



**HAL**  
open science

# CONSTITUANTS MINÉRAUX MAJEURS DES ALGUES ET PHANÉROGAMES MARINES DU BASSIN D'ARCACHON (FAÇADE MÉRIDIONALE ATLANTIQUE DE LA FRANCE)

J C Dumon, Y Lapaquellerie

► **To cite this version:**

J C Dumon, Y Lapaquellerie. CONSTITUANTS MINÉRAUX MAJEURS DES ALGUES ET PHANÉROGAMES MARINES DU BASSIN D'ARCACHON (FAÇADE MÉRIDIONALE ATLANTIQUE DE LA FRANCE). Vie et Milieu / Life & Environment, 1991, pp.1-9. hal-03039453

**HAL Id: hal-03039453**

<https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03039453v1>

Submitted on 3 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.





# CONSTITUANTS MINÉRAUX MAJEURS DES ALGUES ET PHANÉROGAMES MARINES DU BASSIN D'ARCACHON (FAÇADE MÉRIDIONALE ATLANTIQUE DE LA FRANCE)

*Major mineral constituents in algae and marine phanerogams of Arcachon Bay (Southern front of the French Atlantic)*

J.C. Dumon et Y. Lapaquellerie

Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine, Université de Bordeaux I, 351 cours de la libération, 33405 Talence Cédex, France

ALGUES CHLOROPHYCEES  
PHÉOPHYCÉES  
RHODOPHYCÉES  
CONSTITUANTS MAJEURS  
ZOSTERACÉES

**RÉSUMÉ** – Le Bassin d’Arcachon étant colonisé par des Zostères et des Algues, il a été dressé (fluorescence X) un inventaire de leurs constituants minéraux majeurs. Un éventuel effet saisonnier sur le chimisme du matériel végétal a été recherché. On constate que : – le *silicium* représente le constituant principal dans les Algues (en augmentation en automne) et les Zostères, – l’*aluminium* a des valeurs plus élevées en automne. On pourrait y voir l’influence des litières forestières; – le *manganèse* faiblit en automne pour Algues et Zostères; – le *magnésium* constituant minéral majeur des Ulves, en toutes saisons, se trouve en concentrations plus modestes chez les autres Algues et chez les Zostères; – le *calcium* a des teneurs voisines pour les Algues et les Zostères; – le *titane* est le constituant le plus faible dans les deux cas; – le *potassium* est un constituant important (50 % de M.S) et n’est pas soumis aux variations saisonnières; – le *sodium* se trouve fortement concentré dans les Algues brunes et les Zostères surtout en automne; – le *phosphore* a des teneurs plus fortes dans les Zostères, sans variations saisonnières contrairement aux teneurs en phosphore dans les Algues.

CHLOROPHYCEAN ALGAE  
PHEOPHYCEANS  
RHODOPHYCEANS  
MAJOR CONSTITUENTS  
ZOSTERACEANS

**ABSTRACT** – An inventory of the major mineral constituents (X-fluorescence) in zostera and algae of the Arcachon Bay, was established. The search for possible seasonal effects on the chemism of the plant material enabled us to observe the following : – *silicium* is the most frequently occurring constituent found in algae (increasing in autumn) and zostera; – *aluminium* values are higher in autumn than in other seasons; this could be the result of forest litter; – *manganese* content diminishes in autumn both in algae and zostera; – *magnesium* which is the major constituent in sea lettuce in all seasons, tends to concentrate far less in the other algae and zostera; – *calcium* is found in approximately the same amounts in algae and zostera; – *titanium* is the least abundant constituent in both algae and zostera; – *potassium* is the most important constituent (50 % in dry matter) and does not seem to be affected by seasonal changes; – *sodium* concentrations are high in brown algae and zostera mainly in autumn; – *phosphorous* is more abundant in zostera that are not affected by seasonal variations, rather than in algae.

Le Bassin d’Arcachon (44°39 de latitude N et 1°10 de longitude W) forme une échancrure de 160 km de superficie sur la côte atlantique du SW aquitain (fig. 1). Cet environnement, soumis à une intense activité touristique saisonnière, constitue le cadre d’une pratique conchylicole affirmée, mise en œuvre de longue date, susceptible de pâtir de toute pollution (Carruesco *et al.* 1986), fut-elle occasionnelle.

Plus récemment ont pu s’y ajouter les éventuelles incidences, d’une maïsculture intensive

réalisée dans l’arrière pays, avec des épandages d’engrais (N.P.K.). Pour ces diverses raisons, cet environnement a pu devenir sensible aux pollutions *sensu lato* (Dumon 1972; Alzieu *et al.* 1980; Alzieu *et al.* 1982; Carruesco *et al.* 1982; Carruesco *et al.* 1986).

L’étude de la plus ou moins grande sensibilité d’un tel milieu à de tels risques, passe par l’établissement d’une sorte « d’état des lieux », qui prenne en compte de manière aussi complète que possible la composition chimique des différents re-



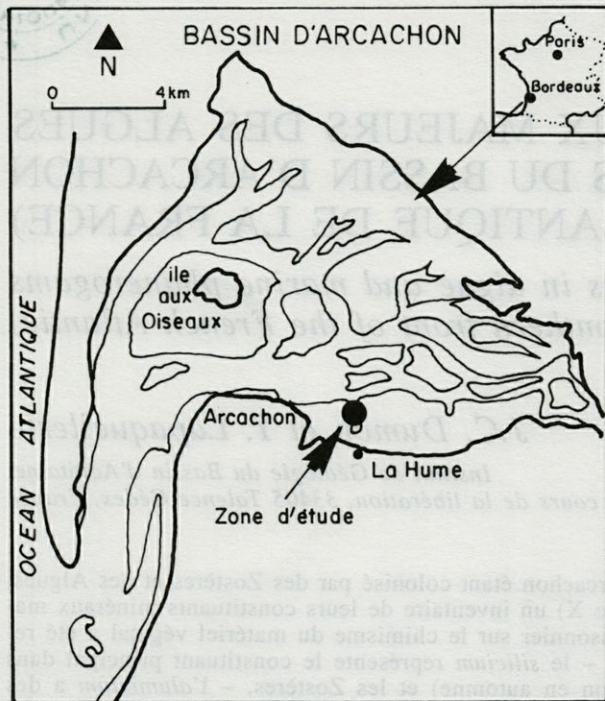


Fig. 1. — Cadre de l'étude.  
Study context.

présentants de sa biota, susceptibles de prélever des parts plus ou moins importantes, notamment d'éléments majeurs, pour l'édification de leurs structures.

Une part importante de cette biota revient à la végétation algale mais plus largement encore aux Phanérogames marines (Zostères) qui constituent l'essentiel de la biomasse végétale du Bassin d'Arcachon. Ces dernières font à ce titre l'objet de travaux spécifiques (Wasserman, travaux en cours). Il n'en sera tenu compte ici que dans un but strictement comparatif avec la composition chimique des Algues, objet essentiel de ce travail.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Matériel

Les différents échantillons végétaux (grand nombre d'exemplaires pour chaque genre), ont été prélevés à la Hume (Fig. 1), à marée basse, dans la zone intertidale. Ce site a été choisi comme site témoin en raison de son éloignement relatif de zones à influences anthropiques trop marquées : agricoles et surtout portuaires et balnéaires, comme le serait au contraire le port d'Arcachon, en ce qui concerne surtout les 2 derniers points.

Afin de rechercher d'éventuels effets saisonniers, naturels ou induits (pratiques agricoles), sur

la composition minérale des végétaux, l'échantillonnage n'a pour l'instant été effectué qu'à 2 périodes : au printemps 1987, mai : période d'épandage d'engrais; en automne : septembre de la même année : absence d'épandage.

Une étude plus complète de cet aspect s'imposera.

Deux types de végétaux ont donc été récoltés :

— des Macro-Algues benthiques, prélevées dans l'ordre de leur émergence : Algues vertes d'abord, brunes et en dernier lieu, rouges.

Les Sargasses, habituellement flottantes en pleine eau, sont ici plus ou moins « fixées » sur les « pignots », perches verticales enfoncées dans le sédiment dont l'usage est en relation avec la conchyliculture (protection des parcs contre la navigation).

— des Phanérogames (Zostéracées) représentées en particulière abondance dans le Bassin d'Arcachon. Se développant dans le même environnement que les Algues, la comparaison de leurs compositions chimiques respectives s'imposait.

Dans le détail, ont été prélevées les Algues et Phanérogames marines suivantes :

### Algues

1. *Chlorophycées* : *Ulva* sp., *Enteromorpha* sp., *Bryopsis* sp.

Ces Algues vertes qui sont les premières à être exondées à basse-mer demeurent de ce fait relativement moins longtemps que les autres en contact avec les eaux de la lagune. Par ailleurs, elles supportent, en général sans dommages, l'action des eaux douces (pluies) auxquelles elles peuvent être soumises durant leur très longue émergence.

2. *Phéophycées* : *Sargassum* sp.

Cette Algue de plusieurs m de long (macroplancton) flottant normalement en haute mer, se présente dans le Bassin d'Arcachon avec des dimensions plus modestes (2 m). Généralement retenue par les « pignots » elle acquiert de ce fait une certaine sédentarité.

*Fucus* sp.

3. *Rhodophycées* : *Aglaothamnion* sp., *Gracilaria* sp., *Polysiphonia* sp.

### Phanérogames marines

*Zostera marina*, dont l'appareil végétatif est le plus développé.

*Zostera noltii*, forme la plus fréquente, mais de taille plus discrète.



## Méthologie

### Préparation

Tous les échantillons végétaux ont été recueillis manuellement. Ils ont été immédiatement débarassés, par un rinçage abondant dans l'eau du Bassin, des particules minérales et/ou organiques éventuellement présentes à la surface de l'appareil végétatif.

Le quartz étant très abondant dans l'environnement considéré (Dumon, 1986), malgré les précautions prises lors de l'échantillonnage, on pouvait le suspecter d'affecter les concentrations en  $\text{SiO}_2$  observées dans le matériau végétal étudié.

Il a été vérifié par diffractométrie X que la silice issue du matériau détritique ne dépasse jamais 1 % de celle dosée dans les Algues et les Zostères.

On notera, en ce qui concerne les Zostères, que les parties souterraines n'ont pas été récoltées. Les analyses n'ont donc trait qu'aux parties chlorophylliennes.

Après séchage à 105°C, à l'étuve ventilée jusqu'à obtention d'un poids constant, le matériau végétal a été broyé au mortier d'agate (pulvérisette Fritsch) durant 40 mn. Au-delà de cette durée, outre l'homogénéisation attendue de cette opération, la taille des particules figurées n'excède pas 20 nm.

Pour prévenir toute réhydratation, la poudre obtenue est alors conservée à 40°C jusqu'à son passage au spectromètre.

### Analyse

L'analyse se fait par spectrométrie de fluorescence X, l'appareillage est du type séquentiel, automatisé par micro-ordinateur (Philips PW 1400).

La méthode utilisée pour l'analyse multi-élémentaire est celle résultant de l'application directe des équations de Lachance-Trail qui permet de réduire par le calcul les effets inter-éléments. Ce modèle linéaire est optimisé pour les éléments traces si l'on tient compte également de la mesure de la diffusion Compton pour contrôler les absorptions différentielles de la matrice.

Les résultats permettent d'obtenir, à partir d'une calibration externe basée sur des standards synthétiques et internationaux (NBS W-1, GA, GLO, FK-N, DRN, BR.N, AN.G, SRM 1575 (feuilles PIN) et SRM 1571 (feuilles Verger), une précision relative supérieure à 1,5 % pour les éléments majeurs.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

Dans le tableau 1 sont consignés les résultats relatifs aux 10 éléments majeurs, dosés, sur le même type de matériau végétal prélevé à 2 périodes de l'année. Les concentrations sont exprimées en pourcentage de matière sèche (M.S.), et en oxydes.

### 1. Constituants majeurs - Etude spécifique

Si l'on considère dans le détail les variations éventuelles des concentrations en éléments majeurs (tabl. 1), en fonction de la saison de prélèvement on s'aperçoit d'un certain nombre de faits :

#### a. $\text{SiO}_2$

Des disparités saisonnières, comme l'augmentation des concentrations de  $\text{SiO}_2$  en automne, apparaissent. Elles peuvent être très fortes, c'est le cas des Ulvales (*Ulva sp.*) avec 57 % d'augmentation, plus modérées pour les Phéophycées (8 %) et Chlorophycées (3 %) ou plus complexes comme pour les Rhodophycées : 28 % pour *Gracilaria sp.* ou 8 % pour *Polysiphonia sp.*

Contrairement à ce qu'annonce Vinogradov (1953), pour les Algues, le silicium est un élément quantitativement important.

Algues vertes, rouges et brunes confondues, les concentrations absolues en  $\text{SiO}_2$  oscillent, selon la saison, entre 34 et 37 % de la matière sèche, ce qui est important.

On retiendra que l'environnement laguno-marin d'Arcachon constitue l'exutoire obligé d'une vaste région de sables siliceux, les Landes de Gascogne (Dumon, 1978), à végétation silicicole très spécifique dont les divers produits de dégradation ne sont peut être pas sans influence sur les qualités et quantités de produits fixés notamment par la flore algale (Dumon, 1981).

Par ailleurs, malgré la pénétration des eaux marines, ce milieu demeure un contexte laguno-saumâtre à chimisme spécifique, ce qui peut affecter la flore.

Dans les zostères on trouve 28 à 32 % de  $\text{SiO}_2$  (en % M.S) *Zostera marina* est plus riche en silice (3 %) que *Zostera noltii*. Aucune variation saisonnière n'a pu être mise en évidence pour ce végétal.

#### b. $\text{Al}_2\text{O}_3$

Mise à part l'Algue verte *Bryopsis sp.* et l'Algue brune *Fucus sp.* la concentration en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est toujours plus élevée (10 à 30 %) en automne. L'amplitude de variation peut être considérable en-



Tabl. I. — Algues et Phanérogames marines : éléments majeurs (en % de M.S.).  
*Algae and marine Phanerogams : major components (% dry matter).*

	SiO <sub>2</sub> %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MnO %	MgO %	CaO %	TiO <sub>2</sub> %	K <sub>2</sub> O %	Na <sub>2</sub> O %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %
PRINTEMPS										
● <i>Ulva sp.</i>	9.83	1.65	2.14	0.10	46.0	9.74	0.07	16.17	4.08	0.39
● <i>Enteromorpha</i>	49.88	8.21	5.23	0.16	10.69	9.06	0.69	11.00	1.01	0.32
● <i>Bryopsis</i>	59.90	6.09	4.71	0.16	2.13	5.28	0.29	16.39	1.64	0.69
▲ <i>Fucus serratus</i>	34.47	5.34	4.43	0.35	6.08	8.25	0.24	28.76	7.51	0.59
▲ <i>Sargassum</i>	17.29	2.38	1.42	0.26	10.23	9.35	0.06	49.06	6.91	0.60
★ <i>Gracilaria</i>	19.49	2.25	1.90	0.80	3.11	2.70	0.03	56.99	7.21	0.85
★ <i>Polysiphonia</i>	46.34	5.41	6.09	0.40	2.30	2.37	0.25	19.24	1.97	0.78
★ <i>Aglaothamnion</i>	44.36	10.10	7.75	0.42	3.16	5.09	0.44	19.66	2.46	0.93
△ <i>Zostera marina</i>	32.01	4.16	2.71	0.53	6.05	7.54	0.20	35.10	8.97	1.15
△ <i>Zostera noltii</i>	27.95	2.36	3.07	3.05	7.47	10.48	0.08	35.93	5.87	1.75
AUTOMNE										
● <i>Ulva sp.</i>	15.41	3.48	2.92	0.10	41.75	9.24	0.10	17.12	3.95	0.28
● <i>Enteromorpha</i>	31.34	9.15	5.16	0.19	9.85	8.46	0.67	12.88	1.46	0.44
● <i>Bryopsis</i>	61.22	5.83	4.25	0.21	1.85	4.72	0.31	17.26	1.95	0.70
▲ <i>Fucus serratus</i>	35.18	4.90	5.05	0.30	6.34	8.84	0.24	29.12	7.88	0.77
▲ <i>Sargassum</i>	18.65	3.12	1.69	0.23	9.84	9.75	0.09	47.95	7.12	0.83
★ <i>Gracilaria</i>	24.88	2.95	2.65	0.72	3.43	3.12	0.03	53.28	7.32	0.95
★ <i>Polysiphonia</i>	50.27	6.23	5.86	0.32	2.92	3.27	0.23	23.36	3.90	0.84
△ <i>Zostera marina</i>	31.47	5.54	1.85	0.33	5.44	8.20	0.24	34.82	8.55	1.08
△ <i>Zostera noltii</i>	29.33	2.88	3.25	0.46	7.84	9.88	0.09	36.15	7.81	1.75
● CHLOROPHYCEES	▲ PHEOPHYCEES		★ RHODOPHYCEES		△ PHANEROGAMES MARINES					
Qualité des mesures	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Lim. Dét. %	0.5	0.07	0.0002	0.0005	0.08	0.0001	0.0014	0.009	1.0	0.05
Rel. St. D. %	0.014	0.014	0.010	0.010	0.016	0.010	0.010	0.010	0.03	0.010

tre les 2 saisons notamment pour *Ulva sp.* (facteur 2). Les concentrations trouvées sont 4 à 5 fois plus élevées que celles fournies par Vinogradov (1953) citant lui-même Stoklasa. Cela est peut être à mettre en relation avec la présence, dans le contexte forestier podzolique environnant, d'aluminium mobilisé par chélation, grâce aux composés organiques très puissants issus des litières forestières susceptibles de faire passer en solution des produits souvent très réfractaires (Juste 1965; Dumon *et al.* 1973; Dumon 1975 a, 1956 b; Dumon 1981). L'augmentation observée en automne pourrait être à rechercher précisément dans le lessivage de ces litières.

Toujours selon Vinogradov, les plantes terrestres de lieux humides renferment davantage d'aluminium que les végétaux strictement terrestres, c'est le cas des « seaweeds » auxquelles justement Algues et Zostères appartiennent.

Par ailleurs, les Algues fixeraient davantage de Al que de Fe. Cela se vérifie ici avec, tous genres

et toutes saisons confondus, un rapport moyen entre Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de l'ordre de 1,28 contre 20 à 30 pour Vinogradov (1953).

Les Algues vertes renferment en moyenne 7,32 % d'Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; les Algues rouges 5,38 % pour seulement 3,93 % pour les Algues brunes. Pour les Zostères même phénomène saisonnier, augmentation très sensible des valeurs de l'ordre de 20 à 30 %.

### c. Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

Au sein d'un même groupe, tant chez les Algues vertes, que rouges ou brunes, les concentrations sont souvent assez largement dispersées, aucune loi ne semblant se dégager.

A l'exception des Phéophycées qui paraissent toutes les deux mieux minéralisées en automne, les « variations saisonnières » relatives demeurent assez anarchiques.



L'amplitude des augmentations constatées est de façon générale assez élevée, sans toutefois jamais excéder 40 % en valeur relative.

Lorsqu'il y a diminution, en automne, elle reste d'amplitude limitée, ne dépassant jamais 10 %, en relatif.

Dans les Zostères et surtout pour *Zostera marina* le fer ne paraît pas constituer un élément cardinal. Dans le contexte arcachonnais elles ne renferment que rarement plus de 3 % de  $Fe_2O_3$ . *Zostera marina* paraît beaucoup mieux minéralisée au Printemps qu'en Automne. *Zostera noltii* semble assez indifférente à un éventuel effet saisonnier.

#### d. MnO

On observe une diminution des concentrations en MnO dans le groupe des Phéophycées et des Rhodophycées de l'ordre de 20 %. Les Algues vertes font exception avec une augmentation variable suivant le genre, mais pouvant atteindre 30 %.

Dans les Zostères les concentrations en MnO sont comparables à celles observées dans les Algues (entre 0,1 et 0,5 % de MnO).

Des concentrations très élevées difficilement explicables sont relevées au printemps dans les *Zostera noltii*.

Les prélèvements d'automne montrent dans les 2 cas étudiés un fléchissement très net de la concentration en MnO, entre 40 et 85 % en valeur relative, par rapport aux concentrations de printemps.

#### e. MgO

Le magnésium est important dans les Chlorophycées : *Enteromorpha sp.* (10 %) et surtout pour *Ulva sp.* chez qui nous avons pu enregistrer 46 % au printemps, mais un peu moins en automne. Quelle que soit la saison cet élément demeure chez *Ulva sp.* le composant cardinal.

Viennent ensuite les Phéophycées qui, indépendamment de la saison, en renferment de 6 % (*Fucus sp.*) à 10 % (*Sargassum sp.*).

Les Rhodophycées, bien que présentant des teneurs en MgO n'excédant pas 3,5 % montrent, en relatif, une augmentation très sensible en fonction de la saison (+ 27 % en automne).

On notera par contre pour les 3 Chlorophycées considérées un fléchissement d'à peu près 10 %, toujours en relatif, en automne.

Les Zostères renferment entre 5 et 8 % de MgO (en % de M.S.), *Zostera noltii* étant, des 2 espèces, celle qui est le mieux minéralisée en magnésium.

#### f. CaO

Les 2 groupes qui apparaissent comme étant les mieux pourvus en CaO (près de 10 %) sont les Chlorophycées et les Phéophycées. L'automne fait apparaître chez les Algues vertes (Chlorophycées) un fléchissement des concentrations de l'ordre de 10 % alors que les Phéophycées au contraire accusent un enrichissement du même ordre.

Paradoxalement, les Rhodophycées ne renferment pas plus de 5 % de CaO, mais un accroissement pouvant atteindre près de 40 % se manifeste en automne.

Les Zostères bien que *Zostera noltii* marque à cet égard un léger avantage offrent des concentrations en CaO (entre 8 et 9 %) comparables à celles observées chez celles des Algues qui sont le mieux pourvues en calcium.

#### g. TiO<sub>2</sub>

C'est l'élément le plus faible quantitativement.

Au sein d'une même classe d'Algues, les teneurs en TiO<sub>2</sub> peuvent parfois montrer des disparités considérables. Entre *Ulva sp.* et *Enteromorpha sp.* les concentrations en titane sont par ex dans le rapport de 1 à 10. Si le dernier cas est exceptionnel, plus couramment ce rapport est de l'ordre de 3 à 4. Si on note des variations saisonnières, elles ne sont pas forcément de même sens, y compris au sein des représentants d'une même classe. Cependant, les Rhodophycées enregistrent une baisse de la teneur en titane d'amplitude tout à fait comparable (7 à 8 %) en automne pour *Gracilaria sp.* et *Polysiphonia sp.* Le titane dans *Zostera marina* est 2 fois plus important que dans les *Zostera noltii*.

#### h. K<sub>2</sub>O

Le potassium pour la grande majorité du matériel algal, se situe dans l'intervalle 10-30 %. Les Algues vertes ne dépassent pas 20 %. De manière générale les Algues marines renferment des niveaux élevés en K<sup>+</sup> (D.M. Dickson *et al.*, 1980).

*Sargassum sp.* et *Gracilaria sp.* paraissent même particulièrement enrichies, K<sub>2</sub>O y atteignant 50 à 60 %. Chez ces 2 genres, et là aussi indépendamment de la saison, le potassium apparaît comme le constituant cardinal.

A l'exception des Algues vertes, dont les 3 représentants montrent entre printemps et automne, une meilleure fixation de K<sub>2</sub>O – pouvant aller jusqu'à une variation relative de l'ordre de 15 % – dans les autres classes, par contre, il n'est pas possible de dégager de tendance générale de variation due aux effets saisonniers.

Avec en moyenne, près de 36 % de K<sub>2</sub>O (en % de M.S.) les Zostères se placent parmi les végétaux du Bassin d'Arcachon les plus enrichis en potassium.



i. Na<sub>2</sub>O

Ce sont les Algues brunes, qui avec près de 8 % de Na<sub>2</sub>O se révèlent les mieux pourvues en sodium.

A l'exception de *Gracilaria sp.*, qui présente des concentrations comparables aux précédentes, les autres Algues rouges, ainsi que les vertes, se montrent nettement moins enrichies en Na<sub>2</sub>O. Comme on l'a vu précédemment *Ulva sp.*, se distingue toujours des autres Algues vertes étudiées (4 % de Na<sub>2</sub>O).

Précisément, à l'exception de *Ulva sp.*, l'ensemble du matériau algaire montre un enrichissement en sodium du prélèvement d'automne.

Bien qu'en général assez modeste, l'augmentation de Na<sub>2</sub>O peut être parfois très importante : jusqu'à 44 % chez *Enteromorpha sp.* et même 98 % chez *Polysiphonia sp.*

*Zostera marina* apparaît comme sensiblement mieux minéralisée que *Zostera noltii*, les concentrations se situant entre 6 et 9 %, exprimées en Na<sub>2</sub>O sont donc plus élevées que pour les Algues vertes ou rouges, mais par contre comparables à ce qui est observé chez les Algues brunes.

Si l'on note un fléchissement de la fixation du sodium entre printemps et automne chez *Z. marina*, c'est le processus inverse qui se manifeste pour *Z. noltii*, l'augmentation, en relatif, étant de l'ordre de 30 %.

j. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

Les concentrations en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> s'accroissent des Algues vertes, aux brunes et aux rouges, en considérant les extrêmes, dans le rapport de 1 à 3. Cela demeure vrai, quelle que soit la saison considérée.

*Ulva sp.* une fois encore mise à part, toutes les autres Algues voient en effet leurs teneurs en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> augmenter, du printemps à l'automne. Les variations relatives de concentrations atteignent leur maximum avec les Rhéophycées : + 38 % chez les sargasses.

Les concentrations observées chez *Fucus sp.* sont tout à fait comparables à celles données par L. Cayeux (1933), cité par Vinogradov (1953).

Les *Zostères* apparaissent à cet égard nettement mieux pourvues en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que n'importe laquelle des Algues étudiées ici, même si la Rhéophycée *Gracilaria sp.* se rapproche des concentrations observées chez ces Phanérogames.

Des 2 espèces présentes à Arcachon c'est *Zostera noltii* qui, avec près de 2 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, se montre la plus enrichie en phosphore. Aucune variation saisonnière ne paraît se manifester au sujet de cette espèce, alors qu'une très légère diminution en automne, se fait jour chez *Z. marina*.

## 2. Résultats généraux sur les constituants minéraux majeurs des Algues et des Phanérogames marines

## A. Algues

La comparaison entre les concentrations respectives obtenues pour les constituants minéraux majeurs des mêmes types d'Algues, récoltées au printemps et en automne, montre des différences, parfois importantes. Les phénomènes saisonniers n'y sont probablement pas étrangers.

Le plus souvent, c'est dans la récolte d'automne que l'on rencontre la meilleure minéralisation. C'est là un point commun avec les plantes supérieures continentales dont les graines offrent un poids sec plus élevé en automne que celles développées au printemps (Labanauskas *et al.*, 1965).

Ceci mis à part, la hiérarchie des constituants minéraux majeurs demeure très généralement la même pour les 2 saisons considérées (Tabl. II). L'identité de rang occupé, au printemps et en automne, est totale en particulier en ce qui concerne les 2 constituants minéraux cardinaux : SiO<sub>2</sub>, le plus souvent au premier rang, et K<sub>2</sub>O qui arrive en général en second lieu, remplaçant cependant quelquefois le silicium à la première place. Il en va de même pour P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> qui occupe dans le cortège des constituants minéraux majeurs une place beaucoup plus modeste : le 8<sup>e</sup> rang.

Tabl. II. — Hiérarchie des constituants majeurs selon la saison de prélèvement.

*Hierarchy of major constituents relative to the sampling season.*

Matériel végétal	Constituants minéraux majeurs									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
<b>ALGUES</b>										
Chlorophycées	3 ●	7	6	10	1 ●	4 ●	9	2 ●	5 ●	8 ●
<i>Ulva sp.</i>	3	6	7	9	1	4	10	2	5	8
<i>Enteromorpha sp.</i>	1 ●	5	6 ●	10 ●	3 ●	4	8 ●	2 ●	7 ●	9 ●
	1	4	6	10	3	5	8	2	7	9
<i>Bryopsis sp.</i>	1 ●	3 ●	5 ●	10 ●	6 ●	4 ●	9 ●	2 ●	7 ●	8 ●
	1	3	5	10	7	4	9	2	6	8
<b>Phéophycées</b>										
<i>Fucus sp.</i>	1 ●	6	7	9 ●	5 ●	3 ●	10 ●	2 ●	4 ●	8 ●
	1	7	6	9	5	3	10	2	4	8
<i>Sargassum sp.</i>	2 ●	6 ●	7 ●	9 ●	3 ●	4 ●	10 ●	1 ●	5 ●	8 ●
	2	6	7	9	3	4	10	1	5	8
<b>Rhodophycées</b>										
<i>Gracilaria sp.</i>	2 ●	6 ●	7 ●	9 ●	4 ●	5 ●	10 ●	1 ●	3 ●	8 ●
	2	6	7	9	4	5	10	1	3	8
<i>Polysiphonia sp.</i>	1 ●	4	3	9 ●	5 ●	6 ●	10 ●	2 ●	7 ●	8 ●
	1	3	4	9	7	6	10	2	5	8
<i>Aglaothamnion sp.</i>	1	3	4	10	6	5	9	2	7	8
	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
<b>PHANEROGAMES</b>										
<i>Zostera marina</i>	2 ●	6	7 ●	9 ●	5 ●	4 ●	10 ●	1 ●	3 ●	8 ●
	2	5	9	7	6	4	10	1	3	10
<i>Zostera noltii</i>	2 ●	8	6 ●	7 ●	4 ●	3 ●	10 ●	1 ●	5 ●	9 ●
	2	7	6	9	4	3	10	1	5	9

● Identité de rang  
 2 Mesure de Printemps  
 NP Non prélevé en Automne

\* Différence de rang > 2  
 2 Mesure d'Automne



	CHLOROPHYCEES		PHEOPHYCEES		RHODOPHYCEES		PHANEROGAMES		SEDIMENT
	moyenne sur 2 saisons	moyenne générale	moyenne sur 2 saisons	moyenne générale	moyenne sur 2 saisons	moyenne générale	moyenne sur 2 saisons	moyenne générale	
SiO <sub>2</sub>	U - 12,62 E - 50,61 B - 60,56	41,26	F - 34,82 S - 17,97	26,39	G - 22,18 P - 48,30 A - 44,56•	35,24	Zm - 31,74 Zn - 28,64	30,19	63,93
K <sub>2</sub> O	U - 16,64 E - 11,94 B - 16,82	15,13	F - 28,94 S - 48,50	38,72	G - 55,13 P - 21,30 A - 19,66•	38,21	Zm - 34,96 Zn - 36,04	35,50	2,00
MgO	U - 44,23 E - 10,27 B - 1,99	18,83	F - 6,21 S - 10,03	8,12	G - 3,28 P - 2,61 A - 3,16•	2,94	Zm - 5,74 Zn - 7,65	6,69	1,73
CaO	U - 9,49 E - 8,76 B - 5,00	7,75	F - 8,54 S - 9,55	9,04	G - 2,91 P - 2,82 A - 5,09•	2,86	Zm - 7,87 Zn - 10,18	9,02	1,47
Na <sub>2</sub> O	U - 4,01 E - 1,23 B - 1,79	2,35	F - 7,69 S - 7,01	7,35	G - 7,26 P - 2,93 A - 2,46•	5,10	Zm - 8,76 Zn - 6,84	7,80	1,53
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	U - 2,56 E - 8,68 B - 5,96	5,73	F - 5,12 S - 2,75	3,93	G - 2,60 P - 5,82 A - 10,10•	4,21	Zm - 4,85 Zn - 2,62	3,73	9,68
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	U - 2,53 E - 5,19 B - 4,48	4,07	F - 4,74 S - 1,55	3,14	G - 2,27 P - 5,97 A - 7,75•	4,12	Zm - 2,27 Zn - 3,16	2,71	4,33
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	U - 0,33 E - 0,38 B - 0,69	0,47	F - 0,68 S - 0,71	0,69	G - 0,90 P - 0,81 A - 0,93•	0,85	Zm - 1,11 Zn - 1,75	1,43	0,12
MnO	U - 0,10 E - 0,17 B - 0,18	0,15	F - 0,32 S - 0,24	0,28	G - 0,76 P - 0,36 A - 0,42•	0,56	Zm - 0,43 Zn - 1,75	1,09	0,04
TiO <sub>2</sub>	U - 0,08 E - 0,68 B - 0,30	0,35	F - 0,24 S - 0,07	0,15	G - 0,03 P - 0,24 A - 0,44•	0,13	Zm - 0,22 Zn - 0,08	0,15	0,54

U = Ulva sp.F = Fucus sp.G = Gracilaria sp.Zm = Zostera marinaE = Enteromorpha sp.S = Sargassum sp.P = Polysiphonia sp.Zn = Zostera noltiiB = Bryopsis sp.A = Aglaothamnion sp.

• valeur non incluse dans la moyenne générale ( pas d'échantillonnage d'Automne )

Tabl. III. – Moyennes des constituants majeurs : Algues, Zostères et sédiment (en % de M.S.).

Mean concentrations of major components : Algae, Zostera and sediment.



Ces 3 constituants mis à part, il n'y a pas véritablement toujours identité des rangs aux 2 saisons considérées, mais les disparités constatées sont mineures et peuvent surtout tenir à des variations des concentrations en éléments dosés, négligeables, car de l'ordre de l'erreur sur la mesure. Il en est ainsi pour CaO, MnO et TiO<sub>2</sub>, pour lesquels la disparité de rang constatée entre les 2 saisons étudiées ne se produit qu'une seule fois sur les 7 cas possibles. Le 8<sup>e</sup> végétal : *Aglaothamnion sp.* n'a malheureusement pu être totalement pris en compte en raison de l'absence de prélèvement d'automne. Il figure cependant dans le tableau II, ce qui renseigne au moins sur la hiérarchie des éléments dans cette Algue, et peut à ce titre ne pas être dénué d'intérêt, même si du fait de cette carence, d'éventuels facteurs de fixation saisonniers ne peuvent être cernés, pour cette Algue rouge.

Pour Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> la fréquence de la disparité des rangs devient plus importante : 3 fois sur 7 pour Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 4 fois sur 7 pour Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Les rangs occupés par ces éléments changent donc selon la saison prise en compte, mais ne sont séparés que par une seule unité.

Il en va différemment pour MgO et Na<sub>2</sub>O, en particulier chez *Polysiphonia sp.* où ces constituants occupent, selon la saison considérée, le 5<sup>e</sup> ou le 7<sup>e</sup> rang des composants minéraux majeurs présents dans ces matériaux algaires, l'écart entre les rangs occupés successivement demeurant limité.

Pour un matériel végétal aussi varié que Chlorophycées, Phéophycées et Rhodophycées, le tableau II illustre les relations mutuelles des constituants minéraux majeurs tout en montrant la plus ou moins grande dispersion de rangs que peut occuper, selon la classe d'Algues considérée, un constituant donné. A titre de comparaison nous avons utilisé le même type de représentation pour les constituants des Zostères, et pour le substrat de ces divers végétaux.

Le tableau III comporte, pour chaque constituant majeur, et pour chacun des divers représentants d'une classe d'Algues, la moyenne des concentrations observées sur deux saisons. Ceci permet de juger de la dispersion des valeurs au sein d'une même classe. La moyenne générale, toutes saisons et tous représentants d'une même classe confondus, fournit pour chaque constituant une donnée, certes un peu schématique, mais qui se veut synthétique.

## B. Zostères

Chez *Zostera marina* et *Zostera noltii*, quelle que soit la saison, c'est K<sub>2</sub>O qui domine (tabl. II), SiO<sub>2</sub> venant toujours au 2<sup>e</sup> rang. Cumulés, ces 2 constituants représentent entre 60 et 70 %, en poids de M.S., de l'ensemble des éléments ma-

jeurs. Ces 2 éléments cardinaux exceptés, la constitution chimique des 2 espèces de Zostéracées se révèle cependant très différente. En ce qui concerne *Z. noltii*, les autres constituants se classent dans l'ordre suivant :

CaO 3<sup>e</sup> rang, MgO : 4<sup>e</sup> rang, Na<sub>2</sub>O : 5<sup>e</sup> rang, F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 6<sup>e</sup> rang, ceci, quelle que soit la saison.

Ceux qui suivent sont selon le cas : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO ou P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, et leur rang peut varier selon la période de récolte. Quelle que soit celle des deux saisons envisagées le constituant minéral le moins abondant (10<sup>e</sup> rang) est TiO<sub>2</sub>.

En ce qui concerne *Z. marina* les constituants minéraux majeurs occupent un ordre différent de celui qui vient d'être décrit :

Na<sub>2</sub>O au 3<sup>e</sup> rang, CaO au 4<sup>e</sup> rang

Les 6 éléments restant paraissent, a priori, largement affectés par les périodes de récolte, leur rang respectif pouvant varier parfois de plusieurs points selon la saison. C'est le cas de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ou de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> qui, en automne, sont supplantés par d'autres éléments. Au contraire, pour MnO et TiO<sub>2</sub>, l'automne paraît plus favorable à leur fixation puisque leurs rangs respectifs deviennent meilleurs durant cette saison.

REMERCIEMENTS : Nous remercions Mlle I. Aubry (Institut de Biologie Marine d'Arcachon), pour sa contribution à ce travail.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALZIEU D., Y. THIBAUD, M. HERAL & R. BOUTIER, 1980. Evaluation des risques dus à l'emploi des peintures antisalissures dans les zones conchylicoles. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* **44** (4) : 305-348.
- ALZIEU C., M. HERAL, Y. THIBAUD, M.J. DARDIGNAC & M. FEUILLET, 1982. Influence des peintures antisalissures à base d'organostanniques sur la calcification de la coquille de l'huître *Crassostrea gigas*. *Rev. Trav. Inst. Pêches marit.* **45** (2) : 101-116.
- CARRUESCO C., P.J. LABOURG, Y. LAPAQUELLERIE & D. PRUNIER, 1982. Impact of Zinc and Tin in the intertidal environment of a lagoon ecosystem : the Arcachon Bay (France). Intern. Symp. on utilisation of coastal ecosystem : planing, pollution and productivity, Rio Grande, R.S.-Brazil. *Atlantica* (Abstr.) **5** (2) : 23-24.
- CARRUESCO C., Y. LAPAQUELLERIE, P.J. LABOURG & D. PRUNIER, 1986. Impact des métaux lourds sur un environnement lagunaire : le Bassin d'Arcachon. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine* **39** : 85-93.
- CARBONEL P., C. CARRUESCO, J.C. DUMON, J. GAYET, R. CUIGNON, A. KLINGEBIEL. Bilan des connaissances sur le delta de l'Eyre; cadre physique : approche géologique, hydrologie du Delta. Public. Parc Naturel Régional des Landes de Gascogne (sous presse).



- DICKSON D.M., R.G. WYNJONES & J. DAVENPORT, 1980. Steady state osmotic adaptation in *Ulva lactuca*. *Planta* **150** : 158-165.
- DUMON J.C., 1972. Résultats du fractionnement de la matière organique humifiée extraite de sédiments fluviaux, lagunaires et marins. *Bull. Inst. Géol. Bassin Aquitaine* **12** : 15-23.
- DUMON J.C., Y. LAPAUQUERIE & C. LA-TOUCHE, 1973. Sur la présence et l'origine pédologique possible des ilménites de la zone du Pyla (Gironde). *C.R. Acad. Sci.* **276** : 889-892.
- DUMON J.C., 1975 a. Action d'acides organiques divers sur un minéral titané. Comparaison de leur pouvoir d'extraction du titane avec celui d'acides minéraux. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine* **17** : 95-100.
- DUMON J.C., 1975 b. Solubilisation du titane du rutile sous l'action de l'acide oxalique. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine* **18** : 13-17.
- DUMON J.C., 1978. Caractéristique de quelques profils pédologiques de la grande lande. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine* **24** : 147-178.
- DUMON J.C., 1981. Comportement du titane dans les phénomènes d'altération et de sédimentation sous différents climats. Esquisse d'un cycle biogéochimique. Thèse Doc. Etat, Univ. Bordeaux I, n°178, 296 p., 50 tabl., 63 fig., 10 pl photos, 23 p. d'annexes.
- DUMON J.C., 1986. Environnement pédologique du Bassin d'Arcachon et des lacs landais : éléments majeurs, mineurs et traces des podzols des Landes de Gascogne et du Médoc. Données préliminaires. *Bull. Inst. Géol. Bassin d'Aquitaine* **39** : 117-134.
- JUSTE C., 1965. Contribution à l'étude de la dynamique de l'aluminium dans les sols acides du Sud-Ouest atlantique : application à leur mise en valeur. Thèse Ing. Doct., Nancy, n°427, INRA. 1966. 143 p., 27 fig., 39 tabl.
- LABANAUSKAS C.K., L.H. STOLZY, L.J. KLOTZ & T.A. DEWOLFE, 1965. Effects of soil temperature and oxygen on the amount of macronutrients and micronutrients in citrus seedlings (*Citrus sinensis* var. *Bessie*). *Soil Sc. Soc. Amer. Proceed.* **29** (1) : 60-64.
- VINOGRADOV A.P., 1953. The elementary chemical composition of marine organisms. Sears Foundation for marine research. Yale, University n°II, 647 p.
- WASSERMAN J.C. Etude de la dynamique des métaux chez *Zostera nana*, dans la lagune d'Arcachon (France) (en préparation).

Reçu le 9 juin 1989 ; received June 9, 1989  
Accepté le 28 novembre 1989 ; accepted November 28, 1989