



MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

UTILISATION DES EPONGES D'EAU DOUCE COMME BIOINDICATEURS DE LA PRESENCE DE METAUX DANS L'ENVIRONNEMENT

par

E. Richelle-Maurer, Y. Degoudenne, L. Dejonghe,
G. Van de Vyver.



UTILISATION DES EPONGES D'EAU DOUCE COMME BIOINDICATEURS DE LA PRESENCE DE METAUX DANS L'ENVIRONNEMENT

par

E. Richelle-Maurer*, Y. Degoudenne*, L. Dejonghe**,
G. Van de Vyver*.

- * Laboratoire de Physiologie Cellulaire et Génétique des Levures, Université Libre de Bruxelles, Bd. du Triomphe, CP 244, B-1050 Bruxelles.
- ** Service géologique de Belgique, rue Jenner, 13, B-1040 Bruxelles et Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement, Université Libre de Bruxelles, 50 Av. F.D. Roosevelt, CP 160/ 02, B-1050 Bruxelles.

Edition
Imprimerie du Ministère des Affaires Economiques
Rue de Mot, 24 - 1040 Bruxelles
Juillet 1994

Editeur
J. Herman : Service Géologique de Belgique
Rue Jenner, 13 - 1040 Bruxelles

Uitgeverij
Drukkerij van het Ministerie van Economische Zaken
De Motstraat, 24 - 1040 Brussel
Juli 1994

Editeur
J. Herman : Belgische Geologische Dienst
Jennerstraat, 13 - 1040 Brussel

TABLE DES MATIERES

RESUME ABSTRACT

1- INTRODUCTION	1
2- MATERIEL ET METHODES	3
2.1: Description des sites	3
a) Sites prospectés.....	3
b) Expérimentation in situ.....	3
2.2: Eponges	3
a) Récolte des éponges.....	3
b) Détermination et observations microscopiques.....	3
c) Culture in vitro et expérimentation in situ.....	4
d) Tests de cytotoxicité: seuils de toxicité au Cu, Pb, Zn.....	4
2.3: Analyses	4
a) Analyses physico-chimiques.....	4
b) Détermination des teneurs en métaux lourds.....	5
b.1: choix des métaux.....	5
b.2: dosage dans les eaux.....	5
b.3: dosage dans les sédiments.....	5
b.4: dosage dans les éponges.....	5
b.5: sites d'accumulation des métaux dans les éponges.....	6
3- RESULTATS et DISCUSSION	
3.1: Analyses des eaux et des sédiments	7
a) Caractéristiques physico-chimiques des eaux.....	7
b) Métaux dans les eaux.....	10
c) Métaux dans les sédiments.....	14
3.2: Eponges	17
a) Distribution et étude microscopique.....	17
b) Développement.....	24
c) Dosage des métaux.....	32
d) Sélectivité spécifique.....	42
e) Sites d'accumulation des métaux.....	45
f) Tests de cytotoxicité: sensibilité au Cu, Pb et Zn.....	46

4- CONCLUSIONS	48
5- REMERCIEMENTS	49
6- REFERENCES	50
7- ANNEXES	52
Tableau 1: sites prospectés	52
Tableau 2: sites et stations d'expérimentation in situ.	54
Tableau 3: plan de l'expérimentation in situ.	55
Tableau 4: physico-chimie des eaux et distribution des éponges et bryozoaires	56
Tableau 5: canal Ath-Blaton: caractéristiques physico-chimiques des eaux et distribution des éponges.	61
Tableau 6: canal Bocholt-Herentals: caractéristiques physico-chimiques des eaux et distribution des éponges.	62
Tableau 7: caractéristiques physico-chimiques des eaux des stations expérimentales	63
Tableau 8: teneurs en métaux dans les eaux	64
Tableau 9: canal Ath-Blaton: teneurs en métaux dans les eaux	69
Tableau 10: canal Bocholt-Herentals: teneurs en métaux dans les eaux	70
Tableau 11: stations expérimentales: teneurs en métaux dans les eaux	71
Tableau 12: teneurs en métaux dans les sédiments	72
Tableau 13: stations expérimentales: teneurs en métaux dans les sédiments	74
Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges	75
Tableau 15: stations expérimentales: teneurs en métaux dans les éponges	82
Tableau 16: stations expérimentales: teneurs moyennes en métaux dans l'eau et les éponges.	83

RESUME

Au cours de ce travail, nous avons récolté les quatre espèces d'éponges communes en Belgique, *Ephydatia fluviatilis*, *Ephydatia muelleri*, *Spongilla lacustris* et *Eunapius fragilis* ainsi qu' une cinquième espèce, *Trochospongilla horrida*. Cette espèce et son écologie n'ont que rarement été décrites en Europe et c'est la première fois qu'elles le sont en Belgique.

Des observations faites aux microscopes optique et électronique à balayage ont montré la présence de modifications spiculaires liées à des conditions adverses de l'environnement, et / ou à l'existence d'une pollution transitoire ou permanente. Celles-ci pourraient donc être utilisées comme indicateurs de la qualité de l'eau.

Toutes les espèces préfèrent des eaux bien oxygénées, légèrement alcalines, de haute conductivité et fortement carbonatées. Elles peuvent toutefois se développer dans des eaux relativement polluées et présentent une croissance importante dans toute la gamme de concentrations de Al, Ba, Cd, Co, Fe et Mg rencontrées. Par contre, la croissance de *E. fluviatilis* et *E. fragilis* est inhibée aux concentrations supérieures de la gamme pour Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Ti, V et Zn, ce qui n'est pas le cas pour *E. muelleri* et *S. lacustris*. Ces observations révèlent une plus grande sensibilité des deux premières espèces.

Les seuils de toxicité mesurés au laboratoire montrent, qu'effectivement, *E. fluviatilis* et, dans une moindre mesure, *E. muelleri* sont plus sensibles au Cu, Pb et Zn que *S. lacustris* et que Pb est plus toxique que Cu et Zn. Les concentrations toxiques moyennes, toutes espèces confondues, sont estimées à $2,5 \cdot 10^{-7} \text{M}$ (59 ppb) pour le plomb, $7,5 \cdot 10^{-7} \text{M}$ (48 ppb) pour le cuivre et $1,3 \cdot 10^{-6} \text{M}$ (87 ppb) pour le zinc. Ces concentrations sont souvent beaucoup plus faibles que celles rencontrées dans certains sites naturels indiquant que, dans la nature, les éponges peuvent tolérer des concentrations plus élevées que celles mesurées par le test de cytotoxicité au laboratoire.

L'analyse des teneurs en métaux des eaux, des éponges récoltées dans la nature et des éponges provenant des cultures expérimentales montre que les éponges d'eau douce ont la capacité de concentrer par un facteur s'échelonnant de 10^3 à 10^6 , un large spectre de métaux lourds qui parfois ne sont présents qu'à l'état de trace dans l'eau environnante. De plus, leur profil d'accumulation reflète le degré de contamination du milieu ambiant.

Il n'apparaît pas de différences particulières entre espèces. Les différences observées sont plus liées à la concentration des métaux dans l'eau qu'à des différences dans les taux d'accumulation spécifiques. Les métaux ne sont pas accumulés dans les spicules mais, selon la nature du métal, dans le squelette organique et les tissus vivants ou préférentiellement dans l'un ou l'autre.

L'ensemble de ces résultats montre que les éponges d'eau douce sont d'excellents indicateurs de la contamination du milieu aquatique par les métaux lourds. Elles sont un outil de choix pour la surveillance de l'environnement et la prospection minière étant donné qu'elles possèdent l'avantage de pouvoir être aisément cultivées au laboratoire puis transférées dans la nature où elles se développent massivement. Cette propriété nous a permis de concevoir un module composé d'unités mobiles couvertes d'éponges qui peut être utilisé pour le diagnostic d'une pollution par les métaux lourds résultant de décharges permanentes ou accidentelles et par conséquent de surveiller l'environnement.

ABSTRACT

In the course of the present work, the four common Belgian sponge species, *Ephydatia fluviatilis*, *Ephydatia muelleri*, *Spongilla lacustris* and *Eunapius fragilis* have been collected as well as a fifth species, *Trochospongilla horrida*. This species and its ecology have rarely been described in Europe and this is the first report on it from Belgium.

Observations made with light and scanning electron microscopy have shown the presence of spicule morphological variations and malformations, associated with adverse environmental conditions or with transient or permanent pollution. Therefore, these modifications could be used as indicators of water quality.

The results indicate a preference of all species for slightly alkaline, well oxygenated waters, with high conductivity and high carbonate concentrations. All sponges could grow in relatively polluted waters and presented a substantial growth throughout the entire range of Al, Ba, Cd, Co, Fe and Mg concentrations encountered. However, the growth of *E. fluviatilis* and *E. fragilis*, contrary to that of *E. muelleri* and *S. lacustris* was stunted by the higher concentrations of Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Ti, V and Zn, indicating the greater sensitivity to heavy metals of the two former species.

In vitro experiments, using a toxicity test developed in our laboratory, have established that effectively, *E. fluviatilis* and to a lesser extent *E. muelleri* were more sensitive than *S. lacustris* and that lead was more toxic than copper and zinc. The mean toxic concentrations for lead, copper and zinc are estimated to be 2.5×10^{-7} M (59 ppb), 7.5×10^{-7} M (48 ppb) and 1.3×10^{-6} M (87 ppb) respectively. In their natural habitat freshwater sponges can grow and even thrive at metal concentrations higher than these threshold concentrations measured in the laboratory. This suggests the existence of detoxification mechanisms in sponges.

The analyses of metal content in water, indigenous sponges and experimental sponge cultures have shown that freshwater sponges have the capacity of concentrating, by a factor of 10^3 to 10^6 , a wide spectrum of heavy metals which are present at trace levels in the ambient water. Moreover, the pattern of accumulation of many metals reflects the degree of pollution of the environmental water.

There seem to be no striking differences between species, the observed variations in their metal content being related more to the water metal content than to differences in their accumulation rates. Metals are not accumulated in the spicules but in the organic skeleton and living tissue or preferentially in one of them.

Together these results demonstrate that freshwater sponges are excellent detectors of heavy metal contamination. They are a valuable tool for assessing and monitoring water quality and for mineral prospecting, especially as they possess the advantage of being able to be cultured in the laboratory and transferred to the field where they grow profusely. This property has allowed us to conceive a device composed of mobile units covered with sponges that can be used for the diagnosis of heavy metal pollution resulting from permanent or accidental discharges, and consequently for monitoring the aquatic environment.

1- INTRODUCTION

La contamination des eaux par des rejets d'origines domestique, industrielle ou agricole est devenue de plus en plus préoccupante ces dernières années. Parmi ces polluants chimiques, l'attention s'est portée sur les micropolluants, en particulier les métaux lourds, qui même à l'état de traces, peuvent se révéler très dangereux pour l'homme suite à leur accumulation par les animaux au cours de la chaîne trophique. Certains organismes possèdent la propriété de pouvoir accumuler diverses substances (métaux lourds, organochlorés, radionucléides) à des concentrations plusieurs milliers de fois supérieures à celles du milieu environnant. L'analyse de quelques grammes de ces organismes permet d'étudier la distribution, le flux et l'évolution de ces polluants dans les écosystèmes aquatiques sans recourir à des analyses de grands volumes d'eau, longues et fastidieuses et le plus souvent non représentatives. Elle permet en outre de déceler des décharges discontinues ou accidentelles qui ne pourraient pas être mises en évidence par l'analyse directe des eaux et donc de retracer l'histoire d'un site. L'intérêt de l'utilisation de ces organismes bioindicateurs comme détecteurs et estimateurs de la présence de métaux et de divers polluants n'est donc plus à démontrer. Parmi les organismes qui ont déjà fait l'objet d'études, citons les macroalgues, les lamellibranches, les gastéropodes, les crustacés, les poissons (Bryan & Hummerstone 1977, Fowler & Oregioni 1976, Kennedy 1986, Richard et al. 1988, Romeo et al. 1987).

Peu d'études ont été consacrées aux éponges (Porifera) qui représentent cependant plus de 5000 espèces adaptées à une grande diversité de niches écologiques. De part leur mode de nutrition, les éponges sont l'un des groupes benthiques les plus exposés aux modifications du milieu. Ce sont en effet des filtreurs très actifs, pouvant filtrer leur propre volume d'eau en quelques minutes, voire en quelques secondes (Frost 1976). Ce sont des consommateurs de bactéries, de matières organiques dissoutes, colloïdales ou particulières (de 0,2 µm à 50 µm). Les quelques études qui ont été faites en milieu marin ont révélé que les éponges marines sont des accumulateurs de métaux et organochlorés (Paez-Osuna et al. 1988, Patel et al. 1985, Verdenal et al. 1985, Verdenal 1986, Zahn et al. 1981). Patel a proposé que les éponges soient utilisées dans un programme de surveillance de l'environnement «Sponge Watch» à l'instar du «Mussel Watch» déjà d'application dans des programmes internationaux d'études de la pollution.

Jusqu'à présent, aucune étude n'avait porté sur les éponges d'eau douce qui pourraient pourtant se révéler très utiles dans la surveillance des eaux douces. En effet, elles présentent l'avantage sur les autres organismes bioindicateurs utilisés en milieu dulcicoles (diatomées, mousses, etc...) de pouvoir être facilement transplantées dans divers milieux et de s'y développer massivement grâce à la technique de culture *in vitro* (Rasmont 1961) et à un module d'implantation-récupération mis au point dans notre laboratoire (Van de Vyver 1970, Van de Vyver and Willenz 1975).

Dans des travaux préliminaires, nous avons montré que les éponges d'eau douce ont la capacité d'accumuler divers métaux lourds (chrome, cuivre, fer, manganèse, plomb, titane, zinc) présents à l'état de trace ou en très faibles quantités dans le milieu ambiant (Richelle et al. 1990).

Dans le présent travail, nous avons voulu vérifier si les éponges pouvaient être utilisées valablement comme détecteurs et estimateurs des teneurs en métaux des eaux, en vue d'une application à la prospection minière ou à la surveillance et à la dépollution de l'environnement. Nous avons donc étudié d'une manière plus approfondie la bioaccumulation de divers métaux par les 4 espèces d'éponges dulcicoles communes en Belgique, *Ephydatia fluviatilis*, *Ephydatia muelleri*, *Eunapius fragilis* et *Spongilla lacustris*. Des récoltes d'éponges et des expérimentations in situ ont été effectuées dans divers sites, contaminés, susceptibles de l'être ou considérés comme non contaminés. Ces travaux sur le terrain ont été complétés par des expérimentations au laboratoire visant à déterminer le seuil de sensibilité des éponges à quelques métaux sélectionnés, au moyen d'un test de cytotoxicité (Van de Vyver et al. 1990). La capacité des éponges à accumuler des métaux a été établie par analyse et comparaison des concentrations en métaux lourds dans les éponges et le milieu ambiant. Ceci permet d'établir si les teneurs métalliques des éponges reflètent ou non le degré de pollution du milieu. Le site de concentration des métaux au sein des éponges a également été étudié.

2- MATERIEL ET METHODES

2.1: Description des sites

a) Sites prospectés

Les sites de prospection ont été choisis de manière à présenter un échantillonnage aussi diversifié que possible de divers biotopes pollués ou non au travers de la Belgique (tableau 1). Nous avons échantillonné, de juillet à septembre 1991: 36 étangs (Antwerpen, Baudour, Behoude, Beloeil, Gonrioux, Groenendael, Harchies, Hautrage, Hensies, Jardin J. Massart, Linkebeek, Mettet, Pommeroeul, Rouge-Cloître, Saint-Denis, Trois Fontaines, Virelles), 5 rivières (Behoude, Berlaimont, Eau Blanche, Gueule, Viroin) et 8 canaux dont 52 écluses (Ath-Blaton, Bocholt-Herentals, Bossuit-Kortrijk, du Centre, Dessel-Turnhout-Schoten, L'Espierres, Nimy-Blaton, Pommeroeul-Condé).

Certains sites ont également été échantillonnés, au cours de la même période, en 1990 et 1992.

b) Expérimentation in situ

Sept sites naturels et douze stations ont été choisis en raison de leur proximité de sources de contamination métallique connues (anomalies géochimiques) ou potentielles (industries, circulation automobile) et comme témoins. Leurs caractéristiques sont reprises au tableau 2.

2.2: Eponges

a) Récolte des éponges

Les éponges ont été récoltées sur les bords des canaux, des étangs, leurs déversoirs ou leurs moines, les objets immergés, soit fixées à leur support, soit détachées à l'aide d'un racloir muni d'un filet. Un manche télescopique permettait de récolter les éponges jusqu'à une profondeur de trois mètres. Les éponges ont été rincées, débarrassées de leurs épibiotes et congelées à -20°C jusqu'à analyse.

b) Détermination et observations microscopiques

La détermination des éponges s'est effectuée d'après leur spiculation (Penney & Racek 1968). Pour chaque échantillon, une suspension de spicules a été préparée par digestion à l'acide nitrique d'un fragment d'éponge. Les spicules ont ensuite été lavés plusieurs fois à l'eau distillée, centrifugés et resuspendus dans de l'alcool 98%. Ils ont été observés au microscope optique et au microscope électronique à balayage (Philips SEM 515 scanning electron microscope). Pour les observations au microscope électronique à balayage, une goutte de la suspension de spicules a été placée sur un support, séchée et recouverte d'or (Balzers Union type 0720/A sputter coater).

c) Culture in vitro et expérimentation in situ

Les éponges ont été mises en culture au laboratoire par ensemencement de gemmules sur des plaques de verre et mises à incuber à 20°C dans un milieu minéral, milieu M, mis au point par Rasmont (1961). Après une dizaine de jours, les plaques ont été transférées dans les différents sites d'implantation choisis. Afin de sélectionner les espèces les mieux adaptées pour chaque site, des tests préliminaires de viabilité ont été effectués avec les 4 espèces d'éponges communes en Belgique, *Ephydatia fluviatilis*, *Ephydatia muelleri*, *Eunapius fragilis* et *Spongilla lacustris*. La croissance de ces éponges a été évaluée et comparée pendant 3 semaines pour chaque biotope, ce qui a permis de retenir 7 sites et 12 stations d'expérimentation (tableau 2). *E. muelleri* et *S. lacustris* présentaient le meilleur développement dans tous les sites à l'exception du canal Nimy-Blaton (site 5) où *E. fluviatilis* croissait le mieux. Aux Trois Fontaines et à Linkebeek (sites 11 et 12) toutes les espèces présentaient un bon développement. Une nouvelle série d'implantations in situ a donc été effectuée: *E. muelleri* et *S. lacustris* ont été implantés dans tous les sites sauf dans le canal Nimy-Blaton où *E. fluviatilis* a été implantée. Le plan de cette expérimentation est repris au tableau 3. La croissance des éponges a été suivie, tous les 10 jours. Les paramètres physico-chimiques de l'eau ont été mesurés sur place tandis que des échantillons d'eau ont été prélevés et ramenés au laboratoire pour l'analyse des métaux. Après 6 à 10 semaines, selon les sites, les éponges ont été récoltées et congelées jusqu'à analyse.

d) Tests de cytotoxicité: seuils de toxicité au Cu, Pb et Zn

Ce test évalue l'effet d'une substance sur la capacité qu'ont les cellules dissociées d'éponges de se réagréger et de reformer des éponges fonctionnelles et viables.

De petites éponges de 7 jours, cultivées in vitro, ont été récoltées au moyen d'une spatule et dissociées par aspirations et refoulements dans une pipette Pasteur. Ces suspensions cellulaires ont été centrifugées (10 minutes à 2000t/min) puis resuspendues soit dans du milieu M (témoins) soit dans du milieu M contenant des concentrations en Cu, Pb et Zn allant de 10^{-7} M à 10^{-4} M. Elles ont ensuite été placées dans des cupules cylindriques et incubées à 20°C. Leur évolution a été suivie pendant 10 jours. Toutes les expériences ont été réalisées en triple exemplaire.

2.3: Analyses

a) Analyses physico-chimiques

Pour chaque station, une série de paramètres physico-chimiques de l'eau ont été mesurés in situ: la température, la conductivité, le pH, les teneurs en oxygène dissous, azote ammoniacal, nitrites, nitrates, phosphates, carbonates et silice. Le pH a été mesuré avec un pH mètre portable HACH One, la conductivité avec un conductimètre portable (μ Siemens / cm) et les teneurs en calcium avec un titrateur digital HACH. Les autres caractéristiques physico-chimiques ont été mesurées par photospectrométrie à l'aide d'un spectrophotomètre HACH DREL / 2000 pour: l'oxygène dissous (méthode HRDO, am-

poules AccuVac); l'azote l'ammoniacal (méthode de Nessler); les nitrites (méthode par diazotation); les nitrates (méthode de réduction au cadmium); les phosphates (méthode au PhosVer 3, à l'acide ascorbique); la silice (méthode au silicomolybdate).

b) Détermination des teneurs en métaux lourds

b.1: Choix des métaux

Les métaux à étudier ont été choisis, en particulier, pour leur toxicité vis-à-vis du règne animal (cadmium et plomb) ou pour leur toxicité potentielle lorsqu'ils sont présents en grande quantité (chrome, cuivre, manganèse, nickel et zinc). Remarquons que ces derniers sont des oligoéléments ayant un rôle métabolique.

b.2: Dosage dans les eaux

Les eaux ont été récoltées en surface dans des flacons en polyvinyl, acidifiées à pH 4 (par HNO_3 suprapur) et réfrigérées à 4°C. L'analyse a été réalisée par ICPMS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) avec un VG Plasmaquad pour les métaux suivants: Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Mg, Mo, Ni, Pb, Ti, V et Zn et par ICP pour Al, B, Fe, Mn.

b.3: Dosage dans les sédiments

Les sédiments ont été prélevés par carottage partout où la configuration des lieux le permettait et conservés à 4°C. Seuls les 10 premiers centimètres ont servi pour l'analyse. Ils ont été séchés à l'étuve à 120°C jusqu'à poids constant. Ils ont ensuite été homogénéisés, finement broyés et comprimés en pastilles. Celles-ci ont été analysées par XRFS (X-ray Fluorescence Spectrometry) avec un spectromètre Philips PW 1480 pour les métaux suivants: Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Si, V et Zn.

b.4: Dosage dans les éponges

Les échantillons de plus de 2 g de poids sec ont été analysés par XRFS et préparés de la même manière que les sédiments. Les échantillons de moins de 2 g ont été analysés par ICPMS. Dans ce cas, les éponges ont, au préalable, été mises en solution par attaque à l'acide nitrique puis perchlorique et fluorhydrique afin de dissoudre leur squelette siliceux.

b.5: Localisation des métaux dans les éponges

Pour déterminer le site d'accumulation préférentiel des métaux lourds dans les éponges, deux méthodes ont été utilisées:

- comparaison des teneurs en métaux des squelettes des éponges avant et après traitement: des échantillons d'éponges ont été divisé en deux, une moitié a été nettoyée par pourrissement de manière à débarrasser le squelette des matières cellulaires, l'autre a été congelée immédiatement. Les concentrations métalliques ont ensuite été analysées dans les squelettes nettoyés et les éponges entières. Celles des tissus vivants ont été calculées selon la formule de Verdenal (1986) en considérant que le squelette représente environ 1/10 e de la matière sèche de l'éponge:

$$CT = (10 \times CEE - CS) / 3$$

CT: concentration dans les tissus vivants; CEE: concentration dans l'éponge entière;

CS: concentration dans le squelette.

- microscopie électronique avec sonde associée: des échantillons secs d'éponges ont été collés sur des supports en carbone avec de la colle au carbone et rendus conducteurs par dépôt d'une couche de carbone dans un évaporateur Dried Balzers MED 10. Ils ont ensuite été analysés à l'aide d'une microsonde électronique CAMECA (tension de travail de 25 kV), équipée d'un double système de détection:

- spectrométrie dispersive en énergie (EDS) qui permet l'obtention de tout le spectre
- spectrométrie dispersive en longueur d'onde (WDS) qui permet la détection d'un élément chimique à la fois.

3- RESULTATS et DISCUSSION

3.1: Analyse des eaux et des sédiments

a) Caractéristiques physico-chimiques des eaux

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la totalité des stations échantillonnées, soit 82, sont repris au tableau 4; les moyennes, minima et maxima au tableau ci-dessous.

Caractéristiques physico-chimiques des sites prospectés (moyennes, minima et maxima)

Paramètres	moyenne	minimum	maximum
Température (°C)	19,3	13,4	26,0
pH	8,2	4,0	9,5
Conductivité (µs/cm)	670,0	102,0	1251,0
NH3 (mg/l)	0,5	0,0	13,4
NO2 (mg/l)	0,1	0,0	1,9
NO3 (mg/l)	4,7	0,0	20,7
PO4 (mg/l)	0,7	0,0	4,6
CaCO3 (mg/l)	235,0	86,0	374,0
SiO2 (mg/l)	8,9	LD	39,8

LD: Limite de détection

pH: le pH est en général basique (moyenne: 8,2). Seule une station, située dans le bois de Baudour se distingue par un pH acide (pH 4) correspondant à des eaux en milieu forestier très peu minéralisées et donc très peu tamponnées.

Température: la température moyenne est de 19,3° C correspondant à une température favorable au développement des éponges.

Conductivité et teneurs en carbonates: la conductivité est en général élevée, correspondant à des eaux moyennement à fortement minéralisées ayant également des teneurs en calcium relativement élevées.

Les étangs de Gonrioux et Virelles se distinguent des autres stations par leurs eaux faiblement carbonatées (86 et 87 mg/l) et faiblement minéralisées (conductivité: 188 µs/cm,

190 $\mu\text{s}/\text{cm}$) confirmant les résultats obtenus lors d'une étude antérieure (Richelle et al. 1989). L'Eau Blanche est également faiblement minéralisée (conductivité: 102 $\mu\text{s}/\text{cm}$).

Azote ammoniacal: sa présence indique l'existence d'une pollution organique. En général, des eaux bien oxygénées ne contiennent que des traces d'ammoniaque et de nitrites. L'ammoniaque est présent partout sans être abondant sauf aux Marionville.

Nitrites: les teneurs en nitrites sont presque toujours faibles à très faibles sauf à Linkebeek (entrée) et à Gonrieux.

Nitrates: les teneurs en nitrates varient beaucoup selon les sites. Elles sont souvent plus élevées dans les canaux. Les étangs de pisciculture à Linkebeek et à Mettet sont caractérisés par des eaux riches en nitrates mais pauvres en ammoniaque, signe d'eaux de bonne qualité.

Phosphates: 31 stations sur 82 et en particulier les étangs de pisciculture (Linkebeek, Mettet) ont des teneurs en phosphates inférieures ou égales à 0,18 mg/l. Les autres ont des valeurs supérieures, considérées comme l'indication d'une contamination par les rejets domestiques (Martin et al. 1979).

Silice: celle-ci est nécessaire pour un bon développement des éponges qui l'utilisent pour élaborer leur squelette siliceux (spicules). Toutes les eaux en contiennent en quantité appréciable sauf celles du canal Nimy-Blaton où les teneurs en silice sont très faibles, à la limite de la détection. Cela n'empêchera pas les éponges de se développer comme nous le verrons dans les expériences in situ (chapitre 3.2b).

Parmi les sites prospectés, les canaux sont des entités intéressantes, en particulier les canaux de Ath-Blaton et Bocholt-Herentals pour lesquels nous avons un nombre suffisant d'analyses à la fois pour les eaux et les éponges pour en faire une comparaison valable. Leurs caractéristiques physico-chimiques sont reprises aux tableaux 5 et 6.

Dans le **canal Ath-Blaton** (tableau 5), les écluses 1 à 10 sont très proches les unes des autres tandis qu'une dizaine de kilomètres les séparent des écluses 11 à 20 qui elles sont plus distantes les unes des autres. Il n'y a pas de grandes différences entre ces deux sections du canal sauf en ce qui concerne les teneurs en nitrites et nitrates, et dans une moindre mesure en ammoniaque, plus faibles dans la section 1-10. Aux écluses 1 et 16, des teneurs en ammoniaque, proches de 2 mg/l, ont été enregistrées, correspondant à deux points de rejets d'eaux usées, l'une située au début du canal, l'autre à une centaine de mètres de l'écluse 16. Cette pollution organique se traduit également par des teneurs en phosphates plus élevées que dans les stations avoisinantes. Signalons que la section de ce

canal allant des écluses 16 à 21 est régulièrement sujette à des pollutions par des décharges industrielles comme ce fut le cas à Maffle (écluses 16-17) en octobre 1991, quelques mois seulement après nos analyses. Les teneurs en silice sont élevées, avoisinant 10 mg/l sauf aux trois dernières écluses.

Dans le **canal de Pommeroeul-Condé** (écluses 1 à 4), les teneurs en nitrites sont très faibles, proches de la limite de détection, les teneurs en azote ammoniacal et en nitrates sont semblables, de l'ordre de 0,30 mg/l, les phosphates dépassent 0,18 mg/l sauf à l'écluse 4, les teneurs en silice sont nettement plus faibles que dans l'autre section de ce canal (eau n°3).

Dans le **canal de Bocholt-Herentals** (tableau 6), les teneurs en nitrites sont faibles tandis que celles en nitrates sont relativement élevées. L'ammoniaque ne dépasse pas 0,76 mg/l. Les teneurs en phosphates sont toujours supérieures à 1 mg/l atteignant jusqu'à 42,4 mg/l. Les teneurs en silice, de l'ordre de 2 mg/l, sont plus faibles que dans le canal Ath-Blaton. Remarquons que la température est plus élevée à l'écluse 6 située à environ un kilomètre de la station électrique de Mol, au bord de ce canal, ainsi qu'aux écluses suivantes.

Le **canal de Dessel-Schoten** présente des caractéristiques physico-chimiques très semblables au canal de Bocholt-Herentals, ces deux canaux étant reliés au canal Albert.

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux des **12 stations expérimentales** sont reprises au tableau 7. Ces stations présentent des caractéristiques assez semblables en ce qui concerne le pH, la conductivité et le calcium: les eaux sont légèrement alcalines, avec des teneurs relativement élevées en calcium et une conductivité élevée et même très élevée à la station 10 (1030 $\mu\text{s}/\text{cm}$), indiquant une forte minéralisation. Les teneurs en oxygène dissous sont souvent proches de la limite de détection sauf à la station 11 et dans une moindre mesure à la station 10 où elles sont très faibles, ce qui est probablement un signe d'eutrophisation de l'étang des Trois Fontaines, manifestée par ailleurs par la coloration de ses eaux (vert-brun). Dans toutes les stations à l'exception de la station 10, les teneurs en nitrites sont très faibles. Les nitrates prédominent sur l'azote ammoniacal dans la moitié des stations (1, 5, 6, 9, 10 et 12) à l'inverse des autres stations où c'est l'azote ammoniacal qui prédomine. Dans les stations 3, 5, 6 et 7, les phosphates dépassent 0,18 mg/l. Les teneurs en silice sont élevées dans toutes les stations sauf dans le canal Nimy-Blaton où elles sont en dessous de la limite de détection.

b) Métaux dans les eaux

Les résultats complets sont repris au tableau 8; les teneurs moyennes, minima et maxima au tableau ci-dessous.

Teneurs en métaux dans les eaux (moyennes, minima, maxima en ppb et en ppm pour le magnésium)

métaux	moyenne	minimum	maximum
Al	135,00	LD	526,00
Ba	41,90	9,60	135,70
Cd	0,31	0,36	6,75
Co	0,94	0,12	2,70
Cr	2,06	0,51	26,95
Cu	3,00	0,72	11,41
Fe	313,00	23,00	2192,00
Mg	16,00	4,00	51,00
Mn	194,00	10,00	2037,00
Mo	3,18	0,07	84,56
Ni	6,58	1,95	22,47
Pb	3,57	0,12	107,30
Ti	6,91	1,54	28,89
V	4,13	3,22	25,73
Zn	34,21	1,01	988,63

LD: limite de détection

De manière générale, les normes de qualité de base émises en Belgique ne sont pas dépassées (Arrêté Royal du 4 novembre 1987) sauf sur le site de Plombières. Dans l'étang qui sert à la pêche (station 1), des dépassements sont observés pour le cadmium (> 5 ppb), le plomb (> 50 ppb) et le zinc (> 300 ppb) mais dans la Gueule, seul le zinc présente des valeurs trop élevées. Les teneurs en plomb et zinc de la station 1 excèdent également les teneurs limites de 50 ppb proposées par Davies & Goettl (1976) pour la protection de la vie aquatique.

Il apparaît que certains sites sont plus pollués que d'autres: les Marionville, certains canaux et la station de Pommeroeul-Condé (eau n°3) qui se distingue également par des valeurs élevées, sans être exceptionnelles, de la plupart des métaux analysés. En cet endroit, se trouve l'épave d'une péniche qui contribue probablement à cette augmentation anormale des teneurs métalliques.

La station dans le bois de Baudour est anormale à bien des égards et ses fortes concentrations en divers métaux résulteraient plus de son assèchement et de son pH acide que d'une éventuelle contamination. Nous n'avons donc pas considéré cette station dans la discussion qui suit.

Aluminium: les teneurs en aluminium varient en général de quelques dizaines à quelques centaines de ppb avec une moyenne de 135 ppb et une valeur maximale de 526 ppb observée à Fleurus. Seules 9 stations ont des valeurs inférieures à la limite de la détection.

Baryum: avec le fer, le magnésium et le manganèse, le baryum est toujours présent dans les eaux. Ses teneurs, comprises entre 9,6 ppb et 135,7 ppb, ne dépassent les 100 ppb que dans deux stations: l'étang 2 à St Denis et bien sûr à Fleurus. La moyenne est de 41,9 ppb.

Cadmium: la moyenne de 0,31 ppb n'est pas négligeable. Dans les étangs St Honoré, aux Marionville et à l'écluse 5 du canal Ath-Blaton, les teneurs sont supérieures à 1 ppb, limite préconisée par Davies & Goettl (1976) mais sans toutefois dépasser 2 ppb. Des valeurs supérieures à 5 ppb ont été enregistrées dans l'étang de Plombières.

Cobalt: les teneurs sont en général inférieures ou proches de la moyenne (0,94 ppb). Des valeurs supérieures à 2 ppb ont été observées dans l'étang St Honoré, aux Marionville, dans le canal Nimy-Blaton et le canal de Pommeroeul-Condé, s'accompagnant souvent de valeurs en chrome également supérieures à 2 ppb.

Chrome: des teneurs élevées en chrome résultent souvent de la galvanoplastie. Seule la station M1 dans le canal Nimy-Blaton, située en face du complexe industriel de la Société Carbochimique présente des teneurs élevées: 26,95 ppb. Les teneurs des autres stations sont comprises entre 0,51 ppb et 3,32 ppb (6,73 ppb dans le canal de Pommeroeul-Condé, eau n°3), avec une teneur moyenne de 2,06 ppb.

Cuivre: les teneurs en cuivre ne dépassant qu'une seule fois, dans le canal Bocholt-Herentals, la limite de 10 ppb préconisée par Davies & Goettl (1976). Elles sont en moyenne de 3 ppb.

Fer: les teneurs en fer présentent un grand degré de variation, allant de sites pauvres (23 ppb) à des sites riches (2192 ppb), avec une moyenne de 313 ppb. Quatre stations seulement présentent des teneurs supérieures à 1000 ppb: Erbisoeul, Marionville, Plombières (étang) et Trois Fontaines.

Magnésium: c'est le seul élément, dont les teneurs sont très élevées et exprimées en ppm et non en ppb comme pour les autres métaux. Les teneurs varient de 4 ppm à 51 ppm avec une moyenne de 16 ppm.

Manganèse: les teneurs en manganèse sont comprises entre 10 ppb et 2037 ppb, avec une moyenne de 194 ppb. La majorité des stations ont des teneurs inférieures à 100 ppb. Deux stations se distinguent par leur richesse en manganèse: le canal de Pommeroeul - Condé (eau n° 3) et le canal Nimy-Blaton (station M1), dépassant largement la norme de 1000 ppb préconisée par Davies & Goettl (1976).

Molybdène: d'une manière générale, les teneurs en molybdène ne dépassent pas 5 ppb sauf dans 3 sites: Pommeroeul-Condé, le canal Nimy-Blaton et Fleurus où elles sont particulièrement élevées, atteignant 84,6 ppb. La moyenne est de 3,18 ppb.

Nickel: les teneurs en nickel sont en général inférieures à 10 ppb avec une moyenne de 6,58 ppb. Des valeurs plus élevées ont toutefois été enregistrées à l'étang St Honoré, aux Marionville et surtout dans l'étang à Plombières (22, 47 ppb).

Plomb: les teneurs en plomb sont le plus souvent inférieures à 5 ppb et même 1 ppb (moyenne 3,57 ppb) sauf dans l'étang de Plombières et dans certains canaux, ce qui permet de les différencier.

Titane: les teneurs en titane sont dans la plupart des stations, proches de la moyenne de 6,91 ppb. C'est surtout dans les sites situés dans la région industrielle de Mons que des teneurs supérieures à 10 ppb sont enregistrées. La valeur maximale s'observe à Hautrage Etat (28,89 ppb).

Vanadium: les deux stations à Pommeroeul-Condé (eau n°3 et 4) présentent des teneurs en vanadium plus élevées que les autres dont les teneurs varient de 0,93 ppb à 7,21 ppb. La moyenne est de 4,13 ppb.

Zinc: la moyenne de 34,21 ppb est nettement supérieure à celle des autres métaux lourds. Les teneurs en zinc sont très variables, certains sites étant pauvres, d'autres riches ou même très riches en zinc.

En ce qui concerne les canaux, ils peuvent être caractérisés et différenciés notamment par leurs teneurs en baryum, fer, manganèse, plomb, vanadium et zinc.

Canal Ath-Blaton (tableau 9): Il n'y a pas de différences systématiques entre les deux sections de ce canal, certains métaux, comme le nickel, ayant des teneurs supérieures dans la seconde section, d'autres, comme le plomb et surtout le zinc, des teneurs supérieures dans la première partie. Les teneurs en baryum (moyenne = 66,8 ppb) varient peu le long du canal mais sont nettement plus faibles à partir de l'écluse 16. Les teneurs en cadmium sont faibles partout sauf à l'écluse 5 où elles dépassent 1 ppb. Les teneurs en fer sont nettement plus élevées que dans le canal de Pommeroeul-Condé situé dans la même région.

Canal de Pommeroeul-Condé: caractérisé par des teneurs en baryum de l'ordre de 45 ppb, en vanadium et zinc relativement semblables, de 6 ppb et 7 ppb en moyenne, des teneurs faibles en cadmium, fer, et plomb (< 1ppb) mais des teneurs élevées en manganèse, environ 10 fois supérieures à celles des autres canaux.

Canal Bocholt-Herentals (tableau 10): les teneurs en baryum et manganèse sont plus faibles que dans les deux canaux précédents. Par contre les teneurs des autres métaux sont nettement plus élevées, indice d' une plus grande pollution de ce canal. La comparaison des deux sections de ce canal, situées de part et d'autre de la centrale de Mol, met en évidence des différences dans les teneurs en manganèse, nickel, plomb et zinc, plus faibles dans la seconde section (écluses 6 à 10), les teneurs des autres métaux étant fort semblables pour les deux sections.

Le **canal de Dessel-Schoten**, très semblable au canal de Bocholt-Herentals, s'en distingue cependant par des teneurs en cadmium beaucoup plus faibles.

En ce qui concerne les teneurs en métaux des **12 stations expérimentales** (tableau 11), trois stations se différencient nettement des autres: la station 1 (Plombières) caractérisée par des teneurs élevées en cadmium, nickel, plomb et zinc; la station 3 (Fleurus) par des teneurs très élevées en baryum et molybdène et la station 5 (canal Nimy-Blaton) caractérisée par des teneurs très élevées en chrome et manganèse. Ces trois stations présentent également des teneurs plus élevées en cuivre et vanadium par rapport aux autres stations. Elles ont manifestement subi une contamination, d'origine minière pour les stations 1 et 3, d'origine industrielle à la station 5. En effet, les niveaux élevés de chrome et de manganèse de la station 5 ne peuvent que résulter de décharges du complexe chimique comprenant l'usine KEMIRA étant donné que dans la station 6 située plus loin dans ce canal, les taux en chrome et manganèse sont beaucoup plus faibles et du même ordre de grandeur que dans les autres stations.

La station 6, située sous le pont de l'autoroute, ne semble pas avoir subi de contamination particulière suite au trafic. Par contre, les valeurs légèrement plus élevées en plomb de la station 7 par rapport aux stations 8 et 9, pourraient refléter une pollution par le trafic via les eaux de drainage de l'autoroute. Une contamination de cet étang par les eaux de drainage avait déjà été mise en évidence par Deronde (1980) qui y observa des taux élevés de sodium et chlorures.

c) Métaux dans les sédiments

Le prélèvement des sédiments n'a pu être réalisé que dans les étangs et rivières c'est-à-dire dans 31 sites au total (tableau 12).

Si l'on considère les critères de De Brabander (1989), les sédiments échantillonnés ne sont que rarement pollués. Seuls 5 sites (n° 1, 3, 9, 64, 78) peuvent être considérés comme faiblement pollués pour certains métaux et un site (n° 18) seulement comme fortement pollué.

D'une manière générale, le niveau de contamination des eaux se retrouve dans les sédiments. Par exemple, dans le canal de Pommeroeul-Condé (eau n°3), les sédiments ont des teneurs en métaux atteignant des valeurs élevées pour le cuivre, le plomb et le zinc; des valeurs maximales pour le cobalt, le chrome, le manganèse et le vanadium.

Matrice de corrélation des teneurs en métaux dans les sédiments et les eaux

	Ba S	Co S	Cr S	Cu S	Mn S	Ni S	Pb S	Zn S
Ba S	1							
Co S	-,08	1						
Cr S	,13	,83	1					
Cu S	,48	,55	,6	1				
Mn S	,03	,91	,73	,5	1			
Ni S	-,02	,62	,67	,76	,4	1		
Pb S	-,05	,07	,12	,59	,03	,68	1	
Zn S	-,03	,05	,11	,57	,02	,68	1	1
Ba	,55	-,07	-,11	,18	,01	-,18	-,12	-,15
Co	-,03	-,06	-,02	-,03	,01	-,06	,02	-,01
Cr	,24	,76	,63	,56	,91	,29	,03	,02
Cu	,09	,4	,39	,55	,37	,61	,48	,48
Mn	-,06	,46	,38	,23	,56	,16	,02	-6,34E-4
Ni	-,06	-,01	,03	,18	,04	,21	,4	,38
Pb	-,01	,04	,1	,57	,02	,66	,99	,99
Zn	-,05	-,03	,05	,49	-,04	,6	,95	,95

La matrice de corrélation ne met pas en évidence des corrélations particulièrement élevées entre les teneurs en métaux des sédiments et celles des eaux sauf en ce qui concerne le plomb et le zinc. Ceci est dû aux teneurs exceptionnelles en plomb et zinc du site de Plombières dont les sédiments de la station expérimentale 1 ont subi une forte contamination par le plomb et zinc et dans une moindre mesure par le nickel (tableau 13). Le retrait de cette station lors de l'établissement de la matrice de corrélation fait tomber les coefficients de corrélation à 0,41 pour le plomb et 0,01 pour le zinc sans affecter les coefficients de corrélation des autres métaux à l'exception du nickel dont la valeur chute à - 0,07.

Notons que les sédiments de la station expérimentale 3 (Fleurus) ont subi, quant à eux, une contamination importante par le baryum, ce qui influence également la valeur du coefficient de corrélation du baryum qui retombe à -0,03 si l'on ne tient pas compte de cette station dans les calculs.

Les sédiments des stations 1 et 3 diffèrent également de ceux des autres **stations expérimentales** par des teneurs en cuivre environ 5 fois plus élevées.

Les concentrations en cobalt et chrome sont similaires dans les sédiments de toutes les stations. Par contre, les taux en vanadium sont plus élevés dans les sédiments des stations 1, 7, 10 et 11 sans pour autant dépasser les 100 ppm.

Les teneurs en plomb des sédiments des stations 7 et 10 semblent indiquer une contamination par la circulation automobile, probablement par les eaux d'égouttage de l'autoroute Bruxelles-Namur pour la station 7 comme observé par Sherer (1991) et par l'important carrefour routier se trouvant à proximité de la source de l'étang de la station 10.

En ce qui concerne les teneurs en métaux des sédiments des stations témoins, elles sont du même ordre de grandeur que celles observées dans d'autres milieux dulcicoles non pollués (Borg 1983, Bryan & Hummerstone 1977). Les concentrations les plus faibles pour la plupart des métaux sont observées dans les sédiments de la station 12 à Linkebeek.



Figure 1: (a) chenal de pompage d'un bief à l'autre (canal Ath-Blaton, écluse 15): les flèches indiquent les éponges qui s'y sont développées et en tapissent le fond; (b) détail de ces éponges (*E. fluviatilis*) montrant l'importance de leur biomasse.

3.2. Eponges

a) Distribution et étude microscopique des éponges

Au total, nous avons prospecté et échantillonné une centaine de stations dont 64 présentaient des éponges qui constituaient, selon les stations, une biomasse importante (tableau 4). Dans les canaux, les éponges sont le plus souvent présentes aux écluses là où il y a un mouvement continu d'eau ou comme dans le canal Ath-Blaton, dans les chenaux de dérivation latéraux (Fig.1). Dans les étangs, elles sont surtout abondantes aux déversoirs ou aux moines, sur les grilles, planches ou parois bétonnées. Enfin, dans les rivières, on les trouve sur les parois latérales ou inférieures des pierres. La profondeur à laquelle les éponges ont été récoltées varie de quelques centimètres à 3 mètres environ selon les sites.

Dans les mêmes biotopes que les éponges et occupant les mêmes substrats, nous avons souvent observé la présence d'un bryzoaire commun dans les eaux douces, *Plumatella fungosa*. Dans le canal de Pommeroeul-Condé, par exemple, éponges et bryzoaires étaient stratifiés, les bryzoaires occupant les 20 à 30 cm supérieurs et les éponges les strates inférieures. Les bryzoaires étant également des organismes filtreurs qui, selon certains auteurs pourraient être utilisés comme indicateurs de pollution (Henry et al. 1989), nous les avons récoltés afin de comparer leurs teneurs métalliques avec celles des éponges provenant des mêmes sites.

En plus des quatre espèces connues en Belgique (Rousseau 1906), *E. fluviatilis*, *E. muelleri*, *S. lacustris* et *E. fragilis*, nous avons récolté une cinquième espèce: *Trochospongilla horrida*.

Leurs fréquences d'occurrence et d'association sont reprises au tableau ci-dessous; leur distribution est présentée à la figure 2.

Fréquence des 5 espèces récoltées et de leur association.

	n° de fois récoltées	<i>E.fl</i>	<i>E.m</i>	<i>S.l</i>	<i>E.f</i>	<i>T.h</i>
<i>E. fluviatilis (E.fl)</i>	29	-	7	13	3	2
<i>E. muelleri (E.m)</i>	22	7	-	6	2	7
<i>S. lacustris (S.l)</i>	27	13	6	-	7	2
<i>E. fragilis (E.f)</i>	12	3	2	7	-	0
<i>T. horrida (T.h)</i>	7	2	7	2	0	-

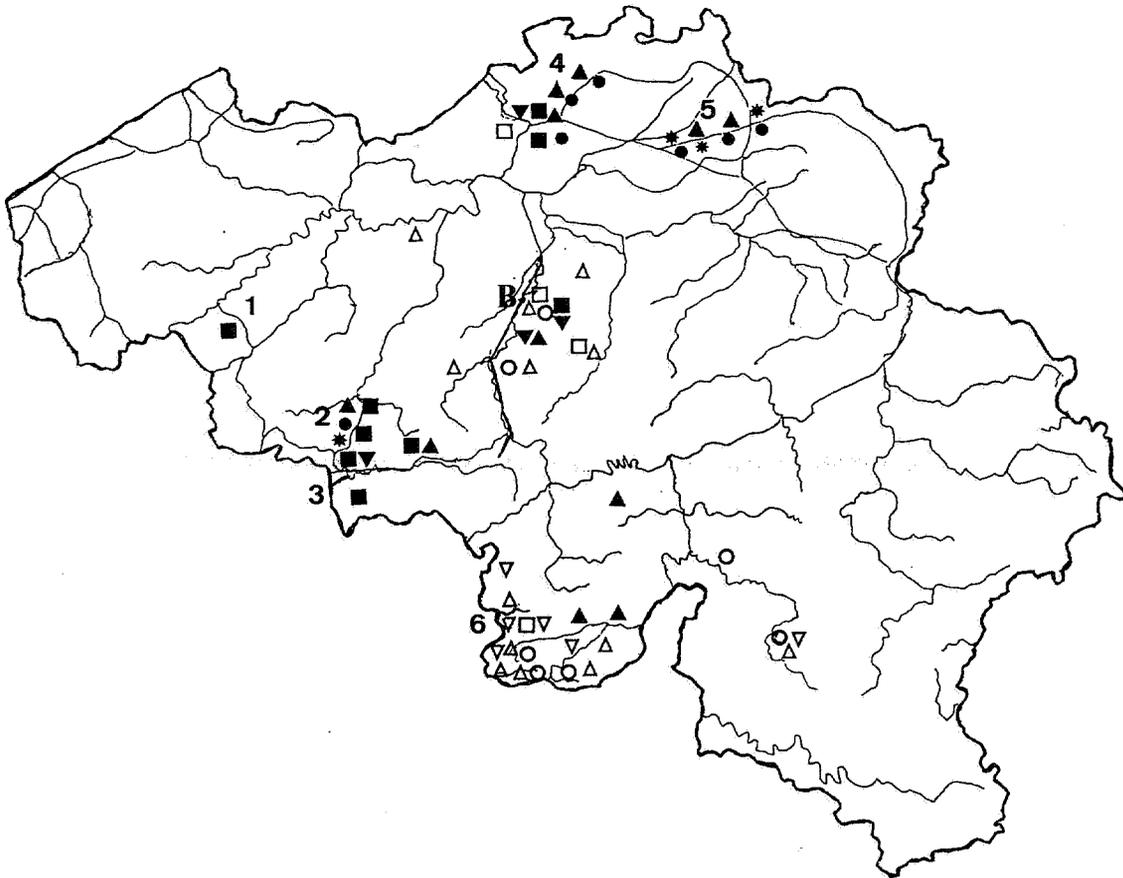


Figure 2: distribution des éponges d'eau douce en Belgique

■ *E. fluviatilis* ; ● *E. muelleri* ; ▲ *S. lacustris* ; ▼ *E. fragilis* ; ▽△○□ *T. horrida*. études antérieures; B: Bruxelles-Brussel; 1. canal Bossuit-Kortrijk; 2. canal Ath-Blaton; 3. canal Pommeroeul-Condé; 4. canal Dessel -Schoten; 5. canal Bocholt-Herentals; 6. Fagne et Ardenne (Richelle et al. 1989).

E. fluviatilis est surtout présente dans la partie ouest du pays, en particulier dans les canaux de Ath-Blaton (2) et Pommeroeul-Condé (3); *E. muelleri* principalement dans le nord du pays, en particulier dans le canal de Bocholt-Herentals (5) et *E. fragilis* dans des étangs autour de Bruxelles. Par contre, *S. lacustris* a été récoltée dans tous les habitats, ce qui correspond à son caractère ubiquiste déjà observé dans un recensement antérieur (Richelle et al. 1989). Quant à *T. horrida*, nous ne l'avons trouvée que dans deux canaux: Ath-Blaton et Bocholt-Herentals et seulement en mélange avec d'autres éponges: *E. muelleri* ou plus rarement *E. fluviatilis* et *S. lacustris*. De tels mélanges interspécifiques ne sont pas exceptionnels et ont été décrits par divers auteurs. Ils seraient dus à la croissance rapide de cette espèce (Penney & Racek 1968).

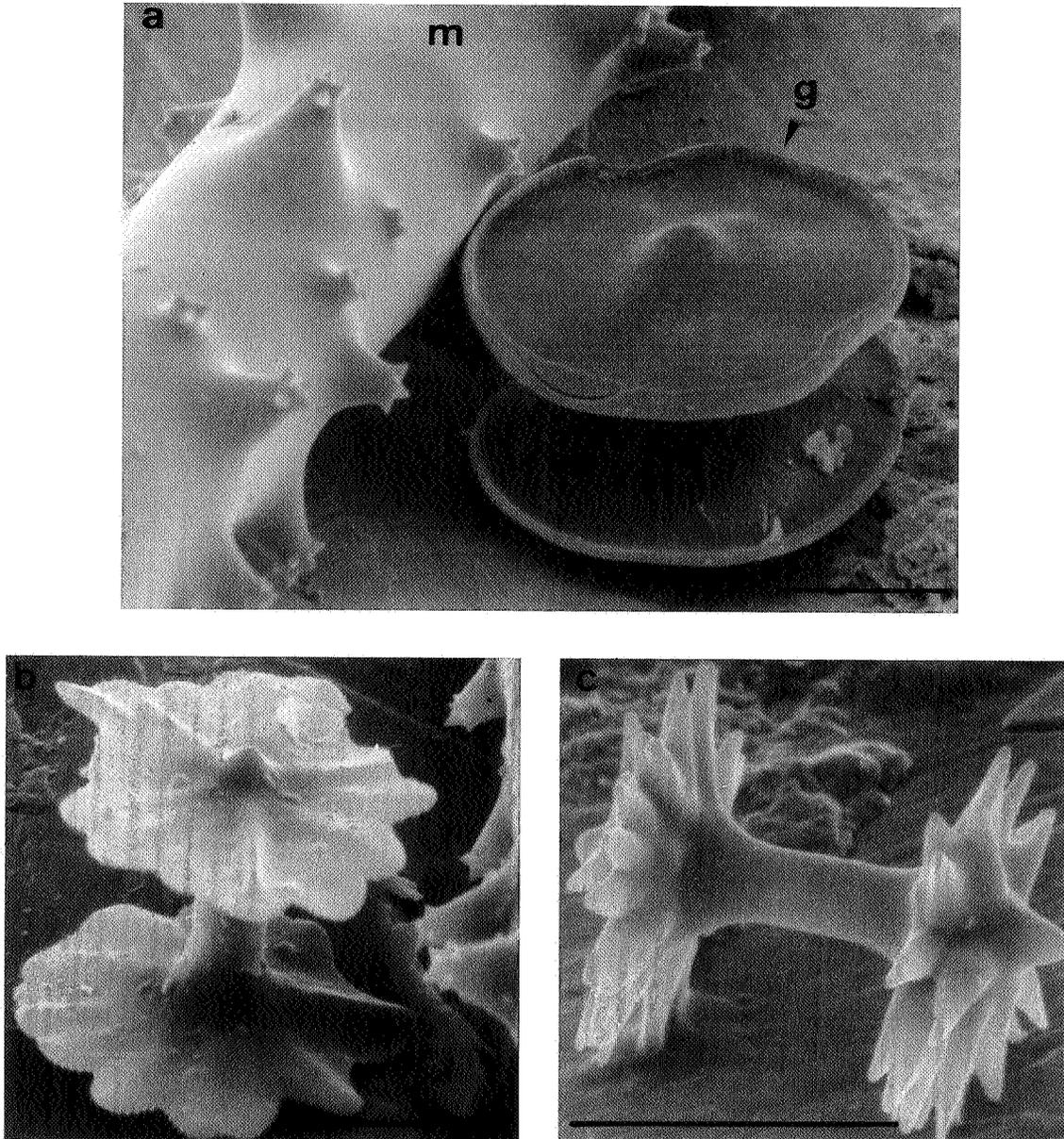


Figure 3: spicules chez *Trochospongilla*: (a) spicules «type»: partie d'un mégasclère fortement échiné (m) avec microépines en forme de couronne, gemmosclère (g) dont le centre est légèrement élevé, le bord des disques entier et recourbé; (b, c): variants avec disques lobulés (b) ou profondément incisés (c). Echelle: 10 μ m.

T. horrida et son écologie n'ont que rarement été décrits en Europe (Saller 1990a, 1990b) et c'est la première fois qu'ils le sont en Belgique. Dans la plupart des échantillons de *T. horrida* (Fig. 3a), les spicules sont conformes aux descriptions de Penney & Racek (1968) et de Saller (1990a, 1990b) mais dans quelques échantillons, les gemmosclères sont très différents du point de vue de leur taille ou de la morphologie de leurs disques plus ou moins incisés (Fig. 3b, c) Ces formes pourraient soit être des variants écologiques soit appartenir à une nouvelle espèce.

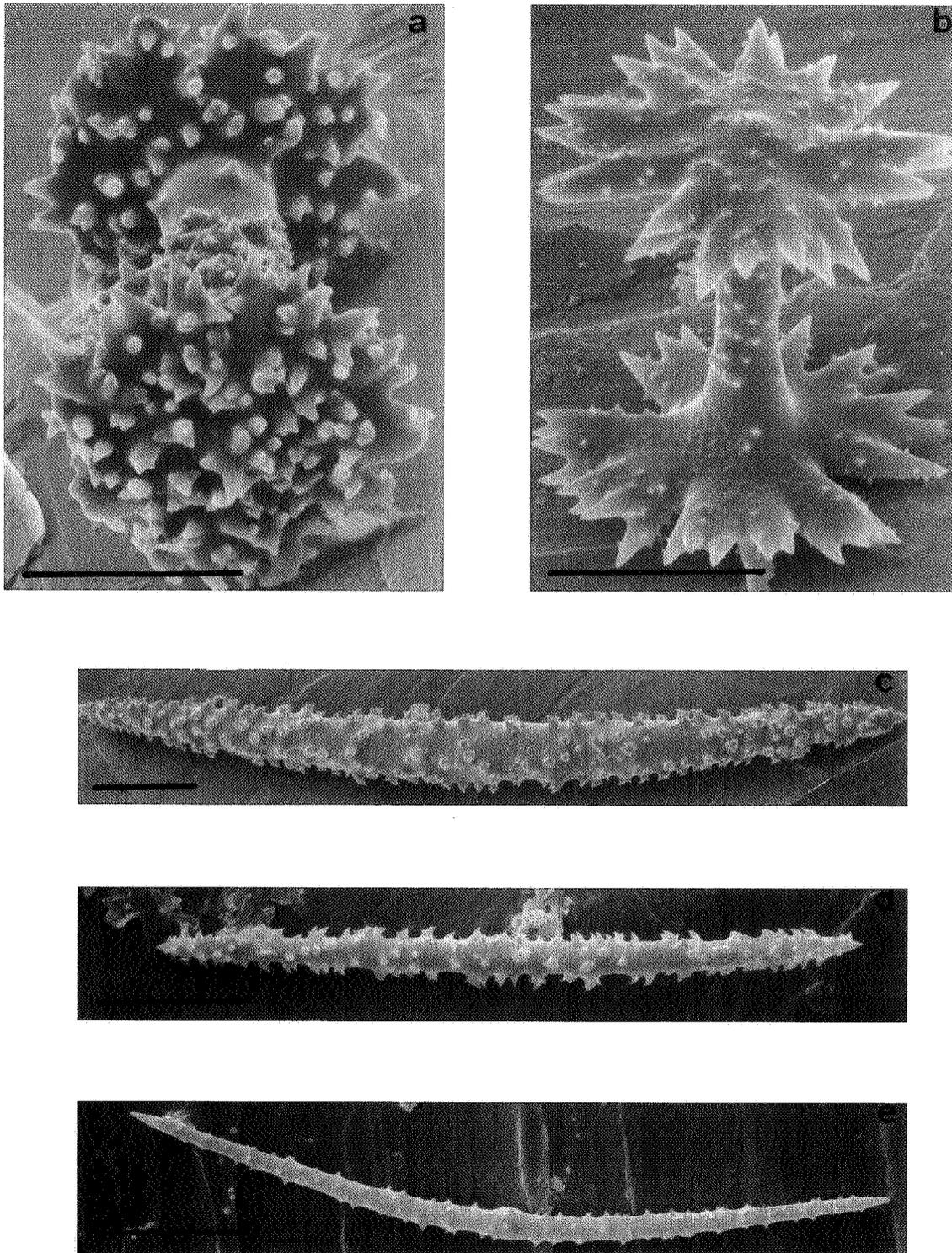


Figure 4: morphologie des spicules: *E. fluviatilis*: (a) spécimen du jardin J. Massart; (b) gemmosclère «type»; *S. lacustris*: (c) microscèle «type» avec épines et microépines; (d, e) formes atypiques très minces avec ou sans microépines. Echelle 10 µm.

Des différences dans la **morphologie des spicules** par rapport à la taxonomie généralement acceptée ont également été observées pour *E. fluviatilis*, *S. lacustris* et *E. fragilis* rendant certaines identifications parfois difficiles. Citons quelques exemples: amphidiques d'un spécimen du Jardin J. Massart excessivement épineux (Fig. 4a), ressemblant à ceux d'*Ephydatia robusta* plutôt qu'à ceux d'*Ephydatia fluviatilis* (Fig. 4b), espèce observée antérieurement en ce site par Rasmont (1956); microsclères «atypiques» de *S. lacustris*, très minces, avec et sans microépines (Fig. 4d,e); grande variation dans la morphologie et la taille des gemmosclères de *E. fragilis* (Fig. 4f), parfois très difficiles à distinguer au microscope optique de ceux de *S. lacustris* (Fig. 4c) mais dont les épines, vues au microscope électronique, sont totalement différentes.

Dans tous ces cas, nous avons considéré qu'il s'agissait de variants écologiques plutôt que de nouvelles espèces.

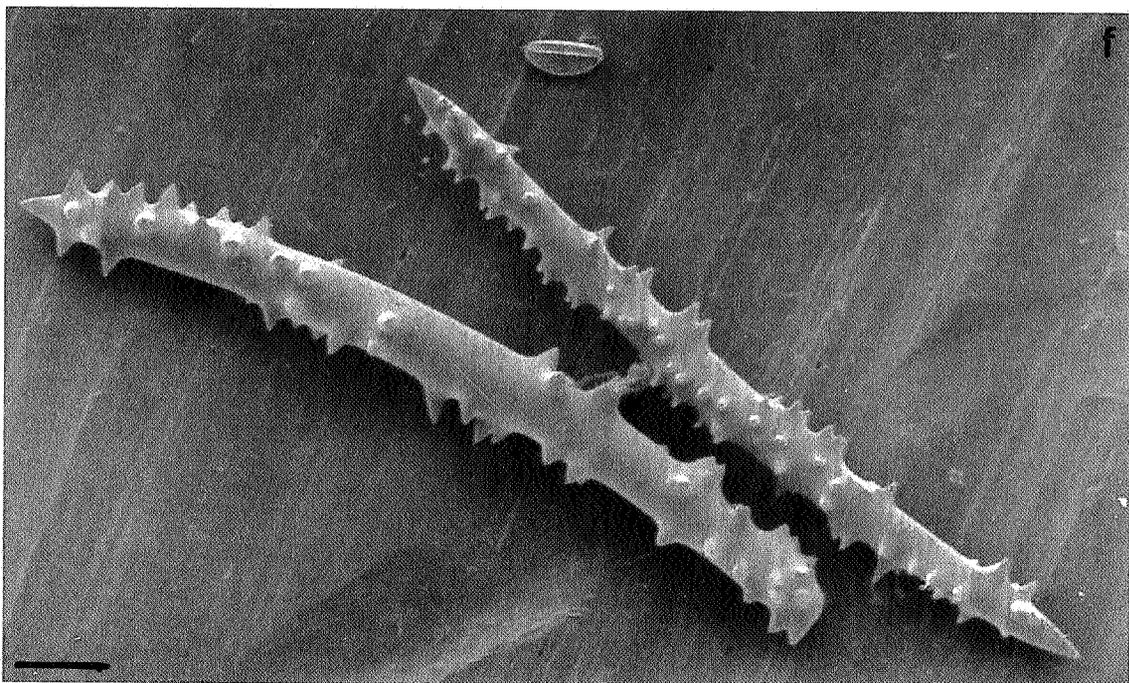
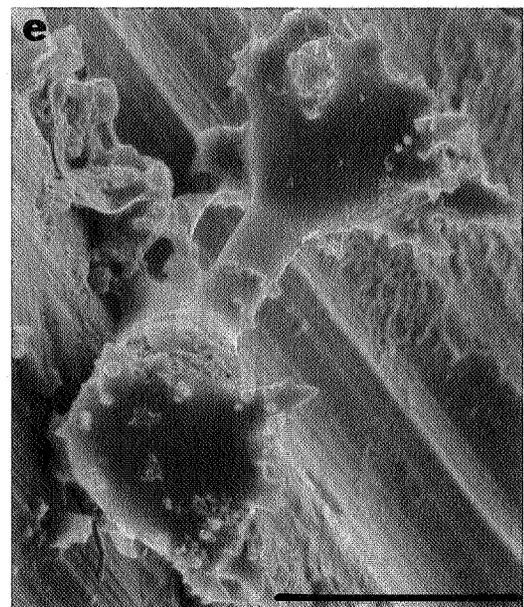
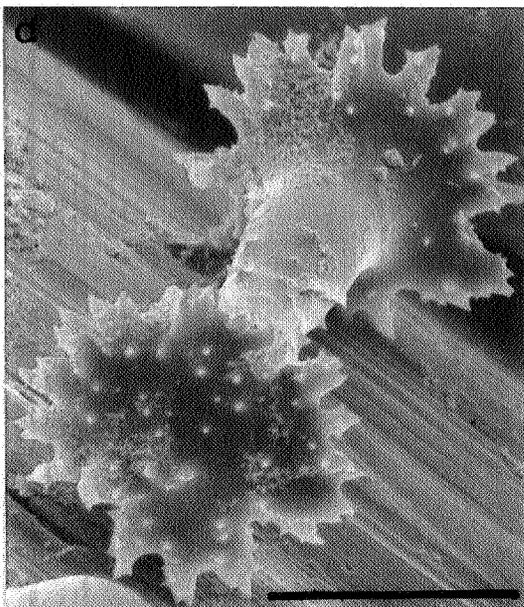
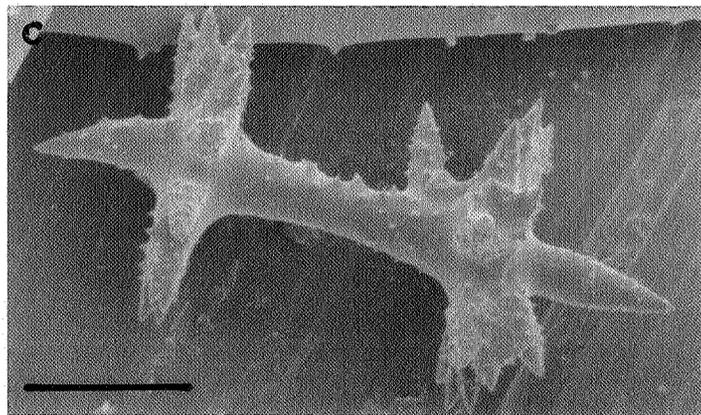
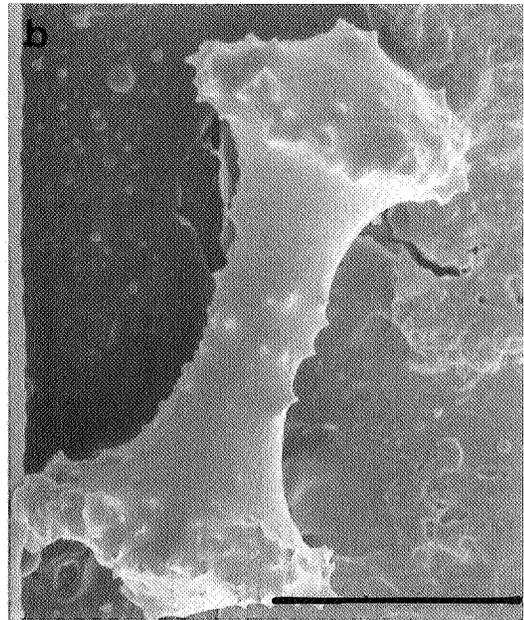
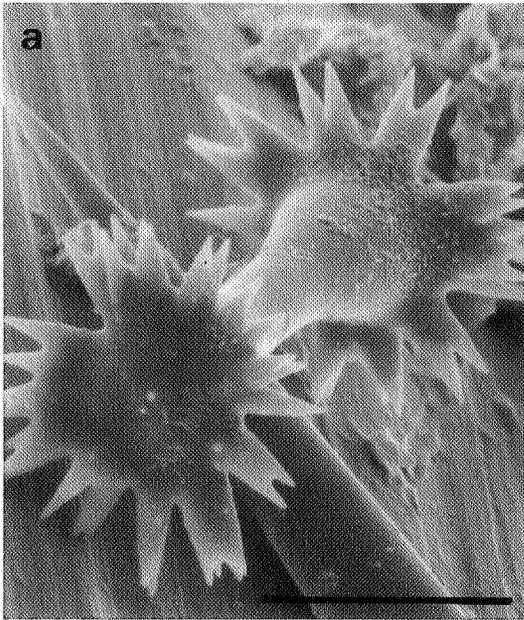


Figure 4: *E. fragilis* : (f) gemmosclères de forme variée dont les épines sont différentes de celles de *S. lacustris*.



Dans certains habitats, par contre, les modifications morphologiques des spicules sont clairement des **malformations**. Elles sont nombreuses dans certains échantillons du canal Ath-Blaton, particulièrement dans ceux des écluses 16 à 19, section du canal connue pour recevoir des effluents domestiques et industriels comme nous l'avons déjà indiqué. Les amphidisque de *E. fluviatilis* sont parfois totalement malformés avec des disques rudimentaires, des axes excessivement épais ou se projetant à travers les disques (Fig. 5a-e); les malformations les plus communes des mégasclères sont des épaissements centraux formant des bulbes (Fig. 5f) ou dans certains échantillons, l'élargissement du canal central. Des formes bulbeuses sont également observées chez *E. fragilis* (Fig. 5g) et *S. lacustris*.

Toutes ces modifications ou malformations sont certainement liées à des facteurs du milieu et pourraient servir, comme le suggère Harrison (1988), d'indicateurs de pollution. Cependant, à ce stade du travail, il nous semble prématuré de relier un facteur déterminé à une modification déterminée comme par exemple la formation de bulbes.

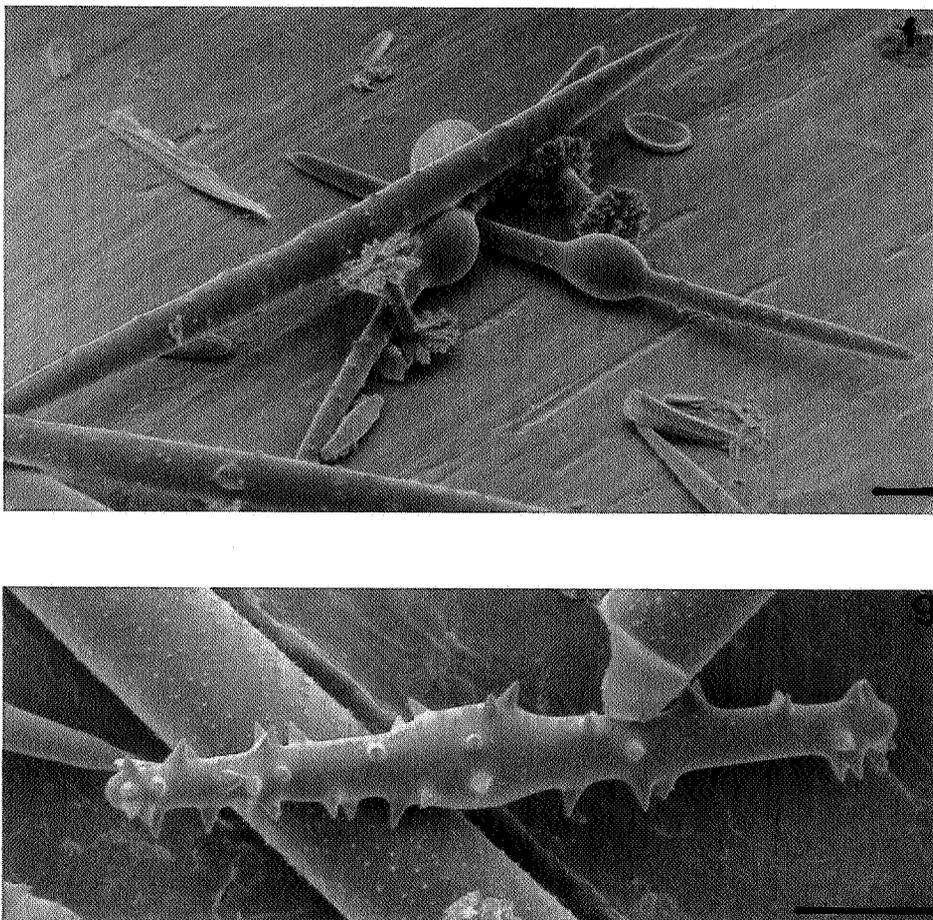


Figure 5: malformations des spicules: (a-f) gemmosclères (amphidiques) anormaux et mégasclères bulbeux chez *E. fluviatilis*; (g) gemmosclère bulbeux chez *E. fragilis*.
Echelle: 10 μ m.

b) Développement des éponges

De grandes différences dans la biomasse des éponges ont été observées selon les sites de récolte et les espèces. L'abondance des éponges est indiquée aux tableaux 4, 5, 6 par un chiffre allant de 1 à 3. *E. fluviatilis*, *E. muelleri*, *S. lacustris* d'une part, *E. fragilis* d'autre part, étaient abondantes respectivement dans environ un tiers et un quart des stations prospectées. La différence dans le degré de développement des éponges est particulièrement évidente tout au long des canaux. Ainsi dans le canal Ath-Blaton, *E. fluviatilis*, présente aux écluses 5 à 20, voit son développement et son degré d'extension diminuer à partir de l'écluse 16 (tableau 5). De même, *E. muelleri* forme des plaques épaisses de plusieurs centimètres aux trois premières écluses du canal Bocholt-Herentals alors qu'aux autres écluses, ces plaques sont en général beaucoup plus minces et peu étendues (tableau 6). Le degré d'abondance de *T. horrida* est difficile à évaluer étant donné que l'on n'a trouvé cette espèce qu'en mélange interspécifique.

Le tableau ci-dessous résume les conditions physico-chimiques dans lesquelles les cinq espèces d'éponges ont été trouvées.

Caractéristiques physico-chimiques (minima et maxima) des eaux où les cinq espèces d'éponges ont été récoltées.

Paramètres	Espèces d'éponges				
	<i>E. fluviatilis</i>	<i>E. muelleri</i>	<i>S. lacustris</i>	<i>E. fragilis</i>	<i>T. horrida</i>
température (°C)	15,8 - 26,0	16,3 - 22,3	13,4 - 22,1	14,6 - 22,0	17,4 - 22,1
O ₂ dissous (mg/l)	3,1 - *	5,2 - *	3,2 - 12,9	5,7 - *	5,2 - 13,4
pH	7,8 - 9,2	7,7 - 8,7	7,6 - 9,2	7,6 - 8,7	7,9 - 8,4
Conductivité (µs/cm)	444 - 1251	407 - 1030	235 - 1030	190 - 790	694 - 870
NH ₃ (mg/l)	0,10 - 1,81	0,12 - 0,93	0 - 1,16	0 - 0,43	0,18 - 0,93
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0 - 0,37	0,02 - 1,85	0 - 0,61	0 - 0,07	0,02 - 0,19
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0 - 18,0	0,08 - 20,68	0 - 19,4	0,04 - 12,0	2,64 - 9,20
PO ₄ ⁼ (mg/l)	0,02 - 1,84	0,09 - 2,40	0,04 - 1,97	0,08 - 1,82	0,43 - 2,09
CaCO ₃ (mg/l)	114 - 384	86 - 384	87 - 384	86 - 274	194 - 309
SiO ₂ (mg/l)	1,9 - 22,4	1,2 - 22,4	1,1 - 25,9	1,9 - 25,1	1,2 - 10,5

* > 13 mg/l, limite supérieure de détection.

Conditions physico-chimiques optimales pour les cinq espèces d'éponges récoltées.

Paramètres	Espèces d'éponges					
	<i>E. fluviatilis</i>	<i>E. muelleri</i>	<i>S. lacustris</i>	<i>E. fragilis</i>	<i>T. horrida</i> A-B B-H	
température (°C)	17,7 - 22,0	17,1 - 22,1	17,1 - 19,3	16,0 - 18,5	17,4 - 17,8	19,9 - 22,1
O ₂ dissous (mg/l)	3,1 - *	5,2 - 8,2	5,2 - 12,9	8,0 - *	5,2 - 13,4	7,1 - 9,5
pH	7,8 - 8,8	7,8 - 8,2	7,8 - 8,4	7,7 - 7,9	8,0 - 8,4	7,9 - 8,4
Conductivité (µs/cm)	576 - 870	681 - 870	542 - 890	494 - 611	853 - 860	694 - 870
NH ₃ (mg/l)	0,16 - 0,93	0,16 - 0,93	0 - 0,63	0,05 - 0,26	0,22 - 0,93	0,18 - 0,76
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,01 - 0,17	0,02 - 0,25	0 - 0,61	0,01 - 0,07	0,15 - 0,19	0,0 - 0,10
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0 - 2,64	0,08 - 18,4	0 - 19,4	0,04 - 6,16	2,6 - 4,8	7,0 - 9,2
PO ₄ ⁼ (mg/l)	0,13 - 1,19	0,09 - 2,40	0,05 - 1,29	0,17 - 1,82	0,43 - 1,15	1,06 - 2,09
CaCO ₃ (mg/l)	211 - 313	225 - 384	197 - 354	203 - 274	297 - 309	194 - 251
SiO ₂ (mg/l)	1,9 - 11,0	1,2 - 22,4	1,1 - 25,9	5,4 - 14,9	4,6 - 10,5	1,2 - 2,7

* > 13 mg/l, limite supérieure de détection; A-B: canal Athi-Blaton, B-H: canal Bocholet-Herentals.

Le tableau ci-dessus reprend les conditions où les éponges ont atteint leur meilleur développement, correspondant au coefficient 3, sauf pour *T. horrida* pour laquelle nous n'avons pu en faire l'estimation. Ce sont donc les minima et maxima des canaux où elle a été trouvée qui sont présentés dans ce tableau.

Nous voyons qu'il n'y a pas de grandes différences entre espèces en ce qui concerne les facteurs physico-chimiques. Toutes les espèces préfèrent des eaux bien oxygénées, légèrement alcalines, avec une haute conductivité et des teneurs en calcium relativement élevées. *E. fragilis* se distingue cependant par une tendance à proliférer dans des eaux de conductivité modérée et des teneurs élevées en silice.

Concentrations métalliques des eaux dans lesquelles les cinq espèces d'éponges ont été récoltées (minima-maxima, en ppb et en ppm pour le magnésium)

Espèces d'éponges					
	<i>E. fluviatilis</i>	<i>E. muelleri</i>	<i>S. lacustris</i>	<i>E. fragilis</i>	<i>T. horrida</i>
Al	30 - 258	39 - 370	31 - 372	28 - 215	25 - 372
Ba	13 - 94	26 - 65	13 - 105	20 - 38	25 - 65
Cd	0,01 - 1,43	0,03 - 0,55	0,03 - 0,64	0,02 - 0,11	0,06 - 0,55
Co	0,4 - 2,7	0,3 - 1,7	0,3 - 2,7	0,3 - 1,8	0,7 - 1,7
Cr	1,2 - 6,7	1,3 - 3,3	1,3 - 3,1	1,2 - 2,3	1,4 - 3,3
Cu	0,7 - 6,4	1,3 - 11,5	0,8 - 8,1	0,8 - 6,0	1,3 - 11,4
Fe	23 - 676	104 - 261	44 - 930	47 - 560	112 - 261
Mg	10 - 48	10 - 26	9 - 27	10 - 16	10 - 26
Mn	16 - 2037	14 - 414	10 - 703	10 - 552	20 - 73
Mo	0,1 - 8,5	0,5 - 2,8	0,1 - 2,9	0,1 - 4,7	1,5 - 2,8
Ni	3,7 - 10,9	3,4 - 8,7	2,0 - 10,9	2,2 - 8,8	3,4 - 8,4
Pb	0,3 - 7,3	0,7 - 6,5	0,1 - 7,9	0,1 - 5,1	0,7 - 6,5
Ti	4,8 - 15,9	4,7 - 6,5	2,2 - 11,3	1,7 - 7,9	5,0 - 6,5
V	2,0 - 25,7	2,0 - 7,1	1,6 - 7,5	1,2 - 7,2	3,3 - 7,1
Zn	1,1 - 46,6	1,3 - 59,4	1,3 - 55,0	4,0 - 33,6	1,3 - 59,4

Par contre, en ce qui concerne les métaux, des différences se dessinent entre les espèces et selon les métaux comme nous pouvons le constater à l'examen des tableaux reprenant respectivement la gamme des concentrations métalliques rencontrées et celles où les éponges ont proliféré (coefficient 3). *E. fluviatilis* et *E. fragilis* paraissent plus sensibles que *E. muelleri* et *S. lacustris*. En effet, si toutes les espèces croissent bien dans toute la gamme de concentrations rencontrées pour Al, Ba, Cd, Co, Fe et Mg et seulement dans les valeurs les plus faibles pour Mn, il n'en est pas de même pour les autres métaux: Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Ti, V et Zn. Seules, *E. muelleri* et *S. lacustris* présentent une bonne croissance dans toute la gamme de concentrations de ces métaux. La croissance et le développement de *E. fluviatilis* et *E. fragilis* sont inhibés par leurs concentrations supérieures. Ceci pourrait expliquer, par exemple, l'absence d'*E. fluviatilis* dans le canal de Bocholt-Herentals plus riche en cuivre, plomb et zinc que le canal Ath-Blaton.

Concentrations métalliques optimales des eaux pour les cinq espèces d'éponges récoltées (minima-maxima, en ppb et en ppm pour le magnésium)

	Espèces d'éponges					
	<i>E. fluviatilis</i>	<i>E. muelleri</i>	<i>S. lacustris</i>	<i>E. fragilis</i>	<i>T. horrida</i>	
					A-B	B-H
Al	30 - 258	50 - 370	31 - 286	28 - 40	71-133	152 - 372
Ba	31 - 94	26 - 65	13 - 105	20 - 31	43- 65	25 - 31
Cd	0,03 - 1,43	0,06- 0,55	0,03 - 0,28	0,2 - 0,10	0,06	0,2 - 0,55
Co	0,5 - 2,0	0,5 - 1,3	0,4 - 2,0	0,41 - 0,71	0,7	1,1- 1,7
Cr	1,3 - 2,6	1,4 - 2,8	1,3 - 2,2	1,2 - 1,4	1,4 - 1,5	2,6 - 3,3
Cu	1,0 - 3,5	1,30 - 8,1	1,0 - 6,0	1,3 - 1,4	1,3 - 1,5	5,0 - 11,4
Fe	29 - 676	105 - 261	45 - 930	150 - 403	112 - 261	220 - 246
Mg	13 - 24	10 - 24	10 - 24	11 - 14	23- 26	10 - 11
Mn	41 - 552	25 - 73	16 - 176	23 - 232	28 - 73	20 - 34
Mo	2,1 - 2,8	0,5 - 2,8	0,1 - 2,9	0,1 - 0,3	1,5 - 2,1	1,9 - 2,8
Ni	3,7 - 8,7	3,4 - 8,4	2,0 - 9,8	4,7 - 7,6	3,4 - 4,7	7,3 - 8,4
Pb	0,3 - 2,3	0,7 - 6,5	0,1 - 4,4	0,2 - 0,9	0,7 - 0,9	4,3 - 6,5
Ti	4,8 - 9,0	4,7 - 6,3	3,5 - 11,3	1,7 - 3,1	5,0 - 6,3	5,3 - 6,5
V	3,1 - 5,0	2,0 - 7,1	1,6 - 6,8	1,2 - 2,1	3,3 - 3,6	4,6 - 7,1
Zn	1,1 - 13,5	1,3 - 59,4	1,3 - 31,0	4,0 - 6,0	1,3 - 1,6	29,0 - 56,4

A-B : canal Ath-Blaton, B-H : canal Bocholt-Herentals

L'ensemble de ces résultats a été traité par une analyse factorielle par correspondance afin de dégager les facteurs qui pourraient intervenir dans la distribution des éponges. Malgré le grand nombre de variables, nous ne sommes pas arrivés à définir des habitats bien distincts selon les espèces. Cependant, la présence d'*E. fluviatilis* semble être corrélée positivement aux teneurs en calcium et négativement aux teneurs en métaux des eaux.

Un seul facteur à lui seul n'est certainement pas déterminant mais il faut considérer une somme de facteurs qui interagissent. Ainsi, le degré d'abondance des éponges apparaît lié aux facteurs suivants: la conductivité, les teneurs en calcium et silice, les teneurs de métaux tels le chrome, le cuivre, le manganèse, le molybdène, le nickel, le plomb, le titane, le vanadium et le zinc. Ceux-ci joueraient un rôle déterminant dans leur distribution.



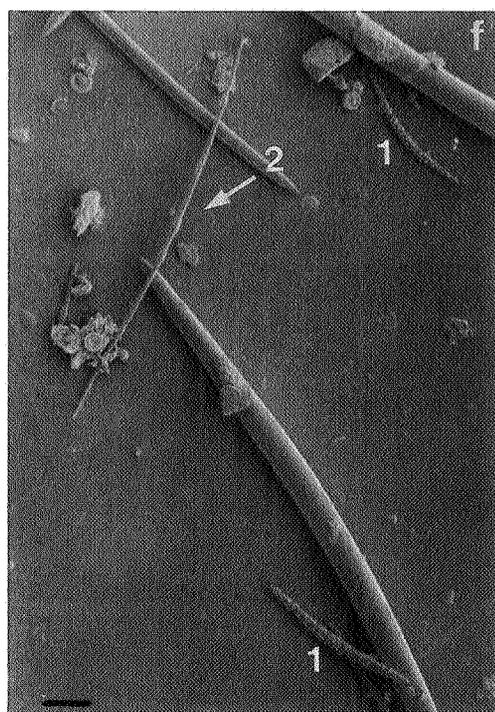
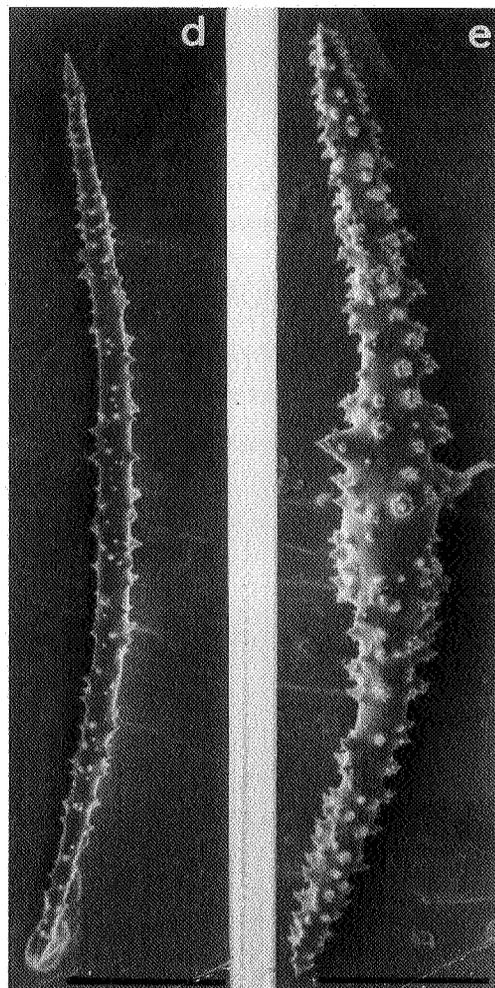
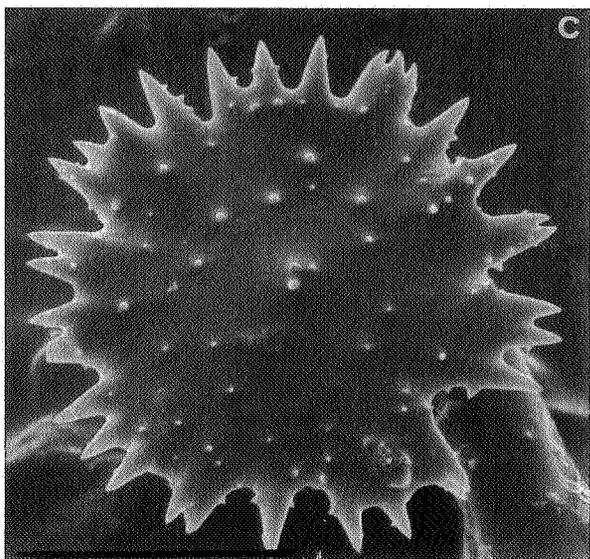
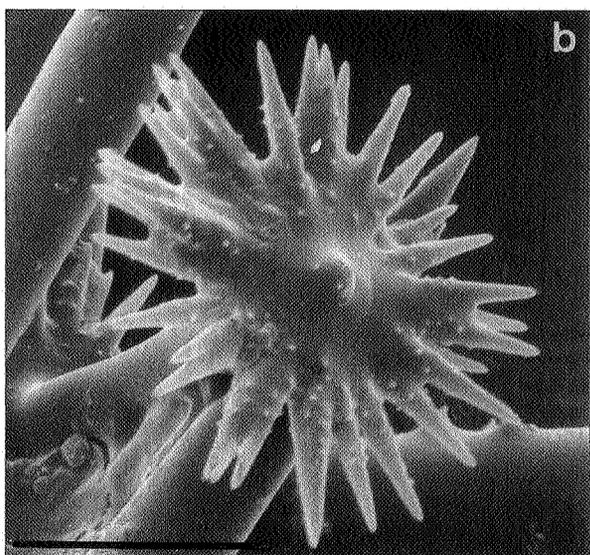
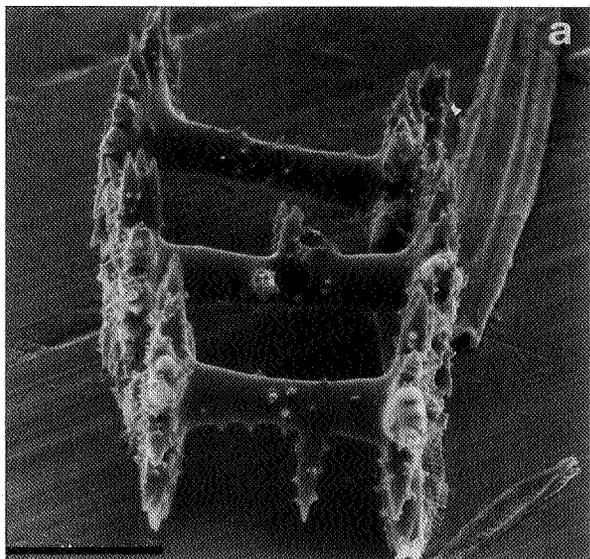
Figure 6: aspect des cultures d'éponges in situ: (a) au moment du transfert et un mois plus tard: (b, c, d) *E. muelleri* aux stations 3, 1 et 7 respectivement; (e) *E. fluviatilis* à la station 5.

Les tests de croissance effectués dans le cadre des expériences in situ ont montré que les espèces qui poussaient le mieux étaient également celles qui étaient présentes naturellement dans ces environnements. Par exemple, ces tests ont montré que *E. fluviatilis* ne poussait pas bien au Jardin J. Massart là où l'on a trouvé les amphidisque fortement hérissés, mais qu'elle poussait bien dans le canal Nimy-Blaton situé dans une région où cette espèce a été fréquemment récoltée.

Dans les **sites expérimentaux** (Fig. 6 a-h), les éponges se sont bien développées en dépit des teneurs métalliques élevées en cadmium, nickel, plomb et zinc à Plombières (station 1), baryum et molybdène à Fleurus (station 3), chrome et manganèse dans le canal Nimy-Blaton (station 5), montrant que, dans la nature, les trois espèces d'éponges implantées, *E. muelleri*, *S. lacustris* (station 1 et 2) et *E. fluviatilis* (station 5) peuvent supporter des concentrations métalliques élevées.



Figure 6: aspect des cultures d'éponges in situ: (f, g, h) *S. lacustris* aux stations 3, 11 et 7 respectivement.



Notons cependant que dans certaines stations, les éponges ont régressé suite entre autres à l'abondance des chironomides comme aux stations 1, 9 et 10. Dans d'autres, les supports ont disparu, mettant fin à l'expérimentation comme aux stations 2 et 6 (tableau 3). Il reste donc 7 stations où des échantillons d'éponges ayant un poids suffisant pour en permettre l'analyse en métaux ont pu être récoltés.

Les observations au microscope optique et électronique ont montré la présence de modifications et malformations de spicules semblables à celles mises en évidence chez les éponges récoltées dans la nature. Par exemple, dans les spécimens d'*E. fluviatilis* provenant de la station 5, la forme des disques est variable, ceux-ci étant plus ou moins incisés (Fig. 7b,c) contrairement à ceux de la station 11 et 12 (Fig. 7a). Dans les échantillons de *S. lacustris* de la station 3, un petit nombre de mégasclères sont extrêmement minces avec plusieurs bulbes (Fig. 7f) et environ 10% des microsclères sont plus minces, sans microépines (Fig. 7d) ou présentent des bulbes centraux (Fig. 7e). Des microsclères bulbeux ont également été observés dans des spécimens provenant des stations 1, 5 et 7 où ils étaient particulièrement nombreux.

Dans ces cas-ci, ces modifications sont clairement induites par le milieu puisqu'il s'agit au départ des mêmes souches cultivées sur plaque de verre et transférées dans des sites différents.

Figure 7: morphologie des spicules des éponges cultivées in situ: *E. fluviatilis*: (a) stations 11 et 12: amphidiques «type» dont la hampe présente un nombre variable d'épines, (b, c) station 5: disques plus ou moins échancrés; *S. lacustris*: (d) station 3: microsclère sans microépines et plus mince que les microsclères «type» (f_1); (e) station 1, 3, 5 et 7: microsclère bulbeux; (f) station 3: mégasclère très mince (f_2) avec bulbes secondaires.

c) Dosage des métaux dans les éponges

La bioaccumulation des métaux par les éponges a été étudiée en analysant les teneurs en métaux dans les éponges récoltées et les éponges mises en cultures expérimentales et en les comparant aux teneurs ambiantes. Les expériences in situ sont cruciales car elles sont effectuées dans des conditions bien définies et que deux paramètres essentiels sont connus: l'âge et l'origine des éponges, ce qui n'est pas le cas dans la nature. Elles permettent en outre de démontrer le bien-fondé d'utilisation des éponges comme bioindicateurs de métaux dans l'environnement.

Environ deux cents échantillons d'éponges ont été récoltés dans la nature dont une centaine ont été analysés. L'examen du tableau 14 met en évidence que les 4 espèces d'éponges ont accumulé divers métaux en quantité variable et parfois à des concentrations élevées. Suivant leurs teneurs dans les éponges, les métaux peuvent être subdivisés en trois catégories:

- ceux qui comme l' **aluminium**, le **calcium**, le **fer** et le **manganèse** sont présents dans tous les échantillons étudiés et souvent à des taux élevés atteignant plusieurs pour-cent du poids sec,
- ceux qui sont également toujours présents mais en concentration moindre, comme le **baryum**, le **plomb** et le **zinc** dont les concentrations vont de quelques ppm à plusieurs centaines de ppm de poids sec, voire quelques pour-cent dans certains habitats particuliers (Fleurus, Plombières),
- ceux qui peuvent être présents en quantités si faibles qu'ils sont en dessous de la limite de détection et ne dépassent pas la centaine de ppm de poids sec; c'est le cas du **cobalt**, du **cuiivre**, du **nickel** et du **titane**.

Les teneurs métalliques mesurées chez les éponges d'eau douce sont similaires à celles mesurées chez les éponges marines et les bivalves marins, à l'exception du manganèse, en moyenne 50 fois plus abondant dans les éponges d'eau douce (Paez et al. 1988, Patel et al. 1985, Verdenal et al. 1985, Verdenal 1986).

Le taux de concentration d'un métal donné varie selon les sites de prélèvement et le classement des stations selon la richesse en métaux de leurs éponges est tout à fait superposable à celui effectué selon la richesse en métaux de leurs eaux. Ceci indique que globalement la richesse métallique des éponges reflète celle de l'environnement. Il en est de même pour les quelques échantillons de bryozoaires qui ont été analysés.

Ainsi, l'analyse des teneurs métalliques des éponges provenant de canaux différents révèle les mêmes tendances que celles relevées dans leurs eaux. Ceci apparaît clairement à la lecture du tableau ci-dessous comparant les éponges des canaux de Ath-Blaton et Bocholt-Herentals qui diffèrent par leur degré de pollution.

Teneurs en métaux dans les eaux et les éponges des canaux de Ath - Blaton et Bocholt - Herentals (moyennes \pm erreur standard).

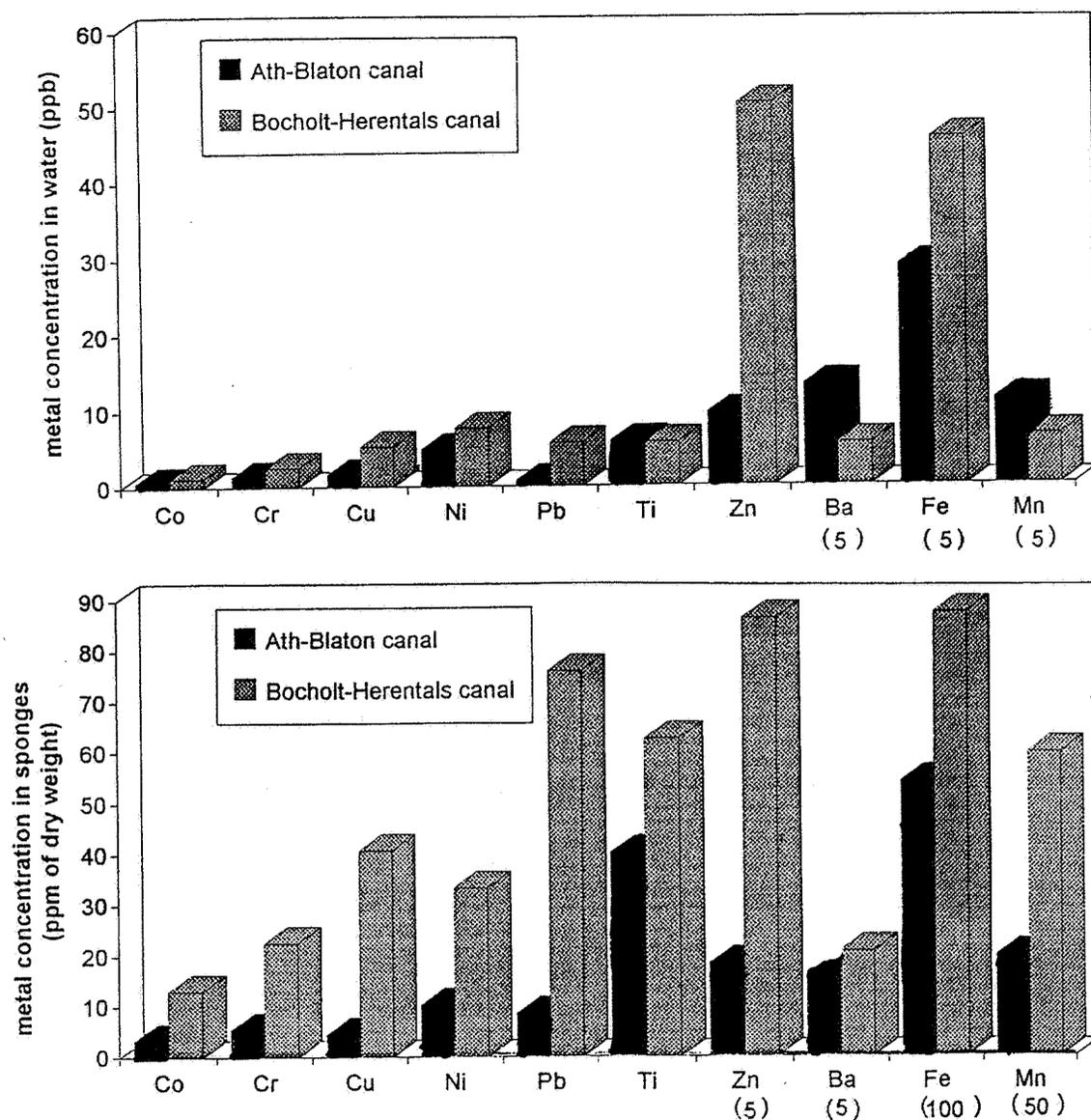
métal	Canal Ath - Blaton (n = 12)		Canal Bocholt - Herentals (n = 17)	
	eau (ppb)	éponges (ppm de poids sec)	eau (ppb)	éponges (ppm de poids sec)
Ba	66,8 \pm 2,8	79,9 \pm 13,8	28,0 \pm 0,3	207,3 \pm 18
Co	0,68 \pm 0,03	3,3 \pm 0,6	1,17 \pm 0,03	26,1 \pm 2,0
Cr	1,44 \pm 0,08	5,5 \pm 1,5	2,58 \pm 0,08	45,0 \pm 4,0
Cu	1,73 \pm 0,23	4,5 \pm 1,1	5,36 \pm 0,21	81,4 \pm 4,8
Fe	145 \pm 20	5430 \pm 1193	229 \pm 7	17661 \pm 1394
Mn	57 \pm 2,8	1000 \pm 105	33 \pm 2	2995 \pm 211
Ni	4,98 \pm 0,31	10,3 \pm 1,7	7,73 \pm 0,20	66,7 \pm 4,6
Pb	0,89 \pm 0,15	8,6 \pm 1,4	5,8 \pm 0,3	152 \pm 13,9
Ti	6,2 \pm 0,4	40,4 \pm 10,9	5,8 \pm 0,1	125,6 \pm 10,6
Zn	9,7 \pm 4,3	91,9 \pm 9,3	50,5 \pm 2,9	867,8 \pm 69,4

Notons que dans ce tableau, les teneurs dans l'eau sont exprimées en ppb ou $\mu\text{g/l}$ tandis que celles des éponges le sont en ppm ou mg/l et qu'il y a donc un facteur 1000 de différence entre les teneurs métalliques dans l'eau et dans les éponges; n= nombre d'échantillons.

Remarquons toutefois que, dans certaines stations, les teneurs métalliques dans les éponges sont, selon les cas, supérieures ou inférieures à celles attendues des analyses de l'eau. Différents facteurs comme l'âge, le stade de développement, l'espèce d'éponge ou une contamination transitoire peuvent rendre compte de ces anomalies.

Canal de Pommeroeul-Condé: les éponges y sont caractérisées par des teneurs très faibles en fer et très élevées en manganèse correspondant aux caractéristiques déjà relevées pour les eaux de ce canal.

Figure 8: distribution des métaux dans les eaux et les éponges des canaux de Ath - Blaton et Bocholt - Herentals.



Pour certains métaux, les valeurs absolues sont plus grandes que celles indiquées par la hauteur des colonnes car elles ont été divisées par un facteur allant jusque 100 afin de pouvoir les représenter sur le même graphique (facteur de division entre parenthèses). Par ailleurs, toutes les valeurs concernant les éponges du canal de Bocholt-Herentals ont été divisées par deux.

Canal Ath-Blaton: les teneurs en métaux des éponges sont du même ordre de grandeur que celles du canal de Pommeroeul-Condé sauf pour le fer et le manganèse, mais à l'image de la contamination de ces canaux, elles sont beaucoup plus faibles que celles du canal de Bocholt-Herentals. Cependant, comme on peut l'observer sur les histogrammes (Fig. 8), cette relation n'est pas vérifiée pour le baryum et le manganèse bien que d'une manière générale les éponges riches en baryum ou en manganèse aient été récoltées dans des eaux riches en ces métaux et vice et versa (voir expériences in situ). Notons également que plusieurs stations de ce canal, en particulier les écluses 11 à 15, sont caractérisées par des éponges ayant des teneurs anormalement élevées en zinc. L'échantillon du bryozoaire *P. fungosa* provenant de l'écluse 14 présente la même anomalie. L'explication la plus plausible serait donc celle d'une contamination ponctuelle des eaux dans cette section du canal qui, comme nous l'avons vu par ailleurs, est soumise régulièrement à des rejets d'origines diverses.

Canal Bocholt-Herentals: ce canal possède les éponges les plus riches en métaux, se distinguant facilement de celles des autres canaux et stations par des teneurs élevées en cobalt, chrome, cuivre, nickel, plomb et zinc, en relation avec la richesse de ses eaux. Les teneurs en baryum et manganèse des éponges sont élevées non seulement par rapport à celles des éponges du canal Ath-Blaton mais sont en outre trois fois supérieures à celles des éponges du canal Dessel-Schoten dont les eaux ont cependant des teneurs en baryum et manganèse du même ordre de grandeur. Ces différences d'accumulation pourraient s'expliquer par des différences entre espèces, le canal Ath-Blaton étant peuplé essentiellement d'*E. fluviatilis*, le canal Bocholt-Herentals d'*E. muelleri* et le canal de Dessel-Schoten de *S. lacustris*. Toutefois, comme nous le verrons au chapitre suivant consacré à la spécificité d'accumulation, ces différences seraient plutôt dues à des différences morphologiques liées au stade de développement qu'à des différences spécifiques.

Canal Dessel-Schoten: les éponges de ce canal, très semblable au canal Bocholt-Herentals en ce qui concerne les teneurs métalliques de ses eaux, se différencient comme les précédentes par leur richesse en métaux avec cependant des teneurs en baryum, chrome, nickel et manganèse plus faibles, en relation avec les teneurs ambiantes.

Canal Bossuit-Kortrijk: l'analyse d'un échantillon montre que les teneurs métalliques de cette éponge, sauf en ce qui concerne le baryum, sont semblables aux teneurs moyennes des éponges du canal Ath-Blaton, indiquant que les teneurs métalliques dans les eaux du canal Bossuit-Kortrijk sont probablement du même ordre de grandeur que celles du canal Ath-Blaton.

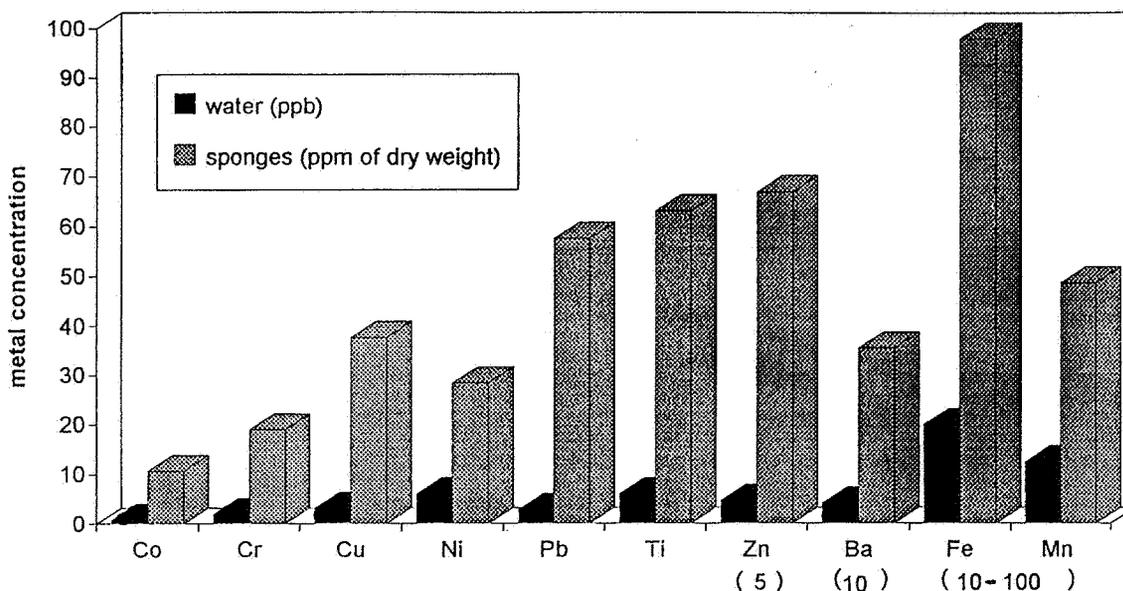
L'étude approfondie du phénomène de bioaccumulation des métaux par les éponges a été effectuée par traitement mathématique des analyses de 56 échantillons correspondant à des éponges entières, nettoyées et pour lesquelles il y avait également des analyses d'eau ambiante, soit 20 *Spongilla lacustris*, 15 *Ephydatia fluviatilis*, 17 *Ephydatia muelleri* et 4 *Eunapius fragilis*. La répartition des métaux dans l'eau et les éponges est présentée au tableau ci-dessous et illustrée sous forme d'histogrammes (Fig. 9).

Teneurs en métaux dans les éponges récoltées et dans les eaux ambiantes (minima, maxima et moyennes, n = 56).

métal	eau (ppb)		éponges (ppm de poids sec)	
	min - max	moyenne	min - max	moyenne
Ba	13 - 136	41	9 - 9153	355
Co	0,3 - 2,7	0,9	LD - 39	10,6
Cr	1,2 - 6,7	2,0	1 - 64	18,7
Cu	0,8 - 8,4	3,3	LD - 142	37,8
Fe	24 - 930	200	410 - 38714	9792
Mn	10 - 2037	125	164 - 161053	4873
Ni	2,0 - 10,1	6,1	LD - 93	28,5
Pb	0,1 - 7,9	2,9	1 - 216	57,5
Ti	3,1 - 13,1	6,0	LD - 176	63,0
Zn	1 - 59	23,4	24 - 1121	334

LD = en dessous de la limite de détection , n= nombre d'échantillons

Figure 9: répartition moyenne des métaux dans les eaux et les éponges.



Facteur de division entre parenthèses

La comparaison des teneurs métalliques moyennes des éponges et du milieu ambiant montre que les quatre espèces d'éponges ont accumulé les métaux étudiés à un taux allant de 10^3 à 10^6 fois leur concentration dans l'eau. Toutefois, les relations entre métaux sont modifiées dans les éponges comme le montrent les matrices de corrélation des teneurs en métaux dans les éponges et dans l'eau (Fig. 10 et 11).

Figure 10: matrice de corrélation des teneurs en métaux dans les éponges (n=56).

	Ba	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
Ba	1							
Co	,02	1						
Cr	,03	,98	1					
Cu	,01	,77	,73	1				
Mn	,41	,13	,15	-,1	1			
Ni	,03	,98	,97	,76	,21	1		
Pb	-,02	,97	,97	,79	,03	,96	1	
Zn	-,05	,97	,97	,76	-,03	,95	,99	1

En effet, dans les **éponges**, le cobalt, le chrome, le nickel, le plomb et le zinc sont très fortement corrélés entre eux (> 90%) et fortement corrélés au cuivre (70-80%); le baryum et le manganèse ne sont corrélés avec aucun des autres métaux mais sont très faiblement corrélés entre-eux.

Par contre, dans l'**eau**, seuls quelques métaux sont fortement corrélés entre eux: le cobalt et le nickel, le cuivre et le plomb, le plomb et le zinc; le manganèse est faiblement corrélé au cobalt et au chrome et pas du tout au baryum.

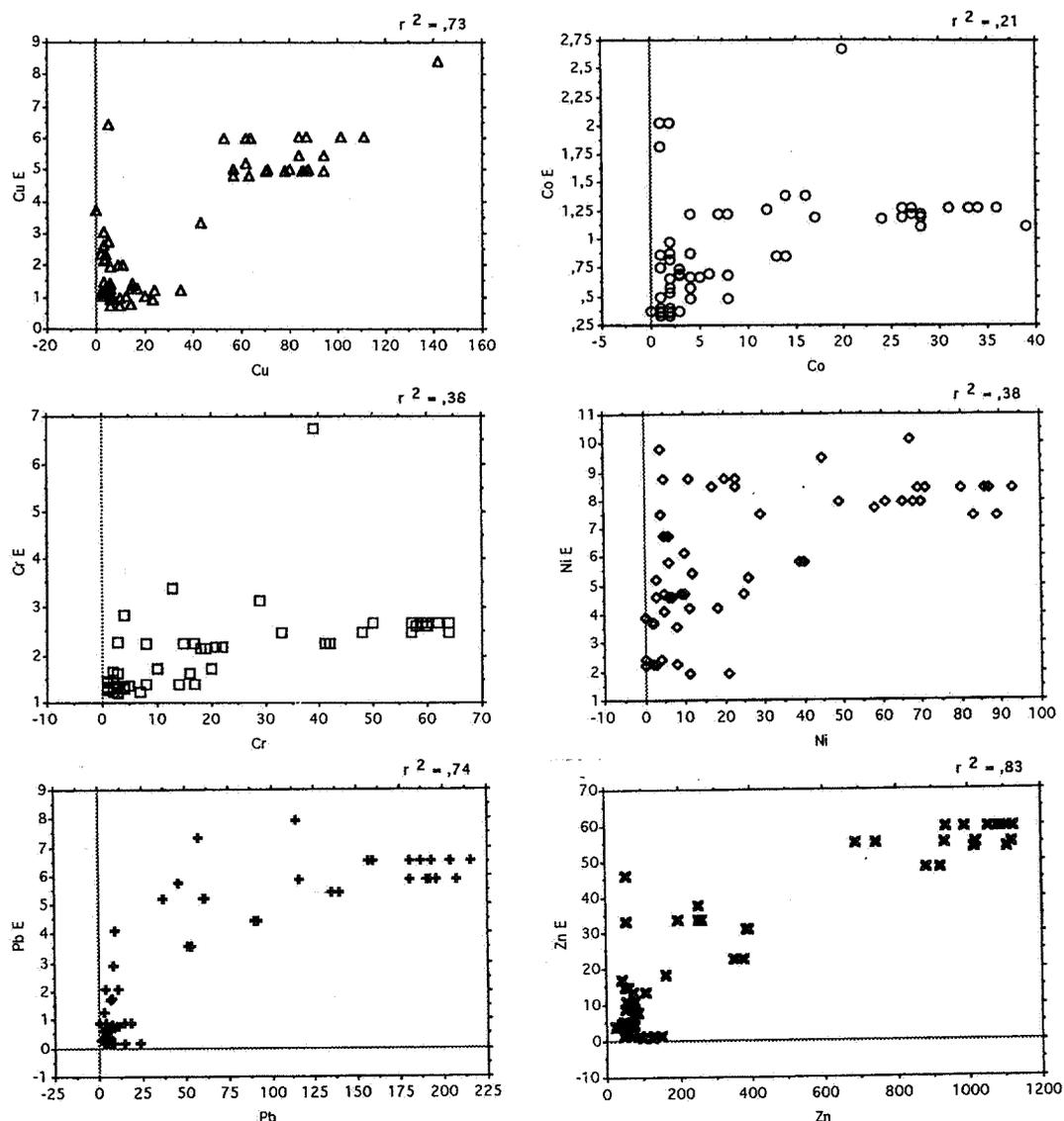
Figure 11: matrice de corrélation des teneurs en métaux dans l'eau (E) et dans les éponges (n=56).

	Ba E	Co E	Cr E	Cu E	Mn E	Ni E	Pb E	Zn E
Ba E	1							
Co E	-,07	1						
Cr E	-,09	,62	1					
Cu E	-,23	,65	,75	1				
Mn E	,08	,66	,46	,08	1			
Ni E	-,04	,87	,55	,78	,34	1		
Pb E	-,21	,62	,79	,92	,05	,76	1	
Zn E	-,32	,49	,58	,81	-,14	,67	,9	1
Ba	,51	,2	,46	,14	,34	,08	,2	-,07
Co	-,34	,46	,63	,73	-,06	,57	,87	,89
Cr	-,34	,44	,62	,69	-,04	,54	,84	,87
Cu	-,39	,36	,53	,85	-,28	,53	,8	,77
Mn	,01	,5	,72	,22	,85	,25	,24	1,66E-3
Ni	-,33	,54	,66	,75	,04	,61	,87	,88
Pb	-,36	,44	,55	,72	-,14	,58	,86	,91
Zn	-,35	,41	,5	,68	-,18	,55	,83	,91

En ce qui concerne les teneurs en métaux dans les **éponges** et dans l'**eau** ambiante, on constate qu'il existe une très bonne corrélation entre les teneurs en cuivre, en manganèse, en plomb et en zinc et une corrélation plus faible mais non négligeable pour le baryum, le cobalt, le chrome et le nickel.

L'analyse de régression et les graphes correspondants (Fig. 12) mettent en évidence l'existence d'une relation linéaire entre l'accumulation du cuivre par les éponges et sa concentration dans le milieu (équation de régression: $y = 0,05 x + 1,44$) En ce qui concerne le cobalt, le chrome, le nickel, le plomb et le zinc, cette relation linéaire n'existe que pour certaines gammes de concentrations. L'accumulation de ces métaux par les éponges apparaît directement proportionnelle à leur concentration dans l'eau pour les concentrations inférieures puis dévie de la proportionnalité en amorçant un plateau à partir de certaines concentrations, différentes selon la nature du métal.

Figure 12: relation entre les métaux dans l'eau et dans les éponges.



Ces résultats suggèrent l'existence d'une régulation intracellulaire des concentrations métalliques dans les éponges comme observé pour d'autres bioaccumulateurs (Eriksen et al. 1989). Il n'y a à priori pas de raisons pour que les éponges ne possèdent pas de mécanismes de détoxification semblables à ceux des autres êtres vivants et en particulier des métallothionéines qui fixent les métaux (Mason & Simkiss 1982, Mason et al. 1984, Sanders et al. 1983). Mais cela reste à démontrer.

L'analyse des teneurs en métaux des éponges provenant des **cultures in situ** (tableau 15 et 16) montrent qu'après 6 à 10 semaines d'expérimentation, ces éponges ont accumulé divers métaux, reflétant les valeurs ambiantes des stations expérimentales, comme c'est le cas pour les éponges récoltées dans la nature.

D'une manière générale, il existe une bonne corrélation entre la distribution des métaux dans les éponges et dans le milieu pour toutes les stations (Fig.13 et 14). Notons, en particulier, que les éponges de la station 1 (Plombières) se distinguent des autres par leurs concentrations élevées en cadmium, nickel, plomb et zinc qui atteignent 1403 ppm en poids sec pour le plomb, 8416 ppm de poids sec pour le zinc, celles de la station 3 (Fleurus) par leur concentration en baryum qui atteignent 9153 ppm de poids sec et celles de la station 5 (Canal Nimy-Blaton) par leurs concentrations en chrome et manganèse qui atteignent 14534 ppm de poids sec pour le manganèse, en relation avec les teneurs ambiantes.

On peut cependant observer, dans ces éponges cultivées in situ, quelques anomalies dans leurs teneurs en métaux comme pour les éponges récoltées dans la nature. Celles-ci pourraient résulter d'une intégration par les éponges, des variations de la contamination des eaux au cours de l'expérimentation. Ainsi, des teneurs métalliques plus élevées dans les éponges que celles attendues des analyses de l'eau, mettraient en évidence une pollution transitoire enregistrée par les éponges mais qui n'est plus visible dans l'eau au moment des analyses. A l'inverse, des teneurs métalliques plus faibles dans les éponges que celles attendues d'après les analyses de l'eau indiqueraient une contamination récente non encore manifestée dans les éponges. La plupart des anomalies indiquées sur les graphiques des figures 13 et 14 peuvent être expliquées de cette manière mais il ne faut cependant pas exclure la possibilité d'un contrôle intracellulaire comme nous l'avons fait observer pour les éponges récoltées dans la nature.

Figure 13: distribution du Ba, Cd, Co, Cr, Cu, et Mn dans les éponges () et dans l'eau () des différentes stations expérimentales; (valeurs caractéristiques pour ces stations, valeurs «anormales»).

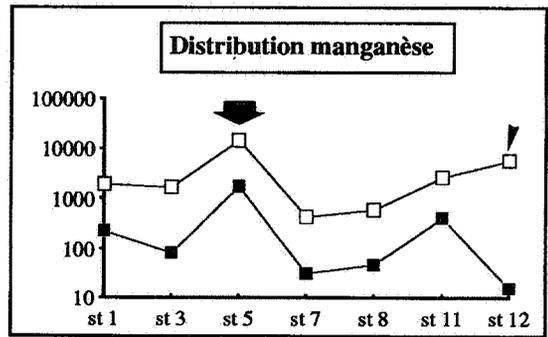
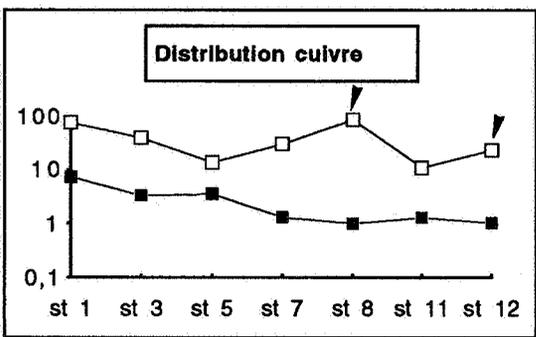
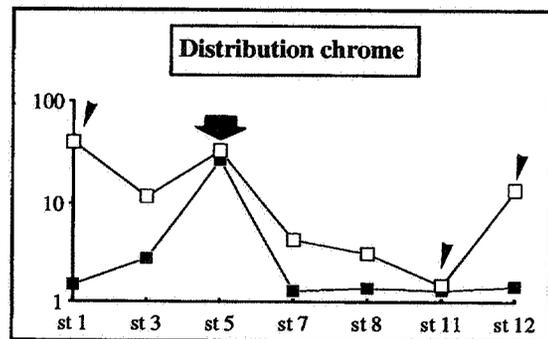
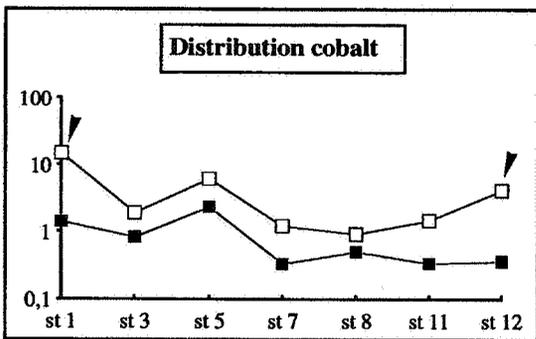
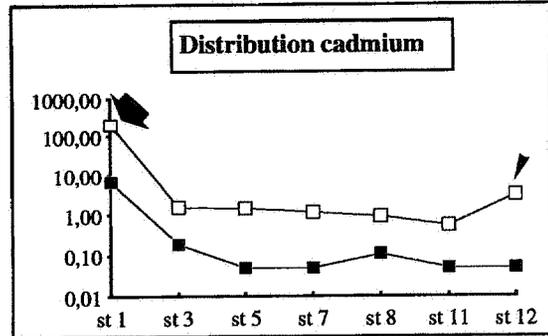
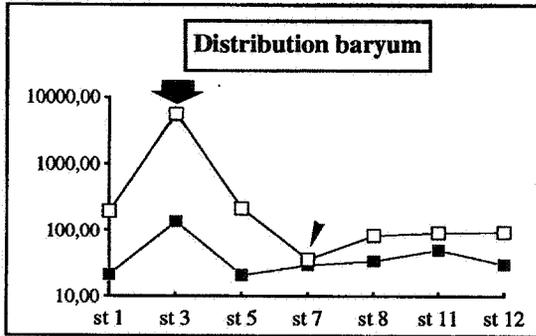
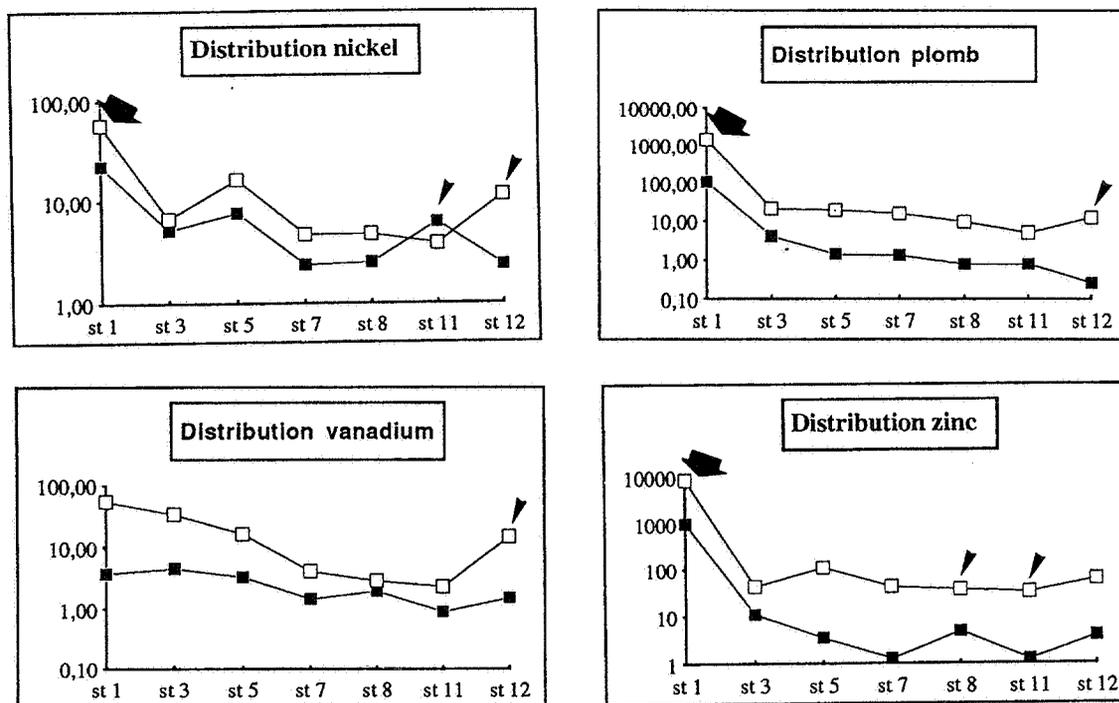


Figure 14: distribution du Ni, Pb, V et Zn dans les éponges () et dans l'eau () des différentes stations expérimentales; (valeurs caractéristiques pour ces stations, valeurs «anormales»).



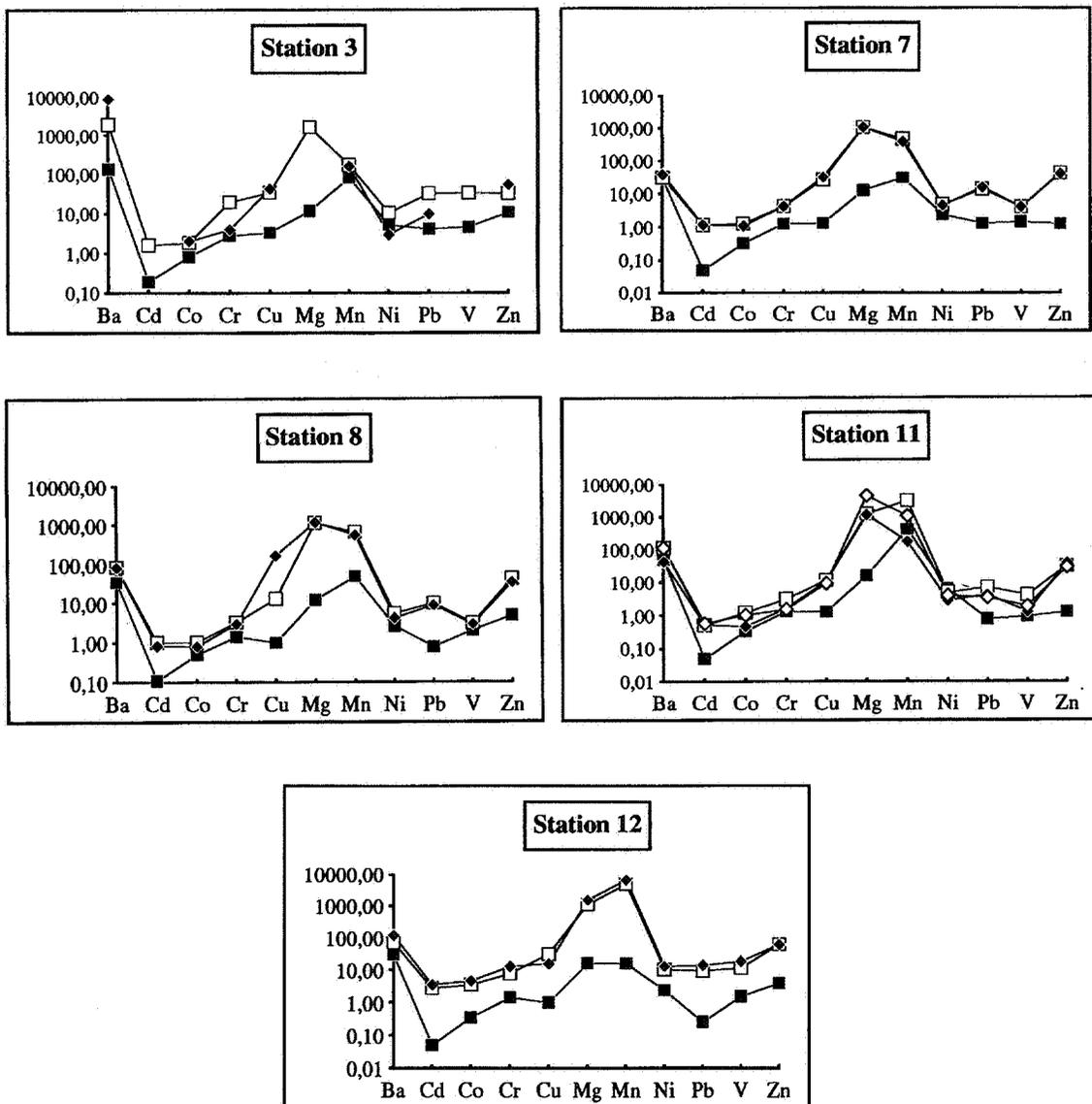
Les teneurs anormalement élevées en de nombreux métaux des éponges de la station 12 sont clairement le résultat d'une contamination ponctuelle survenue au cours de l'expérimentation à l'occasion de la vidange de l'étang 1.2, situé en amont et plus riche en cadmium, cobalt, cuivre, chrome, manganèse, nickel, plomb, vanadium et zinc (tableau 4). Les teneurs «anormales» en cobalt et chrome dans les éponges de la station 1 seraient elles aussi le résultat d'une contamination transitoire comme le laissent supposer les analyses de l'eau faites à différents moments.

Par contre, les teneurs plus basses que celles attendues en ce qui concerne par exemple le zinc dans les éponges de la station 8, le chrome et le nickel dans celles de la station 11, pourraient témoigner d'une contamination récente du milieu par ces métaux. La valeur élevée en cuivre des éponges de la station 8 reflète la teneur anormale de *E. muelleri*, celle de *S. lacustris* correspondant à la valeur attendue.

d) Sélectivité spécifique.

De l'ensemble des analyses, mais en particulier de celles réalisées à partir des expériences in situ, il apparaît peu de différences dans les taux d'accumulation selon les espèces (Fig. 15). Les teneurs en métaux de *E. muelleri* et *S. lacustris* par exemple, sont remarquablement semblables pour les stations 7 et 8. Les différences observées sont plus liées au niveau des métaux dans l'eau qu'à des différences dans les taux d'accumulation.

Figure 15: Comparaison des teneurs en métaux de deux espèces d'éponges implantées in situ.



A cet égard, le baryum et le manganèse semblent s'accumuler différemment des autres métaux et les résultats obtenus sont parfois contradictoires comme le mettent en évidence les expériences in situ où les éponges ont cependant le même âge et le même stade de développement. Par exemple, à la station 3 (Fleurus), *E. muelleri* a accumulé 4 fois plus de baryum que *S. lacustris* mais la situation inverse s'observe à la station 11 alors que dans les autres stations il n'y a pas de différence d'accumulation. A la station 11, on observe également une plus grande accumulation de manganèse par *S. lacustris*. Dans ce cas, une concentration par la microflore n'est pas à exclure étant donné que les spécimens de *S. lacustris* présentent une coloration verte intense traduisant la présence d'une importante flore algale symbiotique (Fig. 6g). En ce qui concerne les trois espèces d'éponges des canaux Ath-Blaton, Bocholt-Herentals et Dessel-Schoten, nous avons constaté une différence dans le stade de développement et en particulier dans l'importance des tissus actifs: les échantillons de *E. muelleri* du canal Bocholt-Herentals présentent une couche basale squelettique de quelques centimètres comprenant de nombreuses gemmules et seulement une mince couche de quelques millimètres de tissu actif à la partie supérieure (Fig. 16) tandis que les autres échantillons, que ce soient ceux de *E. fluviatilis* du canal Ath-Blaton ou *S. lacustris* du canal Dessel-Schoten, sont constitués de tissu actif et de peu de gemmules. La différence dans l'accumulation du baryum et du manganèse par ces espèces serait alors plus liée à des différences morphologiques qu'à des différences réelles entre espèces.



Figure 16: *S. lacustris* provenant du canal de Bocholt-Herentals (écluse 3): tissu vivant actif, de couleur verte, à la partie supérieure (tv), nombreuses gemmules (gmls).

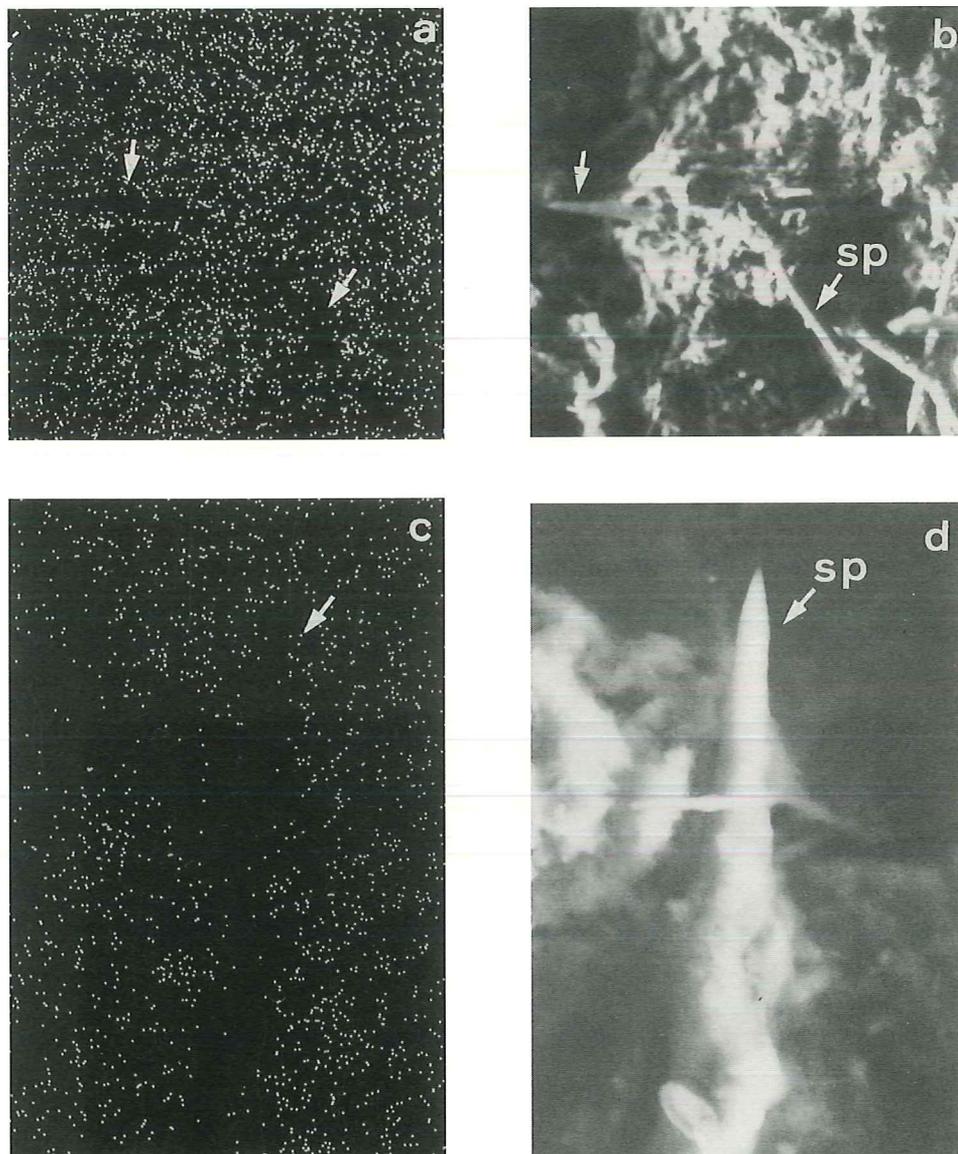


Figure 17: localisation du zinc chez *S. lacustris*: (a, c) cartographie X montrant l'absence de détection du zinc dans les spicules (sp); (b, d) images correspondantes en électrons rétrodiffusés - a, b: $G = 200$; c, d: $G = 1000$.

e) Sites d'accumulation des métaux dans les éponges.

Les résultats des analyses de quelques échantillons de squelettes nettoyés et d'éponges entières permettent d'estimer les concentrations dans les tissus vivants et de calculer les rapports moyens des concentrations squelettiques et tissulaires. Ces rapports sont proches de 1 pour le baryum, le cobalt et le cuivre indiquant que ces métaux ne s'accumulent pas spécialement dans le squelette ou les tissus vivants. En revanche, ils sont nettement inférieurs à 1 pour le manganèse (moyenne: 0,33) et le zinc (moyenne: 0,20) mettant en évidence une accumulation préférentielle dans les tissus vivants contrairement au chrome et au nickel, accumulés préférentiellement dans le squelette. En ce qui concerne le plomb, il serait tantôt accumulé dans le squelette, tantôt au niveau des tissus selon les espèces.

Remarquons toutefois que le petit nombre d'échantillons ne permet pas de formuler des conclusions définitives.

Ces résultats sont semblables à ceux obtenus pour les éponges marines sauf en ce qui concerne le nickel accumulé dans les tissus et le zinc dans le squelette de ces dernières (Verdenal 1986).

Les analyses au microscope électronique au moyen de sondes (EDS et WDS) ont permis d'établir dans quelle partie du squelette, inorganique (spicules) ou organique, les métaux étaient situés. Ces analyses nécessitant des concentrations assez élevées de métaux, de l'ordre du millier de ppm, seuls les échantillons de la station 1 ont pu fournir quelques renseignements. Elles mettent en évidence que chez *E. muelleri* comme chez *S. lacustris*, le fer, le manganèse, le plomb et le zinc ne sont pas localisés dans les spicules mais dans le tissu vivant et le squelette organique. Les autres métaux sont en dessous de la limite de détection. Dans les images aux rayons X, l'absence d'incorporation au niveau des spicules se manifeste par le fait que ceux-ci apparaissent en noir, donnant des images inverses de celles obtenues dans les expériences de Simpson (1983, 1985) où le germanium était accumulé dans les spicules.

Des quelques échantillons de gemmules analysés, il apparaît que celles-ci contiennent beaucoup moins de baryum et de manganèse et probablement plus de cadmium que les éponges entières correspondantes et que les teneurs en cobalt, cuivre, nickel, plomb et zinc sont variables. Les éponges d'eau douce semblent donc se différencier des éponges marines dont les teneurs en manganèse des gemmules sont six fois plus élevées que celles des tissus de l'animal adulte (Cotte 1903).

Les concentrations toxiques moyennes, toutes espèces confondues sont estimées à $2,5 \cdot 10^{-7} \text{M}$ (59 ppb) pour le plomb, $7,5 \cdot 10^{-7} \text{M}$ (48 ppb) pour le cuivre et $1,3 \cdot 10^{-6} \text{M}$ (87 ppb) pour le zinc. Notons que les seuils de sensibilité pour le cuivre et le zinc sont dix fois supérieurs à ceux mesurés par Francis et Harrison (1988) pour *E. fluviatilis* mais par une autre méthode.

Les concentrations seuils que nous avons mesurées ne sont que rarement atteintes dans les sites naturels prospectés mais sont largement dépassées en ce qui concerne le plomb et le zinc à la station 1 (Plombières). Ceci indique que, dans la nature, les éponges peuvent tolérer des concentrations plus élevées que celles mesurées par le test de cytotoxicité au laboratoire, et suggère qu'elles possèdent des mécanismes de détoxification. Remarquons cependant que, dans la nature, la «bioavailability» des métaux et la présence de substances organiques peuvent modifier les seuils de sensibilité aux métaux.

4- CONCLUSIONS

L'ensemble des résultats obtenus au cours de ce travail montre que les éponges d'eau douce sont de bons indicateurs de la contamination de l'environnement par les métaux lourds. Leur contenu métallique reflète celui du milieu ambiant, ce qui permet d'établir, par leur analyse, le niveau de contamination d'une eau et dès lors de cartographier la pollution du réseau hydrographique belge.

Les éponges d'eau douce peuvent donc être valablement utilisées pour le diagnostic de pollutions en métaux provenant de décharges permanentes ou accidentelles, la prospection minière et la surveillance de l'environnement. Un module composé d'unités mobiles couvertes d'éponges a été conçu à cet effet. Moyennant quelques modifications, il pourrait être également utilisé pour purifier l'eau des rejets industriels ou domestiques.

5- REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre des contrats SGB / NAT / 90-3d et SGB / NAT / 92-5, financé par le Ministère des Affaires Economiques.

Les analyses en ICPMS ont été effectuées au «Laboratory for Analytical Chemistry» à la Vrije Universiteit Brussel; celles au microscope électronique au moyen de sondes (EDS et WDS) au Centre de Microscopie Electronique de l'Université Claude Bernard à Villeurbanne (France).

Les photographies au microscope électronique à balayage ont été réalisées par Monsieur J. Cillis de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.

Les auteurs expriment leurs plus vifs remerciements à Monsieur P. Gerard du Laboratoire d'analyses du Ministère des Affaires Economiques pour son aide et son accueil, à Monsieur C. Belpaire, responsable du Centre de Pisciculture de Linkebeek et Monsieur S. Filet, pisciculteur, pour les facilités qu'ils leur ont accordées lors des mises en culture d'éponges. Ils tiennent également à remercier vivement le Collège échevinal de la Commune de Plombières et le Président des Amis de la Vieille Gueule pour leur aide lors des expérimentations sur le site de Plombières. Ils sont très redevables aux Ingénieurs en chef-Directeur du Ministère wallon de l'Équipement et des Transports, Direction Générale des Voies Hydrauliques (Charleroi, Mons et Tournai) et au Hoofdingenieur-Directeur van de Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Departement Leefmilieu en Infrastructuur, Administratie Waterinfrastructuur en Zeewezen, pour les autorisations de circulation et prospection des canaux.

6- REFERENCES

- Borg, H. 1983. Trace metals in Swedish natural fresh waters. *Hydrobiologia* 101: 27-34
- Bryan, G.W. & L.G. Hummerstone. 1977. Indicators of heavy-metal contamination in the Looe estuary (Cornwall) with particular regard to silver and lead. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 57: 75-92.
- Cotte, J. 1903. Sur la présence de manganèse et de fer chez les éponges. *Compt. Rend. Soc. Biol.* 55, 139-141.
- Davies, P.H. & J.P. Goettl Jr. 1976. Aquatic life. Water quality recommendations for heavy metal and inorganic toxicants in fresh water. Colorado Division of Wildlife, Denver, CO.
- De Brabander, K. 1989. De chemische van baggerspecie in de Westerschelde en de Teeschelde. IHE Depart. Leef milieu. Afdeling water en bodem. 125p.
- Deronde, L. 1980. Beknopte vergelijkende studie van de fysico-chemische eigenschappen en de algenflora van enkele Brabantse vijvers. In: *Jaarboek van de vereniging voor onderwijs in de biologie*, 52-62.
- Eriksen, K.D.H, T. Andersen, J.S. Gray, J. Stenersen & R.A. Andersen. 1989. Metal-Binding in Polychaetes: Quantitative and Qualitative Studies of Five Species. 1989. *Marine Environ. Res.* 28: 167-171.
- Frost, T.M. 1976. Sponge feeding: a review with a discussion of some continuing research. In: *Aspects of sponge biology*, 283-298. Eds. F. W. Harrison and R.R. Cowden. Academic Press-New-York.
- Fowler, S.W. & Oregioni, B. 1976. Trace metals in Mussels from the N.W. Mediterranean. *Mar. Pollut. Bull.* 7, 26 - 29.
- Francis, J.C. & F.W. Harrison 1988. Copper and Zinc toxicity in *Ephydatia fluviatilis* (Porifera: Spongillidae). *Trans. Am. Microsc. Soc.* 107 (1): 67-78.
- Harrison, F.W. 1974. Sponges (Porifera: Spongillidae). In: *Pollution Ecology of freshwater invertebrates*. C.W. Hart, & S.L.H. Fuller (eds). Academic Press, New York. 29-66
- Henry, V., J.C. Bussers, J.M. Bouquegneau & J.P. Thomé. 1989. Heavy metal and PCB contamination of Bryozoan colonies in the River Meuse (Belgium). *Hydrobiologia* 202, 147-152.
- Kennedy, P.C. 1986. The use of molluscs for monitoring trace metals in the marine environment in New Zealand 1. The contribution of ingested sediment to the trace metal element concentrations in New Zealand molluscs. *New Zealand Journal of Marine and freshwater Research*, 20, 627-640.
- Martin, G., M. Everaerts-Poll & J. Vonckx. 1979. *Ecologie des eaux courantes*. Centre technique de Mons. 276p.
- Mason, A.Z. & K. Simkiss. 1982. Sites of mineral deposition in metal-accumulating cells. *Exp. Cell. Res.* 139, 383-391.
- Mason, A.Z., K. Simkiss & K. Ryan. 1984. Ultrastructural localization of metals in specimens in *Litorina littorea* (L.) from polluted and non-polluted sites. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* 64, 699-720.
- Paez-Osuna, F., G. Izaguirre-Fierro, R. Godoy-Meza, F. Gonzalez-Farias, & Y. Osuna - Lopez. 1988. Metales pesados en cuatro especies de organismos filtradores de la region costera de Mazatlan: tecnicas de extraccion y niveles de concentration. *Contam. Ambient.* 4, 33-41.
- Patel, B., M.C. Balani & S. Patel 1985. Sponge «sentinel» of heavy metals. *Sci. Total Environ.* 41: 143-152.
- Penney, J.T. & A.A. Racek 1968. Comprehensive revision of a worldwide collection of freshwater sponges (Porifera: Spongillidae). *U.S. Nat. Mus. Bull.* 272: 1-184.

- Rasmont, R. 1956. La gemmulation des Spongillides. IV. Morphologie de la gemmulation chez *Ephydatia fluviatilis* et *Spongilla fragilis*. Ann. Soc. roy. zool. Belg. 86: 349-387.
- Rasmont, R. 1961. Une technique de culture des éponges d'eau douce en milieu contrôlé. Ann. Soc. Roy. Zol. Belg. 91: 147-156.
- Richard, A., N. Degros & J.M. Devarumez. 1988. Pollutions métalliques des organismes benthiques du littoral français de la mer du Nord (Calais, Dunkerque): influence du régime alimentaire. Oceanis, 14, 435-446.
- Richelle-Maurer, E., Z. Moureau, J. Huysecom & G. Van de Vyver 1989. Distribution des éponges d'eau douce dans la Fagne et l'Ardenne occidentale. Comptes-Rendus du Symposium «Invertébrés de Belgique», 9-14.
- Richelle-Maurer, E., H. Neybergh, E. Royaux G. Van de Vyver & Z. Moureau 1990. Essai d'utilisation des éponges comme bioindicateurs des teneurs en métaux des eaux. Rapp. Comm.int. Mer Médit. 32: 288.
- Romeo, M., M. Gnassia-Barelli & C. Carre. 1987. Trace metals, Cd, Cu, Pb and Zn in gelatinous macroplankton from the Northwester Mediterranean. Wat. Res. 21 (10) 1287-1292.
- Rousseau, E. 1906. Spongiaires de Belgique. Ann. Soc. royal. Zool. Macol. de Belgique 41: 119-127.
- Saller, U. 1990a. A redescription of the freshwater sponge *Trochospongilla horrida* (Porifera, Spongillidae). Abh. naturwiss. Ver. Hamburg. 31/32: 163-174.
- Saller, U. 1990b. Vergleichende Darstellung der Skelet-Elemente und der Gemmula-Schalen von Süßwasser-Schwämmene (Porifera, Spongillidae). Abh. naturwiss. Ver. Hamburg. 31/32: 175-183.
- Sanders, B.M., K.D. Jenkins, W.G. Sunda & J.D. Costlow. 1983. Free cupric ion activity in seawater: effects on metallothionein and growth in crab larvae. Science 222, 53-55.
- Sherer, N. 1991. Etude de la répartition des métaux lourds dans le réseau hydrographique des étangs du Rouge-Cloître. Mémoire de licence, Faculté des Sciences, Université Libre de Bruxelles.
- Simpson, T.L., R. Garrone & M. Mazzorana 1983. Interaction of germanium (Ge) with biosilification in the freshwater sponge *Ephydatia mülleri*: evidence of localized membrane domains in the silicellemma. J. Ultrastruct. Res. 85: 159- 174.
- Simpson, T.L., M. Gil, R. Connes, J-P. Diaz 1 J. Paris. 1985. Effects of Germanium (Ge) on the Silica Spicules of the Marine Sponge *Suberites domuncula*: Transformation of Spicule Type. J. Morphol. 183: 117-128.
- Van de Vyver, G. 1970. La non confluence intraspécifique chez les spongiaires et la notion d'individu. Ann. Embr. Morph. 3, 251-262.
- Van de Vyver, G. & Ph. Willenz. 1975. An experimental study of the life-cycle of the freshwater sponge *Ephydatia fluviatilis* in its natural surroundings. Wilhelm Roux' Archiv 177, 41-52.
- Van de Vyver, G., J. Huysecom, J.C. Braeckman & D. Daloze. 1990. Screening and bioassays for toxic substances in sponges from the Western Mediterranean Sea and North Brittany. Vie Milieu 40 (4): 285-292.
- Verdenal, B. 1986. Spongiculture en Méditerranée Nord-occidentale; aspects cultural, molysmologique et économique. Doctorat Dissertation Université Aix - Marseille. 163pp.
- Verdenal, B., C. Diana, A. Arnoux & J. Vacelet 1985. Pollutants levels in Mediterranean commercial sponges. K. Rützler (ed). New perspectives in Sponge Biology. Proceedings of 3rd Int Sponge Conf. 1985. 516-524.
- Zahn, R.K., G. Zahn, W.E.G. Müller, B. Kurelec, M. Rijavec, R. Batel & R. Given. 1981. Assessing consequences of marine pollution by hydrocarbons using sponges as model organisms. Sci. Total. Environ. 20: 147-169.

7- ANNEXES

Tableau 1: Sites prospectés

36 étangs:

Antwerpen: étang autour du Fort III, pontons de pêche.

Baudour : 2 étangs dont un petit situé dans le bois de Baudour.

Beloil: étang de la Canarderie dans la forêt domaniale, alimenté par des fossés de drainage en forêt.

Erbisoeul: étang traversé par le ruisseau d'Erbisoeul.

Gonrioux : 2 étangs (du Four et du Fourneau) avec pontons de pêche.

Groenendael: 4 étangs dont le dernier se trouve en contrebas du ring ouest.

Harchies - Hensies- Pommeroel (Hainaut): réserve naturelle, 4 étangs peu profonds alimentés essentiellement par l'eau de la nappe de surface et le ruissellement du bassin versant.

Hautrage : 2 étangs de pêche (La Chapelle et Meunier).

Hautrage Etat: un étang de pêche de formation récente par exploitation d'un terril.

Jardin J. Massart: un étang alimenté par une source.

Linkebeek: 9 étangs de pisciculture se jettant les uns dans les autres et situés de part et d'autre de la route.

Marionville: sortie des étangs de la réserve naturelle; l'étang principal est alimenté par un ruisseau régulièrement pollué en amont par des rejets domestiques.

Mettet: 3 étangs de la pisciculture Chauveheid.

Pommeroel: site comprenant un étang très étendu et peu profond et une section désaffectée du canal où se trouve l'épave d'une péniche.

Rouge-Cloître: série de 5 étangs alimentés par 3 sources dont le déversoir rejoint celui de l'étang situé au Jardin J. Massart.

Saint Denis (Mons): 2 étangs alimentés par plusieurs petits ruisseaux qui subissent les apports d'eaux usées du centre d'habitation de Casteau; chenal de sortie des étangs.

Virelles: étang de plaisance se déversant dans l'Eau Blanche, alimenté par une douzaine de petites rivières de type famennien dont la plus importante est le Ry Nicolas.

5 cours d'eau:

Behoude (Mettet): dans la vallée de la Molinee

Berlaimont : traversant la station expérimentale à Fleurus

Eau Blanche à Boussu en Fagnes, à Lompret et à la sortie de l' étang de Virelles

La Gueule: traversant le site de Plombières.

Viroin: à Treignès

8 canaux:

Ath-Blaton (bateaux fluviaux de 300T) - 21 écluses, toutes prospectées.

Boholt-Herentals (bateaux fluviaux de 600T) - 10 écluses, toutes prospectées.

Bossuit-Kortrijk (bateaux fluviaux de 1350T) - 11 écluses dont 7 prospectées.

Dessel-Turnhout-Schoten (bateaux fluviaux de 600T) - 10 écluses dont 4 prospectées.

Canal du Centre (bateaux fluviaux de 1350T) - 3 ascenceurs, tous prospectés.

L'Espierres (bateaux fluviaux de 600T) - désaffecté, écluses murées.

Nimy-Blaton (bateaux fluviaux de 1350T) - 4 écluses dont 2 prospectées.

Pommeroeul-Condé (bateaux fluviaux de 300T) - désaffecté, 5 écluses, toutes prospectées.

Tableau 2: sites et stations d'expérimentation in situ

Site 1: Plombières (Bleiberg, Liège), ancienne exploitation de zinc et de plomb où les nombreux terrils libèrent encore d'importantes quantités de plomb et de zinc dans les eaux de ruissellement et les fines particules sédimentaires emportées par le vent.

Station 1: étang de pêche situé au pied d'un de ces terrils.

Station 2: La Gueule, rivière traversant le site.

Site 2: Fleurus (Charleroi), exploitation de baryte toujours en fonction.

Station 3: bassin de décantation.

Station 4: rivière Berlaimont traversant l'exploitation où se déverse le trop-plein du bassin de décantation.

Site 3: canal Nimy-Blaton (Mons), dans une région industrielle.

Station 5 (M1): en face de l'usine KEMIRA (complexe industriel de la Société Carbochimique).

Station 6 (M2): sous le pont de l'autoroute E 10/ E 41 vers Lille.

Site 4: Rouge-Cloître (forêt de Soignes, Bruxelles), série de 5 étangs se déversant les uns dans les autres et dont le déversoir se trouve au Jardin J. Massart, leurs eaux y sont canalisées.

Station 7 (RC1): étang situé en contrebas de l'autoroute Bruxelles-Namur, alimenté par le ruisseau formé par la source des Trois Fontaines et par les eaux d'écoulement de l'autoroute qui s'y déversent.

Station 8 (RC2): déversoir de l'étang 2 (moulin), alimenté par l'étang précédent qui s'y déverse et le ruisseau formé par les sources du Sylvain et de l'Empereur.

Station 9 (JM2): sortie de ces étangs au niveau du Jardin J. Massart.

Site 5: Jardin J. Massart: Jardin Expérimental botanique de l'ULB (Bruxelles)

Station 10 (JM1): petit étang dont le déversoir rejoint les eaux provenant des étangs du Rouge-Cloître.

Site 6: Trois Fontaines dans la forêt de Soignes (Bruxelles).

Station 11: étang de faible profondeur situé à une centaine de mètres de l'autoroute Bruxelles-Namur.

Site 7: Linkebeek (Bruxelles) 9 étangs de pisciculture.

Station 12: déversoir de l'étang 2.2 où s'effectue depuis plusieurs années la culture d'éponges pour la constitution de stocks de gemmules nécessaires aux expérimentations.

Tableau 3: Plan de l'expérimentation in situ: sites et stations expérimentales, espèces d'éponges implantées, dates de mise en culture in situ et de récolte des éponges, dates de prélèvements des échantillons d'eau et de sédiments (1991).

Lieu	espèces	mise en culture	récolte	eau-sédiments
Site 1: Plombières				
Station 1	<i>Em Sl</i>	26/6	4/9	4/9
Station 2	<i>Em Sl</i>	26/6	9/7*	4/9
Site 2: Fleurus				
Station 3	<i>Em Sl</i>	26/6	20/8	24/7
Station 4	<i>Em Sl</i>	26/6	9/7**	
Site 3: Canal Nimy-Blaton				
Station 5, M1	<i>Efl Sl</i>	29/6	20/8	24/9
Station 6, M2	<i>Efl</i>	29/6	20/8*	24/9
Site 4: Rouge-Cloître				
Station 7, RC1	<i>Em Sl</i>	28/6	7/8	19/9
Station 8, RC2	<i>Em Sl</i>	28/6	7/8	19/9
Station 9, JM2	<i>Em Sl</i>	28/6	7/8**	19/9
Site 5: Jardin J. Massart				
Station 10, JM1	<i>Em Sl</i>	28/6	7/8**	19/9
Site 6: Trois Fontaines				
Station 11	<i>Efl Em Sl</i>	28/6	3/9	19/9
Site 7: Linkebeek				
Station 12	<i>Efl Em Sl</i>	3/5	7/8	13/9

Efl: *Ephydatia fluviatilis*; *Em*: *Ephydatia muelleri*, *Sl*: *Spongilla lacustris*; *: disparition des supports, ** régression des éponges.

Tableau 4: Physico-chimie des eaux et distribution des éponges et bryozoaires

eau	paramètres	T°	pH	Cond	O2	NH3	NO2	NO3	PO4	CaCO3	SiO2	Efl	Em	Sl	Ef	Th	Pf
	stations			µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l						
1	Harchies B	23,8	9,5	646	15,0	0,15	0,00	0,00	0,03	146	5,9	2	0	0	0	0	0
2	Harchies A	24,0	9,4	803	20,0	0,11	0,00	0,00	0,02	188	7,3	0	0	0	0	0	0
3	Pommeroeul (péniche)	26,0	9,2	552	13,0	0,13	0,00	0,00	0,86	232	10,9	1	0	0	0	0	3
4	Pommeroeul (étang)	24,6	8,4	950	7,0	0,10	0,00	0,00	0,29	348	15,4	1	0	0	0	0	0
5	Hensies	24,2	8,7	1251	11,0	0,10	0,00	0,00	1,28	374	3,5	1	0	0	0	0	0
6	Beloil	21,3	7,9	610	6,0	0,14	0,00	0,00	0,03	254	16,6	0	0	0	0	0	0
7	La chapelle	20,8	7,4	410	8,0	0,33	0,01	0,10	0,05	132	0,0	0	0	0	0	0	0
8	St Honoré	20,1	8,2	697	12,0	0,60	0,32	4,50	1,01	272	10,7	0	0	0	0	0	3
9	Hautrage Etat	23,1	8,4	1200	7,0	0,30	0,01	0,00	0,04	232	2,2	0	0	0	0	0	0
10	Marionville	23,8	8,4	1207	14,0	13,40	0,04	0,10	4,60	372	28,9	0	0	0	0	0	0
11	Baudour	19,4	8,0	341	9,0	0,26	0,02	3,70	0,01	121	10,0	0	0	0	0	0	0
12	Baudour bois	19,2	4,1	385	5,0	2,94	0,01	0,10	0,00	108	0,5	0	0	0	0	0	0
14	Erbiseoul	21,0	8,2	486	102,0	0,35	0,02	0,00	0,18	208	39,8	0	0	0	0	0	0
15	St Denis (chenal)	19,1	8,0	576	5,0	0,26	0,01	0,00	0,13	232	5,6	3	0	0	0	0	0
16	St Denis (étang 2)	19,1	8,4	583	11,0	0,20	0,00	0,00	0,11	242	6,7	0	0	3	0	0	3
17	St Denis (étang 1)	22,0	8,5	444	11,0	0,26	0,00	0,00	0,02	158	13,6	1	0	0	0	0	0
18	Plombières (étang)	25,8	9,0	407	14,1	0,89	0,00	3,52	0,06	128	4,2	0	0	0	0	0	0
20	Plombières (Gueule)	18,2	8,2	620	8,5	0,72	0,32	11,44	1,41	242	7,3	0	0	0	0	0	0

E.fl: *E. fluviatilis*, Em: *E. muelleri*, Sl: *S. lacustris*, Ef: *E. fragilis*, Th: *T. horrida*, Pf: *P. fungosa*. O: absent, 1-3: degré d'abondance

Tableau 4: Physico-chimie des eaux et distribution des éponges et bryozoaires

eau	paramètres	T°	pH	Cond	O2	NH3	NO2	NO3	PO4	CaCO3	SiO2	Efl	Em	Sl	Ef	Th	Pf
	stations			µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l						
21	Ath-Blaton 9-10	19,0	8,0	750	8,2	0,34	0,03	0,48	0,78	291	9,9	2	0	0	0	0	3
22	Ath-Balton 8-9	19,0	8,1	760	7,2	0,28	0,02	0,44	0,26	281	10,5	2	0	0	0	0	3
23	Ath-Blaton 7	19,3	8,2	759	3,1	0,22	0,02	0,31	0,45	262	10,6	3	0	0	0	0	0
24	Ath-Blaton 5	20,9	8,2	771	5,9	0,16	0,01	0,40	0,38	276	10,1	3	0	0	0	0	0
25	Ath-Blaton 3	20,1	8,4	775	3,8	0,21	0,00	0,18	0,42	262	11,0	0	0	0	0	0	0
26	Ath-Blaton 1	20,9	8,3	803	8,5	1,62	0,06	1,01	0,69	247	7,4	0	0	0	0	0	0
27	Pommeroeul 4	21,0	9,2	772	*	0,43	0,02	0,22	0,09	249	2,6	2	0	1	0	0	3
28	Pommeroeul 3	20,8	9,0	793	*	0,34	0,01	0,31	0,19	222	3,1	2	0	0	0	0	3
29	Pommeroeul 2	21,3	8,8	782	*	0,34	0,00	0,26	0,24	226	2,6	2	0	0	0	0	3
30	Pommeroeul 1	22,0	8,7	790	10,3	0,23	0,00	0,31	0,47	224	1,9	3	0	0	1	0	3
31	Groenendael 1	15,4	7,8	545	6,4	0,43	0,00	0,04	0,26	270	25,1	0	0	1	2	0	2
32	Groenendael 2	16,3	8,2	453	8,2	0,28	0,00	0,00	0,28	215	18,0	1	0	1	0	0	3
33	Groenendael 3	14,6	7,9	476	5,7	0,41	0,00	0,04	1,13	208	20,5	0	0	0	1	0	1
34	Groenendael 4	16,0	7,7	611	8,0	0,26	0,01	0,04	1,82	274	14,9	0	0	0	3	0	0
35	Linkebeek 1.1	18,1	7,9	494	*	0,05	0,07	6,16	0,17	203	5,4	0	0	0	3	0	1
40	Linkebeek 1.2	19,3	7,9	575	9,4	0,12	0,17	1,32	0,05	203	17,7	0	0	3	0	0	2
41	Linkebeek 2.1	17,1	8,0	692	12,9	0,02	0,03	12,30	0,05	260	21,9	0	0	3	1	0	0
42	Linkebeek entrée	13,4	7,6	890	8,4	0,00	0,61	19,40	0,09	354	25,9	0	0	3	0	0	0

E.fl: *E. fluviatilis*, Em: *E. muelleri*, Sl: *S. lacustris*, Ef: *E. fragilis*, Th: *T. horrida*, Pf: *P. fungosa*. O: absent, 1-3: degré d'abondance. * >13 mg/l

Tableau 4: Physico-chimie des eaux et distribution des éponges et bryozoaires

eau	paramètres	T°	pH	Cond	O2	NH3	NO2	NO3	PO4	CaCO3	SiO2	Efl	Em	Sl	Ef	Th	Pf
stations				µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l						
43	Linkebeek 2.2	17,5	8,0	679	10,6	0,00	0,07	9,70	0,04	248	9,6	0	0	2	0	0	0
44	Linkebeek 2.4	16,3	7,6	676	6,6	0,00	0,05	8,80	0,08	235	8,8	0	0	2	1	0	0
45	Linkebeek 2.5	19,4	8,3	608	*	0,06	0,02	4,40	0,14	230	10,8	0	0	2	1	0	0
46	Linkebeek 2.6	18,7	7,8	542	10,5	0,10	0,01	0,44	0,06	197	6,3	1	0	3	0	0	1
47	Bocholt-Herentals 1	18,2	7,8	681	6,4	0,31	0,07	8,36	2,40	225	2,2	0	3	0	0	0	0
48	Bocholt-Herentals 2	18,9	7,8	729	7,3	0,20	0,11	9,68	2,36	225	3,1	0	3	0	0	0	0
49	Bocholt-Herentals 3	19,0	8,0	720	8,2	0,20	0,10	8,80	2,09	251	1,2	0	3	0	0	1	0
50	Bocholt-Herentals 4	19,0	8,2	715	9,5	0,16	0,08	9,20	1,85	221	1,8	0	2	0	0	1	0
51	Bocholt-Herentals 5	18,8	8,4	717	9,2	0,17	0,10	10,10	1,71	236	1,4	0	0	1	0	0	0
52	Bocholt-Herentals 6	20,1	8,7	697	9,4	0,23	0,06	7,92	1,09	215	3,0	0	2	0	0	0	0
53	Bocholt-Herentals 7	22,3	8,2	703	6,8	0,23	0,05	8,36	1,30	206	2,9	0	1	0	0	0	0
54	Bocholt-Herentals 8	22,1	8,1	707	7,1	0,76	0,05	8,36	1,18	222	2,7	0	3	1	0	1	0
55	Bocholt-Herentals 9	21,7	8,1	700	7,4	0,28	0,04	7,48	1,05	201	3,6	0	0	2	0	0	0
56	Bocholt-Herentals 10	19,9	8,4	694	8,6	0,18	0,02	7,04	1,06	194	2,2	0	2	0	0	1	0
57	Schoten 10	18,7	8,3	790	9,1	0,17	0,02	6,16	1,60	114	2,1	1	0	1	1	0	0
58	Schoten 9	18,9	8,2	774	8,2	0,22	0,02	3,96	1,97	213	2,3	0	1	2	0	0	2
59	Schoten 8	18,4	8,1	769	7,9	0,12	0,02	6,60	1,57	208	5,5	1	2	2	1	0	0
60	Schoten St Job	18,8	8,3	739	7,7	0,23	0,02	8,35	1,29	224	1,1	0	0	3	0	0	1

E.fl: *E. fluviatilis*, Em: *E. muelleri*, Sl: *S. lacustris*, Ef: *E. fragilis*, Th: *T. horrida*, Pf: *P. fungosa*. O: absent, 1-3: degré d'abondance. * > 13 mg/l.

Tableau 4: Physico-chimie des eaux et distribution des éponges et bryozoaires

eau	paramètres	T°	pH	Cond	O2	NH3	NO2	NO3	PO4	CaCO3	SiO2	Efl	Em	Sl	Ef	Th	Pf
	stations			µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/i						
61	Rouge Cloître RC2	17,1	8,2	586	9,3	0,16	0,02	0,08	0,11	252	17,1	0	3	0	0	0	0
62	Rouge Cloître RC1	16,3	8,2	585	*	0,10	0,02	0,04	0,23	244	15,5	0	0	0	0	0	0
63	3 Fontaines	15,5	7,4	512	3,2	0,39	0,00	0,04	0,13	185	14,5	0	0	0	0	0	0
64	Rouge Cloître JM1	17,6	7,9	1030	5,2	0,18	0,25	18,04	0,09	384	22,4	1	3	1	0	0	0
65	Rouge Cloître JM2	17,7	8,3	589	8,5	0,15	0,01	0,26	0,11	291	22,1	0	0	0	0	0	0
66	Nirny-Blaton M2	18,0	8,4	754	9,3	0,24	0,02	1,32	0,34	211	LD	0	0	0	0	0	0
67	Nirny-Blaton M1	19,0	8,8	973	9,3	0,41	0,02	2,64	0,35	206	LD	0	0	0	0	0	0
68	Ath-Blaton 20	17,3	8,1	820	7,9	0,34	0,11	2,64	0,47	283	5,1	1	0	0	0	0	2
69	Ath-Blaton 19	17,2	8,4	857	9,2	0,22	0,19	4,84	0,49	294	3,9	1	0	1	0	0	0
70	Ath-Blaton 18	17,4	8,4	853	13,4	0,22	0,19	4,84	0,89	303	4,6	0	2	0	0	1	0
71	Ath-Blaton 17	16,4	8,3	870	11,6	0,35	0,29	6,60	1,35	315	6,1	1	1	1	0	0	0
72	Ath-Blaton 16	15,8	7,9	886	7,7	1,81	0,37	7,48	1,84	314	9,2	1	0	0	0	0	0
73	Ath-Blaton 15	17,7	7,9	870	5,2	0,93	0,17	2,64	1,15	297	10,5	3	3	0	0	1	0
74	Ath-Blaton 14	17,8	7,9	859	6,5	0,61	0,15	2,64	0,43	309	9,7	3	3	3	0	1	0
75	Ath-Blaton 13	17,6	7,8	848	5,2	0,62	0,17	2,20	1,19	313	11,0	3	0	3	0	0	0
76	Ath-Blaton 12	18,0	7,9	835	5,8	0,63	0,15	2,20	0,62	295	9,3	3	0	3	0	0	0
77	Ath-Blaton 11	18,6	8,0	838	7,1	0,62	0,16	2,20	0,93	280	9,1	3	0	0	0	0	0

E.fl: *E. fluviatilis*, Em: *E. muelleri*, Sl: *S. lacustris*, Ef: *E. fragilis*, Th: *T. horrida*, Pf: *P. fungosa*. O: absent, 1-3: degré d'abondance. LD: limite détection.

Tableau 4: Physico-chimie des eaux et distribution des éponges et bryozoaires

eau	paramètres	T°	pH	Cond	O2	NH3	NO2	NO3	PO4	CaCO3	SiO2	Efl	Em	Sl	Ef	Th	Pf
	stations			µs/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l						
78	Fleurus	20,0	8,1	580	10,20	0,54	0,06	0,48	0,34	239	14,6	0	0	0	0	0	0
100	Eau Blanche-Boussu	21,3	7,9	102	NA	0,15	0,08	13,20	0,27	246	7,0	3	0	0	0	0	0
101	Virelles	19,5	8,0	188	NA	1,16	0,03	0,88	0,18	87	4,4	0	0	3	0	0	2
102	Gonrieux (Fourneau)	20,9	7,7	190	NA	0,38	1,85	10,12	0,12	86	5,0	0	2	0	3	0	3
103	Mettet 1	19,3	9,5	356	NA	0,15	0,09	16,28	0,06	131	7,3	0	0	0	0	0	3
104	Mettet 2	19,6	9,1	235	NA	0,13	0,17	7,48	0,08	155	7,4	0	0	3	0	0	0
105	Mol I B	18,1	8,2	540	9,80	0,34	0,30	15,40	1,87	230	2,9	0	3	0	0	0	0
106	Mol II A	18,1	7,9	550	9,20	0,23	0,34	16,72	1,67	249	4,1	0	3	0	0	0	0
107	Mol II B	18,6	8,0	550	9,40	0,20	0,13	16,72	1,71	220	4,1	0	3	0	0	0	0
108	Mol III B	19,0	7,9	570	10,20	0,21	0,13	20,68	1,71	221	4,1	0	3	0	0	0	0
115	Linkebeek 2.3	18,5	7,8	624	NA	NA	0,24	5,28	0,15	216	3,5	0	0	3	3	0	0

E.fl: *E. fluviatilis*, Em: *E. muelleri*, Sl: *S. lacustris*, Ef: *E. fragilis*, Th: *T. horrida*, Pf: *P. fungosa*. O: absent, 1-3: degré d'abondance. NA: non analysé.

Tableau 5: canal Ath-Blaton: caractéristiques physico-chimiques des eaux et distribution des éponges.

écluses	eau	T°	pH	Cond.	O2	NH3	NO2	NO3	PO4	CaCO3	SiO2	Ef/	Sl	Em	Th	Ef
				µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l					
1	26	20,9	8,3	803	8,5	1,62	0,06	1,01	0,69	247	7,4	0	0	0	0	0
3	25	20,1	8,4	775	3,8	0,21	0,00	0,18	0,42	262	11,0	0	0	0	0	0
5	24	20,9	8,2	771	5,9	0,16	0,01	0,40	0,38	276	10,1	3	0	0	0	0
7	23	19,3	8,2	759	3,1	0,22	0,02	0,31	0,45	262	10,6	3	0	0	0	0
8	22	19,0	8,1	760	7,2	0,28	0,02	0,44	0,26	281	10,5	2	0	0	0	0
9	10	19,0	8,0	750	8,2	0,34	0,03	0,48	0,78	291	9,9	2	0	0	0	0
11	77	18,6	8,0	838	7,1	0,62	0,16	2,20	0,93	280	9,1	3	0	0	0	0
12	76	18,0	7,9	835	5,8	0,63	0,15	2,20	0,62	295	9,3	3	3	0	0	0
13	75	17,6	7,8	848	5,2	0,62	0,17	2,20	1,19	313	11,0	3	3	0	0	0
14	74	17,8	7,9	859	6,5	0,61	0,15	2,64	0,43	309	9,7	3	3	3	1	0
15	73	17,7	7,9	870	5,2	0,93	0,17	2,64	1,15	297	10,5	3	0	3	1	0
16	72	15,8	7,9	886	7,7	1,81	0,37	7,48	1,84	314	9,2	1	0	0	0	0
17	71	16,4	8,3	870	11,6	0,35	0,29	6,60	1,35	315	1,0	1	1	1	0	0
19	69	17,2	8,4	857	9,2	0,22	0,19	4,84	0,49	294	3,9	1	1	0	0	0
20	68	17,3	8,1	820	7,9	0,34	0,11	2,64	0,47	283	5,1	1	0	0	0	0

E fl: *E. fluviatilis*, Sl: *S. lacustris*, Em: *E. muelleri*, Th: *T. horrida*, Ef: *E. fragilis*

Tableau 6: canal Bochoit-Herentals: caractéristiques physico-chimiques des eaux et distribution des éponges.

écluses	eau	T°	pH	Cond. µS/cm	O2 mg/l	NH3 mg/l	NO2 mg/l	NO3 mg/l	PO4 mg/l	CaCO3 mg/l	SiO2 mg/l	Em	Sl	Th	Ef/l	Ef
1	47	18,2	7,8	681	6,4	0,31	0,07	8,36	2,40	225	2,2	3	0	0	0	0
2	48	18,9	7,8	729	7,3	0,20	0,11	9,68	2,36	225	3,1	3	0	0	0	0
3	49	19,0	8,0	720	8,2	0,20	0,10	8,8	2,09	251	1,2	3	0	1	0	0
4	50	19,0	8,2	715	9,5	0,16	0,08	9,2	1,85	221	1,8	2	0	1	0	0
5	51	18,8	8,4	717	9,2	0,17	0,10	10,1	1,71	236	1,4	0	1	0	0	0
6	52	20,1	8,7	697	9,4	0,23	0,06	7,92	1,09	215	3,0	2	0	0	0	0
7	53	22,3	8,2	703	6,8	0,23	0,05	8,36	1,30	206	2,9	1	0	0	0	0
8	54	22,1	8,1	707	7,1	0,76	0,05	8,36	1,18	222	2,7	3	1	1	0	0
9	55	21,7	8,1	700	7,4	0,28	0,04	7,48	1,05	201	3,6	0	2	0	0	0
10	56	19,9	8,4	694	8,6	0,15	0,02	7,04	1,06	194	2,2	2	0	1	0	0

E fl: *E. fluviatilis*, Sl: *S. lacustris*, Em: *E. muelleri*, Th: *T. horrida*, Ef: *E. fragilis*

Tableau 7: caractéristiques physico-chimiques des eaux des stations expérimentales

stations	st 1	st 3	st 5	st 6	st 7	st 8	st 9	st 10	st 11	st 12
paramètres	Plomb.	Fleurus	M1	M2	RC1	RC2	JM2	JM1	3 Font.	Link.
temp.	25,80	20,00	19,00	18,00	16,30	17,10	17,70	17,60	15,50	17,10
pH	9,00	8,10	8,80	8,40	8,20	8,20	8,30	7,90	7,40	8,00
cond.	407,00	580,00	973,00	754,00	585,00	586,00	589,00	1030,00	512,00	692,00
O2	13,00	10,20	9,30	9,30	*	9,30	8,50	5,20	3,20	12,90
NH3	0,89	0,54	0,41	0,24	0,10	0,16	0,15	0,18	0,39	0,02
NO2	0,00	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,25	0,00	0,03
NO3	3,52	0,48	2,64	1,32	0,04	0,08	0,26	18,04	0,04	12,30
PO4	0,06	0,34	0,35	0,34	0,23	0,11	0,11	0,09	0,13	0,05
CaCO3	128,00	239,00	206,00	211,00	244,00	252,00	291,00	384,00	185,00	260,00
SiO2	4,20	14,60	LD	LD	15,50	17,10	22,10	22,40	14,50	21,90

* : > 13 mg/l, LD: limite de détection

Tableau 8: teneurs en métaux dans les eaux

eau	paramètres	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
	stations	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	Harchies B	143	37,7	0,80	0,70	1,62	3,07	364	36	419	2,41	5,28	2,07	13,07	4,16	17,16
2	Harchies A	74	25,0	0,75	0,57	1,26	2,70	133	51	307	2,00	4,19	0,98	14,70	3,43	4,32
3	Pommeroeul (péniche)	195	45,1	0,01	2,67	6,73	6,44	382	13	2037	8,53	10,14	7,29	9,91	25,73	18,43
4	Pommeroeul (étang)	139	32,0	0,88	1,62	2,13	3,90	397	15	605	7,18	10,86	3,50	14,10	12,35	6,53
5	Hensies	30	45,1	0,91	0,95	1,22	2,97	164	48	211	1,31	6,27	0,83	14,33	2,90	3,49
6	Beloeil	139	87,4	0,82	0,89	1,41	3,14	554	16	81	3,69	7,16	1,39	10,47	2,22	2,51
7	La chapelle	87	15,3	0,03	0,84	1,34	2,04	677	9	266	0,35	9,14	0,65	6,99	1,67	14,09
8	St Honoré	383	60,0	1,05	2,29	2,53	6,19	953	13	142	2,65	15,80	6,68	16,75	6,19	25,02
9	Hautrage Etat	105	23,8	0,91	0,82	1,35	6,48	144	31	58	4,10	6,15	1,42	28,89	3,37	9,51
10	Marionville	411	43,0	1,02	2,42	3,32	7,38	1635	12	745	1,47	17,25	7,05	21,19	5,73	52,97
11	Baudour	94	13,8	0,06	0,46	1,23	3,19	31	5	152	0,27	6,69	0,25	6,75	1,15	19,45
12	Baudour bois	6900	102,1	1,51	26,86	1,74	4,86	748	8	2400	0,21	39,52	13,99	11,43	2,50	305,94
14	Erbiseoul	LD	52,8	0,07	0,97	1,17	2,96	1012	8	830	0,51	6,75	1,56	2,54	3,40	9,54
15	St Denis(chenal)	258	94,3	0,04	0,84	1,50	0,72	676	13	131	3,58	7,79	2,26	9,07	4,39	8,29
16	St Denis (étang 2)	286	105,3	0,07	0,97	1,63	2,76	930	13	176	2,94	9,80	2,90	10,71	4,45	8,91
17	St Denis (étang 1)	198	67,1	0,02	0,70	1,66	2,86	529	12	137	2,94	6,01	2,09	15,91	3,47	6,06
18	Plombières (étang)	200	21,2	6,75	1,41	1,52	7,23	1435	13	226	0,93	22,47	107,30	9,01	3,84	988,64
20	Plombières (Gueule)	96	18,3	0,21	0,93	1,11	4,52	141	18	34	0,51	7,23	7,83	4,41	1,59	259,73

LD: limite de détection

Tableau 8: teneurs en métaux dans les eaux

eau	paramètres	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
	stations	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
21	Ath-Blaton 9-10	91	80,6	0,21	0,71	2,29	3,71	83	22	55	3,18	6,11	2,04	7,16	3,18	46,08
22	Ath-Blaton 8-9	59	75,4	0,03	0,75	1,19	1,98	108	22	50	2,42	5,43	0,78	7,31	3,35	13,68
23	Ath-Blaton 7	76	74,3	0,07	0,76	1,31	2,65	87	21	41	2,52	7,52	1,26	8,71	3,68	13,48
24	Ath-Blaton 5	134	77,8	1,43	0,86	1,49	2,17	196	21	63	2,36	5,81	1,70	8,80	4,27	33,09
25	Ath-Blaton 3	71	75,9	0,02	0,76	1,33	2,72	116	21	60	2,63	7,84	1,42	7,40	4,04	7,15
26	Ath-Blaton 1	202	57,8	0,19	1,88	1,37	4,16	156	16	95	3,91	8,84	2,26	7,75	6,49	16,15
27	Pommeroeul 4	116	44,9	0,05	2,70	1,29	2,29	62	14	703	5,61	10,91	0,58	6,87	7,49	5,98
28	Pommeroeul 3	LD	56,9	0,05	2,10	1,29	2,15	23	14	784	4,31	9,63	0,69	6,88	6,11	7,75
29	Pommeroeul 2	LD	41,6	0,04	2,03	1,32	2,36	24	14	842	4,07	8,49	0,59	7,11	5,78	10,83
30	Pommeroeul 1	51	36,6	0,05	1,83	1,28	2,21	47	15	552	4,65	8,78	0,85	7,87	5,97	7,79
31	Groenendael 1	89	37,6	0,11	0,87	1,32	2,01	560	13	293	1,50	6,76	1,76	5,95	6,09	14,99
32	Groenendael 2	102	32,2	0,08	0,56	1,34	1,43	313	12	109	0,24	4,61	1,61	6,48	4,97	5,75
33	Groenendael 3	43	31,4	0,05	0,49	1,16	2,06	449	12	150	0,28	5,24	0,97	2,34	2,49	5,32
34	Groenendael 4	LD	31,4	0,09	0,71	1,41	1,37	403	11	232	0,30	7,63	0,91	1,65	2,12	6,17
35	Linkebeek 1.1	LD	19,8	0,02	0,41	1,24	1,29	150	14	23	0,07	4,62	0,17	3,14	1,22	3,89
40	Linkebeek 1.2	82	30,9	0,28	0,50	1,41	1,38	302	14	51	0,48	3,87	0,88	5,31	1,80	10,97
41	Linkebeek 2.1	LD	30,2	0,05	0,36	1,44	1,02	67	16	16	0,29	2,40	0,26	3,51	1,56	4,00
42	Linkebeek entrée	25	31,9	0,03	0,49	1,73	1,23	45	18	17	0,13	1,95	0,12	3,80	1,77	4,28

LD: limite de détection

Tableau 8: teneurs en métaux dans les eaux

eau	paramètres	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
	stations	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
43	Linkebeek 2.2	LD	30,7	0,00	0,37	1,37	0,93	44	16	13	0,13	2,27	0,16	3,36	1,60	5,51
44	Linkebeek 2.4	28	30,4	0,06	0,37	1,33	0,77	111	16	28	0,09	3,73	0,14	3,75	1,72	3,72
45	Linkebeek 2.5	LD	26,2	0,05	0,33	1,26	0,76	77	16	10	0,12	2,22	0,13	3,22	1,58	5,01
46	Linkebeek 2.6	46	12,8	0,05	0,37	1,65	0,99	145	15	32	0,11	3,68	0,31	11,31	2,08	9,00
47	Bocholt-Herentals 1	151	28,0	0,45	1,22	2,25	4,81	218	11	43	2,13	7,95	5,37	5,99	4,41	48,06
48	Bocholt-Herentals 2	128	26,9	0,49	1,19	2,49	5,02	211	11	37	2,25	7,91	5,81	5,44	4,60	54,93
49	Bocholt-Herentals 3	161	27,7	0,55	1,27	2,68	4,99	233	11	34	2,03	8,42	6,48	6,08	4,74	59,40
50	Bocholt-Herentals 4	152	27,4	0,44	1,12	2,61	6,03	246	11	33	1,94	7,45	5,81	5,34	4,67	54,04
51	Bocholt-Herentals 5	200	28,4	0,64	1,18	3,12	5,19	296	9	34	2,02	7,69	7,88	6,35	4,95	54,97
52	Bocholt-Herentals 6	297	29,5	0,19	0,85	2,16	5,44	188	10	17	2,75	5,79	3,53	4,70	5,31	22,61
53	Bocholt-Herentals 7	370	30,1	0,26	1,06	2,74	7,85	243	10	23	2,78	6,84	4,43	6,23	5,95	28,90
54	Bocholt-Herentals 8	372	29,8	0,25	1,16	2,84	8,09	220	10	25	2,82	7,25	4,39	6,08	6,07	28,84
55	Bocholt-Herentals 9	434	30,8	0,26	1,26	3,38	8,39	275	10	24	2,63	7,52	5,71	7,06	6,55	37,78
56	Bocholt-Herentals 10	335	30,6	0,22	1,74	3,28	11,41	231	10	20	2,37	7,70	5,50	6,45	7,08	30,20
57	Schoten 10	194	27,3	0,09	1,05	2,10	5,74	141	10	16	1,76	7,58	5,14	5,90	7,21	27,75
58	Schoten 9	144	26,1	0,04	1,04	2,09	5,13	104	10	14	0,93	7,59	3,60	6,15	7,11	26,80
59	Schoten 8	215	26,7	0,09	1,22	2,25	6,01	171	10	19	1,80	8,74	5,19	6,32	7,21	33,59
60	Schoten St Job	193	25,6	0,10	1,39	2,18	6,06	199	10	25	1,75	9,45	4,40	5,79	6,75	31,04

Tableau 8: teneurs en métaux dans les eaux

eau	paramètres	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
	stations	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
61	Rouge Cloître RC 2	50	34,0	0,11	0,50	1,40	0,99	105	12	48	0,50	2,54	0,78	2,15	2,01	4,89
62	Rouge Cloître RC 1	LD	29,5	0,05	0,33	1,30	1,31	124	13	32	0,67	2,40	1,32	2,46	1,50	1,31
63	3 Fontaines	89	49,6	0,05	0,34	1,32	1,27	2192	16	414	0,32	6,31	0,78	2,76	0,93	1,27
64	Rouge Cloître JM 1	108	56,2	0,06	0,52	1,63	1,96	387	22	32	0,52	4,61	1,55	4,77	2,46	1,96
65	Rouge Cloître JM 2	126	27,2	0,04	0,33	1,29	1,09	95	13	35	0,59	2,75	0,62	3,25	2,19	1,09
66	Nimy-Blaton M 2	168	30,5	0,15	2,00	2,57	3,03	29	14	196	7,87	8,65	0,90	5,32	4,64	3,03
67	Nimy-Blaton M 1	403	20,6	0,05	2,32	26,95	3,53	44	14	1744	11,81	7,72	1,37	7,37	3,43	11,00
68	Ath-Blaton 20	84	46,1	0,05	0,62	1,53	1,53	129	26	44	1,68	4,09	1,71	5,93	3,86	1,53
69	Ath-Blaton 19	85	44,1	0,07	0,65	1,42	1,46	108	27	28	1,53	3,93	0,82	5,13	3,76	1,46
70	Ath-Blaton 18	83	42,7	0,06	0,65	1,51	1,58	112	26	28	1,49	3,49	0,69	5,15	3,66	1,58
71	Ath-Blaton 17	39	44,3	0,03	0,66	1,45	1,47	171	26	49	1,50	4,09	0,71	5,30	3,47	1,47
72	Ath-Blaton 16	69	43,6	0,05	0,67	1,47	2,29	349	25	88	1,46	4,80	1,00	5,49	3,36	2,29
73	Ath-Blaton 15	121	63,2	0,06	0,69	1,40	1,43	261	23	73	2,10	4,71	0,88	6,04	3,14	1,43
74	Ath-Blaton 14	71	64,8	0,06	0,68	1,41	1,30	174	24	60	2,10	4,21	0,72	6,30	3,30	1,30
75	Ath-Blaton 13	31	64,2	0,03	0,58	1,30	1,13	83	24	58	2,19	4,70	0,34	4,70	3,28	1,13
76	Ath-Blaton 12	59	65,4	0,06	0,58	1,35	1,27	92	23	56	2,30	3,48	0,51	5,28	3,25	1,27
77	Ath-Blaton 11	43	65,0	0,03	0,54	1,31	1,01	62	23	46	2,33	3,59	0,33	4,62	3,27	1,01

Tableau 8: teneurs en métaux dans les eaux

eau	paramètres	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
	stations	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
78	Fleurus	526	135,7	0,19	0,83	2,83	3,34	553	12	83	84,59	5,21	4,08	7,68	4,64	3,34
100	Eau Blanche Boussu	NA	29,3	0,29	0,22	0,94	3,78	NA	7	29	0,21	5,75	0,88	2,05	1,18	13,30
101	Virelles	NA	9,6	0,23	0,19	0,58	2,13	NA	6	237	0,26	4,64	0,41	3,05	1,30	11,70
102	Gonrieux	NA	30,7	0,24	0,31	0,57	2,48	NA	4	152	0,25	5,23	0,96	1,54	1,28	16,20
103	Mettet 1	NA	20,2	0,10	0,33	0,86	1,76	NA	7	31	0,17	4,12	0,66	3,74	1,72	11,60
104	Mettet 2	NA	21,0	0,12	0,12	0,51	1,30	NA	7	17	0,26	3,69	0,44	2,47	2,19	6,07
105	Bocholt-Herentals 1A	NA	31,4	0,56	1,00	1,57	6,89	NA	7	46	1,27	6,66	6,74	5,55	5,46	31,00
106	Bocholt-Herentals 2A	NA	31,0	0,56	0,96	1,83	5,51	NA	7	51	1,77	6,56	7,58	4,90	5,68	33,20
107	Bocholt-Herentals 2B	NA	31,2	0,60	1,07	1,76	6,19	NA	7	55	1,44	6,77	7,04	5,14	6,15	33,30
108	Bocholt-Herentals 3B	NA	30,3	0,70	0,75	2,16	13,90	NA	7	53	1,39	7,02	7,05	5,80	6,29	34,70

NA: non analysé

Tableau 9: canal Ath-Blaton: teneurs en métaux dans les eaux

écluses	eau	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	26	202	58	0,19	1,88	1,4	4,1	156	16	95	3,9	8,8	2,26	7,8	6,5	16,2
3	25	71	76	0,02	0,76	1,3	2,7	116	21	60	2,6	7,8	1,42	7,4	4,0	7,2
5	24	134	78	1,43	0,86	1,5	2,2	196	21	63	2,4	5,8	1,70	8,8	4,3	33,1
7	23	76	74	0,07	0,76	1,3	2,7	87	21	41	2,5	7,5	1,26	8,7	3,7	13,5
8 9	22	59	75	0,03	0,75	1,2	2,0	108	22	50	2,4	5,4	0,78	7,3	3,4	13,7
9 10	21	91	81	0,21	0,71	2,3	3,7	83	22	55	3,2	6,1	2,04	7,2	3,2	46,1
11	77	43	65	0,03	0,54	1,3	1,0	62	23	46	2,3	3,6	0,33	4,6	3,3	1,0
12	76	59	65	0,06	0,58	1,4	1,3	92	23	56	2,3	3,5	0,51	5,3	3,3	1,3
13	75	31	64	0,03	0,58	1,3	1,1	83	24	58	2,2	4,7	0,34	4,7	3,3	1,1
14	74	71	65	0,06	0,68	1,4	1,3	174	24	60	2,1	4,2	0,72	6,3	3,3	1,3
15	73	121	63	0,06	0,69	1,4	1,4	261	23	73	2,1	4,7	0,88	6,0	3,1	1,4
16	72	69	44	0,05	0,67	1,5	2,3	349	25	88	1,5	4,8	1,00	5,5	3,4	2,3
17	71	39	44	0,03	0,66	1,5	1,5	171	26	49	1,5	4,1	0,71	5,3	3,5	1,5
18	70	83	43	0,06	0,65	1,5	1,6	112	26	28	1,5	3,5	0,69	5,2	3,7	1,6
19	69	85	44	0,07	0,65	1,4	1,5	108	27	28	1,5	3,9	0,82	5,1	3,8	1,5
20	68	84	46	0,05	0,62	1,5	1,5	129	26	44	1,7	4,1	1,71	5,9	3,9	1,5

Tableau 10: canal Bochoit-Herentals: teneurs en métaux dans les eaux

écluses	eau	Al	Ba	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Mo	Ni	Pb	Ti	V	Zn
		ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppm	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb	ppb
1	47	151	28,01	0,45	1,22	2,25	4,81	218	11	43	2,13	7,95	5,37	5,99	4,41	48,06
2	48	128	26,91	0,49	1,19	2,49	5,02	211	11	37	2,25	7,91	5,81	5,44	4,60	54,93
3	49	161	27,71	0,55	1,27	2,68	4,99	233	11	34	2,03	8,42	6,48	6,08	4,74	59,40
4	50	152	27,35	0,44	1,12	2,61	6,03	246	11	33	1,94	7,45	5,81	5,34	4,67	54,04
5	51	200	28,37	0,64	1,18	3,12	5,19	296	9	34	2,02	7,69	7,88	6,35	4,95	54,97
6	52	297	29,53	0,19	0,85	2,16	5,44	188	10	17	2,75	5,79	3,53	4,70	5,31	22,61
7	53	370	30,11	0,26	1,06	2,74	7,85	243	10	23	2,78	6,84	4,43	6,23	5,95	28,90
8	54	372	29,81	0,25	1,16	2,84	8,09	220	10	25	2,82	7,25	4,39	6,08	6,07	28,84
9	55	434	30,76	0,26	1,26	3,38	8,39	275	10	24	2,63	7,52	5,71	7,06	6,55	37,78
10	56	335	30,58	0,22	1,74	3,28	11,41	231	10	20	2,37	7,70	5,50	6,45	7,08	30,20

Tableau 11: stations expérimentales: teneurs en métaux dans les eaux (ppb)

	station 1	station 3	station 5	station 6	station 7	station 8	station 9	station 10	station 11	station 12
métaux	Plomb.	Fleurus	M1	M2	RC1	RC2	JM2	JM1	3 Font.	Linkebeek
Ba	21,17	136,00	20,58	30,50	29,47	34,00	27,20	56,20	49,56	30,23
Cd	6,75	0,19	0,05	0,15	0,05	0,11	0,04	0,06	0,05	0,05
Co	1,40	0,83	2,32	2,00	0,33	0,50	0,33	0,52	0,34	0,36
Cr	1,52	2,83	26,95	2,57	1,30	1,40	1,29	1,63	1,32	1,44
Cu	7,23	3,34	3,53	3,03	1,31	0,99	1,09	1,96	1,27	1,02
Fe	1435,00	553,00	44,00	29,00	124,00	105,00	95,00	387,00	2192,00	67,00
Mg*	13,00	12,00	14,00	14,00	13,00	12,00	13,00	22,00	16,00	16,00
Mn	226,00	83,00	1744,00	196,00	32,00	48,00	35,00	32,00	414,00	16,00
Mo	0,93	84,60	11,80	7,87	0,67	0,50	0,59	0,52	0,32	0,29
Ni	22,47	5,22	7,72	8,65	2,40	2,54	2,75	4,61	6,32	2,40
Pb	107,30	4,10	1,37	0,90	1,32	0,78	0,62	1,55	0,79	0,26
V	3,84	4,64	3,43	4,64	1,50	2,01	2,19	2,46	0,93	1,56
Zn	988,64	3,34	11,00	3,03	1,30	4,89	1,09	1,96	1,27	4,00

* en ppm

Tableau 12: teneurs en métaux dans les sédiments (ppm de poids sec)

stations	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Si	Ti	V	Zn
1 Harchies B	114212	637	LD	106	37	38361	12183	434	58	29	52	5181	159	93
2 Harchies A	104871	511	18	99	35	39683	11138	515	53	29	52	5049	144	80
3 Pommeroeul (canal)	48022	527	57	175	74	34500	3553	6213	66	147	26	2413	263	574
4 Pommeroeul (étang)	41028	353	13	76	23	24146	5409	435	24	27	81	3658	60	65
5 Hensies	113688	458	20	97	42	28079	7570	546	50	34	43	4644	195	72
6 Beoel	6186	112	8	16	7	15648	6266	498	6	7	14	665	15	14
7 La Chapelle	29223	313	10	59	15	17523	4647	396	17	13	82	2980	50	43
8 St Honoré	19216	245	5	43	12	7041	1979	231	11	36	93	1440	26	31
9 Hautrage Etat	116096	470	18	107	34	31759	12703	438	61	23	55	5575	146	79
11 Baudour	63300	254	6	54	16	10255	1703	283	20	37	82	6762	58	47
12 Baudour bois	39809	334	5	60	16	8476	3230	232	16	85	74	4506	52	71
14 Erbioeul	3140	146	3	33	14	4490	LD	210	5	10	99	790	LD	24
15 St Denis (chenal)	37428	382	13	64	30	21860	5862	429	28	81	71	3739	66	188
16 St Denis (étang 2)	38972	402	13	64	16	19648	5830	563	27	103	69	4153	56	108
17 St Denis (étang 1)	43721	297	13	81	14	30188	11262	463	26	14	72	4333	66	46
18 Plombières (étang)	45395	330	12	81	80	23947	5931	421	96	1887	72	4251	61	10560
31 Groenendael 1	28692	204	14	52	23	13473	60276	360	25	41	35	1467	123	79
33 Groenendael 3	18827	257	7	76	15	21249	2090	395	13	26	92	1653	18	30
34 Groenendael 4	32100	306	10	85	14	19794	5252	348	16	15	85	3550	48	38

LD: limite de détection

Tableau 12: teneurs en métaux dans les sédiments (ppm de poids sec)

stations	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	Si	Ti	V	Zn
35 Linkebeek 1.1	42681	345	10	95	14	33043	7817	584	23	26	70	4052	61	56
40 Linkebeek 1.2	34311	333	9	65	12	23567	5295	442	18	21	79	3957	43	44
41 Linkebeek 2.1	26990	274	7	61	15	10219	3775	245	17	20	93	3531	29	39
43 Linkebeek 2.2	11913	186	6	41	18	6254	1602	240	14	21	89	1266	22	48
44 Linkebeek 2.4	16800	230	6	39	15	9272	2703	349	13	15	83	1654	24	51
45 Linkebeek 2.5	11499	183	6	45	12	6258	1394	223	9	6	99	1499	8	15
46 Linkebeek 2.6	29870	298	7	64	14	13702	5771	617	17	14	84	3534	40	40
62 Rouge Cloître RC1	38175	372	10	69	18	15309	5394	293	23	73	79	4427	50	49
63 3 Fontaines	40567	365	11	82	16	20579	6702	462	22	30	77	4618	51	53
64 Rouge Cloître JM 1	23853	232	13	64	46	21142	6560	380	26	204	52	1597	61	238
78 Fleurus	11427	7902	5	81	71	8751	7128	567	20	9	46	37530	18	42
102 Gonrieux	56751	361	17	69	18	26058	10548	475	40	30	55	3892	83	113

**Tableau 13: stations expérimentales: teneurs en métaux dans les sédiments
(ppm de poids sec)**

métaux	station 1	station 3	station 7	station 10	station 11	station 12
	Plomb.	Fleurus	RC1	JM1	3 Font.	Linkebeek
Ba	330	7902	372	232	365	274
Co	12	5	10	13	11	7
Cr	81	81	69	64	82	61
Cu	80	71	18	46	16	15
Fe	23947	8751	15309	21142	20579	10219
Mg	5931	7128	5394	6560	6702	3775
Mn	421	567	293	380	462	245
Ni	96	20	23	26	22	17
Pb	1887	9	73	204	30	20
Si*	72	46	79	52	77	93
V	61	18	50	61	51	29
Zn	10560	42	49	238	53	39

*: teneurs exprimées en %

Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

échantillon	espèce	stations	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
EPG 3.2**	Efl	Eau Blanche Boussu	9507	43	3,0	6,0	6,0	5561	555	6,0	8,0	40,0	83,0
EPG 4.1	Efl	Eau Blanche Boussu	4579	21	1,0	2,0	4,0	3154	328	3,0	5,0	19,0	69,0
EPG 4.2**	Efl	Eau Blanche Boussu	5575	30	2,0	3,0	5,0	3875	592	5,0	6,0	24,0	76,0
EPG 4.3* SQ	Efl	Eau Blanche Boussu	NA	70	2,6	15,1	17,6	NA	273	11,9	14,8	NA	44,3
EPG 6.1	Sf	Virelles	5201	24	1,0	2,0	6,0	3264	515	3,0	2,0	18,0	48,0
EPG 8.1a	Sf	Virelles	4898	22	1,0	2,0	8,0	2675	430	3,0	3,0	17,0	54,0
EPG 8.1b	Sf	Virelles	6550	32	1,0	3,0	9,0	3616	688	4,0	3,0	23,0	53,0
EPG 9.1a	Sf	Virelles	5404	29	1,0	2,0	12,0	2866	473	3,0	3,0	21,0	61,0
EPG 9.1b	Sf	Virelles	5733	34	1,0	2,0	8,0	3206	758	4,0	2,0	21,0	55,0
EPG 11*	Ef	Gonrieux	NA	52	2,4	18,6	17,5	NA	597	9,5	10,8	NA	53,5
EPG 12.1*	Efl	Harchies B	NA	125	2,8	11,7	13,7	NA	4047	9,7	9,4	NA	36,4
EPG 12.2**	Efl	Harchies B	23288	583	6,0	16,0	3,0	12129	16017	26,0	12,0	96,0	43,0
EPG 13.1*	E fl	Pommeroeul (péniche)	NA	325	11,3	20,2	7,7	NA	30294	16,5	24,4	NA	38,5
EPG 13.2**	Efl	Pommeroeul (péniche)	5826	4486	20,0	39,0	5,0	38714	161053	67,0	58,0	32,0	162,0
EPG 15*	Efl	Hensies	NA	187	3,2	9,5	19,2	NA	8613	8,9	9,9	NA	35,8
EPG 16.1	Efl	St Denis (chenal)	NA	61	1,8	5,3	9,2	NA	593	8,6	9,9	NA	34,0
EPG 17	Sf	St Denis (étang 1)	4252	39	2,0	3,0	5,0	5964	287	4,0	9,0	22,0	50,0
EPG 18*	Efl	St Denis (étang 2)	NA	96	2,2	8,5	10,4	NA	2567	10,2	10,0	NA	28,1

Ef: *E. fragilis*; Efl: *E. fluviatilis*; Em: *E. muelleri*; Sf: *S. lacustris*

*: par ICPMS; **: non nettoyé; NA: non analysé; SQ: squette.

Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

échantillon	espèce	station	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
EPG 19.1	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 5	1885	24	1,0	2,0	3,0	1603	411	6,0	7,0	11,0	56,0
EPG 19.2**	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 5	3922	57	2,0	4,0	2,0	2781	612	10,0	9,0	17,0	68,0
EPG 20.1	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 7	1467	20	1,0	1,0	3,0	1358	414	4,0	4,0	9,0	73,0
EPG 20.2**	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 7	2962	37	1,0	2,0	2,0	2043	634	7,0	6,0	15,0	73,0
EPG 20.3* SQ	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 7	NA	69	2,7	4,9	3,6	NA	489	12,8	8,1	NA	43,6
EPG 24	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 9-10	2944	97	3,0	3,0	0,0	7459	1163	10,0	5,0	18,0	57,0
EPG 26*	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 9-10	NA	111	5,4	5,5	5,8	NA	1701	15,1	8,9	NA	48,5
EPG 27.1	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 11	2350	51	2,0	2,0	3,0	2666	1364	8,0	6,0	16,0	100,0
EPG 33	<i>Sl</i>	Ath-Blaton 13	5996	97	4,0	4,0	3,0	3892	1318	10,0	6,0	35,0	124,0
EPG 34.1	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 13	4788	60	2,0	3,0	2,0	3865	617	5,0	5,0	24,0	98,0
EPG 34.4**	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 13	6409	82	2,0	4,0	1,0	4100	781	7,0	10,0	30,0	107,0
EPG 37.2**	<i>Sl</i>	Ath-Blaton 14	19919	158	5,0	14,0	6,0	10468	1013	18,0	12,0	95,0	152,0
EPG 37.4**	<i>Sl</i>	Ath-Blaton 14	12585	117	4,0	8,0	7,0	8150	954	11,0	10,0	61,0	130,0
EPG 38.1	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 14	10991	105	4,0	8,0	4,0	6837	1354	11,0	11,0	64,0	92,0
EPG 38.3**	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 14	37633	447	13,0	26,0	11,0	21173	5081	32,0	23,0	189,0	192,0
EPG 40	<i>Efl+Th</i>	Ath-Blaton 15	24935	168	8,0	17,0	15,0	15050	1363	25,0	19,0	123,0	128,0
EPG 42.1	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 15	12579	86	3,0	8,0	6,0	7014	885	9,0	15,0	64,0	68,0
EPG 42.2**	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 15	32492	253	11,0	25,0	13,0	18494	3015	25,0	57,0	173,0	119,0
EPG 42.3**	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 15	50023	459	13,0	38,0	21,0	25114	2516	31,0	109,0	271,0	160,0

Ef: E. fragilis; Efl: E. fluviatilis; Em: E. muelleri; Sl: S. lacustris

*: par ICPMS; **: non nettoyé; NA: non analysé; SQ: squelette.

Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

échantillon	espèce	station	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
EPG 44*	<i>Efl</i>	Ath-Blaton 17	NA	81	3,8	7,4	10,8	NA	1644	9,6	10,9	NA	52,7
EPG 45.1	<i>Em</i>	Ath-Blaton 17	1731	44	2,0	1,0	3,0	2061	828	5,0	5,0	11,0	49,0
EPG 50.1	<i>Efl</i>	Pommeroeul 1	560	28	1,0	1,0	4,0	466	1910	5,0	5,0	6,0	75,0
EPG 50.2	<i>Efl</i>	Pommeroeul 1	839	38	1,0	1,0	4,0	601	2234	5,0	5,0	6,0	87,0
EPG 50.3**	<i>Efl</i>	Pommeroeul 1	1061	65	1,0	2,0	4,0	757	4022	11,0	7,0	8,0	85,0
EPG 50.4*	<i>Ef</i>	Pommeroeul 1	NA	105	3,1	3,4	7,9	NA	6628	12,6	11,9	NA	60,2
EPG 51.1	<i>Efl</i>	Pommeroeul 2	463	108	1,0	1,0	4,0	410	6805	17,0	3,0	5,0	76,0
EPG 51.2**	<i>Efl</i>	Pommeroeul 2	1162	235	2,0	2,0	2,0	566	13442	23,0	7,0	6,0	74,0
EPG 52.1*	<i>Efl</i>	Pommeroeul 3	NA	141	2,2	2,3	8,7	NA	6309	14,0	10,1	NA	50,0
EPG 55.1	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 1	32793	194	27,0	42,0	63,0	16645	3315	61,0	140,0	113,0	920,0
EPG 55.2**	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 1	34835	220	28,0	47,0	65,0	22856	3143	62,0	140,0	128,0	905,0
EPG 55.3**	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 1	33605	181	27,0	42,0	63,0	16010	3122	62,0	134,0	110,0	868,0
EPG 55.5	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 1	35727	183	28,0	41,0	57,0	16593	3075	65,0	135,0	110,0	883,0
EPG 56.1	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 2	26503	153	17,0	33,0	57,0	12326	1996	49,0	117,0	91,0	747,0
EPG 56.2	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 2	42212	213	26,0	48,0	71,0	17878	3019	68,0	181,0	132,0	934,0
EPG 56.3	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 2	46284	243	26,0	57,0	80,0	20428	2845	68,0	193,0	151,0	1021,0
EPG 56.3	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 2	50045	277	28,0	64,0	88,0	23156	2745	70,0	208,0	174,0	1119,0
EPG 57.1	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3A	47059	258	33,0	57,0	87,0	21145	3905	86,0	204,0	162,0	1087,0
EPG 57.2	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3A	47486	264	36,0	60,0	94,0	21754	3909	93,0	216,0	171,0	1121,0

Ef: *E. fragilis*; *Efl*: *E. fluviatilis*; *Em*: *E. muelleri*; *Sl*: *S. lacustris*

*: par ICPMS; **: non nettoyé; NA: non analysé.

Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

échantillon	espèce	station	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
EPG 58b	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3B	52130	272	34,0	64,0	86,0	23109	3822	87,0	194,0	176,0	1082,0
EPG 59.1	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3B	47601	252	31,0	59,0	78,0	20813	3657	80,0	181,0	152,0	1055,0
EPG 59.2**	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3B	48108	256	30,0	60,0	87,0	20968	3476	82,0	187,0	160,0	1067,0
EPG 59.3**	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3B	54278	306	32,0	70,0	94,0	24372	3689	92,0	208,0	190,0	1174,0
EPG 59b.1	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3B	38921	228	27,0	50,0	70,0	18720	3371	69,0	160,0	135,0	990,0
EPG 59b2**	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3B	45090	256	33,0	62,0	85,0	22614	3655	86,0	187,0	162,0	1106,0
EPG 59b3	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 3B	41505	215	26,0	50,0	70,0	18099	3133	71,0	157,0	131,0	938,0
EPG 60	<i>Em+Th</i>	Bocholt-Herentals 4	42415	305	28,0	60,0	87,0	23888	3715	83,0	196,0	155,0	1106,0
EPG 60b	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 4	51436	282	39,0	58,0	84,0	23043	3964	89,0	191,0	165,0	1015,0
EPG 61.2	<i>S</i>	Bocholt-Herentals 5	16922	157	24,0	29,0	62,0	18658	3008	58,0	115,0	74,0	689,0
EPG 62	<i>Em</i>	Bocholt-Herentals 6	29595	89	13,0	19,0	94,0	8713	1601	39,0	54,0	59,0	377,0
EPG 65	<i>S</i>	Bocholt-Herentals 9	18366	60	12,0	13,0	142,0	6009	1459	29,0	47,0	47,0	253,0
EPG 67.1	<i>Efl</i>	Bossuit- Kortrijk	1029	15	1,0	4,0	6,0	1148	695	3,0	6,0	10,0	103,0
EPG 67.2**	<i>Efl</i>	Bossuit- Kortrijk	2154	79	3,0	11,0	7,0	2597	3331	16,0	12,0	17,0	111,0
EPG 69.2	<i>S</i>	Schoten St Job	25106	97	14,0	22,0	111,0	10500	1098	45,0	92,0	96,0	390,0
EPG 71.1	<i>S</i>	Schoten St Job	22587	90	16,0	21,0	101,0	10029	1377	45,0	91,0	89,0	386,0
EPG 72.1	<i>S</i>	Schoten 8	7658	35	4,0	8,0	53,0	4480	308	11,0	38,0	36,0	195,0
EPG 72.2	<i>S</i>	Schoten 8	15541	69	8,0	17,0	62,0	7975	563	23,0	62,0	69,0	262,0
EPG 72.3	<i>S</i>	Schoten 8	14597	63	7,0	15,0	64,0	7425	522	20,0	61,0	65,0	253,0

Ef: *E. fragilis*; *Efl*: *E. fluviatilis*; *Em*: *E. muelleri*; *St*: *S. lacustris*

** : non nettoyé.

Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

échantillon	espèce	station	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
EPG 73.4* SQ	Sf	Schoten 8	NA	135	12,5	53,6	93,5	NA	626	33,9	156,2	NA	212,8
EPG 76a2**	Sf	Schoten 9	21016	90	7,0	28,0	68,0	9009	604	25,0	74,0	87,0	292,0
EPG 76c2**	Sf	Schoten 9	27526	114	11,0	61,0	90,0	11304	929	38,0	112,0	107,0	380,0
EPG 77.2**	Sf	Schoten 10	14639	71	4,0	14,0	64,0	6147	446	19,0	57,0	62,0	247,0
EPG 79	Sf	Linkebeek 1.2	852	30	1,0	1,0	15,0	2086	383	LD	1,0	7,0	57,0
EPG 81a	Ef	Linkebeek 1.2	4243	59	1,0	2,0	14,0	3594	1515	6,0	6,0	45,0	48,0
EPG 81b	Ef	Linkebeek 1.2	9931	24	3,0	7,0	16,0	7507	572	1,0	3,0	19,0	44,0
EPG 81.1**	Ef	Linkebeek 1.2	12481	74	2,0	7,0	5,0	6985	1434	7,0	5,0	50,0	34,0
EPG 81.2*	Ef	Linkebeek 1.2	NA	38	1,9	6,0	21,1	NA	791	7,4	4,9	NA	36,3
EPG 81.2	Ef	Linkebeek 1.2	5283	25	1,0	3,0	17,0	3960	667	3,0	5,0	21,0	49,0
EPG 83	Sf	Linkebeek entrée	29606	69	8,0	20,0	35,0	18311	1147	11,0	9,0	59,0	75,0
EPG 84* gm	Sf	Linkebeek entrée	NA	24	2,0	3,4	47,5	NA	521	10,5	7,9	NA	316,8
EPG 85.1	Sf	Linkebeek 2.1	1494	14	1,0	1,0	12,0	2757	393	0,0	3,0	10,0	54,0
EPG 85.2	Sf	Linkebeek 2.1	2155	14	1,0	2,0	20,0	2596	478	0,0	3,0	12,0	68,0
EPG 85.4* SQ	Sf	Linkebeek 2.1	NA	14	0,6	3,1	10,4	NA	271	8,1	2,2	NA	21,9
EPG 86*	Ef	Linkebeek 2.1	NA	45	1,9	7,5	79,5	NA	1406	9,0	7,0	NA	49,2
EPG 87*	Ef	Linkebeek 2.1	NA	20	0,9	3,7	79,5	NA	360	4,9	3,0	NA	42,5
EPG 85.3 SQ	Sf	Linkebeek 2.1	1865	9	1,0	2,0	6,0	1306	201	4,0	2,0	9,0	24,0
EPG 89	Sf	Linkebeek 2.2	2648	28	0,0	3,0	6,0	2759	1268	2,0	4,0	13,0	50,0

Ef: *E. fragilis*; EfI: *E. fluviatilis*; Em: *E. muelleri*; Sl: *S. lacustris*

*: par ICPMS; **: non nettoyé; gm: gemmules isolées; LD: limite de détection; NA: non analysé; SQ: squelette.

Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

échantillon	espèce	station	Al	Ba	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
EPG 93*	Ef	Linkebeek 2.4	NA	34	1,4	6,7	43,7	NA	712	5,9	6,4	NA	40,5
EPG 95.1	Sl	Linkebeek 2.5	1132	10	1,0	1,0	6,0	3678	478	0,0	4,0	7,0	45,0
EPG 95.2**	Sl	Linkebeek 2.5	1409	12	2,0	1,0	10,0	7405	699	0,0	24,0	8,0	62,0
EPG 97*	Efl	Linkebeek 2.6	NA	31	1,2	5,2	4,1	NA	850	2,8	8,0	NA	32,9
EPG 98	Sl	Linkebeek 2.6	3157	27	2,0	2,0	10,0	4628	624	2,0	7,0	16,0	52,0
EPG 98.3* SQ	Sl	Linkebeek 2.6	NA	66	3,6	11,3	17,8	NA	1912	11,0	15,1	NA	44,2
EPG 99	Ef	Groenendael 1	4475	55	2,0	4,0	11,0	5420	2508	5,0	8,0	24,0	58,0
EPG 101	Ef	Groenendael 1	3998	77	4,0	3,0	9,0	5292	2413	6,0	8,0	23,0	50,0
EPG 104*	Ef	Groenendael 3	NA	52	2,2	8,4	25,6	NA	2742	7,2	20,8	NA	20,8
EPG 106		Antwerpen	1554	38	2,0	3,0	LD	5508	1346	3,0	4,0	13,0	26,0
EPG 109	Em	°Fleurus	7173	9153	2,0	4,0	43,0	5876	164	3,0	10,0	LD	54,0
EPG 110*	Sl	°Fleurus	NA	1951	1,8	19,6	35,4	NA	173	10,52	32,7	NA	33,3
EPG 112*	Sl	°Plombières	NA	197	14,7	39,8	75,0	NA	1947	57,53	1403,0	NA	8416,4
EPG 113*	Efl	°Canal Nimy-Blaton M1	NA	217	6,1	32,8	13,7	NA	14534	16,32	19,4	NA	109,5
EPG 114*	Em	°Rouge-Cloître RC1	NA	39	1,1	4,3	33,3	NA	401	4,7	16,0	NA	42,3
EPG 115*	Sl	°Rouge-Cloître RC1	NA	32	1,3	4,3	27,0	NA	474	4,8	14,7	NA	43,1
EPG 116*	Em	°Rouge-Cloître RC2	NA	82	0,8	3,0	159,8	NA	655	4,2	8,7	NA	35,5
EPG 117*	Sl	°Rouge-Cloître RC2	NA	84	1,0	3,3	12,9	NA	652	5,4	9,7	NA	41,5

Ef: *E. fragilis*; Efl: *E. fluviatilis*; Em: *E. muelleri*; Sl: *S. lacustris*

*: par ICPMS; **: non nettoyé; ° expérimentation in situ; LD: limite de détection; NA: non analysé; SQ: squelette.

Tableau 14: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

échantillon	espèce	station	Al	Ba	Cc	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Ti	Zn
EPG 118*	<i>Em</i>	°3 Fontaines	NA	44	0,5	1,6	11,0	NA	173	2,8	4,2	NA	39,9
EPG 119*	<i>S</i>	°3 Fontaines	NA	115	1,2	4,1	11,8	NA	3218	4,9	7,1	NA	31,7
EPG 120*	<i>Efl</i>	°3 Fontaines	NA	115	1,1	1,5	9,5	NA	4589	4,0	3,4	NA	29,4
EPG 121*	<i>Ef</i>	°3 Fontaines	NA	102	1,0	3,3	16,1	NA	2083	56,8	8,8	NA	34,0
EPG 122*	<i>Em</i>	°Linkebeek 2.2	NA	72	3,5	8,1	30,7	NA	4894	10,4	30,7	NA	61,6
EPG 124*	<i>Efl</i>	°Linkebeek 2.2	NA	117	4,7	12,9	15,6	NA	6648	12,9	15,6	NA	61,8
EPG 132*	<i>Efl</i>	Rouge-Cloître JM2	NA	68	5,3	3,5	6,6	NA	1185	7,2	16,5	NA	30,0
EPG 137	<i>S</i>	Virelles (rivière)	25123	299	29,0	83,0	34,0	10%	5079	20,0	14,0	182,0	103,0
EPG 145.1*	<i>Efl</i>	Grotte du Bobon	NA	97	1,8	6,3	8,1	NA	1460	8,4	30,4	NA	37,4
EPG 145.2* gm	<i>Efl</i>	Grotte du Bobon	NA	46	2,3	12,8	21,9	NA	87	12,3	7,8	NA	28,9
BRYO4	<i>Pf</i>	Pommeroeul (péniche)	6970	459	6,0	27,0	6,0	4128	22234	19,0	16,0	37,0	85,0
BRYO6	<i>Pf</i>	St Denis (étang 1)	26690	169	5,0	22,0	5,0	12125	973	17,0	17,0	193,0	56,0
BRYO 10A	<i>Pf</i>	Ath-Blaton 14	18210	191	6,0	14,0	5,0	11097	1367	24,0	12,0	112,0	159,0

Ef: *E. fragilis*; *Efl*: *E. fluviatilis*; *Em*: *E. muelleri*; *Sl*: *S. lacustris*; *Pf*: *Plumatella fungosa*

*: par ICPMS; ° expérimentation in situ; gm: gemmules isolées; NA: non analysé.

Tableau 15: stations expérimentales: teneurs en métaux dans les éponges (ppm de poids sec)

stations	station 1		station 3		station 5		station 7		station 8		station 11			station 12		
	Plombières		Fleurus		M1		RC1		RC2		3 Fontaines			Linkebeek		
espèces	Sl	Em	Sl	Em	Efl	Sl	Em	Sl	Em	Sl	Em	Sl	Em	Efl	Em	Efl
Ba	197,0	1951,0	9153,0		217,0	32,0	39,0	84,0	82,4	115,0	44,0	115,3	72,0	117,0		
Cd	203,2	1,6	NA		1,5	1,2	1,2	1,0	0,8	0,5	0,5	0,6	2,8	3,6		
Co	14,7	1,8	2,0		6,1	1,3	1,1	1,0	0,8	1,2	0,5	1,1	3,5	4,7		
Cr	39,8	19,6	4,0		32,8	4,3	4,3	3,3	3,0	3,2	1,6	1,5	8,1	12,9		
Cu	75,0	35,4	43,0		13,7	27,0	33,3	12,9	159,8	11,8	11,0	9,5	30,7	15,6		
Mg	3452,0	1642,0	NA		1594,0	1084,0	1097,0	1133,0	1154,0	1274,0	1164,0	4589,0	1095,0	1540,0		
Mn	1947,0	173,0	164,0		14534,0	474,0	401,0	652,0	555,0	3218,0	173,0	1069,0	4894,0	6648,0		
Ni	57,5	10,5	3,0		16,3	4,8	4,7	5,4	4,2	4,9	2,8	4,0	10,4	12,9		
Pb	1403,0	32,7	10,0		19,4	14,7	16,0	9,7	8,7	7,1	4,2	3,4	9,6	14,2		
V	55,0	34,3	NA		16,7	4,2	4,2	3,1	2,9	4,1	1,3	1,9	11,7	19,0		
Zn	8416,4	33,3	54,0		109,5	43,1	42,3	41,5	33,5	31,7	38,9	29,4	61,6	61,7		

NA: non analysé

Efl: *E. fluviatilis*; Em: *E. muelleri*; Sl: *S. lacustris*

Tableau 16: stations expérimentales: teneurs moyennes en métaux dans l'eau (ppb) et les éponges (ppm)

stations	station 1		station 3		station 5		station 7		station 8		station 11		station 12	
	Plombières		Fleurus		M1		RC1		RC2		3 Fontaines		Linkebeek	
	eau	éponges	eau	éponges	eau	éponges	eau	éponges	eau	éponges	eau	éponges	eau	éponges
Ba	21,17	197,0	136,00	5552,0	20,58	217,0	29,47	35,5	34,00	83,0	49,56	91,3	30,23	94,5
Cd	6,75	203,2	0,19	1,6	0,05	1,5	0,05	1,2	0,11	0,9	0,05	0,5	0,05	3,2
Co	1,40	14,7	0,83	1,9	2,32	6,1	0,33	1,2	0,50	0,9	0,34	1,4	0,36	4,1
Cr	1,52	39,8	2,83	11,8	26,95	32,8	1,30	4,3	1,40	3,1	1,32	1,5	1,44	10,5
Cu	7,23	75,0	3,34	39,2	3,53	13,7	1,31	30,2	0,99	86,4	1,27	10,8	1,02	23,1
Mg	13,00	3452,0	12,00	1642,0	14,00	1594,0	13,00	1090,0	12,00	1144,0	16,00	1169,0	16,00	1318,0
Mn	226,00	1947,0	83,00	1685,0	1744,00	14534,0	32,00	437,5	48,00	604,0	414,00	2660,0	16,00	5771,0
Ni	22,47	57,5	5,22	6,8	7,72	16,3	2,40	4,8	2,54	4,8	6,32	3,9	2,40	11,7
Pb	107,30	1403,0	4,10	21,4	1,37	19,4	1,32	15,4	0,78	9,2	0,79	4,9	0,26	11,9
V	3,84	55,0	4,64	34,3	3,43	16,7	1,50	4,2	2,01	3,0	0,93	2,4	1,56	15,3
Zn	988,64	8416,4	3,34	43,7	11,00	109,5	1,30	42,7	4,89	37,5	1,27	33,3	4,00	61,6