

Université du Québec

Mémoire
présenté à
l'Institut national de la
recherche scientifique - eau

comme exigence partielle
de la maîtrise en sciences de l'eau

par

Pedro-Luis Ardisson

"Évaluation de facteurs qui contrôlent
l'échange de métaux traces entre des
mollusques bivalves (Anodonta grandis)
et leur environnement aquatique"

Décembre 1985

RÉSUMÉ

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. Dans ces diverses 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. La répartition des métaux dans différentes fractions des sédiments a également été mesurée à $t = 0$ et 100 jours. 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 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. 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 ($t = 0$) est significatif entre les spécimens originaires des lacs Montbeillard et La Bruère.

Les concentrations de Cd, Cu, Pb et Zn dans les différentes fractions des sédiments se sont avérées très différentes du sédiment du lac Montbeillard au sédiment 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'organisme principalement sous forme dissoute. Ces résultats sont aussi en accord avec les caractéristiques anatomiques et physiologiques de l'espèce.

Les concentrations de Cd et Zn dans les tissus des bivalves utilisés dans les expériences de transfert de bivalves montrent 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; 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 tenter de comprendre, et éventuellement de réduire, cette variabilité interspécifique, on a prélevé, 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).

TABLE DES MATIÈRES

	<u>Page</u>
RÉSUMÉ	i
TABLE DES MATIÈRES	iii
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	xi
1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS	1
2. MATÉRIEL ET MÉTHODES	9
2.1 Lieu des expériences	11
2.2 Procédures expérimentales	11
2.2.1 Transfert des sédiments	14
2.2.2 Transfert des bivalves	18
2.2.3 Prélèvement des bivalves utilisés pour les expériences	19
2.2.4 Analyse des métaux traces dans les sédiments et dans l'eau interstitielle	20
2.2.5 Analyse des métaux dans les bivalves	22
2.2.6 Mesure des paramètres allométriques	23
2.2.7 Réactifs et verrerie	23
2.3 Calculs complémentaires	24
2.3.1 Calcul de flux de métaux de l'eau vers les sédiments	24
2.3.2 Normalisation des concentrations de métaux traces par rapport au poids des organismes soumis aux expériences de transfert	24

2.3.3	Calcul de la constante de vitesse d'augmentation et de diminution de concentrations de métaux dans les tissus de <u>A. grandis</u>	25
2.4	Analyse des données	25
2.4.1	Analyse des données allométriques	25
2.4.2	Analyse des données de concentration en métaux traces des organismes soumis au transfert des sédiments	26
2.4.3	Analyse des données de concentration en métaux traces des organismes transférés d'un milieu à l'autre	26
2.4.4	Analyse des données de la série supplémentaire	28
3.	RÉSULTATS	29
3.1	Paramètres allométriques des spécimens de <u>A. grandis</u> utilisés dans l'étude	31
3.2	Expérience de transfert de sédiments: concentrations des métaux traces dans l'eau, les sédiments et les bivalves	34
3.3	Expérience de transfert des bivalves: concentrations de métaux traces dans les tissus mous des spécimens de <u>A. grandis</u>	41
3.3.1	Variations des concentrations de métaux dans l'ensemble des tissus mous	52
3.3.2	Variation des concentrations de métaux dans les organes individuels	56
3.4	Séries supplémentaires: concentrations de métaux dans les tissus	59
3.5	Séries supplémentaires: relations entre le poids des organismes et la concentration ou le contenu en métaux des tissus	65

	<u>Page</u>
4. DISCUSSION ET CONCLUSION	75
4.1 Source de métaux qui se retrouvent dans les organismes	77
4.2 Variation temporelle des concentrations de métaux dans les spécimens transférés	82
4.3 Distribution des métaux dans les organes de <u>A. grandis</u>	85
4.4 Variabilité intraspécifique	87
BIBLIOGRAPHIE	97
ANNEXE	109

LISTE DES TABLEAUX

	<u>Page</u>
TABEAU 2.1 Matrice de données de l'analyse de variance à deux facteurs (temps et série)	27
TABEAU 3.1 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 utilisées dans les expériences de transfert d'organismes	33
TABEAU 3.2 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	35
TABEAU 3.3 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 ...	36
TABEAU 3.4 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	37
TABEAU 3.5 Résultats des lessivages séquentiels des sédiments, au début de l'expérience de transfert des sédiments (t = 0), rapportés sur une base de poids sec	38
TABEAU 3.6 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	40

	<u>Page</u>
TABEAU 3.7 Comparaison des valeurs moyennes des concentrations en métaux traces dans des organismes en contact avec des sédiments de différente origine	42
TABEAU 3.8 Concentrations de métaux traces dans les branchies des spécimens de <u>A. grandis</u> , soumis aux expériences de transfert d'organismes	43
TABEAU 3.9 Concentrations de métaux traces dans le manteau des spécimens de <u>A. grandis</u> , soumis aux expériences de transfert d'organismes	44
TABEAU 3.10 Concentrations de métaux traces dans l'hépatopancréas des spécimens de <u>A. grandis</u> , soumis aux expériences de transfert d'organismes	45
TABEAU 3.11 Concentrations de métaux traces dans la masse viscérale des spécimens de <u>A. grandis</u> , soumis aux expériences de transfert d'organismes	46
TABEAU 3.12 Concentrations de métaux traces dans le muscle des spécimens de <u>A. grandis</u> , soumis aux expériences de transfert d'organismes	47
TABEAU 3.13 Concentrations de métaux traces dans le pied des spécimens de <u>A. grandis</u> , soumis aux expériences de transfert d'organismes	48

	<u>Page</u>
TABEAU 3.14 Concentrations de métaux traces dans les glochidia des spécimens de <u>A. grandis</u> , soumis aux expériences de transfert d'organismes	49
TABEAU 3.15 Concentrations reconstituées de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn dans les spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert d'organismes	50
TABEAU 3.16 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Cd, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement	53
TABEAU 3.17 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Cu, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement	53
TABEAU 3.18 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Fe, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement	54
TABEAU 3.19 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Pb, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement	54
TABEAU 3.20 Analyse de variance des valeurs moyennes de concentration de Zn, effectuées sur les quatre séries d'organismes et les cinq temps de prélèvement	55

TABLEAU 3.21 Répartition de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens de <u>A. grandis</u> soumis aux expériences de transfert	60
TABLEAU 3.22 Concentrations moyennes de métaux traces dans les organes individuels des spécimens de <u>A. grandis</u> prélevés au mois de septembre (série supplémentaire)	61
TABLEAU 3.23 Concentrations reconstituées de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn dans les spécimens de <u>A. grandis</u> prélevés au mois de septembre (série supplémentaire)	62
TABLEAU 3.24 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)	63
TABLEAU 3.25 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)	64
TABLEAU 3.26 Valeurs des paramètres associés à la régression de la teneur et de la concentration de métaux traces, par rapport au poids de l'organisme	70

LISTE DES FIGURES

	<u>Page</u>
FIGURE 2.1 Région de l'étude	12
FIGURE 2.2 Schéma des expériences <u>in situ</u> * impliquant des transferts de sédiments et de bivalves	13
FIGURE 2.3 Localisation des stations d'échantillonnage (●) et emplacement des enclos (*) dans le lac Montbeillard, Québec	15
FIGURE 2.4 Localisation des stations d'échantillonnage (●) et emplacement des enclos (*) dans le lac la Bruère, Québec	16
FIGURE 3.1 Histogrammes comparatifs 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	32
FIGURE 3.2 Variations des concentrations reconstituées de Cd, Pb et Zn dans des spécimens de <u>A. grandis</u> en fonction du temps. La notation C correspond à la série d'organismes de contrôle, B au lac La Bruère et M au lac Montbeillard. La flèche signifie le transfert d'organismes d'un lac à l'autre	51

- FIGURE 3.3 Variations des concentrations des métaux traces dans les branchies des spécimens de A. grandis en fonction du temps dans les deux lacs. La notation C correspond à la série contrôle, B au lac La Bruère et M au lac Montbeillard. La flèche signifie le transfert d'un lac à l'autre 57
- FIGURE 3.4 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 58
- FIGURE 3.5 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 66
- FIGURE 3.6 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 67

- FIGURE 3.7 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 68
- FIGURE 3.8 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 69
- FIGURE 3.9 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 72
- FIGURE 3.10 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 73

CHAPITRE 1

INTRODUCTION ET OBJECTIFS

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS

L'utilisation des mollusques bivalves pour évaluer la pollution des écosystèmes aquatiques par des métaux traces a été largement adoptée (Curry, 1977; Phillips, 1977; Foster et Bates, 1978; Forester, 1980; Simkiss et al., 1982). La concentration de métaux traces dans les tissus de ces organismes constitue une évidence directe de la fraction de métaux biodisponible. Ainsi, le "monitoring" biologique indique une dose interne et représente une meilleure estimation de risque que le "monitoring" des compartiments abiotiques de l'environnement (Viarengo et al., 1980; Strong et Luoma, 1981; Viarengo et al., 1981; Miller, 1984).

Dans le milieu naturel néanmoins, on trouve rarement une proportionnalité directe entre les niveaux de métaux traces du milieu et ceux observés dans l'organisme. La biodisponibilité des métaux liés au sédiment dépend de certains paramètres du sédiment, de la nature physico-chimique de l'association métal-sédiment et des interactions avec la colonne d'eau. Ces interactions varient en fonction du site, de la saison et des conditions environnementales.

Plusieurs études ont montré que les niveaux en métaux traces dans les divers organismes benthiques se corrélaient mieux non pas avec la concentration totale dans les sédiments, mais plutôt avec les concentrations des métaux facilement extractibles. Luoma et Bryan (1978), ont montré que la biodisponibilité du plomb dans les sédiments est contrôlée principalement par la concentration en fer dans ces sédiments et que la concentration de Pb dans l'espèce Scrobicularia plana peut être prédite à partir du rapport $[Pb]/[Fe]$ dans les sédiments. Langston (1980) a observé, pour la même espèce, que la concentration interne en As se corréla mieux avec le rapport $[As]/[Fe]$ dans les sédiments, qu'avec les niveaux de As seul. De façon analogue, Tessier et al. (1984), ont montré que la prédiction des niveaux en métaux traces dans le bivalve d'eau douce Elliptio complanata est améliorée lorsque les concentrations des métaux extraits des sédiments sont normalisées par rapport au contenu en oxyhydroxydes de fer et/ou en matière organique des sédiments.

D'autres facteurs peuvent aussi influencer les concentrations internes en métaux des organismes. Entre autres, Seagle et Ehlmann (1974) ont signalé que des variations spaciales dans les concentrations en métaux chez Anodonta grandis et Amblema perplicata étaient attribuables aux variations dans les caractéristiques granulométriques des sédiments. Les résultats de Karbe et al. (1975) soutiennent l'hypothèse que l'accumulation de métaux dans les organismes à partir de l'eau est fortement influencée par l'état trophique et saprobique de l'eau. Pour leur part, Denton et Burdon-Jones (1981), ont mis en relief l'importance des variations de température et de salinité de l'eau sur le contrôle de l'absorption, l'accumulation et l'excrétion du mercure, du cadmium et du plomb chez l'huître Saccostrea echinata. L'influence de la saison sur les concentrations de métaux traces dans les bivalves a été aussi partiellement élucidée. Popham et D'Auria (1982), ont rapporté pour Mytilus edulis des variations saisonnières dans les concentrations internes de plomb, de zinc, de cuivre et de fer, et cela en fonction de la forme physico-chimique des métaux dans l'eau et du gradient de salinité du milieu.

En plus des facteurs physico-chimiques, des facteurs biologiques sont également impliqués dans les processus de bioaccumulation et peuvent être une source de variabilité des teneurs en métaux traces dans les organismes. Ainsi, deux causes majeures de variabilité ont été soulignées dans la littérature: la taille de l'organisme et la variabilité saisonnière liée à la maturité sexuelle.

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 mensuelles 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 Cd¹⁰⁹, Mn⁵⁴ et Zn⁶⁵ 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). Il est intéressant de souligner que l'absorption de ces métaux variait en fonction de la concentration et du temps de contact des métaux avec les organismes.

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. 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 si on veut modéliser adéquatement l'interdépendence des concentrations dans les organismes avec celles dans les sédiments et/ou dans l'eau.

Bien que les mollusques bivalves d'eau douce aient été l'objet de plusieurs travaux, relativement peu d'études ont été réalisées sur les mécanismes et facteurs qui contrôlent l'absorption, l'accumulation et l'excrétion de métaux par ces organismes. L'élucidation de ces mécanismes s'avère importante pour la compréhension de l'homéostasie et de la toxicité de métaux traces. Par conséquent, dans la présente étude, on cherche à évaluer le temps de réponse des spécimens d'Anodonta grandis à des variations de concentrations en métaux traces dans le milieu naturel et à clarifier les routes d'entrée des métaux (directement de l'eau ou par ingestion de solides). On vise également à quantifier la variabilité biologique introduite par des facteurs tels que l'âge et certaines caractéristiques allométriques des individus. Pour étudier le temps de réponse des organismes et les voies d'entrée de métaux, on a procédé à des transferts de bivalves et de sédiments d'un milieu plus contaminé à un autre moins contaminé en métaux traces et vice-versa. De son côté, la variabilité biologique a été étudiée au moyen de séries d'organismes de taille variable, prélevés et analysés séparément pour chacun des deux milieux.

A. grandis est un organisme filtreur, distribué à travers les bassins versants du Missouri-Mississippi, du fleuve Saint-Laurent et de la baie d'Hudson; il constitue l'espèce la plus fréquente de bivalves dans des milliers de lacs arctiques et subarctiques du bouclier précambrien. On le trouve dans des milieux de pH et alcalinité relativement élevés ($\text{pH} > 6,0$, alcalinité $> 20 \text{ mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$) sur des substrats vaseux-argileux, non consolidés (Green, 1972; Ghent et al., 1978; Clark, 1981; Strayer, 1981; Mackie et Flippance, 1983; Lewis, 1984). Clarke (1981) discute l'existence

de deux sous-espèces possibles de A. grandis. Dans cette étude on suppose que tous les spécimens étudiés, sont taxonomiquement les mêmes. Son cycle de vie relativement long (~ 14 ans), ses habitudes sédentaires, sa capacité pour concentrer de métaux traces potentiellement toxiques sans pour autant subir des dommages apparents et le fait qu'ils entrent en contact avec de grands volumes d'eau et de particules en suspension, font de A. grandis une espèce utile pour mettre en évidence les échanges de métaux entre les organismes benthiques et leur environnement.

CHAPITRE 2

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Lieu des expériences

Les expériences ont été réalisées dans les lacs Montbeillard (48°05' N, 79°07' O) et La Bruère (48°09' N, 78°56' O). Ces deux lacs sont situés dans la région minière de Rouyn-Noranda, Québec, à environ 500 km au nord-ouest de Montréal (figure 2.1). Les sources de contamination en métaux dans la région proviennent des mines abandonnées, des opérations minières courantes, des résidus des procédés de raffinage et de la déposition 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 les 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". 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.

2.2 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 expériences impliquant 1) des transferts de sédiments et 2) des transferts de bivalves (figure 2.2).

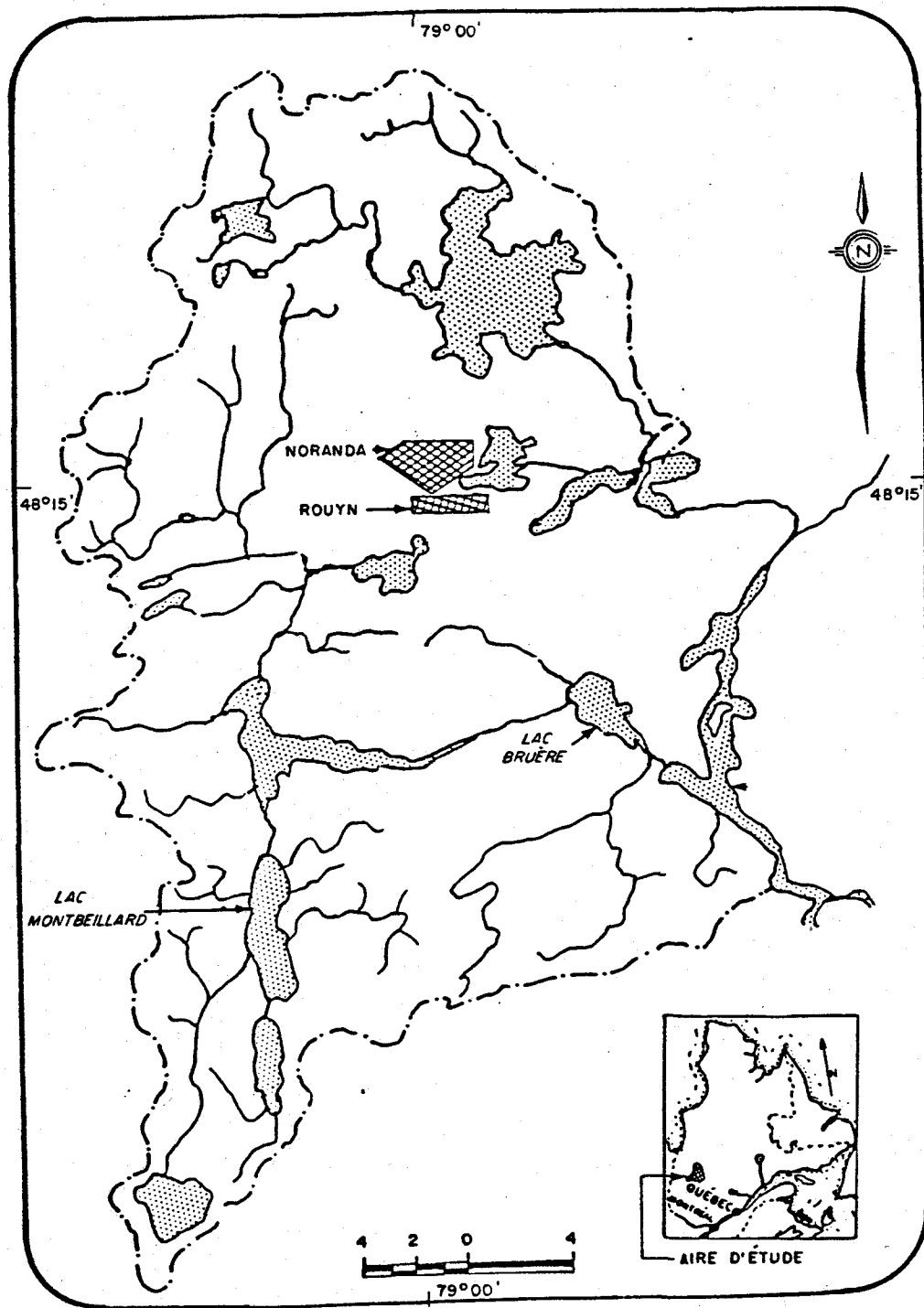


FIGURE 2.1 Région de l'étude.

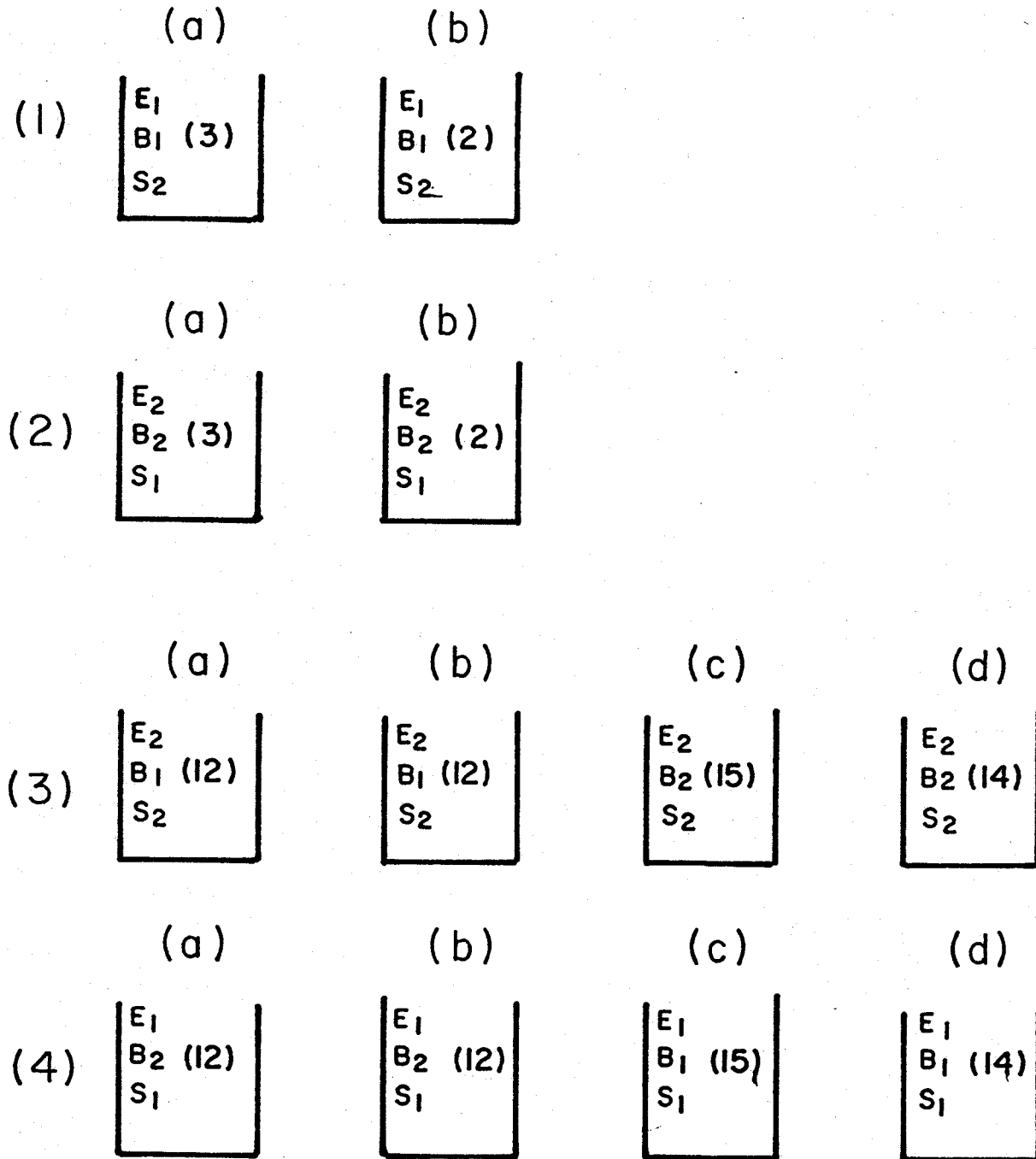


FIGURE 2.2 Schéma des expériences in situ* impliquant des transferts de sédiments et de bivalves.

* 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).

2.2.1 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 2.2; 1a et 1b) ou des sédiments du lac La Bruère avaient été placés. Dans deux enclos adjacents (figure 2.2; 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 ($t = 100$ j);
- 2) 5 spécimens d'A. grandis du lac La Bruère ont été maintenus dans deux enclos (figure 2.2; 2a et 2b) où des sédiments du lac Montbeillard avaient été placés. Dans deux enclos adjacents (figure 2.2; 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 2.3 et 2.4.

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 $\varnothing$) étaient percés dans 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 avec un peu d'eau du lac pour empêcher qu'ils ne sèchent lors du

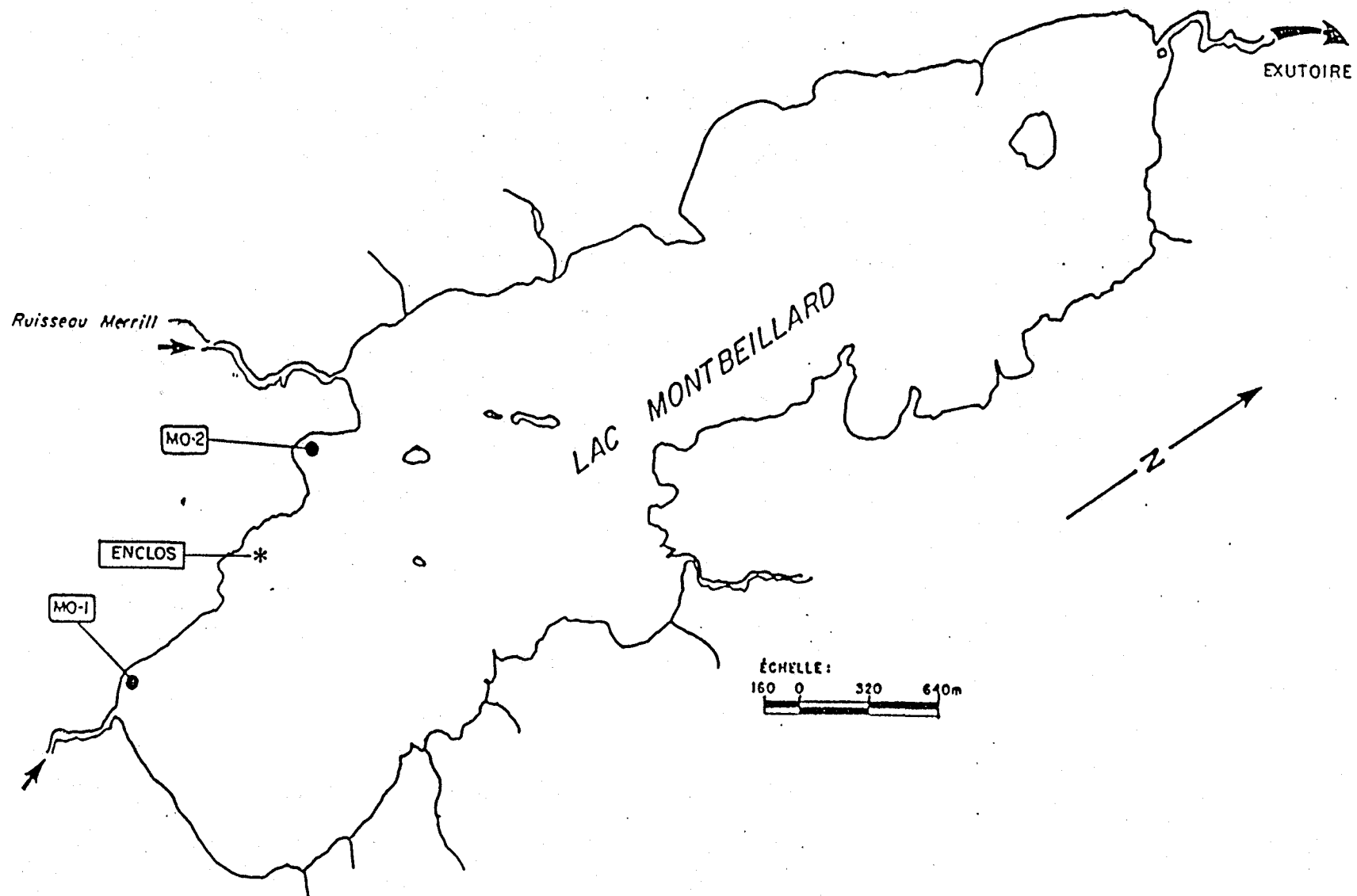


FIGURE 2.3 Localisation des stations d'échantillonnage (●) et emplacement des enclos (*) dans le lac Montbeillard, Québec.

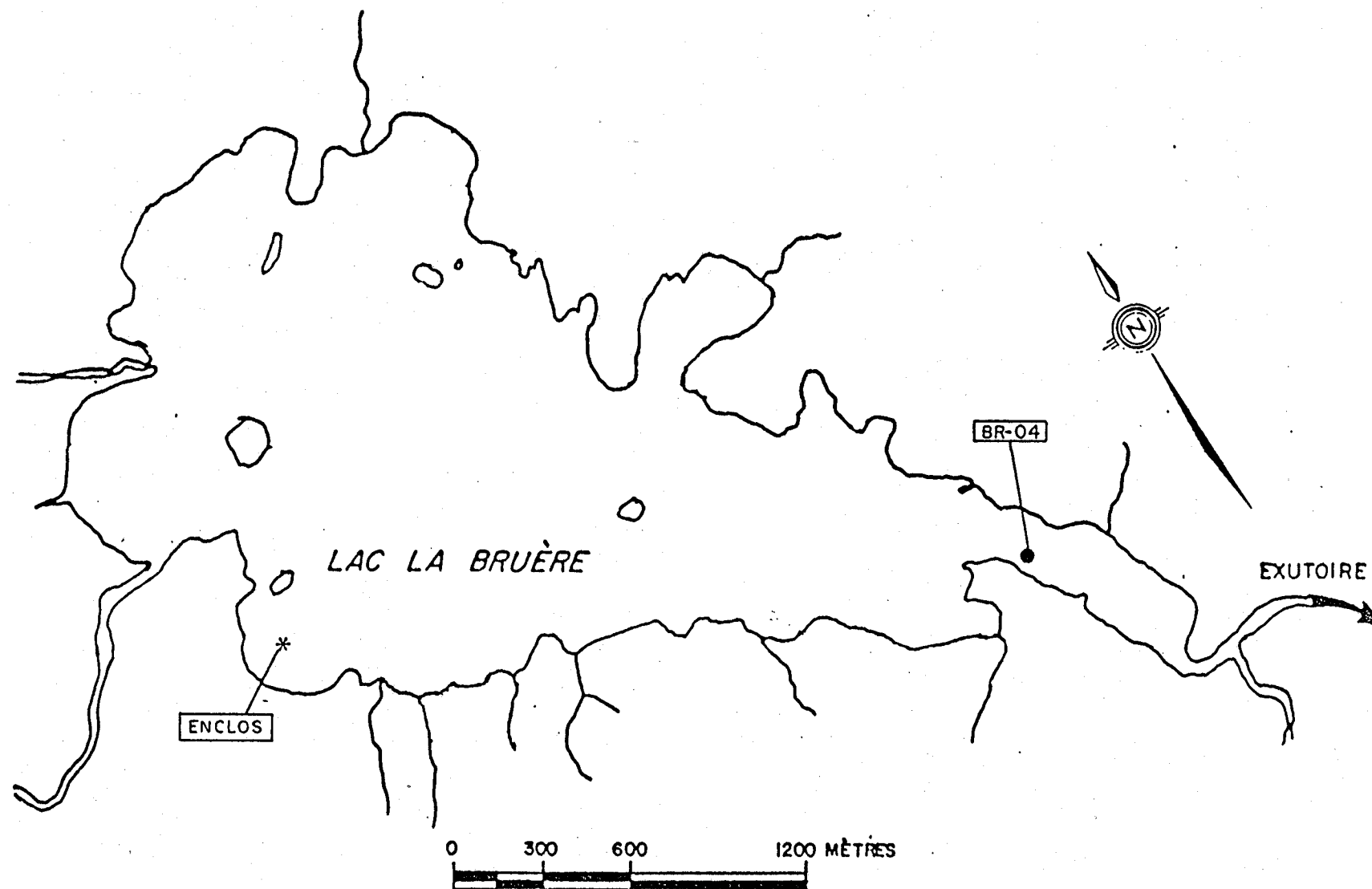


FIGURE 2.4 Localisation des stations d'échantillonnage (●) et emplacement des enclos (*) dans le lac La Bruère, Québec.

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 2.2; 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 2.2.4). 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 à l'intérieur de chaque rangée). 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 N_2 .

Les échantillonneurs pris des cylindres, étaient insérés verticalement dans le sédiment par un plongeur, laissant quelques compartiments exposés au-dessus de l'interface du sédiment 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 prélavées, préacidifiées (tubes Falcon: 30 µL de HNO₃ 2N; pH final < 2), et gardés à la température de la pièce jusqu'au moment de leur analyse.

2.2.2 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 2.2; 3a et 3b) situés dans le lac La Bruère (sédiments et eau surnageante du lac La Bruère). Dans deux enclos adjacents (figure 2.2; 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 2.2; 4a et 4b) situés dans le lac Montbeillard (sédiments et eau surnageante du lac Montbeillard). Dans deux enclos adjacents (figure 2.2; 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 2.3 et 2.4.

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.

2.2.3 Prélèvement des bivalves utilisés pour les expériences

Les bivalves utilisés pour toutes les expériences 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 2.3 et 2.4). 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 m²), et malgré l'effort pour uniformiser la gamme de dimensions des organismes, on a dû utiliser des individus possédant 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.

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 d'organismes d'âges et de dimensions différents. Ces deux séries d'organismes provenaient des lacs La Bruère (station BR-04; 32 organismes) et Montbeillard (stations MO-01 et MO-02; 38 organismes). Ces organismes ont été prélevés les 21 et 22 septembre 1984 dans chaque lac.

2.2.4 Analyse des métaux traces dans les sédiments et dans l'eau interstitielle

Des échantillons d'environ 150 mL de sédiment superficiel des lacs Montbeillard et La Bruère ont été prélevés des enclos 1a, 1b, 2a et 2b (figure 2.2), placés dans des sacs en plastique "whirl-pak", transportés au laboratoire dans des glacières à 4°C et mis à réfrigérer à la même température jusqu'au moment de l'analyse.

Des échantillons de sédiment (2-3 g de sédiment humide, équivalent à ~ 1 g de sédiment sec), non tamisés, 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 $\text{NH}_2\text{OH} \cdot \text{HCl}$, préparé dans 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 30% H₂O₂ ajusté à pH 2 avec HNO₃; une fois équilibré à la température de la pièce, on a ajouté NH₄OAc 3,2 M préparé dans HNO₃ 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 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.

Ces échantillons d'eau interstitielle étaient analysés pour le Cd, le Cu, le Pb et le Zn par spectrophotométrie d'absorption atomique sans flamme (VARIAN TECHTRON, modèle 1275; four au graphite GTA-95). Le dosage était effectué à l'aide de courbes de calibration (préparées avec HNO₃, tel qu'utilisé pour acidifier les échantillons) après avoir vérifié l'absence d'effets de matrice.

2.2.5 Analyse des métaux dans les bivalves

Les organismes recueillis des enclos, de même que ceux de la série supplémentaire ont été mis immédiatement dans des sacs en plastique contenant de l'eau du lac, placés dans une glacière à 4°C et transportés au laboratoire. Des leur arrivée, les bivalves ont été 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.

L'analyse de métaux traces dans les organes a été effectuée de la façon suivante: chaque organe était séché (105°C, 24 h), pesé, digéré et analysé individuellement pour Cd, Cu, Fe, Pb et Zn. La digestion des organes se faisait dans des bombes en Teflon. On traitait l'échantillon avec environ 20 mL de HNO₃ 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 Pb. Tous les résultats étaient exprimés en µg de métal par g d'organe (µg/g) poids sec.

La précision et la justesse de cette procédure étaient évaluées à partir d'un étalon certifié (U.S. National Bureau of Standards; No 1577; foie de boeuf); à chaque fois qu'une série de digestions était effectuée, un étalon était introduit avec la série. Les résultats obtenus pour 41 replicats de l'étalon sont, pour le Cd: $< 1,26 \pm 0,07$ µg/g ($0,27 \pm 0,04$); Cu: 180 ± 13 µg/g (193 ± 10); Fe: 241 ± 12 µg/g (268 ± 8); Pb: $0,34 \pm 0,06$ µg/g ($0,34 \pm 0,08$); Zn: 135 ± 8 µg/g (130 ± 13). Les valeurs entre parenthèses sont celles du U.S. NBS.

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:

$$CR = \sum C_i W_i / \sum W_i \quad (2.1)$$

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

2.2.6 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:

$$IC = W_{om} / W_t \quad (2.2)$$

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

2.2.7 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 HNO_3 5% et rincé 7 fois avec de l'eau déminéralisée. Le matériel 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 Q3RO/Milli-Q2).

2.3 Calculs complémentaires

2.3.1 Calcul de flux de métaux de l'eau vers les sédiments

Le flux de métaux traces à travers l'interface eau-sédiment a été calculé au moyen de l'équation de la première loi de diffusion de Fick (Stumm et Morgan, 1981):

$$F = D \frac{\partial C}{\partial X} \quad (2.3)$$

où F représente le flux en moles par unité de surface par unité de temps (mole/cm²-sec); D est le coefficient de diffusion (cm²/sec); $\partial C/\partial X$ est le gradient de concentration (c.a.d., le changement de concentration avec la profondeur (mole/cm³ cm)).

2.3.2 Normalisation des concentrations de métaux traces par rapport au poids des organismes soumis aux expériences de transfert

Les concentrations reconstituées de métaux traces dans les tissus mous des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert, ont été normalisées par rapport au poids des organismes à partir de l'information dégagée des séries supplémentaires, d'après l'équation:

$$\log [M]_n = \log [M] - b \log \frac{P}{P_n} \quad (2.4)$$

où $[M]_n$ est la concentration de métal normalisée par rapport au poids de l'organisme; $[M]$ est la concentration de métal qu'on veut normaliser; b est le coefficient de régression de la relation entre la concentration du métal et le poids; P est le poids de l'organisme et P_n , le poids normalisé, qui correspond dans ce travail au poids moyen de la population étudiée.

2.3.3 Calcul de la constante de vitesse d'augmentation et de diminution de concentrations de métaux dans les tissus de A. grandis

Le calcul de la constante de vitesse pour l'augmentation et la diminution de concentrations de métaux dans les tissus a été effectué en supposant que ces variations suivent une cinétique de premier ordre, d'après l'équation:

$$[M]_{org} = [M]_{org}^0 e^{kt} \quad (2.5)$$

où $[M]_{org}$ représente la concentration de métal restant au temps t ; $[M]_{org}^0$ est la concentration de métal à $t = 0$ et k , la constante de vitesse.

2.4 Analyse des données

L'étude statistique des données a été effectuée au moyen de méthodes statistiques, obtenues à l'aide du logiciel SPSS (Nie et al., 1975; Hull et Nie, 1981).

2.4.1 Analyse des données allométriques

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 deux lacs 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".

2.4.2 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.

2.4.3 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 2.1). 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 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.

TABLEAU 2.1 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.

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.

2.4.4 Analyse des données de la série supplémentaire

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 (μg), 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 le contenu 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 3

RÉSULTATS

3. RÉSULTATS

3.1 Paramètres allométriques des spécimens de *A. grandis* utilisés dans l'étude

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 3.1 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 3.1). 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 C.V. $< 15\%$; les 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.

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

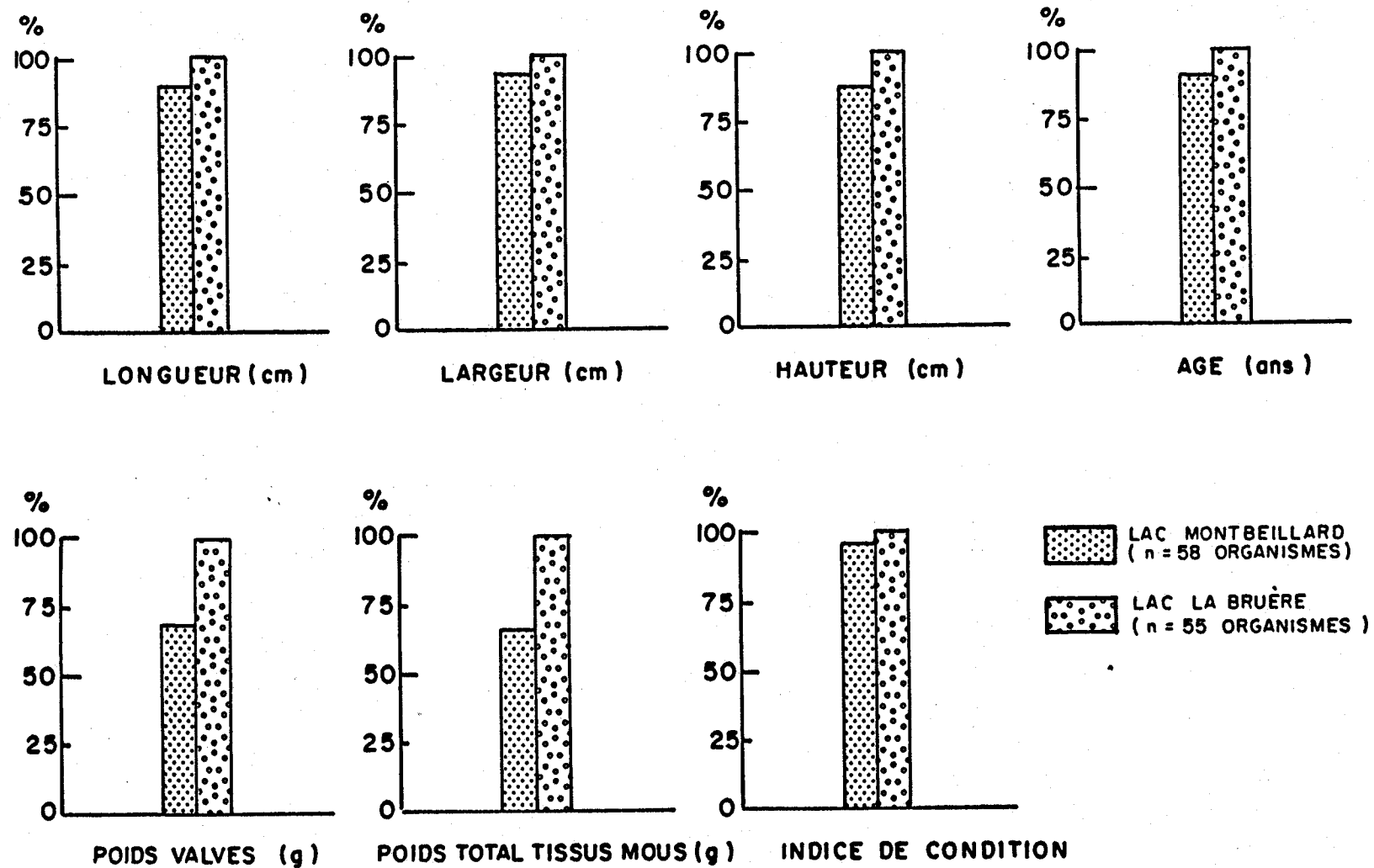


FIGURE 3.1 Histogrammes comparatifs des valeurs moyennes de l'âge et des paramètres allométriques des spécimens de *A. grandis* prélevés aux lacs Montbeillard et La Bruère et soumis aux expériences de transfert.

TABLEAU 3.1 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.

prélevés à différents temps diffèrent très significativement entre elles, leurs variances respectives étant néanmoins très rapprochées, notamment dans le cas du poids total (tableaux 3.2 et 3.3). L'analyse de variance à postériori 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).

3.2 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 3.4. 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 2.2.4), sont présentés dans le tableau 3.5. 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 reliées aux matières organique et cristalline, qui n'ont pas été analysées).

TABLEAU 3.2 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 3.3 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 3.4 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.

Dialyseur	Profondeur* (cm)	Montbeillard			La Bruère		
		[Cu]	[Pb]	[Zn]	[Cu]	[Pb]	[Zn]
1							
au-dessus	1,0 à 0,5	0,063	< 0,005	0,112	0,112	< 0,005	0,015
interface	0,5 à 0	0,047	< 0,005	0,071	0,071	< 0,005	0,009
au-dessous	0 à - 0,5	0,031	< 0,005	0,066	0,066	< 0,005	0,004
	- 0,5 à - 1,0	0,046	< 0,005	0,031	0,031	< 0,005	0,001
	- 1,0 à - 1,5	0,019	< 0,005	0,019	0,019	< 0,005	0,003
2							
au-dessus	2,0 à 1,0	0,079	< 0,005	0,120	0,120	< 0,005	0,014
interface	1,0 à 0	0,090	< 0,005	0,148	0,148	< 0,005	0,013
au-dessous	0 à - 1,0	0,090	< 0,005	0,105	0,105	< 0,005	0,015
	- 1,0 à - 2,0	0,057	< 0,005	0,017	0,017	< 0,005	< 0,001
	- 2,0 à - 3,0	0,019	< 0,005	0,017	0,017	< 0,005	< 0,001

* Profondeur au-dessus et au-dessous de l'interface eau-sédiment.

TABLEAU 3.5 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 ^b	[M(F1)] ^a (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

^a Les notations [M(F1)] à [M(F3B)] représentent les concentrations dans les fractions F1 à F3B (voir la section 2.2.4).

^b 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 3.6), 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) une déposition de métaux traces par sédimentation de particules de la colonne d'eau ou des sédiments adjacents aux enclos 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 de métaux 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 $D(\text{Zn}) = 7 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{sec}$ (Li et Gregory, 1974) et $\partial c/\partial x \approx 10^{-11} \text{ mole Zn/cm}^3 \cdot \text{cm}$ (voir tableau 3.4), on calcule avec l'équation (2.3), un flux $F \approx 7 \times 10^{-17} \text{ mole Zn/cm}^2 \text{ sec}$; pour la période de l'expérience (100 j), le flux, F (100 j), aura comme valeur $F(100 \text{ j}) = 6 \times 10^{-10} \text{ mole/cm}^2 \cdot 100 \text{ j}$. Si on suppose que le zinc qui traverse une surface de 1 cm^2 de l'interface correspond à celui qui s'est fixé sur $\sim 0,12 \text{ g}$ 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 $2,6 \text{ g/cc}$), on obtient $F(100 \text{ j}) \approx 0,3 \text{ } \mu\text{g/g} \cdot 100 \text{ j}$. Si on compare les tableaux 3.5 et 3.6, on constate que ce flux est petit comparativement à certains changements observés pour la répartition du zinc dans les sédiments prélevés du

TABLEAU 3.6 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 ^b	[M(F1)] ^a (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

^a 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.

^b 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).

lac Montbeillard et transférés au lac La Bruère. Des résultats semblables sont obtenus pour Pb dans les mêmes sédiments; par contre le flux de Cu semble plus élevé et pourrait contribuer de façon significative aux changements de répartition observés. Par ailleurs, pour les sédiments prélevés du lac La Bruère et transférés au lac Montbeillard, les flux de Cu et Zn pourraient avoir contribué de façon significative aux changements de répartition observés.

Les concentrations de métaux traces dans les organes individuels et celles calculées pour les organismes complets 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 ($P > 0,05$). Cette analyse est présentée dans le tableau 3.7.

3.3 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 3.8 à 3.14. Par ailleurs, les concentrations de Cd, Cu, Fe, Pb et Zn reconstituées avec l'équation (2.1) 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 3.15; pour le cadmium, le plomb et le zinc, qui présentent plus d'intérêt (voir ci-dessous section 3.3.1), les valeurs moyennes sont également portées en graphique (figure 3.2).

TABLEAU 3.7 Comparaison des valeurs moyennes des concentrations en métaux traces dans des organismes en contact 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 ^a	68,5 (31,3)	98,9 (24,9)	1 050 (390)	8,8 (2,4)	387 (90,6)
Transféré ^b	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 ^c	83,1 (23,5)	96,6 (28,7)	581 (160)	6,8 (1,4)	225 (16,5)
Transféré ^d	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 3.8 Concentrations^a 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

^a Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 3.9 Concentrations^a 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

^a Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 3.10 Concentrations^a 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

^a Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 3.11 Concentrations^a 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

^a Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

TABLEAU 3.12 Concentrations^a 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 ^b	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

^a Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

^b Plus petit que la limite de détection analytique.

TABLEAU 3.13 Concentrations^a 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 ^b	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

^a Moyenne de six organismes, sauf à t = 0 (cinq organismes), et écart type.

^b Plus petit que la limite de détection analytique.

TABLEAU 3.14 Concentrations de métaux traces dans les glochidia 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^a

100 51,2 ± 16 54,4 ± 20 330 ± 150 2,2 ± 0,6 140 ± 22

Organismes transférés du lac Montbeillard au lac La Bruère^a

100 16,9 ± 13 25,4 ± 13 110 ± 110 1,1 ± 0,6 91,1 ± 49

Organismes demeurés dans le lac La Bruère^b

100 18,4 41,7 180 1,7 150

Organismes transférés du lac La Bruère au lac Montbeillard^b

100 7,4 18,5 120 1,1 64,1

^a Moyenne de trois organismes et écart type.

^b Un seul spécimen.

TABLEAU 3.15 Concentrations^a 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

^a Moyenne de six organismes (sauf à t = 0, cinq organismes), et écart type; les concentrations sont calculées avec l'équation (2.1).

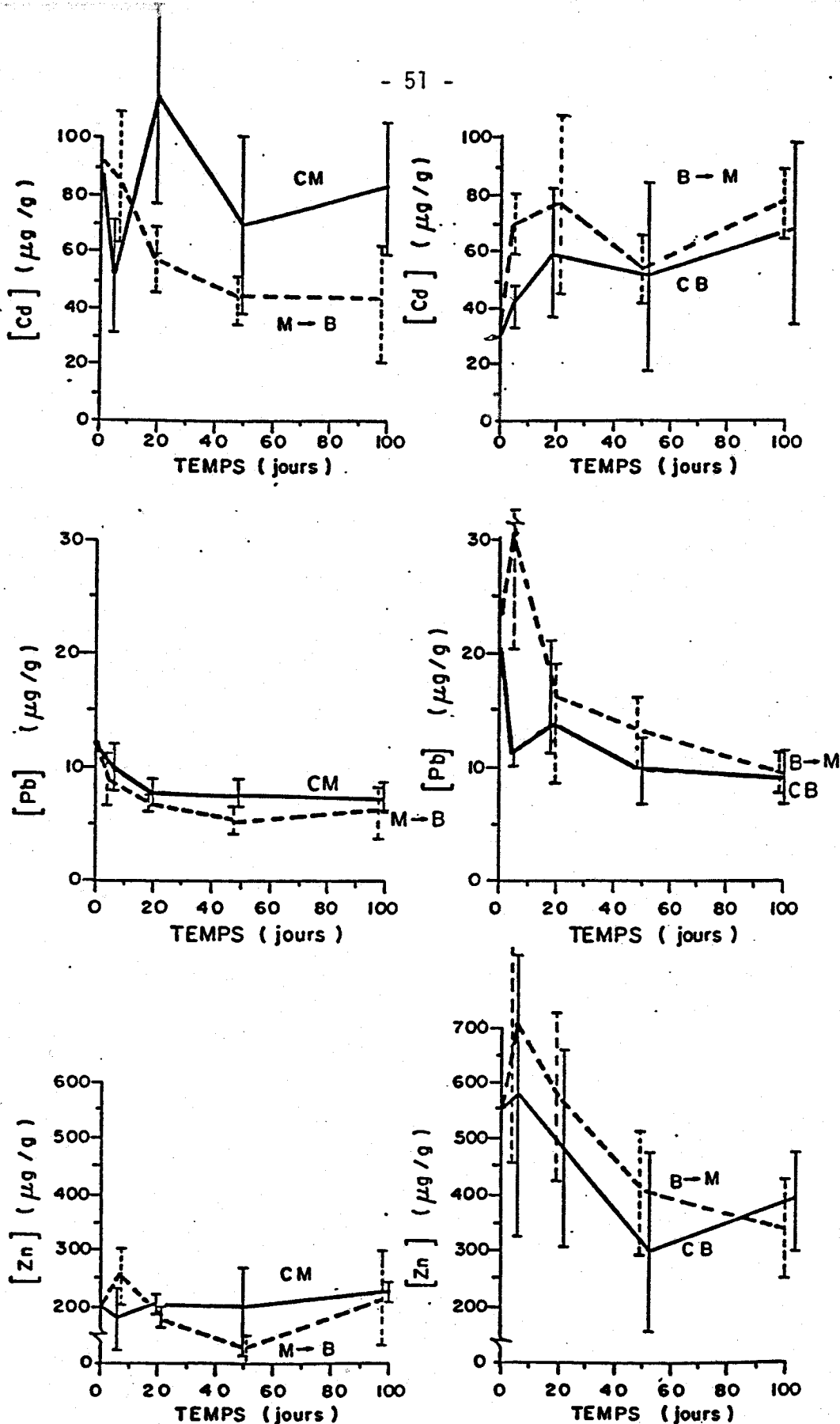


FIGURE 3.2 Variations des concentrations reconstituées de Cd, Pb et Zn dans des spécimens de *A. grandis* en fonction du temps. La notation C correspond à la série d'organismes de contrôle, B au lac La Bruère et M au lac Montbeillard. La flèche signifie le transfert d'organismes d'un lac à l'autre.

3.3.1 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 3.16 à 3.20. 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 3.15; figure 3.2), 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 3.2). 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 3.16 Analyse de variance des valeurs^a 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 ^b /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 3.17 Analyse de variance des valeurs^a 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 ^b /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		

^a Transformées sur une échelle logarithmique.

^b SC représente la somme des carrés des écarts à la moyenne.

TABLEAU 3.18 Analyse de variance des valeurs^a 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 ^b /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 3.19 Analyse de variance des valeurs^a 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 ^b /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		

^a Transformées sur une échelle logarithmique.

^b SC représente la somme des carrés des écarts à la moyenne.

TABLEAU 3.20 Analyse de variance des valeurs^a 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		

^a Transformées sur une échelle logarithmique.

^b 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 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 3.2); l'écart type dépasse dans plusieurs cas l'écart de concentration moyenne entre les séries "organismes de contrôle" et "organismes transférés". Mentionnons finalement, qu'après vérification, les variations des concentrations de cadmium et de zinc en fonction du temps ne sont pas conformes à une cinétique de premier ordre (voir équation 2.5).

3.3.2 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 3.8 à 3.14); 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 3.3). Une comparaison des figures 3.2 et 3.3 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 3.4). 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

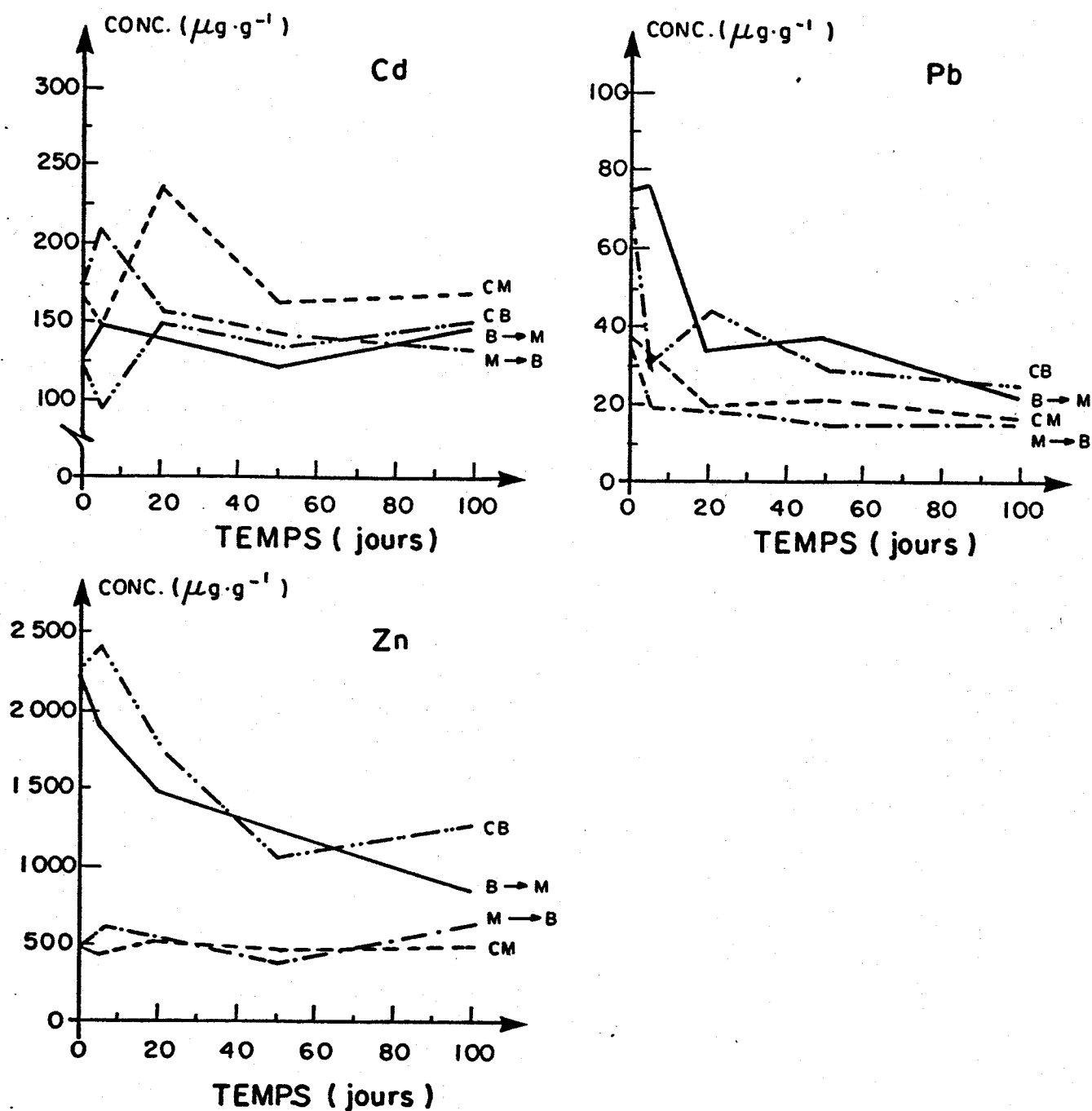


FIGURE 3.3 Variations des concentrations des métaux traces dans les branchies des spécimens de *A. grandis* en fonction du temps dans les deux lacs. La notation C correspond à la série contrôle, B au lac La Bruère et M au lac Montbeillard. La flèche signifie le transfert d'un lac à l'autre.

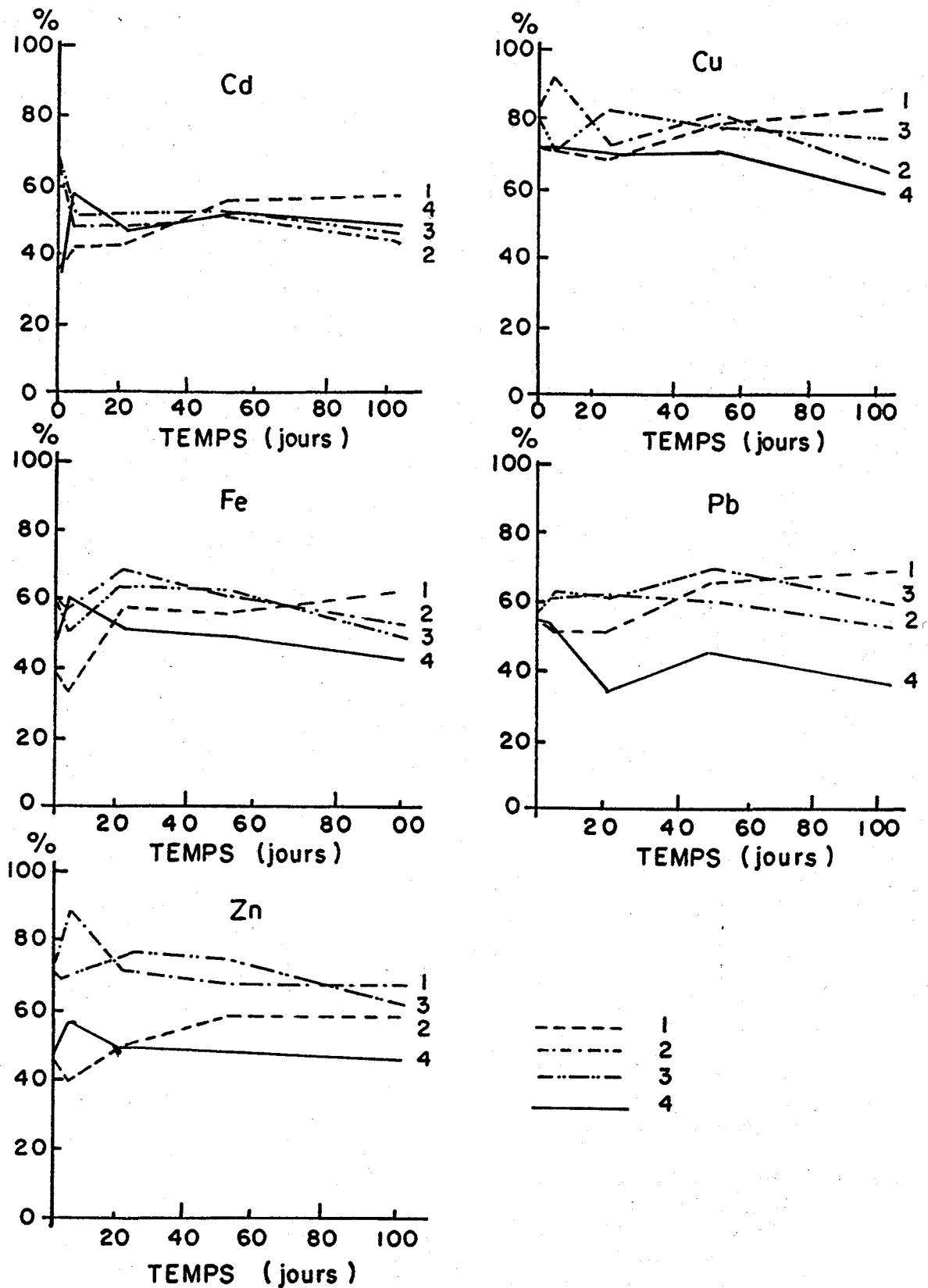


FIGURE 3.4 Contribution des branchies à la teneur totale en métaux traces chez *A. grandis* en fonction du temps. 1: contrôle Montbeillard; 2: transférés de La Bruère à Montbeillard; 3: transférés de Montbeillard à La Bruère; 4: contrôle La Bruère.

(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 3.21).

3.4 Séries supplémentaires: concentrations de métaux dans les tissus

Les données allométriques individuelles des spécimens de A. grandis prélevés en septembre 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 3.22. Les concentrations des mêmes métaux, reconstituées avec l'équation (2.1), 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 3.23. Ce tableau 3.23 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 3.24 et 3.25 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. La contribution des glochidia à la teneur totale est approximativement proportionnelle à leur poids, ce qui expliquerait la baisse dans la contribution relative des autres organes au contenu total de métaux dans l'organisme.

TABLEAU 3.21 Répartition de métaux traces (%) dans les tissus mous des spécimens de A. grandis soumis aux expériences de transfert.

Organe ^a	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 ^b	21,44	11,9	7,2	18,9	15,2	14,1

^a n = 113 organismes.

^b 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%.

TABLEAU 3.22 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^a</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^b</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

^a Moyenne de 38 organismes (sauf glochidia, 16 organismes) et écart type.

^b Moyenne de 32 organismes (sauf glochidia, 6 organismes) et écart type.

TABLEAU 3.23 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 ^a	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 ^b	2,10 ± 0,85	44,2 ± 51	92,1 ± 41	410 ± 530	7,2 ± 3,5	230 ± 150

^a Valeurs moyennes de 38 organismes.

^b Valeurs moyennes de 32 organismes.

TABLEAU 3.24 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^a</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^b</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

a n = 16 organismes.

b n = 6 organismes.

TABLEAU 3.25 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^a</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^b</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.

3.5 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 3.15); cette variabilité est beaucoup plus élevée que la 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 3.26. À titre d'exemple les figures 3.5 à 3.8 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.

D'après les coefficients de corrélation (r) et de détermination (r^2), obtenus entre les concentrations de métaux et le poids des organismes (tableau 3.26), 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

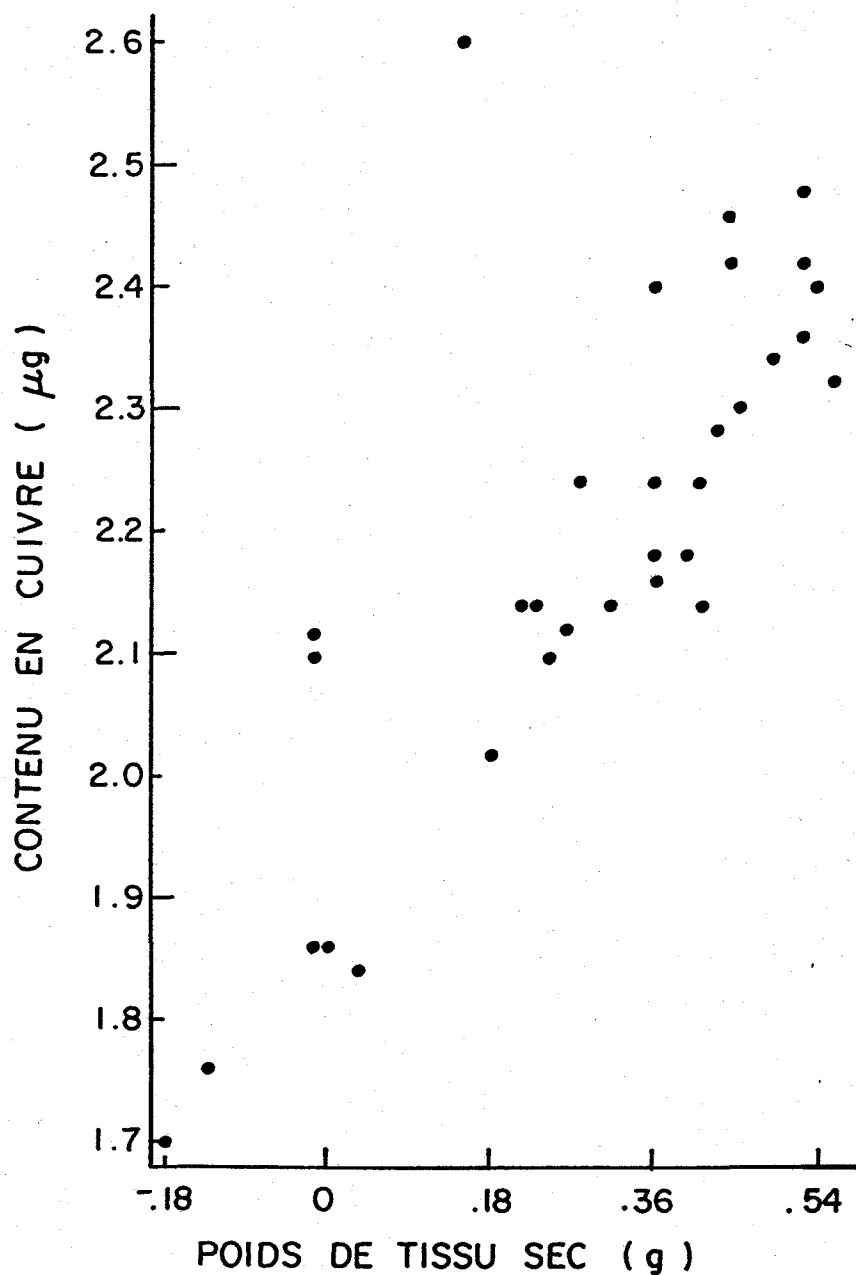


FIGURE 3.5 Relation entre le log de la teneur en cuivre dans les tissus mous de *A. grandis* et le log du poids des organismes. La quantité de l'élément dans les tissus est reliée au poids à la puissance 0,81. Les données correspondent à des spécimens prélevés au lac La Bruère, Québec.

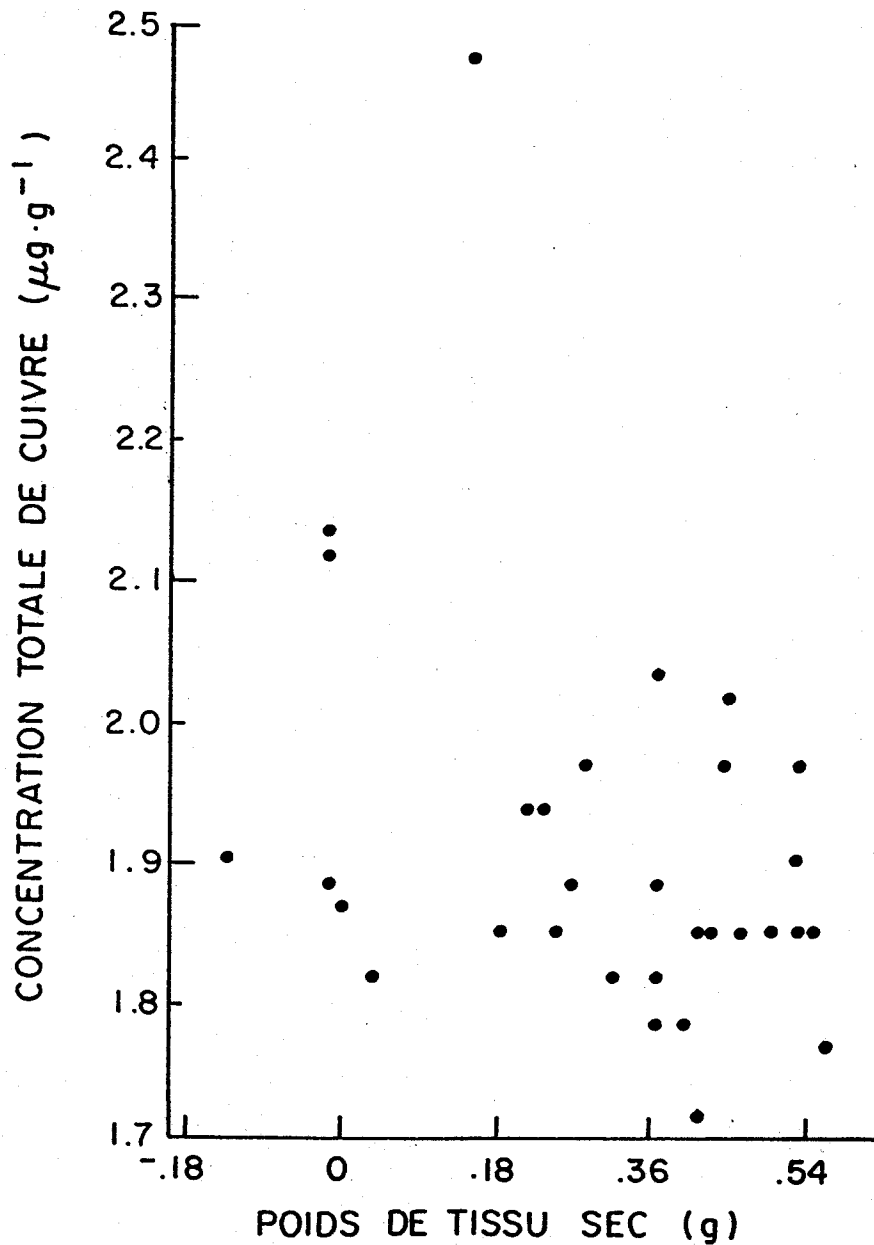
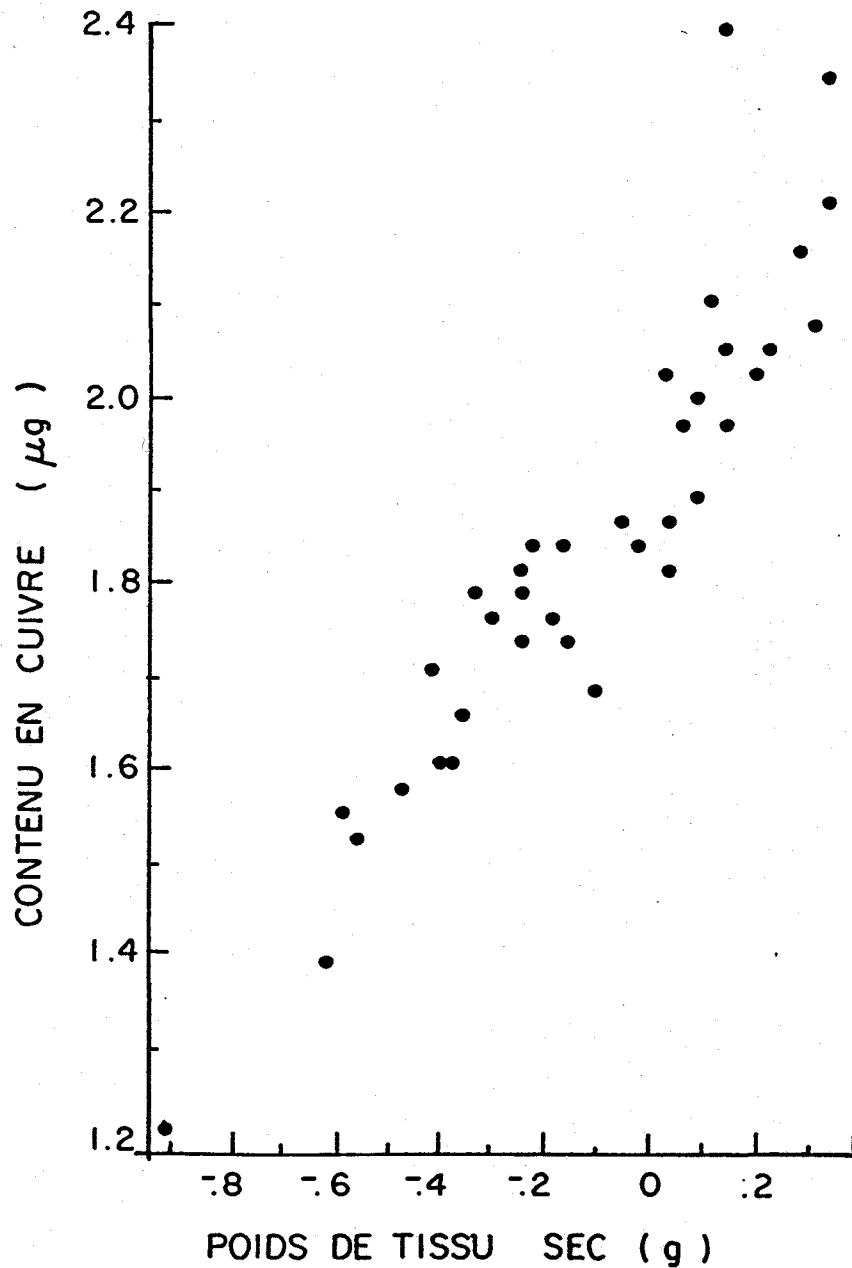


FIGURE 3.6 Relation entre le log de la concentration de cuivre dans les tissus mous de *A. grandis* et le log du poids des organismes. La concentration de l'élément dans les tissus est reliée au poids à la puissance -0,21. Les données correspondent à des spécimens prélevés au lac La Bruère, Québec.



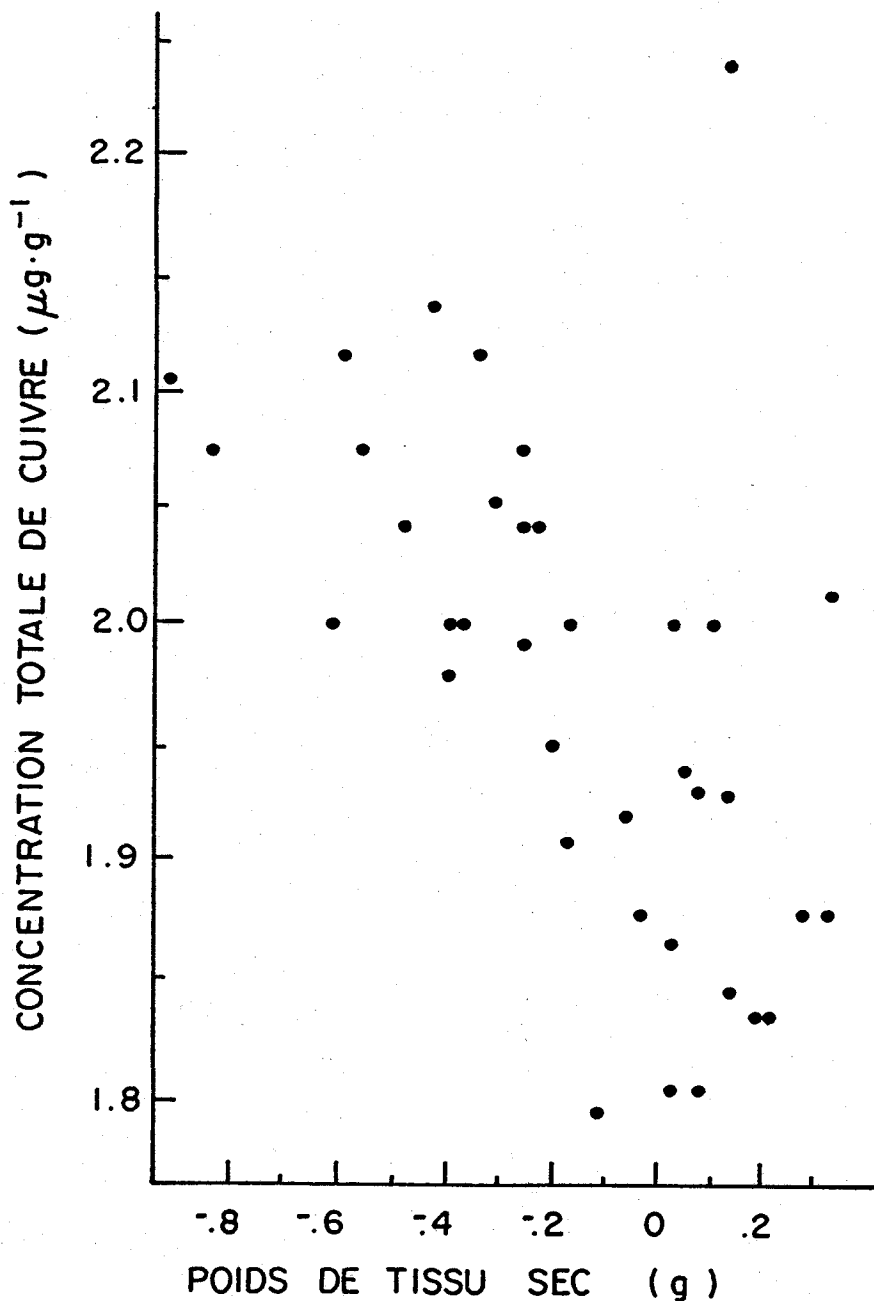


FIGURE 3.8 Relation entre le log de la concentration de cuivre dans les tissus mous de *A. grandis* et le log du poids des organismes. La concentration de l'élément dans les tissus est reliée au poids à la puissance -0,22. Les données correspondent à des spécimens prélevés au lac Montbeillard, Québec.

TABLEAU 3.26 Valeurs des paramètres associés à la régression de la teneur et de la concentration de métaux traces, par rapport au poids de l'organisme.

Descripteur	Cd		Cu		Fe		Pb		Zn	
	µg	µg·g ⁻¹	µg	µg·g ⁻¹	µg	µg·g ⁻¹	µg	µg·g ⁻¹	µg	µg·g ⁻¹
<u>Lac La Bruère^a</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 ²)	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^b</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 ²)	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

^a n = 32 organismes.

^b n = 38 organismes.

de transfert, à l'aide de l'équation (2.4). 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 3.9 et 3.10.

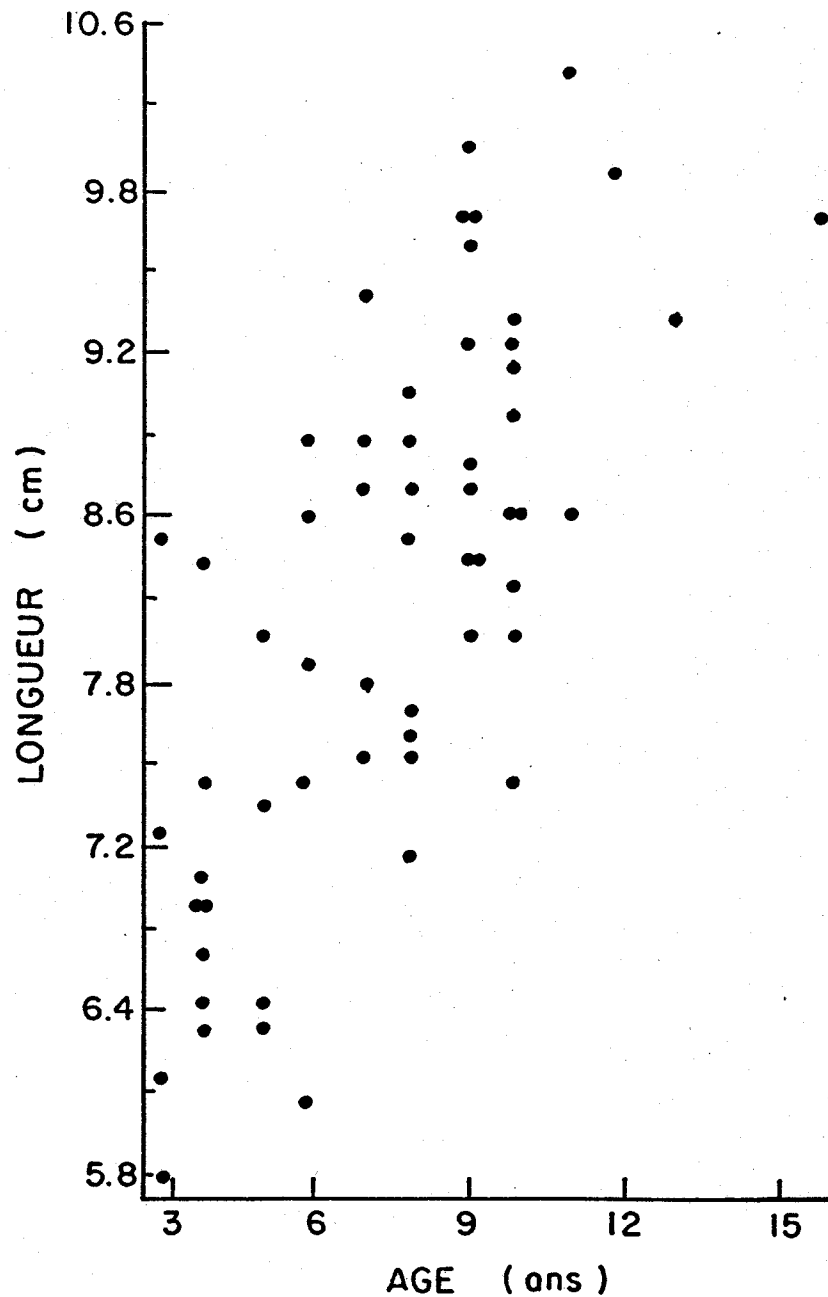


FIGURE 3.9 Taux de croissance annuel de 58 organismes de A. grandis prélevés au lac Montbeillard, Québec. La pente de la droite de régression est 0,28.

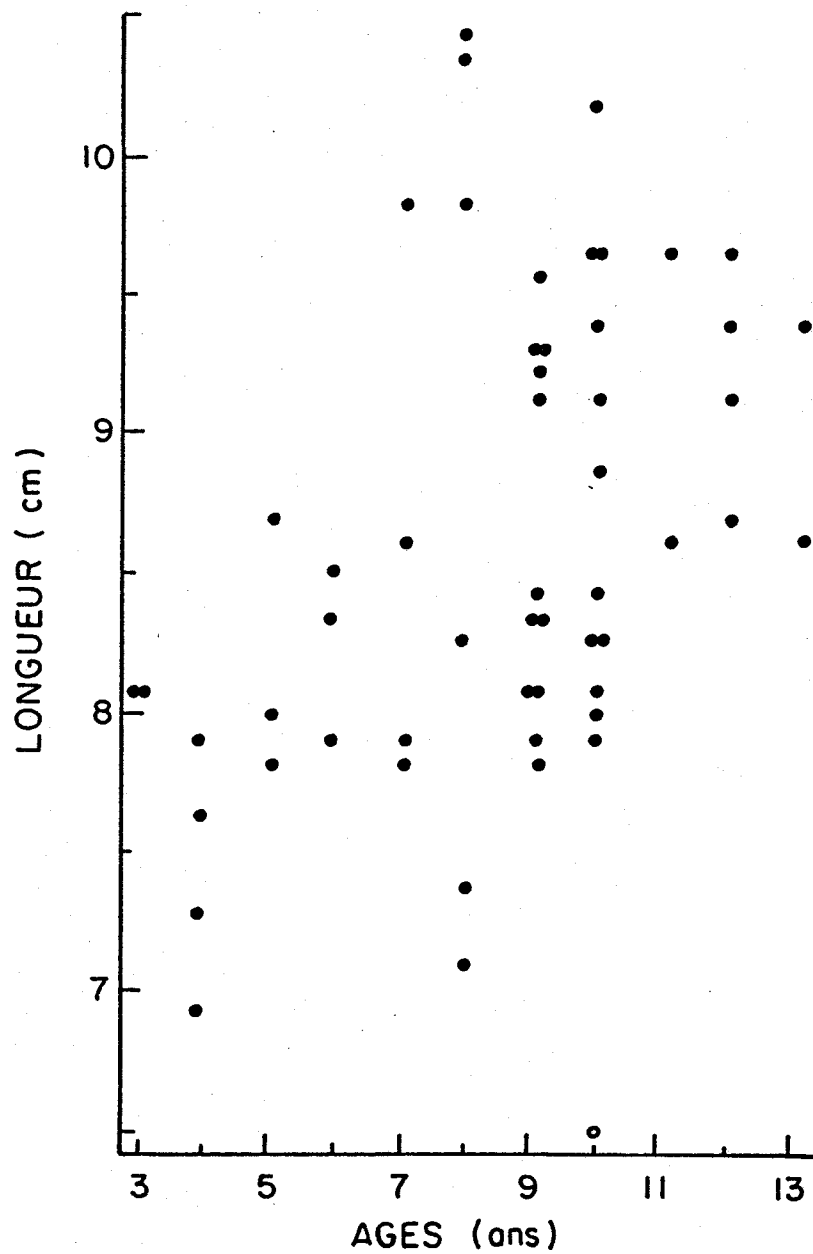


FIGURE 3.10 Taux de croissance annuel de 55 organismes de *A. grandis* prélevés au lac La Bruère, Québec. La pente de la droite de régression est 0,14.

CHAPITRE 4

DISCUSSION ET CONCLUSION

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

4.1 Source 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 Bryan et Uysal (1978), ont indiqué que le partage de métaux entre l'hépatopancréas et les autres tissus des spécimens détritivores de l'espèce Scrobicularia plana, suggère que l'accumulation de ces métaux s'effectue principalement par voie d'ingestion de sédiments. Pour leur part, Luoma et Bryan (1982), ont montré que les facteurs les plus importants qui contrôlent les concentrations de Ag, de Cd, de Co, de Cu, de Pb et de Zn dans l'espèce Scrobicularia plana, sont les concentrations de ces mêmes métaux dans les sédiments superficiels et leur partage entre les différentes fractions des sédiments.

Source 3: Nourriture. Les concentrations élevées de métaux dans la nourriture de la plupart de ces organismes par rapport à l'eau, suggère intuitivement que la nourriture devrait être un vecteur important d'accumulation de métaux. L'exposition des 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 deux lacs soumis aux sédiments transférés, révèle qu'elles ne sont pas significativement influencées par le type de sédiment après 100 jours d'expérience (tableau 3.7). 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 3.5). 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. La structure 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 densité et de la grandeur des particules, leur rétention et leur sélection demeurent difficile. La présence de particules inorganiques dans le système digestif des spécimens étudiés, indique d'ailleurs que l'ingestion de ces particules 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 sont introduits via le système digestif. La figure 3.4 et le tableau 3.21, montrent que la contribution des branchies, du manteau et des glochidia (lorsque présents), dépasse largement celle des organes du système digestif.

L'absence de variation de concentrations de métaux dans les organismes lors du transfert de sédiments, ne réussit pas pour autant, à éliminer les sédiments comme source potentielle de métaux pour les organismes. La grande variabilité intraspécifique de ces organismes à l'égard des concentrations de métaux (tableau 3.15), et le temps de réponse relativement grand des organismes à des changements de concentrations de métaux dans leur environnement (figure 3.2), auraient pu masquer l'importance des sédiments comme source de métaux. En outre, l'écart de concentrations entre les sédiments du lac Montbeillard et les sédiments du lac La Bruère (tableau 3.5), risque de ne pas avoir atteint le seuil de concentration nécessaire pour déclencher les réponses d'absorption et d'excrétion prévues si ce compartiment s'était avéré important.

La source 1 par contre, semble plus probablement impliquée. En effet, 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 des différents organes représentent des sites de détoxication, où les métaux sont stockés ou précipités sous des formes moins nuisibles pour l'organisme (Brown, 1982). Pasteels (1968; 1969) a démontré la participation des branchies dans des processus d'absorption et de transfert de composés organiques à l'intérieur de l'organisme dans l'espèce Mytilus edulis. Cet auteur considère que le mucus secrété sur la superficie des branchies à une double fonction, autant digestive que mécanique. 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 montré que cette séparation est cependant 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 grandeur de l'importance relative de l'eau et des particules ingérés 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 3.4 et 3.6, on obtient par exemple, pour le Zn (expérience où les sédiments de Montbeillard sont transférés dans 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 les 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 est celle calculée par Chappuis et Lubet (1966) de $30 \text{ mL h}^{-1} \text{ g}^{-1}$ (poids humide) pour une moule de 6 cm de longueur de Mytilus edulis ($\sim 4,7 \text{ L j}^{-1} \text{ g}^{-1}$ poids sec, en considérant 85% de contenu d'eau dans les

tissus). De même, la valeur de 10^{-2} g de sédiment ingéré par jour pour l'espèce Mytilus edulis est tirée de Bayne (1976). Cette valeur a été obtenue en laboratoire en utilisant le taux de filtration pour calculer la portion de particules ingérées par jour en fonction du poids de l'organisme. L'obtention de valeurs plus précises pour A. grandis devrait faire appel à des études qui tiennent compte des caractéristiques telles que le type de particules filtrées, la concentration minimale de solutés pour déclencher l'activité de filtration, le rapport de la superficie des branchies au poids de l'organisme, entre autre, et cela dans des conditions proches de celles trouvées dans le milieu naturel.

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, suggère 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 ont récemment été mises en évidence (Tessier et al., 1985).

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 pauvrement documenté dans la littérature. Un problème majeur pour déterminer la contribution relative des différents sources à la teneur totale en métaux des organismes est la difficulté de séparer expéri-

mentalement les différentes voies d'entrée des métaux impliquées dans l'accumulation.

4.2 Variation temporelle des concentrations de métaux dans les spécimens transférés

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

1. l'existence d'un écart de concentrations de métaux entre les deux lacs, suffisant pour induire le phénomène d'échange de métaux entre les organismes transférés et leur milieu;
2. que les variations de concentrations internes de métaux des organismes lors du transfert, 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, le Cd et le Zn suggèrent un échange plus évident entre les organismes et leur milieu. Même si la variabilité intraspécifique est grande pour ces deux métaux (figures 3.2 et 3.3), on peut tenter de dégager certaines tendances de variation de concentration dans les organismes en fonction du temps.

Les concentrations de Cd et les concentrations 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 de métaux due à la diminution de métaux dans l'environnement; (2) un effet saisonnier; (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. 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, ce qui 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 contrôle, 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: dans le cas du lac La Bruère, les concentrations des deux séries, qui étaient très rapprochées à 5 et 50 jours, deviennent significativement différentes après cette période.

Bien que les variations de Zn dans le sens contraire du 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. D'après ces auteurs, le Zn peut jouer un rôle physiologique important chez les mollusques et de par ce fait être activement pris en charge et accumulé par l'organisme. Le contrôle du Zn serait ainsi relativement indépendant de la concentration du métal dans le milieu. Le Cu peut aussi être soumis au contrôle homéostatique mais la prise en charge de ce métal n'est pas complètement découplée de l'influence de la concentration du métal dans le milieu, dans la plupart des espèces; ce comportement est différent de celui du Cd, dont la concentration varie avec l'exposition de l'organisme à cet élément. Les résultats de Cassini et al. (1983) portant sur des expériences d'accumulation en laboratoire impliquant un métal essentiel (Cu) et un métal non-essentiel (Cd), montrent que l'exposition au Cd ne modifie pas de façon significative les concentrations de Cu dans les tissus, ce qui suggère que les mécanismes de contrôle de ces deux métaux interagissent faiblement.

Il est aussi possible que le comportement différent observé pour Cd et Zn soit relié à leur association aux protéines. Legrand et al. (1985) ont trouvé, en étudiant l'association de Cd et de Zn à des protéines dans différents organes de l'espèce A. grandis, à l'aide de chromatographie sur gel, que:

- le Cd est élué à un temps de rétention correspondant à un poids moléculaire d'environ 10 000 daltons et qu'il semble associé presque exclusivement à des protéines qui ont des caractéristiques semblables aux métallothionéines;
- le Zn est élué en deux pics principaux: l'un majeur à un faible temps de rétention (~ volume mort), suggérant que le Zn est associé à des grosses protéines (enzymes ?), et l'autre à des temps de rétention, correspondant à des poids d'environ 10 000 daltons.

On trouve dans cette étude que l'échange de Cd entre A. grandis et son milieu est relativement lent. En accord avec ces résultats, Julshamn (1981b) a montré, en effectuant de 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 débute qu'après 60 jours et que l'état d'équilibre n'a pas été atteint après 480 jours. Dans son cas, l'accumulation du métal par les organismes dans le lac plus contaminé était de 3 à 6 fois la concentration de base présente au début de l'expérience. Après leur retour au lac 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 balthica, ont montré aussi que la cinétique d'accumulation du Cd chez ces deux espèces est lente; bien que la concentration de Cd ait diminué après 50 jours, l'équilibre n'avait pas été atteint après de 100 jours. Par ailleurs, dans des expériences de laboratoire, Balogh et Salanki (1984), ont observé que le Cd dans le rein des spécimens d'Anodonta cygnea suit deux phases différentes d'accumulation. La première était logarithmique et réversible, tandis que la deuxième était linéaire et irréversible. Cette deuxième phase avait lieu entre 24 et 72 h après le début de l'expérience. Ces résultats suggèrent l'existence de différents mécanismes responsables de l'absorption et de l'excrétion du métal durant la période initiale de l'exposition.

Dans la présente étude, l'échange exponentiel des métaux dans les bivalves avec leur milieu n'a pas été démontré et l'équilibre entre les concentrations de ces deux compartiments n'a pas été observé.

4.3 Distribution des métaux dans les organes de A. grandis

Les variations des concentrations de métaux traces dans les organes individuels en fonction du temps (tableaux 3.8 à 3.14), montrent que, pour les branchies (figure 3.3), les variations des concentrations en métaux est semblable à celle des concentrations en métaux reconstituées pour les orga-

nismes entiers (figure 3.2). La contribution de cet organe à la teneur totale en métaux des organismes, est de loin la plus importante parmi les différents organes étudiés. C'est notamment dans le cas du Cu et du Zn, que sa contribution est spécialement importante (75% de la teneur totale).

L'écart de concentrations parfois faible entre les organes des spécimens provenant de chacun des deux lacs, rend difficile la discrimination entre les profils de variation temporelle de chacune des séries d'organismes et l'établissement de tendances définies de ces profils. Il semble cependant, que les concentrations de métaux varient avec le temps dans tous les organes, et non seulement dans les organes où elles sont les plus élevées; autrement dit, il semble que lorsque les organismes échangent de métaux avec leur milieu, tous les organes participent à cet échange.

Les concentrations relativement élevées de la masse viscérale pourraient être attribuées au contact avec le matériel particulaire retenu par les branchies et véhiculé par la suite au système digestif de l'organisme. Ces résultats sont en accord avec les tendances générales observées dans la littérature. La plupart des auteurs s'accordent à dire que la distribution des métaux dans les différents organes varie selon la source de métal impliquée (Foulquier et al., 1973; Anderson, 1977; Bryan et Uysal, 1978; Denton et Burdon-Jones, 1981; Julshamn, 1981; Luoma, 1983). En fonction du mode de nutrition de l'espèce, la source de métaux peut varier. Dans le cas des organismes filtreurs, les organes intervenant dans le transfert de particules et dans la filtration de l'eau p.e. les branchies, ont des teneurs particulièrement fortes. Cependant, ces constatations sont tirées surtout d'expériences de laboratoire, effectuées en absence de sédiments; ces expériences tendent à surestimer l'importance de la participation de certains organes dans le processus d'accumulation (Hardy et al., 1981). D'autre part, des espèces qui ingèrent des sédiments, et qui ont par conséquent souvent des teneurs élevées de métaux dans les organes du système digestif, ont parfois des teneurs également élevées dans les branchies (Luoma et Jenne, 1976); par ailleurs, les sites d'accumulation des métaux varie selon le niveau de concentration en métaux du milieu et les besoins physiologiques

en métaux des organismes. Ainsi, Seagle et Ehlman (1974), ont trouvé pour Anodonta grandis, les valeurs les plus élevées en Cu dans l'hépatopancréas. Ils ont expliqué ces résultats par la participation du Cu dans la formation de la tyrosine dans la tige cristalline, à l'intérieur du caecum pylorique. Dans la présente étude, les concentrations observées sont 100 fois plus élevées que dans l'étude de Seagle et Ehlman, et dépassent largement les besoins physiologiques de l'espèce pour la formation des enzymes.

4.4 Variabilité intraspécifique

On a déjà mis en évidence 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, l'absence de différences significatives entre les concentrations de métaux dans les tissus des organismes de contrôle 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 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.

Là où on choisit des individus pour représenter la population, la connaissance des relations entre la concentration de métaux et la taille des organismes, à l'intérieur de chaque échantillon, est essentielle pour éviter des interprétations erronées des résultats. Lorsqu'on veut évaluer les fluctuations temporelles des concentrations de métaux, l'analyse de diverses

classes d'âges peut être nécessaire pour séparer l'influence de l'exposition aux métaux de celles de variables liées au métabolisme. Ainsi, dans certains cas, le prélèvement d'organismes d'une large gamme de grandeurs peut constituer une meilleure stratégie d'échantillonnage que le prélèvement d'individus de la même taille.

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 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, 1981). 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 qu'effectivement ce sont le poids et la longueur, qui sont les deux paramètres les mieux corrélés aux concentrations 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 3.26), 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 de 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 3.5 à 3.8, indiquent qu'en septembre, le log de la teneur de Cu est directement proportionnelle 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 des 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.

En général, l'augmentation de la teneur en métaux avec le poids s'est avérée positive pour tous les métaux, tandis que 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 variation de concentration n'est significative.

Dans les organismes bivalves, on a observé 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 montré que le coefficient de régression des teneurs en métaux relié 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 à la puissance de 0,77 du poids, 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 ces dernières conditions, la concentration totale dans les tissus deviendrait indépendant 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 3.26). Les coefficients de régression obtenus par Bull et Leach (1981) pour le rapport de la concentration de Cd, de Cu, de Fe, et de Zn au poids de l'organisme, donnent aussi des indices dans ce même sens.

L'accumulation de métaux dans les tissus des organismes a deux sources de variations principales possibles: (1) la somme totale des variations du milieu externe; et (2) les variations à l'intérieur même des organismes. Les travaux de Boyden précédemment décrits sur l'effet du poids corporel s'insèrent dans cette dernière catégorie. Dans cette même perspective, l'importance du poids a été étudiée par d'autres auteurs. Phillips (1976), en étudiant des spécimens de Mytilus edulis de la même taille (même longueur), 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. Par conséquent, la comparaison entre des spécimens de différents stages de maturité sexuelle peuvent montrer des concentrations différentes de métaux; ceci pourrait conduire à un rapport réciproque avec le poids tel qu'observé aux figures 3.6 et 3.8. 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 variations saisonnières (climat, hydrologie, etc.) pour expliquer les variations des concentrations de métaux 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. D'autres hypothèses ont été aussi avancées pour expliquer les variations saisonnières. Bryan (1973) associe les variations de Zn et d'autres métaux dans les espèces Pecten maximus et Chlamys opercularis à l'approvisionnement de nourriture. Marina et Enzo (1983) pour leur part, attribuent les variations mensuelles de Mn et de Zn dans l'espèce Donax trunculus à des fortes variations environnementales, qui n'ont pas été précisées, mais qui affectent seulement les organismes femelles de la population.

Il serait erroné de conclure, d'après les résultats obtenus de la série supplémentaire, que le poids de l'organisme joue un rôle marginal dans les variations de concentrations de métaux. Le poids, le sexe, et les variations saisonnières associées à la maturité sexuelle sont étroitement reliés. Les faibles coefficients de détermination obtenus entre les teneurs en métaux dans les organismes et le poids s'expliquent par une augmentation du poids de l'organisme à cette époque de l'année, et par la dilution des concentrations de métaux due aux glochidia; ceci rend relativement indépendant le rapport de la concentration de métaux dans les tissus du poids de l'organisme, associé à un âge et à une longueur spécifique.

En outre, on a montré dans la section 4.3, que tous les organes subissent des variations de concentrations de métaux dans le temps et que la contribution des branchies à la teneur totale dans l'ensemble des tissus, est considérablement plus faible pour les organismes utilisés dans les expériences de transfert que pour ceux de la série supplémentaire. Par conséquent, l'hypothèse d'une redistribution de métaux entre les différents organes, influencée de façon saisonnière par le cycle reproductif, ne peut pas être rejetée.

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 3.1), 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 3.26), 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, l'indice de condition et la variance de tous les paramètres allométriques considérés, tendent à supporter cette hypothèse. Néanmoins, les coefficients de corrélation associés aux droites de régression, étant sensiblement différentes pour les deux lacs, suggèrent l'existence de facteurs environnementaux particuliers à chaque lac, qui influencent la force de la relation entre la teneur et 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 palleale et sur la superficie des bran-

chies sur une grande proportion des spécimens étudiés. Les bivalves, notamment les plus âgés, présentaient des branchies très abîmées et des oedemes 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 amoindri par rapport aux organismes non infectés.

CONCLUSION

Les résultats de cette étude suggèrent que les métaux traces dissous sont une source importante de métaux traces pour A. grandis et que des organes tels que les branchies et le manteau semblent être particulièrement impliqués dans l'échange de métaux entre l'organisme et son milieu. 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. Il est possible que différents mécanismes ouvrant à des échelles de temps différentes peuvent être mis en oeuvre par l'organisme pour contrôler l'échange de métaux avec son milieu. Les coefficients de variations relativement élevées des concentrations internes de métaux traces ne permettent pas d'expliquer sans équivoque les variations temporelles de concentrations de métaux dans les tissus des bivalves.

Un certain nombre de stratégies possibles s'offrent pour améliorer l'étude de la variation de concentration des métaux dans les organismes:

1. déterminer la taille optimale des échantillons pour garantir une gamme de concentrations internes de métaux à l'intérieur de la population, représentative de la variabilité naturelle. Le programme "The International Mussel Watch" (National Research Council (1980), suggère quelques plans d'échantillonnage pour rejoindre cet objectif;
2. augmenter l'écart de concentrations de métaux dans les tissus entre les spécimens destinés au transfert d'un milieu plus contaminé à un

autre moins contaminé et vice-versa, dans le but de faciliter la mise en évidence de l'échange de métaux entre les organismes et leur milieu. L'écart devrait être suffisant pour:

- a. établir la cinétique d'absorption et d'excrétion de métaux, et
 - b. quantifier les variations saisonnières de métaux dans les organes. Ceci devrait permettre de (i) vérifier la contribution relative de chaque organe aux variations de concentrations de métaux dans les organismes au complet, (ii) vérifier l'hypothèse de la redistribution de métaux induite par les variations saisonnières de poids des glochidia et (iii) d'établir clairement les routes dominantes d'absorption et d'excrétion de métaux.
3. utiliser différentes échelles de temps pour établir la cinétique d'échange de métaux dans les différents organes dans des expériences à court et à long terme. Le choix de la durée de l'expérience devra tenir compte des métaux et de la réponse physiologique des organismes vis-a-vis de ces métaux;
 4. restreindre l'influence des facteurs liés au cycle gamétogénique sur les concentrations de métaux dans les organismes:
 - a. en limitant la durée de l'étude à la période où les organismes sont non gravides entre deux cycles reproducteurs. Chez A. grandis dans les régions néartiques, cette période se présente entre le mois de mai et le mois de juillet (Heard, 1975); ou bien...
 - b. en limitant le matériel d'étude à des spécimens immatures sexuellement. Cossa et al. (1979) ont démontré que l'influence du métabolisme peut être réduite en utilisant seulement des spécimens immatures. D'après Van Der Schalie et Locke (1941)

la maturité sexuelle (c.a.d. la capacité de devenir gravide) chez A. grandis, n'est pas atteinte avant la deuxième année de croissance. Les figures 3.9 et 3.10, qui représentent le taux de croissance annuel de A. grandis pour les organismes originaires de chacun des deux lacs, donnent aussi des indices dans ce sens. L'intersection de la pente de régression sur l'axe des ordonnées indique qu'il doit y avoir nécessairement un fléchissement des taux de croissance, entre 0 et 3 ans; ce fléchissement peut être attribuable probablement à la gamétogénèse. La réduction de la croissance avec la maturité sexuelle rapporté par Bayne (1976), est peut être due à l'énergie investie dans la production de gamètes aux dépens de l'énergie disponible pour la croissance.

5. approfondir les connaissances des variations saisonnières du poids, de la maturité sexuelle, de la croissance et des rythmes physiologiques des spécimens d'Anodonta grandis, non seulement du point de vue de la réponse de l'organisme vis-a-vis les métaux traces, mais aussi dans la perspective du bilan énergétique de la population, dans un contexte écologique et environnemental plus large.

En contrôlant ces facteurs, on pourrait améliorer éventuellement la capacité de prédiction de l'interdépendance des concentrations de métaux traces entre les organismes et leur milieu.

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. (1973). The occurrence and seasonal variation of trace metals in the scallops Pecten maximus (L.) and Chlamys opercularis (L.). *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 53: 145-166.
- 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 fonction 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}Cd , ^{54}Mn and ^{65}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.
- Clark, J.H., A.N. Clark et D.J. Wilson (1976). Lead levels in freshwater molluscs shells. *J. Environ. Sci. Health-Environ. Sci. Eng.*, A11: 65-78.
- Clark, 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 weigth 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.
- Curry, C.A. (1977). The freshwater clam (Elliptio complanata), a practical tool for monitoring water quality. Water Pollut. Res., 13: 45-52.
- Denton, G.R.W. et C. Burdon-Jones (1981). Influence of temperature and salinity on the uptake, distribution and depuration of mercury, cadmium and lead by the black-lip oyster Saccostrea equinata. Mar. Biol., 64: 317-326.
- Dicks, D.M. et H.E. Allen (1983). Correlation of copper distribution in a freshwater-sediment system to bioavailability. Bull. Environ. Contam. Toxicol., 30: 37-43.
- 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.].
- Foster, R.B. et J.M. Bates (1978). Use of freshwater mussels to monitor point source industrial discharges. Environ. Sci. Technol., 12: 958-962.
- Foulquier, L., P. Bovard et A. Grauby (1973). Résultats expérimentaux sur la fixation du Zinc-65 par Anodonta cygnea (Linnaeus). Malacologia, 14: 107-124.

- Ghent, A.W., R. Singer et L. Johnson-Singer (1978). Depth distributions determined with SCUBA, and associated studies of the freshwater unionid clams Elliptio complanata and Anodonta grandis in lake Bernard, Ontario. Can. J. Zool., 56: 1654-1663.
- 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.
- Green, R.H. (1980). Role of a unionid clam population in the calcium budget of a small arctic lake. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 37: 219-224.
- 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.
- Heard, W.H. (1975). Sexuality and other aspects of reproduction in Anodonta (Pelecypoda:Unionidae). Malacologia, 15: 81-103.
- 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.
- 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.
- Karbe, L., N. Antonacopoulos et C. Schnier (1975). The influence of water quality on accumulation of heavy metals in aquatic organisms. Verh. Internat. Verein. Limnol. & Oceanogr., 19: 2094-2101.
- 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.
- 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.
- Legrand, C., D. Huizenga, R.C. Schenck, A. Tessier et P.G.C. Campbell (1985). Cadmium-, copper- and zinc-binding proteins in various tissues of the freshwater pelecypod Anodonta grandis collected from a mining area. 2nd International Meeting on Metallothionein and other lower molecular weight metal-binding proteins, Zürich, août 1985.
- Lewis, J.B. (1984). Comparative respiration in two species of freshwater unionid mussels (Bivalvia). Malacol. Rev., 17: 101-102.
- Li, Y.H. et S. Gregory (1974). Diffusion of ions in sea water and deep-sea sediments. Geochim. Cos. Acta, 38: 703-714.

- Luoma, S.N. et E.A. Jenne (1976). Factors affecting the availability of sediment-bound cadmium to the estuarine, deposit-feeding clam, Macoma balthica. Symp. on Radioecology by C.E. Lusting. Spec. Pub. No 1, p. 283-290.
- 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.

- Meglitch, P.A. (1972). Invertebrate zoology. Second edition. Oxford University Press, New York, p. 834.
- Miller, S. (1984). Biological monitoring. Environ. Sci. Technol., 18: 188A-190A.
- Morton, B. (1973). A new theory of feeding and digestion in the filter-feeding lamellibranchia. Malacologia, 14: 63-79.
- National Research Council (1980). Trace metals. Dans: The international Mussel Watch. Report on workshop sponsored by the Environmental Studies Board Commission on Natural Resources. National Academy of Science, U.S., Washington, D.C.
- Nie, N.H., C.H. Hull, J.G. Jenkins, K. Seimbrenner et D.H. Bent (1975). Statistical package for the social sciences: SPSS. Second edition. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Pasteels, J.J. (1968). Pinocytose et athrocytose par l'épithélium branchial de Mytilus grandis L. Z. Zellforsch Mikrosk Anat. Abt. Histochem., 92: 339-359.
- Pasteels, J.J. (1969). Excrétion de phosphatase acide par les cellules mucipares de la branchie de Mytilus edulis L. Z. Zellforsch Mikrosk Anat. Abt. Histochem., 102: 594-600.
- Phillips, D.J.H (1976). The commun mussel Mytilus edulis as an indicator of pollution by zinc, cadmium, lead and cooper 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 Florimetus obesa (Bivalvia:Tellinacea). Malacologia, 12: 1-11.
- Popham, J.D. et J.M. D'Auria (1982). Effects of season and seawater concentrations on trace metal concentrations in organs of Mytilus edulis. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 11: 273-282.
- 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.
- Simkiss, K., M. Taylor et A.Z. Mason (1982). Metal detoxification and bioaccumulation in molluscs. Mar. Biol. Lett., 3: 187-201.
- 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.
- Strayer, D.L., Cole, G.E. Likens et C. Buso (1981). Biomass and annual production of the freshwater mussel Elliptio complanata in a oligotrophic softwater lake. Freshw. Biol., 11: 435-440.
- 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.

- Stumm, W. et J.J. Morgan (1981). Aquatic chemistry. Second Edition. John Wiley and Sons, New York, pp. 780.
- 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. 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., F. Rapin et R. Carignan (1985). Trace metals in oxic lake sediments: Possible adsorption onto iron oxyhydroxides. Geochim. Cos. Acta, 49: 183-194.

Van Der Schalie, H et F. Locke (1941). Hermaphroditism in Anodonta grandis, a freshwater mussell. Occ. Paps. Mus. Zool., Univ. Mich., No 432: 1-7, fig. 1-3.

Viarengo, A., M. Pertica, G. Mancinelli, K. Capelli et M. Orunesu (1980). Effects of copper on uptake of aminoacids, on protein synthesis and on ATP content in different tissues of Mytilus galloprovincialis Lam. Mar. Environ. Res., 4: 145-152.

Viarengo, A., G. Zanicchi, M.N. Moore et M. Orunesu (1981). Accumulation and detoxication of copper by the mussel Mytilus galloprovincialis Lam.: A study of the subcellular distribution in the digestive gland cells. Aquat. Toxicol., 1: 147-157.

ANNEXE

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

ORGANISME ¹			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

¹ 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 ¹			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

¹ 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 ¹			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

¹ 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 ¹			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	

¹ 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.

BLEAU 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 VISCÉRALE	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	0,315
02	0,144	0,410	0,120	0,561	0,102	0,076	
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	0,555
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	
08	0,274	0,684	0,289	0,864	0,174	0,147	
09	0,302	0,304	0,092	0,679	0,104	0,021	1,033
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	
13	0,498	0,894	0,251	1,261	0,235	0,136	1,205
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	1,171
18	0,183	0,630	0,234	0,994	0,179	0,126	
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	0,043
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	0,047
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	0,055
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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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^a de métaux traces (µg/g, poids sec), dans les organes individuels d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps dans les enclos.

ORGANISME ^b 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

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

^b 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 ¹ 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 (µg/g, poids sec), dans des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés à différents temps.

ORGANISME ¹ 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 ¹ 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

¹ 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 (ug/g, poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'*Anodonta grandis*, prélevés au lac Montbeillard (série supplémentaire).

ORGANISME ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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

¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 ¹ 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 (ug/g, poids sec), dans les organes individuels des spécimens d'Anodonta grandis, prélevés au lac La Bruère (série supplémentaire).

ORGANISME ¹ 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

¹ 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.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