



HAL
open science

BILAN DE 18 ÉLÉMENTS-TRACES ET DE 7 ÉLÉMENTS MAJEURS DANS UN ENVIRONNEMENT PEUPLÉ DE ZOSTÈRES ZOSTERA NOLTII

J.-C Wasserman, J.-C Dumon, C Latouche

► **To cite this version:**

J.-C Wasserman, J.-C Dumon, C Latouche. BILAN DE 18 ÉLÉMENTS-TRACES ET DE 7 ÉLÉMENTS MAJEURS DANS UN ENVIRONNEMENT PEUPLÉ DE ZOSTÈRES ZOSTERA NOLTII. Vie et Milieu / Life & Environment, 1992, pp.15-20. hal-03044271

HAL Id: hal-03044271

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03044271v1>

Submitted on 7 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

BILAN DE 18 ÉLÉMENTS-TRACES ET DE 7 ÉLÉMENTS MAJEURS DANS UN ENVIRONNEMENT PEUPLÉ DE ZOSTÈRES *ZOSTERA NOLTII*

Trace-metals and major-elements budget in an eelgrass (Zostera noltii) stand from the Arcachon Basin (SW coast of France).

J.-C. WASSERMAN*, J.-C. DUMON** et C. LATOUCHE**

*Departemento de Geoquimica, Instituto de Quimica, UFF, Outeiro de Sao Joao Batista, s/nº, 24210, Niteroi, RJ, Brasil

**I.G.B.A., Université de Bordeaux I, 351, Cours de la Libération, F33405 Talence Cedex, France

ÉLÉMENTS-TRACES
ÉLÉMENTS-MAJEURS
BILAN
ZOSTERA NOLTII

RÉSUMÉ – Les concentrations en 18 éléments-traces et 7 éléments-majeurs ont été étudiées dans des Zostères (appareil végétatif complet, racines, feuilles) et le sédiment qui les supportait, ceci en été et en hiver. En se basant sur une carte de distribution de ces plantes dans le Bassin d’Arcachon, les bilans de chacun des éléments présents dans le système, ont été calculés. D’une manière générale, les apports en métaux dus aux Zostères sont très faibles (le pourcentage maximal par rapport au sédiment est de 4 % pour le Br). Néanmoins les Zostères apparaissent comme un composant important du cycle de chacun des éléments.

TRACE-METALS
MAJOR-ELEMENTS
BUDGET
ZOSTERA NOLTII

ABSTRACT – The budget of 18 trace-elements and 7 major-elements in an eelgrass (*Zostera noltii*) dominated lagoon was studied. The concentrations of these elements were analysed by Fluorescence X spectrometry. Calculations of the budget were made, based on concentrations in plants and sediments (in summer and in winter) and on an eelgrass distribution map. Results show that element contributions due to eelgrass are generally small. The greatest percentage of metal retained by eelgrass in relation to the sediment was obtained for Br (circa 4 %). Even if the contribution of eelgrass to total environmental concentrations is small, elements enclosed in eelgrass are readily available to enter in each element cycle.

INTRODUCTION

Den Hartog (1970) considère les Phanérogames, et principalement les Zostères, comme étant la principale source de matière organique dans les milieux côtiers, en climat tempéré. Leur importance en tant que fournisseurs de matière organique a justifié plusieurs études sur le rôle des herbiers à Zostères dans la géochimie des environnements côtiers (Lyngby *et al.*, 1982; Brix et Lyngby, 1983; Piovetti *et al.*, 1984; Bonjour et Carruesco, 1986; Wasserman, 1990). L’importance des Zostères dans la géochimie de ces milieux est reflétée par le comportement des métaux-traces (souvent toxiques), dont les cycles peuvent être notablement affectés par la présence ou l’absence de ces plantes. Lacerda et Rezende (1985) ont étudié l’effet des herbiers à *Halodule wrightii* Aschers sur la géochimie des sédiments et ont observé qu’en présence de ces végétaux, la

concentration en métaux (notamment ceux liés à la phase échangeable) était plus élevée.

Les études quantitatives qui montrent l’importance des Zostères dans la géochimie des métaux lourds sont très rares. La principale difficulté réside en effet dans l’estimation des surfaces couvertes par les herbiers à Zostères (dont l’espèce type est *Zostera marina* L.), espèce qui demeure le plus souvent immergée (Den Hartog, 1970).

Dans un article précédent, Wasserman *et al.* (1991) ont pu estimer pour le Bassin d’Arcachon (côte atlantique française) l’importance des apports en Zn, Cu, Fe et Mn provenant des herbiers à Zostères (*Zostera noltii* Hornemann), ceci grâce à la particularité que présente cette espèce de coloniser surtout la zone exondée à basse mer. A l’aide de photos aériennes, une carte de la répartition des Zostères dans ce bassin, a pu être dressée. De cette manière, la surface couverte par les herbiers a été quantifiée. Par la suite, de simples

mesures de biomasse « in situ » ont permis l'estimation de la biomasse globale des *Zostères* du bassin. Ces auteurs ont remarqué que l'apport dû aux *Zostères*, pour certains éléments, notamment le Mn, peut atteindre jusqu'à 15 % des métaux contenus dans les 2 premiers cm de sédiment.

Dans la présente étude, nous avons complété la liste des constituants étudiés par Wasserman *et al.* (1991) par l'analyse des éléments-traces : As, Pb, Ba, Ni, Zr, Br, Rb, Sr, S, Cs, U, Th, P, Cr, Co, Sn, Nb et Ga et des éléments majeurs : Si, Al, Mg, Ca, Ti, K et Na.

Pour ce faire, nous avons utilisé la méthodologie de calcul des auteurs précédemment cités, ainsi que la carte de répartition des *Zostères* dans le Bassin d'Arcachon. Nous avons également ajouté des mesures effectuées sur différentes parties de la plante (plante totale, racines, feuilles) et épiphytes, en été et en hiver.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Lieu d'étude

La figure 1 illustre la localisation de la lagune d'Arcachon (latitude 44°44' N, longitude 1°10' W). Il s'agit d'un système lagunaire mésotidal dont le marnage peut atteindre 4,9 m d'amplitude. Il est constitué essentiellement de chenaux de marée (souvent sans végétation et composés de sédiments très sableux) et de bancs (de texture plus fine parfois même vaseuse), pourvus d'une couverture d'herbiers à *Zostera noltii*.

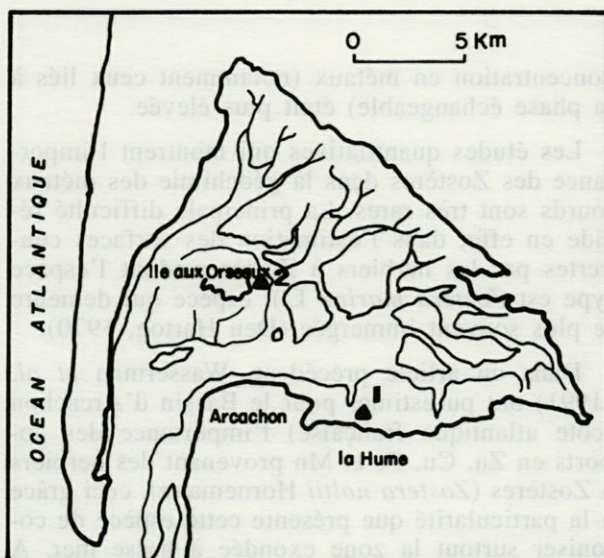


Fig. 1. – Lagune d'Arcachon : localisation des stations de prélèvement.

Arcachon lagoon : sampling sites.

Méthodes mises en œuvre

Nous avons prélevé des échantillons de *Zostera noltii*, ainsi que des échantillons de leur substrat (sédiment). Les deux stations sont repérées sur la figure 1. Un premier échantillonnage a été réalisé durant l'hiver 1986 / 1987, le second pendant l'été 1987. Diverses mesures de biomasse (totale, des racines, des feuilles et aussi des épiphytes) ont également été réalisées dans ces mêmes stations, par la méthode dite du carré (3 répétitions par station).

Au laboratoire, les échantillons de matériel végétal récolté ont été immédiatement séparés en racines, feuilles, et épiphytes (quand elles existaient). Ils ont été mis à sécher en étuve à 50 °C pendant 3 j, jusqu'à poids constant.

Le matériel végétal sec a été analysé par fluorescence des rayons X, selon une adaptation de la méthode préconisée par Lapaquellerie *et al.* (1969), méthode conçue à l'origine pour l'analyse des sédiments. Les éléments-traces considérés ont été les suivants : As, Pb, Ba, Ni, Zr, Br, Rb, Sr, S, Cs, U, Th, P, Cr, Co, Sn, Nb et Ga (en mg de métal. Kg-1 de poids sec). Les éléments majeurs dosés sont : Si, Al, Mg, Ca, Ti, K et Na (exprimés en % de matière végétale sèche).

Quant aux sédiments, ils ont également été analysés en Fluorescence de rayons X, selon la procédure précitée. La seule différence, par rapport aux mesures réalisées sur le matériel végétal, tient au fait que pour doser les éléments majeurs, les échantillons doivent être calcinés à 1050 °C, pendant 6 h. Les résultats sont exprimés en mg de métal. Kg-1 de poids sec pour les éléments-traces et en % de matière sèche pour les éléments majeurs.

Nous avons utilisé les calculs effectués précédemment par Wasserman *et al.* (1991) qui donnent respectivement la surface totale du bassin d'Arcachon et celle recouverte par les herbiers de *Zostères* (fig. 2). A partir de ces informations nous avons pu calculer la masse totale de sédiments correspondant aux 2 premiers cm. En se basant sur les résultats de biomasse, nous avons également calculé le poids des *Zostères* présentes dans le Bassin.

A partir des données de concentrations, nous avons estimé les masses totales de chaque élément présent, dans chacun des compartiments du système étudié, puis calculé la part (%) de métal retenue dans les plantes, par rapport à celle présente dans le sédiment.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

La biomasse moyenne observée (328 g.m⁻²) est inférieure aux valeurs rencontrées habituellement dans la littérature spécialisée. Pour *Zostera marina*

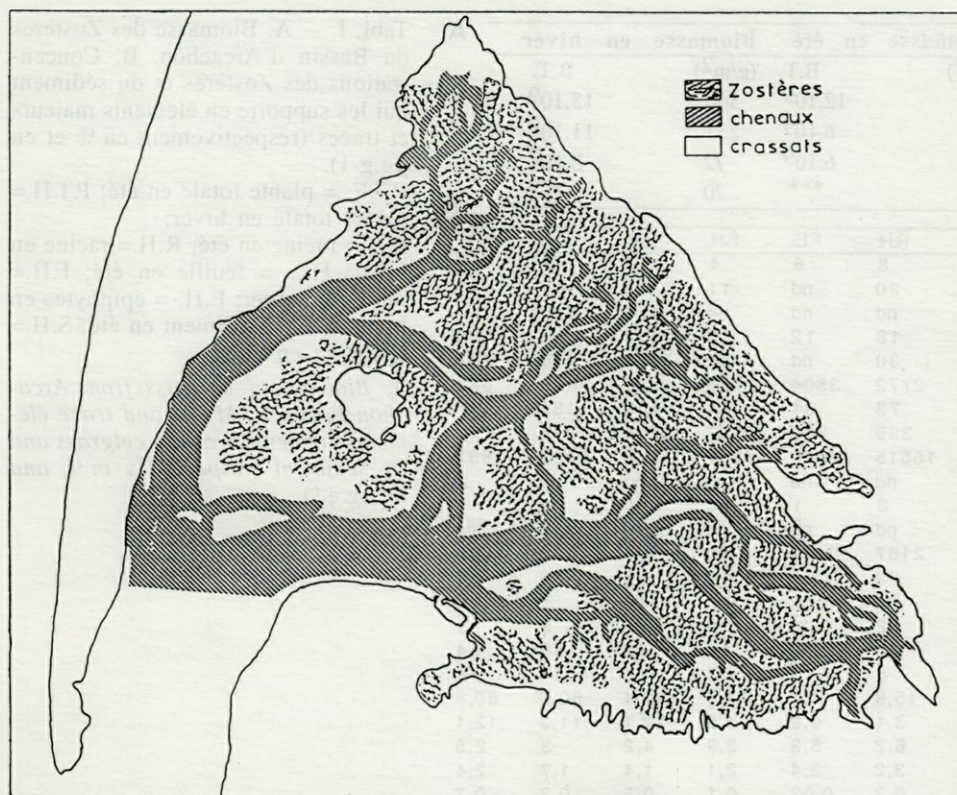


Fig. 2. – Cartographie des herbiers à Zostères (d'après Wasserman *et al.*, 1991.).
Eelgrass distribution map (from Wasserman *et al.* 1991).

L., ces valeurs varient entre 100 et 5 200 g.m⁻² (Johnston, 1969; Mann, 1972; McRoy and McMillan, 1977; Thorne-Miller *et al.*, 1983) (Tabl. IA).

Ces résultats montrent un décalage net entre le développement des parties souterraines et aériennes. Ce décalage est matérialisé par la forte valeur – en hiver tout au moins – de la biomasse souterraine (253g/m²) contrastant avec la faible valeur de la biomasse aérienne (72g/m²), à la même saison. Cette valeur faible peut être due à la perte des feuilles, qui est notable lors de l'échantillonnage d'hiver. La présence d'épiphytes à ce moment là, constitue également un indice de sénescence des feuilles (Silberstein *et al.*, 1986). Par ailleurs, la forte valeur de la biomasse d'épiphytes (qui est comparable à celle de la biomasse aérienne) est normale chez des Zostères sénescents (Harlin, 1980).

L'importance de la biomasse foliaire, en été, peut s'expliquer par le fait qu'au moment de l'échantillonnage en cette saison, la croissance de la plante est déjà bien avancée. Malheureusement, des études plus approfondies sur le cycle de vie des Zostères dans le Bassin d'Arcachon n'ont pour l'instant pas encore été réalisées, ce qui aurait pu nous permettre de vérifier les hypothèses présentées.

Lorsqu'elle est comparée à la masse sédimentaire totale du système (1,6 x 10¹² g), la biomasse

des Zostères ne contribue que pour très peu au bilan des métaux lourds malgré les valeurs importantes trouvées dans ce milieu. Néanmoins, compte tenu du fait que les plantes concentrent considérablement certains métaux, cette contribution peut atteindre 15 %, comme c'est le cas pour le Mn, dans le Bassin d'Arcachon (Wasserman, 1990).

Le tableau IB comporte les concentrations en métaux-traces et en éléments-majeurs dans les plantes et dans les sédiments auxquels elles sont fixées. Carruesco *et al.* (1986) ont observé, dans les sédiments, des différences significatives de concentrations en éléments entre été et hiver, ce qui n'a pas été retrouvé ici, où au contraire, les concentrations sont constantes et indépendantes de la saison. En ce qui concerne les concentrations dans les plantes, des valeurs plus élevées en hiver qu'en été, ont été mesurées. Ce comportement est contraire aux résultats de Carruesco *et al.* (1986), qui observent dans les Zostères les concentrations les plus élevées en été. Compte tenu de résultats antérieurs de ces auteurs (Carruesco *et al.* 1982), qui indiquent que les teneurs en métaux lourds ont beaucoup évolué dans le Bassin d'Arcachon, ces 10 dernières années, les différences observées entre nos mesures et celles de Carruesco *et al.* (1986), peuvent ne pas sembler surprenantes.

Echantillon	Biomasse en été		Biomasse en hiver	
	(g/m ²)	B.T.	(g/m ²)	B.T.
Plante totale	296	12.10 ⁹	360	15.10 ⁹
Racines	152	6.10 ⁹	253	11.10 ⁹
Feuilles	145	6.10 ⁹	72	3.10 ⁹
Epiphytes	***	***	70	3.10 ⁹

A Tabl. I. – A, Biomasse des Zostères du Bassin d'Arcachon. B, Concentrations des Zostères et du sédiment qui les supporte en éléments majeurs et traces (respectivement en % et en µg.g⁻¹).

P.T.E. = plante totale en été; P.T.H. = plante totale en hiver;

R.E = racine en été; R.H. = racine en hiver; F.E. = feuille en été; F.H. = feuille en hiver; E.H. = épiphytes en hiver; S.E. = sédiment en été; S.H. = sédiment en hiver.

A, Biomass of eelgrass from Arcachon Basin. B, Major and trace elements concentrations in eelgrass and its sediment (respectively in % and in µg.g⁻¹).

ELEMENTS	P.T.E.	P.T.H.	R.E.	R.H.	F.E.	F.H.	E.H.	S.E.	S.H.
As	5	10	4	8	6	4	9	7	6
Pb	4	14	6	20	nd	11	49	47	47
Ba	nd	nd	nd	nd	nd	nd	128	215	241
Ni	14	17	13	18	12	19	34	32	30
Zr	nd	nd	nd	30	nd	nd	76	143	132
Br	4462	3252	4217	2772	3504	2755	2339	826	687
Rb	69	81	61	73	61	64	138	154	147
Sr	433	426	387	399	380	457	286	275	277
S	20075	17597	19659	15515	17050	16251	11159	9457	7892
Cs	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	2
U	nd	2	1	3	1	2	1	1	1
Th	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd
P	2489	2799	1777	2167	3107	4256	1296	912	1005
Cr	23	29	24	33	22	22	58	60	61
Co	nd	nd	nd	nd	nd	7	nd	1	8
Sn	nd	nd	nd	2	nd	nd	nd	8	8
Nb	20	23	18	20	16	18	32	36	34
Ga	3	6	3	8	3	2	14	14	14
Si	12,3	18,3	11,1	15,9	7,1	11,4	43,4	60,7	60,8
Al	2,3	3,9	2,3	3,1	0,9	1,5	10,1	11,3	12,1
Mg	8,9	5,7	8,1	6,2	5,3	3,9	4,2	3	2,5
Ca	3	2,8	2,7	3,2	2,4	2,1	1,4	1,7	2,4
Ti	0,1	0,2	0,1	0,2	0,02	0,1	0,5	0,7	0,7
K	7,2	4,1	3,3	5,2	10	5,4	2,3	2,4	2,3
Na	5,3	5,5	10,4	7,3	6,4	4,3	3,8	1,8	1,6

Les autres observations chiffrées qui peuvent être relevées dans la littérature proviennent d'analyses de *Zostera marina* L.. Brix *et al.* (1983) ont réalisé un test d'intercalibration avec *Z. marina* et notent des concentrations en Cr d'un ordre de grandeur inférieur. Pour le Ni et le Pb, les valeurs qu'ils ont observées sont 2 fois plus faibles que les nôtres. Dans une autre étude, toujours sur *Zostera marina*, Brix et Lyngby (1983) ont mesuré des concentrations en Ca, K et Na, du même ordre de grandeur que les nôtres, alors que le Mg est par contre 10 fois moins concentré dans *Z. marina* que dans les *Zostera noltii* qui font l'objet de cette étude.

En ce qui concerne la distribution des métaux dans les différentes parties des plantes, Brix et Lyngby (1983) observent que le Ca et le Fe se concentrent davantage dans les parties souterraines, chez *Z. marina*, alors que le K et le Mn s'accumulent plutôt dans les feuilles. Nous avons observé un comportement similaire pour le Ca (aussi bien en été qu'en hiver) tandis que le K ne se concentre, dans les feuilles, qu'en hiver. En été, ce métal se répartit de manière équilibrée, tant dans les parties aériennes, que souterraines.

Les éléments se répartissent en trois groupes :

a) ceux qui sont surtout concentrés dans les plantes : Br, Sr, S, P, Mg, K et Na;

b) ceux qui sont surtout concentrés dans les sédiments : Pb, Ba, Ni, Zr, Rb, Cr, Nb, Ga, Si, Al et Ti;

c) ceux qui sont indifféremment concentrés dans les sédiments et dans les feuilles : As et Ca.

Quant aux autres éléments étudiés ici, les valeurs des concentrations trouvées sont trop proches de nos limites de détection pour que des conclusions valables puissent en être tirées.

Il faut noter le comportement des épiphytes qui présentent des concentrations en éléments très proches de celles du sédiment. Cela est peut être dû au fait que la « structure » de ces épiphytes – pour lesquelles, malheureusement, aucune taxonomie véritable n'a été réalisée, en raison même des difficultés pratiques de séparation, liées à leur extrême hétérogénéité – se comporte, pour faire image, comme une sorte de « toile d'araignée » (Wasserman 1989), ou si l'on préfère, comme un écran alvéolé, entre milieu liquide proprement dit et tissus superficiels de la plante elle-même.

Ces épiphytes retiennent alors une quantité assez importante de sédiments. Ces derniers, ne peuvent en pratique être séparés de façon aisée et sûre de leur support, et sont donc « dosés » avec lui, expliquant ainsi l'étroite relation entre les concentrations respectives.

Tabl. II. – Bassin d'Arcachon : Masse globale des traces et majeurs contenus dans les Zostères et les sédiments (en Kg).

Total element mass in eelgrass and sediments from the Arcachon Basin (in kg).

ELEMENTS	P.T.E	P.T.H	R.E	R.H	F.E.	F.H.	E.H.	S.E.	S.H.
As	60	150	24	88	36	12	27	11200	9600
Pb	48	210	36	220	**	33	147	75200	75200
Ba	**	**	**	**	**	**	348	344000	385600
Ni	168	255	78	198	72	57	102	51200	48000
Zr	**	**	**	330	**	**	228	228800	211200
Br	53544	48780	25302	30492	21024	8265	7017	1.10 ⁶	1.10 ⁶
Rb	828	1215	366	803	366	192	414	246400	3200
Sr	5196	6390	2322	4389	2280	1371	858	440000	1600
S	240900	263955	117954	170665	102300	48753	33477	2.10 ⁷	1.10 ⁷
Cs	**	**	**	**	**	**	**	**	3200
U	**	30	6	33	6	6	3	1600	1600
Th	**	**	**	**	**	**	**	1600	**
P	29868	41985	10662	23837	18642	12768	3888	2.10 ⁶	2.10 ⁶
Cr	276	435	144	363	132	66	174	96000	97600
Co	**	**	**	**	**	21	**	1600	12800
Sn	**	**	**	22	**	**	**	12800	12800
Nb	240	345	108	220	96	54	96	57600	54400
Ga	36	90	18	88	18	6	42	22400	22400
Si	1.10 ⁶	3.10 ⁶	7.10 ⁵	2.10 ⁶	4.10 ⁵	3.10 ⁵	1.10 ⁶	1.10 ⁹	1.10 ⁹
Al	3.10 ⁵	6.10 ⁵	1.10 ⁵	3.10 ⁵	5.10 ⁴	4.10 ⁴	3.10 ⁵	2.10 ⁵	2.10 ⁵
Mg	1.10 ⁶	8.10 ⁵	5.10 ⁵	7.10 ⁵	3.10 ⁵	1.10 ⁵	1.10 ⁵	5.10 ⁷	4.10
Ca	4.10 ⁵	4.10 ⁵	2.10 ⁵	4.10 ⁵	2.10 ⁵	6.10 ⁴	4.10 ⁴	3.10 ⁷	4.10 ⁷
Ti	1.10 ⁴	3.10 ⁴	7.10 ⁴	2.10 ⁴	2.10 ⁴	2.10 ⁴	2.10 ⁴	1.10 ⁷	1.10 ⁷
K	9.10 ⁵	6.10 ⁵	2.10 ⁵	6.10 ⁵	6.10 ⁵	2.10 ⁵	7.10 ⁴	4.10 ⁷	4.10 ⁷
Na	6.10 ⁵	8.10 ⁵	6.10 ⁵	8.10 ⁵	4.10 ⁵	1.10 ⁵	1.10 ⁵	3.10 ⁷	3.10 ⁷

Le calcul de la masse globale de métaux du Bassin d'Arcachon (MGM) est le suivant (Tabl. II) :

$(CM) \times (M/m^2) \times (SCZ) = (MGM)$, où (C M) = Concentration du métal,

(M/m^2) = Masse en g (de sédiment ou de biomasse)/m² (d'après Wasserman *et al.* 1991).

(SCZ) = Superficie couverte par les Zostères (d'après Wasserman *et al.* 1991).

Afin de pouvoir comparer les apports provenant des sédiments à ceux spécifiquement issus des Zostères, nous avons présenté les résultats du calcul du pourcentage de métaux retenus par les plantes, comparativement à ceux retenus par les sédiments (% MRP) (Tabl. III). Le calcul est le suivant :

$(MGP) + (MGS) \times 100 = (\% \text{ MRP})$, où (MGP) = Masse (biomasse) globale des plantes, (MGS) = Masse globale des sédiments.

D'une manière générale, les apports en métaux provenant des Zostères sont très faibles. Le Br est l'élément qui présente les pourcentages les plus élevés (4,05 % constituant le minimum, en été). Wasserman *et al.* (1991) ont observé que les apports en Mn dans ce même environnement peuvent être importants (de l'ordre de 15 %). Ces auteurs pensent que de telles valeurs sont dues – malgré les faibles concentrations en Mn dans l'environnement étudié – au fait que le Mn constitue un élément indispensable au développement de la plante et donc, que les végétaux le concentrent et l'accumulent fortement.

CONCLUSIONS

On peut donc conclure que les apports en métaux – provenant des Zostères – sont très faibles et même pratiquement négligeables dans le calcul du bilan de ces derniers, dans le milieu ambiant. Toutefois, cette faible part de métal retenue par les plantes doit être considérée comme importante lors des études de la dynamique des métaux. La

Tabl. III. – Pourcentages des éléments majeurs et traces des Zostères, par rapport à leur substrat sédimentaire. Abréviations : voir tabl. I.

Pourcentage of elements enclosed in eelgrass, in relation to sediment.

ELEMENTS	P.T.E	P.T.H	R.E	R.H	F.E.	F.H.	E.H.
As	0,5	1,56	0,21	0,92	0,32	0,13	0,28
Pb	0,06	0,28	0,04	0,29	*	0,04	0,2
Ba	*	*	*	*	*	*	0,1
Ni	0,33	0,53	0,15	0,41	0,14	0,12	0,21
Zr	*	*	*	0,16	*	*	0,11
Br	4,05	4,44	1,92	2,77	1,59	0,75	0,64
Rb	0,34	0,52	0,15	0,34	0,15	0,08	0,18
Sr	1,18	1,44	0,53	0,99	0,52	0,31	0,19
S	1,59	2,09	0,78	1,35	0,68	0,37	0,27
Cs	*	*	*	*	*	*	*
U	*	1,88	0,38	2,06	0,38	0,38	0,19
Th	*	*	*	*	*	*	*
P	2,05	2,61	0,73	1,48	1,28	0,79	0,24
Cr	0,29	0,45	0,15	0,37	0,14	0,07	0,18
Co	*	*	*	*	*	0,16	*
Sn	*	*	*	0,17	*	*	*
Nb	0,42	0,63	0,19	0,4	0,17	0,1	0,18
Ga	0,16	0,4	0,08	0,39	0,08	0,03	0,19
Si	0,15	0,28	0,07	0,18	0,04	0,04	0,13
Al	0,15	0,3	0,08	0,17	0,03	0,02	0,16
Mg	2,24	2,12	1,01	1,71	0,67	0,3	0,32
Ca	1,31	1,1	0,58	0,9	0,53	0,16	0,11
Ti	0,12	0,29	0,06	0,18	0,02	0,02	0,14
K	2,24	1,65	0,52	1,56	1,56	0,44	0,19
Na	2,22	3,23	2,16	3,15	1,34	0,5	0,45

plupart des éléments fournis par les plantes se trouvent sous une forme très labile et peuvent de plus présenter un temps de résidence très faible dans le matériau végétal. Par ailleurs, dans la mesure où ce sont des plantes annuelles, les Zostères perdent tous les ans une quantité importante de matière organique et par là même de métaux.

La matière organique issue de ces végétaux constitue également un site d'absorption important pour les métaux lors de leur mélange aux sédiments (Förstner and Wittmann, 1983; Bonjour et Carruesco, 1986).

REMERCIEMENTS – Les auteurs remercient Mrs. Y. Lapaquellerie, M. Dignan et J. Barre pour l'aide apportée lors des analyses de laboratoire, ainsi que sur le terrain. Les commentaires sur les manuscrits, réalisés par M. P.J. Perrin ont été de grande valeur. J.C.W. remercie le CNPQ (Conseilho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e tecnologico) et la FAPERJ (Fundação de Amparo à Pesquisa do Rio de Janeiro) pour leur aide financière.

BIBLIOGRAPHIE

- BONJOUR D. et C. CARRUESCO, 1986. Origine de la matière organique dissoute et particulaire dans le Bassin d'Arcachon. Apports autochtones et allochtones, essai de bilan. *Bull.Inst.Géol. Bassin Aquitaine*, Bordeaux **39** : 73-83.
- BRIX H. and J.E. LINGBY, 1983. The distribution of some metallic elements in Eelgrass (*Zostera marina* L.) and Sediment in the Limfjord, Denmark. *Estuar. Coast.Shelf Res.* **16** : 455-467.
- BRIX H., J.E. LINGBY and H.H. SCHIERUP, 1983. The Reproducibility in the Determination of Heavy Metals in Marine Plant Material – An Interlaboratory Calibration. *Mar.Chem.* **12** : 69-85.
- CARRUESCO C., Y. LAPAQUELLERIE, P.J. LABOURG et D. PRUNIER, 1986. Impact des métaux lourds sur un environnement lagunaire : le Bassin d'Arcachon. *Bull.Inst. Géol.Bassin Aquitaine*, Bordeaux **39** : 85-93.
- CARRUESCO C., J.M. JOUANNEAU et Y. LAPAQUELLERIE, 1982. Sources et diffusion des oligo-éléments métalliques dans le Bassin d'Arcachon (côte Atlantique française). *Oceanol. Acta* SP : 87-93.
- DEN HARTOG C., 1970. The Seagrasses of the World. North Holland. 275 p.
- FORSTNER U. & G.T.W. WITTMAN 1983. Metal pollution in the aquatic environment. Second revised edition. Springer Verlag, Berlin. 486 p.
- HARLIN M.M. 1980. Seagrass Epiphytes. in : Handbook of Seagrass biology : an ecosystem perspective. R.C. Phillips & C.P. MCROY (eds.). Garland Press, New York. pp. : 117-151.
- JOHNSTON C.S. 1969. The ecological distribution and primary production of macrophytic marine algae in eastern Canaries. *Int. Revue Ges. Hydrobiol.* **54** (4) : 473-490.
- LACERDA L.D. & C.E. Rezende, 1985. The effect of *Halodule wrightii* Aschers on the geochemical partitioning of Mn, Zn and Cu in coastal sediments. In : Proceed Intern. Conf. : Heavy Metals in the Environment. T.D. Lekkas (ed.) **2** : 292-297.
- LAPAQUELLERIE Y., C. LATOUCHE, M. PARRA, B. SALINERES et G. VERNETTE, 1969. Application de la spectrométrie de fluorescence X au dosage des éléments majeurs et traces associés aux sédiments marins actuels subrécents. Coll. Rayons X et Sciences de la Terre, Monaco. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine* **12** : 1-14.
- LINGBY J.E., H. BRIX & H.H. SCHIERUP, 1982. Absorption and translocation of zinc in eelgrass (*Zostera marina* L.). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **58** : 259-270.
- MANN K.H., 1972. Ecological energetics of seaweed zone in a marine bay on the Atlantic coast of Canada. I. Zonation and biomass of the seaweeds. *Mar. Biol.* **12** (1) : 1-10.
- MCROY C.P. and C. McMILLAN, 1977. Production ecology and physiology of Seagrasses. In : Seagrass Ecosystem. A scientific perspective. C.P. McRoy & C. Helfferich (eds). Marcel Decker, New York, pp : 53-88.
- PIOVETTI L., L. SERVE, G. COMBAULT et F. GADEL, 1984. Analyse des substances phénoliques des restes de *Posidonia Oceanica* (L.) Delile, provenant de sédiments holocènes et de dépôts actuels. In : International Workshop *Posidonia Oceanica* Beds. C.F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac et J. Olivier (eds). GIS *Posidonia* Pub., France, **1** : 137-144.
- SILBERSTEIN K., A.W. CHIFFING & A.J. MCCOMB, 1986. The loss of seagrass in Cockburn Sound, Western Australia. III. The effect of epiphytes on productivity of *Posidonia australis* Hook. *Aquat. Bot.* **24** : 355-371.
- THORNE-MILLER B., M.M. HRALIN, G.B. THURSBY, M.M. BRADY-CAMPBELL & B.A. DWORETZKY, 1983. Variations in the distribution and biomass of submerged macrophytes in five coastal lagoons in Rhode Island, U.S.A. *Mar. Bot.* **26** : 231-242.
- WASSERMAN J.C., 1989. Zn, Cu, Fe and Mn concentrations in the cell-wall from eelgrass (*Zostera noltii* Hornemann) In : Heavy Metal in the Environment. International Conference. J.P. Vernet (ed.). C.E.P. Consultants Ltd. **2** : 5-10.
- WASSERMAN J.C., 1990. Les cycles du Zn, du Cu, du Fe et du Mn dans le Bassin d'Arcachon (Côte Atlantique française) : L'importance des herbiers à *Zostera noltii* Hornemann. Thèse Doct. Univ. Bordeaux I. 263 p.
- WASSERMAN J.C., J.C. DUMON et C. LATOUCHE, 1991. Importance des Zostères (*Zostera noltii* Hornemann) dans le bilan des métaux lourds du Bassin d'Arcachon. *Vie Milieu* **41** (2/3) : 81-86.

Reçu le 17 janvier 1991; received January 17, 1991
 Accepté le 28 octobre 1991; accepted October 28, 1991