

Écotoxicologie des sédiments

LES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES DES COURS D'EAU DE LA RÉGION NORD/PAS-DE-CALAIS, INDICATEURS REMARQUABLES DE LA QUALITÉ DE LEUR ENVIRONNEMENT. CORRÉLATIONS ENTRE CONTAMINATIONS MÉTALLIQUES ET ORGANIQUES DES SÉDIMENTS ET INDICES DE QUALITÉ BIOLOGIQUE POTENTIELLE (IQBP)

par

F. GRUMIAUX, S. GAUDRE

et N. DHAINAUT-COURTOIS

Ce travail concerne l'étude de la contamination métallique et organique du Canal à Grand Gabarit et le fleuve Aa du Nord de la France et de ses effets sur la macrofaune benthique. Plusieurs paramètres chimiques (Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn, COT, P, NTK) ont été dosés dans les sédiments récoltés dans le Canal à Grand Gabarit, l'Aa et l'Aa canalisé. Les résultats montrent une forte contamination des canaux du bassin minier. Des inventaires de macroinvertébrés benthiques piégés dans des substrats artificiels ont permis de calculer un Indice de qualité biologique potentielle qui reflète parfaitement la qualité du biotope. Une ACP montre que l'IQBP* est corrélé négativement avec les charges en Cd, Zn, Pb et Cu des sédiments alors que les paramètres organiques n'ont apparemment aucune influence déterminante sur les valeurs que prend l'IQBP*.

Benthic macroinvertebrates in streams in the North of France as good indicator of freshwater quality. Correlation between metallic and organic contaminations and biocenotic index

This work concerned the evaluation of the metallic and organic contamination of the Canal à Grand Gabarit (Northern France) and the consequences on the benthic macroinvertebrates communities. Several parameters (Al, Cd, Cu, Fe, Pb, Zn, TOC, P, TKN)

Bulletin de la Société zoologique de France 125 (3)

were measured in sediments taken from the Canal à Grand Gabarit, and the Aa river. The data showed a strong contamination of the canals localized in the Bassin Minier. The communities of the benthic macroinvertebrates collected with artificial substrates showed to be in good agreement with the values found for the sediments parameters. CPA showed that biocenotic index values were negatively correlated with the Cd, Zn, Pb and Cu levels of the sediments. Organic parameters seem to have no effect on biocenotic index values.

Introduction

Dans un certain nombre de pays (surtout en Europe), beaucoup d'indicateurs et d'indices biologiques ont été recherchés dans le milieu dulçaquicole pour être employés soit en complément des analyses chimiques pratiquées sur l'eau ou les sédiments, soit dans certains cas, en remplacement de ces dernières.

En France et en particulier dans la Région Nord/Pas-de-Calais, certaines bactéries (telles que streptocoques fécaux, coliformes, *Escherichia coli*), des algues unicellulaires (diatomées) et les macroinvertébrés benthiques sont des organismes couramment utilisés dans ce but. Tandis que l'état de salubrité et la qualité globale de l'eau pourront être estimés grâce aux bactéries ou aux diatomées (Agences de l'Eau, 1993), la distribution des macroinvertébrés benthiques rendra davantage compte de l'état général de l'écosystème aquatique. Notons que certains macroinvertébrés endobenthiques tels que les annélides oligochètes (lorsqu'ils sont présents et accessibles) témoignent plus spécifiquement de la qualité du sédiment dans lequel ils se trouvent (LAFONT *et al.*, 1998).

Dans cette étude, nous n'envisagerons que les macroinvertébrés benthiques (essentiellement épibenthiques) susceptibles d'apporter des informations sur la qualité globale des sites étudiés. Nous rappellerons très succinctement que ces organismes ont très souvent été classés en fonction de leur sensibilité aux charges en nutriments du milieu et que des grilles ont été mises au point pour la détermination d'indices biologiques. Parmi ces derniers, nous en citerons trois :

- l'indice biotique (IB) (TUFFERY & VERNEAUX, 1968) qui, bien qu'encore utilisé aujourd'hui, a surtout un intérêt historique ;
- l'indice biologique global normalisé (IBGN) (AFNOR, 1992) qui a largement supplanté l'IB ;
- l'indice de qualité biologique potentielle (IQBP) qui diffère totalement des deux autres dans sa réalisation (VERNEAUX *et al.*, 1976).

L'IB et l'IBGN présentent le net avantage de ne nécessiter pour la récolte du matériel biologique qu'un simple filet de Surber. Concernant l'IBGN, un autre avantage réside dans la grande simplicité de détermination puisque celle-ci est effectuée au niveau de la famille (sauf exception) et non du genre ou de l'espèce.

Il convient cependant de souligner que ces deux indices présentent aussi des inconvénients, notamment dans leur application dans de nombreux cours d'eau de la région Nord/Pas de Calais :

- impossibilité de travailler en eau profonde ;
- nécessité, dans le cas de l'IBGN, de trouver 8 couples substrat / vitesse sur un même site ;

Contamination des sédiments et IQBP

– imprécisions, voire confusions dans les déductions effectuées lorsque la détermination n'est faite qu'au niveau de la famille (pour l'IBGN).

Quant à l'IQBP, s'il présente l'inconvénient majeur de nécessiter l'emploi de pièges souvent très lourds, il permet, en revanche, de travailler à des profondeurs d'eau très variées. De plus, il ne nécessite pas, comme l'IBGN, de trouver huit couples substrat/vitesse, ce qui est impossible dans beaucoup de cours d'eau et tout particulièrement dans les nombreux canaux de la Région Nord/Pas-de-Calais. Enfin, la grille de détermination à la famille, au genre, voire à l'espèce selon les groupes, est sans doute plus difficile à utiliser mais forcément plus fiable.

Parmi les diverses remarques qui pourraient être faites globalement pour les trois indices, nous indiquerons simplement que :

- la récolte d'animaux dérivants est incontournable, surtout lorsque l'on travaille en faciès lotique ;
- la présence de végétaux aquatiques risque d'apporter une sous-estimation de la qualité du milieu. Dans ce cas, la récolte manuelle réalisée en complément s'impose.

Les études que nous avons menées sur le Canal à Grand Gabarit et sur un certain nombre de cours d'eau ont eu plusieurs objectifs :

- contribuer à l'inventaire des taxons présents dans la Région ;
- comparer les IQBP avec les résultats d'analyses des sédiments superficiels en nutriments et certains métaux lourds, afin de mettre en exergue d'éventuelles corrélations entre les dégradations enregistrées pour la faune et le milieu. Les conclusions pouvant ensuite être utilisées par les gestionnaires à différentes fins : contrat de rivière, schéma piscicole...

Matériels et méthodes

Sites étudiés

Les treize sites étudiés ici font partie des sites du Réseau national de Bassin pour lesquels l'Agence de l'Eau Artois-Picardie réalise une surveillance de la qualité de l'eau. Ceux-ci sont situés le long du Canal à Grand Gabarit, du fleuve Aa, et de l'Aa canalisé. Dans le texte, par souci de simplification, les sites seront désignés uniquement par les deux ou trois premiers chiffres de la numérotation employée par l'Agence (exemple : 46 et non 46.000) (Fig. 1).

Échantillonnage

Les macroinvertébrés ont été récoltés à l'aide de substrats artificiels constitués d'une base lourde en béton contenant des tiges de phragmites de 30 centimètres. Selon les sites, un à six piégeages ont été réalisés entre 1991 et 1995 à l'aide de quatre pièges par site, immergés cinq semaines le long des berges (GRUMIAUX & DHAINAUT-COURTOIS, 1996). Lors de chaque campagne, nous avons récolté les sédiments accumulés dans les pièges afin d'en déterminer les teneurs en métaux et en nutriments.

Bulletin de la Société zoologique de France 125 (3)

Analyse des métaux

Un gramme de sédiments secs (séchés 48h à 80°C) est minéralisé dans 4 ml d'HCl (Suprapur 37%) et 10 ml d'HNO₃ (Suprapur 65%) pendant 12 h à froid dans un bécher en téflon recouvert d'un verre de montre. Après 2 h de chauffage à reflux à 150°C, le résidu est amené à sec (à 150°C) puis repris 2 fois par 10 ml d'HCl 1N, filtré sur papier Whatman 2V et complété avec de l'eau distillée à 100 ml.

Les dosages du Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, et Zn, ont été réalisés par spectrophotométrie d'absorption atomique en flamme (Perkin-Elmer 2380). Les dosages de l'Al ont été effectués par spectrophotométrie d'émission atomique en plasma d'argon (ARL 3510).

Les valeurs des teneurs métalliques dans les sédiments nous ont permis de calculer les niveaux de contamination correspondant à ceux définis par le ministère de l'Environnement (1993). Les trois niveaux N1, N2 et N3 correspondent respectivement à moins de 6, 6 à 18, et plus de 18 fois les valeurs de référence. Ces dernières exprimées en mg/kg de sédiment sec sont les suivantes, Cd : 0,5 ; Cr : 25 ; Cu : 20 ; Pb : 20 ; Zn : 75.

COT, P, NTK

Le Carbone organique total (COT) a été mesuré après une extraction au K₂Cr₂O₇ (1N) et au H₂SO₄ (95%). Le Phosphore total (P) a été déterminé par une méthode colorimétrique. L'Azote total Kjeldahl (NTK) a été dosé après une digestion acide de l'échantillon (H₂SO₄ à 95% en présence de H₂O₂ à 50%). Toutes les mesures ont été réalisées en utilisant le matériel et les réactifs HACH. Les niveaux 1, 2 et 3 que nous donnons ont été calculés en se basant sur les valeurs minimales et maximales obtenues lors des analyses (GRUMIAUX, 1996).

	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
P	< 1500 µg/g	1500 à 3000 µg/g	> 3000 µg/g
NTK	< 3000 µg/g	3000 à 6000 µg/g	> 6000 µg/g
COT	< 2,5%	2,5 à 5%	> 5%

Analyse en Composantes Principales

L'Analyse en composantes principales (ACP), dont la première utilisation en écologie revient à GOODALL (1954), permet de discriminer des sites ou des groupes de sites en fonction de paramètres physico-chimiques ou biologiques. Dans notre étude, les ACP ont été appliquées sur l'ensemble des données chimiques (teneurs en métaux et en nutriments) et biologiques (indices de qualité) ou sur les deux jeux de données pris séparément. Toutes les données ont été centrées et réduites avant analyse.

Indices biologiques

La grille des Indices de qualité biologique potentielle (IQBP) mise au point par VERNEAUX *et al.* (1976) permet d'interpréter les analyses faunistiques (macroinvertébrés) obtenues par la pose de pièges normalisés de type CEMAGREF. Selon les taxons et leur diversité, une note est donnée de 1 à 20. À partir de nos relevés faunistiques, nous avons utilisé cette grille pour déterminer un indice noté IQBP*, en raison de la différence de nos substrats artificiels avec ceux du type CEMAGREF (GRUMIAUX & DHAINAUT-COURTOIS, 1996).

Contamination des sédiments et IQBP

Résultats

La localisation des différents sites et leur numérotation selon l'Agence de l'Eau Artois-Picardie sont présentées sur la figure 1.

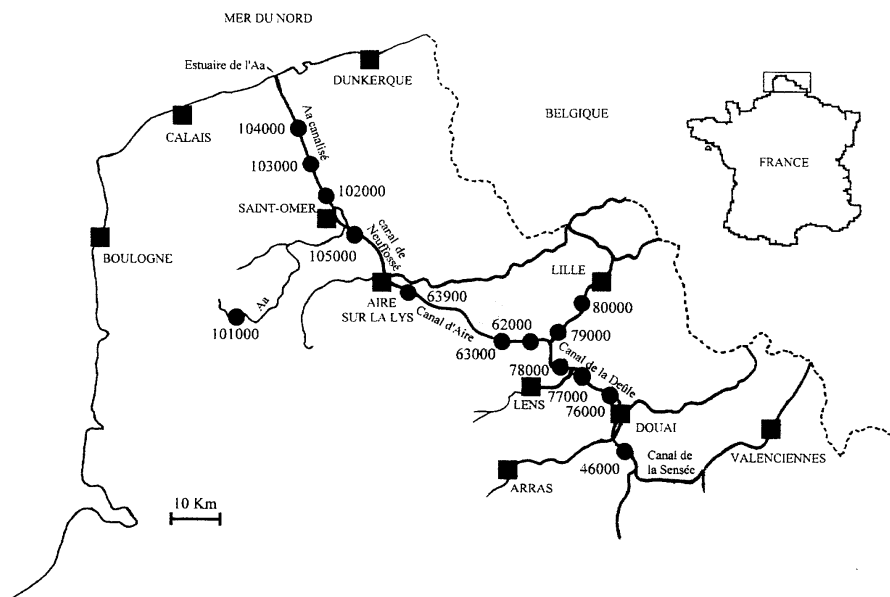


Figure 1

Sites étudiés le long du Canal à Grand Gabarit (46,76,77,78,79,80,62,63,105), en amont du fleuve côtier Aa (101) et de l'Aa canalisé (102, 103, 104).

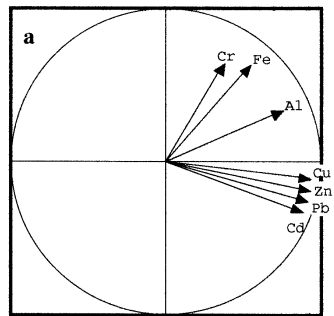
Les dosages de métaux lourds (Cd, Cr, Cu, Pb, et Zn) (Tableau 1) pratiqués sur le sédiment récolté dans les pièges révèlent des degrés très différents de pollution. Les sites 101 et 46 choisis, a priori, comme sites de référence, se révèlent être effectivement très peu contaminés (niveau 1 du ministère de l'Environnement). À l'inverse, on remarque que certains sites (62, 63, 79 et 80 par exemple) le sont très fortement (niveau 3). Il est à souligner que les métaux responsables des niveaux 3 sont surtout Cd, Pb et Zn, Cu n'atteignant des valeurs élevées (niveau 2) que sur les sites 62 et 63. Le cercle des corrélations (Fig. 2a) montre une bonne corrélation entre les variables Cu, Zn, Pb et Cd qui définissent le premier axe de l'ACP. Le plan principal (Fig. 2b) montre un classement des sites sur le premier axe en fonction d'un gradient de pollution en Cd, Cu, Pb et Zn et permet de visualiser la nette opposition entre les sites de références (46 et 101) et les sites fortement contaminés (62 et 63).

Les résultats concernant COT, NTK et P montrent que leurs teneurs varient à la fois avec le type de nutriments et les sites envisagés, exception faite des sites 62 et 63 où le niveau 3 est atteint pour les trois paramètres mesurés. On note par contre que si la contamination par P n'est pas préoccupante (seuls les sites 76, 103 et 104 atteignent le niveau 2), il n'en est pas de même pour NTK et plus encore COT. Il convient de souligner ici que

Bulletin de la Société zoologique de France 125 (3)

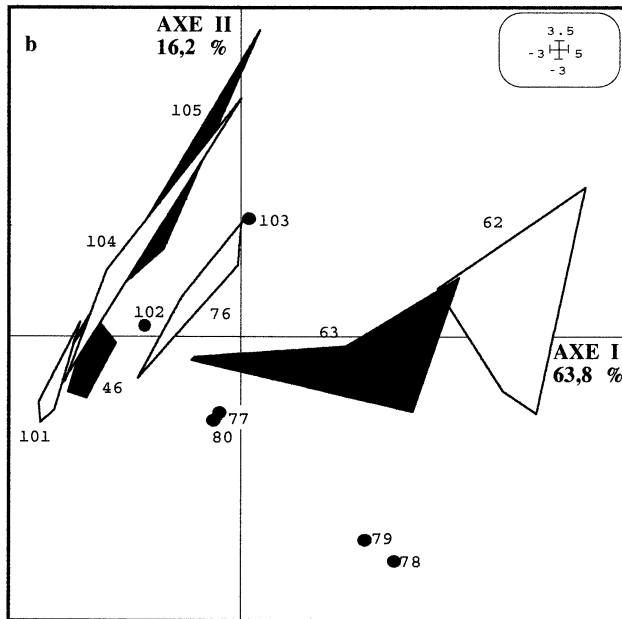
Tableau 1 : Niveaux de contamination 1 □ , 2 ▒ , 3 ■ des sédiments selon les références du Min. de l'Environnement (métaux lourds) et nos propres données[○] (nutriments). Le nombre global de familles observées, de même que la moyenne des IQBP* sont également indiqués.

SITES	METAUX LOURDS					NUTRIMENTS			NBRE DE FAMILLES	IQBP *
	Cd	Cr	Cu	Pb	Zn	COT [○]	NTK [○]	P [○]		
46	■	□	□	■	□	■	■	□	17	5,4
76	■	□	□	■	□	■	■	□	13	4
77	■	□	□	■	□	■	■	□	9	3
78	■	□	□	■	□	■	■	□	5	3
80	■	□	□	■	□	■	■	□	3	3
79	■	□	□	■	□	■	■	□	8	2
62	■	□	□	■	□	■	■	□	6	1,8
63	■	□	□	■	□	■	■	□	8	3
105	■	□	□	■	□	■	■	□	16	4,7
101	■	□	□	■	□	■	■	□	24	9,8
102	■	□	□	■	□	■	■	□	14	6
103	■	□	□	■	□	■	■	□	17	6
104	■	□	□	■	□	■	■	□	25	5



Figures 2 a et b

ACP des données centrées et réduites des teneurs métalliques des sédiments :
 a, cercle des corrélations ;
 b, projection dans le plan principal.



Contamination des sédiments et IQBP

Tableau 2

Liste des taxons rencontrés avec la numérotation et les abréviations utilisées dans les figures 3 et 5b.

Numérotation	Taxons	Abréviations
1	<i>Polycelis</i> sp.	Pol sp
2	<i>Dugesia lugubris</i>	Dug lug
3	<i>Dugesia gonocephala</i>	
4	<i>Dendrocoelum lacteum</i>	Den lac
5	F. Gordiidae	
6	F. Naididae	Tub
7	F. Tubificidae	Nai
8	<i>Piscicola geometra</i>	
9	<i>Hemiclepsis marginata</i>	Hem mar
10	<i>Helobdella stagnalis</i>	Hel sta
11	<i>Glossiphonia complanata</i>	Glo com
12	<i>Theromyzon</i> sp.	
13	<i>Erpobdella octoculata</i>	Erp oct
14	<i>Hirudo</i> sp.	
15	<i>Viviparus viviparus</i>	Viv viv
16	F. Valvatidae	
17	<i>Bithynia tentaculata</i>	Bit ten
18	F. Bythinellidae	Byt
19	F. Hydrobiidae	
20	F. Acroloxidae	
21	F. Planorbidae	Pla
22	F. Physidae	Phy
23-24	F. Lymnaeidae	Lym
25	<i>Dreissena polymorpha</i>	Dre pol
26	<i>Sphaerium</i> sp.	Sph
27	<i>Pisidium</i> sp.	
28	<i>Gammarus pulex</i>	Gam pul
29	<i>Asellus aquaticus</i>	Ase aqu
30	<i>Atyaephyra desmarestii</i>	Ath des
31	<i>Cambarus affinis</i>	Cam aff
32	F. Baetidae	
33	F. Ephemerellidae	Eph
34	F. Caenidae	
35	F. Caenagrionidae	
36	F. Platycnemididae	Pla
37	F. Dysticidae (indéterminé)	Dys
38	<i>Platembus maculatus</i>	
39	<i>Yola bicarinata</i>	
40	F. Gyrinidae	
41	F. Elmidae	
42	F. Philopotamidae	Phi
43	F. Polycentropodidae	Pol
44	F. Rhyacophilidae	Rhy
45	F. Hydropsychidae	Hyd
	F. Limnephilidae	
46	spp. 1	Lim sp1
47	spp. 2	Lim sp2
48	F. Sericostomatidae	Ser
49	F. Phryganidae	
50	F. Stratiomyidae	Chi
51	F. Tipulidae	
52	F. Simuliidae	
53	F. Tabanidae	
54	F. Chironomidae	
55	F. Ceratopogonidae	
56	F. Sialidae	Sia

Bulletin de la Société zoologique de France 125 (3)

le site 46 situé sur le Canal est relativement peu chargé, moins, en tout état de cause, que le site 101 localisé en amont du fleuve Aa (Tableau 1). Il est à noter que les recherches relatives aux PCB et aux 6 principaux pesticides susceptibles d'être détectés dans le milieu aquatique régional s'étant révélées quasi négatives (GRUMIAUX, 1996), il n'en a pas été tenu compte dans ce travail.

Pour les macroinvertébrés benthiques recueillis dans les pièges et selon les critères de détermination requis pour le calcul de l'IQBP, 56 taxons ont été trouvés. Comme celles des éléments métalliques et des nutriments, la distribution de ces invertébrés varie aussi beaucoup qualitativement et quantitativement. Tandis que le tableau 1 donne le nombre de familles observées sur chaque site, le tableau 2 présente la liste complète des taxons récoltés.

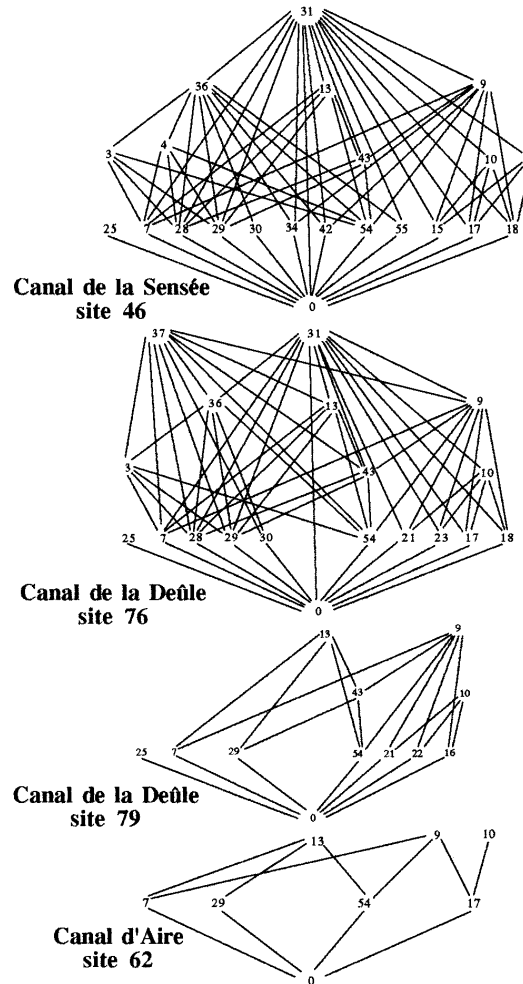


Figure 3

Exemple des réseaux trophiques présents sur quelques sites su Canal à grand gabarit.
La signification des données chiffrées est indiquée dans le tableau 2.

Contamination des sédiments et IQBP

Une schématisation des réseaux trophiques a été élaborée à partir des listes faunistiques obtenues sur quelques sites du Canal à Grand gabarit (Fig. 3). Elle met en évidence une dégradation très importante et progressive nettement visible depuis le site 46 (situé en amont de Douai et pris comme référence) jusqu'au site 62 (localisé à La Bassée).

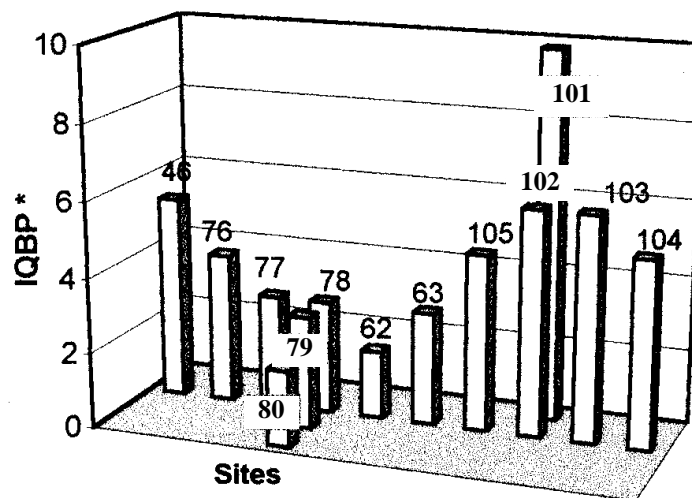


Figure 4

Moyennes de IQBP* calculés pour chacun des 13 sites (cf. localisation sur la Fig. 1).

On remarquera que les moyennes des IQBP* (Tableau 1, Fig. 4) sont en parfait accord avec les résultats précédents. On notera aussi que l'ACP des données faunistiques centrées et réduites (seuls les 33 taxons les plus représentés ont été pris en compte) démarque bien les différents sites (le 101 localisé sur le fleuve Aa étant nettement séparé) (Fig. 5a). La figure 5b représente la distribution d'abondance des 33 taxons sur la carte factorielle de l'ACP. Ici encore, le site 101 se détache avec la présence de taxons indicateurs d'une bonne qualité du milieu (dont certaines espèces rhéophile) (Fig. 5a). Toutefois, l'existence de Chironomidae et d'*Erpobdella octoculata*, par exemple, témoignent d'une certaine contamination par des nutriments. Ceci est également en accord avec les résultats des analyses chimiques et de l'IQBP* qui, bien que nettement supérieur à celui des autres sites, n'a rien d'exceptionnel (l'IQBP étant, rappelons le, noté sur 20). À titre d'exemples nous pouvons remarquer :

- la présence de macroinvertébrés ubiquistes présents dans la plupart des sites (*Asellus aquaticus*, *Erpobdella octoculata*, et les Chironomidae, dans la Fig. 5a) ;
- la présence de Gammaridae (dans la Fig. 5a) en abondance seulement dans les sites de référence (46 et 101) ;
- la présence de taxons en abondance dans des sites pollués (Tubificidae dans les sites 62 et 63, et Dreissenidae dans le canal de la Deûle, sites 77, 78, 79, dans la Fig. 5a).

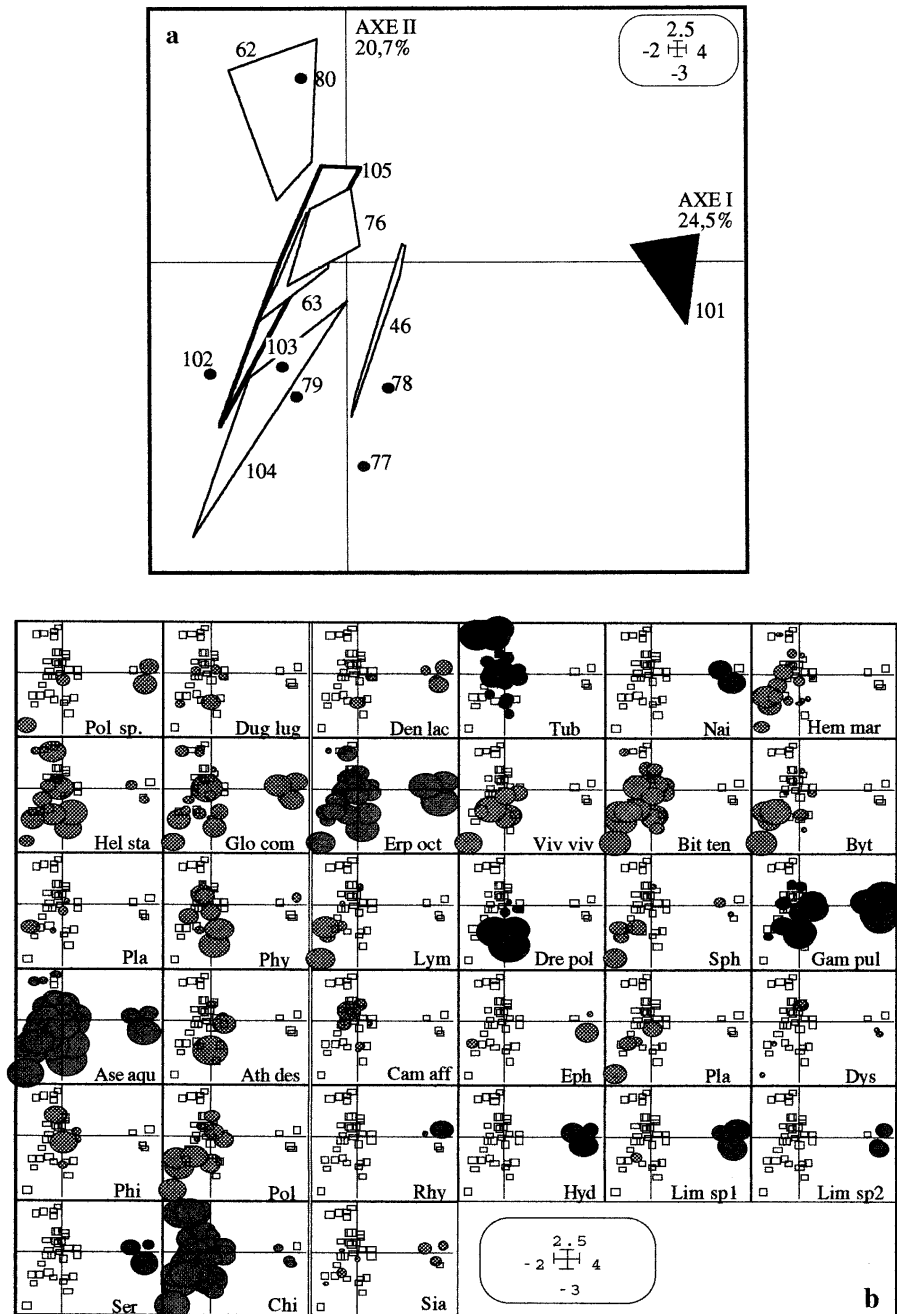


Figure 5a et b

ACP des données faunistiques centrées et réduites. a, projection dans le plan principal. b, distribution d'abondance des 33 taxons faunistiques sur la carte factorielle de l'ACP (cf. Fig. 5a).

Contamination des sédiments et IQBP

À ceci, il convient d'ajouter que l'ACP des données métalliques (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, et Zn), organiques (COT, NTK et P) et biologiques (IQBP*) révèle une très bonne corrélation entre Cd, Zn, Pb et Cu, et, d'autre part, une corrélation négative marquée entre ce groupe de quatre métaux et IQBP*. Les paramètres NTK, COT et P mal représentés sur ce plan n'ont apparemment aucune influence déterminante sur les valeurs que prend l'IQBP* (Fig. 6).

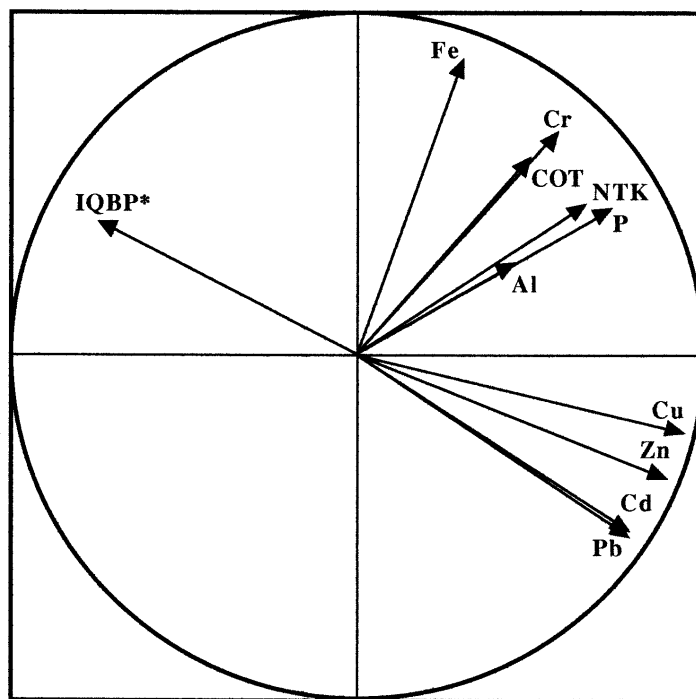


Figure 6

Cercle des corrélations entre les variables métalliques, organiques et biologiques, et les deux premiers facteurs de l'ACP des données centrées et réduites.

Discussion - Conclusion

Les analyses chimiques réalisées dans le cadre de ce travail, uniquement sur le sédiment superficiel recueilli dans les pièges, révèlent une contamination prononcée en métaux et en nutriments du Canal à Grand Gabarit et à un degré nettement moindre, du fleuve Aa (point 101).

Les charges en micropolluants varient en fonction des sites envisagés. Il est à noter que si certains sites se caractérisent par une pollution en métaux lourds et en nutriments très élevée (points 62, 63, par exemple), on ne remarque pas de sites fortement contaminés (niveaux N2 et N3) uniquement par des nutriments (exception faite du point 101 situé sur l'Aa).

Bulletin de la Société zoologique de France 125 (3)

En ce qui concerne les macroinvertébrés, 56 taxons dont 33 bien représentés ont été déterminés. Nous avons pu montrer que les espèces rhéophiles ne sont présentes que dans le fleuve Aa (point 101) et que les réseaux trophiques, encore très denses au niveau du point 46 du Canal à Grand Gabarit (en amont de Douai) sont très dégradés et simplifiés sur certains sites très contaminés. Dans ce cas, seuls subsistent quelques taxons tels que les Tubificidae, les Asellidae ou les Chironomidae et certaines sangsues comme *Erpobdella octoculata*.

Un résultat marquant qu'il convient de souligner est que les variations des valeurs des IQBP* suivent globalement le même décours que celui des résultats des analyses chimiques pratiquées sur le sédiments superficiel. Ceci nous permet de montrer une bonne corrélation (montrée également par l'ACP de la Fig. 6) entre l'IQBP* et la qualité chimique du milieu dans le cas d'un cours d'eau (ici le Canal à Grand Gabarit) au lit relativement bien homogène, ne présentant pas de multiples habitats potentiels et/ou de végétation aquatique qui pourraient fausser l'interprétation. Dans ce cas, les conclusions devront alors porter sur les qualités biologiques potentielles globales du milieu et non uniquement sur ses degrés de contamination.

D'autres études réalisées par notre laboratoire sur différents cours d'eau régionaux : Haute-Lys, Hem, Loisme, Souchez, Rigoles... nous ont conduits aux mêmes conclusions (DHAINAUT-COURTOIS, non publié ; GRUMIAUX & DHAINAUT-COURTOIS, 1998).

Les résultats de l'ACP des données métalliques, organiques et biologiques méritent aussi d'être soulignés. Ils plaident en effet pour un impact plus important de certains métaux lourds que des nutriments sur l'IQBP*.

Ce constat que nous avons également fait lors des études des autres cours d'eau précédemment cités (DHAINAUT-COURTOIS, non publié; GRUMIAUX & DHAINAUT-COURTOIS, 1998) nous paraît être d'autant plus intéressant à signaler que ce sont surtout des corrélations entre indices biologiques et nutriments (études des saprobies) qui ont jusqu'à présent été mentionnées dans la littérature.

Dans le même ordre d'idée, nous rapporterons ici des résultats complémentaires obtenus grâce à une analyse en co-inertie (GRUMIAUX *et al.*, 1998) portant sur la sensibilité respective de différents taxons aux métaux lourds. La conclusion en est que si l'abondance de certains taxons présente une indéniable corrélation négative avec la pollution métallique étudiée, il n'en est pas de même de quelques autres taxons. Citons en exemples :

- l'abondance des sangsues (*Erpobdella*, *Glossiphonia* et *Helobdella*) en opposition avec l'augmentation des teneurs en Al, Cr et Fe dans les sédiments ;
- l'abondance des Gammaridae et des Bithyniidae en opposition avec l'augmentation des teneurs en Cd, Cu, Pb et Zn) ;
- l'augmentation de l'abondance des Tubificidae en corrélation avec une augmentation des charges métalliques dans les sédiments.

Dans cette optique, l'Agence de l'Eau Artois-Picardie (LAFONT *et al.*, 1998) réalise d'ailleurs actuellement des recherches pour tenter de définir les corrélations étroites qui peuvent exister entre certains taxons choisis parmi les annélides oligochètes (les Tubificidae, par exemple) et la contamination par divers métaux lourds.

Contamination des sédiments et IQBP

Remerciements

Les auteurs remercient l'Agence de l'Eau Artois-Picardie qui a financé ces études. Ils expriment aussi leur gratitude à A. Leprêtre (USTL) et J. Prygiel (AEAP) pour les précieux conseils qu'ils n'ont cessé de leur prodiguer.

Adresse pour la correspondance : M. Dhainaut-Courtois
Service d'Hydrobiologie et d'Écotoxicologie
Laboratoire de Biologie Animale, Bâtiment SN3
Université de Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

RÉFÉRENCES

- AFNOR, (1992).- *Normes française, Essai des eaux, Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)*, NFT 90-350, décembre 1992.
- AGENCES DE L'EAU, (1993).- *Étude bibliographique des méthodes biologiques d'évaluation de la qualité des eaux de surface continentales*. Étude Inter-Agences n°35.
- GOODALL, D.W. (1954).- Objective methods for the classification of vegetation. III. An essay in the use of factor analysis. *Austrian J. Bot.* **2**, 304-324.
- GRUMIAUX, F. (1996).- *Étude multiparamétrique de la contamination métallique et organique du canal à grand gabarit du Nord de la France. Effets sur la macrofaune benthique et caractérisation chez le gardon (Rutilus rutilus L.) d'un biomarqueur d'exposition*. Thèse de Doctorat de l'USTL, 309 p.
- GRUMIAUX, F. & DHAINAUT-COURTOIS, N. (1996).- Benthic macroinvertebrate communities of the canal à grand gabarit, Aa river and the canalized Aa river in the North of France. *J. Freshwater Ecol.*, **11**, 131-138.
- GRUMIAUX, F., LEPRÊTRE, A. & DHAINAUT-COURTOIS, N. (1998).- Effect of sediment quality on benthic macroinvertebrate communities in streams in the north of France. *Hydrobiologia*, **385**, 33-46.
- GRUMIAUX, F., DEMUYNCK, S., LEPRÊTRE, A. & DHAINAUT-COURTOIS, N. (1997).- Teneurs métalliques et organiques dans les sédiments et effets sur les communautés benthiques dans deux cours d'eau représentatifs de la Région Nord/Pas-de-Calais. X2 CD ROM 078.PDF, in *Contaminated Soils. 3rd International Conference on the Biogeochemistry of Traces Elements, Paris, May 15-19, 1995*, R. Prost Editor, INRA Éditions.
- LAFONT, M., ROSSO-DARMET, A., PRYGIEL, J., LESNIAK, C., OUDANNE, B. & DURBEC, A. (1998).- Les oligochètes en tant qu'indicateurs de l'écotoxicité des sédiments. Application au bassin Artois-Picardie. *Journées annuelles de la Société Zoologique de France, Lille 29,30 juin et 1er juillet 1998*.
- LA POINT, T.W., MELANSON, S.M. & MORRIS, M.K. (1984).- Relationships among observed metal concentrations, criteria, and benthic community structural responses in 15 streams. *J. Wat. Pollut. Contr. Fed.*, **56**, 1030-1038.
- MINISTÈRE de L'ENVIRONNEMENT (1993).- Carte 1993. *La pollution des cours d'eau par les métaux*. Ministère de l'Environnement (Direction de l'Eau)/Agences de l'Eau.
- TUFFERY, G. & VERNEAUX, J. (1968).- *Méthode de détermination de la qualité biologique des eaux courantes*. CERAFER, 4, Paris.
- VERNEAUX, J., FAESSEL, B. & MALESIEUX, G. (1976).- *Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes*. CTGREF, division qualité des eaux, pêche et pisciculture, 13 p.

(reçu le 05/02/99 ; accepté le 12/02/99)

