

Impact d'un rejet d'eau chargée en sel et d'une pollution organique sur les peuplements de diatomées de la Gander (Grand-Duché du Luxembourg⁽¹⁾)*

Louis Leclercq⁽²⁾ et Louis Vandevenne⁽³⁾

2) Centre de recherche et d'éducation pour la conservation de la nature
(Centre Marie-Victorin), 21, rue des Écoles,
B-6383 Vierves-sur-Viroin (Belgique).

3) CEBEDEAU, 2, rue A. Stévert, B-4000 Liège (Belgique)

Résumé : La présente étude met en évidence la sensibilité de réaction des diatomées à de faibles variations de salinité causées par un rejet d'eau chargée en sel dans l'eau douce d'une rivière calcaire. Cette réaction est cependant rendue complexe par une pollution organique simultanée. L'auto-écologie des 76 taxons identifiés, vis-à-vis de ces 2 facteurs (saprobité et salinité) est aussi précisée. Enfin, deux nouveaux indices situent le niveau de qualité des eaux de la Gander.

Abstract : This study shows the sensibility of reaction of diatoms to small variations of salinity, due to the discharging of salt water into fresh water of a chalk river. However, a simultaneous organic pollution is making this reaction complicated. The ecology of the 76 taxa found in the Gander, in relation to these two factors (saprobity and salinity) is also precised. Finally, a new organic pollution index (OPI) and a new diatomological one are calculated and give us the level of water quality of the Gander.

INTRODUCTION

Depuis plus de cent ans, la station thermale de Mondorf exploite un captage d'eau fortement chargée en sel (14,7 g/l) qui, après usage, est rejetée en partie dans la rivière et en partie dans le réseau d'égout qui aboutit à une station d'épuration. La présente étude vise à évaluer, par l'examen des diatomées, l'impact des rejets actuels, organiques et salins (10 m³/h) afin de prévoir les conséquences de l'augmentation de ce dernier jusqu'à 50 m³/h. Elle permet en même temps de déterminer dans quelle mesure les diatomées peuvent être utilisées comme bio-indicateur de contamination saline dans des milieux naturellement d'eau douce.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Stations et récoltes

Quatre sites ont été retenus (Fig. 1) : 1 en amont de Mondorf (station de référence) ; 2 dans l'exutoire du rejet salin, au niveau de la station thermale ; 3 en aval

1) Grand-Duché du Luxembourg : cette étude a été effectuée sous l'égide de l'Administration des Bâtiments publics au Grand-Duché du Luxembourg.

*Communication présentée au 6^e Colloque des Diatomistes de Langue Française à la Station Biologique de Roscoff, France (27-30 septembre 1986).

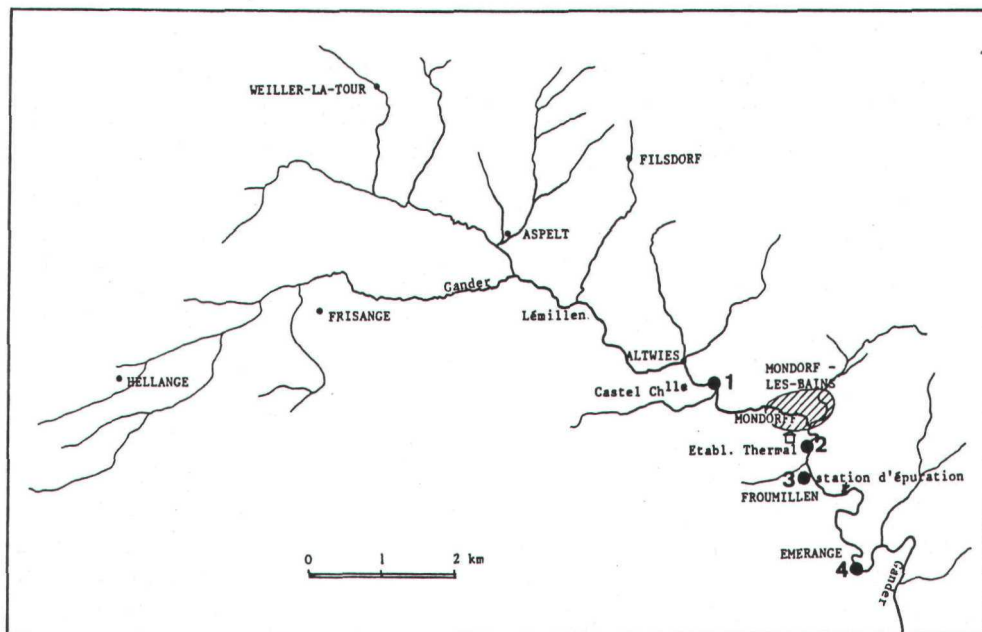


Fig. 1 - Bassin supérieur de la Gander (Grand-Duché du Luxembourg) et stations de prélèvement.

de Mondorf ; 4 en aval de la station d'épuration. Des analyses chimiques et algales (diatomées) y ont été réalisées en juillet 1985.

Ces algues sont récoltées par brosse sur une surface de 200 cm² environ, traitées à l'acide nitrique à chaud et montées dans le Naphrax. Le comptage de 500 valves par échantillon est exprimé en pourcentage d'abondance relative pour chaque taxon.

Estimation de la qualité des eaux

L'estimation de la qualité des eaux a fait l'objet de nombreux travaux qui ont abouti à des indices synthétiques dont les résultats sont souvent divergents. Des études complètes — chimie, invertébrés, algues — nous ont permis récemment d'analyser ces divergences et de proposer, pour 2 méthodes existantes, des améliorations dont nous avons tenu compte ici (Leclercq & Maquet, 1987).

Pour les analyses chimiques, il s'agit d'une modification du tableau de Verniers et Micha (1982) en n'utilisant que les paramètres strictement liés aux pollutions organiques (DBO₅, NH₄⁺, NO₂⁻, PO₄³⁻) et en attribuant aux classes de teneurs une signification écologique liée aux modifications qu'elles induisent dans les peuplements algaux (Tableau 1). La valeur de cet indice de pollution organique (IPO) est la moyenne des numéros de classe pour chaque paramètre mesuré (I = 5 - 4,6: pollution nulle; 4,5 - 4,0: pollution faible; 3,9 - 3,0: pollution modérée; 2,9 - 2,0: pollution forte; 1,9 - 1,0: pollution très forte).

TABLEAU 1 - Répartition en classes des paramètres liés à la pollution organique pour le calcul de l'indice chimique (IPO).

Classe	DBO ₅ ppm - O ₂	NH ₄ ⁺ ppm - N	NO ₂ ⁻ ppb - N	PO ₄ ⁻⁻⁻ ppb - P
5	< 2	< 0,1	≤ 5	≤ 15
4	2-5	0,1-0,9	6-10	16-75
3	5,1-10	1,0-2,4	11-50	76-250
2	10,1-15	2,5-6,0	51-150	251-900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

Pour les diatomées, nous avons réparti les taxons en 5 classes en fonction de leur comportement vis-à-vis de la pollution organique : saprophobes, saproxènes, saproxènes à saprophiles, saprophiles et saprobiontes. Une large bibliographie (Fabri & Leclercq, 1984 ; Leclercq & Maquet, 1987) nous a permis d'attribuer aux 75 taxons une valence saprobique pondérée par une valeur indicatrice établie d'après le tableau 40 de Sládecěk (1973) et de calculer un indice de qualité d'eau d'après la formule proposée par cet auteur.

Ce nouvel indice diatomique varie entre 5 et 1 et est réparti en 5 classes : de 5,0 à 4,3 : pollution nulle ; de 4,2 à 3,6 : pollution faible ; de 3,5 à 3,0 : pollution modérée ; de 2,9 à 2,3 : pollution forte ; de 2,2 à 1,0 : pollution très forte.

Pour l'écologie des diatomées vis-à-vis de la salinité, nous avons retenu les 7 classes de van der Werff et Huls (1957-1974) : Z (zoet = eau douce), ZB, BZ, B (brack = saumâtre), BM, MB et M (marin). Les nombreuses données bibliographiques rassemblées dans Fabri & Leclercq (1984) nous ont permis de ranger chaque taxon dans une de ces classes.

RÉSULTATS

Physico-chimie des eaux (Tabl. 2)

Les eaux de la Gander, affluent de la Moselle, traversant les terrains du Jurassique, appartiennent au type calcaire, assez minéralisé (120 mg/l de calcium, 630 µS/cm à 20° C).

D'après l'IPO, la pollution organique est modérée aux stations 1 (I = 3,7) et 2 (I = 3,3) et forte à la station 4 (I = 2,3).

Aux stations 1, 3 et surtout 4, s'ajoute, à cette pollution, l'apport de chlorures (39,4 mg/l à la station 3 et 90,4 mg/l à la station 4). La salinité totale augmente d'environ 5 % au niveau de la station 3 et de 24 % à la station 4 ce qui semble indiquer que le rejet salin se fait essentiellement dans le réseau d'égout. Un abaque permet de déterminer la salinité de la rivière (en g/l) en fonction de son débit

TABLEAU 2 - Analyse chimique, valeurs de l'indice chimique et niveaux de pollution dans les 4 stations de prélèvements (m = modérée ; F = forte).

PARAMÈTRES	1	2	3	4
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$ à 20 °C)	630	17930	670	839
Chlorures (ppm)	26	8000	39	90
Sodium (ppm)	13	3300	18	40
Salinité totale (classe)	ZB	BM	ZB	BZ
Phosphates (ppb-P)	530	-	660	1100
Ammoniaque (ppm-N)	0		0	0.3
Nitrites (ppb-N)	10		40	70
Indice de qualité chimique	3.7		3.3	2.3
POLLUTION	m	-	m	F

(en l/s) et de l'importance du captage (en m^3/h). Avec le captage actuel de $10 \text{ m}^3/\text{h}$, on se trouve dans la zone Z à ZB, toujours inférieure à $0,9 \text{ g/l}$ de salinité. Un débit de $50 \text{ m}^3/\text{h}$ provoquera le passage à la zone BZ à B (de $0,9$ à 9 g/l de salinité).

Peuplements de diatomées épilithiques (Tabl. 3).

Au cours des comptages, 76 taxons ont été identifiés (Tab. 3). Les taxons les mieux représentés dans la rivière, en amont de Mondorf (Station 1) sont *Achnanthes minutissima*, *Navicula lanceolata*, *Amphora pediculus* et *Rhoicosphenia curvata*. Ces deux derniers et d'autres, moins abondants (*Caloneis amphibaena*, *Cocconeis pediculus* et *C. placentula* var. *euglypta*, *Cymatopleura librile*, *Diatoma vulgare*, *Gomphonema olivaceum*, *Gyrosigma spenceri*, *Nitzschia levidensis*, ...) indiquent la richesse naturelle de ces eaux en calcium.

Le tableau 4 reprend les abondances relatives cumulées dans les différentes classes de saprobité et de salinité et l'indice de qualité pour les 4 stations.

L'abondance des taxons saprophiles à la station 1 (26 %) dénote déjà d'une pollution organique modérée ($I = 3,1$) due aux effluents des villages en amont de Mondorf. Cette station est donc une référence pour l'étude mais n'est pas une référence naturelle. Le glissement du peuplement vers les zones saprobiques inférieures s'amorce à la station 3 ($I = 2,8$) et est très important à la station 4 ($I = 2,4$), après la station d'épuration. La prolifération de taxons saprophiles dont *Navicula atomus* var. *permitis* et *N. subminuscula*, en présence de fortes teneurs en phosphates, illustre le fonctionnement incomplet et insuffisant des stations d'épuration classique dont les effluents provoquent systématiquement une eutrophication des rivières réceptrices.

Au niveau de la salinité, l'abondance relative cumulée des 17 taxons d'eau saumâtre (BZ, B et BM) atteint 4 % dans la station 1 de référence, 44 % dans le rejet (station 2 : surtout *Nitzschia frustulum*), 17 % dans la station 3 (surtout *Navicula gregaria*) et 10 % dans la station 4 (*Navicula gregaria*, *Nitzschia frustulum*, *Diatoma tenue* var. *elongatum*).

TABLEAU 3 - Liste floristique et écologique (S = valence saprobique ; V = valeur indicatrice ; SAL = degré d'halophilie) des taxons identifiés dans les 4 stations, valeurs de l'indice diatomique de qualité biologique et niveaux de pollution (Z = taxon halophobe ; B = taxon d'eau saumâtre, halophile ; M = taxon d'eau de mer ; m = modérée ; F = forte).

TAXONS	S	V	SAL	1	2	3	4
<i>Achnmtha ænspkua</i> « var. <i>hrevistiitia</i>			Z	0.2	0.1	0.1	0.5
<i>lanceolata</i> tvät.eUp&ca							
<i>et A. rostrata</i>	35	1	ZB	1.8	3.3	1.3	0.6
<i>miütissima</i>	4	1	Z	13.0	4.7	4.9	1.7
<i>Amphora</i> <i>avails</i>	35	2	ZB	0.4	0.1		0.1
<i>pediculus</i>	4	1	ZB	275	8.1	13.0	2.8
<i>Caloneis</i> <i>amphisbaena</i>	25	1	BZ	0.1			
<i>baclltum</i>	4	2	ZB	0.2	0.1	0.2	0.1
<i>Cocconeis</i> <i>pediculus</i>	35	4	BZ	0.6	0.1	0.1	0.1
<i>placaitula</i> var. <i>eugfypta</i>	4	2	ZB	4.9	1.3	0.6	0.1
<i>Cydotilla</i> <i>menegtiintana</i>	2,5	3	BZ			0.1	0.1
<i>Cymatopleura</i> <i>librile</i>	3	1	ZB		0.1		
<i>Çymbelta</i> <i>minuta</i>	3	1	ZB			0.1	
<i>prostrata</i>	4	2	ZB		0.1		0.1
<i>sinuata</i>	4	2	ZB		0.4	0.9	0.1
<i>Diatoma</i> <i>mesodan</i>	4,5	3	Z	2.3	0.1	0.1	0.2
<i>tenuè</i> var. <i>ehmgatum</i>	3,5	1	BZ	0.1	0.7	0.2	3.4
<i>vulgäre</i>	3	1	ZB		1.1	0.1	0.1
<i>FragUaria</i> <i>vaucheriae</i>	3,5	1	Z		0.1		
<i>FrustuUa</i> <i>vulgaris</i>	3	2	Z		0.1		
<i>Gomphonema</i> <i>argusustum</i> et vai. <i>productum</i>	3	3	ZB	14	0.2	0.5	0.4
<i>augur</i>			ZB		0.1		0.1
<i>olivaceum</i>	3	2	ZB	0.1	0.1	0.2	0.3
<i>parvidum</i>	3	1	ZB	0.8	0.9	0.4	2.2
<i>(tyrosigma</i> <i>acuminatum</i>	3,5	4	B		0.1		
<i>spenceri</i>			ZB			0.1	
<i>Hantzschia</i> <i>amphkays</i>	2	1	ZB		0.1		0.1
<i>Mehsira</i> <i>varions</i>	25	1	ZB			0.1	
<i>Meridvñ</i> <i>circuiate</i>	4	3	ZB	0.1	0.1		0.1
<i>Navicula</i> <i>accomoda</i>	1	3	ZB	0.1	0.4		0.1
<i>atomus</i> var. <i>permitis</i>	2	3	Z	11,2	1.8	9.6	29.6
<i>capitata</i>	3	1	ZD	0.1	0.1		0.1
<i>capita</i> <i>toradiata</i>	3	1	Z			0.2	
<i>cari</i>			B		0.1		
<i>dementis</i>			ZB	0.1	0.1	0.1	
<i>ayptocepitala</i>	3	2	ZB	0.1	0.1		
<i>cryptoteneua</i>	4	2	ZB	3.3	0.7	4.3	1.5
<i>cuspidata</i>	2,5	4	B		0.1		
<i>gregaria</i>	15	4	BZ	1.7	5.6	15.1	4.0
<i>goeppertiana</i>			ZB				0.1
<i>iteufleri</i>			ZB	0.1			
<i>lanceolata</i>	3	3	ZB	4.1	15.7	11.8	3.8
<i>menisculus</i>	4	3	Z			0.7	0.7
<i>minima</i>			ZB	5.5	0.9	1.2	5.4
<i>placaitula</i>			ZB		0.1		
<i>pupula</i>	25	4	BZ	0.1	0.1		
<i>sclesvicencb</i>	2	1	ZB	9.8	1.6	7.7	28.1
<i>subminuscula</i>	2	2	B	0.6	0.4	0.9	0.2
<i>tripumcatata</i>	2	2	ZB	0.1	0.1		
<i>triviali*</i>	2	2	ZB	0.1	0.1		
<i>twymaiitia</i>	2	2	ZB	0.1		0.2	
<i>Nitzscida</i> <i>acicularis</i>	2	2	BZ		0.2	0.1	0.1
<i>atchibaldii</i>	25	3	Z	0.4	1.1	4.3	1.3
<i>Affetti</i>	4	3	Z	0.1	0.9	1.3	0.1
<i>duina</i>	3	3	BZ		0.1		
<i>fnautum</i>			ZB	0.2	3.69	0.2	1.5
<i>gandenheimiaaii</i>	2		B				0.1
<i>noUtrupensis</i>	25	3	Z				1.7
<i>haiganca</i>	25	3	BZ	0.1	0.1	0.2	0.2
<i>lineari!</i>	35	1	Z	0.1	0.4		0.1
<i>lividensis</i>	3	4	BZ			0.1	
<i>patea</i>	2	2	ZB		0.9	1.9	0.8
<i>patea</i> var. <i>dehilis</i>	2	2	ZB	0.4	0.1	0.1	0.3
<i>sigmoidea</i>	3	1	ZB		0.2		0.1
<i>Rkoicosphenia</i> <i>abbreviata</i>	3	1	ZB		1.2	1.35	7.3
<i>Stanariti!</i> <i>jtaxnkauron</i> a var./rami	3	1	ZB	7.4	0.2		
<i>Sminila</i> <i>angusta</i>	3	2	ZB	0.1		0.2	
<i>ovata</i> et var. <i>pbinala</i>	25	2	ZB		1.0	1.5	0.2
<i>robusta</i> var. <i>splendida</i>	3	3	ZB	0.4	0.1		
<i>Synedra</i> <i>fasciculata</i>	25	4	BM		0.1		
<i>paralitica</i> var. «subconstric	35	1	ZB	0.1	0.1	0.1	
<i>ulna</i>			ZB	0.1	0.4	0.1	0.3
Indice (te qualité POLLUTION	-	-	-	3.1 m	3.0 m	2.8 F	2.4 F

TABLEAU 4 - Abondances relatives cumulées et nombre de taxons des différentes catégories de salinité et de saprobité (taxons saprophobes et saproxènes : S = 5, 4,5 et 4 ; taxons saproxènes à saprophiles : S = 3,5 et 3 ; taxons saprophiles et saprobiontes : S = 2,5 à 1).

Abondance relative (%)	1	2	3	4	N taxons
Z + ZB	96	56	83	90	59
BZ + B (+ BM)	4	44	17	10	16 (+ 1)
MB + M					
S = 5, 4,5 et 4	52	18	27	10	14
S = 3,5 et 3	22	68	32	24	31
S = 2,5, 2, 1,5 et 1	26	24	41	66	25

Le rejet salin, bien que d'ampleur limitée par la dilution dans la rivière, induit déjà une modification perceptible dans les peuplements de diatomées.

Cependant, cette modification n'est pas proportionnelle à l'augmentation de la salinité dont l'effet est limité par l'apport de matières organiques. Ainsi, *Navicula gregaria*, espèce saprophile et plutôt halophile (type B) se développe peu (1,7 %) à la station 1, en présence d'une pollution et d'une salinité faible ; elle atteint 15 % à la station 3, pour 39,6 mg/l de chlorures et une pollution organique légèrement supérieure à celle de la station 1. Elle régresse à 4 % à la station 4 en raison de la pollution organique forte et malgré l'augmentation de la salinité (90,4 mg de chlorures). D'autre part, son développement (6 %) paraît limité par la salinité élevée du rejet (station 2). *Nitzschia frustulum*, abondant dans ce dernier et dans la station 4, semble plus halophile que *Navicula gregaria*.

Des études ponctuelles ou suivies de situations particulières telles que celle-ci permettent donc de préciser l'écologie de certains taxons.

PRÉVISIONS ET CONCLUSIONS

Contrairement à van der Werff & Huls (1957-1974), nous rangeons les taxons ZB avec les taxons Z dans les eaux douces, ces deux classes totalisant 59 taxons et 96 % de l'abondance relative dans la station de référence. Nous fixons donc à 0,9 g/l la limite entre les eaux douces et saumâtres. Cette limite ne semble pas dépassée actuellement pour un captage de 10 m³/h en raison de sa dilution dans la rivière. L'augmentation du captage à 50 m³/h provoquera le passage à la zone BZ à B (0,9 à 9 g/l de salinité totale).

L'augmentation actuelle de salinité, bien que modérée, est perçue par les peuplements de diatomées qui se modifient en conséquence. On peut dès lors prévoir un glissement du peuplement vers les zones halobiques supérieures (BZ et B), avec une diminution de la diversité (disparition des taxons d'eau douce) et du pouvoir auto-épurateur si aucune précaution n'est prise pour moduler le débit de captage en fonction du débit de la rivière afin de ne jamais dépasser 0,9 g/l de salinité.

Les indices biotiques établis par Verniers ne reflètent pas l'augmentation de salinité, aucune modification dans ce sens n'étant perceptible au niveau des peuplements de macro-invertébrés de la Gander. Néanmoins, au-dessus de 1,8 g/l de salinité, on peut s'attendre à la disparition des espèces les plus sensibles et à une dérive accrue (Vandevenne *et al.*, 1985).

En conclusion, la sensibilité de réaction des diatomées, déjà mise en évidence pour les matières organiques, est vérifiée également pour des variations de salinité de faible amplitude ce qui permet d'entrevoir leur utilisation pour différentes études d'impact, notamment celui des sels de déneigement. Nous avons montré qu'il fallait cependant prendre en compte certains effets de "compétition" entre l'augmentation de salinité et, simultanément, celle de la pollution organique.

D'autre part, des progrès importants restent à faire pour améliorer notre connaissance de l'auto-écologie de ces indicateurs biologiques à court et moyen terme, afin de rendre les méthodes d'estimation de qualité d'eau encore plus fiables et précises. Dans cette optique, des études d'impact comme celle-ci, certes ponctuelles mais réalisées dans des situations particulières, peuvent apporter des précisions importantes sur l'écologie de certaines espèces et méritent donc d'être développées et conçues de manière à en tirer un maximum de renseignements scientifiques exploitables.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

- ABRL, R & L. LECLERCQ, 1984. Étude écologique des rivières du nord du massif Ardennais (Belgique) : flore et végétation de diatomées et physico-chimie des eaux. *Robertville, Stat. scient. Hautes-Fagnes*, 1: 379 p., 33 pi. h.t. ; 2: 5 + 329 p., 6 figs & 4 tableaux h.t. ; 3: 5 + 201 p, 4 cartes & 9 tableaux h.t.
- LECLERCQ, L & B. MAQUET; 1987. Deux nouveaux indices chimique et diatomique de qualité d'eau courante. Application au Samson et à ses affluents (Bassin de la Meuse Belge). Comparaison avec d'autres indices, chimiques, biocénotiques et diatomiques. *Inst. roy. Sc. nat. Belg. Documents de travail* 38 : 113 pp.
- SLÁDEČEK, V, 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol*, 7: 4 + 218 p.
- VAN DER WERFF A. & H. HULS, 1957-1974. Diatomeenflora van Nederland. *Aflev.* 1-9, Abcoude - De Hoef.
- VANDEVENNE, L., L. LECLERCQ & G. VERNIERS, 1985. Problème du rejet d'eau chargée en sel dans la Gander. Station thermale de Mondorf-les-Bains, Grand-Duché du Luxembourg. Rapport Cebedeau - Liège, 22 p. + 2 annexes.
- VERNIERS, G. & J.C. MICHA. 1982. Le rôle de l'hydrobiologiste dans l'évaluation de l'impact des activités humaines sur les milieux aquatiques. *Trib. Cebedeau*, 460, 35 : 117-131.