-	0,6	-	-	0,1	1,4	-
10Re1	87,8	2,6	2,2	0,2	2,6	-	0,1	0,1	1,2	-	0,1	0,1	-	0,2	0,9
10Re2	75,2	8,1	2,3	-	0,1	-	0,9	0,1	0,1	10,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1
10Ro1	95,0	0,1	2,7	-	-	0,1	1,0	-	-	-	0,1	-	0,1	0,4	-
10Ro2	76,6	2,6	6,9	-	-	0,1	10,1	-	-	0,1	0,1	0,1	1,6	1,2	-
10Wav	59,8	26,6	3,3	3,3	0,4	-	0,9	0,4	-	-	-	-	-	2,5	-
10Wn	85,0	8,6	0,5	0,4	-	-	0,1	1,0	-	-	-	0,1	0,1	2,9	0,1
10Ws	53,1	1,5	-	31,6	1,0	-	1,0	0,4	-	1,0	-	0,1	1,3	4,4	0,1
10B	51,5	2,4	10,4	0,1	-	-	6,3	0,1	-	-	0,4	0,1	0,2	0,4	27,7
10D	95,9	0,2	0,4	-	-	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	0,2	3,0
12Rav	91,8	2,6	2,4	1,3	0,2	-	0,1	-	0,1	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1
12Re1	60,7	14,4	2,5	1,4	11,4	1,4	0,2	-	1,6	0,4	1,0	1,0	0,1	0,8	-
12Re2	72,5	2,3	5,4	0,1	4,2	0,6	-	-	1,0	9,2	0,4	0,2	-	1,3	0,2
12Ro1	90,5	0,6	1,8	3,6	-	0,2	0,2	-	-	-	0,1	-	0,8	1,2	0,1
12Ro2	78,2	1,5	8,3	3,2	-	2,5	0,9	-	0,4	-	0,1	0,1	0,6	1,7	0,2
12Wav	89,3	7,8	0,5	0,4	-	-	0,2	0,1	0,1	-	-	0,2	0,1	0,1	-
12Wn	94,3	3,3	0,1	0,1	-	-	0,1	0,6	-	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1
12Ws	76,7	1,3	0,6	17,6	-	-	0,1	0,2	0,1	1,3	-	0,1	0,1	0,2	0,1
12B	74,0	5,1	8,9	1,6	3,0	0,8	2,1	-	0,4	-	-	0,1	0,2	1,0	1,4
12D	78,6	3,3	4,0	0,6	1,9	0,1	0,1	-	2,5	-	0,2	-	-	0,4	7,4
3Rav	78,6	4,2	8,2	2,0	1,2	-	2,0	-	-	-	0,4	0,1	1,2	1,4	0,1
3Re1	47,3	31,0	9,0	1,3	4,0	-	0,4	-	0,2	0,1	0,2	0,7	0,1	2,4	1,5
3Re2	75,1	9,2	1,6	1,4	3,0	-	0,2	-	4,6	0,1	1,0	0,2	0,1	1,4	0,2
3Ro1	82,1	0,8	5,2	3,4	3,6	-	0,5	-	-	-	-	-	2	0,6	0,1
3Ro2	93,2	0,2	3,2	1,2	0,1	-	0,4	-	-	0,1	-	0,1	0,6	0,2	-
3Wav	96,6	0,2	0,1	0,8	0,1	-	0,1	0,4	-	-	-	-	0,1	0,4	0,1
3Wn	94,0	0,8	0,4	0,1	-	-	0,1	2,4	-	-	-	0,1	0,1	0,6	0,2
3Ws	89,2	3,4	0,4	3,0	0,6	-	0,2	1,0	-	0,4	-	-	0,2	0,6	0,1
3B	78,2	8,7	6,0	1,9	0,6	0,1	2,4	-	-	-	0,9	0,1	0,1	0,7	0,1
3D	96,7	0,6	1,0	0,1	0,8	-	0,1	-	0,1	-	0,1	-	-	0,1	0,1

Tableau 2. Suite.  
Table 2. Continued.

	<i>Eunotia exigua</i>	<i>Eunotia rhomboidea</i>	<i>Eunotia bilunaris</i>	<i>Eunotia tenella</i>	<i>Eunotia paludosa</i>	<i>Eunotia paludosa var. trinacria</i>	<i>Frustulia rhomboides</i>	<i>Achnanthes helvetica</i>	<i>Eunotia incisa</i>	<i>Eunotia sudetica</i>	<i>Navicula mediocris</i>	<i>Pinnularia microstauron</i>	<i>Pinnularia silvatica</i>	<i>Pinnularia subcapitata</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>
4Rav	56,6	28,5	3,8	0,6	1,8	-	6,6	-	-	-	0,1	0,2	1,2	0,2	-
4Re1	76,8	2,4	3,4	2,6	8,0	-	0,1	0,2	1,2	-	2,2	0,1	0,2	0,8	0,4
4Re2	80,3	2,4	5,2	1,2	3,4	-	0,1	-	2,2	-	0,6	0,4	0,2	1,2	0,2
4Ro1	81,6	1,0	5,2	3,4	2,2	-	1,4	-	-	-	0,1	-	2	2,0	-
4Ro2	79,0	2,4	7,2	0,6	6,2	-	2,0	-	-	-	0,4	-	0,6	0,4	-
4Wav	92,7	0,4	0,2	4,6	0,1	-	0,2	0,6	-	0,1	0,1	-	0,2	0,2	-
4Wn	97,4	0,2	0,1	0,6	-	-	-	0,6	-	-	-	-	0,1	0,4	-
4Ws	92,1	1,8	0,2	3,8	0,2	-	0,1	0,2	1,0	0,1	-	-	-	0,1	-
4B	72,4	4,5	6,7	3,3	-	0,2	1,2	0,1	-	-	0,6	-	0,2	0,8	0,6
4D	96,0	0,4	0,8	0,8	0,2	-	0,1	-	0,4	-	0,1	-	-	0,1	0,2
5Rav	80,6	1,0	14,0	1,0	1,0	-	0,4	-	-	-	0,2	0,1	0,2	0,2	0,1
5Re1	87,1	4,2	4,2	-	0,1	-	-	0,2	0,1	-	0,2	0,1	-	3,0	0,1
5Re2	74,6	9,2	6,6	0,1	3,1	-	0,1	-	-	0,1	0,4	0,6	-	3,3	0,1
5Ro1	88,7	0,4	6,6	0,7	0,2	0,6	0,8	-	-	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1	0,1
5Ro2	78,3	-	17,4	0,6	0,1	1,0	0,2	0,1	-	-	-	0,1	0,4	1,0	0,1
5Wav	95,6	0,6	0,8	0,8	0,1	-	0,2	0,4	-	-	-	-	0,1	0,2	-
5Wn	98,3	0,1	0,1	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	0,2	-
5Ws	87,7	1,4	0,6	7,3	-	-	0,2	0,1	-	0,1	-	-	0,2	0,4	0,1
5B	68,5	14,4	9,2	2,8	-	0,2	1,8	-	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,6	0,4
5D	94,8	0,6	1,0	1,2	0,6	-	0,1	-	-	-	0,1	0,1	-	0,2	1,0
6Rav	78,0	2,2	9,8	2,4	0,4	1,2	0,9	-	-	-	0,2	0,4	1,6	1,8	-
6Re1	85,0	3,6	5,2	0,4	1,4	-	-	-	-	-	0,1	0,8	0,1	2,0	0,4
6Re2	78,7	6,2	8,6	0,2	2,4	-	0,2	0,1	-	0,2	0,2	0,4	-	1,4	-
6Ro1	84,7	0,1	8,2	1,4	-	0,4	0,9	-	-	-	0,2	0,1	2,2	1,0	0,1
6Ro2	81,8	0,1	10,2	1,8	0,6	3,0	0,5	-	-	-	0,1	-	0,4	0,2	-
6Wav	94,9	1,2	0,2	2,2	-	-	0,1	0,2	0,1	-	0,1	0,1	0,1	0,1	-
6Wn	95,4	1,2	1,0	0,4	0,1	-	-	1,6	-	-	-	0,1	-	0,6	-
6Ws	88,2	1,4	-	6,6	0,2	-	0,6	0,2	-	0,2	-	-	0,2	0,2	0,1
6B	65,9	5,6	10,6	1,4	8,0	0,1	1,6	-	0,2	-	0,6	0,2	-	0,2	4,0
6D	89,3	1,6	1,2	1,4	3,2	-	0,2	-	0,6	-	0,2	0,1	-	0,2	1,7

Tableau 2. Suite.  
Table 2. Continued.

	<i>Eunotia exigua</i>	<i>Eunotia rhomboidea</i>	<i>Eunotia bilunaris</i>	<i>Eunotia tenella</i>	<i>Eunotia paludosa</i>	<i>Eunotia paludosa</i> var. <i>trinacria</i>	<i>Frustulia rhomboidea</i>	<i>Achnanthes helvetica</i>	<i>Eunotia incisa</i>	<i>Eunotia sudeifica</i>	<i>Navicula mediocris</i>	<i>Pinnularia microstauron</i>	<i>Pinnularia silvatica</i>	<i>Pinnularia subcapitata</i>	<i>Tabellaria flocculosa</i>
7Rav	70,6	14,4	7,8	0,2	0,4	0,6	2,3	-	-	-	0,4	0,2	0,6	0,8	-
7Re1	76,2	5,8	5,0	0,4	5,8	-	0,1	-	0,4	0,1	0,4	0,6	0,2	3,2	0,4
7Re2	74,6	2,4	5,6	1,2	5,6	0,4	0,1	-	0,1	0,2	0,2	0,6	0,2	5,6	0,1
7Ro1	89,3	-	3,8	0,2	0,2	1,4	2,4	0,1	-	-	0,1	-	1,2	0,4	-
7Ro2	82,6	0,6	6,6	-	1,0	2,0	1,3	-	-	-	-	1,0	0,4	3	0,1
7Wav	88,8	4,0	0,1	1,8	0,6	0,2	0,5	1,8	0,4	-	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2
7Wn	91,9	2,8	0,1	0,8	-	-	0,2	1,6	-	-	-	0,2	0,2	1,6	0,1
7Ws	59,5	24,0	1,2	6,6	-	-	2,1	0,6	-	2,6	-	-	1	1,2	-
7B	73,2	19,0	1,0	0,2	4,5	-	0,2	-	-	-	0,2	0,2	0,1	0,2	0,6
7D	93,5	2,0	0,2	0,4	1,2	-	0,1	-	-	-	0,4	0,1	-	0,1	1,3
8Rav	49,2	46,2	2,8	0,1	0,1	0,2	0,2	-	0,1	-	0,4	-	0,1	0,2	-
8Re1	78,2	2,9	11,5	0,4	1,2	-	0,1	-	0,2	0,4	0,1	1,4	-	2,3	0,2
8Re2	49,4	43,8	1,2	0,2	0,8	-	-	0,1	0,2	2,2	0,1	-	0,9	0,1	0,2
8Ro1	94,1	0,4	2,8	0,2	0,1	0,1	1,4	-	-	-	-	-	0,2	-	0,1
8Ro2	93,5	0,1	3,4	0,1	0,6	0,4	0,2	-	-	-	-	0,1	0,2	0,8	0,3
8Wav	82,8	13,6	0,6	0,2	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-	0,1	0,4	-
8Wn	89,3	3,4	1,6	0,2	1,2	0,1	0,1	-	0,4	-	0,1	-	-	0,2	3,0
8Ws	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8B	47,4	28,2	3,6	0,8	3,8	0,2	0,9	-	0,1	-	-	-	0,1	0,1	13,8
8D	92,0	5,8	0,1	-	0,2	-	0,1	0,4	0,1	-	0,1	0,2	-	0,4	0,1

### Travaux cités

- Alles E., Nörpel-Schempp M. & Lange-Bertalot H. 1991. — Zur Systematik und Ökologie charakteristischer *Eunotia*-Arten (Bacillariophyceae) in elektrolytarmen Bachoberläufen. *Nova Hedwigia*, 53 (1-2) : 171-213.
- Anonyme 1994. — Restauration des forêts endommagées et suivi des effets. Projet pilote Région Wallonne - Union Européenne. Région Wallone : 56 p.
- Battarbee R.W. 1984. — Diatom analysis and the acidification of lakes. *Phil. Trans. r. Soc., Lond. B*, 305 : 451-477.
- Carnol M. 1997. — Etude comparée de paramètres écosystémiques et de l'évolution phytosanitaire de peuplements situés dans des couples de bassins versants. Convention entre la Région Wallonne et l'Université de Liège - Rapport final. Université de Liège, Laboratoire d'Ecologie Microbienne : 108 p.
- Coring E. 1993. — Zum Indikationswert benthischer Diatomeengesellschaften in basenarmen Fließgewässern. Aachen, Verlag Shaker : 165 p.
- Fabri R. & Leclercq L. 1984. — Etude écologique des rivières du nord du massif ardennais (Belgique) : flore et végétation des dia-
- tomées et physico-chimie des eaux. Stat. scient. Hautes-Fagnes, Robertville : vol. 1 : 379 p., vol. 2 : 329 p., vol. 3 : 201 p.
- Kwandrans J. 1993. — Diatom communities of acidic mountain streams in Poland. *Hydrobiologia*, 269/270 (1-3) : 335-342.
- Lancaster J., Real M., Juggins S., Monteith D.T., Flower R.J. & Beaumont W.R.C. 1996. — Monitoring temporal changes in the biology of acid waters. *Freshwater Biol.*, 36 : 179-201.
- Pierre J.-F. 1996. — Communauté algale et acidité des ruisseaux du Massif Vosgien. *Bull. Acad. Soc. lorr. Sci.*, 35(3) : 139-156.
- Stevenson A.C., Juggins S., Birks H.J.B., Anderson D.S., Anderson N.J., Battarbee R.W., Berge F., Davis R.B., Flower R.J., Haworth E.Y., Jones V.J., Kingston J.C., Kreiser A.M., Line J.M., Munro M.A.R. & Renberg I. 1991. — The Surface Waters Acidification Project Palaeolimnology Programme : Modern Diatom/Lake-water Chemistry Data-set. ENSIS, London : 86 p.
- Symoens J.J. 1957. — Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines : les milieux et leur végétation algale. *Bull. Soc. roy. Bot. Belg.*, 89 : 111-314.
- Van Dam H. 1981. — Impact of acidification on diatoms and chemistry of Dutch moorland pools. *Hydrobiologia*, 83 : 425-459.