

**Record Number:**

**Author, Monographic:** Tessier, A.//Auclair, J. C.//Campbell, P. G. C.//Ardisson, P. L.//Huizenga, D.//Schenck, R.//Legrand, C.

**Author Role:**

**Title, Monographic:** Étude de la biodisponibilité de métaux traces particulières pour des pélécytopodes

**Translated Title:**

**Reprint Status:**

**Edition:**

**Author, Subsidiary:**

**Author Role:**

**Place of Publication:** Québec

**Publisher Name:** INRS-Eau

**Date of Publication:** 1986

**Original Publication Date:** Février 1986

**Volume Identification:**

**Extent of Work:** xiii, 190

**Packaging Method:** pages incluant un annexe

**Series Editor:**

**Series Editor Role:**

**Series Title:** INRS-Eau, Rapport de recherche

**Series Volume ID:** 202

**Location/URL:**

**ISBN:** 2-89146-200-9

**Notes:** Rapport annuel 1985-1986

**Abstract:** 30.00\$

**Call Number:** R000202

**Keywords:** rapport/ ok/ dl

ÉTUDE DE LA BIODISPONIBILITÉ DE MÉTAUX  
TRACES PARTICULAIRES POUR DES PÉLÉCYPODES

A. Tessier, J.C. Auclair, P.G.C. Campbell,  
P. Ardisson, D. Huizenga, R. Schenck et C. Legrand

INRS-Eau  
Université du Québec  
C.P. 7500  
Sainte-Foy (Québec)  
G1V 4C7

Février 1986



## TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
TABLE DES MATIÈRES .....	i
LISTE DES TABLEAUX .....	v
LISTE DES FIGURES .....	xi
1. INTRODUCTION .....	1
2. OBJECTIFS .....	9
3. MATÉRIEL ET MÉTHODES .....	13
3.1 Expériences de transfert .....	15
3.1.1 Lieu des expériences .....	15
3.1.2 Procédures expérimentales .....	15
3.1.2.1 Transfert des sédiments .....	17
3.1.2.2 Transfert des bivalves .....	22
3.1.2.3 Prélèvement des bivalves utilisés pour les expériences de transfert .....	23
3.1.2.4 Analyses effectuées sur les bivalves ...	24
3.2 Prélèvement de spécimens de bivalves <u>Anodonta grandis</u> pour déterminer l'effet de paramètres biologiques sur les teneurs en métaux des bivalves .....	24
3.3 Étude de facteurs abiotiques qui influencent l'accumulation de métaux chez les bivalves .....	24
3.3.1 Lieu des expériences .....	25
3.3.2 Procédures expérimentales .....	25
3.3.3 Mesures effectuées sur les bivalves .....	31
3.4 Analyse des métaux traces dans les sédiments .....	31

	<u>Page</u>
3.5 Mesures dans l'eau interstitielle .....	33
3.6 Analyse des métaux dans les bivalves .....	33
3.7 Mesure des paramètres allométriques .....	34
3.8 Mesure de l'association de métaux traces avec les protéines .....	34
3.9 Réactifs et verrerie .....	35
3.10 Analyse des données .....	35
3.10.1 Analyse des données allométriques pour les organismes utilisés dans les expériences de transfert .....	36
3.10.2 Analyse des données de concentration en métaux traces des organismes soumis au transfert des sédiments .....	36
3.10.3 Analyse des données de concentration en métaux traces des organismes transférés d'un milieu à l'autre .....	36
3.10.4 Analyse des données de la série supplémentaire de bivalves prélevés pour déterminer l'effet de paramètres biologiques sur leurs teneurs en métaux	38
 4. RÉSULTATS .....	 39
4.1 Paramètres allométriques des spécimens de <u>A. grandis</u> utilisés dans les expériences de transfert .....	41
4.2 Expérience de transfert de sédiments: concentrations des métaux traces dans l'eau, les sédiments et les bivalves ..	44
4.3 Expérience de transfert des bivalves: concentrations de métaux traces dans les tissus mous des spécimens de <u>A.</u> <u>grandis</u> .....	51

	<u>Page</u>
4.3.1 Variations des concentrations de métaux dans l'ensemble des tissus mous .....	62
4.3.2 Variation des concentrations de métaux dans les organes individuels .....	66
4.4 Séries supplémentaires: concentrations de métaux dans les tissus .....	70
4.5 Séries supplémentaires: relations entre le poids des organismes et la concentration ou le contenu en métaux des tissus .....	70
4.6 Mesures dans un gradient de métaux traces dans les sédiments .....	81
4.6.1 Profils de concentrations dans l'eau interstitielle .....	81
4.6.2 Répartition des métaux dans les sédiments .....	92
4.6.3 Répartition des métaux dans les bivalves .....	92
4.6.4 Mesure de l'association de métaux traces avec les protéines .....	102
5. DISCUSSION .....	109
5.1 Sources de métaux qui se retrouvent dans les organismes ..	111
5.2 Variation temporelle des concentrations de métaux dans les spécimens transférés .....	115
5.3 Variabilité intraspécifique .....	118
6. RÉSUMÉ/CONCLUSIONS .....	125
BIBLIOGRAPHIE .....	131
ANNEXE .....	141



## LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
TABLEAU 3.1 Matrice de données de l'analyse de variance à deux facteurs (temps et série) .....	37
TABLEAU 4.1 Comparaison des valeurs moyennes de l'âge et des paramètres allométriques des spécimens de <u>A. grandis</u> provenant des lacs Montbeillard et La Bruère, et utilisés dans les expériences de transfert d'organismes	43
TABLEAU 4.2 Analyse de variance des valeurs moyennes du poids total des tissus mous et de l'indice de condition des spécimens de <u>A. grandis</u> originaires du lac Montbeillard	45
TABLEAU 4.3 Analyse de variance des valeurs moyennes du poids total des tissus mous et de l'indice de condition des spécimens de <u>A. grandis</u> originaires du lac La Bruère ..	46
TABLEAU 4.4 Concentrations de Cu, de Pb et de Zn ( $10^{-6}$ M) dans l'eau interstitielle prélevée à T = 20 j aux lacs Montbeillard et La Bruère .....	47
TABLEAU 4.5 Résultats des lessivages séquentiels des sédiments, au début de l'expérience de transfert des sédiments (t = 0), rapportés sur une base de poids sec .....	48
TABLEAU 4.6 Résultats des lessivages séquentiels des sédiments à la fin de l'expérience de transfert des sédiments (t = 100 j), rapportés sur une base de poids sec .....	50

	<u>Page</u>
TABEAU 4.7 Comparaison des valeurs moyennes des concentrations en métaux traces dans des organismes en contact pendant 100 jours avec des sédiments de différente origine ....	52
TABEAU 4.8 Concentrations de métaux traces dans les branchies des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	53
TABEAU 4.9 Concentrations de métaux traces dans le manteau des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	54
TABEAU 4.10 Concentrations de métaux traces dans l'hépatopancréas des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	55
TABEAU 4.11 Concentrations de métaux traces dans la masse viscérale des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	56
TABEAU 4.12 Concentrations de métaux traces dans le muscle des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	57
TABEAU 4.13 Concentrations de métaux traces dans le pied des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	58

	<u>Page</u>
TABEAU 4.14 Concentrations de métaux traces dans les glochidia des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	59
TABEAU 4.15 Concentrations reconstituées de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn dans les spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes .....	60
TABEAU 4.16 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Cd, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement .....	63
TABEAU 4.17 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Cu, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement .....	63
TABEAU 4.18 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Fe, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement .....	64
TABEAU 4.19 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Pb, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement .....	64
TABEAU 4.20 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Zn, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement .....	65

	<u>Page</u>
TABLEAU 4.21 Répartition de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert .....	69
TABLEAU 4.22 Concentrations moyennes de métaux traces dans les organes individuels des spécimens de <u>A. grandis</u> prélevés au mois de septembre (série supplémentaire) ..	71
TABLEAU 4.23 Valeurs moyennes (et écarts types) des concentrations reconstituées de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn dans les spécimens de <u>A. grandis</u> prélevés au mois de septembre (série supplémentaire) .....	72
TABLEAU 4.24 Répartition de la quantité de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens gravides de <u>A. grandis</u> prélevés au mois de septembre (série supplémentaire) ..	73
TABLEAU 4.25 Répartition de la quantité de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens non gravides de <u>A. grandis</u> prélevés au mois de septembre (série supplémentaire) .....	74
TABLEAU 4.26 Valeurs des paramètres associés à la régression du log de la teneur et du log de la concentration de métaux traces, par rapport au log du poids de l'organisme ....	76
TABLEAU 4.27 Station CE-05 (lac Brompton): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments .....	87

	<u>Page</u>
TABLEAU 4.28 Station BE-03 (lac Beauchastel): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments .....	88
TABLEAU 4.29 Station BR-01 (lac La Bruère): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments .....	89
TABLEAU 4.30 Station BR-04 (lac La Bruère): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments .....	90
TABLEAU 4.31 Station J-01 (lac Joannès): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments .	91
TABLEAU 4.32 Répartition du cadmium dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles	93
TABLEAU 4.33 Répartition du cuivre dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles	94
TABLEAU 4.34 Répartition du nickel dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles	95
TABLEAU 4.35 Répartition du plomb dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles	96

	<u>Page</u>
TABLEAU 4.36 Répartition du zinc dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles	97
TABLEAU 4.37 Répartition du fer dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles .....	98
TABLEAU 4.38 Répartition du manganèse dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles	99
TABLEAU 4.39 Répartition de Cd, Cu, Ni, Pb et Zn dans les tissus de <u>Elliptio complanata</u> .....	100
TABLEAU 4.40 Répartition de Cd, Cu, Ni, Pb et Zn dans les tissus de <u>Anodonta grandis</u> .....	101

## LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
FIGURE 3.1 Région de l'étude .....	16
FIGURE 3.2 Schéma des expériences <u>in situ</u> impliquant des transferts de sédiments et de bivalves .....	18
FIGURE 3.3 Localisation des stations où ont été prélevés les bivalves (●) et emplacement des enclos (*) dans le lac Montbeillard, Québec .....	19
FIGURE 3.4 Localisation des stations où ont été prélevés les bivalves (●) et emplacement des enclos (*) dans le lac La Bruère, Québec .....	20
FIGURE 3.5 Lac Beauchastel - stations d'échantillonnage .....	26
FIGURE 3.6 Lac Joannès - station d'échantillonnage .....	27
FIGURE 3.7 Lac Aylmer - stations d'échantillonnage .....	28
FIGURE 3.8 Lac Memphrémagog - station d'échantillonnage .....	29
FIGURE 3.9 Lac Brompton - stations d'échantillonnage .....	30
FIGURE 4.1 Comparaison des valeurs moyennes de l'âge et des paramètres allométriques des spécimens de <u>A. grandis</u> prélevés aux lacs Montbeillard et La Bruère et soumis aux expériences de transfert .....	42

	<u>Page</u>
FIGURE 4.2 Variations des concentrations reconstituées de Cd, Pb et Zn dans des spécimens de <u>A. grandis</u> en fonction du temps .....	61
FIGURE 4.3 Variations des concentrations des métaux traces dans les branchies des spécimens de <u>A. grandis</u> en fonction du temps dans les deux lacs .....	67
FIGURE 4.4 Contribution des branchies à la teneur totale en métaux traces chez <u>A. grandis</u> en fonction du temps .....	68
FIGURE 4.5 Relation entre le log de la teneur en cuivre dans les tissus mous de <u>A. grandis</u> et le log du poids des organismes (lac La Bruère) .....	77
FIGURE 4.6 Relation entre le log de la concentration de cuivre dans les tissus mous de <u>A. grandis</u> et le log du poids des organismes (lac La Bruère) .....	78
FIGURE 4.7 Relation entre le log de la teneur en cuivre dans les tissus mous de <u>A. grandis</u> et le log du poids des organismes (lac Montbeillard) .....	79
FIGURE 4.8 Relation entre le log de la concentration de cuivre dans les tissus mous de <u>A. grandis</u> et le log du poids des organismes (lac Montbeillard) .....	80
FIGURE 4.9 Taux de croissance annuel de 58 organismes de <u>A. grandis</u> prélevés au lac Montbeillard, Québec .....	82

	<u>Page</u>
FIGURE 4.10 Taux de croissance annuel de 55 organismes de <u>A. grandis</u> prélevés au lac La Bruère, Québec .....	83
FIGURE 4.11 Profils de pH dans l'eau interstitielle et surnageante .	84
FIGURE 4.12 Profils de concentration de cuivre dans l'eau interstitielle et surnageante .....	85
FIGURE 4.13 Profils de concentration de fer dans l'eau interstitielle et surnageante .....	86
FIGURE 4.14 Courbes typiques du signal polarographique et des concentrations de cadmium, cuivre et zinc en fonction du volume d'élution .....	103
FIGURE 4.15 Relation entre le maximum du pic polarographique et la concentration de cadmium dans le volume d'élution des métallothionéines .....	105
FIGURE 4.16 Relation entre le maximum du pic polarographique et la concentration totale de cadmium dans les tissus .....	106



CHAPITRE 1

INTRODUCTION



## 1. INTRODUCTION

On constate, suite à l'industrialisation, une augmentation des flux de métaux traces, de sources terrestres et atmosphériques, vers l'environnement. Selon des processus physiques, chimiques et biologiques complexes, une proportion importante des métaux traces introduits dans l'environnement se retrouve associée aux sédiments de fond où elle constitue un danger potentiel pour les organismes benthiques.

Il n'est pas facile de déterminer la signification biologique des métaux traces présents dans les sédiments. Plusieurs organismes aquatiques sont en contact à la fois avec les métaux traces dissous et les métaux traces particulaires et peuvent, en principe, accumuler ces métaux soit directement de l'eau, soit par l'ingestion des phases solides. La détermination de la disponibilité de métaux traces particulaires présente des difficultés même au laboratoire, dû à la tendance des métaux ajoutés sous des formes particulaires à se diriger vers un équilibre solide-solution. L'accumulation à partir de l'une ou l'autre source sera influencée par des facteurs physico-chimiques. De plus, le problème de déterminer la signification biologique est compliqué davantage par le fait que les teneurs en métaux dans les organismes peuvent être influencées par des facteurs biologiques.

Si l'on veut décrire et prédire adéquatement la signification biologique de métaux traces présents dans les sédiments, on doit d'abord comprendre les processus et facteurs biotiques et abiotiques qui influencent l'accumulation des métaux traces chez les organismes benthiques.

Facteurs physico-chimiques. Des expériences de laboratoire ont montré que l'ingestion de sédiments peut être une route d'entrée importante de métaux traces dans des organismes benthiques marins, et que l'entrée dépend des formes physico-chimiques des métaux traces dans les sédiments (Jenne et Luoma, 1977; Luoma et Jenne, 1977). Des mesures in situ ont montré récemment que les concentrations de métaux traces dans les tissus de bivalves

marins sont mieux reliées à des concentrations de métaux extraits assez facilement des sédiments qu'aux concentrations totales de ces métaux dans les sédiments; la prédiction des concentrations de métaux traces dans les mollusques était aussi améliorée quand les concentrations de métaux traces extraits des sédiments étaient normalisées par rapport au contenu des sédiments en oxydes de fer ou en matière organique (p.e. Luoma et Bryan, 1978; Langston, 1980; 1982). Des résultats similaires ont été trouvés pour l'accumulation de Cu, Pb et Zn chez les bivalves d'eau douce Elliptio complanata et Anodonta grandis dans la région minière de Rouyn-Noranda, Québec (Tessier et al., 1983; 1984; 1985a). En d'autres mots, on a trouvé que les concentrations de métaux traces, M, dans les organismes, [M(organismes)], s'expriment:

$$[M(\text{organismes})] \propto \frac{\{MS(k)\}}{\{S(k)\}} \quad (1.1)$$

où {S(k)} est la concentration d'une phase k donnée dans les sédiments (p.e. oxyhydroxydes de fer; acides humiques), et {MS(k)} est la concentration de métal trace, M, associé à cette phase.

Au moins trois mécanismes peuvent expliquer de telles relations inverses entre les concentrations de métaux dans les organismes et la concentration d'un substrat dans les sédiments (Luoma et Bryan, 1978; Tessier et al., 1984):

- mécanisme I: compétition pour les sites biologiques ("uptake sites") dans le système digestif entre le métal trace d'intérêt et un deuxième métal (p.e. Fe) relargués simultanément du substrat (p.e. oxydes de fer) durant la digestion;
- mécanisme II: compétition pour un métal trace, dans le système digestif, entre des substrats qui y sont présents (p.e. oxydes de fer) et les sites biologiques ("uptake sites");

- mécanisme III: contrôle des concentrations de métaux traces dissous auxquelles sont exposés les organismes par des réactions d'adsorption dans le milieu externe.

On suppose pour les mécanismes I et II que le vecteur majeur de métaux traces pour l'accumulation implique l'ingestion de matériel particulaire, alors que pour le mécanisme III, l'accumulation implique la prise en charge de métaux traces dissous (p.e. par les branchies et le manteau).

On doit noter qu'une bonne relation entre des niveaux de métaux traces dans des espèces benthiques et des caractéristiques des sédiments (p.e. équation (1.1)) n'implique pas nécessairement que la route principale d'entrée des métaux traces est via l'ingestion de ces sédiments; tel que mentionné ci-dessus (mécanisme III), de telles relations peuvent s'expliquer par un contrôle, par des réactions d'adsorption, des concentrations de métaux traces dans la solution à laquelle les organismes sont exposés.

Des études récentes suggèrent fortement que l'adsorption par des substrats solides est en effet une réaction importante pour contrôler les concentrations de métaux traces dissous dans les sédiments oxiques (Lion et al., 1982; Tessier et al., 1985b). Mentionnons également qu'on a trouvé des niveaux élevés de métaux traces associés aux branchies et au manteau de bivalves d'eau douce; ces deux organes contribuaient à une grande proportion de la teneur totale en métaux dans ces organismes (Tessier et al., 1983; 1984; 1985a). Ils sont en contact avec de grandes quantités d'eau nécessaire pour l'alimentation et la respiration, et ont de grandes surfaces. Ces indications convergent pour suggérer que le mécanisme III est important pour expliquer l'accumulation de métaux traces par les bivalves; cependant, l'importance quantitative et l'universalité de ce mécanisme reste à démontrer.

Facteurs biotiques. En plus des facteurs physico-chimiques discutés ci-dessus ( $[M^{Z+}]$ , pH,  $\{MS(k)\}$ ,  $\{S(k)\}$ ), des facteurs biologiques sont aussi impliqués dans l'accumulation de métaux traces par des organismes benthiques.

ques; l'importance de ces facteurs doit être estimée si l'on veut espérer modéliser l'interdépendance entre les concentrations de métaux dans les organismes biologiques et celles dans les sédiments et/ou l'eau.

Les effets de l'âge, de la taille, du sexe et de l'état de maturité sexuelle sur l'accumulation de métaux traces ont été étudiés par quelques chercheurs. D'après Phillips (1977) ils sont probablement tous reliés. L'importance relative de chacun de ces facteurs pour expliquer les concentrations de métaux dans les organismes, varie en fonction de l'espèce, du métal et des conditions environnementales. Ainsi, par exemple, Bull et Leach (1981), ont observé des augmentations de concentration en métaux traces dans les tissus avec le poids et l'âge pour le Zn, le Fe et le Cd dans Anodonta anatina, Unio pictorum et Unio tumidus. Par contre, les concentrations de Cu et Hg n'étaient pas significativement corrélées à ces facteurs dans le cas de A. anatina. Strong et Luoma (1981) ont trouvé que les relations entre la taille de l'organisme et les concentrations de Cu et de Ag dans quatre populations de Macoma balthica dans la Baie de San Francisco, variaient de fortement positives à fortement négatives. Les corrélations étaient influencées par le degré d'enrichissement en métaux dans les tissus, les variations saisonnières des taux de croissance, et les différences dans les taux d'absorption de métaux en fonction de la taille des organismes.

Les variations en concentration reliées au sexe et à la saison ont été étudiées entre autres par Marina et Enzo (1983), chez le bivalve Donax trunculus. Ces auteurs ont trouvé que les femelles de cette espèce montrent des concentrations plus élevées de Mn et de Zn que les mâles. Les teneurs de ces métaux subissent des fluctuations saisonnières et deviennent plus élevées pendant la période de maturité sexuelle.

Par ailleurs, la distribution de métaux dans les tissus lors de la bioaccumulation n'est pas homogène dans l'organisme et, dans certains cas, montre un niveau élevé de spécificité parmi les différents organes. L'ordre d'accumulation décroissante dans les organes dépend des métaux et des

espèces concernés. Ainsi, par exemple, on a observé les concentrations les plus élevées de Cd et de Zn dans les branchies, le système digestif et le manteau de l'espèce Ostrea edulis (Julshamn, 1981a), de  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  et  $^{65}\text{Zn}$  dans le rein de Mercenaria mercenaria (Carmichael et al., 1980), de Hg et Cd dans les branchies et dans le rein d'Anodonta cygnea (Balogh et Salanki, 1984).

Les concentrations de métaux biodisponibles pour l'accumulation dépendent des formes chimiques de ces éléments dans le milieu aquatique; leur distribution interne dépend de leur voie d'entrée dans l'organisme. Par exemple, les mollusques bivalves, et particulièrement les organismes filtreurs, obtiennent les métaux traces non seulement à partir des formes dissoutes dans l'eau et de la nourriture, mais aussi à partir de l'ingestion de particules inorganiques en suspension (Phillips, 1977; Luoma, 1983). Les proportions exactes de la contribution de chacune de ces trois sources à la teneur totale en métaux des organismes est incertaine, et encore là, cela varie avec l'espèce et les métaux concernés. L'importance de ces phénomènes doit être évaluée.

Relativement peu d'études ont été réalisées sur le rôle des mécanismes de détoxification dans l'accumulation et l'excrétion des métaux par les organismes benthiques; de même, peu de chercheurs ont étudié le temps de réponse des teneurs en métaux dans les organismes suite à des changements dans les conditions environnementales (Marquenie et al., 1983; Julshamn, 1981b). Il s'agit là évidemment de connaissances qu'on doit acquérir si on veut espérer une certaine prédiction de l'impact de métaux traces dans les sédiments.



## CHAPITRE 2

### OBJECTIFS



## 2. OBJECTIFS

Les objectifs du projet étaient:

- i) d'identifier les facteurs physico-chimiques clé qui influencent l'accumulation de métaux traces par des organismes benthiques;
- ii) d'identifier des facteurs biologiques qui influencent l'accumulation/excrétion de métaux traces par des organismes benthiques;
- iii) d'identifier les voies d'entrée des métaux traces dans des organismes benthiques.

Les organismes biologiques choisis pour nos expériences étaient les bivalves Anodonta grandis et Elliptio complanata. Ce sont des organismes filtreurs, qu'on retrouve dans plusieurs lacs et rivières du Québec (Clarke, 1981). Leur cycle de vie relativement long (~ 15 ans), leurs habitudes sédentaires et leur capacité pour concentrer des métaux traces potentiellement toxiques sans pour autant subir de dommages apparents, en faisaient des organismes intéressants pour cette étude.



## CHAPITRE 3

### MATÉRIEL ET MÉTHODES



### 3. MATÉRIEL ET MÉTHODES

#### 3.1 Expériences de transfert

##### 3.1.1 Lieu des expériences

Les expériences de transfert ont été réalisées dans les lacs Montbeillard (48°05' N, 79°07' 0) et La Bruère (48°09' N, 78°56' 0). Ces deux lacs sont situés dans la région minière de Rouyn-Noranda, Québec, à environ 500 km au nord-ouest de Montréal (figure 3.1). Les sources de contamination en métaux dans la région proviennent des mines abandonnées, des opérations minières courantes, des résidus des procédés de raffinage et du dépôt atmosphérique des émissions de raffinage. Le lac La Bruère est influencé par des sources ponctuelles de métaux traces, alors que le lac Montbeillard est influencé uniquement par les émissions diffuses des opérations de raffinage. Tessier et al. (1982) rapportent les gammes suivantes de concentration de métaux dans les sédiments des lacs Montbeillard (stations MO-01 et MO-02: Cu, 29,1 à 40,5 µg/g; Pb, 23,7 à 29,9 µg/g; Zn, 75,9 à 84,5 µg/g) et La Bruère (stations Br-04 et Br-11: Cu, 206 à 215 µg/g; Pb, 104 à 128 µg/g; Zn, 270 à 353 µg/g). Ces concentrations confirment que le lac Montbeillard est moins contaminé par ces métaux traces que le lac La Bruère. La région a un faible relief (< 80 m); le drainage est peu développé et plusieurs endroits marécageux sont observés. Les deux lacs sont situés dans la "ceinture d'argile" de l'Abitibi. La roche mère y est couverte par du till d'origine locale et, à la surface, par des argiles lacustres déposées pendant l'existence du lac postglacial Barlow-Ojibway (Lalonde et Lasalle, 1983); ces particules fines demeurent facilement en suspension dans l'eau et y rendent la visibilité quasi nulle!

##### 3.1.2 Procédures expérimentales

Pour tenter de clarifier les routes d'entrée des métaux dans les bivalves et pour évaluer leur temps de réponse à des variations de concentrations en métaux dans l'environnement aquatique, on a procédé à des expé-

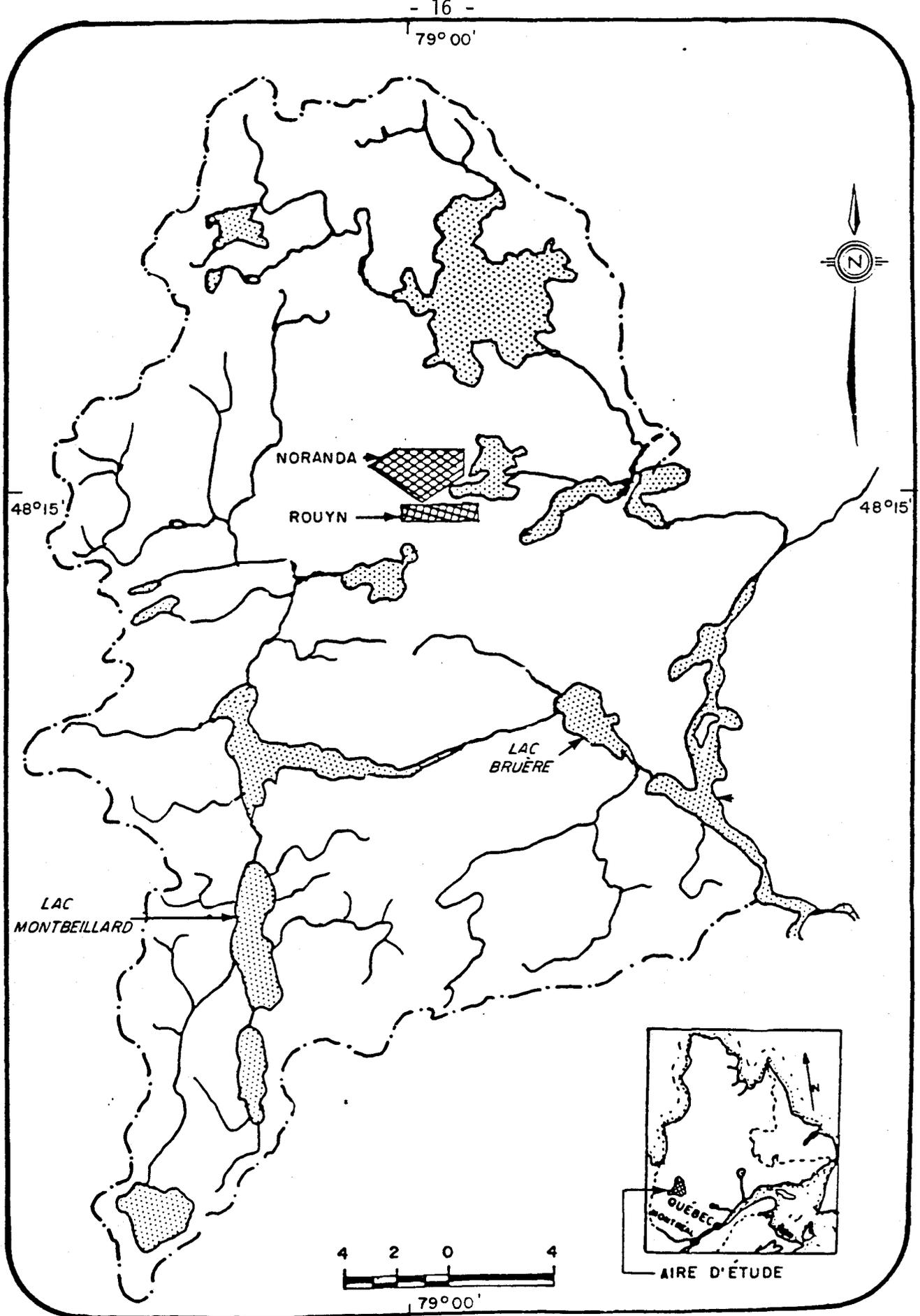


FIGURE 3.1 Région de l'étude.

riences impliquant: 1) des transferts de sédiments et 2) des transferts de bivalves Anodonta grandis (figure 3.2).

### 3.1.2.1 Transfert des sédiments

Les deux expériences suivantes, impliquant des sédiments, ont été réalisées:

- 1) 5 spécimens d'A. grandis du lac Montbeillard ont été maintenus dans deux enclos (figure 3.2; 1a et 1b) où des sédiments du lac La Bruère avaient été placés. Dans deux enclos adjacents (figure 3.2; 4c et 4d), 5 spécimens de A. grandis du lac Montbeillard étaient gardés en contact avec le sédiment du lac Montbeillard (organismes de contrôle). L'eau surnageante, dans les quatre enclos, était celle du lac Montbeillard. Tous les spécimens ont été recueillis pour être analysés après 100 jours ( $t = 100 \text{ j}$ );
- 2) 5 spécimens d'A. grandis du lac La Bruère ont été maintenus dans deux enclos (figure 3.2; 2a et 2b) où des sédiments du lac Montbeillard avaient été placés. Dans deux enclos adjacents (figure 3.2; 3c et 3d), 5 spécimens de A. grandis du lac La Bruère étaient gardés en contact avec le sédiment du lac La Bruère (organismes de contrôle). L'eau surnageante dans les quatre enclos était celle du lac La Bruère. Tous les spécimens ont été recueillis pour être analysés après 100 jours.

Les sédiments destinés au transfert ont été prélevés dans un site adjacent à l'endroit où les enclos ont été placés. La localisation des enclos contenant les sédiments de contrôle et ceux transférés est donnée pour chaque lac dans les figures 3.3 et 3.4.

Les enclos utilisés étaient des cuves en matière plastique vendues commercialement (Rubbermaid, 39,4 cm x 43,2 cm x 20,3 cm), recouvertes d'un treillis en matière plastique; plusieurs trous (4 cm  $\emptyset$ ) étaient percés dans

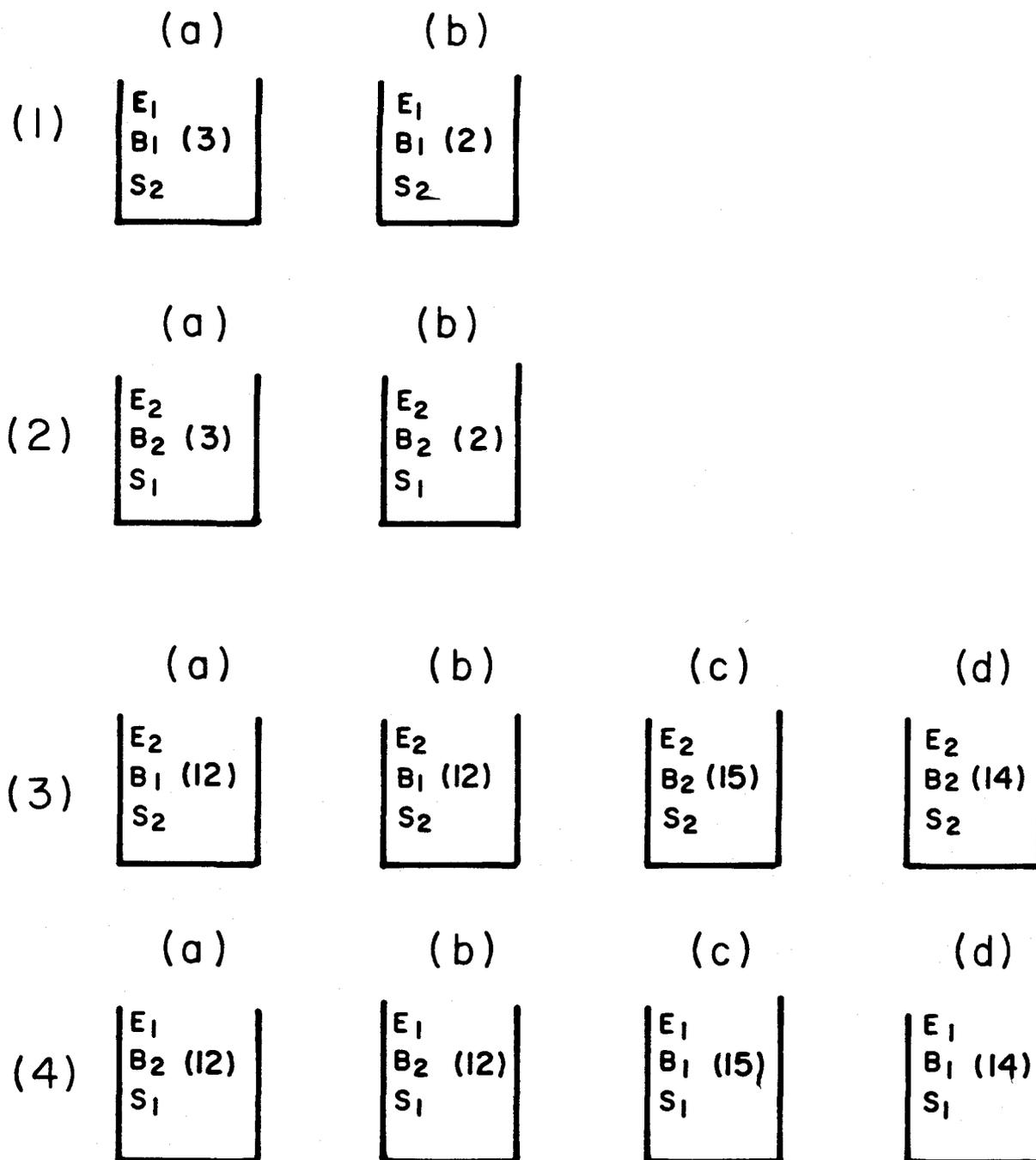


FIGURE 3.2 Schéma des expériences in situ\* impliquant des transferts de sédiments et de bivalves.

\* B = bivalves (*Anodonta grandis*; le chiffre entre parenthèses représente le nombre d'individus); E = eau; S = sédiments. Les indices 1 et 2 représentent la provenance: lac Montbeillard (1) et le lac La Bruère (2).

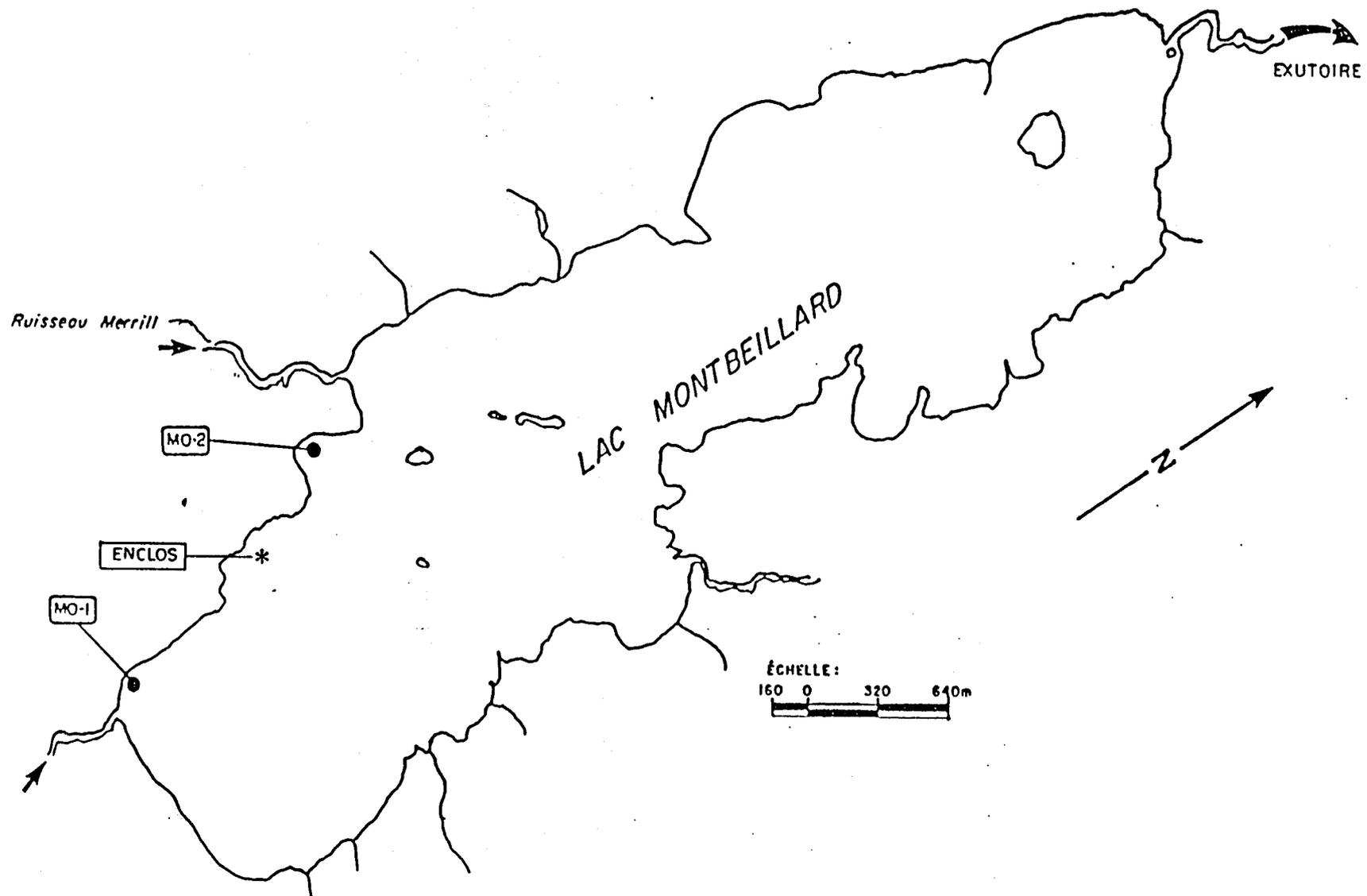


FIGURE 3.3 Localisation des stations où ont été prélevés les bivalves (●) et emplacement des enclos (\*) dans le lac Montbeillard, Québec.

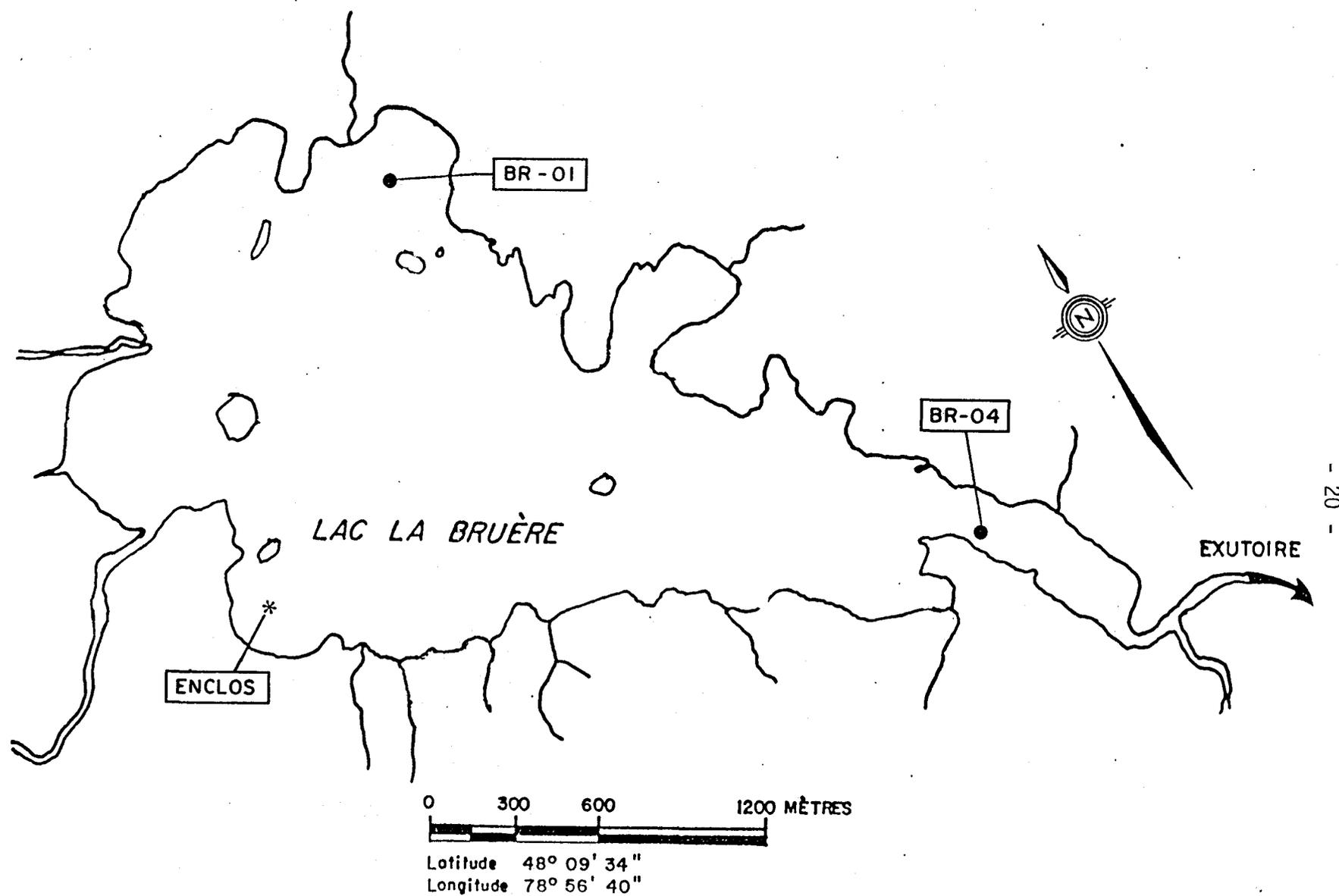


FIGURE 3.4 Localisation des stations où ont été prélevés les bivalves (●) et emplacement des enclos (\*) dans le lac la Bruère, Québec.

les parois pour permettre une bonne circulation de l'eau. Les sédiments à transférer étaient recueillis avec une benne Birge-Ekman et placés dans des enclos (~ 5 cm) avec un peu d'eau du lac pour empêcher qu'ils ne sèchent lors du transport: en faisant ces manipulations, on a cherché à préserver la structure du sédiment. Une fois transportés sur les lieux de l'expérience, les enclos contenant les sédiments étaient descendus au fond du lac par un plongeur. Pour les enclos de contrôle (figure 3.2; 3c, 3d, 4c et 4d), le fond était enlevé et les enclos étaient enfoncés d'environ 5 cm dans le sédiment. Des poids étaient attachés à tous les enclos pour les maintenir au fond. Le lendemain de l'installation des enclos, les bivalves y étaient placés pour débiter les expériences ( $t = 0$ ). Des échantillons de sédiment superficiel des lacs Montbeillard et La Bruère étaient prélevés des enclos à  $t = 0$  et  $t = 100$  jours, pour y déterminer la répartition des métaux traces à l'aide d'une méthode d'extraction séquentielle décrite ci-dessous (section 3.4).

Des échantillonneurs d'eau interstitielle (deux par site), ont également été installés à  $t = 0$  jours aux sites de l'expérience. Ces échantillonneurs ont été décrits en détail par Carignan (1984). Ils consistent en une plaque de 1,3 cm d'épaisseur, en matériel acrylique transparent, ayant deux rangées de chambres horizontales (3,3 mL; séparées d'un cm les unes des autres). Les compartiments, préalablement trempés dans l'acide nitrique dilué et rincés, ont été remplis avec de l'eau déminéralisée. Une membrane en polysulfone (Gelman HT-450; ouverture de pore de  $0,45 \mu\text{m}$ ) était alors installée pour couvrir tous les compartiments, et une plaque mince en plastique acrylique avec des trous ajustés aux ouvertures des compartiments était fixée avec des vis en nylon pour retenir la membrane et isoler chaque cellule. Avant son utilisation, chaque échantillonneur était immergé pendant au moins 48 h dans un cylindre en acrylique rempli avec de l'eau déminéralisée dégazée continuellement avec  $\text{N}_2$ , afin d'éliminer l'oxygène dissous dans l'eau renfermée dans les compartiments.

Les échantillonneurs, pris des cylindres, étaient insérés verticalement dans le sédiment par un plongeur, laissant quelques compartiments exposés

au-dessus de l'interface sédiment-eau pour échantillonner la couche d'eau superficielle en plus de l'eau interstitielle; le temps écoulé entre le retrait des échantillonneurs de leurs cylindres en plastique et leur insertion dans le sédiment était réduit au minimum (< 2 min). Les échantillonneurs étaient laissés sur place pendant 20 jours pour permettre à l'eau de s'équilibrer des deux côtés de la membrane; une fois cette période écoulée, les échantillonneurs étaient retirés du sédiment et l'eau était prélevée des compartiments pour mesurer le pH (Carignan, 1984) et les concentrations de Cd, Cu, Pb et Zn. Les échantillons d'eau interstitielle pour ces dernières mesures étaient pris des compartiments en perçant la membrane et en retirant 3,0 mL d'eau avec une pipette de 5 mL. Cette procédure était utilisée pour échantillonner les 2 premiers cm au-dessus et au-dessous de l'interface eau-sédiment; ces échantillons étaient alors injectés dans des fioles prélevées, préacidifiées (tubes Falcon: 30 µL de HNO<sub>3</sub> 2N; pH final < 2), et gardés à la température de la pièce jusqu'au moment de leur analyse.

### 3.1.2.2 Transfert des bivalves

Les deux expériences suivantes, impliquant des transferts de bivalves, ont été réalisées:

- 3) 24 spécimens de A. grandis provenant du lac Montbeillard ont été transférés dans des enclos (figure 3.2; 3a et 3b) situés dans le lac La Bruère (sédiments et eau surnageante du lac La Bruère). Dans deux enclos adjacents (figure 3.2; 3c et 3d), 29 spécimens de A. grandis du lac La Bruère étaient gardés en contact avec les sédiments et l'eau surnageante du lac La Bruère. Des spécimens ont été prélevés des enclos 3c et 3d à t = 0 jours et des quatre enclos à t = 5, 20, 50 et 100 jours, pour suivre les variations des concentrations de métaux traces dans les organismes, en fonction du temps;
- 4) 24 spécimens de A. grandis provenant du lac La Bruère ont été transférés dans des enclos (figure 3.2; 4a et 4b) situés dans le lac Montbeillard (sédiments et eau surnageante du lac

Montbeillard). Dans deux enclos adjacents (figure 3.2; 4c et 4d), 29 spécimens de A. grandis du lac Montbeillard étaient gardés en contact avec les sédiments et l'eau surnageante du lac Montbeillard. Des spécimens ont été prélevés des enclos 4c et 4d à t = 0 jours et des quatre enclos à t = 5, 20, 50 et 100 jours, pour suivre les variations des concentrations de métaux traces dans les organismes, en fonction du temps.

La localisation des enclos est représentée dans les figures 3.3 et 3.4.

Une fois sélectionnés, les organismes de contrôle étaient descendus immédiatement au fond du lac par un plongeur et introduits dans leurs enclos respectifs. Les organismes à transférer étaient mis dans des sacs en plastique contenant de l'eau du lac, placés dans une glacière à 4°C pendant le transport; rendus à destination, ils étaient introduits dans leurs enclos respectifs.

### 3.1.2.3 Prélèvement des bivalves utilisés pour les expériences de transfert

Les bivalves utilisés pour toutes les expériences de transfert ont été prélevés le 14-15 juin 1984 par un plongeur aux stations MO-01 et MO-02 dans le lac Montbeillard et à la station Br-04 dans le lac La Bruère (figures 3.3 et 3.4). Pour minimiser la variabilité des teneurs en métaux traces des organismes lors de la cueillette, on a cherché à obtenir des spécimens de dimensions semblables provenant d'une aire restreinte. Cependant, étant donné le nombre de spécimens requis, on a dû faire des compromis. Par exemple, dans le lac La Bruère, on a dû prélever les organismes à une station différente du site d'emplacement des enclos, là où les organismes étaient assez abondants; dans le cas du lac Montbeillard, on a dû combiner des spécimens prélevés à deux stations différentes. Le prélèvement a dû s'opérer sur une superficie relativement grande (1 000 m<sup>2</sup>), et malgré l'effort pour uniformiser la gamme de dimensions des organismes, on a dû utiliser des individus de 5,8 à 10 cm de longueur et de 3 à 10 ans d'âge pour le lac Montbeillard, et de 7,2 à 10,4 cm de longueur et de 3 à 16 ans d'âge pour le lac La Bruère.

#### 3.1.2.4 Analyses effectuées sur les bivalves

Les bivalves recueillis des enclos étaient mis dans des sacs en plastique contenant de l'eau du lac, placés dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire. Dès leur arrivée, les bivalves étaient mis à dépurer dans des aquaria durant la nuit. Le lendemain, ils étaient disséqués et les différents organes (branchies, manteau, hépatopancréas, masse viscérale, muscle, pied, glochidia) étaient congelés jusqu'au moment de l'analyse des teneurs en métaux traces (section 3.6); des paramètres allométriques étaient également déterminés (section 3.7).

#### 3.2 Prélèvement de spécimens de bivalves *Anodonta grandis* pour déterminer l'effet de paramètres biologiques sur les teneurs en métaux des bivalves

Dans le but d'évaluer si les variations de concentration des métaux traces étudiés reflètent des différences réelles dans les concentrations des métaux traces du milieu, ou bien si elles sont tout simplement dues aux variations dans la taille des organismes, on a prélevé deux séries supplémentaires de bivalves *Anodonta grandis* d'âges et de dimensions différents. Ces deux séries d'organismes provenaient des lacs La Bruère (figure 3.4, station BR-04; 32 organismes) et Montbeillard (figure 3.3, stations MO-01 et MO-02; 38 organismes). Ces organismes ont été prélevés les 21 et 22 septembre 1984 dans chaque lac. Les mesures effectuées sur ces bivalves étaient identiques à celles décrites à la section 3.1.2.4.

#### 3.3 Étude de facteurs abiotiques qui influencent l'accumulation de métaux chez les bivalves

Pour tenter d'identifier les facteurs physico-chimiques clé qui influencent l'accumulation de métaux chez les bivalves d'eau douce, on a prélevé, à des sites de concentration de métaux variables, des spécimens de bivalves, ainsi que des échantillons d'eau et de sédiments superficiels.

### 3.3.1 Lieu des expériences

Des sites ont été choisis dans la région de Rouyn-Noranda, dans les lacs La Bruère (stations BR-01 et BR-04; figure 3.4), Beauchastel (stations BE-03 et BE-11; figure 3.5) et Joannès (station J-01; figure 3.6). D'autres ont été choisis dans les Cantons de l'Est; ce sont les lacs Aylmer (stations A-01, A-02; figure 3.7), Memphrémagog (station CE-01; figure 3.8) et Brompton (stations CE-04 et CE-05; figure 3.9).

### 3.3.2 Procédures expérimentales

À chacune des stations, des échantillonneurs d'eau interstitielle (2 par site), préparés de la façon décrite en 3.1.2.1, étaient insérés verticalement dans les sédiments par un plongeur, en laissant quelques compartiments exposés au-dessus de l'interface sédiment-eau. Une bouée robuste, maintenue entre deux eaux par un poids d'environ 100 kg, était installée à chaque station, près des échantillonneurs, pour localiser leur emplacement. Après deux semaines d'attente, pour permettre à l'eau de s'équilibrer des deux côtés de la membrane, les échantillonneurs étaient retirés et l'eau recueillie des compartiments, tel que décrit en 3.1.2.1, pour mesurer le pH (Carignan, 1984) et les concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn et de carbone inorganique. Deux carottes de sédiments étaient également prélevées, avec des tubes de plexiglass, par le plongeur, près de chaque échantillonneur à eau interstitielle; seuls les premiers 0,5 cm (près de l'interface sédiment-eau) des sédiments étaient conservés pour l'analyse des métaux traces (voir la section 3.4). Dix spécimens de Anodonta grandis et de Elliptio complanata étaient également prélevés à chacun des sites.

On a malheureusement expérimenté des problèmes d'ordre technique dans cette partie de l'étude. En effet, malgré les efforts déployés pour éviter le vandalisme (bouée robuste, retenue à un poids d'environ 100 kg par un fil de fer; bouée placée entre deux eaux pour éviter un repérage facile), on a perdu, par vandalisme ou par simple curiosité des gens, les dialyseurs

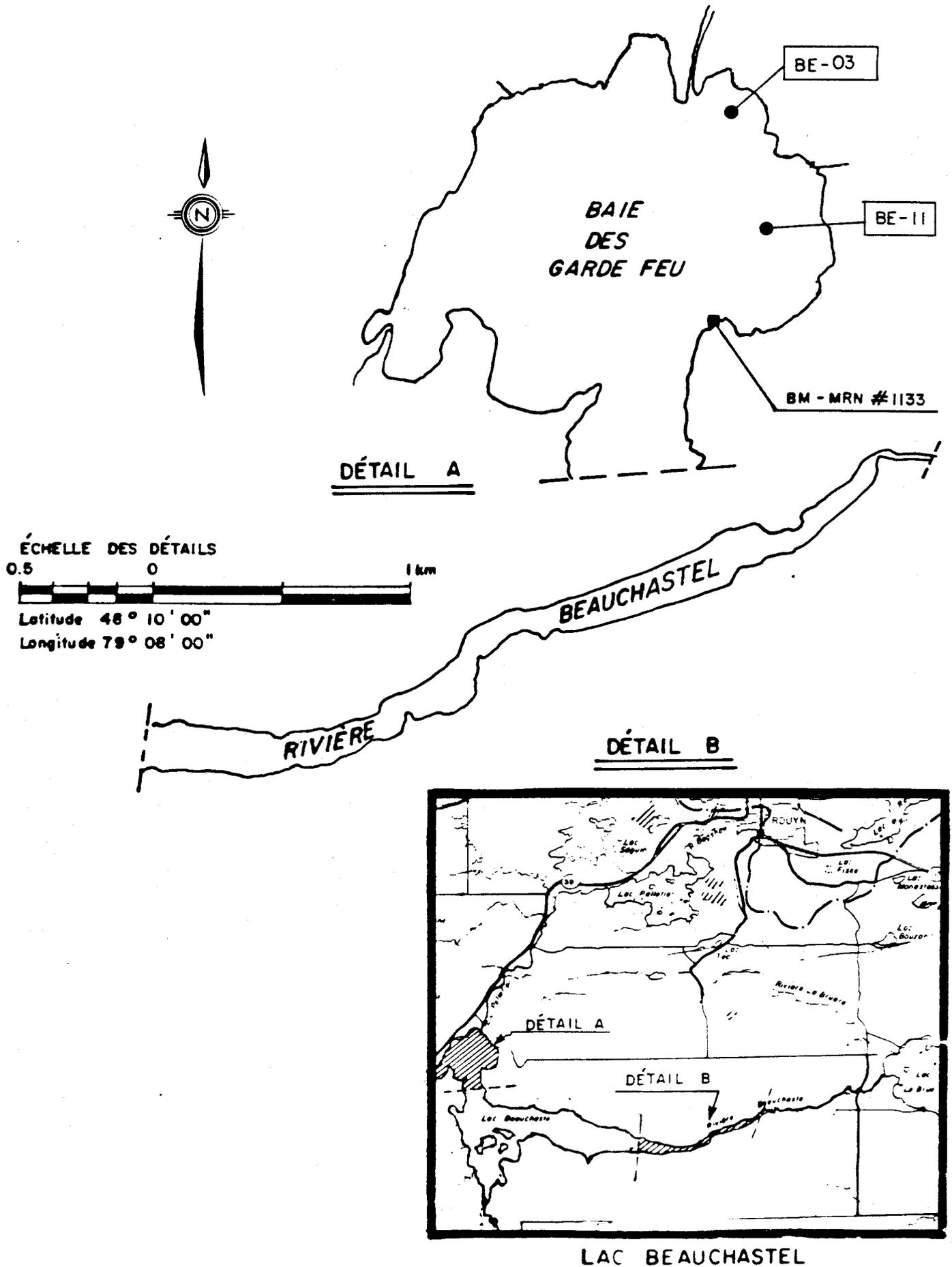


Figure 3.5 . Lac Beauchastel - stations d'échantillonnage

# LAC JOANNÈS

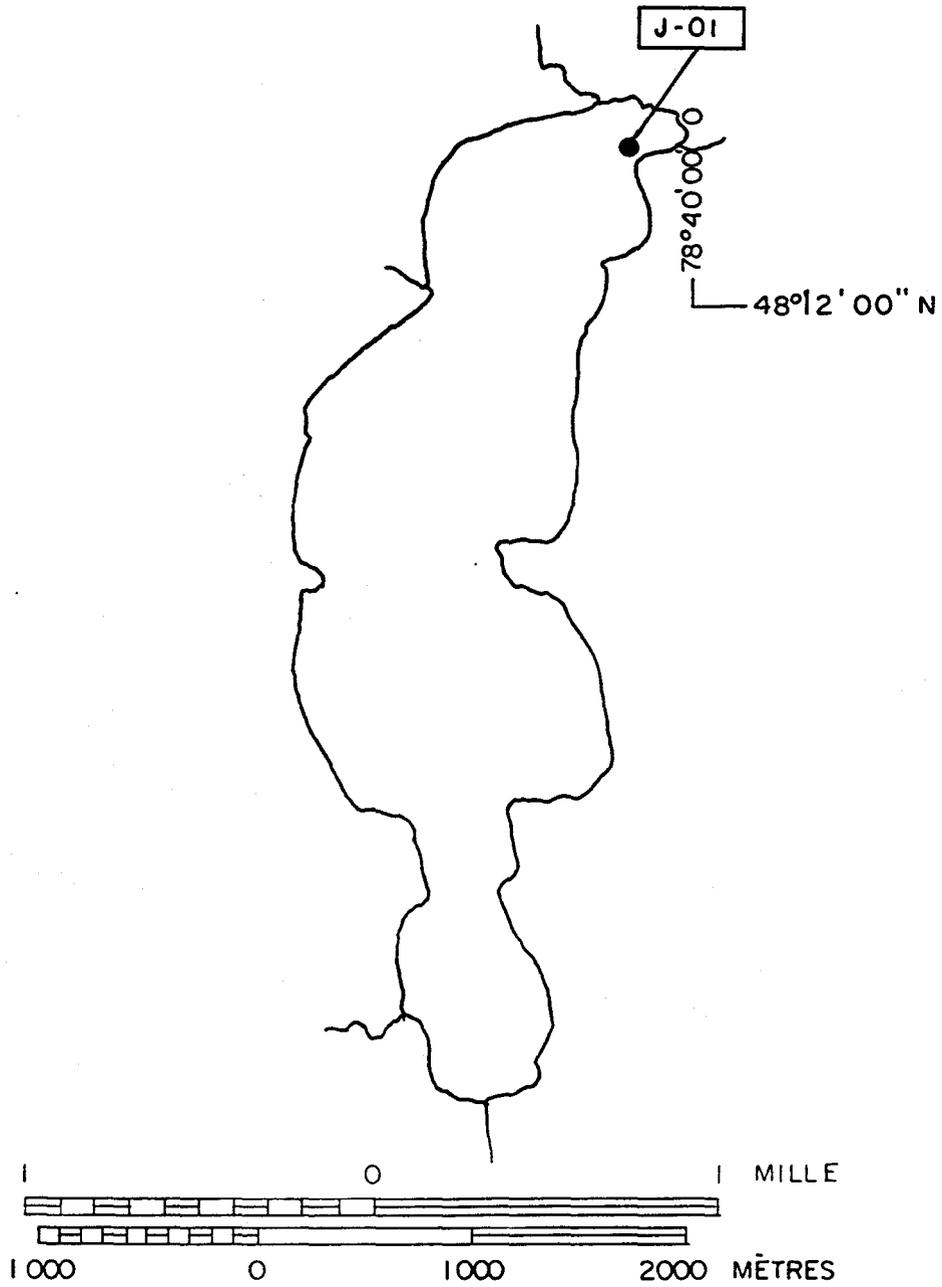


FIGURE 3.6 Lac Joannès - station d'échantillonnage.

# LAC AYLMER

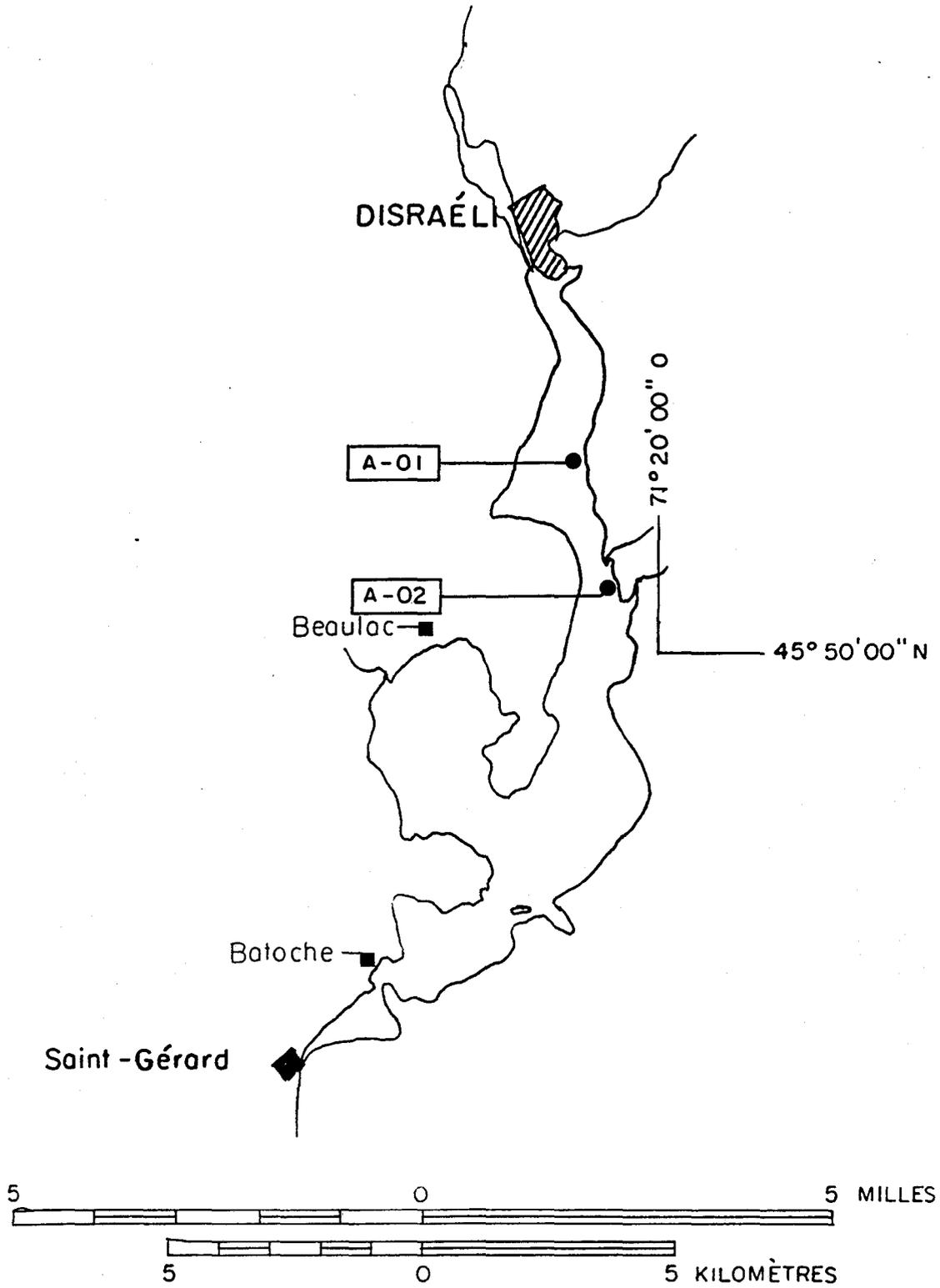


FIGURE 3.7 Lac Aylmer - stations d'échantillonnage.

# LAC MEMPHRÉMAGOG

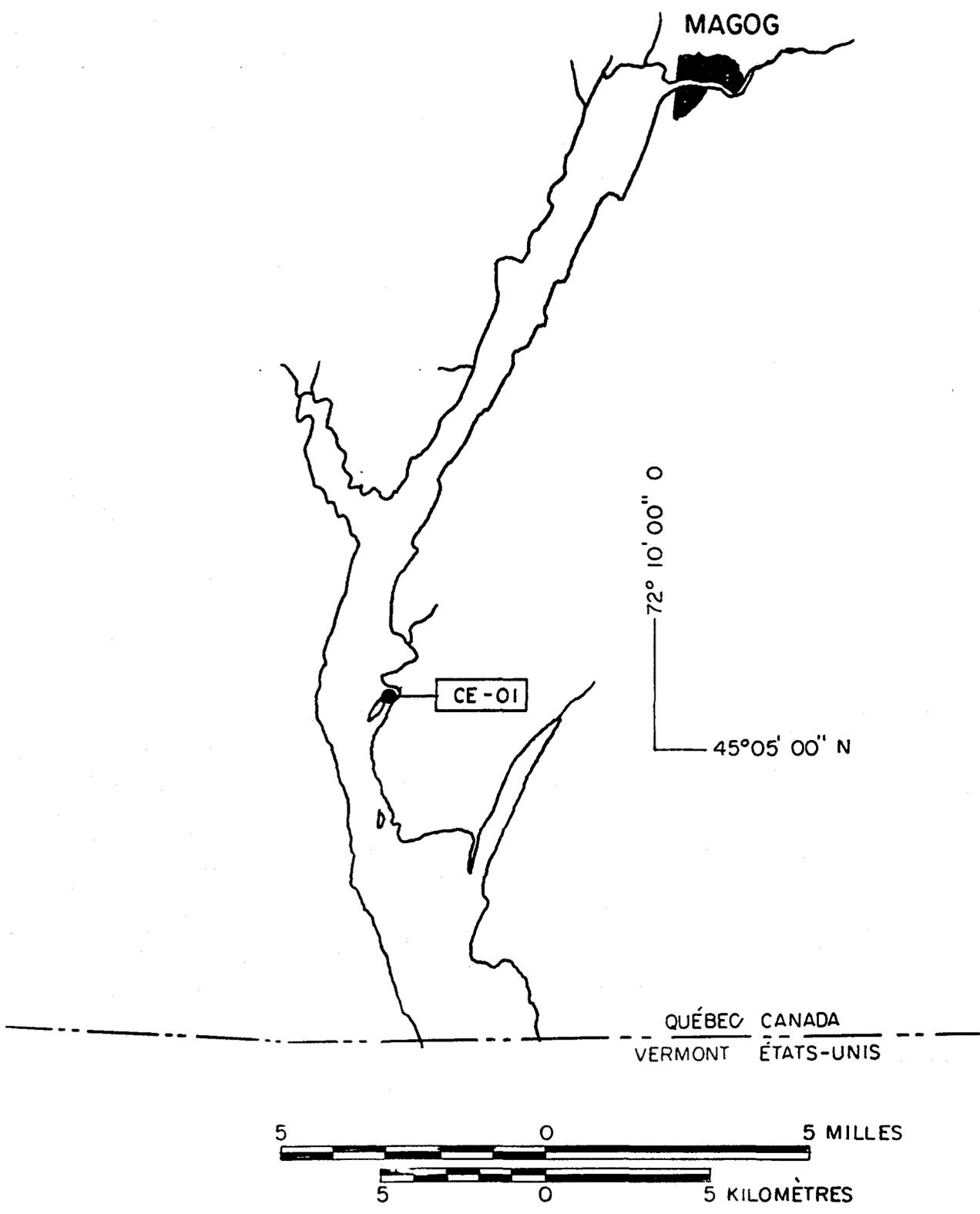


FIGURE 3.8 Lac Memphrémagog - station d'échantillonnage.

# LAC BROMPTON

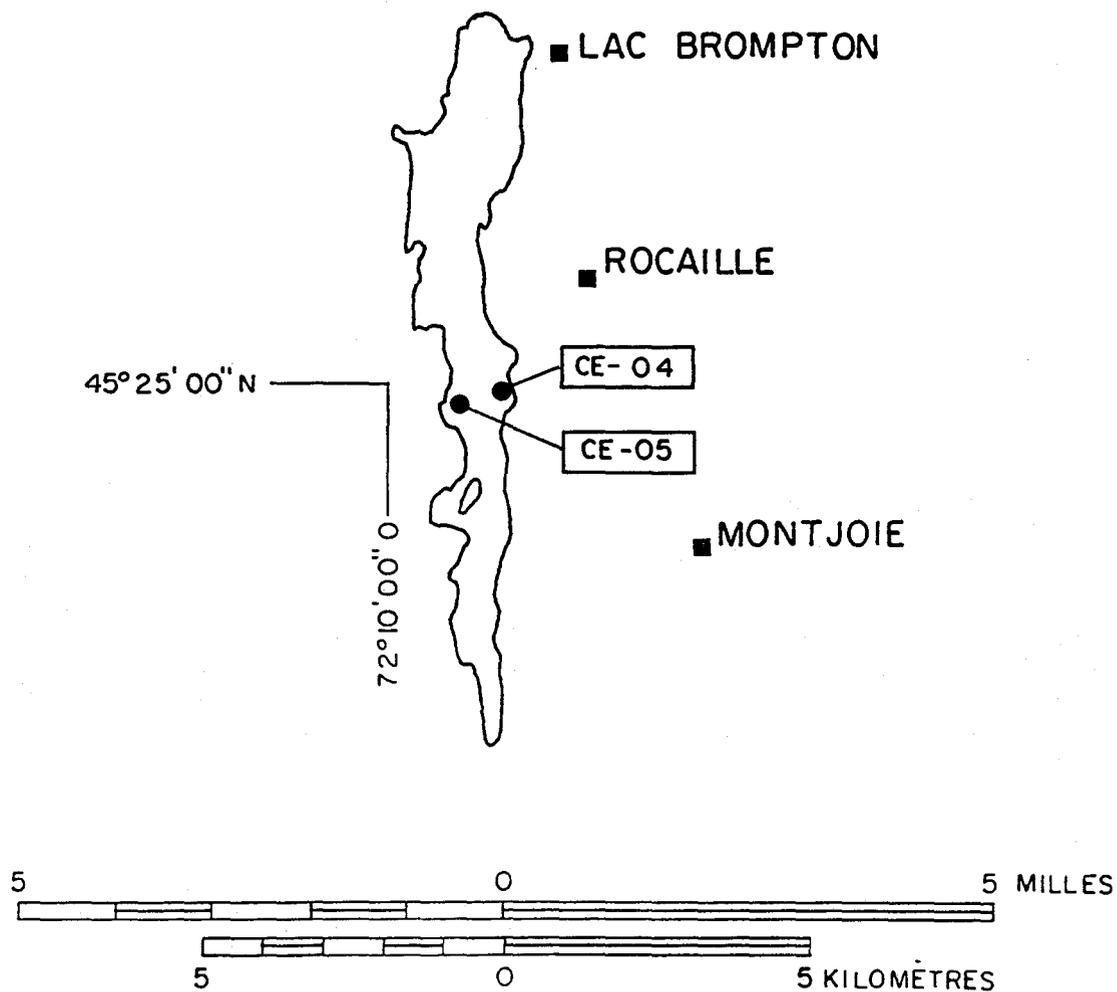


FIGURE 3.9 Lac Brompton - stations d'échantillonnage.

placés à cinq des stations sélectionnées; ces stations sont: BE-11, A-01, A-02, CE-01 et CE-04.

### 3.3.3 Mesures effectuées sur les bivalves

Les bivalves étaient mis dans des sacs en plastique contenant de l'eau du lac, placés dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire. Dès leur arrivée, ils étaient mis à dépurer dans des aquaria durant la nuit. Le lendemain, les branchies, le manteau et l'hépatopancreas étaient prélevés; ces tissus, ainsi que le reste des tissus étaient congelés séparément jusqu'au moment de l'analyse. Au moment de l'analyse, on combinait un organe donné de chaque spécimen prélevé à une station donnée et on les homogénéisait (homogénéiseur Brinkman) après avoir ajouté 10 mL d'eau. Une partie de l'homogénat était utilisée pour la mesure du poids sec et l'analyse des métaux traces (voir section 3.6), et un tampon phosphate (pH = 8,0;  $[PO_4] = 6 \mu M$ ) contenant un inhibiteur de protéase (phénylméthylsulfonyl-fluorure) et un anti-oxydant (2-mercaptoéthanol) était ensuite ajouté au reste de l'homogénat qui était ensuite conservé à - 32°C jusqu'au moment de l'examen pour l'association des métaux traces avec des protéines (voir section 3.8). Des paramètres allométriques étaient également déterminés (voir section 3.7).

### 3.4 Analyse des métaux traces dans les sédiments

Les échantillons de sédiment (2-3 g de sédiment humide, équivalent à ~ 1 g de sédiment sec) ont été soumis à la procédure d'extractions séquentielles suivante pour déterminer la répartition des métaux dans ces sédiments:

- (a) M(F1): métaux échangeables. L'échantillon de sédiment a été extrait pendant 30 min avec  $MgCl_2$  (1N) à un pH initial de 7,0;
- (b) M(F2): métaux liés aux carbonates. Le résidu de (a) a été agité pendant 5 h avec de l'acétate de sodium (NaOAc; 1 M) ajusté à pH 5,0 avec de l'acide acétique (HOAc);

- (c) M(F3A): métaux liés aux oxydes de manganèse. Le résidu de (b) a été agité pendant 0,5 h à la température de la pièce avec  $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$  (0,01 M), préparé dans  $\text{HNO}_3$  (0,01 M);
- (d) M(F3B): métaux liés aux oxydes de fer. Le résidu de (c) a été extrait à 96°C pendant 6 h avec  $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$  (0,04 M), préparé dans HOAc (25% (v/v));
- (e) M(F4): métaux liés à la matière organique et aux sulfures. Le résidu de (d) a été extrait à 85°C pendant 5 h avec  $\text{H}_2\text{O}_2$  (30%) ajusté à pH 2 avec  $\text{HNO}_3$ ; une fois équilibré à la température de la pièce, on a ajouté  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (3,2 M) préparé dans  $\text{HNO}_3$  (20% (v/v));
- (f) M(F5): métaux liés à la matrice cristalline. Le résidu de (e) a été digéré avec un mélange 5:1 des acides hydrofluorique et perchlorique.

Les détails des étapes (a), (b), (d), (e) et (f) de la procédure expérimentale, de même qu'une évaluation de leur précision et justesse ont été publiés ailleurs (Tessier *et al.*, 1979; 1980); l'étape (c), suggérée par Chao (1972), a été incluse pour distinguer entre les oxyhydroxydes de fer et ceux de manganèse. Les concentrations de métaux des solutions ont été d'abord déterminées par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme; dans les cas où les teneurs en métaux traces étaient au-dessous ou proches à la limite de détection, la spectrophotométrie d'absorption atomique au four au graphite fut utilisée. Les dosages des concentrations en métaux ont été effectués avec des courbes de calibration appropriées, préparés avec les composants de chaque solution d'extraction.

Mentionnons que la distribution d'un métal donné parmi les diverses fractions ne reflète pas nécessairement son association avec des phases géochimiques discrètes; elle devrait plutôt être considérée comme définie opérationnellement par les méthodes d'extraction utilisées.

### 3.5 Mesures dans l'eau interstitielle

Les échantillons d'eau interstitielle étaient analysés pour le Cd, le Cu, le Ni, le Pb et le Zn par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme (VARIAN TECHTRON, modèle 1275; four au graphite GTA-95). La quantification était effectuée à l'aide de courbes de calibration (préparées avec HNO<sub>3</sub>, tel qu'utilisé pour acidifier les échantillons) après avoir vérifié l'absence d'effets de matrice.

La concentration de carbone inorganique total dans l'eau interstitielle a été mesurée par chromatographie en phase gazeuse (Carignan, 1984).

### 3.6 Analyse des métaux dans les bivalves

L'analyse de métaux traces dans les organes (ou homogénats; voir section 3.3.3) a été effectuée de la façon suivante: chaque organe (ou homogénat) était séché (105°C, 24 h), pesé, digéré et analysé individuellement pour Cd, Cu, Ni, Fe, Pb et Zn. La digestion des organes se faisait dans des bombes en Teflon. On traitait l'échantillon avec environ 20 mL de HNO<sub>3</sub> concentré par gramme de tissu. On couvrait les bombes sans les visser pendant 3 h à la température de la pièce; ensuite, on les vissait fortement et on les faisait chauffer à 70°C dans un bain d'eau pendant 3 h. Après avoir laissé refroidir pendant au moins 12 h, on transvidait la solution dans une fiole jaugée et on complétait le volume à 25 mL avec de l'eau déminéralisée. La solution résultante était analysée par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme (VARIAN TECHTRON, modèle 575 ABQ) pour Cd, Cu, Fe et Zn, et par spectrophotométrie d'absorption atomique au four au graphite (VARIAN TECHTRON, modèle 1275; GTA-95), pour Ni et Pb.

Les concentrations de chaque métal trace, reconstituées pour l'organisme au complet (CR), excluant les valves, ont été calculées au moyen de l'équation suivante:

$$CR = \sum C_i W_i / \sum W_i \quad (3.1)$$

où  $C_i$  et  $W_i$  représentent respectivement les concentrations et les poids secs de chacun des  $i$  organes du bivalve.

### 3.7 Mesure des paramètres allométriques

Les dimensions des valves (longueur, largeur et hauteur) étaient mesurées à l'aide d'un vernier d'une précision de 0,1 mm; l'âge des organismes était déterminé en se basant sur les anneaux de croissance annuels (Crowley, 1957), et l'indice de condition (IC), était calculé au moyen du rapport suivant:

$$IC = W_{om} / W_t \quad (3.2)$$

où  $W_{om}$  et  $W_t$  représentent respectivement les poids total des tissus mous et le poids total (incluant les valves) de l'organisme.

### 3.8 Mesure de l'association de métaux traces avec les protéines

Certains des homogénats obtenus de la façon décrite à la section 3.3.3 ont été utilisés pour examiner l'association de métaux traces avec les protéines. Une portion de l'homogénat contenant le tampon phosphate (11-22 mL) était centrifugé (23 600 x g; 4°C; 15 min). Le culot (C1) était séparé du surnageant (S1). De l'éthanol froid était ajouté à une portion du surnageant (7 mL) qui était mis au congélateur pour la nuit, et une deuxième centrifugation était effectuée. Le culot (C2) était séparé du surnageant (S2). Une séparation chromatographique sur gel (Sephadex G-75) était effectuée sur une portion (4,2 mL) du dernier surnageant en utilisant le tampon phosphate (pH = 8,0;  $[PO_4] = 6 \mu M$ ) comme éluant. L'absorbance (280 nm), les concentrations de cadmium, de cuivre et de zinc (spectrophotométrie d'absorption atomique), le contenu en protéines (méthode du Bleu de Comassie) et la concentration de groupements sulphydryles (polarographie à impulsions différentielles; Thompson et Cosson, 1984) ont été mesurés dans les fractions d'élution. Dans certains cas, les concentrations ont été mesurées dans S1 et S2, ainsi que dans C1 et C2 après digestion. Entre les

échantillons, les colonnes chromatographiques étaient nettoyées avec une solution d'EDTA pour enlever les métaux traces qui pouvaient y être retenus.

Pour la détermination des groupements -SH par polarographie, on a utilisé comme étalon l'albumine du sérum de bovin (BSA), une protéine qui contient 34 groupements -SH et qui a un poids moléculaire de 69 000. Les concentrations de groupements -SH obtenues doivent donc être considérées comme des concentrations de groupements -SH équivalents de BSA. Le milieu utilisé pour les mesures était composé de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (1 M),  $\text{NH}_4\text{OH}$  (1 M),  $\text{Co(II)}$  (0,00062 M) et de Triton X-100 (1,2 mg/L); le  $\text{Co(III)}$  était préparé par oxydation de  $\text{CoCl}_2$  dans un tampon  $\text{NH}_3/\text{NH}_4$ . Dans le milieu utilisé, les groupements -SH des protéines catalysent une réduction polarographique à un potentiel d'environ -1,5 v, un potentiel un peu plus négatif que celui de la réduction  $\text{Co(II)} - \text{Co(0)}$ .

### 3.9 Réactifs et verrerie

Le matériel en verre et en plastique utilisé pour les manipulations des métaux traces dans l'eau, les sédiments et les organismes, était préalablement trempé pendant au moins 12 h dans une solution de  $\text{HNO}_3$  (5%) et rincé plusieurs fois avec de l'eau déminéralisée. Le matériel de plastique (polyéthylène) a été préféré pour stocker les solutions de digestion des tissus pour réduire la perte de métaux par adsorption aux parois des contenants.

Des réactifs de grade ultra-pur ont été utilisés pour les diverses opérations et l'eau de dilution était de l'eau déminéralisée obtenue d'un système Millipore (Milli-Q3R0/Milli-Q2).

### 3.10 Analyse des données

L'étude statistique des données a été effectuée au moyen de méthodes statistiques, contenues dans le logiciel SPSS (Nie et al., 1975; Hull et Nie, 1981).

### 3.10.1 Analyse des données allométriques pour les organismes utilisés dans les expériences de transfert

L'analyse de base des caractéristiques de distribution de l'âge, du poids, de l'indice de condition et des dimensions des organismes a été effectuée séparément pour les spécimens prélevés dans chacun des lacs Montbeillard et La Bruère à l'aide du sous-programme "CONDESCRIPTIVE". Le test de t (sous-programme "T-TEST") a permis la comparaison des valeurs moyennes de chacune des variables entre les deux groupes d'organismes. Pour un enclos donné, les variations dans le temps des valeurs moyennes du poids total et de l'indice de condition ont été vérifiées à l'aide de tests de comparaison multiple à un critère, contenus dans le sous-programme "ONEWAY".

### 3.10.2 Analyse des données de concentration en métaux traces des organismes soumis au transfert des sédiments

La comparaison des valeurs moyennes de concentration interne en métaux traces des organismes soumis au transfert des sédiments a été effectuée au moyen du test de t.

### 3.10.3 Analyse des données de concentration en métaux traces des organismes transférés d'un milieu à l'autre

Les variations, en fonction du temps et du gradient de concentration en métaux traces du milieu, des concentrations en métaux traces des organismes, ont été analysées au moyen de tests d'analyse de variance à deux facteurs (tableau 3.1). Le facteur "SÉRIE" représente les valeurs moyennes des concentrations de métaux dans le temps à l'intérieur de chacun des 4 groupes d'organismes considérés (deux séries d'organismes demeurés dans leur lac d'origine, et deux séries d'organismes transférés); le facteur "TEMPS" représente les valeurs moyennes des concentrations de métaux entre séries à l'intérieur de chacun des cinq temps de prélèvement. Cette analyse était réalisée par l'entremise du sous-programme "ANOVA". La grandeur des effets de chaque facteur sur les variations de concentration de métaux était en

TABLEAU 3.1 Matrice de données de l'analyse de variance à deux facteurs (temps et série).

SÉRIE	TEMPS				
	1	2	3	4	5
1	M 0	M5A	M20A	M50A	M100A
2	B 0	B5A	B20A	B50A	B100A
3	B 0	M5T	M20T	M50T	M100T
4	M 0	B5T	B20T	B50T	B100T

Les lettres M et B représentent respectivement les lacs Montbeillard et La Bruère. Les chiffres 0, 5, 20, 50 et 100 indiquent le temps de prélèvement des organismes et les deux dernières lettres A et T, représentent respectivement les organismes demeurés dans leur lac d'origine et les organismes transférés. Toutes les valeurs portées dans la matrice de données correspondent à des valeurs moyennes de concentration.

outre mis en évidence au moyen du test "MCA" de classification multiple. Le test de Duncan d'analyse de variance à posteriori (sous-programme "ONEWAY"), a permis d'établir quels groupes et quels ensembles de groupes différaient significativement les uns des autres.

L'utilisation des tests d'analyse de variance a exigé, au préalable, que les hypothèses de normalité, d'homogénéité de variances et d'additivité soient respectées. À cette fin, le test d'adéquation de Kolmogorov-Smirnov fut utilisé (sous-programme "NPAR TESTS"). L'écart maximum obtenu a été comparé aux valeurs critiques corrigées de Lilliefors (Legendre et Legendre, 1984). L'hypothèse d'homogénéité de variances, pour sa part, a été vérifiée au moyen du test de Bartlett; l'additivité des effets des facteurs temps et série a pu être dégagée directement à partir de l'analyse de variance. Suite à ces vérifications, les valeurs moyennes de concentration de métaux utilisées dans les analyses de variance ont été transformées en échelle logarithmique pour rendre les variances homogènes.

#### 3.10.4 Analyse des données de la série supplémentaire de bivalves prélevés pour déterminer l'effet de paramètres biologiques sur leurs teneurs en métaux

Les analyses de métaux de la série supplémentaire d'organismes d'âges et de dimensions différents ont été exprimées en contenu de métal par individu ( $\mu\text{g}$ ), et en concentration de métal par gramme d'organisme ( $\mu\text{g/g}$ ). Chacun des deux types de résultats a été porté en graphique par rapport aux différents facteurs allométriques. Les sous-programmes "SCATTERGRAM" et "NEW REGRESSION" ont permis d'obtenir les courbes de régression entre la teneur ou la concentration et les facteurs allométriques. Le test d'égalité entre k coefficients de régression (Sokal et Rohlf, 1979) a permis de comparer: i) entre les deux lacs, les pentes de régression obtenues pour les différents métaux et ii) entre les différents métaux, les pentes obtenues pour les deux lacs.

## CHAPITRE 4

### RÉSULTATS



#### 4. RÉSULTATS

##### 4.1 Paramètres allométriques des spécimens de *A. grandis* utilisés dans les expériences de transfert

Les données allométriques individuelles des spécimens utilisés dans les expériences de transfert sont présentées à l'annexe, dans les tableaux A.1 et A.2 pour les spécimens originaires du lac Montbeillard, et A.3 et A.4 pour les spécimens originaires du lac La Bruère. La figure 4.1 montre les histogrammes comparatifs des valeurs moyennes de la longueur, de la hauteur, de l'âge, du poids des valves, du poids sec des tissus mous et de l'indice de condition des organismes prélevés dans chacun des deux lacs.

La comparaison des valeurs moyennes de ces descripteurs (Test de T), montre que la longueur, la largeur, la hauteur, le poids des valves et le poids total des tissus mous sont significativement plus élevés ( $P < 0,01$ ) pour les organismes provenant du lac La Bruère que pour ceux du lac Montbeillard; par contre, l'âge et l'indice de condition ne sont pas significativement différents ( $P > 0,05$ ), et les variances de tous les paramètres (à l'exception de celle du poids des valves) sont très rapprochées entre les deux groupes d'organismes (tableau 4.1). Ce tableau montre aussi le coefficient de variation de l'âge et des facteurs allométriques des spécimens de *A. grandis* utilisés pour les expériences de transfert. Ces résultats indiquent que la longueur, la largeur et la hauteur des organismes sont les trois paramètres qui montrent le moins de variabilité, avec des coefficients de variation (C.V.)  $< 15\%$ ; les C.V. des autres paramètres varient entre 32% et 46%.

Par ailleurs, la corrélation linéaire du poids des organismes avec les autres facteurs allométriques est faible. Lorsque les données sont transformées dans une échelle logarithmique, le coefficient de corrélation entre le poids et la longueur des organismes est de 0,94 pour le lac Montbeillard et de 0,82 pour le lac La Bruère.

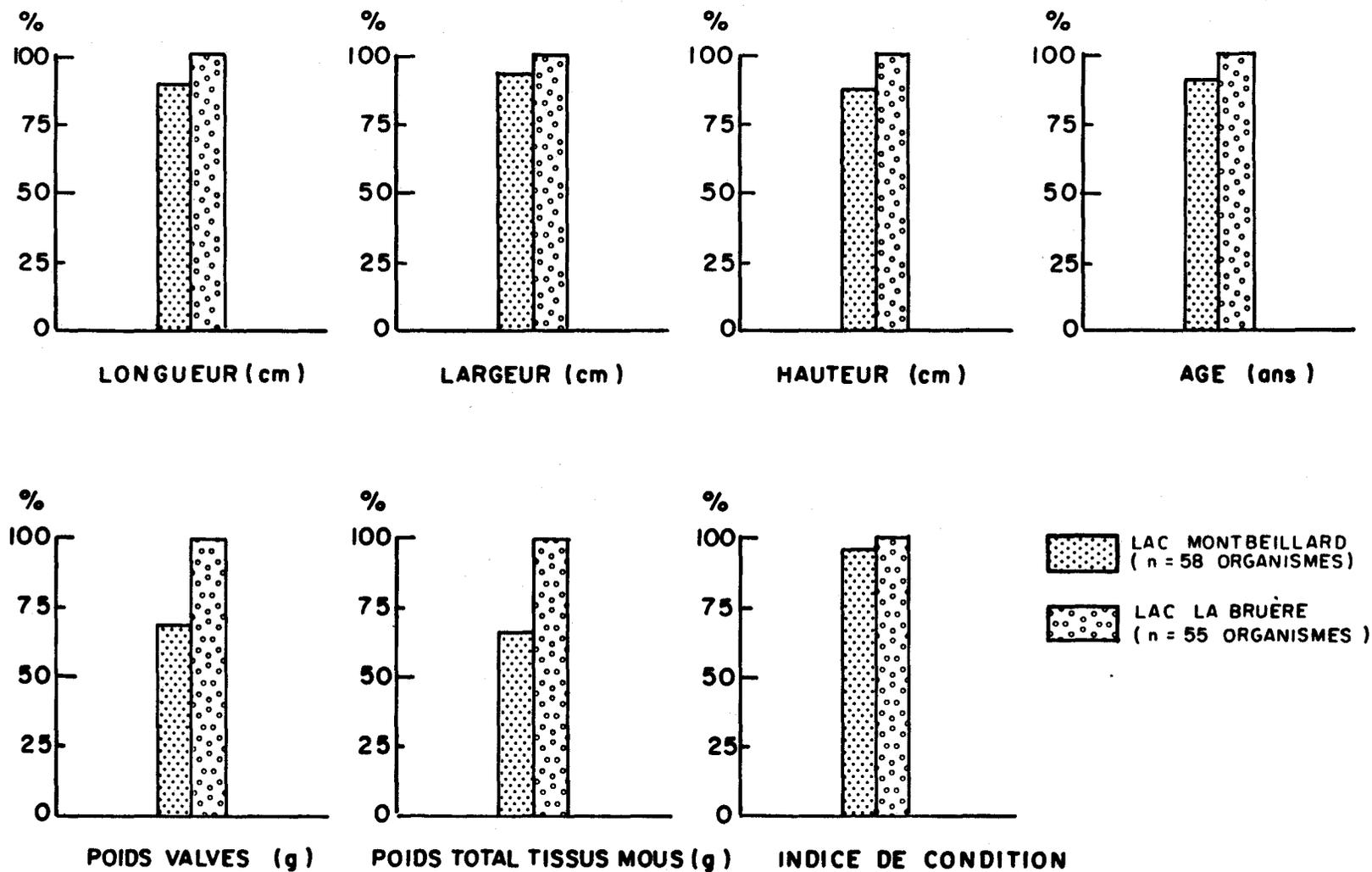


FIGURE 4.1 Comparaison des valeurs moyennes de l'âge et des paramètres allométriques des spécimens de *A. grandis* prélevés aux lacs Montbeillard et La Bruère et soumis aux expériences de transfert.

TABLEAU 4.1 Comparaison des valeurs moyennes de l'âge et des paramètres allométriques des spécimens de *A. grandis* provenant des lacs Montbeillard et La Bruère, et utilisées dans les expériences de transfert d'organismes.

Variable - Nombre de cas	Moyenne	Écart type (C.V.)*		Valeur F	Prob. 2 côtés	Variance commune estimée		
						Valeur T	Degrés de liberté	Prob. 2 côtés
Longueur (cm)								
Montbeillard	58	7,9	1,0 (12,5)	1,53	0,12	- 5,73	111	< 0,001
La Bruère	55	8,8	0,8 (9,0)					
Largeur (cm)								
Montbeillard	58	4,3	0,5 (12,5)	1,66	0,06	- 3,98	111	< 0,001
La Bruère	55	4,7	0,4 (8,9)					
Hauteur (cm)								
Montbeillard	58	3,0	0,4 (14,3)	1,32	0,30	- 5,04	111	< 0,001
La Bruère	55	3,4	0,4 (11,0)					
Âge (ans)								
Montbeillard	58	7,6	2,6 (34,3)	1,11	0,70	- 1,51	111	0,134
La Bruère	55	8,4	2,7 (32,8)					
Poids valves (g)								
Montbeillard	58	10,3	4,3 (41,9)	2,57	0,001	- 4,36	111	< 0,001
La Bruère	55	15,1	6,9 (46,1)					
Poids total (g)								
Montbeillard	58	1,3	0,6 (42,5)	1,45	0,169	- 5,58	111	< 0,001
La Bruère	55	2,0	0,7 (34,6)					
Indice condition								
Montbeillard	58	0,109	0,031 (28,4)	1,23	0,44	- 0,72	111	0,472
La Bruère	55	0,123	0,035 (28,3)					

\* C.V.: coefficient de variation.

L'analyse de variance révèle que, pour un lac donné, les valeurs moyennes du poids total et de l'indice de condition des groupes d'organismes prélevés à différents temps diffèrent très significativement entre elles, leurs variances respectives étant néanmoins très rapprochées, notamment dans le cas du poids total (tableaux 4.2 et 4.3). L'analyse de variance a posteriori a établi que la plupart de ces valeurs diffèrent significativement les unes des autres mais on n'a pas décelé pour autant des tendances définies du poids des tissus mous à augmenter de façon continue dans le temps, voire de façon saisonnière. Néanmoins, les poids des branchies qui sont restés inchangés du début du mois de juin au début du mois d'août, ont montré une augmentation à la mi-septembre avec la présence des glochidia mûrs. La présence des oeufs et des embryons n'a pas été perçue avant cette date. Des organismes prélevés au mois de septembre, 31,4% contenaient des glochidia; leur contribution au poids total, à cette époque de l'année, était de 20% (32,6% dans le cas des organismes de la série supplémentaire).

#### 4.2 Expérience de transfert de sédiments: concentrations des métaux traces dans l'eau, les sédiments et les bivalves

Les concentrations de Cu, Pb, et Zn dans l'eau interstitielle des sédiments des lacs Montbeillard et La Bruère, ainsi que dans l'eau surnageante sont présentées dans le tableau 4.4. Rappelons que ces résultats correspondent à des échantillons prélevés à  $t = 20$  j.

Les résultats de la répartition des métaux traces dans les sédiments au début de l'expérience ( $t = 0$  jours), obtenus avec la méthode d'extractions séquentielles décrite précédemment (section 3.4), sont présentés dans le tableau 4.5. Ces résultats montrent que le rapport de concentrations en métaux traces entre les sédiments des lacs La Bruère et Montbeillard varie largement en fonction du métal et de la fraction considérée; le rapport de concentration le plus faible est de 0,3 pour le Cd dans la fraction de métaux échangeables, et le plus élevé correspond au Pb, avec une valeur de 19,4 dans la fraction de métaux liés aux carbonates (si l'on exclut les fractions de métaux associés aux matières organique et cristalline, qui n'ont pas été analysées).

TABLEAU 4.2 Analyse de variance des valeurs moyennes du poids total des tissus mous et de l'indice de condition des spécimens de A. grandis originaires du lac Montbeillard.

Source de variation	Degrés de liberté (V)	Variance SC*/V	F	Signification de F
<u>Poids total des tissus mous</u>				
Entre groupes	9	0,820	4,03	< 0,001
À l'intérieur des groupes	47	0,203		
TOTAL	56			
Test de Bartlett: F = 0,801; P = 0,615				
<u>Indice de condition</u>				
Entre groupes	9	0,002	3,83	< 0,001
À l'intérieur des groupes	47	< 0,001		
TOTAL	56			
Test de Bartlett: F = 2,030; P = 0,033				

\* SC représente la somme des carrés des écarts par rapport à la moyenne.

TABLEAU 4.3 Analyse de variance des valeurs moyennes du poids total des tissus mous et de l'indice de condition des spécimens de A. grandis originaires du lac La Bruère.

Source de variation	Degrés de liberté (V)	Variance SC*/V	F	Signification de F
<u>Poids total des tissus mous</u>				
Entre groupes	9	1,431	4,892	< 0,001
À l'intérieur des groupes	45	0,292		
TOTAL	54			
Test de Bartlett: F = 1,567; P = 0,120				
<u>Indice de condition</u>				
Entre groupes	9	0,002	2,349	0,029
À l'intérieur des groupes	45	0,001		
TOTAL	54			
Test de Bartlett: F = 2,472; P = 0,008				

\* SC représente la somme des carrés des écarts par rapport à la moyenne.

TABLEAU 4.4 Concentrations de Cu, de Pb et de Zn ( $10^{-6}$  M) dans l'eau interstitielle prélevée à T = 20 j aux lacs Montbeillard et La Bruère.

Profondeur* (cm)	Montbeillard				La Bruère			
	[Cd]	[Cu]	[Pb]	[Zn]	[Cd]	[Cu]	[Pb]	[Zn]
	Dialyseur No 1							
+ 0,5 à + 1,0	< 0,002	0,063	< 0,005	0,007	0,013	0,112	< 0,005	0,015
0 à + 0,5	< 0,002	0,047	< 0,005	0,003	0,002	0,071	< 0,005	0,009
- 0,5 à 0	< 0,002	0,031	< 0,005	0,002	0,002	0,066	< 0,005	0,004
- 1,0 à - 0,5	< 0,002	0,046	< 0,005	0,002	0,002	0,031	< 0,005	< 0,002
- 1,5 à - 1,0	< 0,002	0,019	< 0,005	0,006	0,002	0,019	< 0,005	0,003
	Dialyseur No 2							
+ 1,0 à + 2,0	< 0,002	0,079	< 0,005	0,004	0,002	0,120	< 0,005	0,014
0 à + 1,0	< 0,002	0,090	< 0,005	0,004	0,002	0,148	< 0,005	0,013
- 1,0 à 0	< 0,002	0,090	< 0,005	0,020	0,002	0,105	< 0,005	0,015
- 2,0 à - 1,0	0,002	0,057	< 0,005	0,003	< 0,002	0,017	< 0,005	< 0,001
- 3,0 à - 2,0	0,005	0,019	< 0,005	0,003	< 0,002	0,017	< 0,005	< 0,001

\* Distance au-dessus (+) et au-dessous (-) de l'interface eau-sédiment.

TABLEAU 4.5 Résultats des lessivages séquentiels des sédiments, au début de l'expérience de transfert des sédiments (t = 0), rapportés sur une base de poids sec.

Site <sup>b</sup>	[M(F1)] <sup>a</sup> (µg/g)					[M(F2)] (µg/g)					[M(F3A)] (µg/g)					[M(F3B)] (µg/g)				
	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
B → M	0,3	0,4	51,1	< 1,1	5,6	4,7	10,8	790	82,2	67,6	2,3	2,7	270	< 2,1	30,9	4,6	18,8	7 090	65,4	220
M → B	1,2	< 0,1	5,0	< 1,1	1,6	0,9	3,8	62,4	4,2	7,4	0,6	1,0	200	< 2,1	4,6	0,4	6,4	4 760	15,3	32,3
Rapport de concentrations B/M	0,3	> 4,0	10,2	--	3,5	5,3	2,8	12,6	19,6	9,2	3,7	2,6	1,3	--	6,7	11,2	2,9	1,5	4,3	6,8

<sup>a</sup> Les notations [M(F1)] à [M(F3B)] représentent les concentrations dans les fractions F1 à F3B (voir la section 3.4).

<sup>b</sup> Le nom du site indique le site d'origine des sédiments (B pour La Bruère et M pour Montbeillard; la flèche représente le transfert postérieur d'un lac à l'autre).

Les résultats de la répartition de métaux traces dans les sédiments, obtenus avec la même méthode d'extractions séquentielles après 100 jours d'expérience (tableau 4.6), montrent certains changements complexes dans la répartition de métaux traces dans les sédiments. De tels changements pourraient en principe être dûs à:

- i) des changements saisonniers dans les conditions physico-chimiques (par exemple, changement de pH dû à la photosynthèse; changement dans l'activité microbienne);
- ii) un apport de métaux traces, par sédimentation de particules de la colonne d'eau ou des sédiments adjacents aux enclos et qui auraient été remis en suspension;
- iii) une déposition, dans le sédiment transféré, de métaux traces dissous dans le milieu récepteur.

La contribution de (iii) aux changements de répartition des métaux dans les sédiments transférés du milieu plus pollué à celui moins pollué peut être estimée en calculant les flux  $F$  de métaux à l'interface sédiment-eau:

$$F = D \frac{\partial C}{\partial X} \quad (4.1)$$

où  $D$  est le coefficient de diffusion moléculaire et  $\frac{\partial C}{\partial X}$ , le gradient de concentration du métal à l'interface sédiment-eau.

Par exemple, considérons le cas de la déposition, dans les sédiments transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère, du Zn dissous dans le lac La Bruère. En considérant  $D(\text{Zn}) \approx 7 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$  (Li et Gregory, 1974) et  $\frac{\partial c}{\partial x} \approx 10^{-11} \text{ mole Zn/cm}^3 \cdot \text{cm}$  (voir tableau 4.4; dialyseur No 1), on calcule avec l'équation (4.1), un flux  $F \approx 7 \times 10^{-17} \text{ mole Zn/cm}^2 \cdot \text{sec}$ ; pour la période de l'expérience (100 j), le flux,  $F$  (100 j), aura comme valeur  $F$  (100 j) =  $6 \times 10^{-10} \text{ mole/cm}^2 \cdot 100 \text{ j}$ . Si on suppose que le zinc qui traverse une surface de  $1 \text{ cm}^2$  de l'interface correspond à celui qui s'est

TABLEAU 4.6 Résultats des lessivages séquentiels des sédiments à la fin de l'expérience de transfert des sédiments (t = 100 j), rapportés sur une base de poids sec.

Site <sup>b</sup>	[M(F1)] <sup>a</sup> (µg/g)					[M(F2)] (µg/g)					[M(F3A)] (µg/g)					[M(F3B)] (µg/g)				
	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
B → M	2,6	< 0,1	2,1	< 0,8	3,7	1,6	13,5	160	8,2	22,5	0,5	1,8	250	2,6	8,5	0,8	25,3	7 370	54,2	122
M → B	1,2	< 0,1	2,6	< 0,9	1,5	0,7	4,4	140	4,1	12,7	0,4	3,1	220	5,0	6,4	0,5	8,0	5 320	20,2	52,3

	[M(F4)] (µg/g)					[M(F5)] (µg/g)					[M(S5)] (µg/g)				
	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
B → M	0,2	27,6	490	13,2	11,7	< 0,2	30,4	27 000	24,9	79,6	6,0	98,6	35 270	104	248
M → B	< 0,2	9,9	310	6,1	5,6	< 0,2	14,6	25 040	15,2	54,2	3,2	40,0	31 030	51,5	133

<sup>a</sup> Les notations [M(F1)] à [M(F5)] représentent les concentrations dans les fractions F1 à F5 (voir la section 2.2.4); [M(S5)] représente la somme des concentrations en métaux traces pour les fractions F1 à F5.

<sup>b</sup> Le nom du site indique le site d'origine des sédiments (B pour La Bruère et M pour Montbeillard; la flèche représente le transfert postérieur d'un lac à l'autre).

fixé sur  $\sim 0,12$  g de sédiment analysé (on a en effet prélevé le sédiment superficiel sur une profondeur d'environ 1 cm; on peut considérer une porosité du sédiment d'environ 90% et une densité du solide d'environ 2,6 g/cc), on obtient  $F(100 \text{ j}) \approx 0,3 \mu\text{g/g}\cdot 100 \text{ j}$ . Si on compare les tableaux 4.5 et 4.6, on constate que ce flux est petit comparativement à certains changements observés pour la répartition du zinc dans les sédiments prélevés du lac Montbeillard et transférés au lac La Bruère. Des conclusions semblables sont obtenues pour Cd, Cu, Pb et Zn pour les transferts dans les deux sens.

Les concentrations de métaux traces dans les organes individuels et celles calculées pour les organismes complets (équation (3.1)) sont présentées à l'annexe respectivement dans les tableaux A.9 et A.10. L'analyse statistique de ces résultats (Test de T) montre que les concentrations internes en métaux traces des spécimens en contact avec des sédiments de différentes origines ne sont pas significativement différentes entre elles après 100 jours ( $P > 0,05$ ). Cette analyse est présentée dans le tableau 4.7.

#### 4.3 Expérience de transfert des bivalves: concentrations de métaux traces dans les tissus mous des spécimens de A. grandis

Les concentrations de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn dans chacun des tissus mous des organismes utilisés dans les expériences de transfert de bivalves sont données à l'annexe, au tableau A.9. Les valeurs moyennes à chacun des temps de prélèvement sont données dans les tableaux 4.8 à 4.14. Par ailleurs, les concentrations de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn reconstituées avec l'équation (3.1) pour l'ensemble des tissus mous, en utilisant les concentrations données en annexe dans le tableau A.9 et les poids des organes donnés dans les tableaux A.2 à A.4, sont données en annexe, au tableau A.10. Les valeurs moyennes de ces concentrations reconstituées sont présentées dans le tableau 4.15; pour le cadmium, le plomb et le zinc, qui présentent plus d'intérêt (voir ci-dessous section 4.3.1), les valeurs moyennes sont également portées en graphique (figure 4.2).

TABLEAU 4.7 Comparaison des valeurs moyennes des concentrations en métaux traces dans des organismes en contact pendant 100 jours avec des sédiments de différente origine.

Sédiment	µg métal/g poids tissu sec (écart type)				
	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
<u>Lac La Bruère</u>					
Autochtone <sup>a</sup>	68,5 (31,3)	98,9 (24,9)	1 050 (390)	8,8 (2,4)	387 ( 90,6)
Transféré <sup>b</sup>	49,8 (12,5)	89,8 (19,2)	711 (263)	14,0 (7,1)	472 (275)
	P = 0,244	P = 0,524	P = 0,131	P = 0,137	P = 0,488
<u>Lac Montbeillard</u>					
Autochtone <sup>c</sup>	83,1 (23,5)	96,6 (28,7)	581 (160)	6,8 (1,4)	225 ( 16,5)
Transféré <sup>d</sup>	77,1 (19,3)	101,0 (16,3)	566 (344)	7,0 (1,2)	216 (49,3)
	P = 0,693	P = 0,784	P = 0,929	P = 0,818	P = 0,671

a et c: n = 6 organismes; b: n = 5 organismes; d: n = 4 organismes.

TABLEAU 4.8 Concentrations<sup>a</sup> de métaux traces dans les branchies des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard					
0	170 ± 31	250 ± 68	1 650 ± 420	37,2 ± 6,4	480 ± 89
5	150 ± 48	270 ± 41	1 600 ± 1 800	33,6 ± 4,6	470 ± 160
20	230 ± 77	240 ± 52	1 800 ± 520	19,0 ± 6,7	500 ± 70
50	160 ± 50	280 ± 51	1 070 ± 790	20,3 ± 5,4	470 ± 110
100	170 ± 40	280 ± 53	1 270 ± 460	16,5 ± 4,5	500 ± 41
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère					
0	170 ± 31	250 ± 68	1 650 ± 420	37,2 ± 6,4	480 ± 89
5	200 ± 47	220 ± 110	2 090 ± 740	18,3 ± 5,7	580 ± 87
20	160 ± 22	210 ± 74	980 ± 140	18,4 ± 6,4	510 ± 70
50	140 ± 34	190 ± 39	1 080 ± 680	14,3 ± 4,7	380 ± 56
100	130 ± 28	320 ± 87	1 310 ± 530	14,7 ± 2,0	630 ± 110
Organismes demeurés dans le lac La Bruère					
0	120 ± 61	340 ± 160	3 200 ± 1 960	74,6 ± 29	2 290 ± 1 280
5	97,3 ± 3,5	440 ± 270	1 370 ± 360	30,8 ± 11	2 420 ± 2 000
20	150 ± 66	380 ± 97	3 830 ± 2 450	43,9 ± 10	1 780 ± 460
50	130 ± 54	400 ± 110	1 600 ± 850	28,7 ± 9,0	1 060 ± 440
100	150 ± 61	330 ± 82	2 940 ± 850	23,6 ± 10	1 270 ± 260
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard					
0	120 ± 61	330 ± 160	3 200 ± 1 960	74,6 ± 29	2 290 ± 1 280
5	150 ± 47	420 ± 130	2 140 ± 970	75,9 ± 39	1 920 ± 680
20	140 ± 59	400 ± 120	1 800 ± 1 230	33,3 ± 21	1 490 ± 400
50	120 ± 29	320 ± 93	1 310 ± 700	36,5 ± 13	1 220 ± 390
100	150 ± 53	380 ± 100	1 620 ± 370	22,9 ± 14	880 ± 120

<sup>a</sup> Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 4.9 Concentrations<sup>a</sup> de métaux traces dans le manteau des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard					
0	66,6 ± 41,0	29,4 ± 7,8	420 ± 160	5,6 ± 1,3	130 ± 35
5	42,2 ± 21	32,5 ± 14	400 ± 250	6,1 ± 1,7	170 ± 66
20	87,1 ± 25	29,4 ± 10	270 ± 70	3,2 ± 0,6	180 ± 31
50	56,6 ± 21	32,1 ± 13	220 ± 65	3,8 ± 1,2	170 ± 78
100	69,3 ± 23	38,2 ± 9	330 ± 75	3,5 ± 0,7	190 ± 33
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère					
0	66,6 ± 41	29,4 ± 7,8	420 ± 160	5,6 ± 1,3	130 ± 35
5	71,6 ± 13	32,9 ± 12	400 ± 160	4,8 ± 0,9	170 ± 25
20	61,7 ± 32	28,9 ± 11	180 ± 52	4,0 ± 1,0	190 ± 82
50	42,0 ± 14	21,1 ± 6,6	230 ± 74	4,0 ± 0,8	110 ± 42
100	32,9 ± 9,0	24,3 ± 3,5	350 ± 31	3,7 ± 0,8	140 ± 35
Organismes demeurés dans le lac La Bruère					
0	32,7 ± 22	38,7 ± 24	320 ± 200	10,4 ± 3,5	190 ± 110
5	37,7 ± 6,1	45,6 ± 21	260 ± 200	7,1 ± 1,6	180 ± 74
20	61,9 ± 22	65,9 ± 22	260 ± 83	4,9 ± 2,0	230 ± 93
50	44,4 ± 25	34,9 ± 21	180 ± 110	4,9 ± 1,1	160 ± 68
100	69,5 ± 32	61,4 ± 33	570 ± 290	4,1 ± 0,7	240 ± 140
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard					
0	32,7 ± 22	38,7 ± 24	320 ± 200	10,4 ± 3,5	190 ± 100
5	68,4 ± 25	92,6 ± 35	590 ± 330	12,1 ± 3,6	320 ± 130
20	55,1 ± 23	36,1 ± 10	340 ± 180	7,2 ± 2,1	190 ± 68
50	46,7 ± 9,8	40,6 ± 9,3	220 ± 87	6,3 ± 1,4	190 ± 38
100	80,6 ± 26	58,3 ± 16	320 ± 95	4,2 ± 0,8	230 ± 63

<sup>a</sup> Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 4.10 Concentrations<sup>a</sup> de métaux traces dans l'hépatopancréas des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard					
0	43,0 ± 18	26,4 ± 9,9	270 ± 67	9,2 ± 8,8	86,0 ± 45
5	47,9 ± 12	31,4 ± 7,1	220 ± 49	7,0 ± 1,8	130 ± 15
20	77,5 ± 33	55,5 ± 20	270 ± 95	4,9 ± 0,7	130 ± 15
50	68,7 ± 34	66,6 ± 22	190 ± 55	3,7 ± 1,1	100 ± 35
100	68,5 ± 36	52,6 ± 8,2	240 ± 90	6,4 ± 1,4	150 ± 12
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère					
0	43,0 ± 18	26,4 ± 9,9	270 ± 67	9,2 ± 8,8	86,0 ± 45
5	50,0 ± 23	75,7 ± 32	250 ± 96	7,3 ± 2,2	130 ± 29
20	45,4 ± 12	30,6 ± 3,4	250 ± 42	4,5 ± 0,9	100 ± 11
50	30,0 ± 9,4	25,7 ± 6,8	180 ± 65	4,7 ± 1,7	120 ± 16
100	20,1 ± 7,4	42,8 ± 17,2	300 ± 71	7,9 ± 3,0	120 ± 16
Organismes demeurés dans le lac La Bruère					
0	19,5 ± 7,9	27,9 ± 10	330 ± 100	5,9 ± 1,6	86,5 ± 22
5	34,9 ± 11	34,9 ± 0,5	270 ± 58	5,9 ± 1,5	124 ± 12
20	37,1 ± 11	42,0 ± 13	380 ± 170	5,7 ± 1,4	150 ± 24
50	37,8 ± 16	38,1 ± 7,4	220 ± 87	5,7 ± 1,3	110 ± 31
100	44,8 ± 19	60,2 ± 18	360 ± 91	9,2 ± 2,6	150 ± 23
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard					
0	19,5 ± 7,9	27,9 ± 10	330 ± 100	5,9 ± 1,6	86,5 ± 22
5	51,5 ± 26	54,2 ± 38	440 ± 210	8,3 ± 3,1	170 ± 66
20	42,7 ± 9,7	38,9 ± 5,5	260 ± 120	7,4 ± 2,6	150 ± 44
50	45,6 ± 9,4	55,0 ± 12	210 ± 42	5,8 ± 2,4	130 ± 18
100	62,8 ± 30	48,6 ± 18	240 ± 65	9,4 ± 7,9	160 ± 24

<sup>a</sup> Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 4.11 Concentrations<sup>a</sup> de métaux traces dans la masse viscérale des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard					
0	62,3 ± 66	17,6 ± 8,0	510 ± 240	6,7 ± 1,2	80,9 ± 20
5	33,9 ± 17	31,5 ± 38,5	530 ± 260	5,0 ± 1,6	97,4 ± 30
20	54,2 ± 24	13,8 ± 3,6	380 ± 86,4	6,3 ± 1,8	90,1 ± 12
50	37,5 ± 35	14,9 ± 5,4	410 ± 210	4,1 ± 2,2	76,8 ± 31
100	67,4 ± 38	20,8 ± 6,2	630 ± 340	4,0 ± 0,9	110 ± 15
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère					
0	62,3 ± 66	17,6 ± 8,0	510 ± 240	6,7 ± 1,2	80,9 ± 20
5	50,0 ± 33	15,3 ± 6,0	560 ± 280	4,3 ± 0,3	91,8 ± 14
20	28,4 ± 13	9,3 ± 2,7	210 ± 64	4,3 ± 2,2	77,0 ± 13
50	15,7 ± 5,4	7,9 ± 1,3	220 ± 70	2,7 ± 0,7	49,7 ± 15
100	26,3 ± 37,5	58,9 ± 110	350 ± 350	5,4 ± 5,2	150 ± 210
Organismes demeurés dans le lac La Bruère					
0	11,2 ± 4,3	11,6 ± 5,3	340 ± 330	6,7 ± 2,6	72 ± 18
5	24,2 ± 0,6	24,2 ± 0,6	390 ± 230	5,8 ± 1,6	100 ± 23
20	34,1 ± 19	22,3 ± 11	340 ± 160	6,3 ± 2,7	110 ± 20
50	27,1 ± 34	16,2 ± 12	330 ± 320	4,8 ± 2,6	79 ± 37
100	43,6 ± 32	25,8 ± 23	700 ± 300	5,8 ± 2,1	100 ± 34
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard					
0	11,2 ± 4,3	11,6 ± 5,3	340 ± 330	6,7 ± 2,6	72,4 ± 18
5	39,9 ± 24	28,7 ± 14	478 ± 190	7,2 ± 2,2	120 ± 37
20	26,0 ± 12	13,9 ± 4,8	280 ± 130	6,9 ± 2,2	84,1 ± 23
50	34,6 ± 23	18,8 ± 6,4	340 ± 150	5,6 ± 1,9	90,2 ± 22
100	64,1 ± 30	27,8 ± 10	390 ± 130	7,2 ± 1,5	120 ± 16

<sup>a</sup> Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 4.12 Concentrations<sup>a</sup> de métaux traces dans le muscle des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard					
0	19,2 ± 3,8	< LD <sup>b</sup>	170 ± 42	2,3 ± 0,6	90,5 ± 15
5	< LD	< LD	130 ± 72	2,0 ± 0,8	99,2 ± 47
20	10,5 ± 5,2	5,8 ± 2,2	110 ± 36	2,5 ± 0,4	89,6 ± 7,8
50	8,9 ± 5,6	4,9 ± 1,6	110 ± 30	2,5 ± 0,2	77,9 ± 17
100	12,8 ± 3,1	7,7 ± 5,3	130 ± 55	2,0 ± 0,3	98,3 ± 8,6
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère					
0	19,2 ± 3,8	< LD	170 ± 42	2,3 ± 0,6	90,5 ± 15
5	24,2 ± 6,0	< LD	110 ± 42	3,0 ± 1,6	95,5 ± 21
20	9,3 ± 4,0	5,7 ± 2,3	70,9 ± 22	2,5 ± 0,3	89,6 ± 3,4
50	6,8 ± 1,6	3,2 ± 1,1	71,0 ± 32	2,5 ± 0,3	75,0 ± 13
100	4,5 ± 2,1	3,2 ± 1,6	95,0 ± 30	1,9 ± 0,4	85,7 ± 12
Organismes demeurés dans le lac La Bruère					
0	11,3 ± 2,0	11,3 ± 2,0	72,6 ± 11	3,4 ± 0,9	97,5 ± 10
5	10,1 ± 3,1	< LD	83,3 ± 8,6	3,1 ± 0,6	101,6 ± 19
20	10,1 ± 3,1	9,6 ± 3,8	88,2 ± 26	3,5 ± 0,8	102 ± 13
50	8,0 ± 3,3	6,2 ± 1,5	75,6 ± 28	3,1 ± 0,5	88,9 ± 6,9
100	7,3 ± 2,6	3,1 ± 1,5	110 ± 57	2,6 ± 0,3	90,1 ± 11
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard					
0	11,3 ± 2,0	11,3 ± 2,0	72,6 ± 11	3,4 ± 0,9	97,5 ± 10
5	18,1 ± 6,5	18,0 ± 11	170 ± 110	3,6 ± 1,0	87,7 ± 20
20	14,1 ± 7,4	6,1 ± 2,4	110 ± 25	3,0 ± 0,2	103 ± 14
50	6,8 ± 2,1	5,1 ± 2,2	68,8 ± 20	2,8 ± 0,5	82,6 ± 13
100	12,8 ± 3,1	7,7 ± 5,3	130 ± 55	2,0 ± 0,3	98,3 ± 8,6

<sup>a</sup> Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

<sup>b</sup> Plus petit que la limite de détection analytique.

TABLEAU 4.13 Concentrations<sup>a</sup> de métaux traces dans le pied des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard					
0	34,5 ± 14	< LD <sup>b</sup>	180 ± 88	3,9 ± 0,6	150 ± 19
5	< LD	< LD	140 ± 40	3,5 ± 1,8	150 ± 36
20	19,3 ± 3,9	10,5 ± 5,0	130 ± 34	3,4 ± 0,9	140 ± 19
50	15,1 ± 8,3	6,1 ± 2,8	120 ± 39	3,6 ± 0,3	110 ± 12
100	27,3 ± 19	24,9 ± 9,6	150 ± 30	3,4 ± 0,5	140 ± 11
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère					
0	34,5 ± 14	< LD	180 ± 88	3,9 ± 0,6	150 ± 19
5	33,1 ± 6,6	< LD	170 ± 54	5,4 ± 1,4	150 ± 29
20	27,9 ± 12	11,0 ± 4,1	110 ± 39	3,6 ± 0,5	130 ± 18
50	15,3 ± 7,7	11,7 ± 8,3	100 ± 50	4,6 ± 0,9	110 ± 13
100	8,4 ± 3,1	11,8 ± 3,6	160 ± 160	3,4 ± 0,8	120 ± 15
Organismes demeurés dans le lac La Bruère					
0	25,6 ± 18	19,1 ± 6,1	180 ± 200	6,4 ± 1,4	150 ± 28
5	< LD	38,0 ± 20,0	130 ± 90	5,3 ± 1,1	130 ± 6,2
20	10,9 ± 6,6	15,4 ± 8,3	270 ± 210	4,6 ± 1,5	140 ± 12
50	10,5 ± 6,4	12,3 ± 4,6	74,7 ± 16	4,4 ± 0,8	120 ± 15
100	15,6 ± 10	8,7 ± 6,0	210 ± 91	4,7 ± 1,1	130 ± 14
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard					
0	25,6 ± 18	19,1 ± 6,1	180 ± 200	6,4 ± 1,4	150 ± 28
5	32,2 ± 4,1	36,1 ± 14	600 ± 880	8,9 ± 4,1	160 ± 37
20	17,9 ± 6,7	22,0 ± 13	93,0 ± 17	4,6 ± 0,5	150 ± 7,4
50	10,7 ± 3,6	19,3 ± 8,9	140 ± 180	5,0 ± 1,5	130 ± 18
100	18,8 ± 3,5	32,2 ± 17	210 ± 73	4,9 ± 1,0	105 ± 15

<sup>a</sup> Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

<sup>b</sup> Plus petit que la limite de détection analytique.

TABLEAU 4.14 Concentrations de métaux traces dans les glochidia des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Cu] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Fe] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Pb] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Zn] ( $\mu\text{g/g}$ )
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard <sup>a</sup>					
100	51,2 $\pm$ 16	54,4 $\pm$ 20	330 $\pm$ 150	2,2 $\pm$ 0,6	140 $\pm$ 22
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère <sup>a</sup>					
100	16,9 $\pm$ 13	25,4 $\pm$ 13	110 $\pm$ 110	1,1 $\pm$ 0,6	91,1 $\pm$ 49
Organismes demeurés dans le lac La Bruère <sup>b</sup>					
100	18,4	41,7	180	1,7	150
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard <sup>b</sup>					
100	7,4	18,5	120	1,1	64,1

<sup>a</sup> Moyenne de trois organismes et écart type.

<sup>b</sup> Un seul spécimen.

TABLEAU 4.15 Concentrations<sup>a</sup> reconstituées de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn dans les spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert d'organismes.

t (jours)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
Organismes demeurés dans le lac Montbeillard					
0	93,1 ± 26	64,4 ± 14	750 ± 310	12,5 ± 1,8	200 ± 62
5	55,1 ± 20	57,0 ± 18	700 ± 380	10,1 ± 2,1	180 ± 56
20	110 ± 35	71,4 ± 3	620 ± 170	8,0 ± 1,1	210 ± 21
50	70,0 ± 32	88,4 ± 19	460 ± 280	7,6 ± 1,4	200 ± 65
100	83,1 ± 23	96,5 ± 29	581 ± 160	6,8 ± 1,4	230 ± 17
Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère					
0	93,1 ± 26	64,4 ± 14	750 ± 310	12,5 ± 1,8	200 ± 62
5	87,5 ± 23	75,1 ± 32	710 ± 320	9,0 ± 2,5	260 ± 50
20	57,0 ± 12	50,5 ± 17	330 ± 51	6,7 ± 1,3	180 ± 20
50	42,5 ± 11	43,3 ± 10	350 ± 170	5,2 ± 0,9	130 ± 27
100	40,7 ± 20	78,2 ± 41	450 ± 200	5,8 ± 2,2	200 ± 95
Organismes demeurés dans le lac La Bruère					
0	30,7 ± 6,8	69,9 ± 12	888 ± 450	22,7 ± 8,3	570 ± 320
5	42,4 ± 7,3	100 ± 41	521 ± 240	10,9 ± 1,2	580 ± 290
20	62,1 ± 23	98,0 ± 28	1 119 ± 800	13,6 ± 5,0	470 ± 170
50	51,5 ± 33	97,4 ± 40	513 ± 370	9,6 ± 2,9	310 ± 160
100	68,5 ± 31	98,9 ± 25	1 051 ± 390	8,8 ± 2,4	390 ± 91
Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard					
0	30,7 ± 6,9	69,9 ± 12	890 ± 450	22,7 ± 8,3	568 ± 320
5	70,6 ± 19	140 ± 33	980 ± 470	31,1 ± 9,6	703 ± 250
20	77,2 ± 32	140 ± 40	840 ± 520	16,1 ± 5,0	576 ± 150
50	55,5 ± 16	100 ± 28	520 ± 280	13,2 ± 2,8	405 ± 110
100	78,2 ± 28	120 ± 32	630 ± 140	9,4 ± 1,8	341 ± 85

<sup>a</sup> Moyenne de six organismes (sauf à t = 0, cinq organismes), et écart type; les concentrations sont calculées avec l'équation (3.1).

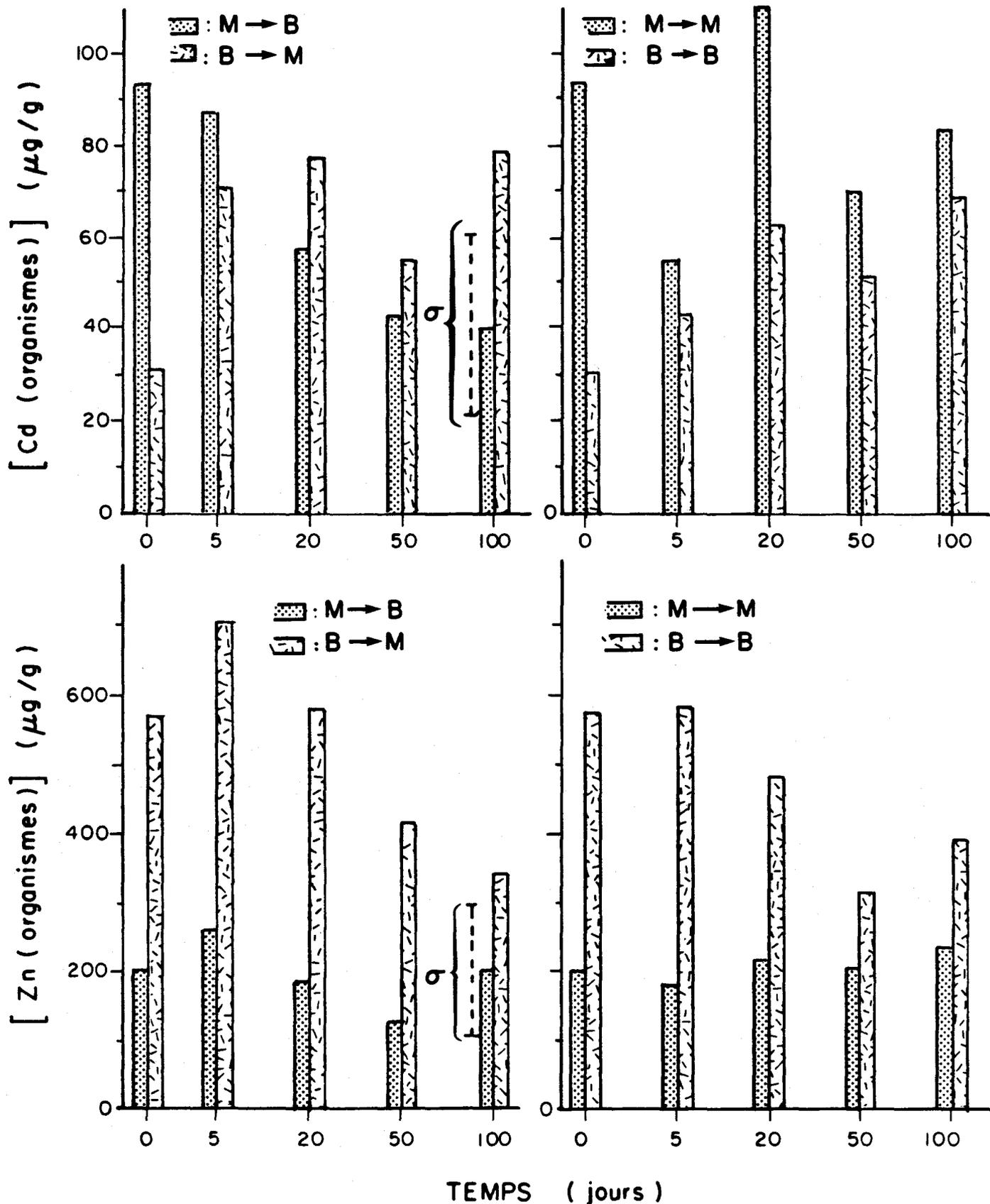


FIGURE 4.2 Variations des concentrations reconstituées de Cd, Pb et Zn dans des spécimens de *A. grandis* en fonction du temps. La notation B correspond au lac La Bruère et M au lac Montbeillard. La flèche signifie le transfert d'organismes d'un lac à l'autre.

#### 4.3.1 Variations des concentrations de métaux dans l'ensemble des tissus mous

Les résultats de l'analyse de variance des concentrations reconstituées de métaux est présentée, pour chacun des métaux, dans les tableaux 4.16 à 4.20. Cette analyse met en évidence des différences très significatives entre les valeurs moyennes des concentrations des quatre séries d'organismes (transférés à Montbeillard; transférés à La Bruère; demeurés à Montbeillard; demeurés à La Bruère) étudiés pour le Cd, Cu, Pb et Zn, mais non pour le Fe (variation spatiale). Par ailleurs, des différences très significatives entre les valeurs moyennes des concentrations calculées à un temps donné sur les quatre séries sont observées pour Cd, Fe, Pb et Zn, mais non pour Cu (variation temporelle). De plus, les variations spatiales et temporelles interagissent significativement pour le Pb ( $F = 0,025$ ), et très significativement pour le Cd ( $F = 0,01$ ).

Le test de Duncan d'analyse de variance a posteriori établit que l'écart de concentrations internes de métaux traces entre les spécimens originaires des lacs Montbeillard et La Bruère n'est significatif, au début de l'expérience, que pour Cd, Pb et Zn et non pour Cu et Fe. Pour le Cd (tableau 4.15; figure 4.2), le test de Duncan établit que des variations significatives de concentration entre les séries "organismes de contrôle" et "organismes transférés" se produisent uniquement à 20 et 100 jours, et cela seulement pour les organismes originaires du lac Montbeillard (figure 4.2). Lorsqu'on analyse (test de Duncan) les variations de concentration de Cd dans le temps à l'intérieur de chacune des quatre séries d'organismes, on constate que toutes les séries présentent quelques variations temporelles significatives entre le début et la fin de l'expérience. En ce qui concerne le Zn, ce même test a mis en évidence que les séries "organismes de contrôle" et "organismes transférés" originaires du même lac sont très rapprochées et ne diffèrent pas significativement; par contre, il y a un écart de concentration significatif, dans chacun des deux lacs, entre la série "organismes transférés" et la série "organismes de contrôle" du lac récepteur. Cet écart demeure significatif tout au long de l'expérience. En

TABLEAU 4.16 Analyse de variance des valeurs<sup>a</sup> moyennes de concentration de Cd, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement.

Source de variation	Degrés de liberté (V)	Variance SC <sup>b</sup> /V	F	Signification de F
<u>Effets principaux</u>	7	0,116	4,88	0,001
Série	3	0,173	7,27	0,001
Temps	4	0,068	2,85	0,029
<u>Interactions</u>	12	0,121	5,07	0,001
Série-temps	12	0,121	5,07	0,001
Variance expliquée	19	0,115	4,82	0,001
Variance résiduelle	83	0,024		
Total	102	0,041		

TABLEAU 4.17 Analyse de variance des valeurs<sup>a</sup> moyennes de concentration de Cu, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement.

Source de variation	Degrés de liberté (V)	Variance SC <sup>b</sup> /V	F	Signification de F
<u>Effets principaux</u>	7	0,246	7,69	0,001
Série	3	0,525	16,40	0,001
Temps	4	0,026	0,82	0,516
<u>Interactions</u>	12	0,039	1,23	0,278
Série-temps	12	0,039	1,23	0,278
Variance expliquée	19	0,118	3,70	0,001
Variance résiduelle	83	0,032		
Total	102	0,048		

<sup>a</sup> Transformées sur une échelle logarithmique.

<sup>b</sup> SC représente la somme des carrés des écarts à la moyenne.

TABLEAU 4.18 Analyse de variance des valeurs<sup>a</sup> moyennes de concentration de Fe, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement.

Source de variation	Degrés de liberté (V)	Variance SC <sup>b</sup> /V	F	Signification de F
<u>Effets principaux</u>	7	0,183	3,96	0,001
Série	3	0,123	2,66	0,054
Temps	4	0,226	4,89	0,001
<u>Interactions</u>	12	0,060	1,31	0,229
Série-temps	12	0,060	1,31	0,229
Variance expliquée	19	0,117	2,53	0,002
Variance résiduelle	83	0,046		
Total	102	0,059		

TABLEAU 4.19 Analyse de variance des valeurs<sup>a</sup> moyennes de concentration de Pb, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement.

Source de variation	Degrés de liberté (V)	Variance SC <sup>b</sup> /V	F	Signification de F
<u>Effets principaux</u>	7	0,474	34,2	0,001
Série	3	0,610	44,0	0,001
Temps	4	0,358	25,9	0,001
<u>Interactions</u>	12	0,029	2,11	0,025
Série-temps	12	0,029	2,11	0,025
Variance expliquée	19	0,201	14,5	0,001
Variance résiduelle	83	0,014		
Total	102	0,049		

<sup>a</sup> Transformées sur une échelle logarithmique.

<sup>b</sup> SC représente la somme des carrés des écarts à la moyenne.

TABLEAU 4.20 Analyse de variance des valeurs<sup>a</sup> moyennes de concentration de Zn, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement.

Source de variation	Degrés de liberté (V)	Variance $SC^b/V$	F	Signification de F
<u>Effets principaux</u>	7	0,535	26,9	0,001
Série	3	1,115	56,0	0,001
Temps	4	0,113	5,67	0,001
<u>Interactions</u>	12	0,036	1,80	0,061
Série-temps	12	0,036	1,80	0,061
Variance expliquée	19	0,220	11,1	0,001
Variance résiduelle	83	0,020		
Total	102	0,057		

<sup>a</sup> Transformées sur une échelle logarithmique.

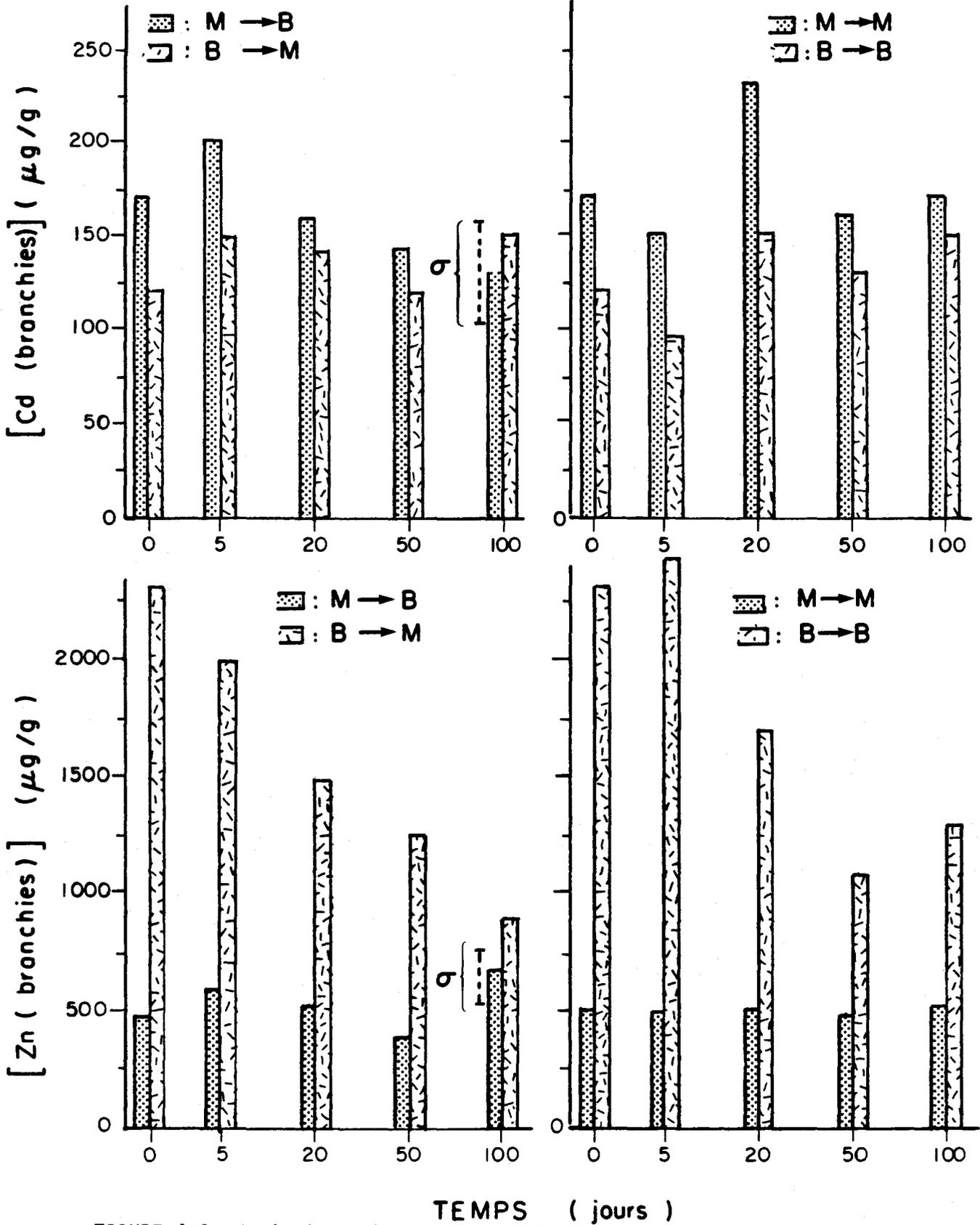
<sup>b</sup> SC représente la somme des carrés des écarts à la moyenne.

outre, dans le cas des deux séries d'organismes transférés, les concentrations de Zn présentent des variations très significatives dans le temps. Cette variation temporelle est particulièrement évidente dans le cas des organismes transférés au lac Montbeillard, qui manifestent une décroissance de concentration continue entre 5 et 100 jours.

L'analyse statistique des résultats montre que les concentrations de cuivre, de fer et de plomb dans les organismes présentent peu de variation spatiale ou temporelle; ces trois métaux présentent donc peu d'intérêt pour ce travail et un traitement plus approfondi des résultats s'y rapportant n'est pas approprié. On remarque également que même le cadmium et le zinc qui présentent le plus de variation spatiale ou temporelle, montrent des grandes variabilités autour des valeurs moyennes de concentration (voir figure 4.2); l'écart type dépasse dans plusieurs cas l'écart de concentration moyenne entre les séries "organismes de contrôle" et "organismes transférés".

#### 4.3.2 Variation des concentrations de métaux dans les organes individuels

Les concentrations de métaux dans les organes individuels montrent beaucoup de variabilité autour des moyennes (tableaux 4.8 à 4.14); même si on observe des variations des concentrations dans le temps, il est difficile de dégager des tendances sauf pour Cd et Zn dans les branchies (voir figure 4.3). Une comparaison des figures 4.2 et 4.3 indique un comportement semblable, en fonction du temps, des concentrations de métaux dans les branchies et dans l'organisme entier; ceci est dû sans doute à la contribution très importante des branchies à la quantité totale de métaux dans les bivalves (voir figure 4.4). En effet, parmi les différents organes étudiés, les branchies fournissent la contribution la plus importante au contenu en métal des organismes (entre 50 et 75%, dépendant du métal); la contribution est spécialement élevée pour le cuivre et le zinc. Les contributions du manteau et de la masse viscérale suivent en importance celle des branchies (et des glochidia lorsque présents); les contributions de l'hépatopancréas, du muscle et du pied sont plus faibles, leur somme ne dépassent dans aucun cas 19% du contenu total en métal dans l'organisme (tableau 4.21).



TEMPS ( jours )  
FIGURE 4.3 Variations des concentrations des métaux traces dans les bronchies des spécimens de *A. grandis* en fonction du temps dans les deux lacs. La notation B au lac La Bruère et M au lac Montbeillard. La flèche signifie le transfert d'un lac à l'autre.

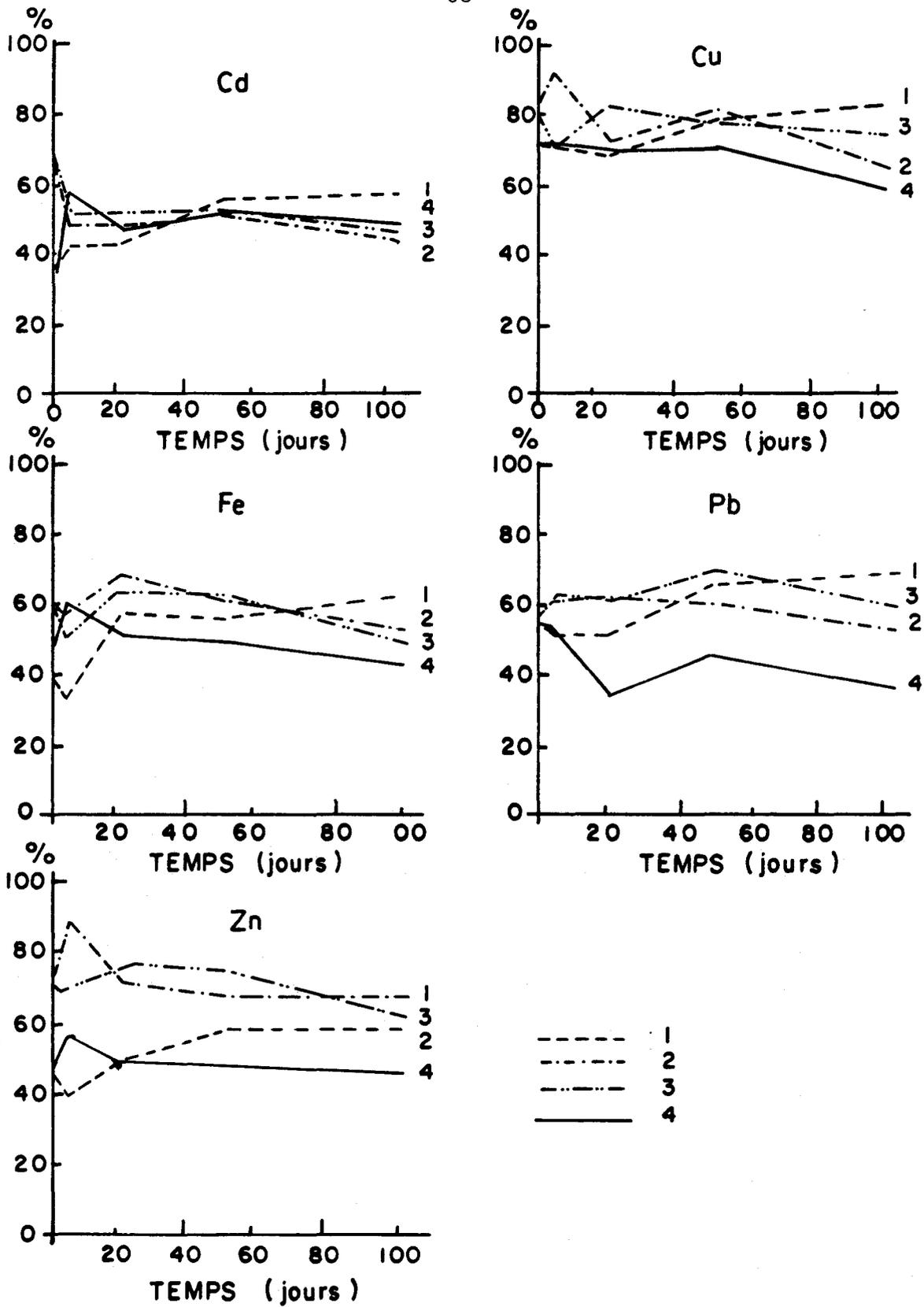


FIGURE 4.4 Contribution des branchies à la teneur totale en métaux traces chez *A. grandis* en fonction du temps. 1: contrôle Montbeillard; 2: transférés de La Bruère à Montbeillard; 3: transférés de Montbeillard à La Bruère; 4: contrôle La Bruère.

TABLEAU 4.21 Répartition de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert.

Organe <sup>a</sup>	Poids sec (%)	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
Branchies	21,94	51,0	75,5	51,4	55,9	61,4
Manteau	22,91	19,2	9,7	9,9	11,2	13,5
Masse viscérale	33,70	17,9	7,6	19,8	17,7	11,0
Reste des organes <sup>b</sup>	21,44	11,9	7,2	18,9	15,2	14,1

<sup>a</sup> n = 113 organismes.

<sup>b</sup> Ces valeurs incluent la contribution des glochidia des organismes gravides prélevés au mois de septembre (n = 12), dont la contribution moyenne à cette époque de l'année était de 11,4%.

#### 4.4 Séries supplémentaires: concentrations de métaux dans les tissus

Les données allométriques individuelles des spécimens de A. grandis prélevés en septembre pour étudier l'effet de paramètres biologiques sur les teneurs en métaux des bivalves sont présentées à l'annexe, dans les tableaux A.5 et A.6 pour les spécimens originaires du lac Montbeillard et A.7 et A.8 pour les spécimens originaires du lac La Bruère.

Les concentrations de Cd, de Cu, de Fe, de Pb et de Zn dans les organes individuels des spécimens de A. grandis sont, pour leur part, données à l'annexe, dans les tableaux A.11 (lac Montbeillard) et A.12 (lac La Bruère); les valeurs moyennes sont données dans le tableau 4.22. Les concentrations des mêmes métaux, reconstituées avec l'équation (3.1), en utilisant les concentrations données en annexe dans les tableaux A.11 et A.12 et les poids des organes donnés dans les tableaux A.6 et A.8, sont données en annexe dans les tableaux A.13 (lac Montbeillard) et A.14 (lac La Bruère); les valeurs moyennes et les écarts types sont présentés dans le tableau 4.23. Ce tableau 4.23 montre que la présence des glochidia diminue la concentration des métaux dans l'organisme pris dans son entier; ceci est dû au fait que le poids des glochidia est élevé alors que leur concentration de métaux est relativement faible.

Les tableaux 4.24 et 4.25 montrent la répartition des métaux traces respectivement dans les tissus des spécimens gravides et non gravides de A. grandis. On remarque une claire diminution de la contribution des branchies et du manteau à la teneur totale de métaux dans le cas des organismes gravides. Cette diminution s'explique par la contribution des glochidia à la teneur totale.

#### 4.5 Séries supplémentaires: relations entre le poids des organismes et la concentration ou le contenu en métaux des tissus

On constate, de façon régulière, une forte variabilité des concentrations de métaux dans les tissus mous de spécimens de A. grandis (voir par exemple le tableau 4.15); cette variabilité est beaucoup plus élevée que la

TABLEAU 4.22 Concentrations moyennes de métaux traces dans les organes individuels des spécimens de A. grandis prélevés au mois de septembre (série supplémentaire).

Organe	[Cd] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Cu] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Fe] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Pb] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Zn] ( $\mu\text{g/g}$ )
<u>Lac Montbeillard<sup>a</sup></u>					
Branchies	150 $\pm$ 55	310 $\pm$ 74	1 200 $\pm$ 520	16,0 $\pm$ 5,3	450 $\pm$ 120
Manteau	74,5 $\pm$ 28	58,1 $\pm$ 20	440 $\pm$ 240	3,3 $\pm$ 1,2	180 $\pm$ 43
Hépatopancréas	45,0 $\pm$ 17	68,7 $\pm$ 10	240 $\pm$ 89	4,2 $\pm$ 1,1	160 $\pm$ 22
Masse viscérale	52,5 $\pm$ 34	31,7 $\pm$ 13	630 $\pm$ 430	3,3 $\pm$ 1,1	110 $\pm$ 32
Muscle	9,3 $\pm$ 4,3	8,6 $\pm$ 6,3	130 $\pm$ 53	1,9 $\pm$ 0,7	82,2 $\pm$ 15
Pied	23,0 $\pm$ 24	33,8 $\pm$ 46	170 $\pm$ 86	3,3 $\pm$ 1,4	120 $\pm$ 38
Glochidia	48,8 $\pm$ 25	78,7 $\pm$ 50	380 $\pm$ 180	2,3 $\pm$ 1,7	130 $\pm$ 43
<u>Lac La Bruère<sup>b</sup></u>					
Branchies	150 $\pm$ 67	510 $\pm$ 150	1 360 $\pm$ 900	32,7 $\pm$ 24	930 $\pm$ 380
Manteau	49,5 $\pm$ 37	47,9 $\pm$ 24	260 $\pm$ 300	3,7 $\pm$ 0,8	160 $\pm$ 66
Hépatopancréas	23,2 $\pm$ 19	55,0 $\pm$ 15	180 $\pm$ 98	5,3 $\pm$ 1,9	150 $\pm$ 33
Masse viscérale	19,7 $\pm$ 47	15,2 $\pm$ 13	260 $\pm$ 520	3,1 $\pm$ 1,3	76,1 $\pm$ 29
Muscle	7,2 $\pm$ 13	5,5 $\pm$ 8,8	67,5 $\pm$ 30	2,2 $\pm$ 0,5	80,8 $\pm$ 11
Pied	13,7 $\pm$ 33	24,9 $\pm$ 28	100 $\pm$ 39	3,8 $\pm$ 1,0	140 $\pm$ 30
Glochidia	22,4 $\pm$ 7,1	68,7 $\pm$ 16	200 $\pm$ 80	5,2 $\pm$ 3,9	230 $\pm$ 104

<sup>a</sup> Moyenne de 38 organismes (sauf glochidia, 16 organismes) et écart type.

<sup>b</sup> Moyenne de 32 organismes (sauf glochidia, 6 organismes) et écart type.

TABLEAU 4.23 Valeurs moyennes (et écarts types) des concentrations reconstituées de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn dans les spécimens de A. grandis prélevés au mois de septembre (série supplémentaire).

	Poids (g)	[Cd] (µg/g)	[Cu] (µg/g)	[Fe] (µg/g)	[Pb] (µg/g)	[Zn] (µg/g)
<u>Organismes du lac Montbeillard</u>						
qui contenaient des glochidia	1,12 ± 0,49 (n = 16)	66,0 ± 24	79,5 ± 18	510 ± 210	4,7 ± 0,9	210 ± 180
qui ne contenaient pas de glochidia	0,76 ± 0,59 (n = 22)	65,8 ± 22	110 ± 23	580 ± 260	5,6 ± 1,7	200 ± 43
valeurs moyennes <sup>a</sup>	0,91 ± 0,57	65,9 ± 23	98,7 ± 27	550 ± 240	5,2 ± 1,5	210 ± 120
<u>Organismes du lac La Bruère</u>						
qui contenaient des glochidia	2,90 ± 0,68 (n = 6)	30,0 ± 8,2	75,7 ± 7,1	280 ± 100	9,6 ± 5,7	310 ± 81
qui ne contenaient pas de glochidia	1,92 ± 0,79 (n = 26)	47,3 ± 56	95,8 ± 45	440 ± 590	6,6 ± 2,7	240 ± 160
valeurs moyennes <sup>b</sup>	2,10 ± 0,85	44,2 ± 51	92,1 ± 41	410 ± 530	7,2 ± 3,5	230 ± 150

<sup>a</sup> Valeurs moyennes de 38 organismes.

<sup>b</sup> Valeurs moyennes de 32 organismes.

TABLEAU 4.24 Répartition de la quantité de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens gravides de A. grandis prélevés au mois de septembre (série supplémentaire).

Organe	Poids sec (%)	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
<u>Lac Montbeillard<sup>a</sup></u>						
Branchies	12,2	30,9	44,9	30,9	48,9	34,7
Manteau	18,7	20,9	10,6	14,6	11,6	17,9
Hépatopancréas	1,8	1,3	1,4	0,8	1,8	1,6
Masse viscérale	18,1	17,5	6,1	24,5	13,0	10,8
Muscle	7,0	0,8	0,4	1,5	2,7	3,2
Pied	4,9	2,0	2,1	1,2	3,9	3,8
Glochidia	37,3	26,4	34,4	26,5	18,1	28,3
<u>Lac La Bruère<sup>b</sup></u>						
Branchies	8,3	36,9	52,8	34,0	60,9	44,2
Manteau	20,4	26,4	9,8	14,7	8,1	13,0
Hépatopancréas	6,9	4,3	4,9	5,2	4,0	4,3
Masse viscérale	28,4	11,6	5,8	22,3	8,6	7,0
Muscle	4,2	0,5	0,6	0,9	1,1	1,4
Pied	3,2	0,7	1,6	1,0	1,3	1,7
Glochidia	28,6	19,6	24,5	21,9	15,9	28,4

<sup>a</sup> n = 16 organismes.

<sup>b</sup> n = 6 organismes.

TABLEAU 4.25 Répartition de la quantité de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens non gravides de A. grandis prélevés au mois de septembre (série supplémentaire).

Organe	Poids sec (%)	Cd	Cu	Fe	Pb	Zn
<u>Lac Montbeillard<sup>a</sup></u>						
Branchies	21,6	44,1	64,0	64,8	54,2	52,9
Manteau	23,6	26,1	14,5	29,6	15,1	24,2
Hépatopancréas	9,8	6,0	6,6	1,8	6,8	8,6
Masse viscérale	30,3	19,5	10,3	2,7	17,5	6,2
Muscle	8,1	1,3	1,2	0,2	2,9	3,8
Pied	6,6	2,0	2,0	0,6	3,4	4,3
<u>Lac La Bruère<sup>b</sup></u>						
Branchies	14,2	46,6	75,1	48,9	54,1	55,2
Manteau	25,2	27,9	12,7	17,2	14,5	18,8
Hépatopancréas	7,6	3,9	4,3	3,4	6,2	5,3
Masse viscérale	43,0	19,8	6,6	28,5	21,1	15,9
Muscle	6,3	1,1	0,2	1,0	2,1	2,3
Pied	3,7	1,2	1,0	0,9	2,1	2,5

a n = 22 organismes.

b n = 26 organismes.

précision analytique pour l'ensemble des opérations. Les données recueillies pour les séries supplémentaires nous permettent de vérifier (à l'aide de l'analyse de régression) si la grande variabilité des concentrations (ou des contenus) de métaux dans les tissus peut être expliquée, au moins en partie par des variations de poids des individus.

Les paramètres des régressions entre le contenu ou la concentration des métaux traces et le poids des organismes sont présentés dans le tableau 4.26. À titre d'exemple les figures 4.5 à 4.8 montrent respectivement des relations entre le contenu ou la concentration de cuivre et le poids des spécimens de A. grandis prélevés dans les lacs La Bruère et Montbeillard.

Le test de F utilisé pour établir la différence entre deux coefficients de régression a montré qu'à l'exception de la teneur et de la concentration de fer, les coefficients de régression des autres métaux, ne diffèrent pas significativement d'un lac à l'autre ( $P < 0,05$ ). En outre, aucune différence significative n'a été observée entre les coefficients de régression des cinq métaux à l'intérieur du lac La Bruère; par contre, dans le lac Montbeillard, les coefficients de la teneur et de la concentration de Fe, diffèrent significativement de ceux de Cd, de Cu et de Zn, de même que les coefficients de la concentration de Cu par rapport à celui du Zn.

En considérant les coefficients de corrélation ( $r$ ) et de détermination ( $r^2$ ), obtenus entre les concentrations de métaux et le poids des organismes (tableau 4.26), la pente de la courbe de régression du Cu dans le lac Montbeillard a été utilisée pour normaliser les concentrations de métaux reconstituées des spécimens originaires du même lac soumis aux expériences de transfert (tableau 4.15), à l'aide de l'équation suivante:

$$\log [M]_n = \log [M] - B \log \frac{P}{P_n} \quad (4.2)$$

TABLEAU 4.26 Valeurs des paramètres associés à la régression du logarithme de la teneur et du logarithme de la concentration de métaux traces, par rapport au log du poids de l'organisme.

Descripteur	Cd		Cu		Fe		Pb		Zn	
	µg	µg·g <sup>-1</sup>								
<u>Lac La Bruère<sup>a</sup></u>										
Corrélation (R)	0,64	0,04	0,77	- 0,32	0,58	- 0,06	0,62	- 0,34	0,70	- 0,05
Signification de R	< 0,01	0,42	< 0,01	0,37	< 0,01	0,38	< 0,01	0,29	< 0,01	0,40
R carré (R <sup>2</sup> )	0,41	< 0,01	0,60	0,10	0,33	< 0,01	0,39	0,11	0,48	< 0,01
Ordonnée à l'origine (A)	1,60	1,55	1,99	2,00	2,49	2,51	0,89	0,90	2,30	2,31
Signification de A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Erreur standard sur A	0,07	0,07	0,04	0,04	0,09	0,08	0,05	0,06	0,06	0,06
Pente (B)	0,89	0,04	0,81	- 0,21	0,99	- 0,07	0,70	- 0,31	0,97	- 0,04
Signification de B	< 0,01	0,42	< 0,01	0,04	< 0,01	0,38	< 0,01	0,29	< 0,01	0,40
Erreur standard sur B	0,19	0,19	0,12	0,11	0,26	0,24	0,16	0,16	0,18	0,18
<u>Lac Montbeillard<sup>b</sup></u>										
Corrélation (R)	0,92	0,50	0,94	- 0,60	0,94	0,52	0,88	- 0,53	0,97	0,15
Signification de R	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
R carré (R <sup>2</sup> )	0,85	0,25	0,88	0,36	0,88	0,27	0,77	0,28	0,94	0,02
Ordonnée à l'origine (A)	1,81	1,83	1,95	1,95	2,74	2,74	0,66	0,65	2,27	2,30
Signification de A	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Erreur standard sur A	0,03	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Pente (B)	1,19	0,23	0,78	- 0,22	1,29	0,29	0,72	- 0,26	1,06	0,06
Signification de B	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,18
Erreur standard sur B	0,08	0,07	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07	0,07	0,04	0,07

<sup>a</sup> n = 32 organismes.

<sup>b</sup> n = 38 organismes.

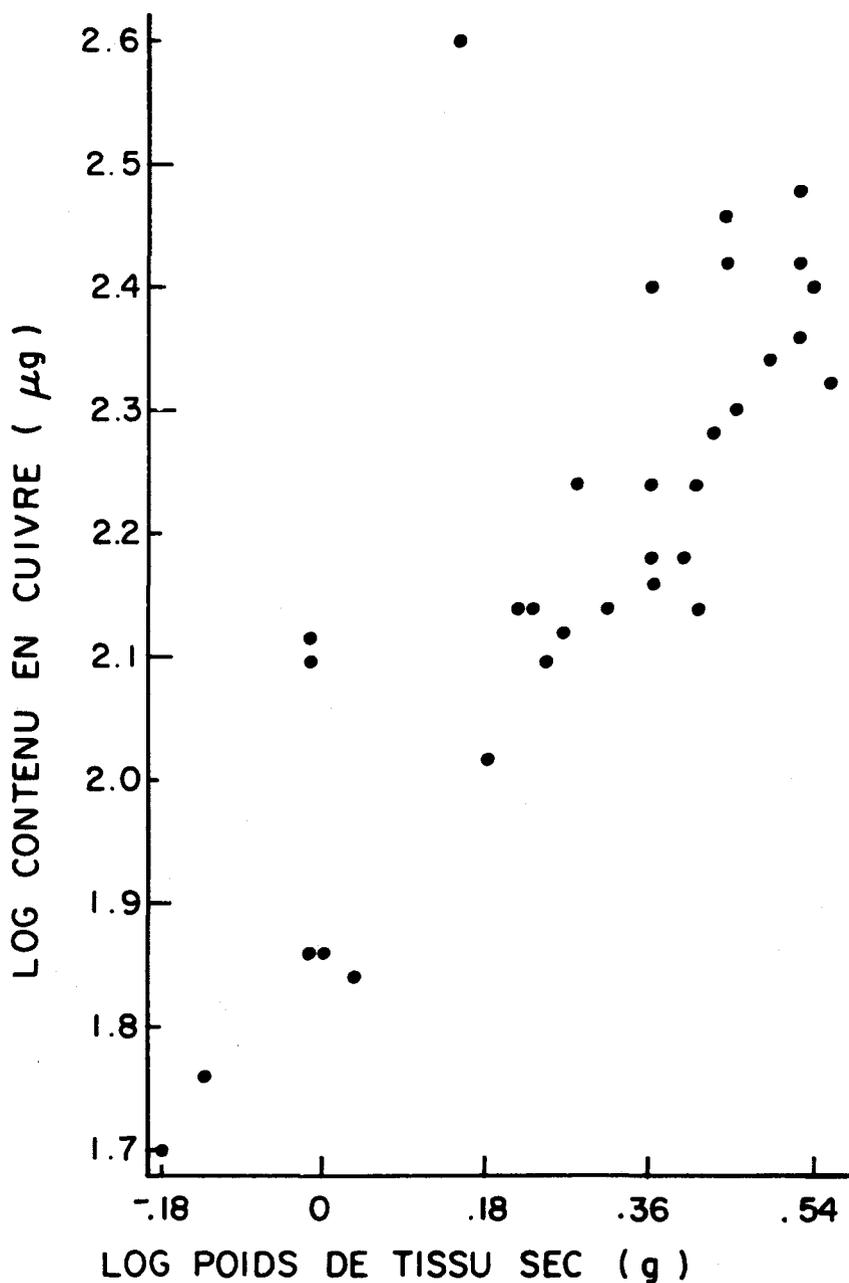


FIGURE 4.5 Relation entre le log de la teneur en cuivre dans les tissus mous de *A. grandis* et le log du poids des organismes. La quantité de l'élément dans les tissus est reliée au poids à la puissance 0,81. Les données correspondent à des spécimens prélevés au lac La Bruère, Québec.

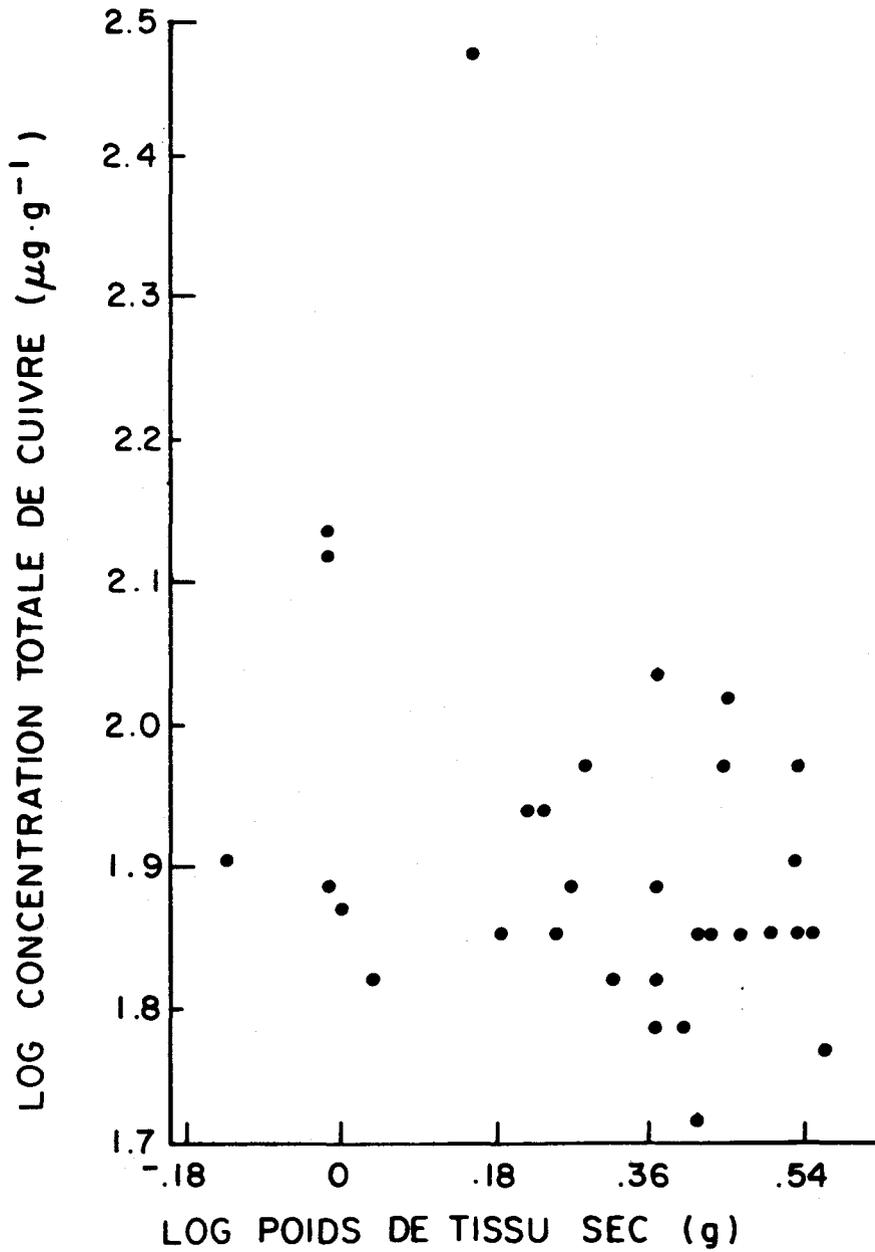


FIGURE 4.6 Relation entre le log de la concentration de cuivre dans les tissus mous de *A. grandis* et le log du poids des organismes. La concentration de l'élément dans les tissus est reliée au poids à la puissance -0,21. Les données correspondent à des spécimens prélevés au lac La Bruère, Québec.

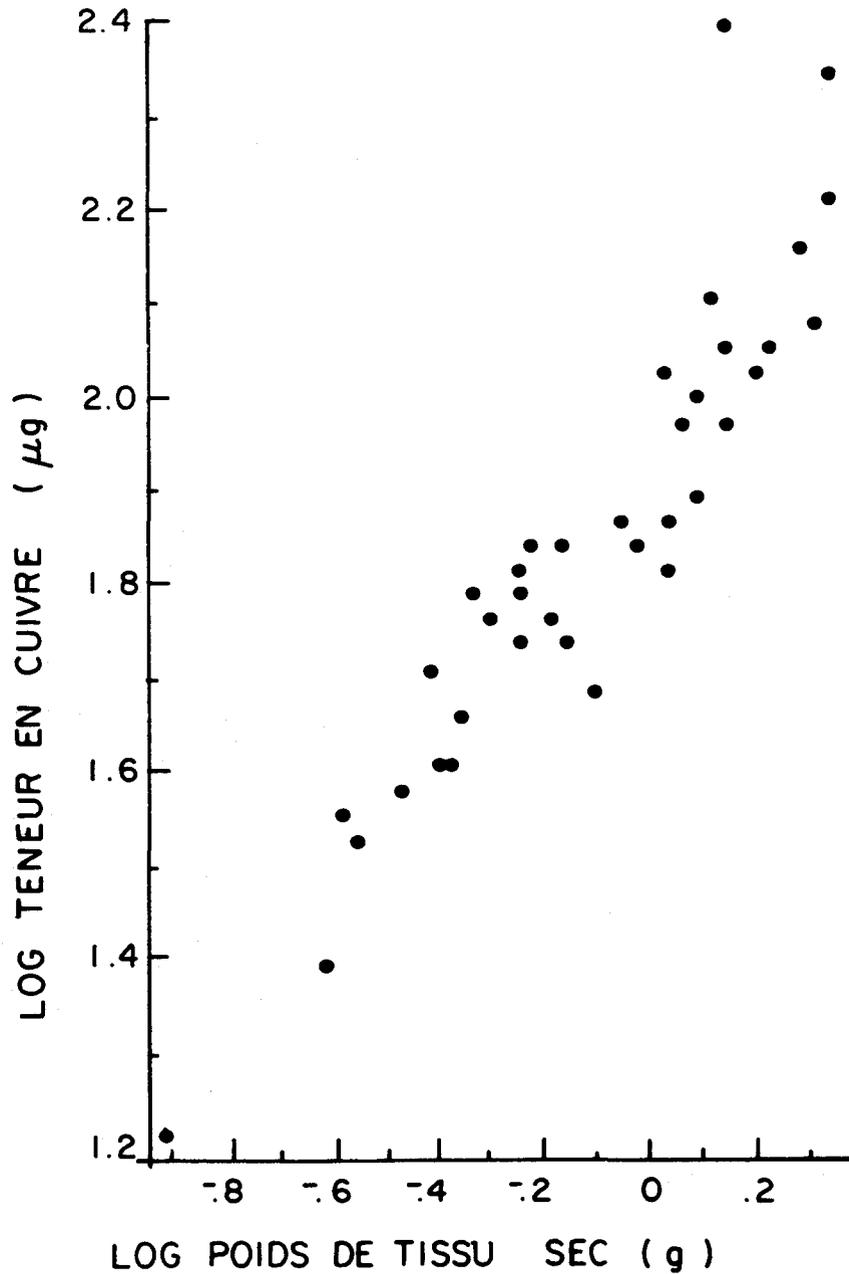


FIGURE 4.7 Relation entre le log de la teneur en cuivre dans les tissus mous de *A. grandis* et le log du poids des organismes. La quantité de l'élément dans les tissus est reliée au poids à la puissance 0,78. Les données correspondent à des spécimens prélevés au lac Montbeillard, Québec.

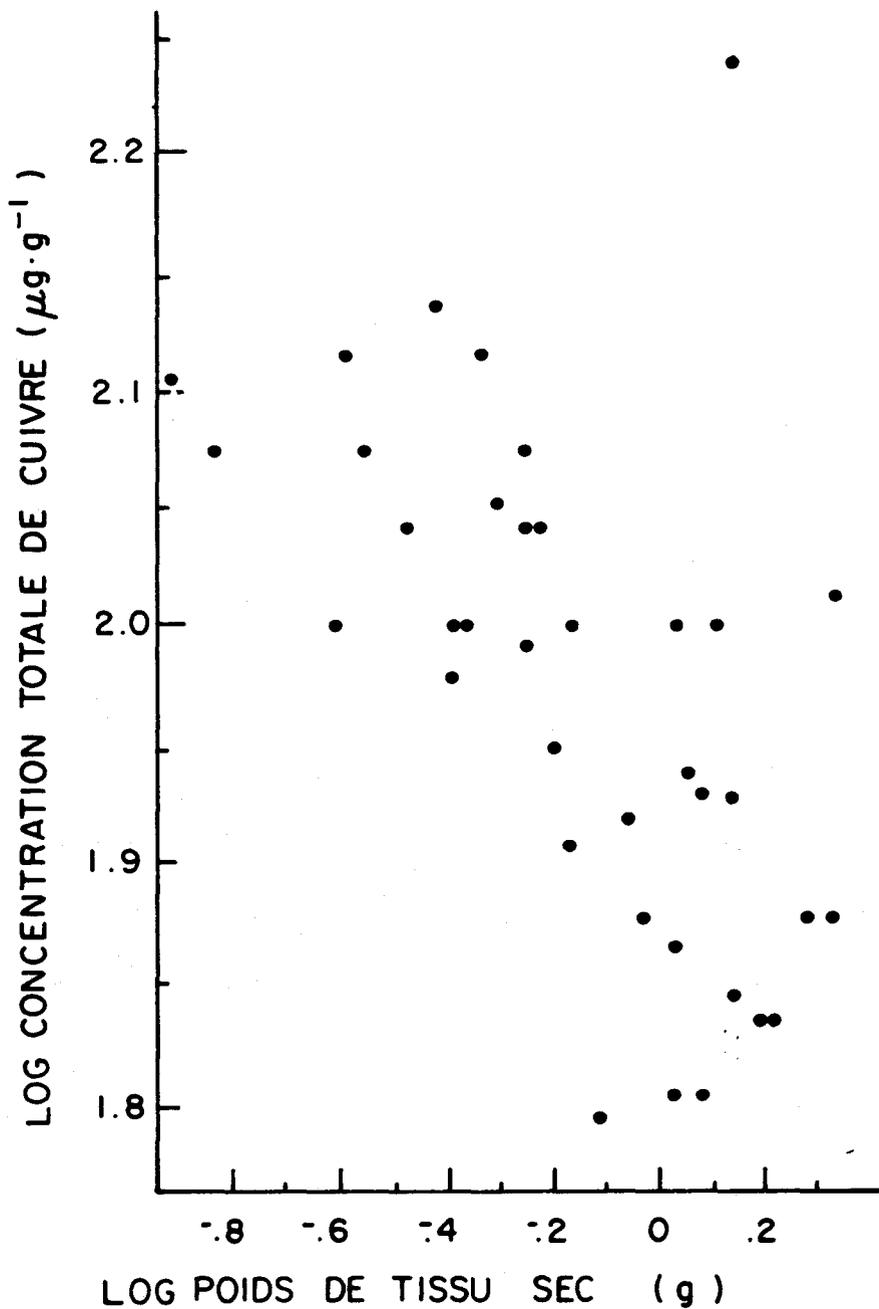


FIGURE 4.8 Relation entre le log de la concentration de cuivre dans les tissus mous de *A. grandis* et le log du poids des organismes. La concentration de l'élément dans les tissus est reliée au poids à la puissance -0,22. Les données correspondent à des spécimens prélevés au lac Montbeillard, Québec.

où  $[M]_n$  est la concentration de métal normalisée par rapport au poids de l'organisme;  $[M]$  est la concentration de métal mesurée et qu'on veut normaliser;  $B$  est le coefficient de régression de la relation entre le log de la concentration du métal dans les tissus des organismes et le log de leur poids,  $P$ ;  $P_n$  est le poids normalisé (on a utilisé ici  $P_n$  = poids moyen de la population étudiée). Cette procédure n'a pas cependant diminué le coefficient de variation (C.V.) de la concentration de cuivre dans les tissus des spécimens originaires de ce lac (le C.V. des concentrations de cuivre normalisées augmente de 1,6%).

Finalement, le taux de croissance annuel des individus, calculé séparément pour les spécimens prélevés dans chacun des deux lacs, à partir de la régression entre la longueur et l'âge des organismes, est donné dans les figures 4.9 et 4.10.

#### 4.6 Mesures dans un gradient de métaux traces dans les sédiments

Pour tenter d'identifier les facteurs physico-chimiques clé qui influencent l'accumulation de métaux chez les bivalves d'eau douce, on a prélevé, à des stations situées dans un gradient de métaux traces dans les sédiments, des spécimens de bivalves, ainsi que des échantillons d'eau et de sédiments superficiels.

##### 4.6.1 Profils de concentrations dans l'eau interstitielle

Les valeurs de pH et de concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg et carbone inorganique dans l'eau interstitielle sont présentées dans les tableaux 4.27 à 4.31 pour les stations CE-05, BE-03, BR-01, BR-04 et J-01. À titre d'exemple, les profils de pH, Cu et Fe sont présentés sur les figures 4.11 à 4.13. On remarque que les concentrations de Pb dissous sont systématiquement plus faibles que la limite de détection et que celles de Cd le sont dans plusieurs cas. Les concentrations de Ni et Zn sont pour leur part près de la limite de détection, ce qui introduit évidemment du bruit dans les profils, l'erreur sur les mesures étant relativement élevée.

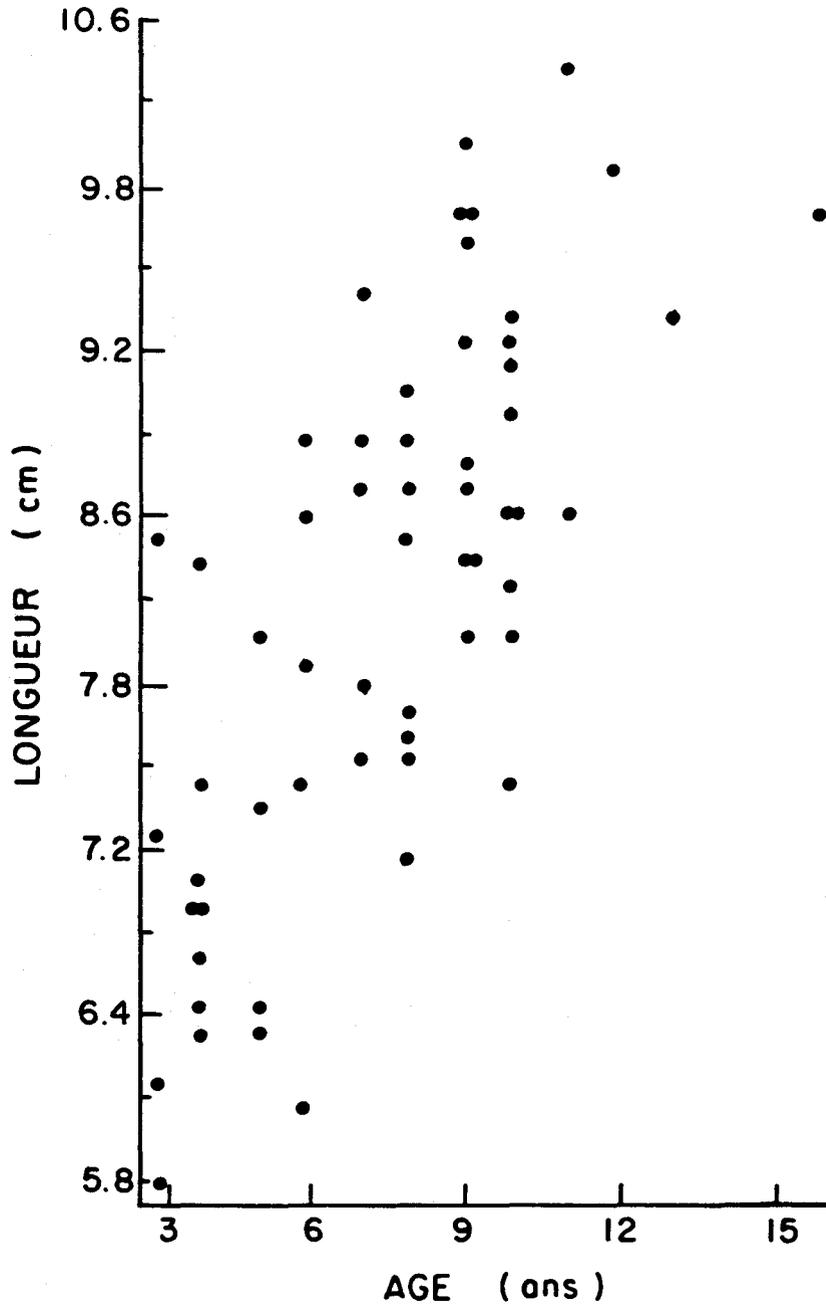


FIGURE 4.9 Taux de croissance annuel de 58 organismes de A. grandis prélevés au lac Montbeillard, Québec. La pente de la droite de régression est 0,28.

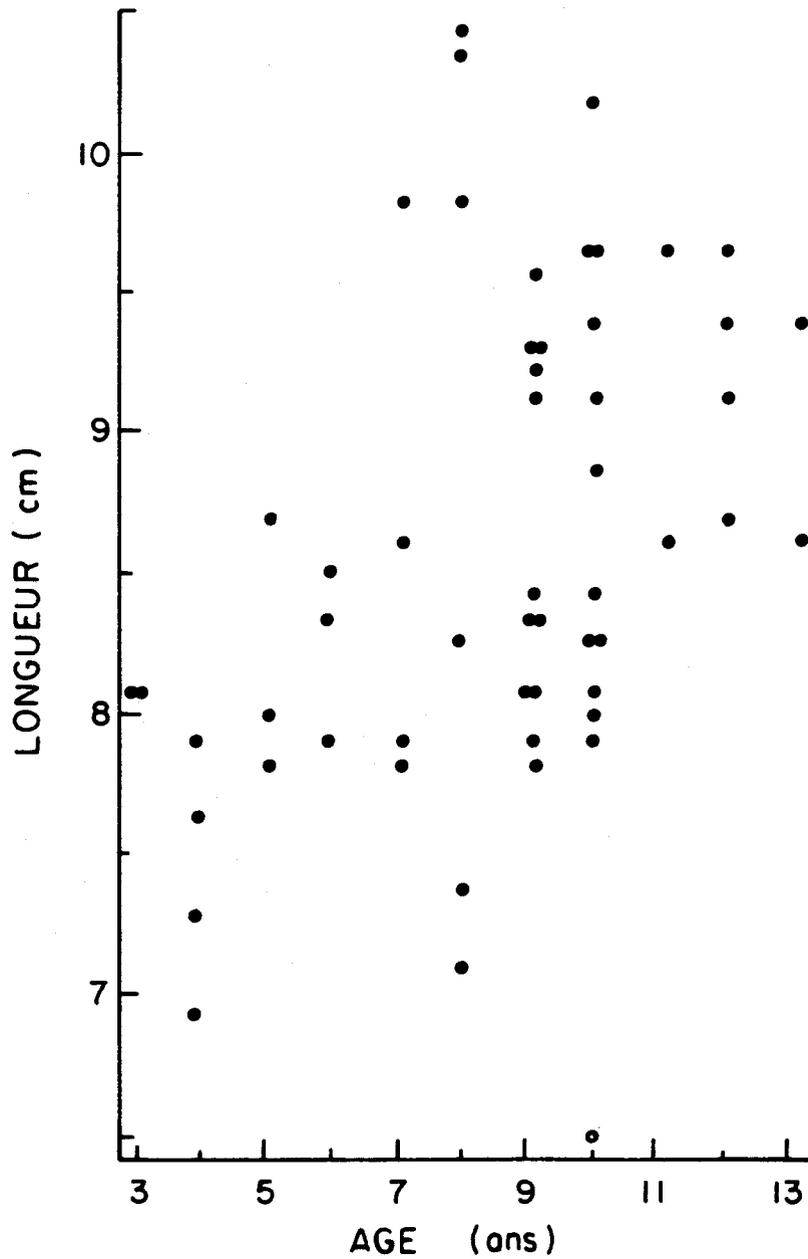


FIGURE 4.10 Taux de croissance annuel de 55 organismes de *A. grandis* prélevés au lac La Bruère, Québec. La pente de la droite de régression est 0,14.

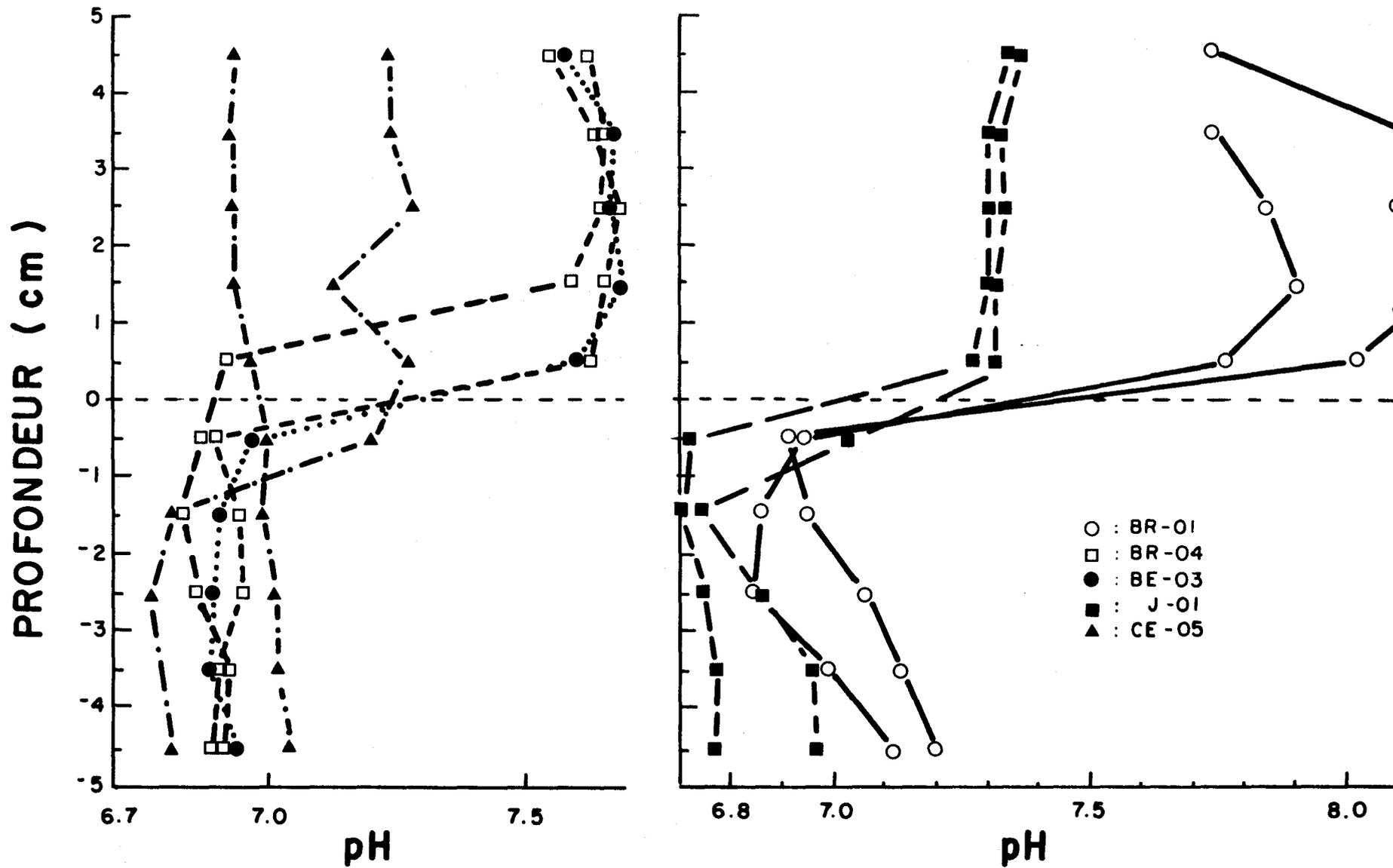


FIGURE 4.11 Profils de pH dans l'eau interstitielle et surnageante aux stations BR-01, BR-04, BE-03, J-01 et CE-05.

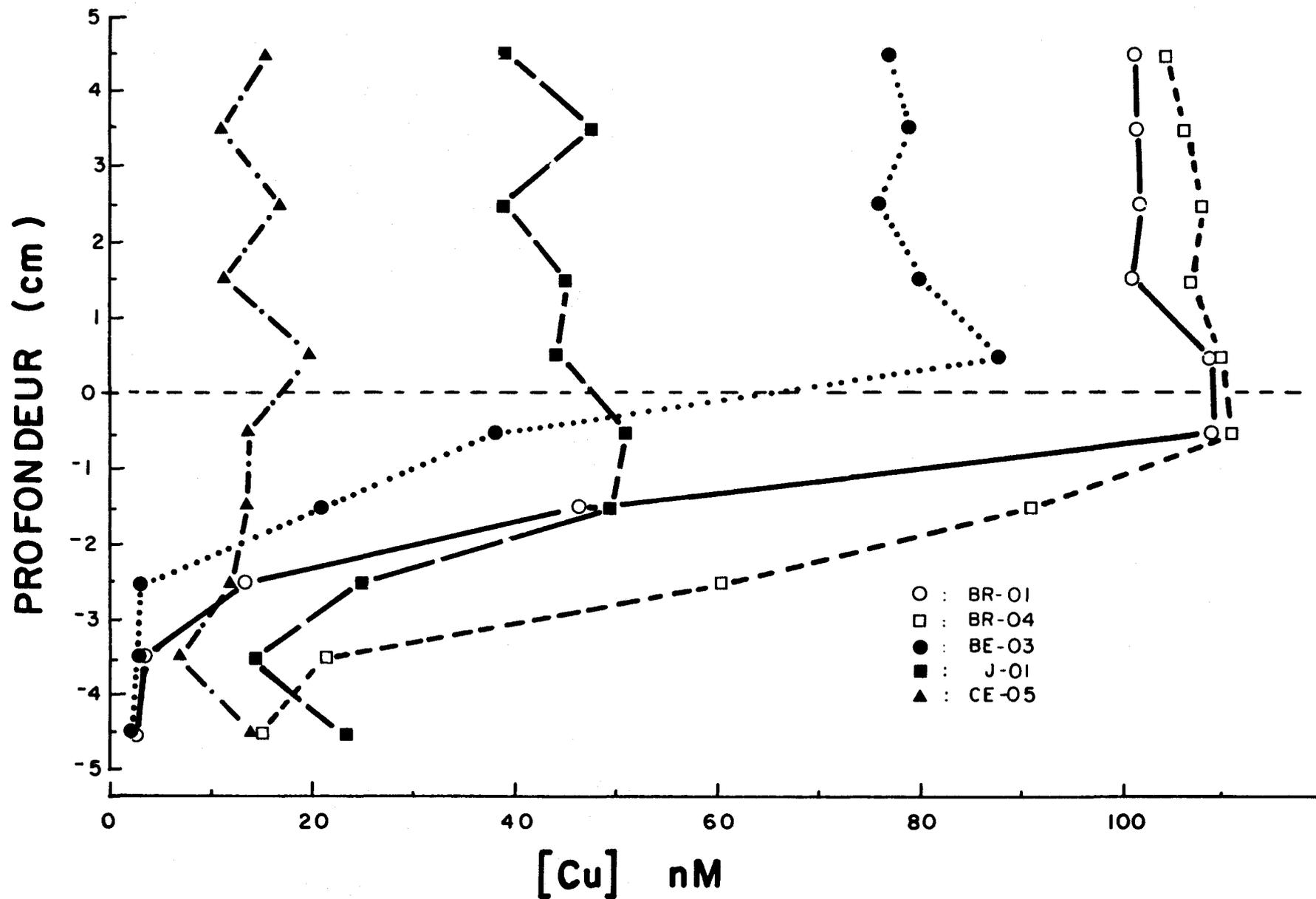


FIGURE 4.12 Profils de concentration de cuivre dans l'eau interstitielle et surnageante aux stations BR-01, BR-04, BE-03, J-01 et CE-05.

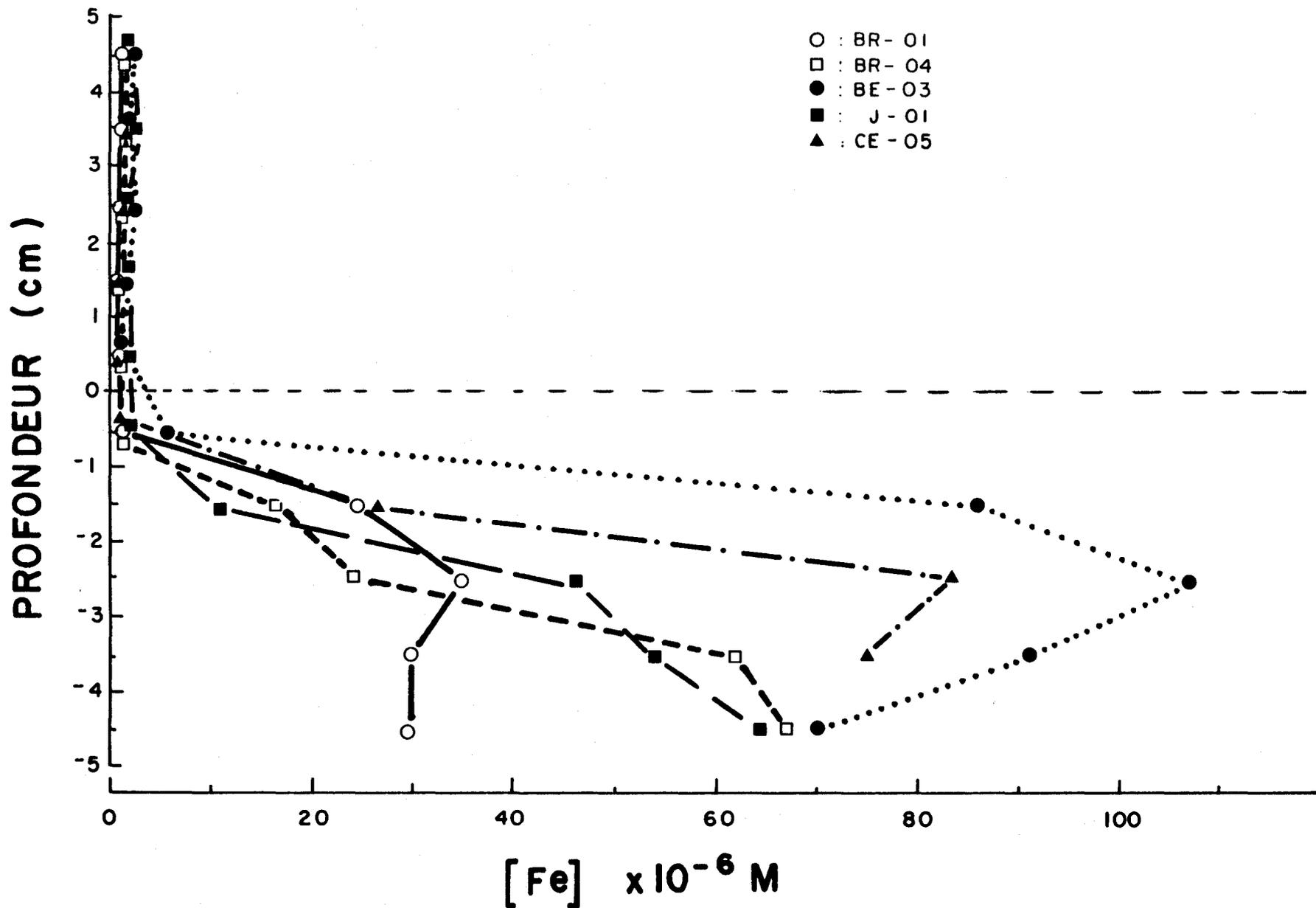


FIGURE 4.13 Profils de concentration de fer dans l'eau interstitielle et surnageante aux stations BR-01, BR-04, BE-03, J-01 et CE-05.

TABLEAU 4.27 Station CE-05 (lac Brompton): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments.

Profondeur* (cm)	pH	[Cd] (nM)	[Cu] (nM)	[Ni] (nM)	[Pb] (nM)	[Zn] (nM)	[Fe] ( $\mu$ M)	[Ca] ( $\mu$ M)	[Mg] ( $\mu$ M)	C <sub>I</sub> ( $\mu$ M)
Dialyseur No 1										
+4 à +5	6,93	1	22	65	< 5	2,3	1,11	103	132	419
+3 à +4	6,92	< 1	13	68	< 5	2,0	0,95	102	128	—
+2 à +3	6,93	< 1	17	77	< 5	2,6	0,68	104	130	425
+1 à +2	6,93	3	14	92	< 5	3,4	1,05	106	134	—
0 à +1	6,96	1	16	70	< 5	5,2	0,72	132	159	423
-1 à 0	6,98	< 1	13	136	< 5	3,3	1,58	154	176	—
-2 à -1	6,99	< 1	14	201	< 5	5,8	48,3	167	180	—
-3 à -2	7,01	< 1	11	286	< 5	1,1	86	173	175	—
-4 à -3	7,02	< 1	11	155	< 5	3,1	—	—	—	—
-5 à -4	7,04	< 1	25	58	< 5	2,0	113	161	159	—
Dialyseur No 2										
+4 à +5	7,23	< 1	9	43	< 5	3,8	1,12	100	131	396
+3 à +4	7,24	< 1	9	34	< 5	3,8	0,56	102	130	—
+2 à +3	7,28	< 1	17	72	< 5	2,9	0,80	100	130	420
+1 à +2	7,13	< 1	9	46	< 5	4,6	0,91	97	130	—
0 à +1	7,27	< 1	24	41	< 5	3,5	0,97	100	130	427
-1 à 0	7,20	< 1	14	27	< 5	5,7	0,63	116	144	—
-2 à -1	6,82	< 1	13	21	< 5	3,2	5,4	168	183	—
-3 à -2	6,77	< 1	13	35	< 5	5,5	81	177	183	—
-4 à -3	6,62	< 1	3	27	< 5	2,0	75	132	134	—
-5 à -4	6,81	< 1	3	41	< 5	1,0	150	180	179	—

\* Distance au-dessus (+) et au-dessous (-) de l'interface eau-sédiment.

TABLEAU 4.28 Station BE-03 (lac Beauchastel): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments.

Profondeur* (cm)	pH	[Cd] (nM)	[Cu] (nM)	[Ni] (nM)	[Pb] (nM)	[Zn] (nM)	[Fe] ( $\mu$ M)	[Ca] ( $\mu$ M)	[Mg] ( $\mu$ M)	C <sub>I</sub> ( $\mu$ M)
Dialyseur No 1										
+4 à +5	7,55	2	77	< 17	< 5	5,4	2,5	487	180	642
+3 à +4	7,66	2	79	< 17	< 5	4,6	1,3	474	171	—
+2 à +3	7,67	< 1	76	< 17	< 5	7,7	2,6	479	171	727
+1 à +2	7,68	< 1	80	< 17	< 5	5,1	1,4	482	174	—
0 à +1	7,60	1	88	24	< 5	14,4	1,1	497	179	801
-1 à 0	6,97	3	38	29	< 5	13,5	5,4	664	244	—
-2 à -1	6,91	4	21	46	< 5	11,0	86	736	275	—
-3 à -2	6,89	< 1	3	29	< 5	2,0	107	739	295	—
-4 à -3	6,89	< 1	3	20	< 5	3,8	91	726	289	—
-5 à -4	6,92	4	2	< 17	< 5	2,3	70	689	274	—

\* Distance au-dessus (+) et au-dessous (-) de l'interface eau-sédiment.

TABLEAU 4.29 Station BR-01 (lac La Bruère): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments.

Profondeur* (cm)	pH	[Cd] (nM)	[Cu] (nM)	[Ni] (nM)	[Pb] (nM)	[Zn] (nM)	[Fe] (µM)	[Ca] (µM)	[Mg] (µM)	C <sub>I</sub> (µM)
Dialyseur No 1										
+4 à +5		1	102	24	< 5	8,6	0,9	409	168	559
+3 à +4	7,73	1	107	29	< 5	6,0	1,5	397	165	—
+2 à +3	7,84	< 1	94	26	< 5	4,6	0,8	392	165	548
+1 à +2	7,90	1	98	< 17	< 5	9,2	0,5	372	163	—
0 à +1	7,76	3	113	< 17	< 5	9,8	1,2	409	170	601
-----										
-1 à 0	6,94	3	109	17	< 5	7,3	1,6	449	196	—
-2 à -1	6,86	2	38	24	< 5	4,6	43	514	215	—
-3 à -2	6,86	< 1	14	26	< 5	2,1	59	511	217	—
-4 à -3	6,99	1	2	26	< 5	< 0,4	38	482	206	—
-5 à -4	7,11	< 1	3	36	< 5	0,9	32	492	212	—
-----										
Dialyseur No 2										
+4 à +5	7,74	< 1	101	72	< 5	4,0	1,6	404	167	653
+3 à +4	8,13	1	96	46	< 5	4,1	1,3	394	168	—
+2 à +3	8,10	2	110	49	< 5	6,0	1,1	394	168	518
+1 à +2	8,22	< 1	104	17	< 5	4,4	1,5	394	164	—
0 à +1	8,02	< 1	105	< 17	< 5	6,3	0,7	402	167	716
-----										
-1 à 0	6,92	2	109	31	< 5	7,5	1,0	432	201	—
-2 à -1	6,95	< 1	55	31	< 5	1,7	5,3	464	225	—
-3 à -2	7,06	< 1	13	26	< 5	1,2	10,7	516	258	—
-4 à -3	7,13	< 1	9	< 17	< 5	1,4	21,5	564	295	—
-5 à -4	7,20	< 1	2	< 17	< 5	1,2	27	594	307	—

\* Distance au-dessus (+) et au-dessous (-) de l'interface eau-sédiment.

TABLEAU 4.30 Station BR-04 (lac La Bruère): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments.

Profondeur* (cm)	pH	[Cd] (nM)	[Cu] (nM)	[Ni] (nM)	[Pb] (nM)	[Zn] (nM)	[Fe] (µM)	[Ca] (µM)	[Mg] (µM)	C <sub>I</sub> (µM)
Dialyseur No 1										
+4 à +5	7,62	< 1	104	< 17	< 5	4,0	1,1	397	169	701
+3 à +4	7,65	< 1	107	38	< 5	4,0	1,1	392	170	—
+2 à +3	7,65	< 1	107	20	< 5	4,0	1,3	392	168	736
+1 à +2	7,59	< 1	105	44	< 5	4,0	1,3	392	169	—
0 à +1	6,92	< 1	112	27	< 5	5,4	0,8	397	168	1 120
Dialyseur No 2										
+4 à +5	7,55	< 1	105	31	< 5	4,6	1,1	394	170	598
+3 à +4	7,65	< 1	105	31	< 5	4,1	1,0	394	170	—
+2 à +3	7,68	< 1	109	17	< 5	4,0	1,0	392	170	672
+1 à +2	7,66	< 1	109	27	< 5	4,4	1,1	389	170	—
0 à +1	7,63	< 1	107	20	< 5	4,7	0,9	389	170	697
-1 à 0	6,87	1	104	41	< 5	6,3	0,8	427	176	—
-2 à -1	6,83	1	72	31	< 5	8,1	32	397	171	—
-3 à -2	6,86	1	25	46	< 5	4,9	43	464	205	—
-4 à -3	6,92	< 1	19	53	< 5	5,2	59	479	215	—
-5 à -4	6,91	< 1	17	44	< 5	4,1	59	477	221	—
-1 à 0	6,89	1	118	31	< 5	15	0,6	374	169	—
-2 à -1	6,94	< 1	110	31	< 5	8,3	1,2	409	174	—
-3 à -2	6,95	1	96	41	< 5	8,3	5,4	467	196	—
-4 à -3	6,91	< 1	24	51	< 5	4,6	65	506	213	—
-5 à -4	6,89	< 1	13	41	< 5	5,1	75	506	213	—

\* Distance au-dessus (+) et au-dessous (-) de l'interface eau-sédiment.

TABLEAU 4.31 Station J-01 (lac Joannès): concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe, Ca, Mg, carbone inorganique, et valeurs du pH en fonction de la profondeur dans les sédiments.

Profondeur* (cm)	pH	[Cd] (nM)	[Cu] (nM)	[Ni] (nM)	[Pb] (nM)	[Zn] (nM)	[Fe] ( $\mu$ M)	[Ca] ( $\mu$ M)	[Mg] ( $\mu$ M)	C <sub>T</sub> ( $\mu$ M)
Dialyseur No 1										
+4 à +5	7,34	< 1	39	< 17	< 5	11,8	1,7	177	81	251
+3 à +4	7,30	< 1	41	< 17	< 5	7,7	1,5	174	79	—
+2 à +3	7,30	< 1	39	< 17	< 5	8,4	1,6	176	79	301
+1 à +2	7,30	< 1	47	< 17	< 5	8,1	1,5	179	83	—
0 à +1	7,27	1	44	< 17	< 5	12,4	2,4	176	80	254
-1 à 0	6,72	3	47	< 17	< 5	11,5	2,0	179	81	—
-2 à -1	6,69	1	55	< 17	< 5	10,9	11	210	86	—
-3 à -2	6,75	< 1	25	29	< 5	4,1	54	244	95	—
-4 à -3	6,77	< 1	16	82	< 5	0,9	65	255	100	—
-5 à -4	6,77	< 1	20	17	< 5	1,2	75	269	105	—
Dialyseur No 2										
+4 à +5	7,36	< 1	41	< 17	< 5	7,2	1,7	177	85	382
+3 à +4	7,32	1	54	32	< 5	20,0	2,4	177	79	—
+2 à +3	7,33	1	41	< 17	< 5	9,3	1,8	176	80	355
+1 à +2	7,31	1	43	< 17	< 5	8,6	2,4	175	80	—
0 à +1	7,31	2	44	26	< 5	8,6	1,9	175	79	304
-1 à 0	7,03	2	55	26	< 5	11,2	1,9	174	81	—
-2 à -1	6,74	1	44	39	< 5	9,0	11	225	94	—
-3 à -2	6,86	< 1	28	39	< 5	5,8	38	272	113	—
-4 à -3	6,96	< 1	13	49	< 5	2,0	43	249	97	—
-5 à -4	6,96	< 1	27	24	< 5	0,5	54	254	97	—

\* Distance au-dessus (+) et au-dessous (-) de l'interface eau-sédiment.

Les figures 4.11 et 4.12 montrent de façon générale un flux de  $H^+$  des sédiments vers l'eau surnageante et un flux de Cu dans la direction contraire. La figure 4.13 suggère que le  $Fe^{+2}$  diffuse dans les sédiments étudiés vers l'interface sédiment-eau jusqu'à une profondeur d'environ -0,5 à -1,0 cm où il est oxydé et précipité sous forme d'hydroxyde ferrique; si le fer est oxydé dans cette région du sédiment, c'est qu'il s'agit d'une zone oxygène. Rappelons que les sédiments prélevés l'ont été dans cette zone (voir la section 3.3.2).

#### 4.6.2 Répartition des métaux dans les sédiments

La répartition de Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Fe et Mn dans les sédiments, telle qu'obtenue par la méthode d'extractions séquentielles décrite à la section 3.4, est donnée aux tableaux 4.32 à 4.38 pour les stations CE-05, BE-03, BR-01, BR-04 et J-01. La répartition présentée dans les tableaux 4.32 à 4.36 ressemble à celles observées dans d'autres milieux (Tessier et al., 1980). Par exemple, on retrouve de fortes proportions de Cd dans les fractions F1 et F2, de Cu dans la fraction F4 et de Ni, Pb, Zn dans la fraction F3B. Les tableaux 4.37 et 4.38 suggèrent que l'étape (c) de la procédure d'extractions séquentielles, préconisée par Chao (1972), dissout peu d'oxydes de fer, mais n'est pas assez efficace pour dissoudre tous les oxydes de manganèse.

#### 4.6.3 Répartition des métaux dans les bivalves

La répartition de Cd, Cu, Ni, Pb et Zn dans différents tissus des bivalves Elliptio complanata et Anodonta grandis est donnée dans les tableaux 4.39 et 4.40 pour les stations CE-05, BE-03, BR-01, BR-04 et J-01. Les deux tableaux montrent des caractéristiques mentionnées précédemment (voir la section 4.4) pour la distribution des métaux entre les tissus de A. grandis. Par exemple, les concentrations de métaux sont spécialement élevées dans les branchies des deux bivalves.

Par ailleurs, le faible nombre de stations (5) qui sont demeurées exemptes de vandalisme ne se prête pas à une application de méthodes statis-

TABEAU 4.32 Répartition du cadmium dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles\*.

Station+	[Cd] ( $\mu\text{g/g}$ )						
	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	$\Sigma$
CE-05	0,4	0,4	0,2	0,4	< 0,2	< 0,5	1,4 < x < 2,1
CE-05	0,2	0,2	< 0,2	0,2	< 0,2	< 0,5	0,6 < x < 1,5
BE-03	1,4	2,4	0,4	1,4	< 0,2	< 0,3	5,6 < x < 6,1
BR-01	0,5	2,9	0,2	2,4	< 0,2	< 0,3	6,0 < x < 6,5
BR-01	2,7	1,8	0,4	0,8	< 0,2	< 0,3	5,7 < x < 6,2
BR-04	2,3	1,6	0,4	0,8	< 0,2	< 0,3	5,1 < x < 5,6
BR-04	2,1	1,4	0,4	0,8	< 0,2	< 0,3	4,7 < x < 5,2
J-01	2,7	2,1	0,4	1,8	< 0,2	< 0,3	7,0 < x < 7,5
J-01	2,8	2,1	0,4	1,8	< 0,2	< 0,3	7,1 < x < 7,6

\* F1 ... F5 représentent les fractions décrites dans la section 3.4;  $\Sigma$  représente la concentration totale obtenue en faisant la somme des concentrations dans les fractions.

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.33 Répartition du cuivre dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles\*.

Station+	[Cu] ( $\mu\text{g/g}$ )						
	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	$\Sigma$
CE-05	< 0,1	0,4	< 0,2	0,6	6,4	9,5	16,9 < x < 17,2
CE-05	0,1	0,3	< 0,2	0,4	3,0	6,0	9,8 < x < 10,0
BE-03	0,2	14,4	1,9	18,6	34,2	30,3	99,6
BR-01	0,1	10,9	1,7	18,2	56,0	34,3	121
BR-01	0,3	19,7	4,2	25,2	33,6	31,3	114
BR-04	0,3	13,2	5,4	17,6	37,0	19,3	92,8
BR-04	0,3	12,1	5,2	15,4	27,4	15,5	75,9
J-01	0,1	2,7	< 0,2	3,8	30,2	14,3	51,1 < x < 51,3
J-01	0,1	2,7	< 0,2	4,4	29,4	15,3	51,9 < x < 52,1

\* F1 ... F5 représentent les fractions décrites dans la section 3.4;  $\Sigma$  représente la concentration totale obtenue en faisant la somme des concentrations dans les fractions.

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.34 Répartition du nickel dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles\*.

Station+	[Ni] ( $\mu\text{g/g}$ )						$\Sigma$
	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	
CE-05	5	6	2	80	32	95	220
CE-05	4	4	4	60	22	75	169
BE-03	< 1	< 1	< 2	4	< 2	35	39 < x < 45
BR-01	1	< 1	< 2	8	< 2	33	42 < x < 47
BR-01	< 1	< 1	< 2	6	2	30	38 < x < 42
BR-04	2	< 1	< 2	4	< 2	25	31 < x < 36
BR-04	1	< 1	< 2	4	2	23	30 < x < 33
J-01	< 1	< 1	< 2	6	2	23	31 < x < 35
J-01	1	< 1	< 2	6	2	30	29 < x < 32

\* F1 ... F5 représentent les fractions décrites dans la section 3.4;  $\Sigma$  représente la concentration totale obtenue en faisant la somme des concentrations dans les fractions.

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.35 Répartition du plomb dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles\*.

Station+	[Pb] ( $\mu\text{g/g}$ )						
	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	$\Sigma$
CE-05	< 1	3	< 2	42	4	20	69 < x < 72
CE-05	< 1	5	< 2	22	4	25	56 < x < 59
BE-03	< 1	8	< 2	30	8	23	69 < x < 72
BR-01	< 1	35	< 2	38	6	20	99 < x < 102
BR-01	< 1	14	< 2	48	10	20	92 < x < 95
BR-04	< 1	10	< 2	34	4	18	66 < x < 69
BR-04	< 1	8	< 2	28	4	10	50 < x < 53
J-01	< 1	7	< 2	46	8	15	76 < x < 79
J-01	< 1	8	< 2	48	8	15	79 < x < 82

\* F1 ... F5 représentent les fractions décrites dans la section 3.4;  $\Sigma$  représente la concentration totale obtenue en faisant la somme des concentrations dans les fractions.

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.36 Répartition du zinc dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles\*.

Station+	[Zn] ( $\mu\text{g/g}$ )						
	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	$\Sigma$
CE-05	3,2	11,7	3,0	59,0	8,0	73,0	158
CE-05	2,2	8,3	4,4	38,4	4,6	59,5	117
BE-03	8,3	70,4	21,8	192	16,0	83,0	392
BR-01	15,9	78,5	15,4	119	10,4	59,3	299
BR-01	5,1	29,7	9,8	101	8,8	60,5	215
BR-04	6,1	24,8	10,4	72,6	6,2	41,5	162
BR-04	6,0	21,4	8,8	58,8	4,8	34,8	135
J-01	7,1	29,0	5,3	102	9,8	34,8	188
J-01	8,4	33,4	7,0	103	8,6	36,0	196

\* F1 ... F5 représentent les fractions décrites dans la section 3.4;  $\Sigma$  représente la concentration totale obtenue en faisant la somme des concentrations dans les fractions.

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.37 Répartition du fer dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles\*.

Station+	[Fe] ( $\mu\text{g/g}$ )						
	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	$\Sigma$
CE-05	4	92	73	7 180	800	33 000	41 100
CE-05	3	77	105	4 160	324	27 500	32 200
BE-03	14	403	177	7 820	390	26 100	34 900
BR-01	8	280	141	4 820	260	25 900	31 400
BR-01	10	150	96	5 480	252	25 100	31 100
BR-04	10	103	116	4 500	314	19 400	24 400
BR-04	9	111	107	3 680	294	17 900	22 100
J-01	11	108	55	5 060	800	15 800	21 800
J-01	12	110	66	5 440	580	16 900	23 100

\* F1 ... F5 représentent les fractions décrites dans la section 3.4;  $\Sigma$  représente la concentration totale obtenue en faisant la somme des concentrations dans les fractions.

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.38 Répartition du manganèse dans les sédiments, telle qu'obtenue par la procédure d'extractions séquentielles\*.

Station+	[Mn] ( $\mu\text{g/g}$ )						
	F1	F2	F3A	F3B	F4	F5	$\Sigma$
CE-05	2,7	60	460	722	30	410	1 680
CE-05	3,4	52	426	248	10	355	1 090
BE-03	132	237	145	234	20	385	1 150
BR-01	102	163	29	122	12	418	846
BR-01	19	116	280	242	14	410	1 080
BR-04	34	117	306	158	10	338	960
BR-04	30	86	272	134	10	330	860
J-01	6,0	94	358	482	20	278	1 240
J-01	8,7	118	481	502	18	288	1 420

\* F1 ... F5 représentent les fractions décrites dans la section 3.4;  $\Sigma$  représente la concentration totale obtenue en faisant la somme des concentrations dans les fractions.

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.39 Répartition de Cd, Cu, Ni, Pb et Zn dans les tissus de Elliptio complanata.

Station+	Organe	[Cd] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Cu] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Ni] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Pb] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Zn] ( $\mu\text{g/g}$ )	Poids <sup>a</sup> (g)
CE-05	Hépatopancréas	10,8	14,4	9,28	2,48	127	0,77
	Branchies	8,03	13,8	16,5	1,78	223	1,05
	Manteau	19,9	5,68	20,0	4,18	191	0,87
	Reste	13,4	2,43	6,31	2,35	108	3,39
	Organisme <sup>b</sup>	13,1	6,37	10,4	2,53	142	6,08
BE-03	Hépatopancréas	16,4	22,3	1,88	5,28	126	2,21
	Branchies	20,9	34,5	4,82	2,19	912	2,64
	Manteau	19,7	23,4	7,16	4,14	323	3,72
	Reste	9,53	9,53	0,41	2,48	118	16,93
	Organisme	12,8	15,3	1,98	2,93	231	25,5
BR-01	Hépatopancréas	27,3	29,5	2,17	11,8	128	1,49
	Branchies	35,4	85,4	10,2	23,2	325	1,99
	Manteau	35,0	94,6	4,93	20,1	794	2,48
	Reste	17,4	21,2	0,37	10,7	151	12,23
	Organisme	22,6	38,9	2,21	13,4	256	18,19
BR-04	Hépatopancréas	31,8	31,8	2,36	11,0	141	1,58
	Branchies	37,1	75,5	4,29	13,1	743	2,06
	Manteau	39,9	83,7	3,82	29,2	407	2,93
	Reste	15,9	18,3	0,20	10,5	102	12,69
	Organisme	23,1	35,5	1,37	13,7	220	19,26
J-01	Hépatopancréas	51,9	22,2	2,92	8,26	132	1,24
	Branchies	39,3	34,5	3,71	11,1	380	1,73
	Manteau	54,9	26,8	6,07	13,9	256	1,67
	Reste	22,4	8,71	1,21	4,17	129	8,24
	Organisme	31,7	15,8	2,34	6,75	179	12,9

<sup>a</sup> Poids de l'ensemble des organismes utilisés pour constituer l'échantillon.

<sup>b</sup> Concentration reconstituée avec l'équation (3.1).

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

TABLEAU 4.40 Répartition de Cd, Cu, Ni, Pb et Zn dans les tissus de Anodonta grandis.

Station+	Organe	[Cd] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Cu] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Ni] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Pb] ( $\mu\text{g/g}$ )	[Zn] ( $\mu\text{g/g}$ )	Poids <sup>a</sup> (g)
CE-05	Hépatopancréas	6,25	16,3	9,15	1,86	119	0,78
	Branchies	9,90	14,9	12,7	1,52	349	1,14
	Manteau	9,96	5,0	7,60	2,46	194	0,94
	Reste	5,10	2,55	3,39	3,33	102	3,56
	Organisme <sup>b</sup>	6,80	6,77	6,36	2,70	161	6,42
BE-03	Hépatopancréas	17,1	21,4	1,04	1,45	123	3,59
	Branchies	44,1	161	2,81	2,83	1 000	3,50
	Manteau	13,3	15,3	1,40	0,81	160	2,44
	Reste	8,70	12,0	0,33	1,88	108	19,73
	Organisme	14,4	31,2	0,80	1,85	221	29,26
BR-01	Hépatopancréas	22,3	27,0	1,35	5,46	98,6	1,71
	Branchies	91,3	290	2,83	31,6	809	2,44
	Manteau	23,8	27,4	0,78	5,90	137	3,03
	Reste	15,6	15,6	0,15	13,0	105	10,33
	Organisme	28,2	57,0	0,75	13,6	208	17,51
BR-04	Hépatopancréas	22,3	35,2	2,35	3,30	101	2,02
	Branchies	116	400	5,53	14,4	854	2,50
	Manteau	21,1	23,5	1,36	3,57	112	3,63
	Reste	15,9	18,3	0,20	10,5	102	14,27
	Organisme	28,5	63,2	1,18	9,16	187	22,42
J-01	Hépatopancréas	45,1	31,2	5,14	7,56	124	1,05
	Branchies	263	216	4,65	22,7	501	1,88
	Manteau	54,4	27,8	3,60	6,30	174	1,46
	Reste	35,9	13,6	0,48	10,6	123	4,70
	Organisme	86,9	59,8	2,38	12,1	209	9,09

<sup>a</sup> Poids de l'ensemble des organismes utilisés pour constituer l'échantillon.

<sup>b</sup> Concentration reconstituée avec l'équation (3.1).

+ Pour la localisation des stations, voir la section 3.3.1.

tiques pour identifier les facteurs abiotiques impliqués dans l'accumulation des métaux par les deux espèces de bivalves.

#### 4.6.4 Mesure de l'association de métaux traces avec les protéines

La figure 4.14 montre des résultats typiques pour le signal polarographique et les concentrations de Cd, Cu et Zn en fonction du volume d'élu-tion. Une calibration de la colonne avec des protéines de poids moléculaires connus a montré que les pics du signal polarographique, de Cd et Cu, ainsi que le deuxième pic de Zn (voir figure 4.14) correspondaient à un poids moléculaire d'environ 14 000. La littérature scientifique rapporte généralement que les métallothionéines sont éluées sur des colonnes sembla-bles à la nôtre à des poids moléculaires apparents d'environ 12 000. Mentionnons que ce poids moléculaire apparent est plus grand que le poids moléculaire réel (~ 6 000), dû à la forme non-sphérique de ces molécules.

La méthode polarographique utilisée pour mesurer les groupements - SH devrait être appropriée pour la détermination de protéines semblables aux métallothionéines. En effet, les métallothionéines sont riches en groupe-ments - SH que mesure justement la technique. De plus, la sensibilité de la technique aux groupements fonctionnels - SH diminue aux poids moléculaires élevés (> 100 000) et faibles (petits polypeptides). Dans la gamme intermé-diaire de poids moléculaires, le signal polarographique est grossièrement proportionnel à la concentration de groupements - SH. Par motif de simpli-cité, on appelle, dans ce texte (à moins d'indication contraire), métallo-thionéine, le groupe de protéines qui montre un pic de signal polarogra-phonique à un poids moléculaire apparent d'environ 14 000. La forme du pic de signal polarographique en fonction du volume d'élu-tion était semblable d'un échantillon à l'autre, de telle sorte que dans les traitements subsé-quents, on considère que le maximum du signal polarographique est propor-tionnel à la quantité totale de métallothionéines comprise dans le pic.

On observe des variations importantes de concentrations de métallothio-néines d'un tissu à l'autre, l'hépatopancréas étant l'organe qui montre les

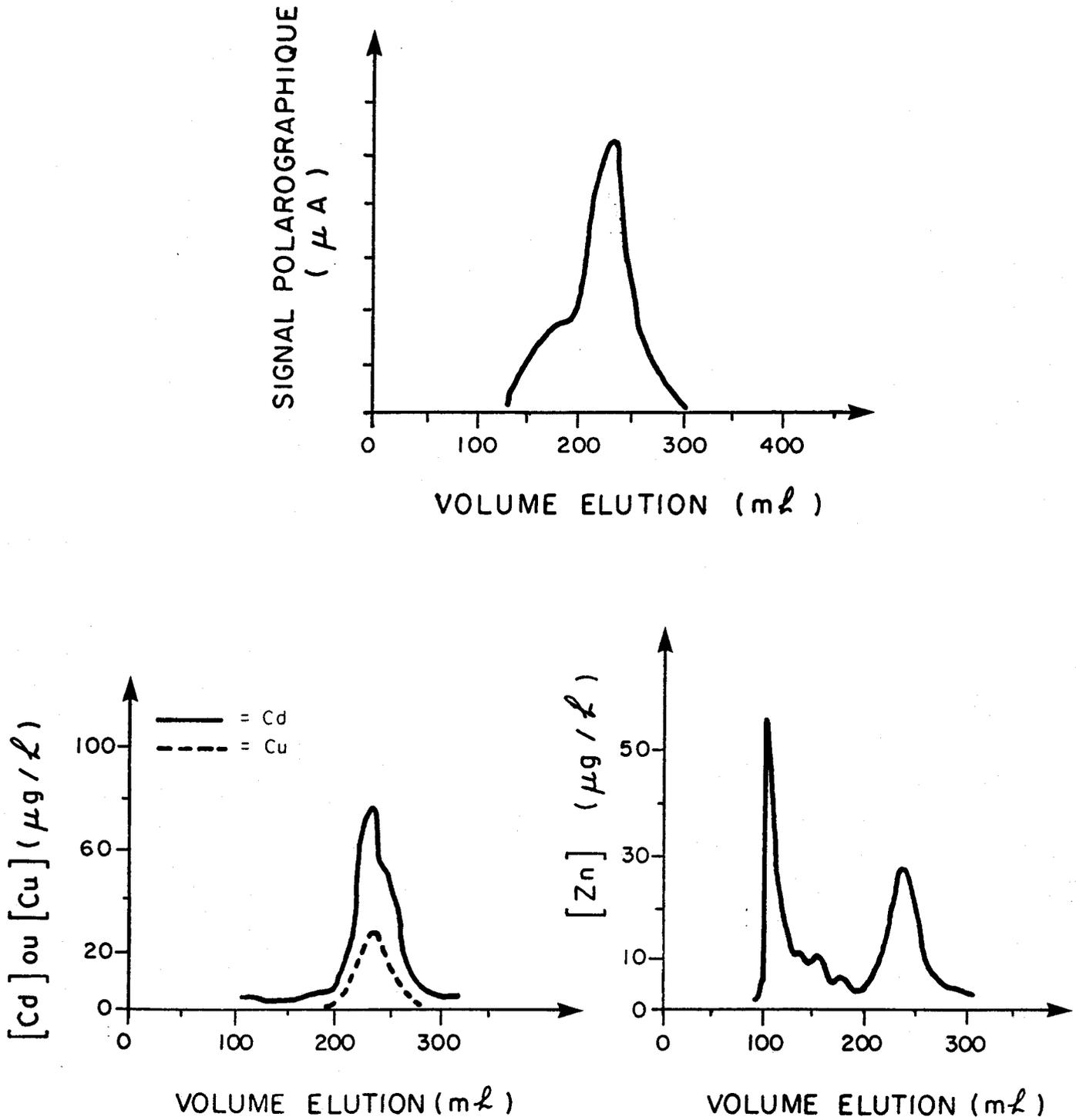


FIGURE 4.14 Courbes typiques du signal polarographique et des concentrations de cadmium, cuivre et zinc en fonction du volume d'élution.

plus grandes concentrations. Les concentrations dans l'hépatopancréas sont cependant les mêmes pour les spécimens des deux espèces provenant de trois sites différents (CE-05, BR-04 et J-01). Par contre, les concentrations de métallothionéines dans les branchies et le manteau présentent des variations d'un site à l'autre; ces variations semblent particulièrement bien corrélées avec les variations de concentration de cadmium dans les fractions d'élution correspondant aux métallothionéines (figure 4.15). Une seule relation est observée pour les branchies et le manteau des deux organismes. Une relation semblable est également observée entre les concentrations de métallothionéines dans les tissus et les concentrations totales de cadmium dans ces tissus (figure 4.16). Le seul point qui diffère vraiment provient de la station J-01 (Anodonta grandis; branchies; [Cd] = 263 µg/g); pour cet échantillon, on a observé exceptionnellement que la majorité du Cd était associé aux culots C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>.

Le cadmium et le cuivre sont généralement élués sous la forme d'un seul pic ayant un maximum correspondant au maximum du pic polarographique (figure 4.14). Le zinc, pour sa part, est élué en deux pics, l'un coïncidant avec les métallothionéines et l'autre avec des protéines de poids moléculaire élevé. En comparant d'une part l'homogénat de tissus de départ et, d'autre part, la somme des culots (C1 et C2) et des fractions d'élution, on obtient des récupérations moyennes ( $\pm$  écart type) de  $150 \pm 32\%$  pour Cd, de  $122 \pm 35\%$  pour Cu et de  $200 \pm 60\%$  pour Zn. Considérant toutes les manipulations impliquées et les concentrations relativement faibles, ces pourcentages de récupération sont acceptables pour Cd et Cu; les résultats de Zn suggèrent cependant une contamination. Les pourcentages de métaux élués en même temps que les métallothionéines varient entre 50 et 100% pour Cd et entre 30 et 80% pour Cu.

Tel que mentionné ci-dessus, on observe des pics de signal polarographique et de concentrations de Cd, Cu et Zn dans les fractions d'élution qui correspondent à un poids moléculaire d'environ 14 000. Ce poids moléculaire a été confirmé par électrophorèse sur gel (15% polyacrylimide). Les fractions d'élution qui correspondent aux pics mentionnés ci-dessus ont été

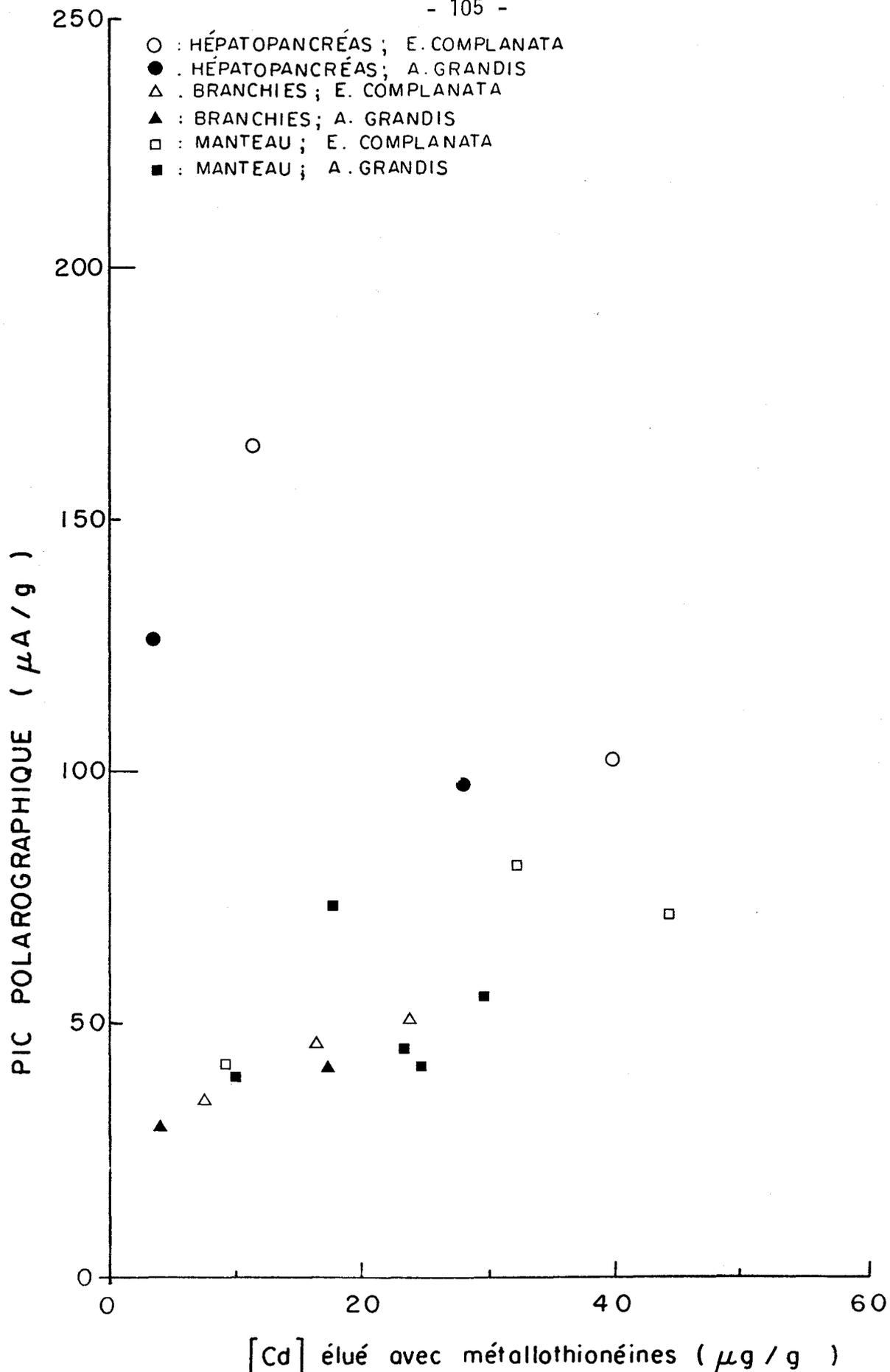


FIGURE 4.15 Relation entre le maximum du pic polarographique et la concentration de cadmium dans le volume d'élution des métallothionéines.

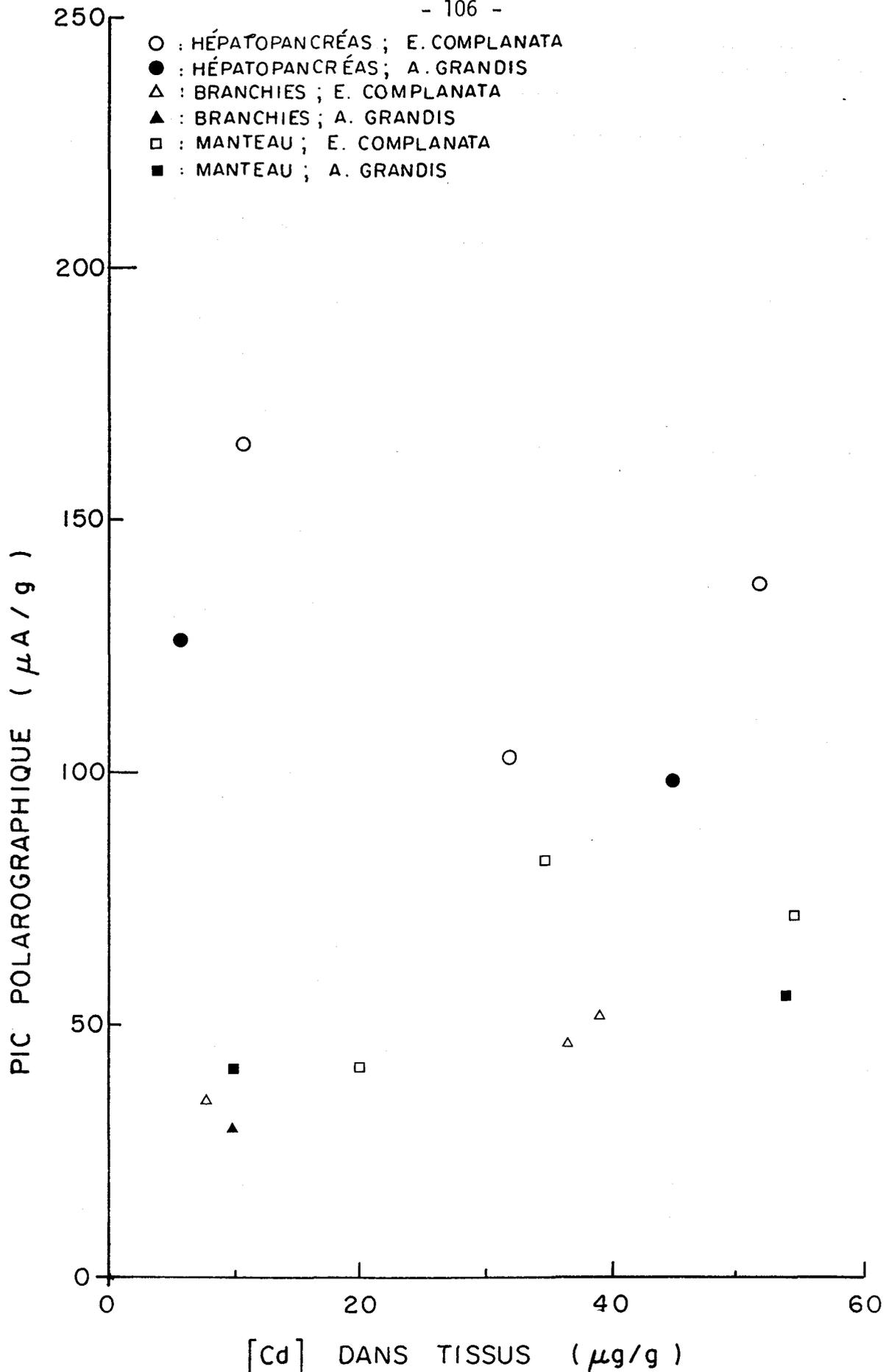


FIGURE 4.16 Relation entre le maximum du pic polarographique et la concentration totale de cadmium dans les tissus.

combinées pour un échantillon de manteau provenant de la station J-01, lyophilisées et soumises à la séparation par électrophorèse; quatre bandes ont été obtenues pour des composés ayant des poids moléculaires apparents variant entre 11 000 et 17 000. Ces résultats sont en accord avec le poids apparent de 14 000 qu'on a observé habituellement lors de la séparation sur le gel Sephadex. Par ailleurs, on a observé que le rapport {signal polarographique / concentration de protéine} variait, dans la région des pics, entre 0,5 et 1,5  $\mu\text{A}/\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ; les métallothionéines devraient conduire à un rapport d'environ 1  $\mu\text{A}/\mu\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$ . Tous ces résultats concordent pour suggérer que la majorité des protéines éluées en même temps que les métaux traces sont des métallothionéines. Pour plus de certitude, on compte cependant effectuer une analyse des acides aminés.

Le fait que les métaux traces sont élués en même temps que les métallothionéines est souvent considéré dans la littérature comme une démonstration de l'association des métaux avec ces protéines dans les organismes biologiques. Une expérience simple nous a montré que ce n'est pas nécessairement le cas. On a en effet ajouté du cadmium et du zinc, à un échantillon du surnageant d'un homogénat de tissus, 24 heures avant d'effectuer la chromatographie sur Sephadex. En comparant les concentrations de métaux dans les fractions d'élution avec celles obtenues pour un échantillon du même surnageant sans ajout de métaux, on constate: i) que le Cd ajouté se retrouve sous le pic des métallothionéines; ii) que le Cd déplace le Zn qui se trouvait sous le pic des métallothionéines. Ces résultats montrent que l'association de Cd avec les protéines peut se faire après l'homogénéisation des tissus et, en plus, qu'il faut être prudent avec les contaminations en métaux qui pourraient apparaître lors de l'analyse comme associés aux métallothionéines ou même déplacer d'autres métaux.

Les concentrations de métallothionéines observées dans les échantillons varient substantiellement. Les échantillons d'hépatopancréas montrent les concentrations les plus élevées, mais peu ou pas de variation de concentration. La plus grande partie de la variabilité des concentrations de métallothionéines dans les autres tissus peut être expliquée par les concentra-

tions de cadmium dans ces tissus. La meilleure relation est obtenue entre la concentration de métallothionéines et la concentration de Cd élué en même temps que ces protéines (figure 4.15). Une relation unique est alors observée pour les branchies et le manteau des deux organismes. Étant donné la possibilité que le Cd se lie aux métallothionéines lors de la préparation des échantillons, il est possible que cette relation soit partiellement due à la mobilisation de Cd associé à la membrane ou à des protéines de haut poids moléculaire. On évite cependant ce problème avec la relation entre la concentration de métallothionéines dans un tissu et la concentration totale de Cd dans ce tissu (figure 4.16). De nouveau, il semble se dégager une relation unique pour le manteau et les branchies des deux organismes.

CHAPITRE 5

DISCUSSION



## 5. DISCUSSION

### 5.1 Sources de métaux qui se retrouvent dans les organismes

Plusieurs sources de métaux traces ont été suggérées dans la littérature pour les bivalves marins et d'eau douce.

Source 1: Eau. D'après Luoma (1983), les métaux traces en solution peuvent être accumulés largement dans des organes qui ont une grande superficie de contact avec l'eau, tels que les branchies et le manteau. Les résultats de Hardy et al. (1981), sur la biodisponibilité de Cd pour l'espèce Protothaca staminea, et de Tessier et al. (1984), sur l'accumulation de plusieurs métaux par Elliptio complanata, supportent ce point de vue.

Source 2: Sédiments. Dans les écosystèmes aquatiques, les sédiments représentent les plus grands réservoirs physiques de métaux traces (Luoma et Jenne, 1977). L'ingestion de sédiments peut favoriser la désorption des métaux liés aux particules et leur transfert aux organes du système digestif. Par exemple, selon Bryan et Uysal (1978), le partage de métaux entre l'hépatopancréas et les autres tissus de spécimens de l'espèce détritivore Scrobicularia plana suggère que l'accumulation de ces métaux s'effectue principalement par voie d'ingestion de sédiments.

Source 3: Nourriture. Les concentrations élevées de métaux dans la nourriture de la plupart de ces organismes, par rapport à l'eau, suggèrent intuitivement que la nourriture pourrait être un vecteur important d'accumulation de métaux. L'exposition d'organismes bivalves à une source de nourriture enrichie en métaux traces semble influencer notamment les niveaux de métaux du muscle et des organes du système digestif (Tenore et al., 1968).

Dans la présente étude, la comparaison des valeurs moyennes de concentration interne de métaux dans les organismes des lacs Montbeillard et La Bruère mis en contact avec des sédiments transférés révèle que les

concentrations internes ne sont pas significativement influencées par le type de sédiment après 100 jours d'expérience (tableau 4.7). Mentionnons que de tels résultats ont été obtenus, même si les concentrations de métaux dans les différentes fractions des sédiments variaient par des facteurs appréciables d'un sédiment à l'autre (tableau 4.5). Ceci suggère, au premier abord, que l'ingestion de sédiments contaminés en métaux ne devrait pas mener à une accumulation importante de métaux dans les bivalves étudiés sur une courte période (< 100 j.).

L'hypothèse de l'importance restreinte des sédiments comme source de métaux (source 2) reste plausible si on considère les caractéristiques anatomiques et physiologiques de l'espèce. Les structures des branchies, du manteau et des organes associés à l'alimentation et à la respiration, correspondent assez bien avec les caractéristiques décrites par Pohlo (1973) pour les organismes filtreurs. D'après ces caractéristiques, l'orientation des siphons ne permet pas l'entrée passive d'une grande quantité de matériel sédimentaire dans la fente inhalante. Bien que les siphons soient fréquemment ouverts au complet, ils sont légèrement au-dessus du sédiment, permettant seulement au matériel en suspension d'y entrer. Par ailleurs, la diète de ces organismes est assez bien connue, le matériel inorganique ne constituant qu'une fraction mineure du matériel ingéré et digéré par l'organisme (Morton, 1973; Hart et Fuller, 1974; Russel-Hunter, 1983). Une exception existe peut être pour les milieux très argileux, comme pour cette étude, où en raison de la faible taille des particules et de leur abondance, leur élimination par l'organisme peut être difficile. La présence de particules inorganiques dans le système digestif des spécimens étudiés indique d'ailleurs que l'ingestion de particules inorganiques se produit dans ces milieux. La distribution de métaux dans les organes ne correspond cependant pas à ce qu'on s'attend si les métaux étaient introduits via le système digestif. La figure 4.4 et le tableau 4.21 montrent en effet que la contribution des branchies, du manteau et des glochidia (lorsque présents) dépasse largement celle des organes du système digestif.

L'absence de variation significative de concentrations de métaux dans les organismes, suite à leur mise en contact avec des sédiments transférés,

ne réussit pas pour autant à éliminer les sédiments comme source potentielle de métaux pour les organismes. Le faible rapport des concentrations de métaux entre les bivalves du lac Montbeillard et ceux du lac La Bruère, la grande variabilité intraspécifique chez ces organismes à l'égard des concentrations de métaux (tableau 4.15), et le temps de réponse relativement grand des organismes à des changements de concentrations de métaux dans leur environnement (figure 4.2) auraient pu masquer l'importance des sédiments comme source de métaux.

La source 1, par contre, semble plus probablement impliquée. En effet, si on admet que la distribution de métaux dans les différents organes devrait varier selon la source de métaux impliquée, la contribution des branchies et du manteau à la teneur totale en métaux suggère que les métaux pénètrent dans l'organisme principalement sous forme dissoute. Des concentrations et des teneurs relativement élevées de Cd, de Cu, de Pb, de Zn et de Mn ont aussi été rapportées dans les branchies et le manteau de diverses espèces d'Anodonta (Foulquier et al., 1973; Anderson, 1977; Schachmaev, 1979; Balogh et Salanki, 1984). Il a été argumenté fréquemment dans la littérature que les dépôts de métaux trouvés dans différents organes représentent des sites de détoxification, où les métaux sont emmagasinés ou précipités sous des formes moins nuisibles pour l'organisme (Brown, 1982). L'éventuelle participation du mucus dans la rétention et le transfert de métaux dans les branchies demeure une possibilité intéressante à considérer pour tenter d'expliquer l'accumulation de métaux dans cet organe; des expériences préliminaires ont cependant montré que la séparation du mucus des branchies est difficile à effectuer.

Un calcul des quantités de métaux amenées en contact avec les tissus des bivalves, soit par l'eau, soit par les sédiments, peut aider à discriminer les voies d'entrée des métaux. Faute de données spécifiques relatives aux taux de ventilation et de filtration de particules pour l'espèce A. grandis, et de valeurs de référence fiables pour d'autres espèces, des valeurs théoriques conservatrices de 5 litres d'eau filtrée et de  $10^{-2}$  g de sédiment ingéré par jour ont été utilisées pour obtenir un ordre de gran-

deur de l'importance relative de l'eau et des particules ingérées comme source de métaux traces pour ces organismes. En se basant sur ces valeurs et sur les concentrations de Zn dans l'eau et le sédiment, présentées respectivement dans les tableaux 4.4 et 4.6, on obtient par exemple, pour le Zn (expérience où les sédiments du lac Montbeillard sont transférés dans le lac La Bruère):

- contribution de l'eau:

$$0,14 \times 10^{-6} \text{ mole/L} \times 5 \text{ L/j} = 0,7 \text{ } \mu\text{mole de Zn/j}$$

- contribution des sédiments:

$$\approx 2 \text{ } \mu\text{mole/g} \times 10^{-2} \text{ g/j} = 0,02 \text{ } \mu\text{mole de Zn/j}$$

où  $\approx 2 \text{ } \mu\text{mole/g}$  représente la concentration totale de Zn dans les sédiments transférés du lac Montbeillard. Des résultats semblables, c'est-à-dire contribution de l'eau beaucoup plus élevée que celle des sédiments, sont obtenus pour les autres métaux, peu importe la nature des sédiments transférés. Mentionnons qu'il est généralement reconnu que les métaux en solution sont plus facilement disponibles aux organismes que les métaux associés aux sédiments.

La valeur utilisée de 5 litres d'eau filtrée quotidiennement par A. grandis a été calculée à partir de la valeur de Chappuis et Lubet (1966) de  $30 \text{ mL h}^{-1} \text{ g}^{-1}$  (poids humide) pour une moule Mytilus edulis de 6 cm de longueur ( $\sim 4,7 \text{ L j}^{-1} \text{ g}^{-1}$  poids sec, en considérant 85% de contenu d'eau dans les tissus). De même, la valeur de  $10^{-2} \text{ g}$  de sédiment ingéré par jour est tirée de Bayne (1976) pour l'espèce Mytilus edulis.

Les caractéristiques de respiration et de nutrition de ces organismes, ainsi que les résultats du calcul des concentrations de métaux en solution et associés aux particules qui entrent en contact quotidiennement avec les organismes, suggèrent que les métaux en solution constituent une source de

métaux plus importante pour A. grandis que les métaux associés aux sédiments.

Les relations [M]organisme/[M]sédiment, observées dans la littérature (Luoma et Bryan, 1982), ne sont pas incompatibles avec l'entrée de métaux via la solution. Tessier et Campbell (1984) ont en effet montré que de telles relations seront observées lorsque les organismes accumulent les métaux via la solution si des réactions d'adsorption contrôlent les concentrations de métaux dans la solution en contact avec les organismes. De telles réactions d'adsorption ont récemment été mises en évidence (Tessier et al., 1985b).

La contribution éventuelle de la nourriture demeure un aspect important à préciser. La corrélation, dans le milieu naturel, entre les niveaux de métaux dans la nourriture et l'accumulation et le destin de métaux dans l'organisme a été peu documentée dans la littérature. Un problème majeur pour déterminer la contribution relative des différentes sources à la teneur totale en métaux des organismes est la difficulté de séparer expérimentalement les différentes voies d'entrée des métaux impliquées dans l'accumulation.

## 5.2 Variation temporelle des concentrations de métaux dans les spécimens transférés

Les hypothèses de base sur lesquelles l'expérience de transfert des bivalves a reposé sont:

1. l'existence d'un écart de concentrations de métaux entre les deux lacs (La Bruère et Montbeillard), suffisant pour induire le phénomène d'échange de métaux entre les organismes transférés et leur milieu;
2. qu'après le transfert, les variations de concentrations internes de métaux des organismes se produisent dans le sens du gradient de concentration du milieu. Autrement dit, les concentrations de

métaux des organismes transférés devront avoir tendance à rejoindre les niveaux de métaux des organismes autochtones.

On s'attendait par conséquent à ce que les concentrations de métaux dans les organismes autochtones demeurent approximativement constantes en fonction du temps, par opposition à celles des organismes transférés, qui devaient augmenter ou diminuer.

Au début de l'expérience de transfert de bivalves ( $t = 0$ ), les organismes des deux lacs présentaient des concentrations significativement différentes de Cd, Pb et Zn. De ces trois métaux, les résultats pour le Cd et le Zn suggèrent un échange entre les organismes et leur milieu. Même si la variabilité intraspécifique est grande pour ces deux métaux (figure 4.2), on peut tenter de dégager certaines tendances de variation de concentration dans les organismes en fonction du temps.

Les concentrations de Cd et de Zn semblent diminuer avec le temps lorsque les organismes sont transférés du milieu plus contaminé en métaux au milieu moins contaminé, comme on s'y attendait. Il convient de souligner ici que dans le cas particulier du Cd, le lac Montbeillard est plus contaminé que le lac La Bruère. Une telle diminution peut être expliquée par: (1) une excrétion nette de métaux due à la diminution de concentrations de métaux dans l'environnement; (2) un effet saisonnier (température, nourriture, taux métabolique, cycle reproductif); (3) un effet de confinement dans les enclos. Dans le cas du Zn, il semble que l'effet saisonnier domine, étant donné que la concentration de Zn dans les organismes diminue autant lorsque les organismes sont laissés dans le lac plus contaminé en métaux que lorsqu'ils sont transférés à un milieu moins contaminé. Pour le Cd, on n'observe pas un tel phénomène (c.à.d. des concentrations de Cd qui diminuent avec le temps pour les organismes demeurés dans le lac le plus contaminé); la diminution significative de concentration dans les organismes transférés au lac moins contaminé indique que l'excrétion est peut être alors l'effet dominant.

Pour les organismes transférés d'un milieu relativement peu contaminé en métaux à un milieu où la concentration environnementale de métaux est plus élevée, on observe des tendances différentes pour les deux métaux. La concentration de Cd tend à augmenter avec le temps, comme on s'y attendait, quoique pas significativement par rapport aux organismes de contrôle du lac d'origine, qui suivent à peu près la même tendance; ceci suggère que les variations observées sont attribuables plutôt aux effets saisonniers. Pour le Zn, les concentrations des organismes transférés au milieu plus contaminé varient à l'encontre du gradient de concentration, quoique pas significativement par rapport aux organismes demeurés dans le lac d'origine.

L'hypothèse qui veut que les concentrations dans les organismes transférés rejoignent les niveaux de concentrations en métaux des organismes indigènes, en tenant compte du fait qu'il y a un écart significatif initial entre eux, ne se vérifie pas pour le Zn. Malgré la diminution évidente de ce métal dans des organismes transférés au lac Montbeillard, l'écart de concentration par rapport aux organismes autochtones du même lac demeure significatif.

Bien que les variations de Zn dans le sens contraire au gradient de concentration du métal dans le milieu ne soient pas significatives, il peut s'agir ici de la manifestation d'un phénomène décrit par Anderson (1977) et Luoma (1983), relatif au contrôle physiologique exercé par les organismes sur cet élément. Ce contrôle est relativement indépendant de la concentration du métal dans le milieu; ce comportement est différent de celui du Cd, dont la concentration semble varier avec l'exposition de l'organisme à cet élément.

On trouve, dans cette étude, que l'échange de Cd entre A. grandis et son milieu est relativement lent. Ces résultats sont en accord avec ceux de Julshamn (1981b) qui a montré, en effectuant des transferts d'organismes des espèces Ostrea edulis et Mytilus edulis d'un milieu moins contaminé en Cd et en Pb à un autre plus contaminé et vice-versa, que l'absorption de Cd ne débutait qu'après 60 jours et que les teneurs des organismes indigènes

n'étaient pas atteintes par les organismes transférés après 480 jours. Dans son cas, l'accumulation du métal par les organismes dans le milieu plus contaminé était de 3 à 6 fois la concentration de base présente au début de l'expérience. Après leur retour à leur milieu d'origine l'excrétion de Cd par les organismes était lente; plus de 70% de la concentration maximum atteinte était encore présente après 360 jours. Marquenie et al. (1983), dans des expériences semblables sur les espèces Scrobicularia plana et Macoma bathica, ont montré aussi que la cinétique d'accumulation du Cd chez ces deux espèces était lente, les concentrations de Cd dans les bivalves transférés étant encore différentes de celles dans les bivalves indigènes après 50 jours.

### 5.3 Variabilité intraspécifique

On a déjà rapporté que la variabilité importante (>> que la précision analytique) des concentrations de métaux dans les tissus des spécimens de A. grandis provenant d'une seule station à un temps donné (Tessier et al., 1982). La variabilité intraspécifique des concentrations de métaux traces dans les tissus des organismes de A. grandis originaires de la même localité a aussi été remarquée par Seagle et Ehlmann (1974). Dans la présente étude, le peu de différences significatives entre les concentrations de métaux dans les tissus des organismes indigènes et dans ceux des organismes transférés, attribuable en partie au faible gradient de concentrations de métaux entre les deux lacs, s'explique surtout par la grande variabilité individuelle des organismes. Les coefficients de variation (C.V.) des concentrations reconstituées pour les organismes en entier se situent entre 11% et 65% et ceux des concentrations dans les organes individuels, entre 3% et 118%. Il est évident que les sources de variabilité biologique doivent être clarifiées si on veut obtenir des relations claires entre les concentrations de métaux dans les organismes et les concentrations de métaux dans l'environnement, d'où l'intérêt de réduire la variabilité à une station et à un temps donné.

Dans cette perspective, la série d'organismes d'âges et de dimensions différents prélevée au mois de septembre (série supplémentaire), a été

utilisée pour normaliser, par rapport à la taille des organismes, les concentrations de métaux des spécimens soumis aux expériences de transfert. La gamme de variation des paramètres allométriques de la série supplémentaire était probablement maximum, notamment du côté de la limite supérieure (2-14 ans d'âge et 4,3-10,6 cm de longueur); en effet, l'âge maximum de A. grandis se situe à ~ 14 ans (Crowley, 1957; Meglitsch, 1972; Forester, 1980).

Il faut souligner que le poids des tissus mous est le paramètre le plus largement utilisé dans la littérature pour représenter la taille des organismes (Boyden, 1974; Simpson, 1979; Cossa et al., 1980; Bayne et al., 1981; Bull et Leach, 1981; Strong et Luoma, 1981; Mackie et Flippance, 1983). Cependant, dans la présente étude, l'importance de l'âge et d'autres paramètres allométriques a aussi été considérée. Les résultats de ces analyses ont établi que ce sont le poids et la longueur qui sont les deux paramètres les mieux corrélés aux teneurs de métaux (ex. le coefficient de corrélation au lac La Bruère entre la teneur de cuivre dans les tissus et le poids est de 0,77 ( $P < 0,001$ ); entre la teneur de cuivre et la longueur, de 0,88 ( $P < 0,001$ )). Cependant, seulement le poids a été retenu ici pour permettre la comparaison des données de A. grandis avec celles trouvées dans la littérature.

Les tests de régression appliqués à la série supplémentaire d'organismes (tableau 4.26) indiquent que la proportion de la variance des concentrations de métaux expliquée par le poids de l'organisme est en général faible. Dans le meilleur des cas, le poids explique seulement 36% de la variance du Cu dans le lac Montbeillard à cette époque de l'année. Lorsqu'on normalise, par rapport au poids, les concentrations de Cu des organismes originaires de ce lac et utilisés dans les expériences de transfert, le coefficient de variation de la concentration de ce métal ne diminue pas pour autant. Dans ces conditions, l'application de cette procédure s'avère fort peu utile car l'amélioration en précision est négligeable.

Les figures 4.5 à 4.8 indiquent qu'en septembre le log de la teneur de Cu est directement proportionnel au log du poids de l'organisme (coefficient

de régression respectivement de  $0,81 \pm 0,12$  et de  $0,78 \pm 0,05$  pour le lac La Bruère et le lac Montbeillard), tandis que le log de la concentration diminue un peu avec le log du poids (les individus plus petits contiennent une concentration un peu plus élevée que ceux de taille plus grande), avec de coefficients de régression de  $-0,21 \pm 0,11$  et  $-0,22 \pm 0,05$  respectivement pour le lac La Bruère et le lac Montbeillard. L'augmentation de la teneur en métaux avec le poids est vérifiée pour tous les métaux; par contre, la diminution de la concentration de métal avec le poids n'est vraie que pour le Cu et le Pb. Dans le cas du Cd et du Fe la concentration augmente, mais de façon significative seulement pour le lac Montbeillard; par contre, en ce qui concerne le Zn, aucune relation n'est significative.

Dans les organismes bivalves, on a observé dans la littérature que les concentrations de métaux dans les tissus sont déterminées en partie par les concentrations du milieu. On a observé également qu'à l'intérieur de chaque espèce, les différents métaux sont reliés différemment au poids de l'organisme. Boyden (1974; 1977) a suggéré que le coefficient de régression des teneurs en métaux reliées au poids à la puissance 0,77 implique un rapport avec le métabolisme. Les coefficients obtenus ici pour le Cu et le Pb et ceux obtenus par Boyden, ne sont pas significativement différents du coefficient  $0,75 \pm 0,015$ . La valeur de ce coefficient décrit le rapport du taux de respiration des organismes poikilothermes au poids de l'organisme. Ainsi, cet auteur a établi que dans le cas où un élément est relié au poids à la puissance de 0,77, quelques aspects du métabolisme pourraient influencer le contenu final de métaux; par contre lorsque ce coefficient est  $\sim 1,0$ , des mécanismes tels que la complexation interne de composés spécifiques pourraient alors expliquer, en partie au moins, la teneur totale en métaux dans l'organisme. Dans ces dernières conditions, la concentration totale dans les tissus deviendrait indépendante du poids (coefficient de régression  $\sim 0,0$ ), ce qui semble être le cas dans la présente étude pour le Cd, le Fe et le Zn (tableau 4.26).

Phillips (1976) a étudié la variation du poids en fonction du temps pour des spécimens de Mytilus edulis de la même taille (même longueur). Il

a trouvé que le poids humide variait de façon saisonnière et que les concentrations de Zn et d'autres métaux variaient de façon réciproque au poids. Huebner (1980) a trouvé pour Anodonta grandis que le rapport entre le poids sec des tissus et la longueur des valves variait de façon saisonnière et il a conclu que des différences dans la maturité sexuelle et dans l'amplitude du temps de rétention des glochidia dans les organismes contribuent dans une certaine mesure aux variations saisonnières en biomasse. Ainsi, on peut penser que des spécimens de différents stages de maturité sexuelle pourraient montrer des concentrations différentes de métaux; ceci pourrait conduire à un rapport réciproque avec le poids tel qu'observé aux figures 4.6 et 4.8. Ainsi, des différences saisonnières en concentrations de métaux traces peuvent être associées aux variations saisonnières du poids, liées à leur tour au cycle reproductif. L'importance des effets saisonniers pour expliquer la variabilité intraspécifique des concentrations de métaux chez A. grandis peut être facilement perçue si on se rappelle que la période choisie pour effectuer les expériences était insérée dans la période de plus forte activité métabolique des organismes. Cossa et al. (1979; 1980) ont établi, pour Mytilus edulis, que les coefficients de régression entre les concentrations de Cd et le poids deviennent considérablement plus variables lorsque les organismes atteignent la maturité sexuelle et que les variations sont probablement reliées aux changements biochimiques associés au cycle reproductif et à l'adaptation saisonnière. Même si on note l'absence de corrélations entre les concentrations des métaux dans les bivalves et leur poids, il serait dangereux de conclure, d'après les résultats obtenus de la série supplémentaire, que le poids de l'organisme joue un rôle marginal dans la variabilité intraspécifique des concentrations de métaux. Le poids, le sexe, et les variations saisonnières associées à la maturité sexuelle sont en effet étroitement reliés.

L'analyse des données allométriques des spécimens soumis aux expériences de transfert indiquent l'existence d'une autre source possible de variabilité. La comparaison des tailles des spécimens prélevés aux lacs Montbeillard et La Bruère (tableau 4.1) indique que celles-ci sont significativement différentes pour les deux lacs, ce qui suggère que les organismes

utilisés pour les expériences appartiennent à deux populations différentes. Idéalement, l'interprétation conjointe des phénomènes d'absorption et d'excrétion de métaux, dans des expériences de transfert d'organismes dans le milieu naturel, devrait s'effectuer en utilisant des spécimens appartenant à la même population. Suite à cette constatation, les pentes de régression qui relient le poids des organismes à la teneur et à la concentration interne de métaux (tableau 4.26) ont été utilisées comme un indice pour déterminer si la réponse physiologique par poids spécifique était la même pour les deux populations. La comparaison des coefficients de régression (Test de F) a démontré qu'à l'exception du Fe, ce rapport ne diffère pas significativement d'un lac à l'autre. Ceci nous amène à penser que la réponse physiologique des deux populations aux concentrations de métaux du milieu est semblable. Par ailleurs, la comparaison, pour les deux populations, de la structure des âges, de l'indice de condition et de la variance de tous les paramètres allométriques considérés, tend à supporter cette hypothèse. Néanmoins, les coefficients de corrélation associés aux droites de régression, étant sensiblement différents pour les deux lacs, suggèrent l'existence de facteurs environnementaux particuliers à chaque lac, qui influencent la force de la relation entre la teneur ou la concentration de métaux et le poids des organismes. Ces facteurs pourraient, éventuellement, expliquer aussi les différences de taille des spécimens de A. grandis originaires de chacun des deux lacs. Green (1972), au moyen d'analyses statistiques effectuées sur les caractéristiques allométriques de Lampsilis radiata et Anodonta grandis, a mis en évidence que de tels facteurs environnementaux, associés à la turbulence et aux caractéristiques chimiques de l'eau tels que l'alcalinité, le pH et la concentration de NaCl peuvent influencer la taille globale autant que le poids et la forme des valves.

Finalement, une autre source de variabilité non contrôlée était la présence d'acarides dans la cavité palléale et sur la superficie des branchies pour une grande proportion des spécimens étudiés. Les bivalves, notamment les plus âgés, présentaient des branchies très abîmées et des oedèmes dans les régions infectées. Baker (1977) mentionne que le mucus est la principale source de nourriture dans l'étape initiale de l'alimentation

des acarides. La capacité de réponse aux facteurs du milieu des organismes infectés risque, de toute évidence, d'être amoindrie par rapport aux organismes non infectés.



## CHAPITRE 6

### RÉSUMÉ/CONCLUSIONS



## 6. RÉSUMÉ/CONCLUSIONS

Des expériences de transfert de sédiments et de mollusques bivalves (Anodonta grandis), d'un milieu plus contaminé à un autre moins contaminé en métaux traces et vice-versa, ont été réalisées. Lors de ces expériences, les bivalves étaient maintenus dans des enclos et des spécimens étaient prélevés à  $t = 0, 5, 20, 50$  et  $100$  jours, disséqués (pied, muscle, branchies, manteau, hépatopancréas, masse viscérale) et analysés pour leurs teneurs en Cd, Cu, Fe, Pb et Zn. Ces mesures étaient couplées avec celles de la répartition des métaux dans différentes fractions des sédiments, effectuées à  $t = 0$  et  $100$  jours avec une méthode d'extractions séquentielles et avec celles de la concentration des métaux traces dans l'eau interstitielle et surnageante. Les expériences ont eu lieu dans les lacs Montbeillard et La Bruère, situés dans la région minière de Rouyn-Noranda.

La comparaison des valeurs moyennes de la longueur, la largeur, la hauteur, le poids des valves et le poids total des tissus mous montre que ces paramètres étaient significativement plus élevés ( $P < 0,01$ ) pour les organismes provenant du lac La Bruère que pour ceux du lac Montbeillard; par contre, l'âge et l'indice de condition n'étaient pas significativement différents. Le test de Duncan d'analyse de variance a posteriori montre que l'écart des concentrations de Cd, Pb et Zn au début de l'expérience ( $t = 0$ ) était significatif entre les spécimens originaires des lacs Montbeillard et La Bruère.

On a constaté des différences appréciables de concentrations de Cd, Cu, Pb et Zn dans les différentes fractions des sédiments entre ceux du lac Montbeillard et ceux du lac La Bruère. Malgré ces différences de concentrations entre les deux sédiments, les concentrations de métaux traces dans les tissus des organismes n'étaient pas significativement différentes, après  $100$  jours, que les sédiments avec lesquels ils étaient en contact dans les enclos aient été transférés ou non. Ces observations, de même que la contribution importante des branchies et du manteau à la teneur totale en métaux dans les organismes suggèrent que les métaux pénètrent dans l'orga-

nisme principalement sous forme dissoute. Ces résultats sont aussi en accord avec les caractéristiques anatomiques et physiologiques de l'espèce.

Le temps de réponse des spécimens de A. grandis à des variations de concentrations en métaux traces dans le milieu naturel semble être relativement long; après 100 jours, les concentrations de métaux dans les organismes transférés n'ont pas atteint celles des organismes indigènes. Les concentrations de Cd et Zn dans les tissus des bivalves utilisés dans les expériences de transfert de bivalves montrent toutefois des variations dans le temps. Ces variations peuvent être expliquées par: i) des changements de concentrations de métaux dans l'environnement externe des bivalves; ii) un effet saisonnier (température, nourriture, taux métabolique, cycle reproductif); iii) un effet de confinement dans les enclos. Les coefficients de variation relativement élevés des concentrations ne permettent cependant pas de distinguer clairement entre ces trois effets. Pour bien comprendre, à l'aide d'expériences de transfert, la variation des concentrations de métaux dans les bivalves en fonction des concentrations environnementales de métaux, il sera nécessaire: i) d'augmenter le temps d'étude ( $t \geq 2$  ans); ii) de choisir deux populations de bivalves présentant un écart de concentration de métaux dans leurs tissus plus grand que dans le cas présent; iii) de s'attacher à diminuer la variabilité intra-spécifique des concentrations de métaux traces. Pour tenter de comprendre, et éventuellement de réduire, cette variabilité intra-spécifique, on a prélevé au cours de cette étude, dans chacun des deux lacs, des séries d'organismes d'âge et de données allométriques variables; les résultats ont montré que l'âge et les paramètres allométriques (longueur, largeur, hauteur) expliquent peu de la variance observée (36% dans le meilleur des cas). On soupçonne que le cycle reproductif influence la variabilité intra-spécifique; une stratégie à considérer pour une expérience de transfert serait de choisir des spécimens immatures sexuellement.

Parallèlement à cette expérience de transfert, on a prélevé, à des sites de concentrations de métaux variables, des spécimens de bivalves (Anodonta grandis et Elliptio complanata), ainsi que des échantillons d'eau

interstitielle (et surnageante) et de sédiments superficiels. Les concentrations de métaux étaient mesurées dans les échantillons d'eau interstitielle (et surnageante); la répartition des métaux dans différentes fractions sédiments était déterminée à l'aide d'une méthode d'extractions séquentielles. Après dissection, les tissus des bivalves étaient homogénéisés; une partie de l'homogénat obtenu était utilisée pour mesurer les concentrations de Cd, Cu, Ni, Pb et Zn et une autre, pour mesurer l'association des métaux avec des protéines. Pour ces dernières mesures, l'homogénat était centrifugé et purifié pour éliminer les débris cellulaires et les grosses protéines; le surnageant était soumis à une chromatographie sur gel (Sephadex G-75). Les concentrations de métaux, de groupements - SH et de protéines étaient déterminées sur les fractions d'élution. Des résultats ont été obtenus pour cinq sites parmi les dix choisis, les autres ayant été l'objet de vandalisme. Le faible nombre de stations (5) qui sont demeurées exemptes de vandalisme ne se prête pas à une application de méthodes statistiques pour identifier les facteurs abiotiques impliqués dans l'accumulation des métaux par les deux espèces de bivalves.

Par ailleurs, la séparation sur gel a montré que des proportions appréciables de Cd, Cu et Zn de l'hépatopancréas, des branchies et du manteau des deux espèces de bivalves sont éluées en même temps qu'une protéine de poids moléculaire apparent (~ 14 000) semblable à celui des métallothionéines. On a observé aussi que le rapport {signal polarographique/concentration de protéines} variait entre 0,5 et 1,5  $\mu\text{A}/\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ; les métallothionéines devraient conduire à un rapport d'environ 1  $\mu\text{A}/\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ . Ces résultats concordent pour suggérer que la majorité des protéines éluées en même temps que les métaux traces sont des métallothionéines. Les concentrations de métallothionéines observées dans des échantillons variaient substantiellement; la plus grande partie de la variabilité de ces concentrations dans les branchies et le manteau des deux bivalves peut être expliquée par les concentrations de cadmium dans ces tissus.



## BIBLIOGRAPHIE



## BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, R.V. (1977). Concentration of cadmium, copper, lead, and zinc in six species of freshwater clams. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 18: 492-496.
- Baker, R.A. (1977). Nutrition of the mite Unionicola intermedia, Koenike and its relationship to the inflammatory response induced in the molluscan host Anodonta anatina, L. *Parasitology*, 75: 301-308.
- Balogh, K.V. et J. Salanki (1984). The dynamics of mercury and cadmium uptake into different organs of Anodonta cygnea (L.). *Water Res.*, 18: 1381-1387.
- Bayne, B.L. [ed] (1976). *Marine mussels: Their ecology and physiology*. International biological programme 10. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 495.
- Bayne, B.L., K.R. Clarke et M.N. Moore (1981). Some practical considerations in the measurement of pollution effects on bivalve molluscs, and some possible ecological consequences. *Aquat. Toxicol.*, 1: 159-174.
- Boyden, C.R. (1974). Trace element content and body size in molluscs. *Nature*, 251: 311-314.
- Boyden, C.R. (1977). Effect of size upon metal content of shellfish. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 57: 675-714.
- Bryan, G.W. et H. Uysal (1978). Heavy metals in the burrowing bivalve Scrobicularia plana from the Tamar estuary in relation to environmental levels. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 58: 89-108.
- Brown, B. (1982). The form and function of metal-containing "granules" in invertebrate tissues. *Biol. Rev.*, 57: 621-667.

- Bull, K.P. et D.V. Leach (1981). The variations of the metal concentrations in some species of freshwater mussels with size and age. Int. Conf. Heavy Met. Environ., Amsterdam.
- Carignan, R. (1984). Interstitial water sampling by dialysis: methodological notes. Limnol. Oceanogr., 29: 667-670.
- Carmichael, N.G., K.S. Squibb, D.W. Engel et B.A. Fowler (1980). Metals in the molluscan kidney: Uptake and subcellular distribution of  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{54}\text{Mn}$  and  $^{65}\text{Zn}$  by the clam, Mercenaria mercenaria. Comp. Biochem. Physiol., 65A: 203-206.
- Chao, T.T. (1972). Selective dissolution of manganese oxides from soils and sediments with acidified hydroxylamine hydrochloride. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 36: 764-768.
- Chappuis, J.G. et P. Lubet (1966). Étude du débit palléal et de la filtration de l'eau par une méthode directe chez Mytilus edulis L. et M. galloprovincialis Lmk. (mollusques lamellibranchies). Bull. Soc. Linn. Normandie, 10: 210-216.
- Clarke, A.H. (1981). Les mollusques d'eau douce du Canada. Musées nationaux du Canada, Ottawa, 447 p.
- Cossa, D., E. Bourget et J. Piuze (1979). Sexual maturation as a source of variation in the relationship between cadmium concentration and body weight of Mytilus edulis L. Mar. Pollut. Bull., 10: 174-176.
- Cossa, D., E. Bourget, D. Pouliot, J. Piuze et J.P. Chanut (1980). Geographical and seasonal variations in the relationship between trace metal content and body weight in Mytilus edulis. Mar. Biol., 58: 7-14.
- Crowley, T.E. (1957). Age determination in Anodonta. J. Conchol., 24: 201-207.

- Forester, A.J. (1980). Monitoring the bioavailability of toxic metals in acid-stressed shield lakes using pelecypod molluscs (clams, mussels). In: Trace substances in environmental health, 14th symposium, University of Missouri, Columbia, p. 142-147. D.D. Hemphill [ed.].
- Foulquier, L., P. Bovard et A. Grauby (1973). Résultats expérimentaux sur la fixation du Zinc-65 par Anodonta cygnea (Linnaeus). Malacologia, 14: 107-124.
- Green, R.H. (1972). Distribution and morphological variation of Lampsilis radiata (Pelecypoda, Unionidae) in some central Canadian lakes: A multivariate statistical approach. J. Fish. Res. Board. Can., 29: 1565-1570.
- Hardy, J.T., R.L. Schmidt et C.W. Apts (1981). Marine sediment and interstitial water: Effects on bioavailability of cadmium to gills on the clam Protothaca staminea. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 27: 798-805.
- Hart, C.W. Jr. et S.L.H. Fuller [ed] (1974). Pollution ecology of freshwater invertebrates. Chapter 8, "Clams and mussels (Mollusca:Bivalvia)", pp. 215-273. Academic Press, New York.
- Huebner, J.D. (1980). Seasonal variation in two species of unionid clams from Manitoba, Canada: biomass. Can. J. Zool., 58: 1980-1983.
- Hull, C.H., et N.H. Nie (1981). SPSS update 7-9. New procedures and facilities for releases 7-9. McGraw-Hill company, New York.
- Jenne, E.A. et S.N. Luoma (1977). Forms of trace elements in soils, sediments and associated waters: An overview of their determination and biological availability. U.S. Energy Research and Development Administration. Symp. Ser., 42: 110-143.

- Julshamn, K. (1981a). Studies on major and minor elements in molluscs in western Norway (II). Seasonal variations in the contents of 10 elements in oysters (Ostrea edulis) from three oyster farms. Fisk. Dir., Ser. Ernoering, 1: 183-197.
- Julshamn, K. (1981b). Studies on mayor and minor elements in molluscs in western Norway (VI). Accumulation and depletion of cadmium and lead and 5 further elements in tissues of oyster (Ostrea edulis), and commun mussel (Mytilus edulis) by transfer between waters of highly different heavy metal loads. Fisk. Dir., Ser. Ernoering, 1: 247-265.
- Lalonde, J.P. et P. Lasalle (1983). Atlas géochimique de l'argile et du till de base de l'Abitibi. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Rep. DPV-830, 80 p.
- Langston, W.J. (1980). Arsenic in U.K. estuarine sediments and its availability to benthic organisms. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 60: 869-881.
- Langston, W.J. (1982). The distribution of mercury in British estuarine sediments and its availability to deposit-feeding bivalves. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 62: 667-684.
- Legendre, L. et P. Legendre (1984). Écologie numérique: 1. Le traitement multiple des données écologiques. Deuxième édition. Masson-Presses de l'Université du Québec, Québec, pp. 260.
- Li, Y.H. et S. Gregory (1974). Diffusion of ions in sea water and deep-sea sediments. Geochim. Cos. Acta, 38: 703-714.
- Lion, L.W., R.S. Altmann et J.O. Leckie (1982). Trace-metal adsorption characteristics of estuarine particulate matter: Evaluation of contribution of Fe/Mn oxide and organic surface coatings. Environ. Sci. Technol., 16: 660-666.

- Luoma, S.N. et E.A. Jenne (1977). The availability of sediment-bound cobalt, silver, and zinc to a deposit-feeding clam. Biological implications of metals in the environment. Proc. of the 15th Ann. Hanford Life Symp., Conf-750929, ERDA Symp. Ser. 42, p. 231-230.
- Luoma, S.N. et G.W. Bryan (1978). Factors controlling the availability of sediment-bound lead to the estuarine bivalve Scrobicularia plana. J. Mar. Biol. Assoc. U.K., 58: 793-802.
- Luoma, S.N. et G.W. Bryan (1982). A statistical study of environmental factors controlling concentrations of heavy metals in the burrowing bivalve Scrobicularia plana and the polychaete Nereis diversicolor. Estuar., Coast. Shelf Sci., 15: 95-108.
- Luoma, S.N. (1983). Bioavailability of trace metals to aquatic organisms-A review. Science Total Environ., 28: 1-22.
- Mackie, G.L. et L.A. Flippance (1983). Intra- and interspecific variations in calcium content of freshwater mollusca in relation to calcium content of the water. J. Molluscan Stud., 49: 204-212.
- Marina, M. et O. Enzo (1983). Variability of zinc and manganese concentrations in relation to sex and season in the bivalve Donax trunculus. Mar. Pollut. Bull., 14: 342-346.
- Marquenie, J.M., W.Chr. De Kock et P.M. Dinneen (1983). Bioavailability of heavy metals in sediments. Intern. Conf. Heavy Metals Environ., 2: 944-947.
- Meglitsch, P.A. (1972). Invertebrate zoology. Second edition. Oxford University Press, New York, p. 834.
- Morton, B. (1973). A new theory of feeding and digestion in the filter-feeding lamellibranchia. Malacologia, 14: 63-79.

- Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Steinbrenner et D.H. Bent (1975). Statistical package for the social sciences: SPSS. Second edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Phillips, D.J.H (1976). The common mussel Mytilus edulis as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and copper I. Effects of environmental variables on uptake of metals. *Mar. Biol.*, 38: 59-69.
- Phillips, D.J.H. (1977). The use of biological indicator organisms to monitor trace metal pollution in marine and estuarine environments. A review. *Water Pollut.*, 13: 281-317.
- Pohlo, R.H. (1973). Feeding and associated functional morphology in Tagelus californianus and Florimeta obesa (Bivalvia:Tellinacea). *Malacologia*, 12: 1-11.
- Russel-Hunter, W.D. (1983). The Mollusca. Chapter 7, "Physiological ecology of freshwater bivalves", 6: 281-327. Academic Press, New York.
- Schachmaev, N.K. (1979). Accumulation of manganese by Anodonta anatina (Mollusca). *Zool. J.*, 58.
- Seagle, S.M. et A.J. Ehlmann (1974). Manganese, zinc and copper in water, sediments and mussels in north central Texas reservoirs. *Trace Subs. Environ. Health.*, 8: 101-106.
- Simpson, R.D. (1979). Uptake and loss of zinc and lead by mussels (Mytilus edulis) and relationships with body weight and reproductive cycle. *Mar. Pollut. Bull.*, 10: 74-78.
- Sokal, R.R. et F.J. Rohlf (1979). *Biometria*. Primera edicion. H. Blume Ediciones, Madrid, pp. 832.

- Strong, C.R. et S.N. Luoma (1981). Variations in the correlation of body size with concentrations of Cu and Ag in the bivalve Macoma balthica. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 38: 1059-1064.
- Tenore, K.R., D.B. Horton et T.W. Duke (1968). Effects of bottom substrata on the brackish water bivalve Rangia cuneata. Chesapeake Sci., 9: 238-248.
- Tessier, A., P.G.C. Campbell et M. Bisson (1979). Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem., 51: 844-851.
- Tessier, A., P.G.C. Campbell et M. Bisson (1980). Trace metal speciation in the Yamaska and St.François rivers (Québec). Can. J. Earth Sci., 17: 90-105.
- Tessier, A., P.G.C. Campbell, J.C. Auclair, M. Bisson et H. Boucher (1982). Évaluation de l'impact de rejets miniers sur des organismes biologiques. INRS-Eau, rapport scientifique No 146. Université du Québec, Québec.
- Tessier, A., P.G.C. Campbell et J.C. Auclair (1983). Relationships between trace metal partitioning in sediments and their bioaccumulation in freshwater pelecypods. Intern. Conf. Heavy Metals Environ., Heidelberg, p. 1086-1089.
- Tessier, A. et P.G.C. Campbell (1984). Partitioning of trace metals in sediments: relationships with bioavailability. International Workshop on In-Situ Contaminants, Aberystwyth, Pays de Galles.
- Tessier, A., P.G.C. Campbell, J.C. Auclair et M. Bisson (1984). Relationships between the partitioning of trace metals in sediments and their accumulation in the tissues of the freshwater mollusc Elliptio complanata in a mining area. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 41: 1463-1472.

Tessier, A., P.G.C. Campbell, J.C. Auclair, P. Ardisson, C. Legrand, D. Huizenga et R. Schenck (1985a). Accumulation of trace metals in a fresh-water mussel: Some physico-chemical and biological factors involved. Intern. Conf. Heavy Metals Environ., Athènes, p. 682-684.

Tessier, A., F. Rapin et R. Carignan (1985b). Trace metals in oxic lake sediments: Possible adsorption onto iron oxyhydroxides. Geochim. Cos. Acta, 49: 183-194.

Thompson, J.A.J. et R.P. Cosson (1984). An improved electrochemical method for the quantification of metallothioneins in marine organisms. Mar. Environ. Res., 11: 137-152.

ANNEXE



TABLEAU A.1 Données allométriques des spécimens d'*Anodonta grandis* provenant du lac Montbeillard et utilisés pour les expériences de transfert.

ORGANISME <sup>1</sup>			LONGUEUR (cm)	LARGEUR (cm)	HAUTEUR (cm)	ÂGE (ans)	POIDS VALVES (g)	POIDS SEC TISSUS MOUS (g)	INDICE DE CONDITION
Enclos	No	Temps							
4C	1-000		8,6	4,5	3,1	8	16,470	1,512	0,084
4C	2-000		10,0	4,9	3,8	9	22,269	1,112	0,047
4C	3-000		7,6	4,2	2,8	8	8,02	1,486	0,156
4D	1-000		7,3	4,1	3,0	5	9,585	1,744	0,154
4D	2-000		7,9	4,2	2,9	6	9,919	1,649	0,142
4C	1-005		5,8	3,1	2,3	3	3,450	0,493	0,125
4C	2-005		6,5	3,7	2,3	5	5,040	0,644	0,113
4C	3-005		8,5	4,6	3,0	11	12,920	1,516	0,105
4D	1-005		6,4	3,8	2,4	4	4,700	0,803	0,146
4D	2-005		6,7	3,7	2,5	4	4,380	0,635	0,127
4D	3-005		8,5	4,7	3,4	6	10,910	1,807	0,151
3A	1-005		9,4	5,1	4,0	13	17,100	2,059	0,107
3A	2-005		8,8	5,3	3,5	10	15,570	1,381	0,081
3A	3-005		9,4	5,3	3,4	10	16,920	1,469	0,080
3B	1-005		8,1	4,7	3,2	10	12,240	1,395	0,102
3B	2-005		8,2	4,3	3,0	10	12,860	1,869	0,127
3B	3-005		8,6	4,6	3,1	13	13,170	1,314	0,091
4C	1-020		6,1	3,4	2,0	6	4,497	0,475	0,095
4C	2-020		8,0	4,4	3,0	9	9,649	1,339	0,122
4C	3-020		8,6	4,8	3,8	9	14,224	1,307	0,084
4D	1-020		8,2	4,8	3,6	10	16,297	1,544	0,086
4D	2-020		8,3	4,6	3,1	9	11,619	1,615	0,122
4D	3-020		8,6	4,4	3,4	7	11,227	1,392	0,110
3A	1-020		8,2	4,6	3,0	10	11,399	1,828	0,138
3A	2-020		7,8	4,7	2,9	9	10,271	1,949	0,159
3A	3-020		7,4	3,9	3,0	8	8,886	1,390	0,135
3B	1-020		8,4	4,4	3,3	10	11,339	1,935	0,146
3B	2-020		6,9	3,6	2,7	4	5,693	0,847	0,129
3B	3-020		6,5	3,3	2,8	10	7,539	1,399	0,156
4C	1-050		6,9	3,8	2,7	4	5,298	0,745	0,123
4C	2-050		9,0	5,0	3,3	8	15,747	1,511	0,087
4C	3-050		6,5	3,9	2,5	4	5,868	0,722	0,109
4D	1-050		8,0	4,7	3,0	10	12,508	1,000	0,074
4D	2-050		6,4	3,6	2,4	5	4,662	0,658	0,124
4D	3-050		6,2	3,5	2,2	3	4,297	0,524	0,109
3A	1-050		8,3	4,4	3,4	9	11,427	2,024	0,162
3A	2-050		7,9	4,4	3,0	9	10,920	1,932	0,150
3A	3-050		8,5	3,7	2,6	6	5,229	1,031	0,165
3B	1-050		7,9	4,3	3,1	7	11,695	1,309	0,101
3B	2-050		7,1	3,7	2,9	8	9,554	1,726	0,153
3B	3-050		7,3	3,9	2,8	4	6,894	1,333	0,162
4C	1-100		6,9	4,0	2,8	4	5,639	0,724	0,114
4C	2-100		7,5	4,5	3,0	8	7,519	1,035	0,121
4C	3-100		7,0	4,1	2,6	4	5,408	0,793	0,128
4D	1-100		7,8	4,5	2,9	7	9,537	1,724	0,153
4D	2-100		7,1	4,1	2,8	8	8,065	0,900	0,100
4D	3-100		9,4	5,5	3,5	7	16,304	1,071	0,062
3A	1-100		9,2	5,0	3,1	9	14,977	2,208	0,128
3A	2-100		8,1	4,5	3,1	9	10,963	1,943	0,150
3A	3-100		8,0	4,8	3,3	10	13,548	2,197	0,139
3B	1-100		8,3	4,6	3,1	6	8,372	1,471	0,149
3B	2-100		7,8	4,2	3,2	5	7,750	1,359	0,149
3B	3-100		9,8	5,3	3,7	7	19,541	3,342	0,146
1A	1-100		8,9	4,7	3,5	10	12,428	1,887	0,132
1A	2-100		7,4	3,9	2,6	4	7,832	0,776	0,090
1A	3-100		7,4	4,1	2,8	10	7,229	0,825	0,102
1B	1-100		7,5	4,1	3,8	7	7,365	0,920	0,111

<sup>1</sup> Les deux premiers caractères correspondent aux enclos (voir figure 2.1); le suivant correspond au numéro du spécimen; les trois derniers chiffres indiquent le temps de prélèvement lors des expériences.

TABLEAU A.2 Poids sec (g) des tissus mous des spécimens d'*Anodonta grandis* provenant du lac Montbeillard et utilisés pour les expériences de transfert.

ORGANISME <sup>1</sup>			BRANCHIES	MANTEAU	HÉPATOPANCRÉAS	MASSE VISCÉRALE	MUSCLE	PIED	GLOCHIDIA
Enclos	No	Temps							
4C	1-000		0,439	0,258	0,118	0,470	0,151	0,076	
4C	2-000		0,244	0,232	0,132	0,331	0,089	0,084	
4C	3-000		0,240	0,274	0,124	0,673	0,083	0,092	
4D	1-000		0,226	0,285	0,137	0,886	0,114	0,096	
4D	2-000		0,249	0,240	0,137	0,829	0,101	0,093	
4C	1-005		0,085	0,102	0,083	0,164	0,021	0,038	
4C	2-005		0,113	0,134	0,086	0,229	0,035	0,050	
4C	3-005		0,363	0,216	0,155	0,461	0,111	0,074	
4D	1-005		0,118	0,182	0,114	0,284	0,043	0,062	
4D	2-005		0,117	0,101	0,057	0,086	0,275	0,029	
4D	3-005		0,369	0,308	0,159	0,774	0,106	0,091	
3A	1-005		0,522	0,581	0,231	0,444	0,130	0,151	
3A	2-005		0,425	0,374	0,137	0,472	0,113	0,081	
3A	3-005		0,449	0,383	0,141	0,678	0,135	0,075	
3B	1-005		0,335	0,347	0,136	0,417	0,093	0,067	
3B	2-005		0,311	0,364	0,178	0,779	0,124	0,113	
3B	3-005		0,362	0,368	0,166	0,287	0,075	0,056	
4C	1-020		0,102	0,110	0,067	0,139	0,029	0,028	
4C	2-020		0,218	0,293	0,106	0,533	0,098	0,091	
4C	3-020		0,326	0,362	0,126	0,310	0,102	0,081	
4D	1-020		0,371	0,367	0,089	0,575	0,078	0,064	
4D	2-020		0,310	0,304	0,083	0,716	0,117	0,085	
4D	3-020		0,289	0,377	0,120	0,435	0,085	0,086	
3A	1-020		0,320	0,200	0,237	0,836	0,118	0,117	
3A	2-020		0,316	0,325	0,240	0,883	0,097	0,088	
3A	3-020		0,264	0,322	0,200	0,446	0,091	0,067	
3B	1-020		0,352	0,400	0,280	0,719	0,104	0,080	
3B	2-020		0,161	0,190	0,083	0,320	0,047	0,046	
3B	3-020		0,214	0,378	0,173	0,455	0,103	0,076	
4C	1-050		0,161	0,189	0,070	0,201	0,054	0,070	
4C	2-050		0,400	0,353	0,108	0,411	0,167	0,072	
4C	3-050		0,162	0,167	0,066	0,231	0,055	0,041	
4D	1-050		0,276	0,229	0,082	0,237	0,105	0,071	
4D	2-050		0,157	0,161	0,055	0,181	0,050	0,054	
4D	3-050		0,113	0,120	0,061	0,124	0,046	0,060	
3A	1-050		0,337	0,464	0,257	0,914	0,136	0,096	
3A	2-050		0,303	0,452	0,155	0,762	0,119	0,141	
3A	3-050		0,176	0,228	0,193	0,304	0,061	0,069	
3B	1-050		0,249	0,211	0,124	0,525	0,111	0,089	
3B	2-050		0,255	0,452	0,136	0,675	0,117	0,091	
3B	3-050		0,233	0,274	0,176	0,470	0,094	0,086	
4C	1-100		0,184	0,133	0,073	0,126	0,042	0,060	0,106
4C	2-100		0,200	0,167	0,081	0,136	0,064	0,064	0,323
4C	3-100		0,308	0,125	0,077	0,185	0,040	0,058	
4D	1-100		0,680	0,250	0,098	0,306	0,090	0,066	0,234
4D	2-100		0,205	0,212	0,071	0,252	0,086	0,074	
4D	3-100		0,212	0,311	0,089	0,249	0,129	0,081	
3A	1-100		0,308	0,485	0,140	1,004	0,151	0,120	
3A	2-100		0,237	0,447	0,168	0,899	0,114	0,078	
3A	3-100		0,361	0,554	0,118	0,871	0,170	0,123	
3B	1-100		0,283	0,344	0,121	0,391	0,088	0,077	0,167
3B	2-100		0,208	0,326	0,103	0,437	0,098	0,123	0,064
3B	3-100		0,536	0,646	0,210	1,000	0,164	0,058	0,728
1A	1-100		0,490	0,276	0,116	0,220	0,096	0,051	0,638
1A	2-100		0,192	0,163	0,066	0,213	0,074	0,068	
1A	3-100		0,190	0,191	0,073	0,253	0,063	0,055	
1B	1-100		0,170	0,179	0,075	0,166	0,057	0,074	0,199

<sup>1</sup> Les deux premiers caractères correspondent aux enclos (voir figure 2.1); le suivant correspond au numéro du spécimen; les trois derniers chiffres indiquent le temps de prélèvement lors des expériences.

TABLEAU A.3 Données allométriques des spécimens d'*Anodonta grandis* provenant du lac La Bruère et utilisés pour les expériences de transfert.

ORGANISME <sup>1</sup>			LONGUEUR (cm)	LARGEUR (cm)	HAUTEUR (cm)	ÂGE (ans)	POIDS VALVES (g)	POIDS SEC TISSUS MOUS (g)	INDICE DE CONDITION
Enclos	No	Temps							
3C	1-000		9,8	5,0	4,0	8	17,730	3,236	0,154
3C	2-000		8,1	4,6	3,1	3	10,663	1,486	0,122
3C	3-000		8,0	4,4	3,0	5	10,810	2,071	0,161
3D	1-000		10,3	5,1	4,0	8	21,350	3,151	0,129
3D	2-000		10,4	5,1	4,0	8	21,939	3,480	0,137
4A	1-005		9,9	5,1	4,1	12	20,900	2,292	0,099
4A	2-005		9,7	5,7	3,7	16	54,080	2,949	0,052
4A	3-005		9,3	4,7	3,8	10	15,320	2,404	0,136
4B	1-005		9,6	5,1	4,0	9	17,230	2,154	0,111
4B	2-005		10,3	5,2	3,8	11	20,490	2,337	0,102
4B	3-005		9,7	5,1	3,9	9	19,427	2,701	0,122
3C	1-005		10,1	5,3	4,2	10	16,400	2,284	0,122
3C	2-005		8,7	5,9	3,4	5	10,048	1,349	0,118
3C	3-005		7,9	4,4	3,0	6	11,220	1,815	0,139
4A	1-020		9,2	4,5	3,4	10	15,848	1,528	0,088
4A	2-020		8,8	4,8	3,0	7	10,436	1,337	0,113
4A	3-020		9,2	4,8	3,4	9	16,048	1,810	0,101
4B	1-020		9,1	4,6	3,4	10	17,280	1,621	0,086
4B	2-020		9,7	5,4	3,8	9	22,493	1,787	0,073
4B	3-020		8,3	4,5	3,0	9	11,239	1,345	0,107
3C	1-020		8,1	4,2	2,8	3	8,744	2,058	0,190
3C	2-020		8,4	4,1	3,5	9	12,566	1,485	0,106
3C	3-020		9,3	4,7	3,3	9	13,483	2,762	0,170
3D	1-020		9,5	4,6	3,6	9	18,146	3,440	0,159
3D	2-020		8,1	4,3	3,1	9	10,152	1,661	0,141
3D	3-020		9,1	4,8	3,4	9	16,462	2,280	0,122
4A	1-050		8,0	4,4	2,8	5	9,637	1,236	0,114
4A	2-050		8,8	4,6	3,3	8	12,019	1,528	0,113
4A	3-050		8,5	4,4	3,6	10	16,580	1,241	0,070
4B	1-050		8,3	4,8	3,5	4	12,137	1,873	0,134
4B	2-050		7,2	3,8	2,9	3	6,780	2,170	0,242
4B	3-050		8,8	5,0	3,5	6	14,442	0,919	0,060
3C	1-050		9,6	5,1	3,8	10	24,372	2,376	0,089
3C	2-050		7,9	4,4	3,0	10	11,229	1,929	0,147
3C	3-050		7,6	3,8	2,9	4	8,127	1,435	0,150
3D	1-050		7,9	4,2	3,2	4	10,262	1,957	0,160
3D	2-050		8,3	4,2	3,2	9	11,913	2,090	0,149
3D	3-050		8,2	4,7	3,4	8	13,774	2,633	0,100
4A	1-100		7,7	4,4	2,9	8	8,781	1,072	0,109
4A	2-100		8,5	4,7	3,3	10	13,559	1,604	0,106
4A	3-100		8,4	4,6	3,1	3	10,456	1,086	0,094
4B	1-100		8,7	5,1	3,3	9	14,613	1,409	0,088
4B	2-100		7,4	4,2	2,7	6	7,425	0,667	0,082
4B	3-100		8,4	4,6	3,1	8	10,822	1,003	0,085
3C	1-100		7,8	4,3	3,0	7	7,657	1,426	0,157
3C	2-100		9,6	5,0	3,8	12	22,659	2,871	0,112
3C	3-100		8,7	4,7	3,5	12	12,425	1,206	0,088
3D	1-100		9,1	4,8	3,7	12	16,499	2,281	0,121
3D	2-100		9,4	4,4	3,5	12	18,572	2,292	0,109
3D	3-100		8,6	4,8	3,3	7	13,186	2,692	0,169
2A	1-100		9,3	5,0	3,8	9	15,845	3,480	0,180
2A	2-100		9,1	4,5	3,5	10	16,016	2,494	0,135
2A	3-100		9,6	5,2	3,7	10	21,425	2,678	0,113
2B	1-100		8,6	4,5	3,2	11	11,192	1,622	0,126
2B	2-100		9,6	4,4	3,5	11	15,830	2,406	0,132

<sup>1</sup> Les deux premiers caractères correspondent aux enclos (voir figure 2.1); le suivant correspond au numéro du spécimen; les trois derniers chiffres indiquent le temps de prélèvement lors des expériences.

TABLEAU A.4 Poids sec (g) des tissus mous des spécimens d'*Anodonta grandis* provenant du lac La Bruère et utilisés pour les expériences de transfert.

ORGANISME <sup>1</sup>			BRANCHIES	MANTEAU	HÉPATOPANCRÉAS	MASSE VISCÉRALE	MUSCLE	PIED	GLOCHIDIA
Enclos	No	Temps							
3C	1-000		0,663	0,649	0,332	1,223	0,206	0,163	
3C	2-000		0,309	0,268	0,194	0,471	0,093	0,151	
3C	3-000		0,361	0,385	0,364	0,692	0,129	0,140	
3D	1-000		0,727	0,563	0,477	1,031	0,197	0,156	
3D	2-000		0,734	0,692	0,375	1,235	0,277	0,167	
4A	1-005		0,674	0,547	0,283	0,510	0,186	0,092	
4A	2-005		0,477	0,601	0,440	0,595	0,340	0,496	
4A	3-005		0,533	0,436	0,188	0,817	0,185	0,245	
4B	1-005		0,677	0,406	0,247	0,516	0,165	0,143	
4B	2-005		0,662	0,476	0,185	0,587	0,219	0,208	
4B	3-005		0,729	0,587	0,243	0,792	0,168	0,182	
3C	1-005		0,604	0,653	0,247	0,487	0,202	0,096	
3C	2-005		0,273	0,208	0,215	0,435	0,082	0,076	
3C	3-005		0,306	0,437	0,288	0,561	0,119	0,104	
4A	1-020		0,413	0,517	0,129	0,808	0,164	0,096	
4A	2-020		0,346	0,421	0,143	0,626	0,101	0,114	
4A	3-020		0,584	0,599	0,161	0,719	0,154	0,110	
4B	1-020		0,517	0,491	0,162	0,589	0,114	0,117	
4B	2-020		0,600	0,500	0,190	0,941	0,146	0,143	
4B	3-020		0,368	0,443	0,108	0,432	0,116	0,092	
3C	1-020		0,309	0,488	0,253	0,839	0,073	0,096	
3C	2-020		0,400	0,411	0,142	0,432	0,064	0,036	
3C	3-020		0,435	0,615	0,267	1,214	0,138	0,093	
3D	1-020		0,570	0,804	0,332	1,426	0,175	0,133	
3D	2-020		0,403	0,306	0,191	9,591	0,095	0,075	
3D	3-020		0,589	0,511	0,264	0,696	0,162	0,064	
4A	1-050		0,294	0,281	0,098	0,349	0,116	0,098	
4A	2-050		0,409	0,326	0,094	0,428	0,150	0,121	
4A	3-050		0,393	0,291	0,068	0,239	0,128	0,122	
4B	1-050		0,421	0,497	0,130	0,576	0,139	0,110	
4B	2-050		0,491	0,534	0,132	0,742	0,143	0,128	
4B	3-050		0,250	0,206	0,067	0,250	0,077	0,069	
3C	1-050		0,693	0,562	0,121	0,660	0,211	0,129	
3C	2-050		0,243	0,465	0,172	0,755	0,141	0,153	
3C	3-050		0,328	0,364	0,104	0,439	0,095	0,105	
3D	1-050		0,359	0,581	0,149	0,650	0,127	0,091	
3D	2-050		0,395	0,556	0,155	0,779	0,123	0,082	
3D	3-050		0,491	0,650	0,215	0,975	0,183	0,119	
4A	1-100		0,247	0,215	0,070	0,258	0,090	0,192	
4A	2-100		0,331	0,360	0,113	0,509	0,149	0,142	
4A	3-100		0,207	0,205	0,088	0,155	0,077	0,076	0,278
4B	1-100		0,389	0,301	0,087	0,379	0,119	0,134	
4B	2-100		0,220	0,153	0,068	0,109	0,069	0,048	
4B	3-100		0,289	0,255	0,065	0,228	0,095	0,071	
3C	1-100		0,244	0,432	0,074	0,516	0,081	0,079	
3C	2-100		0,686	0,675	0,174	0,939	0,216	0,181	
3C	3-100		0,341	0,339	0,067	0,348	0,057	0,054	
3D	1-100		0,559	0,569	0,098	0,815	0,165	0,075	
3D	2-100		0,213	0,833	0,116	0,886	0,173	0,071	
3D	3-100		0,480	0,536	0,108	0,512	0,144	0,149	0,763
2A	1-100		0,574	0,692	0,156	0,983	0,182	0,134	0,759
2A	2-100		0,700	0,599	0,078	0,854	0,120	0,143	
2A	3-100		0,782	0,731	0,109	0,652	0,120	0,060	0,224
2B	1-100		0,393	0,376	0,102	0,538	0,119	0,094	
2B	2-100		0,483	0,705	0,098	0,909	0,121	0,090	

<sup>1</sup> Les deux premiers caractères correspondent aux enclos (voir figure 2.1); le suivant correspond au numéro du spécimen; les trois derniers chiffres indiquent le temps de prélèvement lors des expériences.

TABLEAU A.5 Données allométriques des spécimens d'Anodonta grandis prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME No	LONGUEUR (cm)	LARGEUR (cm)	HAUTEUR (cm)	ÂGE (ans)	POIDS VALVES (g)	POIDS SEC ORGANES MOUS (g)	INDICE DE CONDITION
01	9,7	5,6	3,9	11	17,346	2,059	0,106
02	9,2	4,8	4,0	13	17,688	1,390	0,073
03	8,3	4,8	3,2	12	32,427	2,118	0,061
04	8,6	4,9	3,1	12	31,032	2,140	0,064
05	8,2	4,7	3,4	10	12,653	1,638	0,115
06	8,0	4,3	3,2	14	9,772	1,062	0,098
07	6,8	3,9	2,6	7	5,561	0,923	0,142
08	8,2	4,5	3,2	8	13,062	1,393	0,096
09	8,2	4,7	2,9	9	11,035	1,567	0,124
10	8,3	4,7	3,1	9	12,846	1,252	0,089
11	7,8	4,6	3,1	6	9,220	1,190	0,114
12	8,8	4,8	3,2	7	12,037	1,360	0,101
13	6,4	3,8	2,4	7	6,001	0,806	0,118
14	6,8	3,9	2,4	7	5,347	0,706	0,117
15	6,8	4,0	2,5	9	5,956	0,648	0,098
16	7,2	4,2	2,8	7	7,461	1,039	0,122
17	7,9	4,4	2,8	10	10,258	1,136	0,099
18	8,0	4,4	3,1	9	10,105	1,041	0,093
19	6,7	3,9	2,6	7	5,871	0,904	0,133
20	9,0	4,9	3,7	11	17,049	1,930	0,102
21	7,6	4,4	3,1	10	10,990	1,241	0,101
22	6,5	3,7	2,3	6	4,921	0,517	0,095
23	6,2	3,4	2,2	4	4,642	0,554	1,107
24	6,0	3,5	2,0	5	3,172	0,384	0,108
25	6,1	3,5	2,4	4	3,958	0,452	0,102
26	5,6	3,2	2,0	3	2,873	0,270	0,086
27	6,8	3,7	2,6	6	5,697	0,687	0,108
28	6,2	3,6	2,2	7	3,868	0,567	0,128
29	6,6	3,8	2,4	4	5,200	0,553	0,096
30	5,8	3,8	2,3	4	5,023	0,622	0,110
31	6,0	3,4	2,1	7	4,019	0,463	0,103
32	5,7	3,2	2,1	8	3,685	0,425	0,103
33	5,5	3,4	2,1	6	3,093	0,349	0,101
34	6,0	3,4	2,2	4	3,690	0,411	0,100
35	5,6	3,2	1,9	3	2,764	0,252	0,083
36	5,3	3,1	1,8	3	2,344	0,280	0,107
37	4,3	2,7	1,5	3	1,110	0,148	0,118
38	4,3	2,6	1,6	2	1,194	0,126	0,095

TABLEAU A.6 Poids sec (g) des organes mous des spécimens d'Anodonta grandis prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME No	BRANCHIES	MANTEAU	HÉPATOPANCRÉAS	MASSE VISCERALE	MUSCLE	PIED	GLOCHIDIA
01	0,240	0,366	0,105	0,329	0,112	0,059	0,848
02	0,357	0,397	0,071	0,098	0,098	0,066	
03	0,291	0,500	0,180	0,799	0,190	0,158	
04	0,311	0,513	0,173	0,780	0,187	0,176	
05	0,187	0,275	0,099	0,232	0,101	0,080	0,664
06	0,362	0,183	0,070	0,292	0,090	0,065	
07	0,077	0,178	0,056	0,153	0,062	0,052	0,345
08	0,155	0,255	0,083	0,236	0,106	0,078	0,480
09	0,158	0,279	0,099	0,248	0,101	0,070	0,612
10	0,330	0,306	0,102	0,335	0,115	0,064	
11	0,146	0,216	0,098	0,231	0,090	0,070	0,339
12	0,315	0,314	0,095	0,447	0,103	0,086	
13	0,087	0,175	0,067	0,211	0,066	0,035	0,165
14	0,067	0,127	0,067	0,117	0,046	0,040	0,242
15	0,126	0,157	0,081	0,203	0,045	0,036	
16	0,098	0,207	0,089	0,176	0,074	0,046	0,349
17	0,247	0,288	0,070	0,384	0,082	0,065	
18	0,129	0,231	0,072	0,161	0,076	0,029	0,343
19	0,082	0,155	0,073	0,142	0,054	0,042	0,356
20	0,198	0,334	0,059	0,286	0,111	0,077	0,865
21	0,228	0,112	0,091	0,209	0,082	0,051	0,468
22	0,125	0,118	0,068	0,122	0,043	0,041	
23	0,117	0,050	0,054	0,118	0,035	0,044	0,136
24	0,092	0,086	0,056	0,087	0,033	0,030	
25	0,107	0,107	0,057	1,112	0,035	0,034	
26	0,067	0,065	0,046	1,040	0,026	0,026	
27	0,135	0,160	0,077	9,207	0,055	0,053	
28	0,101	0,130	0,144	0,131	0,037	0,024	
29	0,075	0,124	0,047	0,157	0,048	0,030	0,072
30	0,134	0,127	0,065	0,203	0,050	0,043	
31	0,115	0,098	0,044	0,147	0,032	0,027	
32	0,044	0,102	0,039	0,088	0,036	0,027	0,089
33	0,103	0,084	0,048	0,070	0,028	0,016	
34	0,100	0,095	0,050	0,106	0,027	0,033	
35	0,059	0,062	0,039	0,054	0,021	0,017	
36	0,065	0,063	0,039	0,063	0,027	0,023	
37	0,034	0,033	0,029	0,027	0,013	0,012	
38	0,024	0,033	0,021	0,028	0,011	0,009	

TABLEAU A.7 Données allométriques des spécimens d'Anodonta grandis prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME No	LONGUEUR (cm)	LARGEUR (cm)	HAUTEUR (cm)	ÂGE (ans)	POIDS VALVES (g)	POIDS SEC ORGANES MOUS (g)	INDICE DE CONDITION
01	9,1	5,0	3,3	4	12,722	2,229	0,149
02	7,6	4,2	2,8	2	7,460	1,728	0,188
03	7,3	4,3	2,3	3	4,972	0,985	0,165
04	7,2	4,0	2,6	6	5,801	1,076	0,156
05	8,6	5,1	3,4	8	17,475	3,300	0,159
06	8,6	4,8	2,9	4	13,178	2,397	0,147
07	8,2	4,6	3,1	8	11,337	2,819	0,199
08	8,8	4,5	3,4	7	13,676	3,465	0,202
09	7,8	4,2	3,3	8	11,022	1,502	0,067
10	8,7	4,5	3,2	6	11,474	2,302	0,167
11	8,1	4,6	3,0	8	12,570	2,285	0,154
12	9,1	4,8	3,7	7	12,845	3,261	0,202
13	9,1	5,0	3,5	8	16,638	3,275	0,164
14	10,3	5,8	3,8	8	22,530	1,428	0,059
15	8,1	4,6	3,0	6	8,603	1,779	0,171
16	9,5	4,7	3,9	9	16,857	2,765	0,141
17	9,1	5,0	3,4	3	12,337	1,889	0,133
18	9,8	5,1	3,7	4	14,294	3,517	0,197
19	10,6	5,4	4,4	8	27,503	2,782	0,092
20	9,3	5,2	3,4	7	14,425	2,991	0,172
21	7,7	4,3	2,6	7	8,405	1,623	0,162
22	8,0	4,4	3,1	4	10,785	2,573	0,193
23	8,3	4,8	3,2	5	11,654	2,484	0,176
24	8,0	4,7	3,0	4	11,437	2,285	0,166
25	8,1	4,5	2,8	7	12,534	2,034	0,140
26	6,7	4,0	2,6	3	4,897	0,984	0,167
27	7,1	3,8	2,5	5	5,318	0,978	0,155
28	6,5	3,8	2,5	5	5,443	1,005	0,156
29	5,7	3,2	2,2	4	3,223	0,742	0,187
30	5,7	3,5	2,0	5	3,340	0,665	0,166
31	8,2	4,4	3,1	9	10,818	1,646	0,132
32	9,2	5,2	3,6	10	10,820	2,607	0,194

TABLEAU A.8 Poids sec (g) des organes mous des spécimens d'Anodonta grandis prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME No	BRANCHIES	MANTEAU	HÉPATOPANCRÉAS	MASSE VISCÉRALE	MUSCLE	PIED	GLOCHIDIA
01	0,254	0,471	0,178	1,070	0,144	0,112	
02	0,144	0,410	0,120	0,561	0,102	0,076	0,315
03	0,141	0,224	0,125	0,383	0,048	0,068	
04	0,134	0,262	0,094	0,462	0,073	0,051	
05	0,377	0,708	0,219	1,744	0,162	0,090	
06	0,264	0,599	0,180	1,132	0,129	0,093	
07	0,219	0,605	0,226	0,964	0,152	0,098	0,555
08	0,274	0,684	0,289	0,864	0,174	0,147	1,033
09	0,302	0,304	0,092	0,679	0,104	0,021	
10	0,298	0,508	0,142	1,146	0,131	0,081	
11	0,280	0,499	0,166	1,078	0,136	0,126	
12	0,264	0,651	0,177	0,743	0,141	0,080	1,205
13	0,498	0,894	0,251	1,261	0,235	0,136	
14	0,545	0,343	0,090	0,264	0,110	0,075	
15	0,220	0,418	0,100	0,836	0,134	0,071	
16	0,471	0,751	0,232	1,098	0,160	0,053	
17	0,214	0,493	0,165	0,796	0,131	0,090	
18	0,183	0,630	0,234	0,994	0,179	0,126	1,171
19	0,701	1,314	0,241	0,106	0,291	0,129	
20	0,324	0,564	0,280	1,616	0,135	0,072	
21	0,191	0,411	0,114	0,748	0,103	0,056	
22	0,228	0,557	0,229	1,400	0,116	0,043	
23	0,282	0,589	0,179	1,210	0,146	0,078	
24	0,305	0,561	0,176	1,070	0,129	0,044	
25	0,255	0,430	0,148	1,013	0,124	0,064	
26	0,114	0,211	0,088	0,460	0,064	0,047	
27	0,149	0,262	0,067	0,384	0,061	0,055	
28	0,127	0,288	0,067	0,395	0,074	0,054	
29	0,085	0,236	0,050	0,289	0,048	0,034	
30	0,099	0,184	0,053	0,231	0,043	0,055	
31	0,237	0,525	0,099	0,634	0,103	0,048	
32	0,428	0,722	0,213	1,017	0,179	0,896	

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4c1-1-000	165,1	216,4	2 334,8	30,9	573,1
4c1-2-000	135,7	38,8	697,7	7,4	195,7
4c1-3-000	63,6	21,2	254,2	7,8	141,9
4c1-4-000	138,3	26,6	744,7	8,0	102,1
4c1-5-000	16,5	0,0	215,2	3,1	115,9
4c1-6-000	32,9	0,0	328,9	3,9	164,5
4c2-1-000	174,2	153,7	1 741,8	29,7	530,7
4c2-2-000	75,4	32,3	431,0	6,2	109,9
4c2-3-000	56,8	37,9	378,8	24,6	119,3
4c2-4-000	22,7	15,1	536,2	6,6	78,5
4c2-5-000	0,0	0,0	168,5	1,9	84,3
4c2-6-000	59,3	29,8	148,8	4,8	119,0
4c3-1-000	208,3	312,5	1 562,5	40,6	459,4
4c3-2-000	36,5	27,4	282,8	4,3	124,1
4c3-3-000	40,3	20,2	241,9	3,5	48,4
4c3-4-000	26,0	11,1	256,3	5,5	62,0
4c3-5-000	0,0	0,0	180,7	2,6	90,4
4c3-6-000	27,2	0,0	163,0	4,1	135,9
4d1-1-000	165,9	309,7	1 327,4	43,1	495,6
4d1-2-000	43,9	17,5	350,9	4,5	114,9
4d1-3-000	36,5	0,0	255,5	6,6	82,1
4d1-4-000	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
4d1-5-000	21,9	0,0	175,4	2,3	87,7
4d1-6-000	26,0	0,0	130,2	3,8	156,2
4d2-1-000	120,5	281,1	1 305,2	41,8	339,3
4d2-2-000	41,7	31,2	343,7	5,7	119,8
4d2-3-000	18,2	0,0	200,7	3,4	38,1
4d2-4-000	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
4d2-5-000	0,0	0,0	99,0	1,6	74,3
4d2-6-000	26,9	0,0	107,5	3,1	161,3
3c1-1-000	233,8	603,3	3 129,7	45,6	2 073,9
3c1-2-000	69,3	80,9	577,8	14,3	369,8
3c1-3-000	30,1	37,6	504,5	6,7	116,0
3c1-4-000	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3c1-5-000	12,1	12,1	84,9	4,1	109,2
3c1-6-000	46,0	15,3	536,8	8,1	168,7

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3c2-1-000	97,1	323,6	6 391,6	68,5	4 368,9
3c2-2-000	9,3	18,7	121,3	5,7	110,1
3c2-3-000	0,0	38,7	232,0	3,6	72,2
3c2-4-000	5,3	5,3	100,8	4,7	57,8
3c2-5-000	0,0	0,0	80,6	1,9	80,6
3c2-6-000	0,0	16,5	132,4	4,4	132,4
3c3-1-000	90,0	256,2	1 246,5	59,4	1 156,5
3c3-2-000	26,0	26,0	129,9	9,7	160,4
3c3-3-000	137,4	27,5	309,1	7,7	59,1
3c3-4-000	10,8	10,8	68,6	4,2	57,4
3c3-5-000	0,0	0,0	58,1	3,2	96,9
3c3-6-000	0,0	17,9	89,3	6,3	142,8
3d1-1-000	102,2	292,3	2 028,9	122,1	2 475,9
3d1-2-000	26,6	35,5	364,1	8,9	151,9
3d1-3-000	21,0	15,7	319,7	5,2	99,1
3d1-4-000	14,5	12,1	775,9	9,1	92,4
3d1-5-000	12,7	12,7	76,1	3,8	101,5
3d1-6-000	16,0	16,0	80,1	7,1	128,2
3d2-1-000	98,8	200,9	3 201,6	77,5	1 382,8
3d2-2-000	32,5	32,5	433,5	13,5	136,6
3d2-3-000	13,3	20,0	306,7	6,4	86,0
3d2-4-000	14,2	18,2	404,8	8,9	82,2
3d2-5-000	9,0	9,0	63,2	4,2	99,3
3d2-6-000	14,9	29,9	74,8	6,2	194,6
4a1-1-005	140,8	469,5	3 755,9	97,8	2 934,3
4a1-2-005	57,1	102,7	673,5	16,0	388,1
4a1-3-005	37,1	61,9	581,7	9,0	136,1
4a1-4-005	48,8	48,8	670,7	9,4	134,1
4a1-5-005	13,4	13,4	12,1	3,0	80,6
4a1-6-005	27,2	27,2	163,0	6,2	163,0
4a2-1-005	194,4	416,7	1 527,8	17,5	1 250,0
4a2-2-005	69,2	128,5	879,4	10,6	444,7
4a2-3-005	77,8	122,2	644,4	10,0	266,7
4a2-4-005	23,6	35,4	436,3	6,3	141,5
4a2-5-005	29,4	36,8	257,3	2,6	66,2
4a2-6-005	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4a3-1-005	210,5	657,9	2 105,3	46,0	1 184,2
4a3-2-005	44,2	55,3	309,7	7,2	199,1
4a3-3-005	39,9	39,9	292,5	6,0	119,7
4a3-4-005	29,8	19,9	357,1	6,3	99,2
4a3-5-005	13,5	13,5	81,1	2,9	81,1
4a3-6-005	30,6	30,6	265,3	6,5	132,6
4b1-1-005	118,6	296,4	1 284,6	102,9	1 679,8
4b1-2-005	65,8	65,8	274,1	11,4	219,3
4b1-3-005	30,4	20,2	273,3	7,2	141,7
4b1-4-005	31,6	21,1	305,9	6,8	116,0
4b1-5-005	15,1	15,1	90,9	4,7	121,2
4b1-6-005	3,5	3,5	122,4	8,7	174,8
4b2-1-005	145,3	387,6	2 810,1	71,0	2 422,5
4b2-2-005	116,3	135,7	1 065,9	16,8	484,5
4b2-3-005	90,4	60,2	662,7	13,0	241,0
4b2-4-005	84,9	36,4	764,6	10,3	169,9
4b2-5-005	22,8	11,4	342,5	5,1	102,7
4b2-6-005	36,0	60,1	2 163,5	16,0	216,3
4b3-1-005	84,8	317,8	1 377,1	120,0	2 012,7
4b3-2-005	57,9	67,6	366,8	10,8	212,3
4b3-3-005	30,9	20,6	205,8	4,4	113,2
4b3-4-005	21,0	10,5	325,6	4,3	63,0
4b3-5-005	14,9	0,0	119,0	3,6	74,4
4b3-6-005	0,0	27,5	288,5	7,3	123,6
4c1-1-005	117,6	264,7	588,2	33,8	323,5
4c1-2-005	24,5	24,5	171,6	4,9	98,0
4c1-3-005	30,1	30,1	241,0	4,4	120,5
4c1-4-005	15,2	15,2	289,6	3,7	76,2
4c1-5-005	0,0	0,0	119,0	2,4	119,0
4c1-6-005	0,0	0,0	197,4	,3	131,6
4c2-1-005	132,7	265,5	818,6	37,6	442,5
4c2-2-005	37,3	37,3	279,8	6,0	186,6
4c2-3-005	58,1	29,1	261,6	6,5	145,3
4c2-4-005	21,8	10,9	840,6	5,4	98,2
4c2-5-005	0,0	0,0	214,3	2,6	142,9
4c2-6-005	0,0	0,0	150,0	4,5	150,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4c3-1-005	241,6	315,1	5 252,1	33,9	735,3
4c3-2-005	57,9	23,1	532,4	6,5	173,6
4c3-3-005	48,4	32,3	258,1	6,7	145,2
4c3-4-005	36,4	12,1	291,3	4,8	97,1
4c3-5-005	0,0	0,0	180,2	2,7	90,1
4c3-6-005	0,0	0,0	135,1	4,7	135,1
4d1-1-005	105,9	275,4	805,1	28,6	339,0
4d1-2-005	13,7	13,7	274,7	3,6	109,9
4d1-3-005	43,9	21,9	197,4	6,9	109,6
4d1-4-005	22,4	11,2	829,6	3,1	56,0
4d1-5-005	0,0	0,0	174,4	1,9	116,3
4d1-6-005	0,0	0,0	121,0	2,6	121,0
4d2-1-005	149,6	192,3	1 047,0	28,2	406,0
4d2-2-005	49,5	49,5	841,6	8,3	173,3
4d2-3-005	43,9	43,9	131,6	9,9	131,6
4d2-4-005	58,1	29,1	581,4	7,6	145,3
4d2-5-005	0,0	0,0	27,3	,4	9,1
4d2-6-005	0,0	0,0	172,4	5,4	172,4
4d3-1-005	138,9	289,3	1 111,1	39,6	555,6
4d3-2-005	70,7	47,2	306,6	7,2	283,0
4d3-3-005	62,9	31,4	204,4	7,7	141,5
4d3-4-005	49,7	12,4	348,3	5,6	111,9
4d3-5-005	23,6	0,0	70,8	2,3	117,9
4d3-6-005	27,5	27,5	82,4	3,6	219,8
3a1-1-005	127,3	81,0	1 851,8	15,0	474,5
3a1-2-005	45,0	22,5	349,1	5,2	157,6
3a1-3-005	54,1	33,3	184,0	7,7	119,0
3a1-4-005	35,0	11,7	362,1	3,8	81,8
3a1-5-005	0,0	0,0	57,7	5,1	76,9
3a1-6-005	33,1	0,0	198,7	4,7	115,9
3a2-1-005	220,6	196,1	1 715,7	29,4	735,3
3a2-2-005	74,6	24,9	323,4	5,2	149,2
3a2-3-005	36,5	73,0	219,0	8,0	127,7
3a2-4-005	36,2	12,1	458,9	4,3	84,5
3a2-5-005	22,1	0,0	88,5	3,3	88,5
3a2-6-005	30,9	0,0	154,3	7,2	123,5

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3a3-1-005	270,3	337,8	2 927,9	13,7	563,1
3a3-2-005	80,3	45,9	642,2	5,6	195,0
3a3-3-005	35,5	88,6	230,5	4,9	141,8
3a3-4-005	33,5	11,2	636,2	4,7	89,3
3a3-5-005	18,5	0,0	148,1	4,5	92,6
3a3-6-005	33,3	0,0	166,7	6,9	166,7
3b1-1-005	195,1	195,1	1 341,5	18,5	561,0
3b1-2-005	75,1	32,2	311,2	5,1	182,4
3b1-3-005	55,1	128,7	330,9	7,2	183,8
3b1-4-005	45,4	22,7	715,9	4,0	79,5
3b1-5-005	26,9	0,0	107,5	2,2	134,4
3b1-6-005	37,3	0,0	186,6	5,2	186,6
3b2-1-005	185,6	371,3	1 608,9	16,9	557,0
3b2-2-005	73,5	49,0	232,8	4,5	208,3
3b2-3-005	28,1	70,2	154,5	5,0	98,3
3b2-4-005	32,9	11,0	197,4	4,3	98,7
3b2-5-005	20,2	0,0	80,6	1,9	80,6
3b2-6-005	22,1	0,0	66,4	3,8	154,9
3b3-1-005	206,6	124,0	3 099,2	16,5	619,8
3b3-2-005	81,4	23,2	534,9	3,1	151,2
3b3-3-005	90,4	60,2	406,6	11,0	135,5
3b3-4-005	116,8	23,4	981,3	4,5	116,8
3b3-5-005	33,3	0,0	166,7	,9	100,0
3b3-6-005	41,7	0,0	223,2	4,5	178,6
3c1-1-005	100,4	223,2	1 785,7	25,9	1 785,7
3c1-2-005	44,6	55,8	491,1	8,1	223,2
3c1-3-005	34,4	34,4	309,6	6,9	137,6
3c1-4-005	24,1	24,1	628,0	7,5	108,7
3c1-5-005	12,4	12,4	74,3	3,8	99,0
3c1-6-005	26,0	52,1	78,1	6,6	130,2
3c2-1-005	93,5	350,5	1 214,9	23,5	817,8
3c2-2-005	35,5	59,2	189,6	7,9	225,1
3c2-3-005	46,5	34,9	290,7	6,7	116,3
3c2-4-005	23,7	23,7	355,4	5,7	118,5
3c2-5-005	0,0	0,0	91,5	3,0	121,9
3c2-6-005	0,0	0,0	230,3	4,8	131,6

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3c3-1-005	98,0	735,3	1 115,2	42,9	4 656,9
3c3-2-005	32,9	21,9	109,6	5,3	87,7
3c3-3-005	23,7	35,5	201,4	4,2	118,5
3c3-4-005	24,9	24,9	174,1	4,3	74,6
3c3-5-005	0,0	0,0	84,0	2,5	84,0
3c3-6-005	0,0	24,0	72,1	4,6	120,2
4a1-1-020	160,5	573,4	378,4	30,4	1 720,2
4a1-2-020	49,5	37,1	321,8	9,9	210,4
4a1-3-020	58,1	38,8	290,7	11,3	174,4
4a1-4-020	33,5	13,2	299,0	8,5	94,5
4a1-5-020	15,2	0,0	76,2	2,8	91,5
4a1-6-020	26,0	26,0	104,2	5,4	156,2
4a2-1-020	99,0	371,3	1 027,2	27,2	990,1
4a2-2-020	36,2	36,2	326,1	7,4	169,1
4a2-3-020	35,0	35,0	209,8	7,6	139,9
4a2-4-020	17,7	8,3	236,0	7,8	75,5
4a2-5-020	24,7	0,0	123,8	3,3	123,8
4a2-6-020	21,9	22,0	109,6	4,4	153,5
4a3-1-020	75,4	323,3	1 831,9	8,9	1 939,6
4a3-2-020	29,9	23,9	203,3	5,0	107,6
4a3-3-020	31,0	31,0	124,2	9,8	217,4
4a3-4-020	14,9	12,4	111,0	4,2	60,6
4a3-5-020	16,2	0,0	97,4	3,0	97,4
4a3-6-020	22,7	45,4	68,2	5,1	136,4
4b1-1-020	163,5	385,5	2 920,6	31,0	1 869,2
4b1-2-020	84,9	48,5	412,3	6,7	230,6
4b1-3-020	46,3	46,3	401,2	5,6	138,9
4b1-4-020	38,6	22,7	432,0	8,5	117,0
4b1-5-020	17,5	8,8	132,0	2,7	116,0
4b1-6-020	15,0	8,5	107,0	4,3	145,0
4b2-1-020	235,1	495,0	3 589,1	29,2	1 175,7
4b2-2-020	79,9	45,7	650,7	9,3	296,8
4b2-3-020	39,5	39,5	407,9	5,8	118,4
4b2-4-020	38,5	14,4	433,0	8,5	98,6
4b2-5-020	6,9	5,1	137,0	3,1	95,9
4b2-6-020	14,0	14,0	87,4	4,6	154,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4b3-1-020	100,0	250,0	1 075,0	73,2	1 250,0
4b3-2-020	50,5	25,2	126,3	5,0	138,9
4b3-3-020	46,3	43,1	138,9	4,6	92,6
4b3-4-020	12,6	12,6	195,0	3,8	58,5
4b3-5-020	4,3	4,3	86,2	3,2	90,5
4b3-6-020	8,1	16,3	81,5	4,1	150,0
4c1-1-020	122,5	269,6	931,4	24,0	514,7
4c1-2-020	68,2	22,7	295,5	3,1	204,5
4c1-3-020	74,6	37,3	149,2	4,2	149,2
4c1-4-020	19,8	10,8	378,0	4,7	91,7
4c1-5-020	8,6	8,6	172,0	3,0	86,2
4c1-6-020	17,9	8,9	179,0	2,2	161,0
4c2-1-020	194,9	286,7	1 834,9	19,5	493,1
4c2-2-020	80,3	45,9	275,2	4,4	160,5
4c2-3-020	47,2	47,2	306,6	4,8	117,9
4c2-4-020	28,5	10,4	324,0	7,1	82,9
4c2-5-020	5,1	2,6	76,5	2,1	79,1
4c2-6-020	19,2	16,5	165,0	2,9	146,0
4c3-1-020	262,5	225,0	1 500,0	28,7	462,5
4c3-2-020	73,2	24,4	207,3	3,6	146,3
4c3-3-020	59,5	39,7	297,6	4,0	119,0
4c3-4-020	74,0	20,4	383,0	4,2	74,0
4c3-5-020	9,8	4,9	98,0	2,4	93,1
4c3-6-020	18,5	12,3	123,0	3,4	117,0
4d1-1-020	320,2	246,3	2 339,9	10,7	455,7
4d1-2-020	110,8	24,6	357,1	3,3	160,1
4d1-3-020	140,4	56,2	196,6	5,4	140,4
4d1-4-020	64,8	13,6	545,0	8,1	106,0
4d1-5-020	9,6	6,4	115,0	2,7	89,7
4d1-6-020	19,5	7,8	117,2	4,2	160,0
4d2-1-020	312,5	275,0	2 250,0	13,0	625,0
4d2-2-020	125,0	37,5	325,0	2,6	225,0
4d2-3-020	60,2	90,4	421,7	5,0	150,6
4d2-4-020	66,6	12,6	377,0	8,3	102,0
4d2-5-020	19,2	6,4	107,0	2,2	100,0
4d2-6-020	26,5	14,7	117,6	3,4	121,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4d3-1-020	195,1	146,3	1 951,2	18,0	426,9
4d3-2-020	65,2	21,7	173,9	2,8	163,0
4d3-3-020	83,3	62,5	270,8	5,9	125,0
4d3-4-020	71,5	14,8	296,0	5,5	83,8
4d3-5-020	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
4d3-6-020	14,5	2,9	87,2	4,6	137,0
3a1-1-020	196,1	294,1	1 053,9	14,6	588,2
3a1-2-020	112,5	37,5	225,0	5,0	350,0
3a1-3-020	42,4	28,2	226,0	3,7	98,9
3a1-4-020	23,3	7,8	200,0	8,1	81,1
3a1-5-020	14,8	6,4	42,4	2,7	93,2
3a1-6-020	40,6	15,0	64,1	3,1	152,0
3a2-1-020	148,5	173,3	1 188,1	13,0	569,3
3a2-2-020	71,8	23,9	203,3	3,8	191,3
3a2-3-020	59,5	29,8	282,7	5,7	144,2
3a2-4-020	26,2	8,3	250,0	6,2	90,5
3a2-5-020	10,3	5,2	77,3	2,2	87,6
3a2-6-020	25,6	11,4	142,0	3,5	134,0
3a3-1-020	150,0	187,5	762,5	24,5	475,0
3a3-2-020	36,2	24,1	120,8	2,9	132,8
3a3-3-020	37,5	37,5	187,5	4,0	100,0
3a3-4-020	48,3	13,6	86,7	3,2	59,4
3a3-5-020	8,2	2,7	54,9	2,4	87,9
3a3-6-020	22,4	14,9	74,6	3,8	123,0
3b1-1-020	169,1	193,2	893,7	18,1	555,5
3b1-2-020	74,6	37,3	132,8	3,3	169,1
3b1-3-020	43,8	29,2	292,4	3,9	102,3
3b1-4-020	41,1	11,7	235,0	2,9	79,8
3b1-5-020	9,6	4,8	72,1	2,5	93,8
3b1-6-020	43,8	12,5	93,8	4,4	156,0
3b2-1-020	139,7	295,0	962,7	27,9	434,8
3b2-2-020	52,6	39,5	236,8	5,4	131,6
3b2-3-020	60,2	30,1	241,0	5,5	120,5
3b2-4-020	17,3	7,4	235,0	2,9	87,9
3b2-5-020	10,6	5,3	106,0	3,1	85,1
3b2-6-020	21,7	5,4	163,0	2,9	109,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3b3-1-020	140,2	105,1	1 004,7	12,3	432,2
3b3-2-020	22,7	11,4	136,4	3,8	159,1
3b3-3-020	28,9	28,9	289,0	4,0	86,7
3b3-4-020	14,1	7,0	258,0	2,8	63,4
3b3-5-020	2,4	9,7	72,8	2,3	89,8
3b3-6-020	13,2	6,6	98,7	3,9	122,0
3c1-1-020	73,5	379,9	625,0	41,2	870,1
3c1-2-020	24,6	36,9	98,5	1,8	98,5
3c1-3-020	30,3	30,3	166,7	4,4	121,2
3c1-4-020	22,3	19,0	123,0	3,0	100,0
3c1-5-020	6,9	6,9	103,0	3,6	110,0
3c1-6-020	5,2	10,4	78,1	3,1	125,0
3c2-1-020	162,5	200,0	7 875,0	50,5	1 750,0
3c2-2-020	62,5	50,0	337,5	6,6	187,5
3c2-3-020	35,2	52,8	281,7	7,7	140,8
3c2-4-020	31,7	24,7	505,0	7,8	108,0
3c2-5-020	11,7	11,7	117,0	4,9	93,7
3c2-6-020	6,9	6,9	278,0	6,1	153,0
3c3-1-020	267,8	484,7	2 933,7	38,8	2 040,8
3c3-2-020	75,0	62,5	275,5	3,5	187,5
3c3-3-020	57,9	57,9	544,0	6,2	150,5
3c3-4-020	48,5	23,7	507,0	9,8	112,1
3c3-5-020	12,7	12,7	72,5	3,7	88,8
3c3-6-020	21,5	24,2	538,0	4,3	153,0
3d1-1-020	108,2	360,6	5 168,3	31,2	1 923,1
3d1-2-020	50,0	62,5	300,0	4,8	300,0
3d1-3-020	24,3	24,3	242,7	4,2	121,3
3d1-4-020	9,9	6,2	274,0	6,3	85,8
3d1-5-020	5,7	4,3	85,7	2,7	94,3
3d1-6-020	7,5	20,7	132,0	3,8	135,0
3d2-1-020	149,2	435,3	2 985,1	41,5	1 990,0
3d2-2-020	87,5	87,5	275,0	6,2	362,5
3d2-3-020	39,3	39,3	431,9	6,9	183,2
3d2-4-020	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3d2-5-020	13,1	7,9	105,0	3,6	124,0
3d2-6-020	16,7	6,7	500,0	6,8	157,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3d3-1-020	129,7	400,9	3 419,8	60,1	2 122,6
3d3-2-020	72,1	96,1	276,4	6,7	240,4
3d3-3-020	35,4	47,2	589,6	5,0	165,1
3d3-4-020	58,1	37,9	296,0	4,4	139,0
3d3-5-020	10,8	13,9	46,3	2,8	103,0
3d3-6-020	7,8	23,4	78,1	3,7	145,0
4a1-1-050	139,6	405,0	781,2	17,6	754,2
4a1-2-050	52,6	39,5	144,7	5,4	184,2
4a1-3-050	51,0	51,0	153,1	4,6	127,5
4a1-4-050	31,4	14,5	278,0	5,5	90,6
4a1-5-050	4,3	4,3	43,1	2,7	86,2
4a1-6-050	10,2	25,5	76,5	4,3	133,0
4a2-1-050	121,3	376,2	1 577,7	35,7	1 456,3
4a2-2-050	59,2	59,2	281,1	7,5	251,5
4a2-3-050	53,2	53,2	186,2	4,8	133,0
4a2-4-050	50,0	27,9	570,0	7,2	155,0
4a2-5-050	10,0	6,7	83,4	2,6	80,0
4a2-6-050	10,3	26,9	103,0	4,9	124,0
4a3-1-050	161,7	373,1	2 363,2	28,8	1 218,9
4a3-2-050	46,9	35,2	316,9	8,5	211,3
4a3-3-050	36,8	36,8	257,3	10,7	147,0
4a3-4-050	73,2	18,8	450,0	8,4	107,0
4a3-5-050	5,9	3,9	97,7	3,8	91,8
4a3-6-050	14,3	28,7	512,0	8,0	139,0
4b1-1-050	109,7	353,6	658,5	54,6	1 256,1
4b1-2-050	34,2	34,2	125,6	4,7	159,8
4b1-3-050	57,7	57,7	173,1	5,0	96,1
4b1-4-050	13,2	9,9	165,0	3,5	61,4
4b1-5-050	5,4	3,6	54,0	2,5	84,6
4b1-6-050	6,8	6,8	45,5	4,0	123,0
4b2-1-050	107,1	226,2	1 785,7	47,8	1 785,7
4b2-2-050	52,3	39,3	287,9	6,3	196,3
4b2-3-050	37,9	56,8	246,2	4,4	132,6
4b2-4-050	24,6	23,5	331,0	4,8	100,0
4b2-5-050	8,7	8,7	69,9	2,8	94,4
4b2-6-050	15,6	13,7	58,6	4,6	160,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4b3-1-050	76,1	177,7	698,0	34,3	812,2
4b3-2-050	36,4	36,4	145,6	5,4	145,6
4b3-3-050	37,3	74,6	223,9	5,1	111,9
4b3-4-050	15,0	18,0	230,0	4,0	67,0
4b3-5-050	6,5	3,2	64,9	2,3	58,5
4b3-6-050	7,2	14,5	72,5	4,1	105,0
4c1-1-050	139,7	341,6	729,8	27,0	419,2
4c1-2-050	39,7	13,2	119,0	3,7	105,8
4c1-3-050	35,7	35,7	178,6	3,0	71,4
4c1-4-050	13,7	8,7	224,0	2,4	48,5
4c1-5-050	9,3	4,6	139,0	2,5	64,8
4c1-6-050	17,9	3,6	107,7	3,3	100,0
4c2-1-050	174,4	244,2	2 558,1	10,7	627,9
4c2-2-050	78,1	26,0	286,4	3,9	221,3
4c2-3-050	92,6	69,4	277,8	3,8	138,9
4c2-4-050	54,9	15,9	683,0	6,0	92,7
4c2-5-050	19,5	7,5	120,0	2,4	109,0
4c2-6-050	24,3	10,4	139,0	3,5	118,0
4c3-1-050	154,3	324,1	540,1	18,8	416,7
4c3-2-050	44,9	29,9	164,7	2,8	149,7
4c3-3-050	75,7	75,7	113,6	2,9	75,7
4c3-4-050	20,6	9,7	206,0	2,1	51,9
4c3-5-050	4,5	4,5	90,9	2,3	72,7
4c3-6-050	6,1	6,1	183,0	3,5	104,0
4d1-1-050	253,8	304,6	1 383,2	20,8	583,7
4d1-2-050	88,8	50,8	279,2	6,1	304,6
4d1-3-050	121,9	91,5	152,4	5,9	152,4
4d1-4-050	101,0	23,2	654,0	7,5	131,0
4d1-5-050	9,5	2,4	71,4	2,4	85,7
4d1-6-050	24,7	3,5	70,4	4,2	127,0
4d2-1-050	111,5	207,0	589,2	22,6	334,4
4d2-2-050	46,6	31,0	217,4	3,0	139,7
4d2-3-050	45,4	45,4	181,8	3,8	90,9
4d2-4-050	16,6	13,8	295,0	2,9	5,8
4d2-5-050	5,0	5,0	150,0	2,8	70,0
4d2-6-050	9,3	4,6	92,6	3,8	11,6

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4d3-1-050	132,7	287,6	641,6	21,7	442,5
4d3-2-050	41,7	41,7	229,2	3,2	104,2
4d3-3-050	41,0	82,0	204,9	3,1	82,0
4d3-4-050	18,1	18,1	383,0	3,6	78,6
4d3-5-050	5,4	5,4	109,0	2,7	65,2
4d3-6-050	8,3	8,3	125,0	3,5	95,8
3a1-1-050	157,1	183,2	994,8	19,9	405,8
3a1-2-050	53,2	26,6	292,5	4,8	119,7
3a1-3-050	26,4	26,4	277,8	4,8	92,6
3a1-4-050	13,0	7,1	201,0	2,6	40,3
3a1-5-050	5,5	1,8	38,8	2,3	62,5
3a1-6-050	15,6	5,2	104,0	5,0	107,0
3a2-1-050	172,9	199,5	917,5	13,3	385,6
3a2-2-050	50,2	25,1	263,8	4,7	100,5
3a2-3-050	35,5	21,0	226,0	3,9	85,5
3a2-4-050	19,5	8,0	206,0	2,6	42,4
3a2-5-050	6,3	4,2	63,0	2,3	67,2
3a2-6-050	21,3	8,9	70,9	4,4	95,7
3a3-1-050	99,4	213,1	497,1	20,6	369,3
3a3-2-050	26,0	26,0	182,3	4,2	104,2
3a3-3-050	14,3	16,8	90,7	2,9	57,0
3a3-4-050	15,4	9,5	154,0	2,6	49,8
3a3-5-050	8,2	4,1	41,0	2,1	65,6
3a3-6-050	7,2	10,9	109,0	4,2	109,0
3b1-1-050	172,9	226,1	2 393,6	10,1	478,7
3b1-2-050	59,2	23,7	331,7	4,5	189,6
3b1-3-050	36,3	36,3	161,0	7,5	119,0
3b1-4-050	17,4	8,1	301,0	3,9	75,2
3b1-5-050	4,5	2,2	113,0	2,7	96,8
3b1-6-050	25,3	28,1	197,0	5,8	135,0
3b2-1-050	140,8	117,4	997,6	11,7	363,8
3b2-2-050	38,6	12,9	193,3	3,3	116,0
3b2-3-050	40,3	29,3	183,0	5,7	108,0
3b2-4-050	22,3	8,7	310,0	3,0	57,0
3b2-5-050	8,5	4,3	64,1	2,6	83,3
3b2-6-050	16,5	8,2	54,9	4,9	118,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3b3-1-050	98,5	209,3	652,7	10,5	307,9
3b3-2-050	24,9	12,4	136,8	2,7	62,2
3b3-3-050	27,0	24,2	142,0	3,3	75,3
3b3-4-050	6,9	5,8	150,0	1,7	33,6
3b3-5-050	8,0	2,7	106,0	2,9	74,5
3b3-6-050	5,8	8,7	87,2	3,1	105,0
3c1-1-050	219,1	476,8	2 835,0	30,5	1 546,4
3c1-2-050	89,7	67,3	369,9	6,5	246,6
3c1-3-050	62,0	45,5	269,0	8,0	165,0
3c1-4-050	92,8	39,9	951,0	9,8	144,0
3c1-5-050	13,0	8,3	71,1	3,3	102,0
3c1-6-050	23,3	11,6	77,5	5,2	132,0
3c2-1-050	161,3	443,5	1 747,3	16,8	604,8
3c2-2-050	45,7	22,8	137,0	3,5	148,4
3c2-3-050	53,8	45,1	233,0	4,8	103,0
3c2-4-050	30,6	14,2	229,0	4,0	80,8
3c2-5-050	10,6	7,1	53,2	2,7	88,7
3c2-6-050	9,8	11,4	65,4	3,4	109,0
3c3-1-050	61,0	231,7	768,3	32,7	756,1
3c3-2-050	24,4	12,2	109,7	4,4	97,6
3c3-3-050	26,4	28,9	144,0	5,3	108,0
3c3-4-050	6,2	9,9	111,0	3,3	57,9
3c3-5-050	7,9	5,3	52,6	2,7	81,6
3c3-6-050	7,1	16,7	47,6	4,2	100,0
3d1-1-050	121,6	527,0	608,1	43,2	1 000,0
3d1-2-050	29,1	29,1	72,7	4,2	101,7
3d1-3-050	25,2	31,9	101,0	4,7	82,2
3d1-4-050	5,9	8,2	129,0	2,6	49,3
3d1-5-050	3,9	3,9	59,1	3,0	88,6
3d1-6-050	5,5	5,5	82,4	3,8	129,1
3d2-1-050	141,0	397,4	2 179,5	26,1	1 666,7
3d2-2-050	52,6	52,6	236,8	5,5	236,8
3d2-3-050	33,9	43,6	339,0	6,5	139,0
3d2-4-050	19,3	17,0	398,0	5,3	95,4
3d2-5-050	6,1	6,1	122,0	3,0	85,4
3d2-6-050	9,1	18,3	91,5	5,3	137,2

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3d3-1-050	104,7	301,0	1 439,8	22,9	798,4
3d3-2-050	25,2	25,2	138,9	5,1	113,6
3d3-3-050	25,6	33,7	256,0	4,9	93,0
3d3-4-050	7,9	7,9	169,0	3,8	46,2
3d3-5-050	6,8	6,8	95,6	4,0	87,4
3d3-6-050	8,4	10,5	84,0	4,6	113,5
4a1-1-100	113,0	365,0	1 720,0	23,4	925,0
4a1-2-100	102,0	73,3	430,0	4,8	301,0
4a1-3-100	82,1	53,6	250,0	8,5	196,0
4a1-4-100	95,0	39,7	581,0	8,2	141,0
4a1-5-100	8,3	2,8	111,1	2,4	91,7
4a1-6-100	16,3	59,8	272,0	5,3	160,0
4a2-1-100	203,0	483,0	2 168,0	20,9	761,0
4a2-2-100	82,2	66,7	310,0	5,0	154,0
4a2-3-100	88,5	77,4	310,0	25,2	150,0
4a2-4-100	75,5	36,2	415,0	8,5	105,0
4a2-5-100	10,1	10,1	83,9	3,2	85,6
4a2-6-100	19,4	31,7	282,0	5,7	130,0
4a3-1-100	105,0	271,0	1 111,0	49,3	788,0
4a3-2-100	40,3	28,1	220,0	3,1	160,0
4a3-3-100	25,6	31,3	199,0	4,0	134,0
4a3-4-100	17,7	12,9	226,0	4,3	110,0
4a3-5-100	3,2	3,2	130,0	1,5	87,7
4a3-6-100	16,5	46,1	98,7	3,0	138,0
4a3-7-100	7,4	18,5	123,0	1,0	64,1
4b1-1-100	180,0	360,0	1 730,0	16,3	1 019,0
4b1-2-100	115,0	67,5	350,0	4,4	286,0
4b1-3-100	97,7	57,5	316,0	6,6	181,0
4b1-4-100	90,5	32,2	500,0	7,0	132,0
4b1-5-100	10,5	2,1	63,0	2,9	105,0
4b1-6-100	20,5	18,7	168,0	5,1	159,0
4b2-1-100	85,2	267,0	1 306,0	18,3	1 012,0
4b2-2-100	67,0	62,1	425,0	4,8	261,0
4b2-3-100	36,8	33,1	147,0	6,4	143,0
4b2-4-100	41,3	25,2	298,0	7,2	140,0
4b2-5-100	7,2	3,6	109,0	2,4	105,0
4b2-6-100	15,6	15,6	260,0	5,0	167,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4b3-1-100	205,0	505,0	1 667,0	9,3	766,0
4b3-2-100	77,4	51,9	216,0	3,3	221,0
4b3-3-100	46,2	38,5	231,0	5,8	154,0
4b3-4-100	64,7	20,8	307,0	7,8	113,0
4b3-5-100	5,3	2,6	52,6	2,8	92,2
4b3-6-100	24,7	21,1	176,0	5,6	141,0
4c1-1-100	133,0	350,0	815,0	20,4	500,0
4c1-2-100	33,8	32,0	432,0	3,3	177,0
4c1-3-100	37,7	51,4	308,0	5,2	144,0
4c1-4-100	27,8	15,9	317,0	2,8	99,2
4c1-5-100	11,9	17,9	238,0	1,8	101,0
4c1-6-100	8,3	37,5	125,0	2,6	129,0
4c1-7-100	41,7	77,0	253,0	2,9	165,0
4c2-1-100	178,0	270,0	1 250,0	22,3	425,0
4c2-2-100	64,4	29,9	284,0	4,6	205,0
4c2-3-100	58,6	49,4	216,0	6,9	167,0
4c2-4-100	73,5	22,1	496,0	4,9	128,7
4c2-5-100	7,8	3,9	117,0	1,9	97,7
4c2-6-100	23,4	19,5	195,0	3,8	137,0
4c2-7-100	42,3	45,9	230,0	1,8	121,0
4c3-1-100	162,0	321,0	1 071,0	17,5	448,0
4c3-2-100	62,0	46,0	280,0	4,1	178,0
4c3-3-100	39,0	45,5	292,0	5,6	143,0
4c3-4-100	25,7	16,2	446,0	3,1	89,2
4c3-5-100	12,5	6,2	125,0	1,5	93,8
4c3-6-100	12,9	25,9	172,0	3,3	129,0
4d1-1-100	129,0	254,0	1 105,0	12,3	535,0
4d1-2-100	68,0	43,0	240,0	2,9	189,0
4d1-3-100	51,0	45,9	102,0	5,4	145,0
4d1-4-100	64,3	15,5	476,0	4,2	101,0
4d1-5-100	13,9	5,6	111,0	2,2	97,2
4d1-6-100	18,9	11,4	114,0	3,2	133,0
4d1-7-100	69,5	40,3	500,0	2,0	143,0
4d2-1-100	171,0	268,0	1 257,0	10,6	476,0
4d2-2-100	93,1	49,5	401,0	2,7	229,0
4d2-3-100	98,6	56,3	176,0	6,3	169,0
4d2-4-100	88,3	23,8	774,0	4,4	118,0
4d2-5-100	17,4	8,7	116,0	2,1	113,0
4d2-6-100	54,0	33,8	169,0	3,8	159,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4d3-1-100	241,0	199,0	2 146,0	15,7	554,0
4d3-2-100	94,7	29,1	328,0	3,2	130,0
4d3-3-100	126,0	67,4	337,0	9,0	160,0
4d3-4-100	125,0	31,1	1 255,0	4,8	120,0
4d3-5-100	13,6	3,9	77,5	2,3	87,2
4d3-6-100	46,3	21,6	154,0	3,9	133,0
3a1-1-100	147,0	311,0	1 911,0	12,2	721,0
3a1-2-100	36,2	19,9	315,0	3,6	178,0
3a1-3-100	23,2	51,8	286,0	7,7	143,0
3a1-4-100	18,7	14,3	384,0	4,0	88,9
3a1-5-100	5,0	3,3	149,0	2,3	104,0
3a1-6-100	8,3	8,3	479,0	4,9	125,0
3a2-1-100	128,0	458,0	1 298,0	13,8	654,0
3a2-2-100	28,0	25,7	362,0	3,0	96,9
3a2-3-100	20,8	43,2	193,0	6,0	107,0
3a2-4-100	15,0	8,1	173,0	2,7	56,5
3a2-5-100	6,6	2,1	110,0	2,3	74,6
3a2-6-100	9,6	9,6	128,0	3,1	99,4
3a3-1-100	106,0	216,0	768,0	14,5	500,0
3a3-2-100	37,3	22,4	398,0	3,7	126,0
3a3-3-100	12,7	8,5	403,0	6,0	123,0
3a3-4-100	2,2	18,8	77,4	2,1	53,1
3a3-5-100	7,4	4,4	73,6	2,1	76,5
3a3-6-100	8,1	10,2	102,0	3,5	128,0
3b1-1-100	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3b1-2-100	29,0	30,2	350,0	5,1	167,0
3b1-3-100	12,7	8,5	403,0	6,0	123,0
3b1-4-100	8,4	14,4	227,0	4,1	69,4
3b1-5-100	2,8	5,7	85,2	1,6	90,9
3b1-6-100	3,2	11,4	97,4	2,8	143,0
3b1-7-100	7,5	21,0	120,0	1,1	62,9
3b2-1-100	103,0	309,0	793,0	15,5	534,0
3b2-2-100	20,6	24,3	328,0	3,0	97,1
3b2-3-100	19,4	48,5	340,0	6,3	112,0
3b2-4-100	11,4	12,6	189,0	3,6	59,4
3b2-5-100	2,5	2,5	76,5	1,4	74,0
3b2-6-100	8,1	18,3	81,3	2,9	122,0
3b2-7-100	11,7	15,6	156,0	,5	62,5

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3b3-1-100	170,0	299,0	1 773,0	17,7	736,0
3b3-2-100	46,5	23,2	321,0	3,6	153,0
3b3-3-100	32,2	51,2	286,0	13,8	120,0
3b3-4-100	102,0	285,0	1 034,0	15,9	590,0
3b3-5-100	3,0	1,5	76,2	1,6	94,5
3b3-6-100	12,9	12,9	86,2	3,3	134,0
3b3-7-100	31,5	39,7	304,0	1,7	148,0
3c1-1-100	124,0	303,0	3 690,0	17,9	1 117,0
3c1-2-100	35,0	33,8	374,0	4,4	153,0
3c1-3-100	20,3	37,2	405,0	6,8	142,0
3c1-4-100	10,6	8,2	470,0	4,6	89,2
3c1-5-100	6,2	3,0	92,6	2,4	83,3
3c1-6-100	9,5	9,5	222,0	5,1	136,0
3c2-1-100	199,0	406,0	2 675,0	26,9	1 465,0
3c2-2-100	111,0	57,6	484,0	3,7	265,0
3c2-3-100	57,5	58,9	503,0	10,2	161,0
3c2-4-100	62,8	14,5	507,0	4,8	102,0
3c2-5-100	10,4	1,1	127,0	2,4	103,0
3c2-6-100	34,5	13,8	221,0	4,1	148,0
3c3-1-100	109,0	212,0	3 366,0	22,7	974,0
3c3-2-100	98,8	88,8	713,0	5,5	221,0
3c3-3-100	63,4	93,3	336,0	13,6	194,0
3c3-4-100	95,9	71,6	1 214,0	9,9	172,0
3c3-5-100	8,8	4,3	219,0	3,2	105,0
3c3-6-100	13,9	4,6	370,0	6,8	134,0
3d1-1-100	248,0	442,0	3 393,0	18,2	1 674,0
3d1-2-100	67,2	47,3	535,0	4,1	167,0
3d1-3-100	51,0	51,0	230,0	9,4	151,0
3d1-4-100	47,8	20,8	821,0	6,6	105,0
3d1-5-100	9,1	4,5	90,9	2,7	80,3
3d1-6-100	16,7	3,3	133,0	4,3	113,0
3d2-1-100	112,0	303,0	3 170,0	14,6	1 268,0
3d2-2-100	70,9	112,0	1 070,0	3,6	495,0
3d2-3-100	56,0	58,2	323,0	9,1	144,0
3d2-4-100	28,2	19,1	766,0	4,8	90,1
3d2-5-100	5,8	4,3	101,0	2,5	83,8
3d2-6-100	14,1	17,6	176,0	3,6	123,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
3d3-1-100	94,8	337,0	1 334,0	41,1	1 115,0
3d3-2-100	34,2	29,0	237,0	3,6	121,0
3d3-3-100	20,8	62,5	347,0	6,2	125,0
3d3-4-100	16,2	20,8	428,0	4,3	74,1
3d3-5-100	3,5	1,7	52,1	2,5	85,1
3d3-6-100	5,0	3,4	117,0	4,5	112,0
3d3-7-100	18,4	41,7	184,0	1,7	154,0
1a1-1-100	203,0	243,0	1 907,0	17,7	642,0
1a1-2-100	111,0	34,4	874,0	7,7	181,0
1a1-3-100	56,0	58,2	216,0	7,3	138,0
1a1-4-100	59,1	27,3	1 874,0	5,7	131,0
1a1-5-100	7,8	2,6	130,0	2,6	88,6
1a1-6-100	83,3	14,7	245,0	6,4	167,0
1a1-7-100	53,2	48,3	631,0	2,7	175,0
1a2-1-100	120,0	284,0	755,0	19,5	423,0
1a2-2-100	55,2	41,4	138,0	6,5	123,0
1a2-3-100	37,9	60,6	265,0	5,6	129,0
1a2-4-100	36,4	27,0	458,0	4,8	91,6
1a2-5-100	6,8	3,4	67,6	2,5	74,3
1a2-6-100	19,6	24,5	196,0	3,6	157,0
1b1-1-100	221,0	461,0	1 079,0	14,9	550,0
1b1-2-100	61,5	36,7	157,0	4,4	157,0
1b1-3-100	51,4	68,5	68,5	5,1	134,0
1b1-4-100	45,5	11,9	375,0	3,8	86,9
1b1-5-100	7,9	3,9	119,0	1,9	75,4
1b1-6-100	22,7	9,1	136,0	3,8	141,0
1b2-1-100	185,0	344,0	1 265,0	23,5	479,0
1b2-2-100	47,5	26,5	126,0	3,5	103,0
1b2-3-100	46,7	96,7	133,0	4,5	127,0
1b2-4-100	42,2	15,1	181,0	3,5	72,3
1b2-5-100	4,4	4,3	132,0	2,0	74,6
1b2-6-100	16,9	10,1	169,0	4,1	118,0
1b2-7-100	44,9	66,8	230,7	2,2	132,0
2a1-1-100	96,9	335,0	1 075,0	46,7	1 156,0
2a1-2-100	23,5	15,3	93,9	3,3	109,6
2a1-3-100	22,4	44,9	128,0	5,3	88,2
2a1-4-100	8,8	11,1	155,0	2,8	60,8
2a1-5-100	4,1	1,4	68,7	2,2	79,7
2a1-6-100	5,6	5,6	112,0	3,8	118,0
2a1-7-100	15,7	38,7	217,0	1,3	158,0

TABLEAU A.9 Concentration<sup>a</sup> de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME <sup>b</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
2a2-1-100	91,9	212,0	1 465,0	60,5	1 686,0
2a2-2-100	64,4	49,5	347,0	4,0	186,0
2a2-3-100	38,5	73,7	321,0	6,7	135,0
2a2-4-100	32,9	20,0	305,0	3,1	106,0
2a2-5-100	6,2	8,3	104,0	3,1	89,6
2a2-6-100	12,2	26,2	280,0	5,2	122,0
2a3-1-100	113,0	296,0	2 228,0	65,2	2 522,0
2a3-2-100	50,3	42,9	392,0	4,1	245,0
2a3-3-100	27,5	45,9	459,0	5,7	119,0
2a3-4-100	21,1	18,8	599,0	5,0	96,3
2a3-5-100	6,2	2,1	83,3	2,5	81,2
2a3-6-100	12,5	20,8	306,0	15,3	150,0
2a3-7-100	45,8	90,4	740,0	17,4	881,0
2b1-1-100	101,0	343,0	1 974,0	24,5	1 016,0
2b1-2-100	58,6	45,1	281,0	4,2	203,0
2b1-3-100	34,3	66,2	515,0	6,1	147,0
2b1-4-100	50,8	26,0	508,0	5,1	102,0
2b1-5-100	8,4	4,2	126,0	2,5	77,7
2b1-6-100	10,6	23,9	665,0	6,5	133,0
2b2-1-100	151,0	294,0	2 753,0	22,9	892,0
2b2-2-100	35,7	25,0	298,0	3,9	124,0
2b2-3-100	23,0	61,2	510,0	6,4	117,0
2b2-4-100	20,2	11,2	415,0	4,0	75,1
2b2-5-100	6,2	4,1	227,0	2,6	76,4
2b2-6-100	25,0	13,9	167,0	4,0	110,0

<sup>a</sup> La notation (0,0) indique une valeur plus petite (<) que la limite de sensibilité analytique; le chiffre (-8,0) indique une valeur non mesurée.

<sup>b</sup> Les trois premiers caractères correspondent aux organismes prélevés des enclos (voir figure 2.1); le chiffre intermédiaire correspond à l'organe concerné: 1 pour les branchies, 2 pour le manteau, 3 pour le hépatopan-créas, 4 pour la masse viscérale, 5 pour le muscle, 6 pour le pied et 7 pour le glochidia; les trois derniers chiffres indiquent le temps de prélèvement lors des expériences.

TABLEAU A.10 Concentrations reconstituées de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps.

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4c1-000	122,3	79,4	1 086,3	13,8	262,4
4c2-000	71,9	51,7	701,4	13,2	192,6
4c3-000	85,0	62,2	460,9	10,5	139,1
4d1-000	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
4d2-000	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3c1-000	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3c2-000	23,5	79,1	1 431,7	17,8	974,6
3c3-000	26,5	59,1	328,3	15,5	267,0
3d1-000	37,8	81,7	844,1	34,1	656,3
3d2-000	35,2	59,6	946,8	23,5	374,5
4a1-005	72,6	183,2	1 502,6	36,3	1 015,2
4a2-005	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
4a3-005	72,1	169,9	707,4	15,0	361,5
4b1-005	64,2	116,4	623,8	37,9	634,2
4b2-005	98,7	148,1	1 482,3	29,0	875,5
4b3-005	45,3	107,3	592,2	37,1	631,0
4c1-005	35,5	60,8	784,8	8,9	136,9
4c2-005	46,6	62,1	559,0	11,2	190,2
4c3-005	82,1	85,4	1 437,8	11,6	258,4
4d1-005	32,7	50,7	520,7	7,3	125,6
4d2-005	42,4	51,2	437,0	8,8	145,7
4d3-005	70,0	31,9	454,6	12,7	240,1
3a1-005	61,0	33,1	684,9	7,6	209,1
3a2-005	107,7	78,5	810,4	13,4	322,7
3a3-005	82,1	128,9	400,2	10,3	303,3
3b1-005	89,8	74,2	661,9	8,0	239,7
3b2-005	64,3	82,6	419,4	6,1	198,4
3b3-005	120,3	53,3	1 288,4	8,8	269,0
3c1-005	50,3	61,4	789,9	12,1	588,3
3c2-005	41,0	95,9	463,0	9,7	281,8
3c3-005	35,9	144,0	309,8	10,9	860,5
4a1-020	86,0	179,4	408,5	17,6	620,5
4a2-020	52,8	117,0	520,1	14,4	382,2
4a3-020	45,6	122,7	725,9	7,6	721,4
4b1-020	98,8	151,7	1 270,4	16,1	741,0
4b2-020	127,4	192,3	1 676,7	18,1	561,8
4b3-020	52,7	85,7	422,5	22,9	432,0
4c1-020	132,5	72,6	421,1	8,1	220,5
4c2-020	50,5	65,9	529,0	7,7	173,4
4c3-020	110,9	72,7	607,7	9,9	199,4
4d1-020	136,8	74,3	872,1	7,0	206,3
4d2-020	118,9	71,3	666,6	7,3	228,9

TABLEAU A.10 Concentrations reconstituées de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps.

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4d3-020	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3a1-020	66,3	64,2	336,7	7,6	206,7
3a2-020	56,9	37,5	384,9	6,5	188,4
3a3-020	59,4	51,8	234,8	7,3	166,1
3b1-020	70,1	52,2	327,4	5,9	191,9
3b2-020	52,5	71,3	363,2	8,5	167,8
3b3-020	36,6	26,1	320,9	4,7	153,7
3c1-020	30,2	78,0	195,1	8,6	219,4
3c2-020	74,3	80,6	2 400,2	18,8	575,9
3c3-020	87,1	107,7	820,5	12,1	436,6
3d1-020	46,5	80,3	1 073,0	9,6	446,1
3d2-020	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3d3-020	72,3	143,4	1 106,6	19,1	673,4
4a1-050	59,3	115,9	319,5	7,9	275,6
4a2-050	64,2	127,2	669,7	14,1	501,5
4a3-050	80,3	135,3	983,9	14,5	487,3
4b1-050	43,1	96,3	250,8	15,4	363,8
4b2-050	49,3	73,7	611,1	14,7	510,3
4b3-050	36,7	68,2	312,3	12,5	292,7
4c1-050	49,7	83,5	285,3	8,2	151,3
4c2-050	87,9	81,3	969,6	6,1	270,7
4c3-050	59,2	90,3	252,9	6,3	159,6
4d1-050	127,1	123,4	625,7	9,9	292,4
4d2-050	47,5	65,3	309,1	7,8	152,4
4d3-050	48,6	86,8	329,2	7,3	164,1
3a1-050	44,7	40,0	336,4	6,1	123,3
3a2-050	51,3	42,9	314,0	5,0	118,7
3a3-050	30,9	49,0	197,3	6,2	122,6
3b1-050	54,9	55,6	667,7	5,5	180,4
3b2-050	44,2	27,2	340,9	4,6	126,8
3b3-050	29,3	45,1	226,9	3,8	100,4
3c1-050	116,5	169,7	1 202,7	14,1	574,0
3c2-050	49,7	72,4	372,6	5,4	167,9
3c3-050	25,0	62,7	254,8	10,5	235,8
3d1-050	35,3	111,0	191,3	10,8	248,0
3d2-050	51,1	99,7	659,2	9,2	434,3
3d3-050	31,6	69,0	396,7	7,8	212,8
4a1-100	78,3	122,8	696,7	10,0	356,6
4a2-100	93,2	135,3	703,2	10,7	254,9
4a3-100	35,5	69,5	349,3	11,5	239,2
4b1-100	107,5	128,0	727,7	8,5	413,1
4b2-100	55,8	111,3	621,9	9,6	454,0

TABLEAU A.10 Concentrations reconstituées de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps.

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe-T	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
4b3-100	99,0	167,7	673,4	6,3	331,3
4c1-100	56,1	118,2	433,9	7,5	232,0
4c2-100	74,2	79,5	460,5	7,1	205,2
4c3-100	84,0	142,3	611,4	9,0	250,9
4d1-100	64,9	89,2	482,9	5,2	222,3
4d2-100	99,5	87,4	636,3	5,3	232,6
4d3-100	119,9	62,8	860,8	6,5	209,2
3a1-100	39,2	58,2	564,7	5,2	203,1
3a2-100	31,6	69,7	352,2	4,4	145,8
3a3-100	29,4	50,0	290,3	4,8	154,7
3b1-100	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
3b2-100	27,3	63,4	306,8	5,1	151,9
3b3-100	76,0	149,9	745,2	9,7	370,9
3c1-100	37,6	67,7	810,0	6,8	289,4
3c2-100	100,6	119,8	1 220,3	9,9	472,5
3c3-100	90,8	111,1	1 548,0	12,0	408,9
3d1-100	98,0	130,2	1 279,1	8,6	506,4
3d2-100	50,8	80,1	1 009,0	5,3	350,0
3d3-100	33,3	84,4	441,8	10,0	296,4
1a1-100	99,9	90,2	1 081,4	7,8	285,1
1a2-100	56,9	94,0	387,7	7,9	187,4
1a3-100	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0	-8,0
1b1-100	85,7	125,3	424,1	5,3	216,7
1b2-100	66,2	94,9	372,6	6,9	174,6
2a1-100	28,0	72,2	300,7	9,6	276,8
2a2-100	54,7	82,4	630,1	19,7	569,4
2a3-100	57,4	112,7	994,6	23,5	912,3
2b1-100	58,3	108,0	792,1	9,5	349,7
2b2-100	50,6	73,8	835,2	7,8	256,5

<sup>1</sup> Les trois premiers caractères correspondent aux organismes prélevés des enclos (voir figure 2.1); les trois derniers chiffres indiquent le temps de prélèvement lors des expériences.

TABLEAU A.11 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
01-1	292,0	215,0	2 199,0	21,7	587,0
01-2	121,0	34,9	1 142,0	3,8	165,0
01-3	64,3	69,1	167,0	5,5	171,0
01-4	159,0	31,6	1 780,0	4,6	124,0
01-5	11,2	8,9	89,3	2,2	73,7
01-6	148,0	25,4	84,7	6,5	136,0
01-7	61,0	44,8	435,0	1,0	121,0
02-1	200,0	126,0	2 609,0	10,0	427,0
02-2	95,9	42,5	656,0	2,7	174,0
02-3	70,4	52,8	317,0	4,3	166,0
02-4	104,0	37,0	1 643,0	3,3	147,0
02-5	7,6	10,2	102,0	1,7	94,4
02-6	38,5	23,1	115,0	4,0	142,0
03-1	130,0	201,0	1 213,0	1,8	575,0
03-2	110,0	89,1	830,0	0,8	240,0
03-3	62,5	77,8	375,0	2,0	183,0
03-4	27,9	55,8	862,0	1,5	134,0
03-5	11,8	19,7	171,0	5,7	98,7
03-6	52,2	7,9	269,0	1,7	111,0
04-1	118,0	221,0	907,0	2,0	730,0
04-2	127,0	126,0	908,0	1,0	376,0
04-3	66,5	80,9	491,0	1,2	251,0
04-4	35,2	87,4	874,0	1,5	242,0
04-5	18,7	32,1	267,0	0,5	152,0
04-6	17,1	8,5	355,0	2,1	115,0
05-1	170,0	282,0	1 297,0	23,1	548,0
05-2	95,6	49,0	870,0	4,1	180,0
05-3	50,5	83,3	303,0	4,9	184,0
05-4	91,6	28,5	1 188,0	3,3	110,0
05-5	7,4	2,5	149,0	1,8	86,6
05-6	45,0	15,6	125,0	3,5	150,0
05-7	30,7	45,4	184,0	0,6	99,3
06-1	191,0	225,0	1 534,0	14,1	507,0
06-2	122,0	61,5	228,0	3,4	180,0
06-3	53,6	75,0	214,0	4,3	168,0
06-4	112,0	35,4	1 023,0	3,6	106,0
06-5	13,0	5,6	83,3	2,3	83,3
06-6	38,5	23,1	115,0	4,0	142,0

TABLEAU A.11 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
07-1	133,0	337,0	942,0	22,7	533,0
07-2	49,2	57,6	293,0	2,3	200,0
07-3	26,8	71,4	268,0	4,0	147,0
07-4	36,0	25,4	294,0	2,9	99,7
07-5	4,0	4,0	121,0	1,3	68,5
07-6	9,6	38,5	96,2	2,8	120,0
07-7	24,8	63,1	272,0	2,0	115,0
08-1	198,0	274,0	1 516,0	20,2	526,0
08-2	85,3	37,2	372,0	2,6	133,0
08-3	84,3	69,3	181,0	5,1	148,0
08-4	100,0	35,0	1 150,0	3,4	96,3
08-5	7,1	2,4	70,8	1,7	70,8
08-6	35,3	6,4	96,2	3,0	125,0
08-7	67,8	66,5	345,0	1,5	110,0
09-1	146,0	288,0	1 218,0	25,2	533,0
09-2	82,5	48,1	370,0	2,3	144,0
09-3	50,5	63,1	253,0	4,1	152,0
09-4	87,5	38,8	1 113,0	3,3	113,0
09-5	9,9	7,4	149,0	18	81,7
09-6	25,0	7,1	107,0	3,0	104,0
09-7	34,1	54,0	200,0	1,8	107,0
10-1	184,0	278,0	1 896,0	10,6	483,0
10-2	99,0	57,0	371,0	2,5	183,0
10-3	56,4	66,2	196,0	3,9	172,0
10-4	53,7	25,7	1 051,0	3,8	121,0
10-5	6,5	2,2	87,0	1,6	82,6
10-6	39,1	50,8	117,0	3,0	105,0
11-1	264,0	301,0	1 712,0	14,6	517,0
11-2	105,0	48,6	220,0	3,0	137,0
11-3	56,1	63,8	332,0	4,7	158,0
11-4	76,8	33,4	891,0	3,8	94,1
11-5	13,9	5,6	83,3	1,8	80,6
11-6	39,3	42,9	143,0	2,8	129,0
11-7	95,0	92,5	800,0	3,0	160,0
12-1	173,0	226,0	1 074,0	13,7	504,0
12-2	94,1	65,6	926,0	3,2	203,0
12-3	47,4	79,0	105,0	3,6	166,0
12-4	83,4	38,2	775,0	4,0	150,0
12-5	7,3	4,8	24,3	2,0	89,8
12-6	14,5	17,4	29,1	3,2	125,0

TABLEAU A.11 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
13-1	132,0	244,0	1 265,0	19,4	440,0
13-2	58,6	40,0	143,0	2,0	174,0
13-3	52,2	59,7	112,0	4,2	149,0
13-4	52,0	19,8	631,0	2,5	89,1
13-5	7,6	3,7	37,9	2,0	83,3
13-6	14,3	7,1	71,4	3,5	136,0
13-7	53,0	80,3	318,0	2,1	164,0
14-1	131,0	377,0	709,0	20,5	384,0
14-2	57,1	55,1	158,0	3,0	165,0
14-3	29,9	56,0	149,0	4,9	153,0
14-4	38,5	25,6	481,0	2,0	103,0
14-5	5,4	5,4	109,0	2,0	81,5
14-6	6,2	6,2	62,5	3,1	113,0
14-7	32,0	75,4	155,4	1,5	106,0
15-1	175,0	331,0	913,0	7,0	347,0
15-2	63,7	49,4	366,0	3,0	159,0
15-3	27,8	64,8	123,0	3,3	164,0
15-4	17,3	18,5	271,0	2,6	89,9
15-5	5,6	5,5	55,6	2,2	77,8
15-6	6,9	13,9	69,4	3,4	118,0
16-1	96,9	253,0	816,0	17,1	319,0
16-2	53,2	49,5	302,0	2,1	145,0
16-3	47,8	61,8	169,0	4,1	146,0
16-4	19,9	18,5	199,0	3,0	92,4
16-5	3,4	3,4	101,0	1,7	81,1
16-6	10,9	32,6	163,0	2,4	114,0
16-7	25,0	60,7	333,0	1,9	101,0
17-1	186,0	278,0	2 196,0	23,9	539,0
17-2	110,0	52,4	893,0	4,1	204,0
17-3	46,4	53,6	179,0	4,5	175,0
17-4	44,1	25,8	821,0	3,7	108,0
17-5	6,1	3,0	61,0	2,3	82,3
17-6	34,6	26,9	76,9	3,9	138,0
18-1	122,0	275,0	1 221,0	19,1	531,0
18-2	72,5	47,6	465,0	2,9	183,0
18-3	62,5	62,5	139,0	5,4	167,0
18-4	65,2	29,5	342,0	5,1	123,0
18-5	3,3	6,6	98,7	2,3	85,5
18-6	8,6	17,2	172,0	4,6	121,0
18-7	38,0	60,1	429,0	2,8	128,0

TABLEAU A.11 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
19-1	149,0	335,0	1 281,0	18,9	485,0
19-2	75,8	4,68	274,0	3,3	177,0
19-3	44,5	58,2	343,0	5,1	154,0
19-4	51,1	24,7	317,0	3,5	82,8
19-5	9,3	9,3	92,6	1,9	88,0
19-6	35,7	292,0	179,0	10,1	304,0
19-7	33,4	58,2	322,0	1,6	106,0
20-1	345,0	352,0	2 513,0	14,7	702,0
20-2	111,0	45,7	525,0	2,7	216,0
20-3	89,0	55,1	466,0	7,7	165,0
20-4	126,0	44,7	1 663,0	4,7	143,0
20-5	11,3	6,8	203,0	2,2	90,1
20-6	19,5	9,7	97,4	4,0	153,0
20-7	61,9	52,4	607,0	1,7	131,0
21-1	163,0	246,0	1 897,0	12,9	558,0
21-2	79,0	45,0	340,0	2,5	176,0
21-3	33,0	89,9	357,0	4,8	146,0
21-4	44,3	31,1	586,0	4,7	109,0
21-5	11,3	6,8	203,0	4,2	90,1
21-6	34,3	34,3	147,0	4,2	132,0
21-7	36,7	47,0	482,0	2,2	124,0
22-1	142,0	371,0	869,0	11,1	381,0
22-2	54,0	44,0	280,0	2,5	152,0
22-3	40,5	69,9	294,0	3,4	151,0
22-4	30,7	20,5	389,0	2,7	88,1
22-5	11,6	5,8	174,0	1,6	81,4
22-6	12,2	18,3	244,0	2,6	110,0
23-1	155,0	375,0	1 150,0	23,0	305,0
23-2	64,1	53,4	534,0	3,6	135,0
23-3	41,7	83,3	232,0	4,6	144,0
23-4	23,3	19,1	254,0	2,6	80,5
23-5	14,3	7,1	143,0	1,7	57,1
23-6	11,4	5,7	170,0	2,8	96,6
23-7	46,0	108,0	294,0	3,4	123,0
24-1	110,0	442,0	815,0	14,6	416,0
24-2	55,3	71,3	567,0	3,6	201,0
24-3	26,8	58,0	223,0	3,4	143,0
24-4	46,0	35,9	503,0	2,8	118,0
24-5	7,6	7,5	152,0	1,4	83,3
24-6	8,3	25,0	167,0	2,3	108,0

TABLEAU A.11 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
25-1	114,0	301,0	794,0	13,4	320,0
25-2	51,4	56,1	257,0	3,2	173,0
25-3	35,1	74,6	219,0	3,6	136,0
25-4	40,2	29,0	312,0	3,1	87,1
25-5	7,1	7,1	143,0	1,8	78,6
25-6	7,3	22,1	147,0	2,4	132,0
26-1	100,0	369,0	923,0	19,2	319,0
26-2	52,2	78,4	373,0	4,6	209,0
26-3	21,7	87,0	272,0	5,1	141,0
26-4	31,3	50,0	500,0	3,7	113,0
26-5	9,6	19,2	192,0	1,7	76,9
26-6	19,2	67,3	288,0	3,0	125,0
27-1	124,0	378,0	686,0	15,9	432,0
27-2	43,8	56,3	234,0	2,4	155,0
27-3	29,2	64,9	227,0	3,3	136,0
27-4	21,7	16,9	254,0	2,2	83,4
27-5	9,1	9,1	136,0	1,8	72,7
27-6	4,7	18,9	142,0	2,7	113,0
28-1	116,0	366,0	916,0	15,6	349,0
28-2	51,9	59,6	308,0	3,1	121,0
28-3	33,7	57,7	144,0	3,9	135,0
28-4	24,8	19,1	286,0	2,8	85,9
28-5	6,7	6,7	135,0	2,0	74,3
28-6	10,4	52,1	208,0	2,6	93,8
29-1	170,0	390,0	933,0	17,4	403,0
29-2	68,5	56,5	323,0	3,6	139,0
29-3	37,2	69,2	213,0	4,0	128,0
29-4	33,4	25,5	239,0	2,9	79,6
29-5	10,4	5,2	104,0	1,8	67,7
29-6	8,3	16,7	167,0	2,7	91,7
29-7	111,0	253,0	660,0	8,0	274,0
30-1	124,0	406,0	906,0	17,8	433,0
30-2	48,5	50,4	299,0	2,8	153,0
30-3	26,9	73,1	192,0	3,4	131,0
30-4	13,6	16,0	197,0	2,4	78,9
30-5	5,0	10,0	100,0	1,4	65,0
30-6	5,8	23,3	116,0	2,3	110,0

TABLEAU A.11 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
31-1	135,0	424,0	870,0	16,5	420,0
31-2	63,8	66,3	332,0	3,2	115,0
31-3	28,4	73,9	227,0	3,4	148,0
31-4	30,6	22,1	391,0	2,8	76,6
31-5	7,8	7,8	156,0	1,5	70,3
31-6	18,5	18,5	278,0	3,2	92,6
32-1	125,0	432,0	909,0	17,2	347,0
32-2	61,3	63,7	368,0	3,3	172,0
32-3	70,5	89,7	256,0	4,7	173,0
32-4	56,7	28,4	313,0	2,8	85,2
32-5	6,9	6,9	139,0	1,4	76,4
32-6	9,3	37,0	185,0	2,1	120,0
32-7	30,9	98,3	225,0	2,2	112,0
33-1	107,0	308,0	849,0	13,6	444,0
33-2	71,4	14,4	327,0	4,3	214,0
33-3	46,9	72,9	260,0	4,4	167,0
33-4	60,7	35,7	250,0	4,0	132,0
33-5	8,9	8,9	89,3	1,4	80,4
33-6	15,2	45,5	227,0	2,7	114,0
34-1	87,5	300,0	775,0	13,8	685,0
34-2	47,4	57,9	316,0	3,5	150,0
34-3	30,0	50,0	200,0	3,4	135,0
34-4	33,0	23,6	354,0	2,6	82,0
34-5	9,3	9,3	185,0	1,7	74,1
34-6	15,2	45,5	227,0	2,7	114,0
35-1	102,0	254,0	1 229,0	19,0	390,0
35-2	72,6	76,6	403,0	5,6	186,0
35-3	38,5	70,5	256,0	3,4	167,0
35-4	50,9	50,9	417,0	7,4	125,0
35-5	11,9	11,9	119,0	1,7	71,4
35-6	14,7	29,4	294,0	3,1	103,0
36-1	119,0	388,0	692,0	16,9	354,0
36-2	59,5	63,5	357,0	4,4	155,0
36-3	32,1	64,1	256,0	3,9	135,0
36-4	27,8	27,8	317,0	2,6	91,3
36-5	9,3	9,3	185,0	1,8	83,3
36-6	10,9	32,6	217,0	2,7	130,0

TABLEAU A.11 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
37-1	73,5	338,0	735,0	12,3	243,0
37-2	37,9	75,8	455,0	6,1	174,0
37-3	25,9	69,0	345,0	6,3	155,0
37-4	18,5	37,0	463,0	2,6	102,0
37-5	19,2	19,2	192,0	1,9	96,2
37-6	20,8	62,5	417,0	2,7	146,0
38-1	135,0	406,0	729,0	16,7	292,0
38-2	60,6	114,0	455,0	6,9	182,0
38-3	23,8	71,4	238,0	4,6	143,0
38-4	26,8	35,7	446,0	3,5	116,0
38-5	22,7	22,7	227,0	2,2	90,9
38-6	27,8	55,6	278,0	2,8	16,7

<sup>1</sup> Les deux premiers chiffres indiquent le numéro de l'individu et le troisième chiffre, l'organe concerné: 1 pour les branchies, 2 pour le manteau, 3 pour le hépatopancréas, 4 pour la masse viscérale, 5 pour le muscle, 6 pour le pied et 7 pour le glochidia.

TABLEAU A.12 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
01-1	176,0	614,0	1 122,0	15,4	625,0
01-2	32,0	25,9	111,0	2,4	82,5
01-3	12,7	60,4	126,0	5,6	143,0
01-4	3,7	6,1	85,8	2,0	61,3
01-5	6,9	3,5	69,4	1,9	71,2
01-6	6,7	13,4	67,0	2,6	147,0
02-1	99,0	552,0	1 042,0	123,0	1 040,0
02-2	27,1	23,6	271,0	5,0	103,0
02-3	25,0	72,9	250,0	8,5	158,0
02-4	16,5	18,9	236,0	3,9	55,4
02-5	4,9	2,4	73,5	3,0	71,1
02-6	13,2	16,5	65,8	4,9	158,0
02-7	22,3	75,5	248,0	9,1	238,0
03-1	190,0	885,0	709,0	17,4	798,0
03-2	25,7	43,5	167,0	3,5	136,0
03-3	10,0	48,0	140,0	4,5	140,0
03-4	1,2	7,5	87,0	2,3	70,9
03-5	5,2	5,2	104,0	2,0	62,5
03-6	3,9	3,9	117,0	3,2	121,0
04-1	129,0	435,0	989,0	29,9	681,0
04-2	34,6	29,5	308,0	4,4	131,0
04-3	10,6	82,5	160,0	5,3	141,0
04-4	7,5	7,5	138,0	3,3	67,5
04-5	3,4	3,4	68,5	2,4	68,5
04-6	4,9	9,8	98,0	4,4	137,0
05-1	207,0	708,0	1 815,0	17,9	490,0
05-2	52,7	39,2	184,0	4,5	108,0
05-3	24,0	37,7	217,0	4,4	114,0
05-4	14,6	9,0	135,0	2,3	65,3
05-5	4,6	1,5	46,3	2,4	80,2
05-6	8,3	44,5	83,3	3,8	131,0
06-1	168,0	471,0	1 273,0	13,2	547,0
06-2	29,2	22,4	89,7	2,6	112,0
06-3	13,9	48,6	153,0	3,8	143,0
06-4	4,6	6,9	115,0	2,4	64,5
06-5	1,9	3,9	57,9	1,5	81,4
06-6	8,1	96,8	134,0	3,9	218,0

TABLEAU A.12 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
07-1	158,0	561,0	1 073,0	46,8	1 206,0
07-2	32,5	25,0	100,0	3,7	150,0
07-3	13,3	44,2	144,0	3,6	116,0
07-4	8,1	12,7	150,0	1,8	48,4
07-5	4,9	4,9	49,4	2,1	83,9
07-6	5,1	5,1	76,5	3,1	128,0
07-7	30,4	92,3	199,0	4,1	252,0
08-1	142,0	535,0	780,0	50,6	1 257,0
08-2	35,7	28,6	59,6	3,4	117,0
08-3	18,4	38,0	123,0	5,1	147,0
08-4	10,7	15,5	119,0	2,6	57,2
08-5	4,3	53,8	57,5	2,0	70,4
08-6	5,1	18,7	85,1	3,1	93,6
08-7	16,7	60,3	112,0	1,6	167,0
09-1	78,7	242,0	1 219,0	30,9	1 034,0
09-2	70,2	53,6	217,0	5,2	204,0
09-3	38,1	73,4	353,0	6,5	182,0
09-4	28,6	28,6	155,0	3,8	143,0
09-5	4,8	2,4	48,1	2,9	93,8
09-6	11,9	11,9	119,0	3,9	143,0
10-1	142,0	391,0	750,0	19,1	715,0
10-2	51,7	42,1	96,2	4,1	168,0
10-3	29,9	45,8	176,0	5,6	174,0
10-4	11,8	8,2	106,0	2,5	63,7
10-5	3,8	3,8	64,9	2,0	87,8
10-6	15,4	24,7	30,9	4,4	133,0
11-1	115,0	396,0	1 475,0	12,3	834,0
11-2	49,5	44,6	173,0	3,1	219,0
11-3	22,6	43,7	241,0	4,0	169,0
11-4	19,5	14,6	171,0	2,7	80,5
11-5	7,3	3,7	55,1	1,8	116,0
11-6	9,9	43,6	79,4	2,8	218,0
12-1	127,0	434,0	1 356,0	68,4	1 225,0
12-2	65,5	79,8	286,0	3,9	198,0
12-3	28,2	69,2	381,0	6,2	165,0
12-4	20,9	24,6	209,0	3,3	67,8
12-5	1,8	3,5	88,7	2,2	81,6
12-6	12,5	81,3	93,8	4,7	150,0
12-7	18,9	58,9	233,0	3,8	192,0

TABLEAU A.12 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
13-1	118,0	336,0	1 098,0	25,6	1 269,0
13-2	41,1	41,1	137,0	4,5	164,0
13-3	24,9	64,7	189,0	4,5	149,0
13-4	13,5	15,8	158,0	3,4	68,7
13-5	2,1	5,3	42,6	2,6	79,8
13-6	11,0	36,8	55,1	4,3	154,0
14-1	472,0	617,0	5 456,0	26,8	1 747,0
14-2	240,0	137,0	1 745,0	4,1	390,0
14-3	119,0	75,0	556,0	10,5	286,0
14-4	277,0	79,3	3 123,0	9,6	205,0
14-5	79,6	6,8	114,0	2,2	102,0
14-6	193,3	66,7	200,0	6,7	187,0
15-1	119,0	481,0	1 157,0	25,2	700,0
15-2	36,9	51,2	345,0	4,5	155,0
15-3	15,0	60,0	175,0	4,9	135,0
15-4	12,9	11,7	140,0	2,7	67,7
15-5	5,6	7,5	93,3	2,6	84,0
15-6	3,5	7,0	106,0	3,8	130,0
16-1	150,0	379,0	2 545,0	25,7	1 909,0
16-2	71,8	94,1	842,0	3,8	368,0
16-3	34,1	36,7	313,0	3,8	133,0
16-4	19,4	14,9	390,0	3,4	84,9
16-5	6,2	4,7	125,0	2,9	87,5
16-6	4,7	9,4	142,0	3,0	156,0
17-1	159,0	707,0	732,0	25,0	889,0
17-2	28,6	26,1	124,0	3,3	111,0
17-3	13,6	54,5	136,0	3,3	168,0
17-4	2,5	15,0	175,0	2,6	61,3
17-5	1,9	5,7	38,2	1,8	72,5
17-6	2,8	30,6	83,3	3,8	122,0
18-1	163,0	622,0	997,0	27,2	840,0
18-2	29,6	32,0	98,6	2,2	108,0
18-3	9,6	72,6	150,0	4,5	135,0
18-4	4,6	10,3	184,0	2,0	49,3
18-5	2,8	5,6	41,9	1,8	78,2
18-6	4,0	9,9	59,5	3,2	111,0
18-7	14,6	48,6	109,0	1,5	112,0

TABLEAU A.12 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
19-1	170,0	274,0	3 288,0	22,9	1 469,0
19-2	83,4	64,0	374,0	2,5	230,0
19-3	32,7	53,7	187,0	4,4	199,0
19-4	30,7	24,8	483,0	3,1	114,0
19-5	7,4	7,4	49,3	1,9	91,2
19-6	27,1	60,1	38,8	3,6	211,0
20-1	172,0	509,0	1 500,0	10,9	469,0
20-2	57,8	56,7	178,0	3,4	139,0
20-3	18,1	30,5	158,0	3,8	113,0
20-4	13,6	12,5	136,0	3,1	81,8
20-5	5,6	3,7	37,0	2,5	79,6
20-6	13,9	104,0	69,4	3,7	160,0
21-1	141,0	617,0	1 047,0	16,3	661,0
21-2	35,4	42,0	88,5	3,0	128,0
21-3	15,4	50,4	154,0	6,3	154,0
21-4	6,2	9,9	111,0	3,3	69,3
21-5	4,8	2,4	72,8	2,1	80,1
21-6	4,4	4,5	89,3	4,1	116,0
22-1	128,0	482,0	1 042,0	16,4	569,0
22-2	32,1	36,5	99,5	3,1	112,0
22-3	15,3	24,0	87,4	3,2	93,9
22-4	5,0	7,5	62,5	2,6	61,3
22-5	4,3	2,2	64,7	2,0	77,6
22-6	5,8	5,8	116,0	3,1	128,0
23-1	124,0	513,0	1 100,0	13,5	934,0
23-2	35,9	42,8	301,0	3,1	157,0
23-3	18,2	40,5	112,0	5,0	120,0
23-4	6,2	8,7	86,7	2,8	64,4
23-5	3,4	1,7	51,4	2,0	83,9
23-6	3,2	12,8	96,2	3,4	135,0
24-1	151,0	687,0	825,0	28,0	847,0
24-2	42,6	50,7	92,2	3,0	152,0
24-3	15,6	42,6	99,5	3,9	148,0
24-4	7,4	13,6	86,7	1,8	95,3
24-5	5,8	1,9	38,8	1,8	87,2
24-6	5,7	5,6	114,0	3,1	114,0

TABLEAU A.12 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
25-1	178,0	418,0	1 725,0	18,5	749,0
25-2	61,9	46,1	243,0	3,7	145,0
25-3	28,7	60,8	84,5	5,8	123,3
25-4	14,0	10,5	187,0	2,9	66,6
25-5	6,0	2,0	40,3	2,1	76,6
25-6	11,7	27,3	78,1	3,5	145,0
26-1	200,0	895,0	768,0	24,5	660,0
26-2	47,4	96,0	237,0	4,4	171,0
26-3	19,9	51,1	114,0	4,8	151,0
26-4	6,1	15,8	72,8	3,1	82,6
26-5	7,8	3,9	78,1	1,8	82,0
26-6	5,3	5,3	106,0	3,0	138,0
27-1	88,9	384,0	1 695,0	31,7	727,0
27-2	44,7	43,9	315,0	3,5	160,0
27-3	22,4	82,1	149,0	4,4	179,0
27-4	16,8	13,2	228,0	3,6	72,1
27-5	8,2	4,1	82,0	2,1	69,7
27-6	4,5	9,1	182,0	4,8	141,0
28-1	106,0	459,0	1 122,0	33,4	660,0
28-2	37,3	38,6	199,0	5,3	122,0
28-3	22,4	63,8	187,0	8,4	149,0
28-4	12,5	12,5	150,0	3,9	72,5
28-5	6,8	3,4	67,6	3,2	87,8
28-6	9,3	4,6	92,6	6,2	144,0
29-1	88,2	556,0	765,0	42,9	524,0
29-2	20,1	40,2	201,0	4,1	114,0
29-3	10,0	60,0	100,0	4,3	130,0
29-4	4,9	13,6	124,0	2,4	65,6
29-5	5,2	5,2	104,0	1,2	62,5
29-6	7,3	14,7	147,0	1,9	95,6
30-1	101,0	442,0	1 010,0	49,7	750,0
30-2	29,9	29,9	285,0	5,5	141,0
30-3	18,9	75,5	283,0	11,0	165,0
30-4	9,8	13,5	355,0	4,5	76,0
30-5	5,8	5,8	174,0	2,3	81,4
30-6	4,5	4,5	182,0	3,7	132,0

TABLEAU A.12 Concentration de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME <sup>1</sup> No-Organe	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
31-1	101,0	491,0	1 108,0	54,9	895,0
31-2	47,7	39,5	233,0	3,9	141,0
31-3	20,2	70,7	126,0	5,6	152,0
31-4	7,4	9,9	124,0	3,2	76,8
31-5	4,8	2,4	48,5	2,0	72,8
31-6	10,4	15,6	104,0	3,2	115,0
32-1	101,0	339,0	1 214,0	89,6	1 760,0
32-2	63,1	42,3	327,0	3,9	207,0
32-3	25,8	42,3	141,0	4,9	128,0
32-4	19,0	16,7	346,0	3,3	59,2
32-5	6,7	2,8	41,9	2,6	83,8
32-6	5,2	10,4	104,0	4,4	115,0
32-7	31,4	76,8	314,0	10,9	413,0

<sup>1</sup> Les deux premiers chiffres indiquent le numéro de l'individu et le troisième chiffre, l'organe concerné: 1 pour les branchies, 2 pour le manteau, 3 pour le hêpatopancréas, 4 pour la masse viscérale, 5 pour le muscle, 6 pour le pied et 7 pour le glochidia.

TABLEAU A.13 Concentrations reconstituées de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME No	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
01	114,2	59,5	938,7	4,9	184,0
02	113,8	182,4	1 360,2	4,8	223,0
03	64,6	77,1	755,0	1,8	217,8
04	68,8	104,2	760,2	1,4	327,5
05	66,6	68,8	570,6	4,6	172,4
06	124,0	103,8	871,6	7,1	259,8
07	38,2	77,1	315,3	4,0	162,8
08	85,5	70,0	572,0	4,4	160,7
09	61,5	69,6	473,3	4,7	158,7
10	94,2	102,3	891,0	5,0	231,4
11	101,4	86,4	692,9	4,6	178,8
12	93,9	87,0	728,3	5,8	239,2
13	57,0	62,2	413,4	4,5	167,2
14	43,6	81,8	253,2	4,1	879,5
15	59,1	91,4	374,2	3,6	166,6
16	27,5	64,5	311,6	3,7	131,9
17	73,6	87,5	1 001,2	8,1	230,0
18	58,6	74,3	470,3	5,4	188,8
19	53,6	84,0	381,3	4,1	160,9
20	105,2	76,6	896,7	3,9	205,6
21	62,6	62,5	700,0	4,9	205,7
22	61,2	115,7	438,3	4,7	182,9
23	60,6	123,6	462,5	7,3	160,0
24	54,4	141,0	494,8	5,7	207,9
25	54,6	103,3	375,8	5,5	171,4
26	48,5	134,7	485,5	7,7	189,7
27	45,5	101,9	345,5	5,1	142,9
28	63,8	100,5	354,0	5,4	152,9
29	66,9	113,0	388,9	5,7	165,8
30	44,7	113,0	356,4	5,8	176,8
31	61,1	135,0	459,1	6,3	177,3
32	53,6	97,6	286,8	4,3	148,3
33	68,8	114,4	429,5	6,7	222,1
34	46,2	102,8	407,6	5,6	253,1
35	60,6	103,1	545,6	8,3	202,6
36	53,5	123,1	383,6	6,4	175,1
37	37,2	121,6	473,0	6,3	163,9
38	55,5	133,0	436,5	6,9	162,0

TABLEAU A.14 Concentrations reconstituées de métaux traces ( $\mu\text{g/g}$ , poids sec), dans des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME No	[Cd]	[Cu]	[Fe]	[Pb]	[Zn]
01	30,4	84,1	210,4	3,9	141,5
02	26,7	77,4	297,6	15,3	155,3
03	35,3	146,1	203,7	5,1	201,4
04	29,1	72,5	280,7	7,0	169,1
05	44,7	97,8	337,1	4,7	128,7
06	29,4	68,3	236,7	3,8	142,3
07	29,5	75,4	212,2	5,5	166,7
08	27,9	76,5	153,3	6,4	161,5
09	45,8	77,3	385,7	9,6	333,5
10	38,0	67,2	185,4	5,2	180,5
11	36,7	70,9	324,4	4,0	219,2
12	36,9	84,3	327,4	9,0	177,2
13	36,9	75,3	285,0	7,1	287,7
14	313,0	292,0	3 135,3	14,2	834,6
15	30,8	81,2	311,0	6,1	173,9
16	56,1	99,6	853,3	7,3	478,1
17	28,0	99,8	207,5	5,3	181,0
18	20,9	62,7	258,0	3,4	98,8
19	88,3	108,4	1 046,7	7,8	519,7
20	39,2	78,1	287,7	4,0	139,2
21	29,5	91,7	215,3	4,9	162,0
22	22,7	57,0	160,5	4,3	122,0
23	27,2	76,0	252,6	4,2	192,5
24	35,7	114,0	185,4	5,8	213,5
25	45,2	72,8	371,8	5,2	175,9
26	38,7	136,7	194,2	5,8	177,2
27	34,4	81,8	457,7	7,6	206,5
28	31,5	78,7	280,2	8,0	171,0
29	19,7	86,8	220,1	8,4	139,0
30	29,0	85,5	401,4	11,8	206,4
31	34,4	92,0	295,3	10,9	220,5
32	44,1	77,7	441,2	17,7	387,7