

Microcyphus Rousscani

(Galliphot-Allain)

LES RESSOURCES BIOLOGIQUES GÉNÉRALITÉS SUR L'ÉCHOSYSTÈME OCÉANIQUE SON POTENTIEL DE PRODUCTION

Ucc

E. POSTEL

Fertilité et production végétale du milieu marin

Le cycle de la matière organique

C'est probablement Hooker qui, suivant l'expédition antarctique anglaise de 1839 à 1843, fut le premier à attirer l'attention sur la similitude des cycles de la matière organique sur terre et dans les océans.

Dans l'un comme dans l'autre de ces milieux le monde animal vit aux dépens du monde végétal qui synthétise lui-même sa propre matière à partir du gaz carbonique et des sels miné-

raux grâce au phénomène de la photosynthèse dans lequel la source d'énergie est fournie par la lumière incidente.

Engagée dans un cycle plus ou moins compliqué la matière vivante aboutit fatalement à la mort. Elle se trouve alors dégradée par les bactéries qui restituent au règne minéral ses éléments d'origine et recréent ainsi les conditions de départ idoines pour une nouvelle synthèse.

Les bases de la production marine

Nature des végétaux.

En mer les végétaux sont représentés :

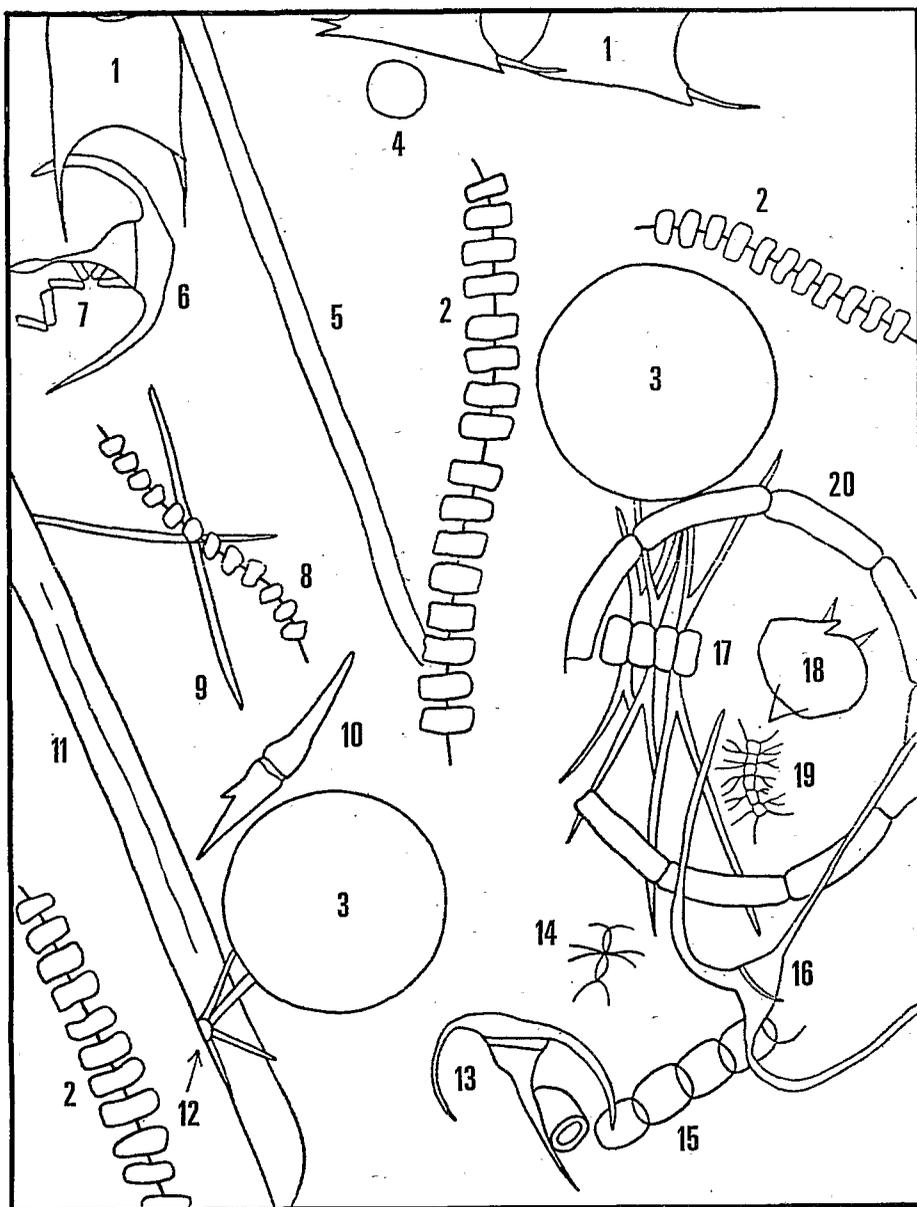
par des formes fixées supérieures (phanérogames ou plantes à fleurs) : zostères, posidonies, etc...

par des formes fixées inférieures (cryptogames ou plantes sans fleurs) : algues vertes, brunes et rouges,

par des formes libres flottantes macroscopiques : encore des algues, les sargasses,

par des formes libres flottantes naines ou microscopiques : toujours des algues, le phytoplancton.

Les formes fixées ne peuplent évidemment que les franges littorales. Les sargasses sont concentrées en des espaces restreints. La grosse masse des végétaux marins est constituée par le phytoplancton (fig. 1).



Quelques éléments caractéristiques du Phytoplancton : 1 *Biddulphia sinensis*, 2 et 4 *Thalassiosira gravida*, 3 *Coscinodiscus concinnus*, 5 *Rhizosolenia laila*, 6 *Ceratium tripos*, 7 *Thalassiothrix nitzschioides*, 8 *Thalassiothrix nitzschioides*, 8 *Thalassiosira nordenskioldi*, 9 *Nitzschia delicatissima*, 10 *Ceratium furca*, 11 *Rhizosolenia stiliformis*, 12 *Thalassiothrix frauenfeldi*, 13 *Ceratium longipes*, 14 *Chaetoceros densus*, 15 *Melosira boreri*, 16 *Ceratium longipes*, 14 *Chaetoceros decipiens*, 18 *Peridinium depressum*, 19 *Chaetoceros curvisetus*, 20 *Rhizolenia stoltzerforthie*. Largeur du champ : 0,7 mm (d'après C.E. Lucas in M. Gram 1956).

Les diatomées dominent dans les eaux froides et tempérées. Ce sont des végétaux verts typiques à biologie bien définie. Les flagellés dominent dans les eaux chaudes. Ce sont des végétaux aberrants à biologie beaucoup plus fluctuante. De toutes les formes phytoplanctoniques les diatomées sont de très loin les mieux connues et, sauf mention contraire, c'est à leur activité que se rapportent les résultats exprimés dans le cours de cet exposé.

Facteurs influant sur la photosynthèse.

De nombreux facteurs influent sur la photosynthèse. Cependant deux d'entre eux ont une action prépondérante. Ce sont la lumière et la température.

La lumière.

Elle est indispensable, mais son excès n'est pas obligatoirement favo-

nable. L'observation et l'expérience montrent en effet que sous nos latitudes, en plein soleil, l'intensité lumineuse est en général au-dessus de sa valeur optimale de sorte que la densité planctonique augmente à partir de la surface pour atteindre son maximum à quelques mètres en dessous. Plus profondément, en même temps que la densité diminue, l'activité photosynthétique se ralentit de façon telle qu'à une certaine profondeur ses effets se trouvent exactement contrebalancés par ceux de l'activité respiratoire. Il n'y a plus augmentation de matière. C'est ce qu'on appelle à la suite de Jenkin (1937), la **profondeur de compensation**. Au-delà, les phénomènes de destruction l'emportent sur ceux d'édification. La production végétale des océans se limite donc à une couche relativement mince.

La pénétration différentielle des raies du spectre solaire, son influence sur

l'activité photosynthétique et l'étagement des végétaux, l'absorption d'énergie par le milieu, le pourcentage de cette énergie utilisée par le phytoplancton ont donné lieu à de nombreux travaux. On retiendra que, d'après les auteurs les plus récents, l'optimum d'éclairement se situe aux alentours de 3 000 lux, la profondeur de compensation, dans nos régions et par beau temps, à une quarantaine de mètres (une centaine dans les basses latitudes), le pourcentage d'énergie utilisée par le phytoplancton, toujours dans nos régions à 0,30 % (bois et forêts 0,16 %, terres cultivées 0,13 %, déserts 0,004 %).

La température.

La chaleur intervient comme facteur limitant avec des températures au-dessus et au-dessous desquelles l'activité végétale est interrompue. Ceci est particulièrement net dans les hautes latitudes où les espèces survivent à l'état ralenti ou sous formes sporulées, pour se multiplier d'une façon spectaculaire lorsque les conditions propres à leur développement se trouvent rétablies. Dans l'intervalle des températures nécessaire à la manifestation d'une vie active, il existe, comme pour la lumière, un optimum marqué par l'épanouissement généralisé de l'espèce à laquelle il correspond.

Nature et sources des matières premières.

Le gaz carbonique provient en partie de la respiration des êtres vivants (animaux et végétaux), en partie des échanges air-mer. Les sources occasionnelles auxquelles on pourrait penser, telles que les phénomènes éruptifs par exemple, sont négligeables.

En dehors de cet élément primordial, les plus importants parmi les sels nutritifs dissous sont les nitrates et les phosphates. Ils peuvent être : soit d'origine terrestre, c'est-à-dire charriés à la mer par les fleuves qui y aboutissent, soit d'origine marine, c'est-à-dire dérivés des matières organiques livrées à l'activité bactérienne. Dans un cas comme dans l'autre, les seules fractions utilisées sont celles qui se trouvent dans la zone de pénétration de la lumière. On conçoit que de très fortes réserves aient pu se constituer dans les couches sous-jacentes et que l'enrichissement des eaux de surface se fasse de bas en haut à l'occasion de phénomènes dynamiques dont nous allons aborder l'examen.

Aspect dynamique du problème

Les premières observations méthodiques ont eu lieu dans la Manche où Harvey (1928) a mis en évidence un cycle saisonnier confirmé depuis par de nombreux travaux.

L'hiver est caractérisé par de fortes concentrations de sels nutritifs dans les eaux de surface, concentrations qui diminuent rapidement au printemps, tandis qu'on assiste à une

croissance et à une multiplication brutales des diatomées. En même temps l'échauffement des niveaux supérieurs tend, par stratification densimétrique, à réduire les échanges entre les eaux de surface chaudes et riches en phytoplancton, et les eaux de profondeurs froides, pauvres en végétation, mais encore riches en sels dissous. Le processus aboutit par auto-accélération, à l'établissement d'un régime stable dans lequel couches superficielles et couches profondes sont séparées par une frange de discontinuité à laquelle on a donné le nom de **thermocline**. Ce régime se poursuit en général pendant tout l'été, et il faut le brassage apporté par les tempêtes d'automne pour provoquer, à partir des niveaux sous-jacents, un réensemencement des couches de surface en éléments nutritifs. Une nouvelle floraison de phytoplancton s'épanouit, bientôt limitée par la diminution de l'intensité lumineuse et par la chute progressive de la température due à l'approche de l'hiver. L'agitation marine s'amplifie, les pluies deviennent plus fréquentes, les fleuves grossissent, les apports terrigènes augmentent, les réserves de surface se reconstituent. Les conditions propres au démarrage d'un prochain cycle se trouvent à nouveau réunies.

Tel est le schéma applicable aux mers de faible profondeur situées sous les moyennes et les hautes latitudes.

Plus au sud où la lumière et la chaleur sont suffisantes pour assurer la pérennité de la photosynthèse, le phénomène est plus régulier, sans période de repos, mais également sans période de pointe, de sorte que la productivité totale reste bien souvent inférieure à celle de nos régions.

Enfin plus au large, les apports terrigènes deviennent négligeables. Le ré-enrichissement des couches de surface ne peut se faire qu'à partir des réserves sous-jacentes, mobilisées en dehors des tempêtes par des phénomènes dynamiques intéressant la circulation générale des océans. Les remous provoqués par les grands courants, les convergences, les divergences marquées par des mouvements verticaux s'inscrivent ainsi comme des causes importantes. On réalise facilement qu'elles soient amplifiées et multipliées dans les zones de friction et que les fronts de contact deviennent des régions de forte productivité. C'est ce qui arrive par exemple au sud de Terre-Neuve où le Gulf Stream prend en écharpe le courant du Labrador.

D'autres causes, incomplètement élucidées, peuvent également provoquer des remontées d'eaux profondes que les océanographes désignent par leur nom anglais : les **upwellings**. Parmi les explications les plus généralement admises figure celle qui fait intervenir l'action d'un vent régulier sur les molécules de surface. Entraînées dans un « courant de dérive », celles-ci laissent derrière elles un déficit en eau. Ce déficit conduit à un déséqui-

libre topographique comblé en partie par l'écoulement des couches superficielles environnantes, en partie par des upwellings. Il est exact que de telles remontées sont régulièrement constatées dans les régions d'alizés. On les connaît notamment, pour nous borner à l'Atlantique, le long des côtes du Maroc et du Sahara, et au large de l'Afrique du Sud.

Apports terrigènes, courants, frictions entre courants, upwellings, telles sont les causes qui renouvellent la fertilité des eaux de surface et conditionnent par conséquent leur productivité. On comprend que suivant la manifestation, l'absence ou l'intensité de chacun de ces phénomènes cette productivité subisse des variations considérables et qu'il existe, en mer comme sur terre, des zones fertiles et des zones arides. Bien que la couleur ne soit pas un critère universellement reconnu, il est admis que les eaux vertes ou jaunes sont en général les plus riches, tandis que le bleu pur est, dans la majorité des cas, la marque du désert.

Mesure de la productivité

Fertilité et productivité sont deux notions intimement liées l'une à l'autre: La première repose sur l'estimation qualitative et quantitative des sels nutritifs présents dans le milieu, la seconde sur l'évaluation de la matière synthétisée à partir de ces éléments initiaux.

Les premières mesures de productivité ont été en réalité des mesures de fertilité. Malgré leur intérêt, elles ne donnent qu'un aperçu incomplet de la capacité de production d'une masse d'eau, aussi a-t-on été amené à envisager d'autres mesures portant sur le transformateur et sur son potentiel de production, c'est-à-dire sur le phytoplancton et son activité photosynthétique. Les mesures portant sur le produit fini définissent le capital existant, appelé **biomasse**. Les mesures portant sur le potentiel de production définissent le taux d'intérêt, appelé **productivité**. La productivité étendue sur un certain laps de temps définit le montant des intérêts, appelé **production** (production journalière, production saisonnière, production annuelle). La productivité et la production qui aboutissent à la synthèse de la matière végétale sont dites **productivité** et **production primaires**.

Biomasse et production ne sont pas obligatoirement proportionnelles. Revenons sur terre pour le constater. Une forte biomasse peut avoir une faible production : c'est le cas d'une forêt. Une faible biomasse peut avoir une forte production ; c'est le cas d'une prairie. Il faut en effet faire intervenir dans ce genre de question la notion de renouvellement (turn-over) qui joue un rôle capital (exemple : fourrage à plusieurs coupes). Notons à ce sujet que la masse phytoplanctonique possède dans son ensemble un turn-over bien entendu fonction de la saison, mais néanmoins généralement rapide : de l'ordre de deux à



trois semaines dans de bonnes conditions.

Les biologistes ont mis au point pour étudier ces différentes variations des méthodes de récolte et d'estimation qu'on s'est efforcé de standardiser.

La plus simple consiste à traîner, pendant un temps donné, à une vitesse donnée, un filet à mailles fines d'un diamètre donné et à estimer après sédimentation et éventuellement dessiccation le volume ou le poids de plancton recueilli. On définit ainsi ce que les auteurs de langue anglaise appellent la **standing crop**, terme sans équivalent en français et qu'on pourrait traduire approximativement par récolte en place. Plusieurs coups de filet exécutés simultanément ou presque simultanément en divers points et à divers profondeurs conduisent à une moyenne dont on déduit la biomasse existant dans une région donnée. Répétée à intervalles réguliers, l'opération permet de suivre les variations de cette biomasse.

Une amélioration sensible fait porter l'examen non plus seulement sur la totalité de la masse récoltée, mais sur sa fraction active, matérialisée par les pigments chlorophylliens. On les extrait par solvant (en général acétone) et on les dose par colorimétrie. L'activité photosynthétique d'une masse planctonique est évidemment fonction de la quantité de chlorophylle qu'elle contient. La teneur en chlorophylle totale (il en existe en effet plusieurs types désignés comme les vitamines par certaines lettres de l'alphabet) du phytoplancton est de l'ordre de 3 à 4 % de la matière organique de ce phytoplancton.

En dehors des méthodes conduisant à estimer la biomasse ou la quantité de chlorophylle existant dans le milieu, les océanographes emploient aussi des méthodes qui leur permettent de calculer l'activité photosynthétique.

La première en date est due à Gran (1927). Deux échantillons d'eau de même provenance sont immergés à même profondeur dans des récipients clos, l'un transparent, l'autre opaque. L'oxygène est dosé au départ. Il est à nouveau dosé au bout d'un certain temps. La teneur a changé. Les différences sont dues :

pour la bouteille opaque à l'activité respiratoire seule,

pour la bouteille transparente au bilan activité photosynthétique + activité respiratoire.

Il est facile, à partir des résultats obtenus, de rétablir la valeur de la seule activité photosynthétique. Des prélèvements faits à différentes profondeurs et réimmergés après examen préliminaire à la profondeur d'origine permettent d'évaluer avec une approximation satisfaisante la productivité de toute une colonne d'eau.

Enfin l'emploi de traceurs radio-actifs a conduit un chimiste danois, Steeman-Nielsen à la mise au point d'une méthode extrêmement séduisante, qui a connu ces dernières années un très large retentissement. En voici le principe : à la base se trouve toujours l'indispensable prélèvement d'eau de mer (volume connu). Celui-ci additionné d'une solution titrée de carbone radio-actif (carbone 14, généralement sous forme de carbonate) est exposé à la lumière puis passé sur un filtre spécial (filtre au collodion) dont on détermine ensuite la radio-activité (rayonnement bêta). Le protocole d'expérience est strict. Les volumes, les temps, les intensités d'éclairement sont définis avec exactitude. L'exposition à la lumière peut avoir lieu *in situ* à une profondeur donnée, *in vitro* au laboratoire. La radio-activité du filtre, lequel a retenu tous les éléments planctoniques, dépend de la quantité fixée d'atomes de carbone 14. Celle-ci est elle-même proportionnelle à l'activité photosynthétique, dont elle réalise par conséquent une matérialisation accessible à la mesure. Comme dans le cas précédant, des résultats intéressants l'ensemble d'une couche d'épaisseur déterminée peuvent être obtenus à partir de prélèvements étagés.

Quelle que soit la méthode choisie, des expériences répétées dans le temps permettent l'intégration des données dans un cycle saisonnier et conduisent ainsi à l'évaluation de matière synthétisée dans la région ou la masse d'eau considérée, c'est-à-dire dans le cadre d'une année, à la mesure de sa production.

Productivité et production estimées

Il est inutile d'insister sur le fait que, si la productivité peut être mesurée avec une assez grande précision — encore que les différentes méthodes donnent des résultats assez inégaux acceptables seulement après critique serrée — il entre dans l'estimation de la production une telle part d'extrapolation que les chiffres communiqués au sujet de cette dernière sont

encore très incertains. Les contradictions entre auteurs en sont une preuve.

Les mesures de productivité ont fait ressortir, comme nous l'avons déjà dit, des différences saisonnières, mais aussi des différences spatiales considérables. Voici quelques chiffres qui illustrent ces constatations.

Productivité exprimée en grammes de carbone fixés par mètre carré et par jour (g/C/m²/j) d'après les résultats de l'expédition danoise *Galathea* (1950-52) : Sargasses : 0,043, Large de la Bretagne (200 milles) : 0,25, Afrique du sud (façade atlantique) : 2 à 2,5.

Les zones de basse productivité sont dites **oligotrophiques**, les zones de haute productivité **eutrophiques**.

Pour fixer les idées on peut admettre qu'en haute mer la production est en général inférieure à 0,2 g de carbone par mètre carré et par jour, mais que dans les zones de mélange ou dans les zones d'upwelling elle se situe entre 1 et 2,5 g. A l'échelle annuelle, Harvey (1950) estime à 200 g la quantité de carbone fixée en Manche par mètre carré. On admet pour les mers tempérées et sub-polaires une moyenne de 120 g.

Des synthèses générales ont été tentées.

Celle des biomasses par Ryther (1959) (valeurs exprimées en tonnes de carbone) :

biomasse végétale océanique : $1,1 \times 10^9$,

aires cultivées, prairies, brousses (forêts exceptées) :

$1,5 \times 10^{10}$,

forêts : $1,1 \times 10^{12}$.

Première remarque, contraire à bien des idées acquises : quoique la surface des terres émergées soit très inférieure à celle des océans la biomasse végétale terrestre est très supérieure à la biomasse végétale marine.

Celle de la production annuelle par de nombreux auteurs (valeurs toujours exprimées en tonnes de carbone) : Loomis (1949) : 9×10^{10} , Steeman-Nielsen (1950) 1,2 à $1,9 \times 10^{10}$, Rabinovitch (1951) $15,5 \times 10^{10}$, Bogorov (1966) 55×10^{10} .

Deuxième remarque, venant confirmer ce que nous avons dit : grosses différences dans les estimations. Le chiffre de Bogorov est trente fois supérieur au maximum de Steeman-Nielsen.

Troisième remarque : si l'on admet une production marine de l'ordre de celle estimée par Steeman-Nielsen qui a d'ailleurs revu récemment et légèrement augmenté ses données de base — cette position est celle d'une grande partie des océanographes — on obtient des chiffres voisins de ceux de la production terrestre. Pour une biomasse très inférieure, les végétaux marins produisent donc autant et peut-être même un peu plus que les végétaux terrestres, ceci en raison d'un turn-over beaucoup plus rapide.

Chaîne alimentaire. Pyramide des biomasses. Production animale du milieu marin

La notion de chaîne alimentaire découle naturellement de l'examen du cycle de la matière organique exposé d'une façon schématique au début de cet article. Voyons cela d'un peu plus près.

La photosynthèse fabrique le premier maillon — la matière végétale — sur lequel tous les autres vivent en parasites directs ou indirects. Les parasites directs sont appelés **phytophages**, les parasites indirects **carnivores**. Mais alors que tous les phytophages occupent le même maillon, les carnivores sont distribués en chaîne dans lequel la position d'un élément quelconque est conditionnée par celle de sa proie. Un consommateur de phytophages est un **carnivore au premier degré**, un consommateur de carnivores au premier degré est un **carnivore au second degré**, etc... Un carnivore ayant un régime mixte devient difficile à situer. Un omnivore pose des problèmes insolubles.

Si au lieu de raisonner sur les degrés on fait appel aux niveaux (on dit souvent **niveaux trophiques**) on constate que les phytophages constituent le niveau 1 des protéines animales, les carnivores suivant l'ordre de leur distribution avec les niveaux 2, 3, etc... Il y a toujours une différence d'une unité entre degré et niveau.

L'édification de matière vivante de plus en plus spécialisée porte le nom d'**anabolisme**. Ce processus aurait rapidement fait épuiser les ressources minérales qui se trouvent à l'origine du premier maillon si un phénomène inverse, le **catabolisme**, ne venait le compenser. A tous moments et à tous niveaux des matières organiques sont démantelées par action diastasique ou bactérienne, et leurs composants minéraux inutilisés dans les synthèses anaboliques qui suivent cette démolition font retour au fond commun. La chaîne alimentaire ne part donc pas d'un point pour aboutir en ligne droite à un autre point, mais s'infléchit sur elle-même en une succession de cycles de plus en plus complexes (fig. 2) qui lui confèrent cette allure de continuité probablement ressentie par le coureur tournant autour d'une piste. Son infini est celui du cercle, ou plus exactement celui d'un ensemble de figures fermées.

Malgré le nombre de ses voies et de ses bifurcations, le schéma général de synthèse et de destruction de la matière vivante est **qualitativement** facile à saisir. Les difficultés surgissent dès qu'on cherche à passer du **plan qualitatif** au **plan quantitatif**, autrement dit à évaluer la production aux différents niveaux de l'immense usine biochimique constituée par l'**écosystème terrestre**. Il faut alors simplifier, avec tout ce que cette mesure entraîne d'approximations et d'incertitudes, et bien sûr en admettant la fragilité des résultats acquis. Les

écologistes en sont ainsi arrivés à considérer la chaîne alimentaire comme **linéaire** dans sa fraction anabolique, c'est-à-dire à postuler que chaque maillon vit uniquement aux dépens du maillon qui le précède.

L'idée de chaîne implique une dépendance et une continuité, mais ne prend pas compte du volume ni du poids relatif des maillons successifs les uns par rapport aux autres. Or, aucune machine, fût-elle très perfectionnée, ne fonctionne jamais avec un rendement de 100 %, et l'on sait que les êtres vivants sont d'assez mauvais transformateurs. Les maillons vont donc en s'amenuisant et, plus qu'à celle d'une chaîne qui **qualitativement** suffit, c'est à l'image d'un entassement de solides de plus en plus petits qu'il convient de faire appel pour figurer quantitativement les différents niveaux de la synthèse anabolique. On réalise ainsi ce que les écologistes appellent la **pyramide des biomasses** (fig. 3).

De nombreux travaux, conduits pour la majeure partie sur des poissons d'eau douce, les uns en laboratoire, les autres sur une échelle plus étendue et plus proche des réalités, en pisciculture, ont pris comme thème de recherche l'étude du passage d'un niveau au suivant. On conçoit en effet l'importance que représentent les taux retenus pour les rendements sur l'estimation des chiffres avancés. Sans être absolument concordants les taux adoptés par les différents auteurs n'excèdent pas 20 % et ne descendent pas au-dessous de 10 %. Les Japonais, experts en la matière, font ainsi un kilog d'anguille avec huit kilogs de maquereau, ce qui situe dans ce cas le taux entre 12 et 13 %.

Partant des données de Steeman-Nielsen (production estimée de l'ordre de deux milliards de tonnes de carbone par an) qui, nous l'avons vu, sont les plus généralement admises, et sachant qu'il existe entre carbone et protéines animales un rapport à peu près constant (et qu'on connaît), on aboutit en appliquant simultanément aux calculs, dont nous épargnerons bien entendu l'exposé au lecteur, des taux de rendement de 10 à 20 % à l'établissement d'une fourchette qui encadre pour chacun des niveaux de l'échafaudage anabolique les valeurs probables de la production (tableau 1, l'unité est la tonne).

Cependant le raisonnement ainsi conduit est purement théorique puisqu'il suppose que chaque maillon est entièrement consommé par le maillon qui lui fait suite. Or nous savons, ne serait-ce que par l'examen de la figure 1, que tel n'est pas le cas. Les pertes en route ne sont pas négligeables. Deux chercheurs, Graham et Edwards qui ont regroupé et revu les opinions émises à ce sujet, estiment que 70 % seulement de la matière formant la masse de chaque niveau trophique se trouvent entraînés dans les phases ultérieures de synthèse. Les résultats du tableau 1 font place dans cette optique à ceux du tableau

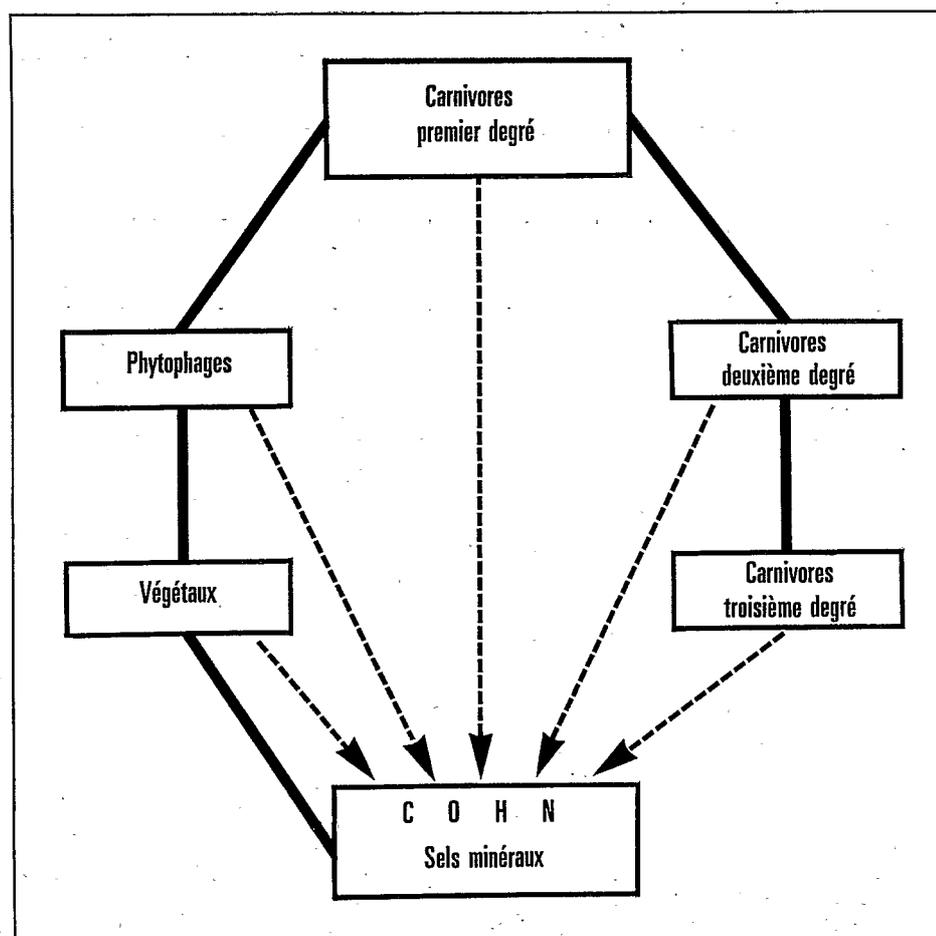


FIG. 2. — La chaîne alimentaire (très schématisée et arbitrairement arrêtée aux carnivores troisième degré).

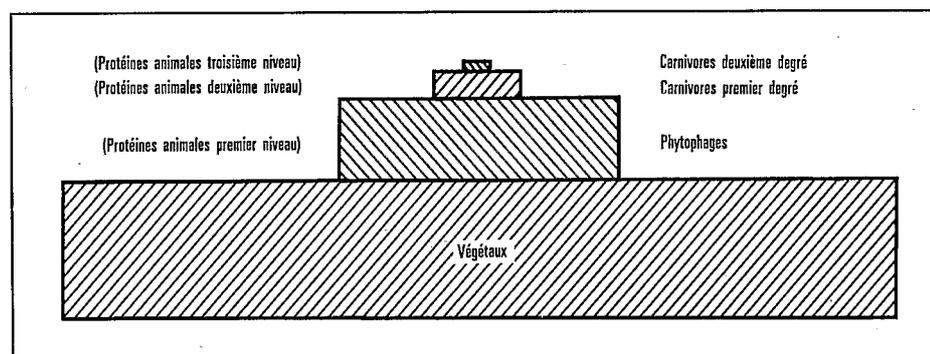


FIG. 3. — Pyramide des biomasses.

TABLEAU I

Niveaux trophiques	Fourchette de la production	
	Taux 10 %	Taux 20 %
Phytophages Carnivores 1 Carnivores 2	Vingt milliards Deux milliards Deux cents millions	Quarante milliards Huit milliards Un milliard six cents millions

2 sans doute plus proche de la réalité (chiffres arrondis, toujours exprimés en tonnes).

Telles sont dans l'absolu les valeurs qu'on peut raisonnablement admettre pour la production actuelle des océans en protéines animales. La question reste maintenant de savoir quelle est la valeur relative de cette production par rapport à l'humanité, autrement dit dans quelle mesure l'homme peut-il disposer de ces richesses ?

Avant de répondre à cette question il convient d'examiner les points de la pyramide sur lesquels il opère ou pourrait effectuer ses prélèvements.

La grosse masse des phytophages est constituée par le zooplancton, pour le moment inexploité et dont on peut difficilement prévoir de développer l'exploitation en raison des difficultés techniques qu'elle présente. Dans l'immédiat au moins le niveau phytophages n'est pas à prendre en considération

L'industrie des pêches puise par contre largement dans le niveau suivant (carnivores 1). Les clupéidés (harengs, sardines, anchois, etc...), dont on connaît la vaste répartition sont par exemple des zooplanctonophages et se placent par conséquent à ce niveau. On remarquera néanmoins qu'il s'agit dans la plupart des cas de poissons industriels (matière première pour farines) et non de poissons de consommation directe.

La majorité des auteurs s'accordent pour situer ces derniers chez les carnivores 2 et arrêtent là en général l'infrastructure de la pyramide au sommet de laquelle ils font figurer l'homme (1). C'est donc pratiquement les quantités de matière utilisables, partiellement à l'échelon carnivore 1, partiellement à l'échelon carnivore 2, dont il faut tenir compte dans la suite du raisonnement. Et

TABLEAU II

Niveaux trophiques	Fourchette de la production	
	Taux 10 %	Taux 20 %
Phytophages	Quatorze milliards	Vingt-huit milliards
Carnivores 1	Un milliard	Quatre milliards
Carnivores 2	Soixante-dix millions	Cinq cent cinquante millions

c'est là qu'interviennent les notions, essentielles pour l'industrie des pêches, de **disponibilité** et d'**accessibilité**.

Produit ne veut pas dire en effet **disponible**. Il faut épargner les géniteurs qui assureront l'avenir. **Disponible** ne signifie pas **utilisable**. Il faut éliminer les animaux qui pour des raisons quelconques (toxicité par exemple) ne sont pas consommables. Il faut renoncer à capturer ceux qui vivent dans des conditions telles qu'on ne peut et qu'on ne pourra sans doute jamais les atteindre, si ce n'est pour des buts scientifiques et sans tenir compte de leur prix de revient (trop grande profondeur ou trop grande dispersion). **L'accessibilité** est étroitement liée non seulement aux caractéristiques écologiques des espèces exploitées (ou qu'on cherche à exploiter), mais aussi à l'état d'avancement des techniques et aux avatars des structures économiques. Déplacer un chalutier-usine pour récolter quelques stomiatidés dans les couches bathypélagiques de n'importe laquelle de nos mers, fût-elle très rapprochée, serait actuellement aberrant et continuera probablement à l'être pendant plusieurs générations. Il est sage de se faire à l'idée qu'une fraction de la faune restera toujours, et quoique nous fassions, hors de notre atteinte.

Enfin puiser à un seul niveau (le plus avantageux) ne fournirait qu'une gamme restreinte de poissons (dont l'acceptabilité ne serait pas obligatoirement assurée) et entraînerait probablement une perturbation de l'équilibre biologique telle qu'elle risquerait d'aboutir à une catastrophe.

Aussi prenant pour bases les éléments du tableau 2 et tenant en considération les réserves qui viennent d'être exprimées, les spécialistes de la production marine ont-ils, au terme de nombreuses confrontations de vues, réduit considérablement la fourchette des quantités de protéines animales susceptibles dans les conditions actuelles d'exploitation d'être fournies par les océans à l'humanité : deux cents millions de tonnes pour les pessimistes, un milliard pour les optimistes. Aucune certitude bien sûr dans les chiffres avancés. Les points faibles fourmillent au cours de l'exposé. Mais pour la première fois des ordres de grandeur sur lesquels peuvent enfin s'appuyer les nutritionnistes. L'océan est certes une source considérable de nourriture. Le mythe de son inexploitable a néanmoins vécu.

(1) A remarquer que dans le cas de la pyramide terrestre il est directement installé sur les phytophages, c'est-à-dire deux étages plus bas puisqu'il consomme presque uniquement des herbivores (bovins, ovins, porcins, volaille...).

Ptécie Radiala et activi en forme de chou-fleur appelée Actinodeudron.

(Galliphot-Allain)

