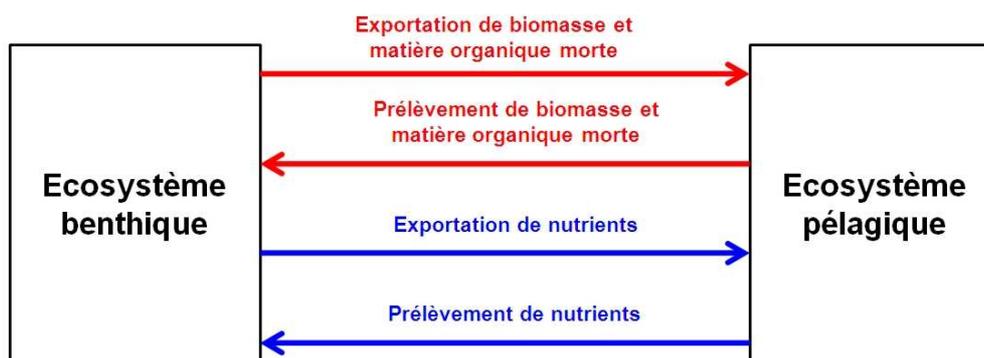


**Sujet de Charles F. Boudouresque.** Les écosystèmes benthiques peuvent-ils contrôler (partiellement ou fortement) les écosystèmes pélagiques ? Quels sont les processus qui permettent ce contrôle ? Donner des exemples précis tirés des différents écosystèmes étudiés.

## 1. Introduction

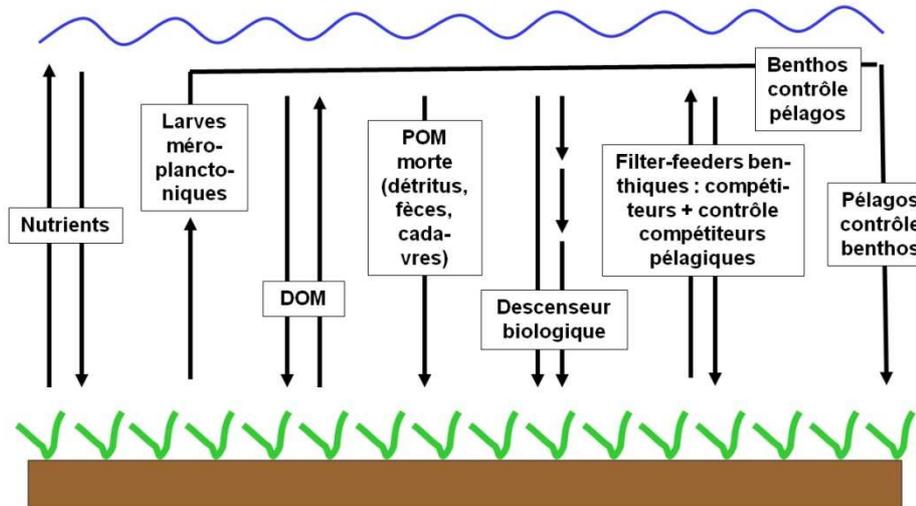
Un écosystème (A) contrôle un autre écosystème (B) s'il a une forte influence sur ce dernier. Ce contrôle peut s'opérer de deux façons opposées :

- En y exportant des nutriments (azote minéral, phosphore minéral), de la biomasse (matière organique vivante) ou de la matière organique non vivante (sous forme de carbone organique dissous *Dissolved Organic Carbon* DOC, de matière organique particulaire, etc.). Les nutriments exportés par A peuvent être à la base de la production primaire, ou d'une partie de la production primaire de B. La biomasse et la matière organique non-vivante exportées par A peuvent être à la base d'une partie du réseau trophique de B.
- En y prélevant des nutriments, de la biomasse ou de la matière organique non-vivante. Les nutriments prélevés par A peuvent faire défaut à B, si les nutriments y sont un facteur limitant. La biomasse et la matière organique non-vivante prélevées par A échappent au réseau trophique de B.



Le contrôle des écosystèmes pélagiques par des écosystèmes benthiques s'inscrit dans un cadre plus large, celui du couplage entre benthos et pélagos (figure page suivante).

Ici, nous considérerons le contrôle des écosystèmes pélagiques par des écosystèmes benthiques. Dans certains cas, l'écosystème benthique et l'écosystème pélagique ne sont pas distincts (= constituent un écosystème unique) ; c'est le cas en particulier des lagunes ; il n'en sera donc pas question ici.



## 2. Exportation de nutriments du benthos vers l'écosystème pélagique

L'uptake de nutriments par les racines, dans le sédiment, peut dépasser les besoins de la Magnoliophyte benthique. La Magnoliophyte relargue alors les nutriments en excès dans la colonne d'eau. L'écosystème à *Zostera marina* de la baie de Chesapeake (USA) constitue ainsi la principale source de phosphore minéral de l'écosystème pélagique.

## 3. Exportation de biomasse et de matière organique morte benthique vers l'écosystème pélagique

Dans l'écosystème à *Macrocystis pyrifera*, les oursins benthiques *Strongylocentrotus* sont consommés par des loutres, elles-mêmes proies des orques ou des requins, visiteurs appartenant à l'écosystème pélagique du large. Cela contribue à enrichir l'écosystème pélagique.

Les **larves méroplanctoniques** sont les larves d'organismes benthiques qui vivent dans le pélagos, pendant quelques jours à plusieurs mois. Lors de leur métamorphose en individus juvéniles, ces derniers coulent et retournent donc vers le benthos. Pendant leur séjour dans l'écosystème pélagique, (i) ces larves constituent une source de nourriture pour les prédateurs pélagiques ; il y a donc exportation de biomasse du benthos vers le pélagos (ii) par ailleurs, ces larves s'alimentent aux dépens d'organismes pélagiques ; elles y prélèvent donc une partie de la production, qu'elles exporteront (lors de leur métamorphose) vers le benthos. Tous les écosystèmes benthiques étudiés comportent des Métazoaires à larves méroplanctoniques.

Les Magnoliophytes marines **exsudent** (*leaching*) dans la colonne d'eau une partie de leur production primaire sous forme de **DOC** (*Dissolved Organic Carbon*). Cette DOC joue un rôle important dans le budget énergétique des écosystèmes pélagiques côtiers. C'est le cas au dessus des herbiers à *Posidonia oceanica* : la DOC issue de *P. oceanica* permet de boucler un budget déficitaire (l'écosystème pélagique, déficitaire, est dit "hétérotrophe"). Cette DOC d'origine benthique constitue en particulier la base de la boucle microbienne (*microbial loop*) pélagique en milieu côtier.

Au large du Brésil, dans l'eau océanique (pélagos), les mangroves constituent la principale source de **DOC** d'origine benthique. A l'échelle de l'océan planétaire, les mangroves représentent **10%** des apports en DOC terrestre (continent, incluant les mangroves), alors qu'elles couvrent moins de 0.1% de la surface des continents. Cet apport est estimé entre 30 et 45 Mt de carbone/a.

Les *Macrocystis pyrifera* (Straménopiles) occupent à la fois le benthos et le pélagos côtier. Quand ils sont arrachés par les tempêtes, ils peuvent flotter, grâce aux aérocystes (= flotteurs) des feuilles et être entraînés vers l'écosystème pélagique du large. A un instant donné, en Southern California Bight, il y a 40 000 à 350 000 radeaux de *Macrocystis* dans l'écosystème pélagique ; ils y constituent une source de matière organique significative. Par ailleurs, de grands prédateurs pélagiques, non résidents, viennent exploiter les forêts à *Macrocystis* (orques, requins, otaries).

#### **4. Prélèvement des nutriments de l'écosystème pélagique par l'écosystème benthique**

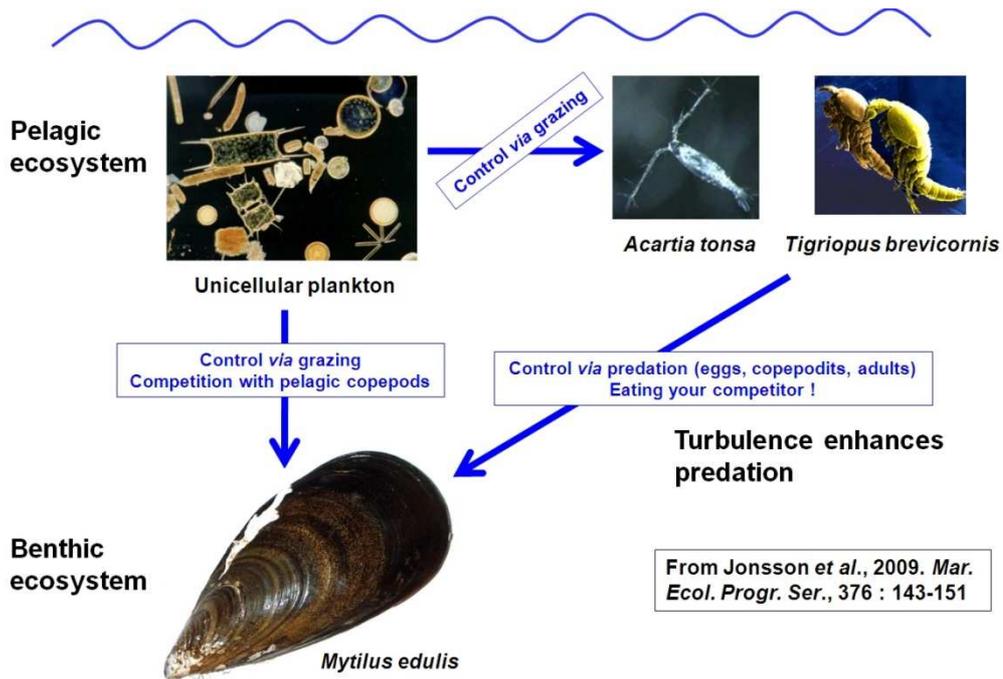
Les producteurs primaires benthiques (MPOs *Multicellular Photosynthetic Organisms* et UPOs *Unicellular Photosynthetic Organisms*) prélèvent, dans la colonne d'eau, les nutriments qui sont nécessaires à leur photosynthèse. Dans les eaux côtières, ils sont donc en compétition avec les producteurs primaires pélagiques (UPOs).

Les Magnoliophytes marines, dont *Posidonia oceanica*, pratiquent le *luxury uptake* (= *luxury consumption*, consommation de luxe). Il s'agit de l'*uptake* des nutriments, à une époque de l'année où ils sont présents dans la colonne d'eau, car peu utilisés par le pélagos (la lumière étant limitante), bien que la Magnoliophyte n'en ait pas l'usage immédiat. Elle les stocke dans ses rhizomes. Au printemps, quand les UPOs du pélagos se "réveilleront", la lumière n'étant plus limitante, ils ne trouveront que les nutriments que *P. oceanica* leur a laissés ! *P. oceanica* a en effet "fait son marché" bien avant eux.

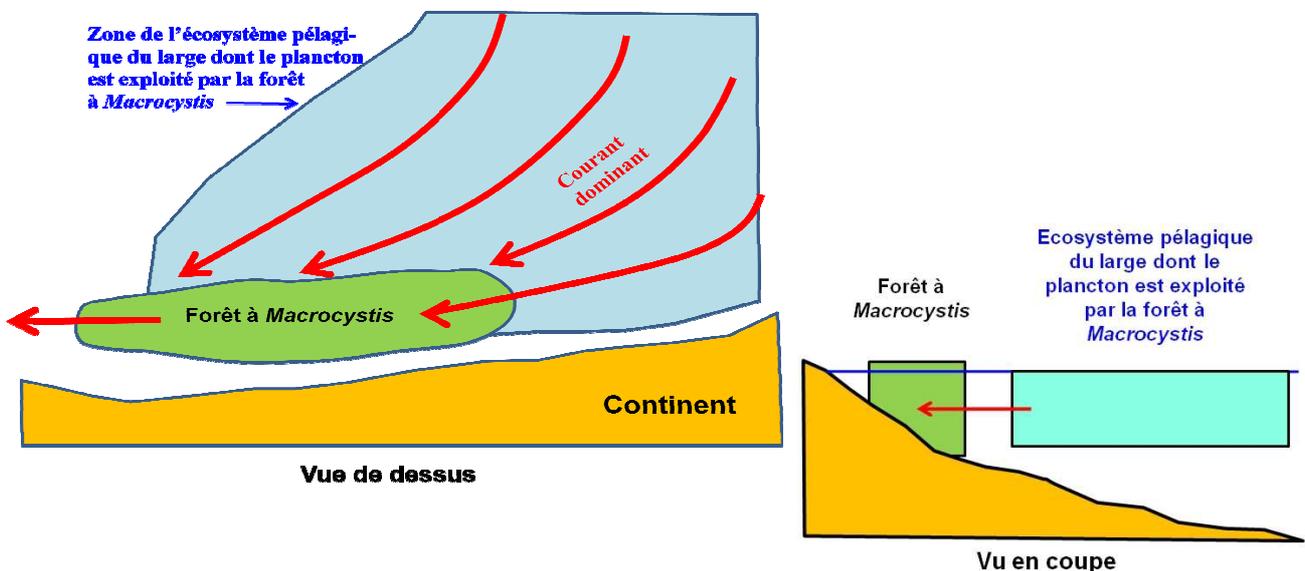
#### **5. Prélèvement de la biomasse et de matière organique morte de l'écosystème pélagique par l'écosystème benthique**

Les **filtreurs** (*filter-feeders*) et les **suspensivores** (*suspension-feeders*) benthiques prélèvent dans la masse d'eau qui dérive au dessus d'eux, donc dans l'écosystème pélagique, des proies, de la matière organique morte particulaire et/ou sous forme de carbone organique dissous (DOC, *Dissolved Organic Carbon*).

C'est le cas des épibiontes de *Posidonia oceanica* et de la mangrove. C'est le cas des Scléactiniaires (coraux) des récifs coralliens. C'est le cas des éponges des grottes sous-marines. C'est le cas des Mollusques Bivalves des barren-grounds (l'un des MSS – *Multiple "Stable" State* - de l'écosystème à *Cystoseira*). Dans le cas de certains bivalves benthiques, comme *Mytilus edulis*, le contrôle est double puisqu'ils broutent les UPOs mais consomment également leurs brouteurs pélagiques, et donc leurs compétiteurs (*eating your competitor*) pour la ressource (voir figure page suivante).

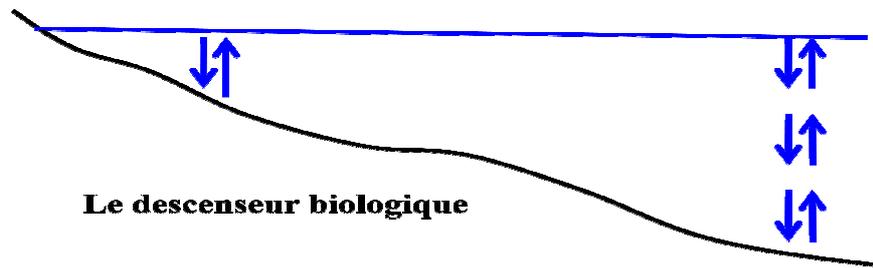


C'est enfin le cas, à une échelle colossale, des épibiontes des *Macrocystis pyrifera* ; compte tenu des courants, les forêts à *Macrocystis* exploitent ainsi le plancton pélagique et la matière organique morte produits sur des centaines de kilomètres carrés, en dehors de la zone occupée par la forêt à *Macrocystis*.



Le **descenseur biologique**. Des organismes qui vivent en profondeur montent s'alimenter en surface (écosystème pélagique) puis retournent en profondeur, où ils peuvent constituer des proies pour des prédateurs résidents. Ce processus permet à l'écosystème profond d'exploiter l'écosystème pélagique. En milieu côtier, il n'y a qu'un "étage" biologique, l'organisme benthique montant directement dans le pélagos de surface. En haute mer, quand la profondeur est importante, le "descenseur biologique" peut comporter plusieurs étages ; des organismes

résidant à profondeur intermédiaire montent s'alimenter en surface, des organismes résidant en profondeur montent s'alimenter aux profondeurs intermédiaires, etc.



Les **Téléostéens planctonophages** (castagnoles *Chromis*, mandoles *Spicara*, etc.) de l'écosystème pélagique côtier, en Méditerranée, exploitent le plancton pélagique le jour. La nuit, ils descendent dormir dans l'herbier à *Posidonia oceanica*. C'est alors qu'ils peuvent constituer des proies pour des Téléostéens prédateurs benthiques (rascasses *Scorpaena*, congre *Conger*, etc.). L'écosystème benthique, grâce à ce comportement des Téléostéens pélagiques, exploite ainsi l'écosystème pélagique auquel il retire une partie de sa biomasse.

## 6. Conclusions

Le contrôle des écosystèmes benthiques par les écosystèmes pélagiques a été compris depuis longtemps, et pris en compte par les océanographes. En revanche, le contrôle inverse, c'est à dire le fait que le benthos puisse contrôler le pélagos, constitue une avancée plus récente. L'importance de ce contrôle est du reste encore souvent méconnue des océanographes spécialistes du pélagos. Les modèles de fonctionnement des écosystèmes pélagiques prennent rarement en compte ce contrôle benthique, ce qui constitue un biais, et donc une faiblesse, de ces modèles.

D'autres plans étaient possibles. De nombreuses données, issues des cours, n'ont pas été utilisées ici ; il n'était bien sûr pas incorrect de les utiliser dans la réponse à la question posée. Les interactions entre écosystème benthiques étaient en revanche **hors-sujet** : par exemple l'exportation de feuilles mortes de *Posidonia oceanica* ou de palétuviers vers d'autres écosystèmes benthiques, le rôle de nursery d'écosystèmes benthiques pour des Téléostéens ou des Crustacés dont les adultes sont benthiques, ou les interactions entre mangrove, herbier à *Thalassia* et récifs coralliens, trois écosystèmes benthiques.