

LE PLANCTON

Pierre MOLLO et Maurice LOIR

50025 caractères, espaces y compris

INTRODUCTION

LE PLANCTON VEGETAL OU PHYTOPLANCTON

Production de matière organique et énergie solaire

Les microalgues du plancton marin

Les Algues bleues ou Cyanophycées

Les Phytoflagellés

Les Diatomées

Les microalgues des eaux continentales

LE PLANCTON ANIMAL OU ZOOPLANCTON

Le zooplancton marin

Les animaux unicellulaires

Les animaux pluricellulaires holoplanctoniques

Les organismes meroplanctoniques

Le zooplancton des eaux continentales

FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES :

LES RESEAUX ALIMENTAIRES

Le cycle de la matière organique

Les réseaux alimentaires en milieu marin

Les premiers consommateurs: les mangeurs de microalgues

Les mangeurs de microalgues, détritiques et bactéries

Les carnivores mangeurs de plancton

Les carnivores mangeurs de Poissons

Les réseaux alimentaires dans les eaux continentales

VARIATIONS ET PERTURBATIONS DES COMMUNAUTES PLANCTONIQUES

Variations spatiales et temporelles en milieu marin

Variations spatiales

Variations saisonnières et à long terme

Variations en milieu aquatique continental

Proliférations massives, espèces toxiques et pollutions

En milieu marin

Phytoplancton et pollutions

Zooplancton et pollutions

En milieu aquatique continental

LE PLANCTON: QUEL INTERET EN AQUACULTURE ?

Grossissement des mollusques et des poissons phytophages

Le rôle primordial du plancton dans toute éclosion

LES CULTURES DE PHYTOPLANCTON

DANS L'ECLOSERIE DE BIVALVES

L'alimentation des larves : le phytoplancton

Techniques de culture de micro-algues

Qualité de l'eau de mer pour les cultures

Les sels nutritifs

Préparation des ballons et erlenmeyers de culture

Inoculation ou "repiquage"

Croissance des cultures

CONCLUSION

INTRODUCTION

Le plancton correspond à l'ensemble des organismes végétaux et animaux, vivant librement dans l'eau, et dont les mouvements propres (s'ils existent) n'ont pas une ampleur suffisante pour leur permettre de surmonter ceux des eaux qui les portent ; ils sont toutefois capables de déplacements verticaux limités. De nature très diverse, ces organismes ont des tailles variant de 0,2 micromètres (μm) à plusieurs centimètres, voire plusieurs décimètres pour les plus grands.

D'après le cycle biologique des organismes, on distingue l'**holoplancton** ou plancton permanent, constitué d'éléments dont le cycle vital se déroule intégralement en pleine eau, et le **meroplancton** ou plancton temporaire.

En milieu marin, on distingue le **plancton néritique** présent au-dessus du plateau continental et le **plancton océanique** qui vit plus au large. À proximité des côtes, lorsque la profondeur est inférieure à 30-50 mètres, on parle de plancton côtier.

Les eaux intérieures sont soit dormantes (**milieux lentiques**), soit courantes (**milieux lotiques**). Quelle que soit leur étendue, tous les milieux lentiques abritent des communautés planctoniques. Il en est de même des milieux lotiques, mais les courants et les turbulences étant d'autant moins favorables au développement du plancton qu'ils sont plus rapides, c'est dans les zones où l'eau s'écoule lentement et dans les "eaux mortes" que le plancton est le plus abondant.

LE PLANCTON VEGETAL OU PHYTOPLANCTON

Le phytoplancton est constitué par des Algues presque toutes unicellulaires, appelées de ce fait microalgues ou microphytes.

Production de matière organique et énergie solaire

Les Algues sont des organismes qui, comme toutes les plantes, fabriquent leur substance à partir de l'eau, du dioxyde de carbone (CO_2) et des composés minéraux, principalement azotés et phosphorés, dissous dans l'eau. Elles sont dites autotrophes. Pour cela, elles utilisent l'énergie de la lumière qu'elles captent grâce à la chlorophylle contenue dans des chloroplastes. Les réactions chimiques impliquées

dans ces productions de matière organique s'accompagnent d'une production d'oxygène ; elles constituent la photosynthèse. Cependant, diverses espèces rangées parmi les microalgues, sont dépourvues de chlorophylle et utilisent la matière organique directement comme source de carbone. C'est le cas de nombreux phytoflagellés.

L'intensité lumineuse diminuant avec la profondeur, les microalgues du phytoplancton se localisent dans les eaux où suffisamment de lumière leur parvient (couche euphotique). Beaucoup se cantonnent entre 10 et 40 mètres. Pour chaque espèce, il existe une profondeur, dite profondeur de compensation, à laquelle l'énergie solaire disponible pour la photosynthèse compense exactement l'énergie dépensée par l'algue pour ses dépenses métaboliques. Au-delà de cette profondeur, la cellule dépérit.

Les microalgues du plancton marin

Le phytoplancton est constitué principalement par :

-- Des **Algues bleues** ou **Cyanophycées** qui se présentent souvent sous forme de fins filaments. Elles peuvent occasionnellement proliférer en abondance dans des eaux dont elles modifient alors la couleur.

-- Des **Phytoflagellés** pourvus de un ou plusieurs flagelles. Dans cet ensemble, on distingue :

* Les **Dinoflagellés** ou Péridiniens. La plupart mesurent quelques dizaines de μm . Si beaucoup sont autotrophes, certains se nourrissent de proies vivantes et de substances organiques dissoutes. Les Dinoflagellés peuvent sécréter des substances freinant la multiplication d'autres espèces, voire des toxines diverses.

* Les **Coccolithophoridés** dont la taille varie de 1 à 30 μm . Ces Algues possèdent une membrane cellulaire couverte de petits éléments calcaires appelés coccolithes, dont la forme est propre à chaque espèce.

* Des microalgues diverses pourvues de un à quatre flagelles, souvent de très petite taille (moins d'un μm). Les Chrysophycées et les Prymnesiophycées sont de couleur jaune ou brune ; les Chlorophycées et les Prasinophycées sont de couleur verte. Consommant des Bactéries, elles servent de nourriture à des Protozoaires ciliés, à des Invertébrés planctoniques ainsi qu'à des larves diverses.

-- Des **Diatomées** dont la taille varie entre 2 et 400 μm . Elles possèdent une enveloppe externe, siliceuse. Certaines espèces constituent des colonies de formes diverses. Les Diatomées peuvent produire des substances actives sur d'autres organismes du plancton et des substances bactéricides. Quelques espèces secrètent des toxines.

Les microalgues des eaux continentales

Divers types de microalgues sont communs au milieu marin et aux eaux intérieures, mais, bien sûr, les espèces diffèrent. De nombreuses microalgues, isolées ou organisées en colonies, vertes (Chlorophycées) ou jaunes-brunes (Chrysophycées) et pourvues ou non de flagelle participent au phytoplancton des eaux douces. Peu d'espèces de Diatomées sont présentes dans le plancton. Quelques espèces de Dinoflagellés, peu fréquentes, sont présentes dans les eaux dormantes. Les Cyanophycées sont par contre bien représentées et de nombreuses espèces sont présentes en milieu continental. Parmi elles, trois espèces de Spiruline, riches en protéines, en vitamines et en antioxydants, sont cultivées depuis une trentaine d'années, soit dans des étangs, soit dans des structures artificielles.

Le plancton animal ou zooplancton

Le zooplancton regroupe des organismes unicellulaires ou pluricellulaires qui, comme tous les animaux, consomment de la matière organique déjà constituée. De nombreux groupes zoologiques participent au zooplancton, chaque groupe pouvant être représenté par des milliers d'espèces ou par quelques-unes seulement.

Le zooplancton marin

Les animaux unicellulaires. Ils appartiennent au vaste ensemble des Protozoaires. Ce sont principalement :

-- Des **Zooflagellés**, dépourvus de chloroplastes, donc incolores, dont la taille varie entre un et quelques dizaines de μm .

-- Des **Protozoaires Ciliés** (30 à 500 μm), équipés de cils vibratiles, soit nus soit protégés par une coque. Beaucoup se nourrissent de Bactéries ou de microalgues.

-- Des **Radiolaires** au squelette interne siliceux et des **Acanthaires** dont le leur est constitué de fines aiguilles. Leur taille est généralement inférieure au millimètre.

Les animaux pluricellulaires holoplanctoniques

-- Les **Crustacés** constituent l'ensemble le plus important du zooplancton, tant par le nombre d'espèces que par la masse. Il n'est pas rare qu'ils représentent 70 à 90 % de la masse totale.

* Les Crustacés **Copépodes** constituent souvent l'élément dominant du zooplancton et jouent de ce fait un rôle fondamental dans le cycle biologique des mers. Dans les couches superficielles vivent des centaines d'espèces dont la plupart ne dépassent pas 3-4 mm.

* Les **Euphausiacés** évoquent de petites crevettes (10-40 mm) pourvues d'organes lumineux. Le krill, nourriture de prédilection des Baleines est constitué de plusieurs espèces d'Euphausiacés. La production annuelle moyenne de krill est de l'ordre de 0,6 à 1,5 milliard de tonnes. Au Japon, en Russie et en Thaïlande, les Euphausiacés et les Mysidacés sont pêchés, notamment pour l'alimentation animale.

* Des **Cladocères** et des **Ostracodes** protégés par une carapace bivalve, des **Mysidacés** semblables à de minuscules crevettes (5-30 mm) et divers Décapodes nageurs, désignés collectivement sous le nom de **crevettes**. Mentionnons aussi un Crustacé, primitif mais fort prisé pour nourrir larves et alevins divers, *Artemia salina* qui vit dans les eaux saumâtres et notamment les marais salants.

-- Des **Méduses** et des **Siphonophores** armés de cellules urticantes contenant des poisons parfois violents et pouvant occasionner des brûlures vives, voire des accès de fièvre.

-- Quelques **Mollusques** possédant ou non une coquille très fine.

-- Des **Tuniciers** (Appendiculaires, Salpes, Doliolles et Pyrosomes), isolés ou coloniaux.

Les organismes méroplanctoniques.

-- Des **larves de Crustacés** dont les adultes vivent sur le fond. Selon les espèces, la larve peut avoir une forme comparable à celle de l'adulte (cas de l'écrevisse) ou au contraire être différente. La forme adulte se réalise alors progressivement au cours d'une succession de stades larvaires plus ou moins

nombreux (nauplius, métanauplius, protozoé, zoé, mysis, mégalope). Par exemple, chez le homard, l'éclosion a lieu au stade mysis, chez la crevette japonaise au stade nauplius et chez le bouquet et les crabes au stade zoé.

-- Des **larves de Mollusques** tels que les huîtres, les moules, les coques. Chez ces coquillages, la larve issue d'un œuf est ciliée et nageuse ; c'est la trochophore qui donne ensuite une larve dite véligère, équipée d'une minuscule coquille et qui va tomber sur le fond.

-- Des **larves et œufs d'Invertébrés benthiques** divers (Vers Annélides, Echinodermes, Bryozoaires, Ascidies) qui effectuent leur développement dans le plancton.

-- Des **œufs** et des **alevins de Poissons**.

Le zooplancton des eaux continentales

Divers groupes d'espèces animales sont représentés dans les eaux continentales. De nombreuses espèces de **Protozoaires ciliés** y prolifèrent. Des **Copépodes**, des **Cladocères**, divers autres Crustacés, et leurs larves, constituent une part importante du zooplancton. Les Cladocères, dont le représentant le plus connu est la Daphnie, ont une taille de l'ordre du millimètre ; les uns se nourrissent de microalgues et de Bactéries, les autres de Copépodes ; ils constituent l'une des principales nourritures de Poissons comme les Corégones. Les **Mollusques** sont représentés uniquement par les larves des Bivalves et des Gastéropodes vivant sur le fond ou dans le sédiment. Absents en milieu marin, des **Rotifères**, dont la taille n'excède pas 0,5 mm, sont présents dans les eaux surtout dormantes. Ils constituent souvent un élément dominant du zooplancton. Ils consomment d'autres Rotifères et de gros Protozoaires. Aux organismes vivant en permanence dans le plancton s'ajoutent des œufs et **alevins de Poissons** ainsi que des **larves d'Insectes**

FONCTIONNEMENT DES ECOSYSTEMES AQUATIQUES :

LES RESEAUX ALIMENTAIRES.

Le cycle de la matière organique

Des Bactéries aux Poissons ou aux grands Cétacés, tous les êtres vivant dans la masse des milieux aquatiques participent au cycle de la matière. La notion de chaîne alimentaire constituant en fait une simplification de la réalité complexe des

interactions nutritionnelles (ou trophiques) existant au sein des communautés aquatiques, il est plus juste de parler de réseau. En effet, rares sont les carnivores qui ne capturent qu'un seul type de proies et chacun d'eux peut être lui-même mangé par divers prédateurs.

Les Algues, productrices de matière organique, sont à la base de tout réseau alimentaire. Cette production est dite primaire. À cette production s'ajoute une production qualifiée de parprimaire, constituée par les excréments des animaux du plancton, par des fragments de cadavres, de mues, par des débris divers. Ces particules de matière organique non vivante sont porteuses de Bactéries. L'ensemble constitue une source de nourriture non négligeable pour les Invertébrés équipés d'un appareil permettant de filtrer l'eau.

Pour être complet, le cycle de la matière organique, en mer comme en eau douce, nécessite que les déjections et les cadavres des organismes aquatiques soient dégradés par des Bactéries en dioxyde de carbone, phosphates, nitrates, etc, reconstituant ainsi de façon continue le stock minéral auquel s'alimente la vie végétale. En mer, cette transformation a lieu dans les eaux profondes et ce sont les courants ascendants qui ramènent en surface dans les mers froides et dans certains secteurs des eaux tropicales (zones d'upwelling) les sels minéraux dissous. Dans les lacs, le vent et les variations de la pression atmosphérique induisent des courants qui ont pour conséquence un recyclage plus ou moins régulier et plus rapide qu'en mer des matières minérales et organiques. Dans les bassins plus petits, étangs, marais, lagunes, les processus physico-chimiques sont accélérés : la faible profondeur permet un transfert plus rapide des produits de la décomposition bactérienne dans la zone où vit le phytoplancton. Par ailleurs, les Bactéries sont consommées par les Protozoaires ciliés qui servent eux-mêmes de nourriture à des Copépodes ; elles peuvent de ce fait permettre au petit zooplancton de se développer en l'absence éventuelle (eaux pauvres en sels minéraux) de phytoplancton.

Les réseaux alimentaires en milieu marin

Les premiers consommateurs : les mangeurs de microalgues

Les planctontes permanents mangeant uniquement des microalgues (qualifiés d'herbivores ou de phytophages) sont peu nombreux (quelques Protozoaires ciliés et certains Copépodes capables de saisir et broyer des Diatomées). Par contre, les

larves de Crustacés et de Mollusques sont de grands consommateurs de phytoplancton et notamment de Diatomées qualifiées à juste titre d'"algues fourrage". Du fait des dimensions particulièrement réduites, notamment en début d'existence, de leur bouche et de leur tube digestif, les larves consomment des microalgues en adéquation avec leur taille. Quelques Poissons, comme l'anchois du Pérou par exemple, se nourrissent essentiellement de phytoplancton.

Les mangeurs de microalgues, détritux et Bactéries

L'appareil de filtration dont sont équipés certains Invertébrés planctoniques diffère selon les groupes zoologiques. Chez de nombreux Crustacés planctoniques et chez certaines de leurs larves, il est constitué par les antennes et les pièces buccales, richement ciliées. Cet appareil permet de collecter les particules en suspension et de les trier selon leur taille, indépendamment de leur nature végétale ou animale. De ce fait, ces animaux sont à la fois herbivores, mangeurs de détritux et éventuellement de petits animaux unicellulaires.

Les productions primaires et parprimaires ne sont pas intégralement consommées par les herbivores et les filtreurs planctoniques. Dans les zones côtières et sur les plateaux continentaux, la part qui atteint le fond alimente de nombreux Invertébrés benthiques également filtreurs. Dans les eaux littorales, c'est le cas notamment de coquillages économiquement importants : huîtres, moules, coquilles Saint Jacques, palourdes, coques, etc.

Une notion intéressante pour mieux connaître "l'économie" des mers et des océans est celle du rendement de la transformation de la matière lors de la consommation d'une espèce par une autre. Dans le cas des herbivores, le rendement est de 20 à 25 %, c'est-à-dire que des herbivores mangeant 100 grammes de microalgues augmentent leur poids de 20 à 25 grammes. L'estimation de ce rendement est beaucoup plus difficile dans le cas des organismes filtreurs.

Les carnivores mangeurs de plancton

Qu'ils soient herbivores stricts ou filtreurs, ces planctontes sont consommés à leur tour par divers "planctonophages" carnivores : Méduses, Crustacés planctoniques et larves de Poissons. Quelques Vertébrés du necton sont également planctonophages ; citons les sardines, harengs, anchois, sprats, poissons lunes et les baleines et quelques requins qui se nourrissent exclusivement de plancton.

Les carnivores mangeurs de Poissons

La plupart des Poissons planctonophages vont servir de proies à de plus gros prédateurs. Ceux-ci sont surtout des Poissons vivant en haute mer tels les thons, les carangues, les sérioles, les maquereaux, les colins, les sébastes. Certains pourront à leur tour être consommés par des mammifères marins et par des requins se situant au terme des réseaux alimentaires.

Dans les mers tempérées, on considère que la consommation de 1 kg de plancton végétal produit approximativement 2,5 à 5 g de Poisson carnivore, soit un rendement de 0,25 à 0,5%. Par exemple, pour augmenter son poids de un kilo, un thon rouge doit manger 8 kilos de harengs qui pour atteindre ce poids auront consommé 70 kilos de petits Crustacés planctoniques s'étant eux-mêmes nourris de 200 kilos de phytoplancton.

Les réseaux alimentaires dans les eaux continentales

Dans les eaux dormantes et courantes, phytoplancton et zooplancton participent comme en mer aux réseaux alimentaires, en fonction de l'abondance des espèces et de la composition spécifique des communautés planctoniques. Les organismes planctoniques sont consommés, soit par des Invertébrés fixés qui entrent dans le régime des Poissons, soit directement par diverses espèces de Poissons telles que ablettes, vairons, gardons et truites, dont la couleur rose lorsqu'elles sont "saumonées" est due à l'ingestion de nombreux petits Crustacés.

VARIATIONS ET PERTURBATIONS DES COMMUNAUTES PLANCTONIQUES

Variations spatiales et temporelles en milieu marin

Variations spatiales

Beaucoup d'espèces ont une aire de répartition limitée due au fait qu'elles ont des exigences et des tolérances strictes à l'égard de la luminosité, et des paramètres physicochimiques du milieu. Du fait de leurs besoins nutritionnels, les Diatomées sont beaucoup plus abondantes dans les mers froides où des courants ascendants ramènent en surface les nitrates et les phosphates dissous, que dans les mers tropicales particulièrement pauvres en ces éléments. Elles constituent alors

l'essentiel du plancton végétal. Elles sont également abondantes dans les zones d'upwelling (côtes ouest du continent américain et de l'Afrique).

Dans les eaux côtières, beaucoup de Poissons venant y pondre et les Invertébrés benthiques y étant nombreux, le meroplancton est plus abondant que dans les eaux du large. Par ailleurs, ces eaux, sous l'influence d'apports d'eau douce (fleuves et rivières), sont riches en sels minéraux qui stimulent la production primaire et favorisent ainsi la prolifération du zooplancton.

Les lagunes dites vivantes et les étangs en relation permanente avec la mer (étangs du littoral méditerranéen par exemple) s'apparentent au milieu littoral. Plus que lui toutefois ces milieux subissent des remises en suspension régulières des sédiments du fond entraînant un enrichissement des eaux en sels minéraux. Celui-ci favorise la prolifération, parfois massive, d'espèces phytoplanctoniques adaptées au milieu lagunaire. Des coquillages, des Crustacés et des Poissons trouvent dans les lagunes des conditions propices à leur croissance, de sorte que beaucoup sont utilisées pour la pisciculture et la conchyliculture. En raison de leur agencement, (l'eau y circule constamment sous de faibles épaisseurs) les marais salants constituent des zones humides littorales à productivité primaire particulièrement élevée.

La profondeur de compensation pour les Algues et la profondeur optimale pour leur prolifération variant avec la nébulosité et les saisons, l'ensemble du phytoplancton effectue de très lents déplacements verticaux. Il en est de même pour les organismes unicellulaires du zooplancton. Les migrations verticales des Invertébrés zooplanctoniques sont beaucoup plus marquées que celles des Algues. Les plus frappantes sont celles qui se superposent au rythme jour-nuit. Elles leur permettent de monter dans les couches où la nourriture végétale est abondante, en évitant les dangereux rayons ultraviolets et avec un moindre risque d'être mangés.

Variations saisonnières et à long terme

La température, la lumière, la salinité et la teneur des eaux en sels minéraux varient au rythme des saisons. Ces variations influencent la distribution dans le temps du phytoplancton et par voie de conséquence celle du zooplancton. Interviennent aussi les relations trophiques existant entre microalgues, herbivores et carnivores planctoniques. Il n'est pas possible de décrire dans le détail l'évolution temporelle de la succession des espèces et de leur abondance le long de notre

littoral. Schématiquement, les Diatomées présentent deux pics majeurs, coïncidant avec l'abondance des sels minéraux, l'un au début du printemps et l'autre à l'automne en conséquence d'un brassage des eaux froides profondes (érosion de la thermocline). Ces pics sont accompagnés et suivis par des pics de populations d'herbivores - principalement des Copépodes - puis de carnivores. Les populations de Dinoflagellés et de petits flagellés sont plus importantes vers juin-octobre. Au printemps, c'est un nombre restreint d'espèces de Diatomées qui a une croissance élevée, tandis qu'à l'automne, le nombre d'espèces est plus élevé et la concentration cellulaire totale inférieure. À la fin du printemps, un mètre cube d'eau, quelques mètres sous la surface, peut contenir 60 à 75000 Diatomées et Dinoflagellés et 4 à 5000 Invertébrés.

Des variations à long terme se superposent parfois aux variations saisonnières. Selon les lieux, leur périodicité varie entre deux et plusieurs années. Elles sont dûes à des évolutions climatiques. Ces variations des populations planctoniques s'accompagnent de fluctuations des stocks de Poissons (harengs, sardines) et ont donc une incidence sur les pêches. Par exemple, les captures d'anchois au Pérou et au Chili peuvent chuter de 12 à 3 millions de tonnes par an, quand "El Niño" s'oppose aux remontées des eaux froides riches en sels minéraux.

Variations en milieu aquatique continental

Les exigences des organismes composant les communautés planctoniques des milieux lenticules, sont fondamentalement identiques à celles des espèces vivant en mer. Mais alors que les eaux marines ont une composition relativement constante, les eaux intérieures dormantes présentent une extraordinaire diversité. Elles vont de l'eau presque pure à des eaux plus ou moins saumâtres (lagunes mortes, mers intérieures). En outre, en fonction de leur volume, de leur situation géographique et de leur environnement géologique, elles subissent des fluctuations plus ou moins rapides et marquées. En conséquence, la composition spécifique des populations planctoniques de ces divers milieux et leur évolution dans le temps leurs sont propres.

Certains lacs ont des sédiments pauvres en matière organique en voie de décomposition et possèdent une quantité insuffisante de nutriments pour assurer la production primaire. À l'opposé quand les sédiments sont riches en matière organique et qu'ils sont le siège d'une intense activité bactérienne, la production primaire est élevée et les populations planctoniques abondantes. Tous les états intermédiaires entre ces deux extrêmes existent dans les multiples lacs présents sur les continents.

Dans tous les milieux aquatiques continentaux, les variations saisonnières des paramètres physicochimiques de l'eau sont susceptibles de subir des amplitudes de variation très prononcées induisant des variations importantes de la biomasse planctonique. Schématiquement, celle-ci passe par un minima en hiver et par deux maxima au printemps et en automne. Si la succession des espèces de microalgues au cours de l'année dépend de phénomènes d'ordre climatique, elle dépend aussi des populations phytoplanctoniques elles-mêmes. En effet, certaines microalgues secrètent une substance stimulante pour leur croissance et inhibitrice de celle de la plupart des autres.

Proliférations massives, espèces toxiques et pollutions

En milieu marin

-- Phytoplancton et pollutions

L'apport dans les eaux côtières, par les fleuves et les eaux de ruissellement, d'effluents d'origine agricole, urbaine et industrielle enrichit le milieu en éléments nécessaires à la production primaire, notamment en azote (N) et en phosphore (P) assimilable. Le milieu passe ainsi de conditions qui pouvaient être peu propices à la production végétale (conditions oligotrophes) à des conditions plus favorables à son développement (conditions eutrophes). Il peut alors en résulter un accroissement de la production primaire, souvent accompagné par une perturbation des cycles des populations phytoplanctoniques. Si les pollutions sont plus intenses, un enrichissement déséquilibré du milieu apparaît, ainsi généralement qu'une diminution du rapport N/P dû à un excès de phosphates (conditions dystrophiques). Cette dystrophie s'accompagne toujours d'une diminution de la diversité des espèces de microalgues. Par ailleurs, certains polluants (herbicides, pesticides, fongicides, rejets

industriels) diminuent les populations d'herbivores tandis que d'autres affectent la croissance d'espèces phytoplanctoniques ou inhibent l'activité des substances émises par les Diatomées et par les Dinoflagellés pour réguler leurs propres populations. Les populations pollusensibles régressent ou disparaissent tandis que les plus tolérantes prolifèrent. Globalement les Dinoflagellés et les Cyanophycées résistent mieux que les Diatomées aux pollutions. Les pollutions organiques sont parfois accompagnées par la prolifération anormale de petits Phytoflagellés, mais se sont surtout des Dinoflagellés qui voient leur développement favorisé.

Au printemps, lorsque les conditions favorables sont réunies (température, ensoleillement, stabilité des masses d'eau, forte pluviosité), des proliférations massives de microalgues (qualifiées aussi d'efflorescences ou de blooms) surviennent dans les eaux côtières superficielles, entraînant un changement de leur couleur ("eaux colorées"). Si l'existence de pollutions locales n'est pas suffisante pour induire l'apparition de ces efflorescences, il est certain que les rejets de polluants urbains et agricoles les favorisent, directement ou indirectement. La pollution agit par apport d'azote et de phosphore, mais aussi par sa richesse en facteurs de croissance et en phytohormones.

Les eaux colorées sont dûes le plus souvent à des espèces non toxiques. Elles peuvent néanmoins avoir des conséquences néfastes. L'abondance des espèces en cause (les concentrations peuvent atteindre plusieurs dizaines de millions de cellules par litre) peut entraîner la mort d'organismes marins et entre autres de Poissons et de coquillages, soit par des effets mécaniques d'obstruction, soit par asphyxie. En effet, la respiration des microalgues puis en fin de bloom la dégradation de la matière organique entraînent une diminution brutale de l'oxygène disponible. A ce jour, plus d'une douzaine d'espèces ont été identifiées comme étant responsables d'eaux colorées sur le littoral français ; près de la moitié sont des Dinoflagellés.

A la fin du printemps, dans certains étangs du littoral languedocien, en conséquence d'un déséquilibre du milieu, un bloom algal se développe dû non à des microalgues mais à des algues vertes du genre *Ulva*. Dans un premier temps, ces algues empêchent la pénétration de la lumière freinant le développement du phytoplancton nécessaire à l'oxygénation des eaux. Ensuite leur dégradation appauvrit encore l'eau en oxygène favorisant alors la prolifération de bactéries anaérobies qui donnent aux eaux une teinte rouge.

Quelques espèces de Dinoflagellés sont susceptibles de proliférer de façon discrète, mais étant toxiques, elles ont des effets néfastes de deux types. Les unes (genres *Gymnodinium* et *Gyrodinium*) sont mortifères pour le zooplancton (larves d'huîtres, ou de moules) ou pour les Poissons. Les autres contaminent les coquillages qui s'en nourrissent et qui accumulant les toxines deviennent inconsommables par l'Homme. Deux genres sont présents sur les côtes françaises. Les espèces du genre *Dinophysis*, régulièrement présentes sur le littoral Manche-Atlantique et plus rares sur le littoral méditerranéen, sont à l'origine d'intoxications alimentaires plus ou moins graves (gastro-entérites aiguës, vomissements, diarrhées), tandis que *Alexandrium minutum*, présent certaines années sur le littoral breton, peut provoquer des intoxications très sévères voire mortelles.

Depuis 1999, deux espèces de Diatomées, du genre *Pseudo-nitzschia*, productrices de toxine dite amnésiante, prolifèrent épisodiquement sur nos côtes, en concentration suffisante pour rendre les coquillages inconsommables. Antérieurement, ces espèces étaient discrètement présentes sur notre littoral. Depuis 1974, divers réseaux de surveillance de la qualité du milieu marin, dont le "réseau phytoplancton et phycotoxines", ont été mis en place le long du littoral français, notamment par l'IFREMER.

-- Zooplancton et pollutions

L'impact direct de la pollution sur les populations zooplanctoniques est moins évident et plus difficile à évaluer que sur le phytoplancton dont elle favorise des efflorescences. Il s'agit en effet d'établir la part revenant aux méfaits dus à la pollution et celle due aux variations "naturelles". Néanmoins, les effets léthaux et sub-léthaux sur le zooplancton des métaux lourds (zinc, cuivre, nickel, cadmium) apportés par les rejets industriels, commencent à être mieux connus. Ils peuvent diminuer l'activité nutritionnelle, la vitesse de nage, la longévité et la fécondité des zooplanctontes. Les pesticides et insecticides associés aux rejets d'origine agricole affectent les fonctions biologiques des organismes et engendrent des malformations. Certains insecticides attaquent la carapace des Crustacés.

Plantes et animaux ont la capacité d'accumuler dans leur organisme toute substance peu ou pas dégradable. Il en résulte un phénomène d'amplification biologique (bioamplification) de la pollution à l'intérieur des communautés contaminées. Chaque réseau trophique est le site d'un accroissement de la

concentration des polluants en allant des premiers consommateurs aux derniers. À titre d'exemple, les huîtres et les moules peuvent accumuler des micropolluants non dégradables à des concentrations plusieurs milliers de fois supérieures à leur dilution dans l'eau de mer.

En milieu aquatique continental

Dans les régions habitées, les eaux continentales présentent souvent un état de pollution préoccupant. Les rejets d'abondantes quantités de matières organiques, d'agents pathogènes et de sels minéraux, sont à l'origine dans de nombreux lacs et fleuves de la diminution de l'oxygène dissous et de la dystrophisation chronique des eaux. Les polluants toxiques et les métaux lourds sont responsables de la disparition d'espèces diverses. Mais en outre, du fait d'une bioamplification importante au long des réseaux trophiques, ils contaminent les Poissons d'intérêt halieutique, les rendant inconsommables.

Dans nos contrées tempérées, très peu d'espèces planctoniques vivant dans ces milieux sont à l'origine de proliférations massives. Cependant, dans des lacs et parfois dans des rivières lentes, certaines Cyanophycées (Oscillaires) se multiplient intensément lorsque les conditions sont favorables et notamment lorsqu'il y a conjonction entre une élévation de la température et un apport important de matières organiques et minérales (égouts par exemple). L'eau devient alors trouble, visqueuse, colorée en vert ou en rouge, pauvre en oxygène donc défavorable à la survie des animaux et impropre à la consommation, certaines Cyanophycées étant toxiques. Des amas de filaments flottant en surface et appelés "fleurs d'eau" peuvent apparaître. Ces algues peuvent communiquer un mauvais goût aux Poissons et entraîner lors de leur dégradation une anaérobiose du milieu fatale pour la faune.

LE PLANCTON : QUEL INTERET EN AQUACULTURE ?

C'est souvent par des événements dommageables, tels que mortalités en masse de poissons ou de coquillages, interdictions de commercialisation de coquillages, que le plancton se rappelle au bon souvenir des pisciculteurs et conchyliculteurs. Ces événements, souvent lourds de conséquences économiques, sont la contrepartie de la place essentielle qui est celle du plancton en aquaculture.

Grossissement des mollusques et des poissons phytophages

En aquaculture dite extensive, le grossissement des animaux repose entièrement sur les ressources présentes dans le milieu aquatique, c'est à dire essentiellement sur le plancton. L'une des meilleures valorisations de la production primaire de l'océan est assurée par des Mollusques tels que les huîtres (154 000 t vendues en France en 2001), les moules (80 000 t), les coques et les palourdes (5500 t). La chaîne phytoplancton-Mollusques étant courte, sans intermédiaires, est d'un bon rendement. En Espagne, premier producteur mondial de moules, les productions dépassent dans la baie de Vigo 250 tonnes par hectare (poids frais). Rappelons ici que le verdissement des huîtres de Marennes est dû à l'absorption par les branchies d'un pigment vert que rejette une espèce de Diatomée (*Haslea ostrearia*) présente dans les claires.

Les étendues lagunaires présentant un fort potentiel de production, diverses espèces de Poissons y sont élevées. C'est le cas par exemple du *milkfish*, Poisson phytophage dont il est produit en Asie près de 150 000 tonnes par an dans des lagunes communiquant avec la mer et dont la surface totale avoisine 300 000 hectares. La production primaire est souvent stimulée par des apports de fertilisants minéraux et organiques. C'est le cas aussi de mulets (*Mugil sp.*) produits dans des lagunes ou dans des étangs sur le pourtour méditerranéen et dans l'Indo-Pacifique. Dans cette région, le grossissement de Crevettes Pénéides s'effectue dans des sites identiques à ceux utilisés pour le *milkfish* ; le rendement varie entre 300 et 1500 kg par hectare. En Europe de l'Est et en Chine, la pisciculture extensive de carpes planctonophages s'effectue dans des étangs où le phytoplancton est brouté par le zooplancton que consomme les Poissons.

Le rôle primordial du plancton dans toute éclosion

La maîtrise de l'élevage d'une espèce, qu'il s'agisse de Poissons, de Mollusques ou de Crustacés, repose sur l'obtention de larves ou de juvéniles. Depuis les débuts de la conchyliculture, et aujourd'hui encore, le naissain des espèces de coquillages mises en élevage (huîtres, moules, coquilles Saint Jacques, pétoncles ...) est capté dans le milieu naturel. L'élevage de la plupart des poissons marins se fait à partir d'alevins pêchés en mer. Cette façon de procéder est aléatoire: le rendement est variable d'une année à l'autre (captage insuffisant ou surcaptage) et lié à la présence de populations sauvages suffisantes pour assurer un captage

intéressant. La production de naissain ou d'alevins en écloserie permet d'éviter les aléas de la production naturelle. De ce fait, les écloseries constituent les structures de base de toute aquaculture.

L'alimentation, éventuellement des géniteurs, puis des larves obtenues et des post-larves, constitue un problème-clé pour toute espèce mise en reproduction. Elle nécessite de disposer de proies vivantes dont la taille corresponde à celle de la bouche des larves. Les cultures monospécifiques (une seule espèce) de microalgues et de microinvertébrés constituent des sources de nourriture satisfaisantes pour les larves de poissons et d'invertébrés. La culture d'espèces sélectionnées de diverses microalgues et de Diatomées a fait et fait encore l'objet de mises au point pour obtenir des productions continues et améliorer leur valeur nutritionnelle ainsi que leur capacité à inhiber d'éventuelles proliférations microbiennes. L'intérêt potentiel de nouvelles espèces fait toujours l'objet de recherches. Les cultures sont réalisées dans des eaux naturelles ou artificielles ou dans des milieux synthétiques. Ces eaux et milieux sont filtrés et stérilisés pour éviter les contaminations par des bactéries ou par des espèces indésirables. Les larves sont généralement nourries avec un mélange contenant une ou deux espèces de Diatomées, quelques espèces d'autres microalgues et une ou deux espèces de microinvertébrés. Dans les bacs ou bassins d'élevage larvaire, le développement des populations phytoplanctoniques peut être stimulé, jusqu'à obtenir éventuellement un "bloom", par addition de sels minéraux (nitrates, phosphates, silicates).

Illustrons ces généralités par trois exemples.

-- Elevage larvaire de la crevette pénéide (*Penaeus japonicus*). Les œufs éclosent au stade nauplius qui, utilisant ses réserves vitellines, ne s'alimente pas. Cependant 3 espèces de Diatomées douées d'une activité antibactérienne sont présentes dans les bacs. Les larves zoé 1 et 2 consomment exclusivement des Diatomées (*Skeletonema costatum*). La zoé 3 se nourrit de microalgues, de rotifères et d'artemias (larves et adultes; les artemias sont mis dans les bassins juste après l'éclosion). Dans les dernières étapes (stades mysis 1 et 2), les artemias constituent la nourriture de prédilection ; ces petits Crustacés sont eux-mêmes nourris avec des Chlorophycées qui ont remplacé les Diatomées. Au stade post-larve, la nourriture est constituée d'artémias adultes et de chair de Crustacés.

-- Elevage larvaire de l'huître creuse (*Crassostrea gigas*). Pour que les géniteurs mûrent correctement, un complément de nourriture constitué par 2 espèces de Diatomées leur est fourni. La larve trochophore mesure environ 80 µm. Elle est ciliée et mobile et évolue rapidement en larve "D". La nutrition des larves commence 24 heures après la fécondation. Elle se fait avec deux espèces d'algues Chrysophycées. Par la suite, alors que les larves évoluent en véligères puis pédivéligères, une Chlorophycée et une Diatomée sont ajoutées. Les pédivéligères fixées sont alimentées en eau courante riche en phytoplancton.

-- Elevage larvaire de la palourde (*Ruditapes philippinarum*). Les géniteurs reçoivent une nourriture abondante constituée d'une Chrysophycée et d'une Diatomée. Les larves "D" qui font suite aux trochophores, ainsi que les véligères sont nourries avec une Chlorophycée. Les jeunes palourdes fixées sont alimentées avec deux Chlorophycées et une Diatomée.

Pour l'élevage larvaire des bivalves, les microalgues suivantes sont bien adaptées : les Chrysophycées *Monochrysis lutheri* (4-6 µm) et *Isochrysis galbana* (3-5 µm), les Chlorophycées *Dunaliella tertiolecta* (6-10 µm) et *Tetraselmis suecica* (= *Platymonas suecica*, 7-10 µm) et les Diatomées *Skeletonema costatum* (3-8 µm), *Attheya septentrionalis* (= *Chaetoceros septentrionalis*, 4-5 µm) et *Phaeodactylum tricornutum* (3-20 µm).

Les cultures de phytoplancton dans l'écloserie de bivalves

L'ostréiculture compte sur la fécondité du milieu naturel pour ensemercer ses parcs. L'acquisition de naissain par captage naturel est aléatoire ; elle est tributaire des aléas de la reproduction, des conditions climatiques et de la qualité du phytoplancton dans le milieu naturel. L'écloserie offre une possibilité de compléter la variabilité du captage naturel. Pour être opérationnelle, l'écloserie doit posséder des géniteurs capables de produire des larves toute l'année.

L'alimentation des larves : le phytoplancton

Les éléments capables d'être ingérés appartiennent aux phytoplanctons compris entre 2 et 20 microns, les dimensions de la bouche des larves étant, en

moyenne, de l'ordre de 15 microns. Le phytoplancton doit donc rester en suspension pour être absorbable par les larves. La larve véligère se nourrit de particules en suspension que les cils vibratiles du velum collectent et dirigent vers la bouche, puis l'œsophage suivi de l'estomac et d'un embryon d'intestin. Toutes les voies digestives sont couvertes de cils qui attirent et véhiculent les particules qui sont digérées ou rejetées.

Les espèces les plus couramment utilisées en culture de phytoplancton sont :

- chez les chrysophycées : *Isochrysis galbana* et *Monochrysis lutheri* (flagellés),
- chez les chlorophycées : *Tetraselmis suecica* et *Dunaliella* (flagellés),
- chez les diatomées : *Skeletonema*, *Chaetoceros* et *Phaeodactylum*.

Techniques de culture de micro-algues

Le matériel nécessaire :

L'équipement indispensable aux cultures de phytoplancton n'est pas fondamentalement différent de celui utilisé en bactériologie. Equipement :

- enceinte thermostatée (18 à 20 °C) et éclairée (24h/24), autoclave, microscope ...
- petit matériel, lames et lamelles, cellule de malassez, bec bunsen, coton cardé ...
- verrerie, erlenmeyers, ballons pyrex de 100 ml à 20 litres, pipettes graduées de 0,5 ml à 20 ml, pipettes ...
- produits chimiques de très bonne qualité pour le milieu de culture (sels nutritifs, oligo-éléments, silice).

La verrerie nécessaire aux cultures d'algues doit être exclusivement utilisée à cet usage. Elle doit être particulièrement propre ; un soin méticuleux doit être apporté à son nettoyage. Bien des échecs proviennent de vaisselle douteuse.

Qualité de l'eau de mer pour les cultures

Dans le circuit de pompage, l'eau de mer ne doit absolument pas entrer en contact avec des métaux toxiques (cuivre, plomb etc ...). Elle doit être filtrée par une série de filtres et cartouches filtrantes de 100 à 1 micron. Il existe des filtres à cartouche en porcelaine pouvant filtrer jusqu'à 0,2 micron. Cette technique est peu utilisée pour des raisons de coût ; une eau filtrée à 1 micron correspondant très bien à la norme est le plus souvent admise.

Les sels nutritifs

Toutes les souches de phytoplancton sont nourries de la même façon par adjonction de fertilisants (nitrates de sodium, phosphate de sodium, FeCl_3 , silicate de sodium). Certaines préparations sont prêtes pour l'emploi direct dans les volumes d'eau, d'autres fractionnées servent à constituer un stock primaire d'où l'on tire les quantités de solution voulues. La formule la plus utilisée est celle de Conway.

Pour préparer les solutions, il est nécessaire d'avoir une balance de précision de 0,01 gr. L'eau distillée sera utilisée pour les solutions.

Préparation des ballons et erlenmeyers de cultures

Une fois les récipients remplis d'eau de mer à un micron, on y ajoute 1 ml de la solution Conway par litre d'eau de mer. Les ballons, ou autres, sont fermés par des bouchons stérilisables et alimentés par deux cannes de verre, une pour l'arrivée d'eau + CO_2 , l'autre pour l'évacuation.

Les fioles, une fois préparées, sont autoclavées puis laissées à refroidir pendant 24 heures avant d'y ajouter les inocula.

Inoculation ou "repiquage"

Le stock initial qui servira de point de départ pour toutes les cultures peut s'obtenir auprès de différents laboratoires. Il doit être monoalgal et sans bactéries. Le transfert de quelques centimètres cubes à 1 ou 2 litres (selon le volume à lancer en culture) se fait à la flamme. Ce procédé suffit pour assurer une culture monoalgale. Il faut ensuite ouvrir le moins possible les flacons, car les bactéries peuvent entrer en compétition avec les souches pour la nourriture, l'espace et peuvent empêcher le phytoplancton d'atteindre la densité voulue.

Croissance des cultures

Une fois les cultures inoculées, on les place à proximité de plusieurs lampes fluorescentes de type "lumière du jour". Cela suffit pour apporter l'énergie nécessaire à la multiplication des cellules de phytoplancton. Contrairement au milieu naturel, l'éclairage est continu, nuit et jour. Après quelques jours de culture (7 à 15 jours suivant l'espèce), l'eau prend une couleur caractéristique ; les cellules se sont

multipliées et ont atteint une forte densité. Dans de bonnes conditions, les flagellés se divisent environ une fois par jour et les diatomées 2 à 3 fois par jour.

Une à deux semaines après le "bloom", la culture sera d'une densité suffisante pour servir d'inoculant à d'autres ballons ou sera transvasée dans des cylindres translucides pouvant aller jusqu'à 300 litres.

Une fois les différentes cultures arrivées à leur optimum de croissance, elles seront distribuées aux différents bacs d'élevage, de la maturation des géniteurs, aux élevages larvaires, de métamorphose et de pré-nurserie.

CONCLUSION

Toute espèce végétale ou animale a des exigences et des tolérances déterminées à l'égard des facteurs ambiants. À la différence des organismes du necton, ceux du plancton, entraînés plus ou moins passivement par les courants subissent irrémédiablement les contraintes du milieu. Les milieux aquatiques, qu'ils soient marins ou continentaux, hébergent des communautés planctoniques dont la diversité spécifique, l'abondance et la succession dans le temps sont déterminées par deux types de facteurs. Les uns sont les facteurs abiotiques tels que la lumière, la température, les paramètres physicochimiques de l'eau, la teneur en sels minéraux nutritifs, en matière organique, la turbidité. Les autres, les facteurs biotiques, sont liés aux populations elles-mêmes, à leurs exigences physiologiques, à leur vitesse de développement et de passage aux divers stades de leur cycle vital. Les relations entre les espèces présentes en un lieu à un moment donné sont nutritionnelles, concurrentielles, de prédation. Elles font intervenir aussi la libération dans le milieu de substances chimiques favorisant ou inhibant la présence et le développement d'autres espèces.

Si les facteurs abiotiques sont liés pour beaucoup à des phénomènes périodiques d'ordre astronomique (variations saisonnières, pluriannuelles), ils sont aussi influencés de façon plus ou moins marquée et plus ou moins définitive par les activités humaines et par les rejets polluants qu'elles génèrent. Les lacs, les fleuves, les zones humides littorales (lagunes, marais, marais salants, estuaires,) et la frange côtière (baies, golfes, bras de mer) sont tout particulièrement affectés. Or les deux derniers domaines, entre terre et mer, constituent les sites privilégiés pour les

activités aquacoles marines. Alors que les pollutions d'origine continentale ont des effets apparemment limités sur les populations planctoniques des mers péricontinentales et des grands bassins océaniques, elles entraînent dans les eaux des zones humides et de la frange côtière, des modifications de la qualité physicochimique et bactériologique du milieu aquatique et des déséquilibres de la composition spécifique et de l'abondance des populations phytoplanctoniques. Mortalités massives de poissons ou de coquillages, défauts de croissance, baisses de productivité, interdictions de vente, fermetures de bassins, sont la conséquence de ces dégradations du milieu et des dysfonctionnements affectant le plancton.

L'acquisition de connaissances, d'une part sur la biologie des espèces et tout particulièrement sur l'alimentation de leurs larves ou juvéniles et d'autre part sur le pouvoir nutritionnel et éventuellement antibactérien d'espèces planctoniques, a permis au cours des 50 dernières années de proposer des solutions pour faire émerger une aquaculture renouvelée, libérée autant que possible des aléas de la capture d'alevins ou de naissain dans le milieu naturel. Actuellement, la reproduction des géniteurs et l'élevage des larves d'un nombre croissant d'espèces de Poissons de Crustacés et de Mollusques peuvent être réalisées dans des écloséries. Dans ces structures "hors mer", la phase essentielle que constitue l'alimentation larvaire trouve sa solution dans les cultures en milieu stérile de microalgues et de microinvertébrés sélectionnés pour leur adéquation aux besoins nutritionnels des larves. En dépit des progrès déjà accomplis dans ce domaine, les problèmes que pose la nutrition larvaire sont loin d'être résolus pour toutes les espèces économiquement intéressantes. L'expérience des décennies passées conduit à penser que les solutions seront le fruit d'une coopération étroite et pragmatique entre professionnels, scientifiques et techniciens.

BIBLIOGRAPHIE

Dejean-Arrecgros J. et Pierre J.-F. – "Je découvre les algues marines et d'eaux douces".

André Leson, Paris. 1977.

Loir M. – "Guide des Diatomées". Delachaux et Niestlé, Paris. 2004.

Muus B.J. et Dahlström P. – "Guide des poissons de mer et pêche". Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. 1966.

Muus B.J. et Dahlström P. – "Guide des poissons d'eau douce et pêche". Delachaux et Niestlé, Neuchâtel. 19...

Seguin G., Braconnot J.-C. et Elkaim B. – "Le Plancton". Presses Universitaires de France, coll. Que sais-je ?, n° 1241, Paris. 1997.

Science et Vie. – "La vie dans les océans", hors série n° 176. 1991.

Smith J.-E., Clark R.-B., Chapman G. et Carthy J.-D. – "Panorama des Invertébrés". Bordas, La grande encyclopédie de la nature, vol. 5, Paris. 1971.

Ouvrages spécialisés pour amateurs éclairés :

Beaumont A. et Cassier P. – "Biologie animale" (2 tomes). Dunod Université, Paris. 1978.
(Anatomie et biologie des grands groupes de Protozoaires et d'Invertébrés).

Bellan-Santini D., Lacaze J.C. et Poizat C. – "Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives". Museum National d'Histoire Naturelle, Paris. 1994.

Dauvin J.C. – "Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives". Museum National d'Histoire Naturelle, Paris. 1997.

Trégouboff G. et Rose M. – "Manuel de planctologie méditerranéenne" (2 tomes). CNRS éd., Paris. 1978.