

Comité du Vieux Marseille

**Caulerpa taxifolia,
Caulerpa racemosa
et les autres espèces introduites
en Méditerranée :
faut-il s'inquiéter ?**

Prof. Charles-François BOUDOURESQUE

**Directeur de l'UMR 6540 CNRS
Centre d'Océanologie de Marseille
Université d'Aix-Marseille 2**

Marseille, Mai 2000

Document édité par : GIS Posidonie, Parc scientifique et technologique de Luminy, case 901, 113288 Marseille cedex 9, France. Tél. 04 91 82 91 30. Fax 04 91 41 12 65.

Qu'est-ce qu'une espèce introduite ?

Une espèce introduite est une espèce qui se **naturalise**, du fait de **l'homme**, dans une région où elle **n'existait pas** auparavant. Par ailleurs, il existe une **discontinuité** géographique entre sa région d'origine et sa région d'introduction.

Une espèce exotique non naturalisée n'est donc pas une espèce introduite. Les espèces que l'homme cultive ou élève, mais qui ne sont pas capables, en son absence, de donner naissance à des populations autonomes, durables, se reproduisant et donnant naissance à des générations successives, ne sont donc pas "introduites". Le géranium, la tomate, la pomme de terre, etc. sont dans ce cas.

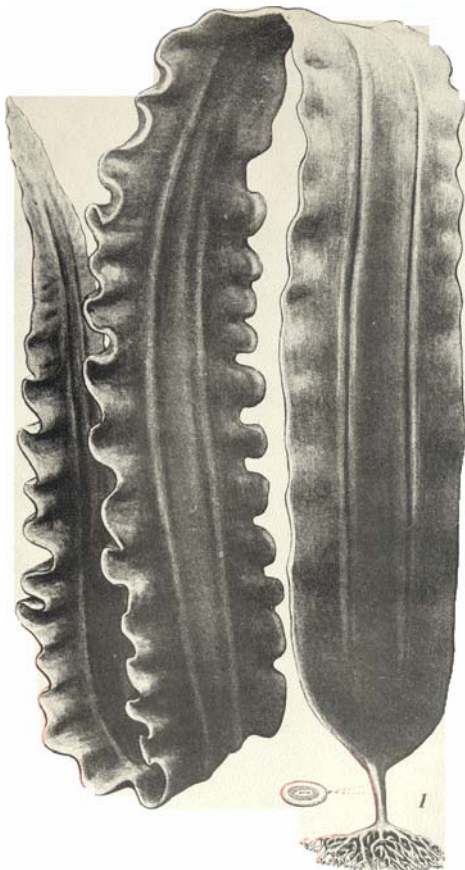


Fig. 1. La grande algue brune *Laminaria japonica* (plus de 1 m de longueur) est originaire du Japon, dont elle est endémique. Depuis les années 70, elle est introduite dans l'étang de Thau (Hérault). Elle y est arrivée sous forme de juvéniles (gamétophytes) avec du naissain d'huître *Crassostrea gigas*, importé du Japon par les ostréiculteurs.

L'homme est, directement ou indirectement, à l'origine de l'introduction. Parler d'introductions "naturelles" est donc un non-sens. Certes, il peut arriver qu'un oiseau, égaré loin de son

aire de répartition, transporte avec lui un insecte ou un fragment d'algue, mais il s'agit d'un phénomène rarissime, qui se situe à une autre échelle de temps que celle des introductions d'espèces, celle, très lente, des temps géologiques.

L'extension de l'aire d'une espèce indigène, qui la conduit à occuper, temporairement ou non, une région marginale où elle n'était pas présente, ne constitue pas une introduction. Par conséquent, lorsque la girelle paon *Thalassoma pavo*, petit poisson commun dans le Sud de la Méditerranée, en Sardaigne et aux Baléares, étend son aire de répartition jusqu'en Corse et dans le Var, à la suite de quelques années particulièrement chaudes, il ne s'agit pas d'une introduction. Du reste, quelques années plus froides lui feront abandonner ces dernières régions, comme cela s'est produit plusieurs fois au cours du 20^e siècle.

Quelles sont les causes des introductions d'espèces ?

En milieu marin, les causes d'introduction d'espèces sont : (1) Le **fouling** et le **clinging**. Ce sont les organismes fixés (fouling) ou mobiles (clinging) qui voyagent sur les coques des navires. (2) Les eaux de **ballast**. Lorsque les cargos ou les pétroliers font un voyage de retour à vide, ils remplissent d'eau de mer leurs ballasts, pour assurer leur stabilité, et les vident au point de chargement. Des millions de mètres cubes d'eau, avec tous les organismes qu'elle contient, sont ainsi transportés d'un bout à l'autre de la planète. C'est l'origine de l'introduction de *Mnemiopsis leidyi* (Fig. 2). (3) Les introductions **délibérées** d'espèces intéressantes pour l'aquaculture. (4) Les introductions accidentelles d'espèces accompagnatrices d'espèces **aquacoles**. C'est le cas, par exemple, de *Laminaria japonica* dans l'étang de Thau (Fig. 1). (5) Les **aquariums**. Le cas de l'algue verte tropicale *Caulerpa taxifolia* est bien connu (Fig. 5).

En Méditerranée, les principales causes d'introductions sont le fouling et les espèces accompagnatrices d'espèces aquacoles. En Méditerranée orientale, principalement de l'Égypte à la Syrie, le percement du Canal de Suez, qui met en communication la Mer Rouge et la Méditerranée depuis 1869, constitue une source supplémentaire, particulièrement importante, d'introductions.

La cause précise d'une introduction d'espèce n'est pas toujours connue avec précision. C'est

le cas par exemple de l'algue verte *Caulerpa racemosa*, dont une variété résistante au froid colonise le Nord de la Méditerranée depuis le début des années 1990.



Fig. 2. Le Cténaire *Mnemiopsis leidyi* (sorte de méduse), originaire de l'Atlantique américain, a été introduit en Mer Noire au début des années 1980. Il y a rapidement proliféré, se nourrissant en particulier d'œufs et de larves de poissons, et est considéré comme responsable, au moins en partie, de l'effondrement de la pêche en Mer Noire.

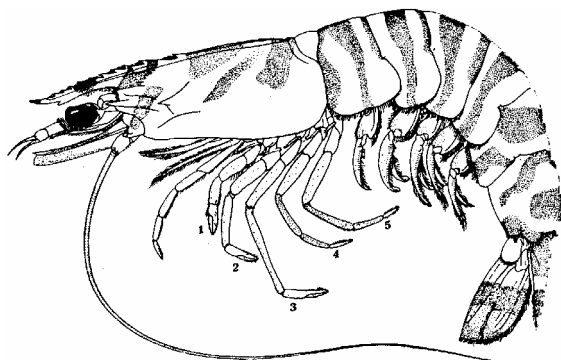


Fig. 3. La grande crevette *Penaeus japonicus* est entrée en Méditerranée orientale par le canal de Suez. Elle y a remplacé l'espèce indigène *P. kerathurus*. Certains chercheurs, soulignant qu'elle est activement pêchée, utilisent son exemple pour illustrer le fait que certaines espèces introduites peuvent être économiquement intéressantes. En fait, l'espèce qu'elle a remplacé était également pêchée et présentait une abondance et un intérêt économique identiques. Le bilan économique est donc simplement neutre.

Combien sont-elles ?

En Méditerranée, il y a actuellement environ **400** espèces introduites. Si on considère que

l'on y a recensé 12 000 espèces, cela représente **3%** du total. Pour les algues, ce pourcentage se monte à **5%**.

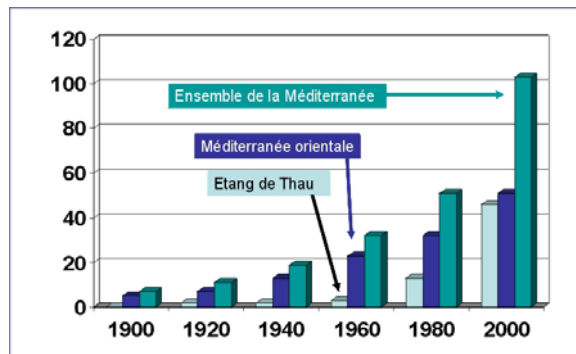


Fig. 4. Evolution du nombre d'algues marines introduites en Méditerranée, par périodes de 20 ans. D'après Ribera et Boudouresque (1995, mis à jour par Verlaque et Boudouresque).

La Méditerranée constitue l'une des régions du monde où le pourcentage d'espèces introduites est le plus élevé. Cette mer apparaît donc comme particulièrement **vulnérable**. Ceci s'explique en partie par l'importance du commerce maritime mondial qui passe par ses eaux, par les pratiques de l'aquaculture en France et par la **législation très laxiste**, sinon inexistante, des pays méditerranéens en matière de prévention des introductions.

Depuis la fin du 19^e siècle, le nombre d'espèces introduites en Méditerranée **double tous les 20 ans** (Fig. 4). Le phénomène est donc toujours en phase d'accélération, contrairement à d'autres problèmes environnementaux, que l'on a réussi à stabiliser ou pour lesquels il y a amélioration perceptible.

Si l'on considère les pays où arrivent les espèces introduites, on se rend compte que la France est le principal pays d'introduction en Europe. Dans le cas des algues marines, plus de 50% d'entre-elles ont eu la France pour point d'arrivée. Par la suite, naturellement, elles se sont répandues chez nos voisins.

Les conséquences écologiques

Lorsqu'une espèce introduite présente un impact écologique et/ou économique sérieux, on dit qu'elle est **invasive**. En moyenne, au moins 10% des espèces introduites se comportent en invasives.

Toutefois, pour la plupart des espèces introduites en Méditerranée, on n'a pas réellement étudié leur impact écologique ou économique.

C'est le cas par exemple de l'algue verte *Caulerpa racemosa*.

Une espèce introduite peut plus ou moins **remplacer** une espèce indigène dont la niche écologique est proche. C'est le cas de la crevette *Penaeus japonicus* le long des côtes d'Israël (Fig. 3). Dans les cas extrêmes, elle peut aboutir à son **extinction**.

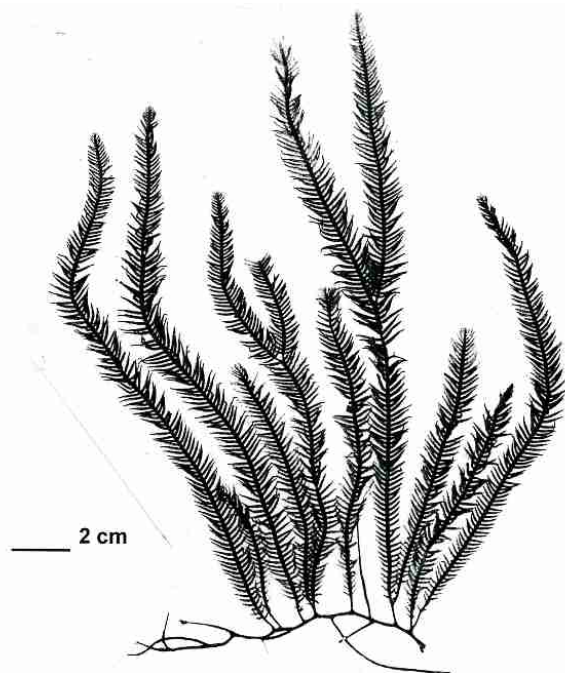


Fig. 5. L'algue verte *Caulerpa taxifolia*, d'origine tropicale, s'est échappée d'un aquarium. La souche qui colonise la Méditerranée est en fait adaptée à ses eaux relativement froides, puisqu'elle survit jusqu'à, au moins, 6°C. Ses feuilles peuvent mesurer 20-30 (jusqu'à 70) cm de hauteur. Elle constitue des peuplements très denses dans les Alpes-Maritimes et en Ligurie italienne. Elle est également présente dans le Var, les Pyrénées-Orientales, aux Baléares, en Toscane en Sicile et en Croatie. Figure d'après Boudouresque *et al.* (1995)

Quand l'espèce introduite s'installe dans une niche écologique vacante, ou peu occupée, elle peut bouleverser le **fonctionnement** des écosystèmes indigènes. C'est le cas par exemple des poissons herbivores *Siganus*, en Méditerranée orientale (Fig. 6). En effet, la Méditerranée est une mer caractérisée par la relative rareté des herbivores, de telle sorte que les algues n'y ont pas développé de défenses chimiques contre les herbivores, contrairement aux algues des mers tropicales par exemple.

Lorsqu'une espèce introduite est très dominante, et qu'elle monopolise l'espace et le substrat, comme le fait *Caulerpa taxifolia* (Fig. 5), on observe une diminution de la diversité spé-

cifique (**biodiversité**). Dans le cas de *C. taxifolia*, cette diminution concerne principalement les algues, les poissons, les oursins, les polychètes et les crustacés amphipodes ; en revanche, les mollusques et la faune microscopique – la méiofaune – semblent peu affectés.

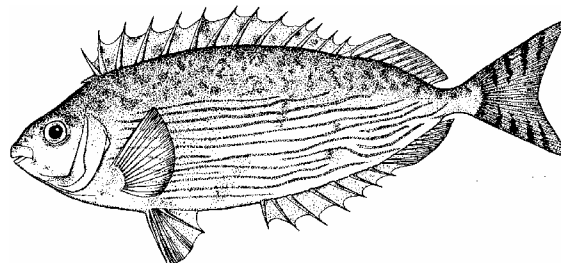


Fig. 6. Le poisson-lapin, *Siganus rivulatus*, originaire de Mer Rouge, mesure 20-30 cm de longueur. Il est entré en Méditerranée orientale après le percement du canal de Suez et est aujourd'hui commun en Israël, au Liban et dans le Sud de la Turquie. C'est un herbivore vorace. Figure d'après Bauchot (1987).

Enfin, l'impact d'une espèce introduite peut ne pas seulement réduire la diversité des espèces, mais aussi la diversité des écosystèmes (**écodiversité**). En Méditerranée nord-occidentale, les peuplements à *Caulerpa taxifolia* remplacent plus d'une dizaine d'écosystèmes, entre le voisinage de la surface de la mer et 20-30 m de profondeur. On aboutit ainsi à une **uniformisation** du paysage sous-marin.

On **hiérarchise** la gravité des impacts sur l'environnement en fonction du temps nécessaire pour un retour à l'état initial :

- Court terme : de 1 jour à 1 mois.
- Moyen terme : de 1 mois à 1 an.
- Long terme : de 1 an à 10 ans.
- Pluri-décennal : de 10 ans à 100 ans.
- Pluri-centennal : de 100 à 1000 ans.
- Irréversible à l'échelle humaine.

Les espèces introduites, comme les disparitions d'espèces, les urbanisations gagnées sur la mer et la pollution radioactive, se situent parmi les impacts les plus graves, en raison de leur quasi-irréversibilité à l'échelle humaine.

Les conséquences économiques

Le coût économique des espèces introduites est souvent négligé, car il est **externalisé** : les responsables des introductions, que l'on ne peut ou qu'on ne veut pas identifier, ne sont pas ceux qui en paient les conséquences ; celles-ci sont habituellement supportées par la société toute entière, ou par certaines catégories d'usagers.

En Mer Noire, l'effondrement de la pêche au large est attribué à l'introduction de *Mnemiopsis leidyi* (Fig. 2). En Israël, la grande méduse *Rhopilema nomadica*, qui occasionne de graves brûlures, oblige à fermer certaines plages. Aux Etats-Unis, toutes espèces confondues (milieu marin et continental), le coût économique dû aux espèces introduites vient d'être évalué à au moins 20 milliards de \$ par an.

Quand une espèce introduite fait l'Histoire

Entre 1845 et 1850, un champignon sans doute originaire du Pérou, *Phytophthora infestans*, a détruit la plus grande partie des cultures de pomme-de-terre d'Europe occidentale. En Irlande, dont l'agriculture reposait sur la monoculture de la pomme-de-terre, ce champignon a été à l'origine de ce qui est resté dans l'Histoire sous le nom de "**la grande famine**". Cette terrible famine a causé **1 million** de morts et a jeté à la mer **2 millions** d'émigrants, principalement en direction de l'Amérique du Nord. Une famille irlandaise des comtés de Wexford et de Kerry, du nom de Kennedy, faisait partie de ce premier "boat people" des temps modernes. Un de leurs descendants, John Kennedy, sera élu Président des Etats-Unis d'Amérique en 1960.

Les conséquences économiques de l'expansion de *Caulerpa taxifolia* sont encore, plus ou moins, du domaine des hypothèses. Un impact sur la plongée sous-marine, l'un des moteurs du développement du tourisme en Méditerranée, semble bien se dessiner dans les Alpes-maritimes. Par ailleurs, la pêche artisanale pourrait également être affectée. En effet, *C. taxifolia*, en s'accrochant aux filets, les rend visibles aux poissons qui peuvent ainsi les éviter. En outre, sur les fonds rocheux et dans les herbiers de posidonies colonisés, la biomasse des poissons (poids de poisson, en g/m²) est diminuée de moitié, en moyenne.

Que peut-on faire ?

Il est très difficile, et le plus souvent impossible, d'**éradiquer** une espèce introduite.

Il est donc clair que la **prévention** des introductions est essentielle. La France, en la matière, comparée aux autres grands pays développés, apparaît comme l'un des pays les plus laxistes. A vrai dire, sa législation est

quasi-inexistante. Pourtant, s'il n'est pas possible d'éviter toutes les introductions, il apparaît que 90% d'entre-elles pourraient être facilement évitées, sans contraintes excessives pour le public comme pour les usages économiques. Autant que l'on sache, l'Australie et les Etats-Unis, dont les législations sont pourtant très strictes, ne sont pas perçus comme des enfers réglementaires !

Une fois qu'une espèce est introduite, s'il n'est guère possible de l'éradiquer, il peut s'avérer nécessaire de la **contrôler**, c'est-à-dire d'en limiter l'expansion dans des limites acceptables.

C'est ce qu'il conviendrait de faire dans le cas de *Caulerpa taxifolia* : l'empêcher de progresser dans des espaces à haute valeur patrimoniale, tels que le Parc National de Port-Cros, et la contenir dans les régions où elle est fortement implantée (Côte d'Azur et Ligurie italienne), en surveillant les régions où elle n'est pas encore présente (Corse, Bouches-du-Rhône, etc.). Des méthodes de contrôle, certes perfectibles, existent pour éliminer ou stabiliser les colonies nouvellement installées.

Or, en ce qui concerne les espèces introduites, les gestionnaires en charge de l'environnement exigent le **tout-ou-rien** : soit on sait éradiquer à 100%, soit on ne fait rien. Et donc ils ne font rien (à l'exception du Parc National de Port-Cros).

Cette attitude est irrationnelle. En effet, chacun sait qu'en matière d'impacts environnementaux, **le traitement est toujours partiel**, ou très partiel. On n'élimine pas la pollution, on la réduit ; dans la lutte contre une marée noire, on ne récupère le plus souvent qu'une petite partie des hydrocarbures déversés. La lutte contre les incendies de forêt est un éternel recommencement.

Le grand bêtisier des introductions d'espèces

A propos des introductions d'espèces, on entend parfois des affirmations bien étranges, dites par des personnes non spécialistes, ce qui est bien excusable, mais aussi par de hauts responsables d'administrations en charge de l'environnement, ou même par des scientifiques. Il n'est donc pas inutile de les passer en revue.

"Que serions nous sans les espèces introduites ? la tomate, la pomme de terre, etc.". La

tomate, la pomme-de-terre, comme la quasi-totalité des espèces cultivées et élevées, ne sont pas des espèces introduites (elles ne sont pas capables de se maintenir durablement sans l'aide de l'homme). C'est même exactement le contraire ! C'est une espèce introduite du Pérou, parasite de la pomme-de-terre (le champignon *Phytophthora infestans*), qui serait à l'origine de la plus grande famine d'Europe (Irlande, 19^e siècle ; voir encadré page 6).

"Une espèce introduite, ça fait une espèce de plus. C'est donc bon pour la biodiversité". La biodiversité, ce n'est pas seulement le nombre des espèces : c'est aussi la diversité des écosystèmes, des paysages. C'est surtout l'originalité des flores et des faunes entre les différentes régions. C'est donc tout le contraire de l'homogénéisation planétaire qui pourrait résulter des introductions d'espèces. Par ailleurs, les introductions d'espèces constituent, à l'échelle mondiale, la première cause de disparition d'espèces (devant la perte d'habitat) : plus de la moitié des extinctions d'espèces dues à l'homme, et dont la cause est connue, sont dues à une espèce introduite. La biodiversité, ce n'est pas le zoo de Vincennes !

"Après une phase de prolifération initiale, une espèce introduite décline toujours". C'est parfois le cas, mais c'est plutôt rare. Dans la plupart des cas, une espèce introduite cesse son expansion quand elle a atteint la totalité des biotopes et de l'aire géographique accessibles. Quand un déclin se produit, il est souvent dû à l'extermination de sa proie par l'espèce introduite : exemple du *Phylloxera* et de la vigne européenne, à la fin du 19^e siècle.

"Elle finira par s'intégrer à l'écosystème". C'est une évidence : l'espèce introduite s'intègre immédiatement à un écosystème, ou à un écosystème modifié, ou à un nouvel écosystème qu'elle crée. Si l'on introduisait le lion en forêt de Fontainebleau ou en Provence (il semble qu'il pourrait tout-à-fait y survivre), il s'intégrerait à son nouvel écosystème et modifierait son régime alimentaire, remplaçant les antilopes par les chevreuils et les sangliers, éventuellement quelques promeneurs.

"Quand elle aura achevé sa phase d'expansion, un nouvel équilibre s'établira". Certes ! Dans une situation plus ou moins stable, il s'établit **toujours** un équilibre. Il existe un équilibre au fond d'un bassin portuaire, dans la zone de rejet d'un émissaire urbain, dans la décharge de Marseille (à Entressen, plaine de

la Crau), et même dans les zones dites de "non-droit" de certaines banlieues dites "difficiles". La question de savoir si un nouvel équilibre s'établira n'est donc pas la bonne. La bonne question est : voulons nous de ce nouvel équilibre ?

"Le réchauffement de la Méditerranée explique l'arrivée des espèces introduites". Le réchauffement actuel des eaux méditerranéennes est estimé à quelques dixièmes de degré, moins d'un degré dans tous les cas. Dans le Nord de l'Adriatique et de la Méditerranée occidentale, dont la température hivernale des eaux de surface se situe entre 9 et 12°C, on est donc encore très loin d'une situation tropicale (on dit d'une mer qu'elle est "tropicale" quand sa température hivernale ne descend pas en dessous de 20°C). Le réchauffement actuel de la Méditerranée, pour préoccupant qu'il soit, n'explique donc absolument pas les espèces introduites. Tout au plus, permet-il à des espèces indigènes, déjà présentes, d'étendre un peu vers le Nord leur aire de répartition (voir page 3). Du reste, en Méditerranée occidentale, la quasi-totalité des espèces introduites ne proviennent pas de mers tropicales, mais de régions dont le climat des eaux est comparable à celui de la Méditerranée (Japon, Sud de l'Australie, Amérique du Nord, etc.).

Quelques références

BAUCHOT M.L., 1987. Poissons osseux. *Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche : Méditerranée et mer Noire, zone de pêche 37, Révision 1, volume 2*. FISCHER W., SCHNEIDER M., BAUCHOT M.L. édit., FAO publ., Ital. : 845-885.

BOUDOURESQUE C.F., 1999. Introduced species in the Mediterranean : routes, kinetics and consequences. *Proceedings of the workshop on invasive Caulerpa in the Mediterranean*. Heraklion, Crete, Greece, 18-20 March 1998. UNEP publ., Athens, Greece : 51-72.

BOUDOURESQUE C.F., 1999. The Red Sea – Mediterranean link : unwanted effects of canals. Pp. 213-228, in : *Invasive species and biodiversity management*, SANDLUND O.T., SCHEI P.J., VIKEN A. (eds), Kluwer Academic publ.

BOUDOURESQUE C.F., MEINESZ A., RIBERA M.A., BALLESTEROS E., 1995. Spread of the green alga *Caulerpa taxifolia* (Caulerpales, Chlorophyta) in the Mediterranean : possible

consequences of a major ecological event.
Scientia marina, 59 (suppl. 1) : 21-29.

MEINESZ A., 1999. Killer algae. The true tale of a biological invasion. The University of Chicago Press, Chicago and London : i-xvi + 1-360 + 4 pl.

MEINESZ A., COTTALORDA J.M., CHIAVERINI D., CASSAR N., VAUGELAS J. de, 1998. Suivi de l'expansion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée : situation au 31 décembre 1997. LEML (UNSA) and GIS Posidonie publ., Fr. : 1-238.

RIBERA M.A., BOUDOURESQUE C.F., 1995. Introduced marine plants, with special reference to macroalgae : mechanisms and impact. *Progress in phycological Research*, ROUND F.E. and CHAPMAN D.J. edit., Biopress Ltd publ., UK , 11 : 187-268.