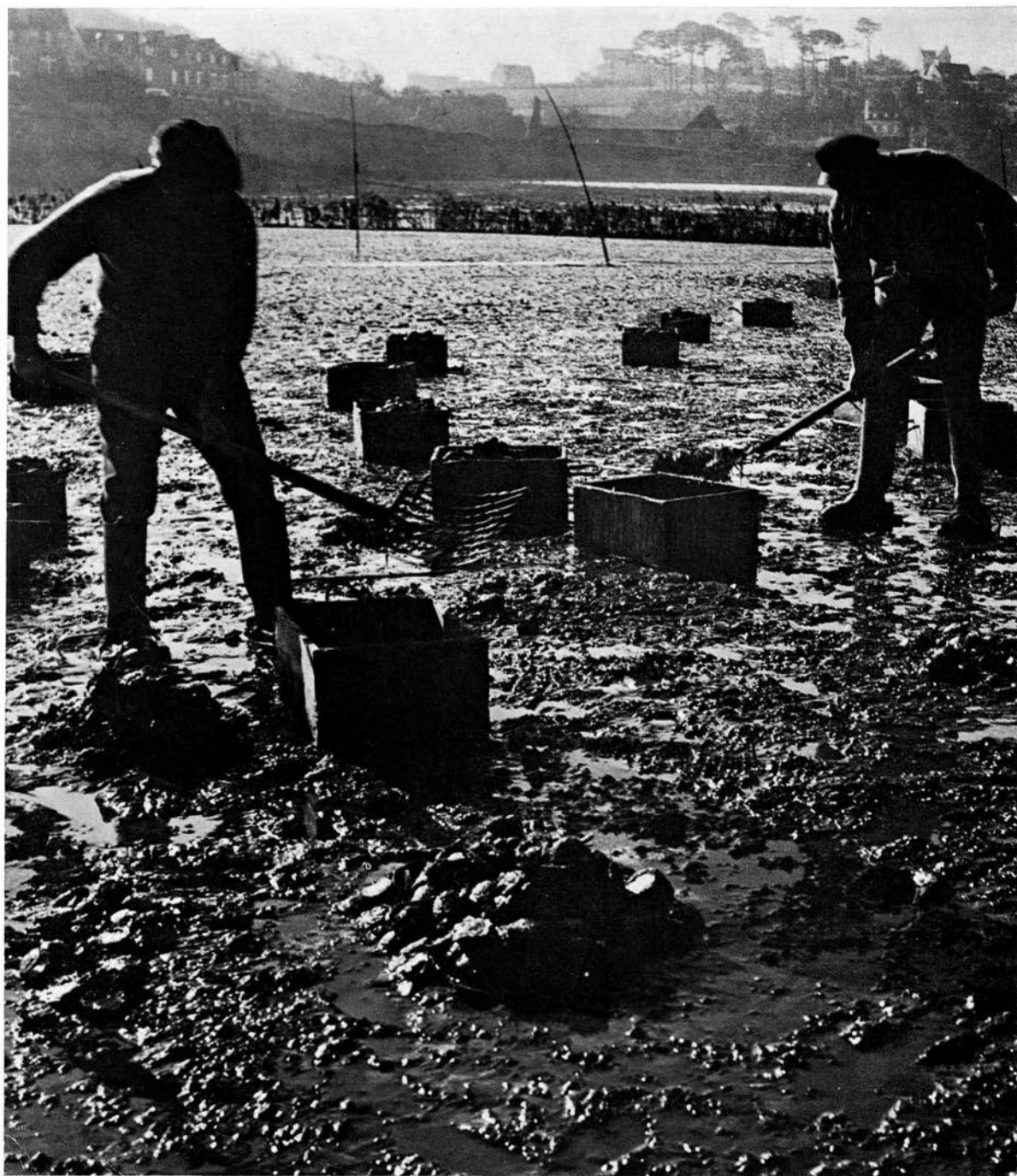


L'AQUACULTURE MARINE



SOMMAIRE

L. LAUBIER : <i>QU'EST-CE QUE L'AQUACULTURE ?</i>	1
L. MARTEIL : <i>EVOLUTION ET DIFFICULTES DE L'OSTREICULTURE EN BRETAGNE</i>	11
P. LUBET : <i>LA MYTILICULTURE ET SON EVOLUTION RECENTE</i> ..	21
M. LE PENNEC : <i>UNE NOUVELLE FORME D'ELEVAGE MARIN : LA PECTINICULTURE</i>	31
Y. HARACHE : <i>L'AQUACULTURE MARINE DES SALMONIDES</i>	46
Y. LE BORGNE : <i>L'ECLOSERIE CONCHYLICOLE DE LA SOCIETE ATLANTIQUE DE MARICULTURE</i>	55
J. LE DORVEN : <i>L'ECLOSERIE DE L'ILE D'HOUAT</i>	58
D. PRIEUR : <i>PROBLEMES DE PATHOLOGIE EN ECLOSERIE</i>	65
A. LUCAS : <i>LA RADE DE BREST : PRINCIPES ET LIMITES D'UNE MISE EN VALEUR PAR L'AQUACULTURE</i>	69
P. LAGADEC : <i>EVALUATION DE L'AQUACULTURE COMME PROJET DE DEVELOPPEMENT REGIONAL</i>	85
C. MAURIN : <i>AVENIR DE L'AQUACULTURE</i>	92

COUVERTURE : Travail dans les parcs à huîtres de Bretagne.

(Photo Mazo)

Qu'est-ce que l'aquaculture ?

par Lucien LAUBIER *

Par analogie avec l'agriculture, le terme aquaculture (1) désigne l'ensemble des activités concernant l'élevage des animaux aquatiques et la culture des algues, ou plus généralement des végétaux aquatiques. C'est volontairement que ce terme a été retenu pour recouvrir l'ensemble du domaine aquatique, qu'il s'agisse d'eau douce, d'eau saumâtre ou d'eau de mer : en effet, aussi bien du point de vue écologique que du point de vue biologique, les organismes aquatiques ont en commun un certain nombre de caractères importants qui les distinguent profondément des organismes aériens terrestres. Dans ce sens, il est préférable de parler d'aquaculture marine que de mariculture pour les activités qui se déroulent dans le milieu marin. En l'état actuel du développement de ces activités, la définition de l'aquaculture doit être prise au sens le plus large : il y a aquaculture dès lors qu'il existe une intervention humaine au moins (habituellement plusieurs) au cours du cycle biologique de l'espèce considérée, intervention distincte de l'opération de pêche ou de récolte, donc bien antérieure à la mort de l'organisme.

L'aquaculture est une activité très ancienne. En Chine, les premiers élevages de carpes dans des étangs d'eau douce remontent vraisemblablement au cinquième siècle avant J.-C. Plus près de nous, les Romains, puis les Gallo-Romains, pratiquaient une ostréiculture rudimentaire dans des zones naturelles. Malgré cette lointaine tradition, l'aquaculture s'est développée très lentement. A l'heure actuelle, on évalue l'apport de l'aquaculture dans son ensemble à un peu plus de 10 % du total mondial annuel des captures dans le domaine aquatique, ce qui correspond en tonnage à un apport de l'ordre de 5 à 6 millions de tonnes. Et cependant, l'aquaculture constitue à long terme une activité importante. Une des plus récentes évaluations du développement de l'aquaculture est celle faite à la demande du Groupe consultatif de la recherche agricole internationale, en juillet 1973 (cf. Bull. Aquic. FAO, 6 (1) : 1-2, octobre 1973) : d'après ces experts, il ne paraît pas irréalisable de décupler la production aquacole d'ici l'an 2000 ;

* Contribution n° 282 du Département Scientifique du Centre Océanologique de Bretagne. B. P. 337, 29273 Brest Cedex.

(1) Le terme « aquiculture », bien qu'il soit consacré par l'usage, est grammaticalement incorrect ; par analogie avec agriculture, la forme aquaculture est la seule correcte ; elle tend aujourd'hui à s'imposer, en particulier dans les pays anglo-saxons. Une des plus récentes revues internationales en la matière, fondée aux Pays-Bas depuis quelques années, s'intitule « Aquaculture ».

la superficie consacrée à l'aquaculture dans le monde, actuellement évaluée à 3 à 4 millions d'hectares, pourrait passer à 30 millions d'hectares ; cette expansion, jointe à l'application des nouvelles techniques mises au point par la recherche scientifique, permettrait de porter la production aquacole à une cinquantaine de millions de tonnes.

Les organismes aquatiques présentent par rapport à leurs congénères terrestres un certain nombre de caractéristiques intéressantes. La densité du corps des animaux aquatiques mobiles est par exemple très proche de celle de l'eau dans laquelle ils vivent : aussi bien pour le maintien de la forme (squelette de soutien) que pour le déplacement, la consommation d'énergie nécessaire est beaucoup plus réduite que dans le cas des animaux terrestres. De la même manière, à l'exception des Mammifères marins et de certains grands poissons pélagiques (les thons en particulier), les animaux marins sont des poikilothermes, c'est-à-dire qu'ils ne dépensent pas d'énergie pour assurer la thermorégulation de leurs tissus. Cette double économie d'énergie se traduit pour l'éleveur par un bon coefficient d'utilisation de l'énergie fournie par la nourriture consommée. Chez la carpe par exemple, la quantité de chair élaborée par unité de nourriture ingérée correspond à une fois et demie la valeur correspondante chez le poulet, et à deux fois chez le mouton ou le bœuf.

Les Mollusques immobiles ou fixés comme les huîtres et les moules réalisent également une économie d'énergie importante : ces animaux herbivores se nourrissent par filtration de l'eau sur des systèmes de filtres qui leur permettent de collecter les minuscules algues unicellulaires. La quantité d'eau filtrée par un individu peut atteindre une centaine de litres par jour, et le jeu des courants marins renouvelle constamment la nourriture disponible. Il en résulte des rendements annuels très élevés.

Par rapport à l'agriculture, l'un des principaux désavantages de l'aquaculture réside dans les propriétés générales des liquides, et en particulier de l'eau en tant que solvant presque universel. Ces propriétés rendent le contrôle des contaminations physiques, chimiques et biologiques beaucoup plus difficile à réaliser que dans le cas de l'agriculture. Les facteurs écologiques naturels jouent évidemment un rôle important, notamment la température et le taux d'oxygène dissous. Mais, dans la mesure où l'aquaculture se développe essentiellement sur le littoral de régions plus ou moins densément habitées, les facteurs écologiques artificiels, ou plus exactement résultant de l'ensemble des activités humaines, posent des problèmes considérables. Ce sont tout d'abord les déchets organiques d'origine humaine ou animale, plus ou moins bien oxydés et minéralisés par les stations de traitement ; ce sont aussi les substances polluantes d'origine agricole (pesticides et herbicides) ou d'origine industrielle (métaux comme le mercure, le cadmium, molécules organiques comme les polychlorures de biphenyl). Les problèmes posés à l'aquaculture par ces différentes sources de pollution sont graves, et n'ont guère trouvé de solutions techniques ou législatives. Le cas de la Mer Intérieure du Japon est significatif à cet égard, mais notre pays lui-même a déjà connu de sérieuses alertes aussi bien dans le domaine de la conchyliculture que de la pisciculture. Sur le plan biologique enfin, les maladies d'origine virale ou bactérienne, bien qu'elles soient encore assez mal connues dans le domaine marin, se propagent très rapidement.

Malgré le nombre élevé d'espèces marines consommées par l'homme, bien peu d'entre elles ont jusqu'à présent fait l'objet d'un développement réel en matière d'aquaculture. A quelques exceptions près, il s'agit d'espèces littorales, et en particulier d'espèces qui présentent des migrations naturelles régulières au cours du cycle de vie, entre les eaux côtières franchement marines et les eaux saumâtres des systèmes d'estuaires et de lagunes littorales. Ceci s'explique évidemment par des raisons historiques, mais est également lié au fait que la recherche scientifique en matière d'aquaculture est demeurée jusqu'au début du xx^e siècle pratiquement inexistante, exception faite du cas particulier des huîtres.

Parmi les diverses caractéristiques biologiques ou écologiques favorables au développement de l'aquaculture d'une espèce déterminée, on peut énumérer quelques points intéressants :

- *Phénomènes de reproduction.*

S'il n'est pas toujours indispensable que l'homme maîtrise parfaitement la reproduction en captivité des espèces élevées, ce point est néanmoins très important. Les élevages de poissons marins tels que le milkfish (*Chanos chanos*), les mulets (*Mugil cephalus*), les sérioles (*Seriola quinqueradiata*), toute la conchyliculture traditionnelle, reposent en effet sur l'obtention d'animaux juvéniles sauvages capturés avec des dispositifs appropriés dans la nature. On connaît les limitations pratiques d'une telle dépendance : il suffit d'une année mauvaise, au cours de laquelle le nombre d'animaux juvéniles disponibles est fortement réduit par le jeu des fluctuations naturelles, pour mettre en cause les exploitations. Par ailleurs, comme c'est le cas pour les élevages japonais de sérioles, la disponibilité en animaux juvéniles sauvages peut constituer un niveau « plafond » au développement de ce type d'exploitation. Dans ce domaine, la découverte relativement récente de l'action des extraits hypophysaires injectés sur le taux d'hormones sexuelles a permis de maîtriser le cycle de reproduction de nombreux poissons (travaux réalisés au Brésil il y a une quarantaine d'années). Jusqu'à présent, ces techniques ne sont pas applicables aux Invertébrés.

- *Développement larvaire.*

Ce problème est également aussi important pour les Invertébrés que pour les Vertébrés. Il a certainement contribué à retarder le développement des élevages de Poissons marins. Chez ces derniers, exception faite du cas des Sélaciens, les œufs sont pondus en très grand nombre chaque année (entre 10^3 et 10^7 œufs par femelle), et donnent naissance à des larves minuscules et extrêmement exigeantes en ce qui concerne le milieu et la nourriture. Chez les Crustacés comme les crevettes *Penaeidae*, la situation est encore compliquée par le fait que les plus jeunes larves ont un régime alimentaire différent de celui des larves âgées et des adultes. Ces remarques expliquent par contre les succès enregistrés depuis le Second Empire en ce qui concerne les élevages de truites, puis de saumons : ces poissons pondent quelques milliers d'œufs relativement gros (4 à 8 mm) qui donnent naissance à des larves de taille relativement grande, beaucoup plus faciles à nourrir et à élever.

- *Besoins alimentaires.*

D'une manière générale, on peut distinguer deux catégories d'aquaculture : l'aquaculture de production, qui concerne l'élevage de végétaux et surtout d'animaux herbivores (conchyliculture par exemple), et l'aquaculture de transformation, qui consiste à élever des animaux carnivores, auxquels l'homme doit fournir tout ou partie de leur nourriture dans la mesure où des rendements intéressants sont recherchés. Dans les régions tempérées et froides, l'aquaculture de transformation est particulièrement intéressante du point de vue biologique en intensif, c'est-à-dire lorsque toute la nourriture consommée est fournie par l'homme. Par contre, dans les régions tropicales où la productivité est naturellement élevée, des élevages semi-intensifs, ou même des élevages extensifs avec fertilisation du milieu en sels minéraux d'origine humaine ou animale, donnent encore de bons résultats. A ces critères biologiques vient s'ajouter le problème économique, aussi bien au niveau du prix de la nourriture fournie qu'à celui du prix du produit commercialisé sur le marché. Pour un pays ou une région donnés, le choix de la ou des espèces susceptibles d'être élevées dans des conditions normales de rentabilité de l'exploitation, dépend de la combinaison de ces divers facteurs.

- *Aptitude à la vie en captivité.*

Ce problème se pose surtout en aquaculture d'animaux carnivores à un niveau intensif ; en effet, le coût d'installation et de fonctionnement des unités d'élevage intensif conduit à rechercher les plus hautes densités compatibles avec une croissance normale. Le problème biologique consiste à évaluer dans quelle mesure le comportement territorial parfois très marqué de l'animal sauvage peut disparaître en captivité sans risques vis-à-vis notamment de la croissance. Certaines espèces comme les poissons-chats américains (*Ictaluridae*) abandonnent en élevage leur comportement territorial naturel sans baisse de l'appétit. D'autres espèces ne s'adaptent pas de la même manière. Chez les Crustacés, le problème du cannibalisme est extrêmement important. Le taux de cannibalisme est en effet étroitement lié à la densité des animaux. Parmi d'autres, ce point constitue une des raisons de l'insuccès actuel des élevages de homards.

DIFFERENTES CATEGORIES D'AQUACULTURE

Selon la définition très large que nous avons donnée de l'aquaculture, il est possible de distinguer sept catégories d'élevages ou de cultures marines, sur la base de la complication croissante de l'intervention humaine, aussi bien sur le plan biologique que sur les plans technique et économique.

- *Transplantations d'espèces.*

Dans cette catégorie rentrent aussi bien les véritables transplantations au sens du biogéographe (déplacement d'une espèce à l'intérieur de son aire de répartition naturelle, d'une zone où elle est très abondante à une zone où elle est pauvrement ou pas du

tout représentée), que les acclimations (transport d'une espèce à l'extérieur de son aire de répartition naturelle). Une expérience célèbre de vraie transplantation remonte au début du siècle, et se poursuit encore de nos jours : il s'agit du transport de plies (*Pleuronectes platessa*) au Danemark, depuis la côte ouest du Jutland dans un vaste système de lagunes saumâtres, le Limfjord. A l'heure actuelle, les transplantations portent sur un total annuel de 1 à 2 millions d'individus, qui sont ensuite capturés dans le Limfjord par la pêche artisanale après une à deux saisons chaudes de croissance. Le bénéfice réel est assez faible, compte tenu du coût du transport et de la mortalité naturelle, et se situe aux alentours de 1,2 à 1,3 (pour une valeur unité du coût de transplantation). Une analyse très complète de ces transplantations a été récemment publiée par O. BAGGE (Meddel. Danmarks Fisk. Havunders., NS, 6 (5) : 150-332, 1970). Alors que les transplantations doivent en principe être répétées chaque année, les acclimations aboutissent normalement à l'installation permanente de l'espèce considérée. D'une manière générale, les acclimations réussies comportent deux phases successives : au cours des premières années suivant l'acclimation, on assiste à une véritable explosion démographique de l'espèce, suivie dans une seconde phase d'un retour à un nouvel équilibre vis-à-vis des diverses espèces indigènes compétitrices ou prédatrices. Ce schéma est particulièrement vrai en ce qui concerne les espèces végétales, et notamment les algues. Chez les animaux, les acclimations réussies sont beaucoup moins nombreuses que les échecs, sans parler des risques inhérents à ce type d'activité, c'est-à-dire l'acclimation involontaire avec l'espèce que l'on désire introduire de parasites ou d'espèces associées souvent indésirables (par exemple les Trématodes parasites de la vessie des esturgeons, les mollusques gastéropodes prédateurs d'huîtres, une algue associée aux huîtres, *Sargassum muticum*, etc.).

En réalité, on ne saurait véritablement considérer ce type d'opérations comme une forme d'aquaculture. Il est cependant utile d'en faire état compte tenu de l'actualité de ce genre d'activité dans de nombreux pays. Dans notre région, l'acclimation d'une espèce australe de langouste, *Jasus lalandei*, a été tentée il y a quelques années sur les côtes du Nord-Finistère, sans que l'on puisse jusqu'à présent apporter la preuve que les animaux introduits se sont reproduits et ont donné naissance à une population susceptible d'être exploitée par la pêche. L'huître japonaise, par contre, s'est fort bien adaptée aux conditions écologiques du littoral français atlantique, et se trouve actuellement dans la phase d'explosion démographique (*Crassostrea gigas*).

• *Repeuplement par déversement de larves et d'alevins.*

Il s'agit là d'une activité assez ancienne, puisqu'elle remonte pour les pays anglo-saxons et scandinaves aux dernières décennies du XIX^e siècle. A cette époque, on déversait en mer des œufs en fin de développement ou des larves écloses depuis quelques jours, obtenus à partir de femelles mûres pêchées après fécondation artificielle. De nombreuses espèces de poissons marins ont été utilisées dans les éclosiers des Etats-Unis, du Canada, d'Irlande, d'Angleterre et d'Ecosse, et de Norvège : les morues, les maquereaux, les lieus, divers poissons plats dont la plie, etc. Le homard a également fait l'objet de repeuplement à partir de larves plus âgées (4^e et 5^e stades) aux Etats-Unis et au Canada

(*Homarus americanus*). Cette activité s'est poursuivie bien après la première guerre mondiale, bien que l'on cite souvent l'année 1917 comme année record, avec un total de plus de 4 milliards d'œufs ou de larves de poissons marins pour les seules écloséries de la côte est des Etats-Unis. Ces activités quantitativement fort importantes se sont toujours soldées par des échecs en ce qui concerne l'accroissement des prises par la pêche des populations de Poissons ou de Crustacés concernées. Il est intéressant de noter qu'une des idées à l'origine de ces efforts était que dans les conditions naturelles, les chances de fécondation d'un œuf étaient extrêmement réduites, et que l'intervention humaine à ce niveau pouvait donc en théorie permettre une reconstitution, voire un accroissement, des populations sauvages. Ce n'est qu'avec l'apparition de l'écologie des populations, et notamment de ce qu'il est convenu d'appeler la dynamique des populations, que la raison de ces échecs retentissants a été comprise : l'espérance de vie des larves ainsi déversées est extrêmement faible, et les nombres déversés ridicules devant l'importance des larves d'origine naturelle. Dès 1914, un grand ichtyologiste français, L. ROULE, n'hésitait pas à écrire à propos de la morue : « En supposant l'immersion, au cours d'une campagne, de cent millions d'alevins provenant d'un milliard d'œufs fécondés et mis en incubation, éclos avec un pourcentage de 1/10, que peuvent compter ces jeunes êtres malgré leur nombre si considérable selon nos mesures habituelles, devant les myriades de leurs congénères parvenus naturellement à un état égal ? Un milliard d'œufs représente sensiblement la ponte de trois ou quatre cents femelles. Or, une barque de pêche, montée par deux hommes, prend autant de ces poissons, parfois en deux ou trois journées seulement. On n'a qu'à supputer par l'imagination la quantité prodigieuse de morues pêchées chaque année, qui se compte par dizaines de millions. On n'a qu'à ajouter à cette somme celle plus grande encore des morues qui échappent aux engins. Que l'on multiplie ce chiffre, sûrement égal à quelques milliards, par les deux à huit millions d'œufs que chaque femelle est capable de pondre, et l'on obtiendra un total démesuré, auprès duquel, même en majorant ces pertes à l'extrême, les cent millions d'alevins de la pisciculture ne composent qu'une faible et médiocre ressource, inutile au peuplement naturel ». Cette belle diatribe est encore d'actualité. Tout ce que les chercheurs ont pu démontrer en matière de courbes d'espérance de vie chez les espèces marines à grande potentialité de reproduction permet d'établir que le taux de mortalité naturelle demeure très élevé jusqu'au stade de la recrue (ce terme désigne l'individu qui arrive sur les lieux de pêche au terme de sa vie larvaire et de sa période d'engraissement à l'état de juvénile — il correspond souvent à un stade biologique, et peut toujours être défini par une taille ou un poids), pour prendre ensuite des valeurs beaucoup plus faibles. C'est donc à partir de repeuplement d'individus à la taille de recrutement ou à son voisinage que l'on peut espérer enregistrer de réels succès, et c'est bien ce que l'on obtient par exemple dans le cas du repeuplement des rivières à saumons dans les pays scandinaves, en Ecosse et surtout aux Etats-Unis et au Canada depuis quelques années.

Sur des bases théoriques comparables, des expériences à très grande échelle sont actuellement en cours dans la Mer Intérieure du Japon, en particulier pour la crevette impériale (*Penaeus japonicus*). Les Japonais ont enregistré depuis quelques années un accroissement des captures annuelles de cette espèce, mais res-

tent encore réservés dans l'interprétation : il peut s'agir de l'effet du repeuplement en post-larves âgées de crevettes, mais il est également possible que la réduction des pollutions d'origine urbaine et industrielle joue un rôle majeur, compte tenu de la législation rigoureuse créée depuis quelques années.

Les expériences de repeuplement entreprises depuis trois ans dans notre pays sur le homard (*Homarus vulgaris*) tiennent compte de ces considérations aussi bien en ce qui concerne la taille des animaux relâchés que les techniques du lâcher proprement dit. La vitesse de croissance lente de cette espèce ne permet évidemment pas de savoir actuellement quel a été l'effet de ces entreprises. En outre, jusqu'à présent, les homards produits en éclosion ne sont pas marqués, et la démonstration objective de l'effet éventuel du repeuplement passe par une connaissance précise de l'abondance des populations sauvages à travers l'indice d'abondance fourni par la capture par unité d'effort de pêche au niveau d'une unité. Il faut souhaiter que ces statistiques seront régulièrement tenues à jour, car là réside la seule démonstration objective possible en l'absence d'un système de marquage (qui pourrait être d'ordre technique — marques internes, ou biologique — obtention d'hybrides, comme cela a été fait avec les hybrides de plies et de flets en Norvège) de l'influence du repeuplement.

- *Élevage en captivité sans fertilisants ou nourriture.*

Cette catégorie d'aquaculture est traditionnelle dans notre pays et dans d'autres régions méditerranéennes (Italie, valliculture de la vallée du Pô), ainsi que dans quelques pays du Sud-Est asiatique (élevage de crevettes dans la région de Singapour). Poissons ou Invertébrés sont enfermés pendant une saison ou plus dans des étendues d'eau généralement saumâtres, de faible profondeur, où ils se nourrissent uniquement aux dépens des ressources biologiques naturelles du milieu où ils vivent. Dans presque tous les cas, ce type d'aquaculture est fondé sur l'existence d'un tropisme migrateur qui pousse les animaux juvéniles à quitter la mer où ils sont nés pour gagner des lagunes littorales où ils grossissent. A l'approche de la maturité sexuelle, ou de la saison froide, les animaux quittent les lagunes pour regagner la mer. En Méditerranée et dans le bassin d'Arcachon, on exploite plusieurs espèces de Poissons, les mullets, les anguilles, les daurades, les bars, les flets. Dans la région de Singapour, il s'agit d'une espèce de *Penaeus*. Les rendements obtenus restent assez faibles, de l'ordre de 50 à 150 kg/ha/an dans notre pays, 300 kg/ha/an pour les élevages de mullets, et jusqu'à plus d'une tonne dans le cas des crevettes (productivité biologique de région équatoriale).

- *Élevage en captivité, avec fertilisation.*

Il s'agit d'une variante du type précédent, développée depuis fort longtemps en matière d'élevage de carpes en eau douce en Chine, et que l'on cherche actuellement à développer dans les pays africains avec l'espèce *Tilapia nilotica*. S'agissant de pays en voie de développement, et d'une technique traditionnelle, il n'est pas surprenant que les fertilisants utilisés soient le plus souvent des excréments d'origine humaine ou animale. En eau de mer, en Indonésie et à Formose par exemple, les lagunes sont équipées de systèmes de contrôle de la circulation de l'eau encore rudimen-

taires (passes et vannées permettant de régler la circulation de l'eau de mer et de capturer facilement les animaux lors de la migration de descente à la mer). Les rendements obtenus (*Chanos chanos*, diverses espèces de carpes chinoises, tilapias) sont de l'ordre d'une tonne à l'hectare. Il faut ajouter que le taux de fertilisants apporté peut varier considérablement d'un système à un autre.

- *Elevage en captivité, avec fertilisation et nourriture.*

Ce type d'élevage se distingue du précédent par le fait que les bassins sont généralement entièrement créés par l'homme. Il s'agit essentiellement d'élevage de poissons d'eau douce, tels que les carpes chinoises, les tilapias, les poissons-chats américains (*Ictalurus* spp.) par exemple. Les rendements obtenus varient de 2 à 10 tonnes à l'hectare, pour ces différentes espèces.

- *Elevage intensif en bassin avec nourriture composée.*

En plus des pratiques décrites dans le modèle précédent, il faut souligner que la totalité de la nourriture, généralement constituée d'aliments composés, est fournie par l'homme. L'élevage est conduit dans des bassins en matériaux divers, mais également dans des cages flottantes suspendues à des systèmes de flotteurs. Les charges supportées sont importantes, puisqu'elles varient entre 5 et 50 kg/m³ d'eau selon les espèces utilisées. En eau de mer, cette catégorie renferme surtout les élevages de sérioles au Japon (production annuelle supérieure à 40 000 tonnes) et les élevages de crevette impériale *Penaeus japonicus* (de l'ordre de 600 tonnes annuellement).

- *Elevage intensif d'organismes fixés.*

Il convient de réserver une place particulière aux élevages d'Invertébrés fixés et d'algues sur des supports variés, et notamment à partir de radeaux flottants à la surface, les animaux étant élevés sur des cordes suspendues aux radeaux et atteignant une vingtaine de mètres de profondeur. Il s'agit généralement d'espèces dont les larves sont collectées dans le milieu naturel (*Porphyra* et *Undaria* en ce qui concerne les algues au Japon, *Ostrea*, *Crasostrea* et *Mytilus* chez les mollusques bivalves par exemple). Dans le cas des espèces animales, il s'agit toujours d'animaux herbivores ou à tendance détritivore, qui se nourrissent de minuscules algues unicellulaires ou de particules organiques en suspension dans l'eau de mer. La nourriture provient donc du milieu naturel, et est constamment renouvelée par le jeu des courants d'eau autour des animaux en élevage. Cette particularité explique les rendements exceptionnellement élevés obtenus. Dans le cas de la moule, dans les sites les plus favorables que constituent par exemple les rias de Galice en Espagne, on enregistre des rendements de l'ordre de 300 tonnes/ha/an, pour une surface de radeaux représentant seulement le quart de la surface totale disponible. Les sites favorables à ce type d'élevage sont malheureusement rares, notamment dans notre pays : outre une profondeur suffisante et une zone suffisamment abritée de la mer ouverte, il faut encore que les eaux soient suffisamment riches en algues phyto-

planctoniques, et assez peu chargées en substances minérales (argiles notamment). Dans le cas de l'huître, les chiffres les plus élevés obtenus au Japon dans la Mer Intérieure avec cette technique des radeaux sont de l'ordre de 20 tonnes/ha/an.

TECHNOLOGIE DE L'AQUACULTURE

Il ne paraît pas inutile de clore cet exposé sur les différents types d'aquaculture par quelques remarques concernant les sites possibles pour ce genre d'activité, en l'état actuel de nos connaissances. Le cas le plus complexe est évidemment celui des mers à marée, dans lesquelles on peut envisager six situations différentes :

— Au-dessus du niveau atteint par les hautes mers de vive eau se situe le cas des bassins artificiels alimentés par pompage à partir de la mer. Pour des raisons de coût d'exploitation, ce système n'est guère utilisé au-delà de l'expérimentation scientifique à moyenne échelle.

— Dans la zone intertidale, c'est-à-dire dans l'espace vertical déterminé par le niveau des HMVE et des basses mers de vive eau, se rencontrent les lagunes littorales en communication avec la mer, qui ont souvent été utilisées par le passé comme réservoirs à poissons et viviers à Crustacés ou coquillages. De tels étangs à marée sont relativement fréquents sur les côtes de la Bretagne, et ont été équipés pour servir de réservoir d'eau à des moulins à mer. Pour des raisons de facilité et d'économie de construction du barrage, et compte tenu du fait que les moulins n'avaient pas à fonctionner pour tous les coefficients de marée, ces étangs à marée sont généralement situés à un niveau élevé. La mer n'y pénètre normalement qu'à partir de coefficients de marée de l'ordre de 65 à 70, et il est donc difficile d'y mener des opérations d'élevage intensif avec forte charge sans leur adjoindre un système de renouvellement de l'eau par pompage durant les périodes de faibles coefficients.

— En dessous du niveau des BMVE, on peut, dans des régions à faible amplitude de marée (fjords norvégiens et suédois, Mer Intérieure du Japon), délimiter des zones d'élevage avec des filets suspendus. Ce système est évidemment utilisable a fortiori dans le cas des mers sans marée. Le problème du nettoyage des grandes surfaces de filets nécessaires pose de difficiles problèmes d'exploitation.

— Dans les zones plus profondes, on a recours aux cages de filets suspendues par un ensemble de flotteurs, de formes variées, et qui ne peuvent être installées que dans des zones relativement abritées. Pour des poissons tels que les Salmonidés ou la sérieole, les élevages en cage flottante atteignent des charges importantes, de l'ordre de 10 kg/m³. Par contre, malgré de nombreux essais, les problèmes de résistance mécanique des cages à des courants moyens (de l'ordre de 2 nœuds) sont mal résolus, et le nettoyage ou le changement des filets représente une charge d'exploitation importante.

— On a également expérimenté des systèmes dans lesquels des cages rigides sont suspendues entre deux eaux, à l'abri de l'action directe des vagues. Dans certains cas, des cages coulissant verticalement sur un système de pieux fixes ont été essayées.

Jusqu'à présent, ce type de technologie n'a guère dépassé le stade expérimental.

— Enfin, il est encore possible de fixer la cage au fond de l'eau, et de l'exploiter par plongeurs. Jusqu'à présent, les seules applications de ce type d'enclos concernent des viviers sous-marins à homards implantés en Ecosse pour stocker le produit de la pêche en attendant la montée saisonnière des prix pour commercialiser.

Les élevages d'animaux fixés comme les huîtres ou les moules ne rentrent évidemment pas dans ces différents types de structure ou d'aménagement, bien que, à la limite, les élevages de bivalves sur cordes suspendues à partir de radeaux flottants constituent une variante entre les cages de surface et les cages entre deux eaux.

★
★★

L'aquaculture en France, à l'exception bien entendu des résultats remarquables enregistrés en matière de conchyliculture (huîtres et moules), est encore, pour ce qui a trait au domaine marin, dans l'enfance. Depuis une demi-douzaine d'années, un renouveau en matière de recherche scientifique a permis d'enregistrer de remarquables succès de laboratoire. Et malgré cet effort, bien peu d'espèces paraissent promises à un développement économique à court ou moyen terme. En matière d'aquaculture, comme en matière d'agriculture, le chemin qui mène du laboratoire à l'exploitation économique est long et semé d'embûches. Quel meilleur conseil de prudence pourrait-on donner à ce sujet qu'en rappelant l'histoire des élevages intensifs de crevettes au Japon, si souvent cités en exemple ? L'obtention d'animaux de taille commerciale à partir d'œufs pondus en laboratoire par des femelles mûres pêchées, remonte aux années 1938-1940. Et ce n'est qu'à partir de 1962 que se sont développées les premières entreprises commerciales de production de crevettes d'élevage...

LITTERATURE CHOISIE

- BARDACH J. E., RYTHER J. H. et Mc LARNEY W. O. (1972) - Aquaculture. The Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms. Wiley-Interscience édit., I-XIV, 1-868.
- IVERSEN E. S. (1968) - Farming the edge of the sea. Fishing News (Books) Ltd, 1-304.
- MILNE P. H. (1972) - Fish and Shellfish Farming in Coastal Waters. Fishing News (Books) Ltd, 1-208.
- En français : Bulletin d'Aquiculture de la FAO, bulletin trimestriel d'aquiculture-recherche et développement, publié par l'Organisation des Nations-Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, Italie.
- LAUBIER L. (1969) - L'aquaculture dans le monde. Etat actuel et potentialités. Le programme du CNEXO et sa réalisation. Centre de Perfectionnement Technique édit., Journées de l'Exploration et de l'Exploitation des Océans, Nantes, 12-14 novembre 1969.

Évolution et difficultés de l'ostréiculture en Bretagne

par Louis MARTEIL *

L'élevage des huîtres constitue l'une des formes les plus anciennes de l'aquaculture.

En France, l'ostréiculture est devenue une activité dont l'importance économique n'a cessé d'augmenter depuis la seconde moitié du 18^e siècle. Elle concerne 3 mollusques appartenant à des genres ou espèces différents : une huître plate, *Ostrea edulis*, espèce indigène, mieux connue sous ses appellations commerciales de Belon, Cancale ou Marennes, deux huîtres creuses, *Crassostrea angulata* et *C. gigas*, vendues sous les noms d'huître portugaise pour la première, huître du Pacifique ou plus souvent « japonaise » pour la seconde. L'implantation des huîtres portugaises sur le littoral français remonte aux années 1860-1870 ; celle des japonaises est très récente puisqu'elle a été entreprise en 1970-1971 après qu'une épizootie eut décimé les stocks d'huîtres portugaises.

Huîtres plates et huîtres creuses occupent naturellement sur nos rivages des habitats différents : les premières prédominent en Bretagne, les secondes au sud de la Loire, de Noirmoutier à Marennes et Arcachon. Cette distribution des espèces est déterminée par des facteurs écologiques, notamment par les températures et salinités existant au moment de la reproduction des mollusques. Leur élevage, en revanche, peut être pratiqué indifféremment dans les diverses régions bien que, là aussi, les conditions de milieu puissent se révéler plus favorables localement aux unes qu'aux autres.

La culture des huîtres, on le sait, comprend trois phases : le captage, l'élevage et l'affinage, correspondant aux processus de la reproduction, de la croissance et de l'engraissement du mollusque. Une exploitation ostréicole peut pratiquer toutes ces activités, l'une ou l'autre, ou deux d'entre elles ; elle peut exercer ces diverses opérations dans le même secteur géographique ou non ; chaque site, en effet, en fonction de ses particularités écologiques, se prête mieux à l'une ou l'autre d'entre elles. On peut même parler, pour l'huître plate notamment, d'une spécialisation des centres : ainsi le Morbihan est-il plus propice au captage et à l'élevage, le Finistère nord à l'élevage et à l'affinage, Paimpol à

* Institut scientifique et technique des Pêches maritimes.

l'élevage, Belon à l'affinage, etc... Dès lors, l'huître, bien qu'elle soit classée parmi les organismes sessiles, effectuera au cours de sa vie de nombreux voyages : née en Morbihan, elle passera une première année à Morlaix, deux autres à Brest ou à Paimpol avant d'être expédiée à la consommation du Belon, des Abers ou même de Marennes, d'Espagne, de Hollande ou d'ailleurs, après avoir changé d'exploitation 2 ou 3 fois au moins ! C'est là une des manifestations les plus spectaculaires de l'évolution que l'ostreiculture a connue en Bretagne depuis la fin de la dernière guerre, dont nous voudrions préciser les aspects les plus importants, mais aussi les difficultés.

EXTENSION DES ZONES OSTREICOLES

Jusqu'en 1945, la production d'huîtres plates était presque entièrement limitée aux rives du Morbihan ; les mollusques qui y étaient captés et élevés étaient pour la plupart livrés, à l'âge de 3 ans, aux affineurs de Marennes, du Finistère ou d'Angleterre. L'ostreiculture existait à peine en rade de Brest, à Paimpol ou à Cancale ; elle commençait à se développer à Morlaix où l'abaissement du niveau de l'estran qui suivit la disparition de l'herbier de zostères survenue entre 1930-1935, permit la création de parcs comme il favorisa, pour les mêmes raisons, la formation de gisements naturels dans la partie orientale du golfe du Morbihan.

Entre 1950 et 1960, les centres du nord de la Bretagne sont mis progressivement en exploitation et les surfaces concédées en



Récolte traditionnelle des huîtres sur terrains découvrants

(Photo Mazo)

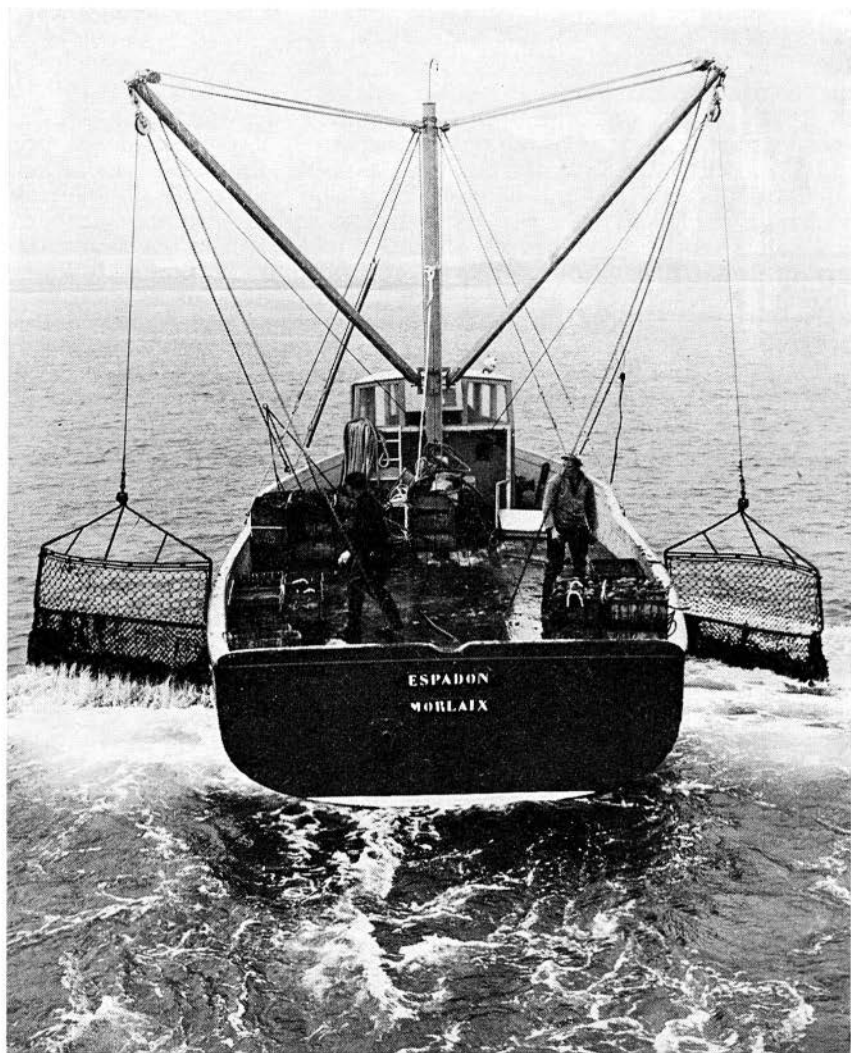
Bretagne vont plus que doubler en 10 ans. Dans les années 1970, une autre étape est franchie ; la superficie attribuée dépasse 9 000 ha, soit la moitié des surfaces affectées à l'ostréiculture sur l'ensemble du domaine public maritime en France (18 000 ha en 1972). Cette augmentation spectaculaire des surfaces, due en grande partie à la création des parcs en « eau profonde », provoque çà et là des inquiétudes ou des réticences des populations du littoral, qui craignent de voir leurs activités traditionnelles de pêche ou de loisirs être perturbées. Dans la quasi-totalité des cas, des solutions seront trouvées satisfaisant les désirs légitimes des uns et des autres ; on s'oriente actuellement vers une délimitation des zones affectées à la conchyliculture, au tourisme ou à la plaisance. Par ailleurs, les pêcheurs deviennent eux-mêmes ostréiculteurs substituant une activité d'élevage à la simple cueillette, ce qui les rend progressivement plus conscients de la nécessité de protéger les ressources naturelles.

C'est particulièrement vrai en rade de Brest où s'est accomplie depuis 1958 une évolution profonde à partir de la création d'une société coopérative ostréicole (SCORB) groupant plusieurs centaines de pêcheurs. Cette évolution ne peut qu'être profitable au maintien d'un équilibre du milieu. Il est exagéré en effet de prétendre que l'extension de la conchyliculture conduit obligatoirement à sa destruction. Elle le modifie comme toute autre activité, mais elle participe aussi à la création d'un nouvel équilibre comme l'a montré récemment l'étude de PAULMIER consacrée à l'évolution de la faune et de la flore des parcs du Belon (1971). Au surplus, l'ostréiculture n'occupe qu'une partie de l'estran, la plus basse normalement, et les vasières des parties hautes, inoccupées, conservent leurs particularités et leur rôle dans le cycle biologique. Rappelons enfin que l'extension de l'ostréiculture dans certains secteurs (Morlaix, golfe du Morbihan) a *suivi* et non *précédé* la disparition de l'herbier et n'a pas empêché sa réimplantation progressive. Là encore, une juste répartition des terrains doit conduire à la sauvegarde de tous les intérêts.

LES PARCS EN « EAU PROFONDE »

L'élevage des huîtres plates, comme celui des portugaises, a été traditionnellement pratiqué en France dans l'espace intertidal, sur les rives émergentes des estuaires, baies, rades ou bassins. Ce n'est qu'en Méditerranée, où dès le début, et en l'absence de marées semblables à celles qui existent sur les côtes de l'Atlantique ou de la Manche, que l'huître, comme la moule, fut élevée en suspension, c'est-à-dire constamment immergée. Les gisements naturels, en revanche, sont habituellement établis à l'étage infralittoral, n'asséchant que partiellement et exceptionnellement dans les parties hautes des estuaires. C'est vraisemblablement la présence de formations naturelles au-dessous des laisses des plus basses mers dont l'exploitation était le privilège des pêcheurs qui a conduit à l'occupation, dans un premier temps, des zones émergentes par les ostréiculteurs qui y trouvaient d'ailleurs des avantages certains : facilités d'accès, de préparation et d'entretien de terrains, d'ensemencement et de récolte, de contrôle des prédateurs, etc...

L'appauvrissement ou la disparition des gisements naturels d'huîtres plates, le progrès indiscutable qu'a constitué la motorisation des moyens de transport (bateaux, camions), un élargisse-



Dragueur d'huîtres en action dans la baie de Morlaix

(Photo Mazo)

ment du marché de consommation, mais aussi le développement des activités touristiques sur le littoral ont conduit à rechercher des zones situées au-delà de la laisse des basses mers. Ce fut ce qui motiva en 1949-1950 la recherche de terrains dits « en eau profonde » parce qu'ils n'assèchent jamais. En fait la profondeur est le plus souvent comprise entre le 0 des cartes et les sondes — 3 à — 5 m, mais peut atteindre — 8 à — 10 m.

Ces parcs en « eau profonde » occupent actuellement une surface d'environ 4 500 ha en Bretagne, soit la moitié de la superficie totale concédée. Leurs dimensions sont toujours plus grandes que celles des parcs émergents ; ils peuvent mesurer 25, 50, 100, 200 ha ou plus, d'un seul tenant. Ils sont concédés soit à des personnes privées, soit le plus souvent à des groupements ou

sociétés à forme coopérative ou non. Les huîtres y sont semées sur le sol et l'exploitation se fait à l'aide de bateaux équipés de 2 dragues ou plus, dont le matériel récolté (huîtres, coquilles, graviers) est déversé soit sur le pont du bateau, soit dans des conteneurs qui peuvent être, après accostage, transférés sur des camions qui les transportent jusqu'aux établissements où l'on opérera le triage, le nettoyage et la vente. C'est ainsi que les huîtres élevées à Saint-Brieuc ou Paimpol peuvent être immédiatement expédiées en Morbihan ou à Brest où l'ostréiculteur possède dans son exploitation principale des moyens modernes de levage, lavage, triage et emballage.

L'élevage en « eau profonde » ne peut être pratiqué que dans des sites suffisamment abrités des vents dominants et de la houle ; les sols doivent être suffisamment fermes et stables ; la remise en suspension des particules fines, ou la formation de « rides » entraînant l'ensablement nuirait au succès de l'entreprise. On retrouvera donc ce mode d'élevage dans les baies de Quiberon, de Saint-Brieuc et du Mont-Saint-Michel, en rade de Brest et dans les embouchures de quelques estuaires.

Dans la quasi-totalité des cas, les parcs ont été établis à l'emplacement de bancs naturels ruinés comme à Saint-Brieuc ou fortement appauvris comme à Quiberon, dont il n'apparaissait pas indispensable de tenter la reconstitution.

LES BANCS HUITRIERS

La politique des gisements naturels appliquée progressivement depuis la fin de la dernière guerre est le troisième aspect important de l'évolution de l'ostréiculture en Bretagne. Ce n'est d'ailleurs qu'un des moyens retenus pour faciliter l'extension de l'élevage que nous venons de signaler.

Les bancs ont été, jusqu'à la création de l'industrie ostréicole, la source exclusive de la production d'huîtres. Ils jouèrent encore longtemps après un rôle prépondérant dans l'approvisionnement des parcs d'élevage. Les aléas de la reproduction, l'action des prédateurs ou des maladies comme celle de 1920-1921, la difficulté de faire respecter un taux d'exploitation correspondant à l'état du stock — des considérations socio-économiques locales faisant parfois obstacles à l'application de mesures justifiées, soit par le comportement des espèces, soit par le souci d'éviter la surexploitation — ont concouru à l'appauvrissement de la plupart des gisements d'huîtres plates et à la disparition des autres (MARTEIL 1954, 1960). En 1940, les syndicats ostréicoles du Morbihan, prenant conscience de la nécessité de disposer de stocks suffisants de géniteurs pour assurer au mieux l'avenir du captage, s'engagèrent dans une politique qui a depuis fait ses preuves puisqu'elle a conduit à la reconstitution des gisements huîtres des rivières d'Auray, de Saint-Philibert, de La Trinité et d'une partie de la baie de Quiberon. Progressivement, cette politique a été appliquée non seulement aux autres secteurs bretons, mais à l'ensemble des régions ostréicoles françaises. A l'étranger, aux U.S.A. comme au Canada, des mesures identiques viennent d'être prises (MACKENZIE 1970). Dans les zones de captage, les travaux de reconstitution, d'entretien, de surveillance, sont confiés au Comité interprofessionnel de la Conchyliculture (C.I.C.) qui agit localement par des comités de gestion placés sous la responsabilité des sections régionales du

comité. Ces programmes sont élaborés et exécutés par ces comités avec le concours des laboratoires spécialisés de l'Institut scientifique et technique des Pêches maritimes et sous le contrôle des services des Affaires maritimes. L'exploitation de ces gisements à des fins personnelles est interdite ; l'excédent de leur production sert à l'ensemencement des parties appauvries.

Tout en utilisant les mêmes techniques que nous avons décrites par ailleurs, d'autres comités groupant cette fois les pêcheurs et éventuellement les ostréiculteurs ont entrepris d'améliorer la productivité de gisements huîtres livrés à l'exploitation. C'est le cas des bancs établis à Pénérf et dans le golfe du Morbihan, à Brest, en Penzé ou en rivière de Tréguier. Sans vouloir prétendre que cette formule soit la meilleure, on reconnaîtra cependant qu'elle a donné des résultats satisfaisants. Elle a permis d'étendre ou de remettre en valeur des gisements appauvris comme le banc du Roz à Brest ; elle a surtout contribué à modifier profondément la mentalité des pêcheurs traditionnellement portés à « exploiter » coûte que coûte les ressources naturelles, les conduisant à demander eux-mêmes d'étendre ce régime à tous les gisements, à participer financièrement et matériellement aux travaux, à envisager enfin la conversion de ce mode d'exploitation « sauvage » en culture ce qui, indiscutablement, constitue un progrès.

Lorsqu'il n'existe pas d'industrie de captage ou qu'il apparaît qu'en raison des conditions écologiques celle-ci ne peut être développée avec succès, les emplacements des gisements d'huîtres, et éventuellement d'autres coquillages, peuvent être affectés à l'élevage. L'expérience montre que les semis d'huîtres effectués sur ces terrains par les concessionnaires peuvent concourir à l'enrichissement des fonds et même à la formation de bancs à proximité immédiate des parcs.

LE CAPTAGE

Parallèlement aux travaux entrepris pour la mise en valeur des ressources naturelles et l'extension de l'élevage, on a cherché à développer le captage de l'huître plate tant sur les terrains émergents qu'en eau profonde. Quelques chiffres suffiront à illustrer l'effort réalisé. En 1948, on immergeait chaque été 12 millions de collecteurs, des tuiles chaulées, en 1964 24 millions, en 1970 40 millions environ. En rade de Brest, de 1965 à 1973 le nombre de collecteurs a considérablement augmenté, passant de quelques centaines de mille à plusieurs millions.

Dans le même temps, de nouveaux modèles de collecteurs apparaissent. A la tuile demi-cylindrique, chaulée, qui reste encore le support le plus utilisé, se sont ajoutés des collecteurs en matière plastique de formes diverses (trames demi-cylindriques, tubes assemblés en cadres ou en fagots, cônes empilables, etc...), plus légers et surtout déformables, ce qui rend plus aisée la séparation de la jeune huître, soit manuellement, soit mécaniquement. Dans le même temps, des machines à « détroquer », c'est-à-dire à décoller le naissain du collecteur-tuile, étaient mises au point, réduisant considérablement les travaux de main-d'œuvre.

On a d'autre part innové en pratiquant le captage en eau profonde alors que cette activité était jusque-là limitée aux terrains émergents. On y parvient soit en répandant des coquilles de moules, qui se dégradent facilement sur le sol ou en les disposant

dans des sacs de mailles appropriées, soit en immergeant des collecteurs le plus souvent en matière plastique, déposés sur le fond ou maintenus en suspension ; les moyens modernes de manutention et de levage ont facilité l'emploi de ces nouvelles techniques.

L'ELEVAGE DES HUITRES CREUSES

Interdit depuis 1923 au nord de la Vilaine, dans un but de protection des zones de production de naissain d'huîtres plates, l'élevage des huîtres creuses, en l'occurrence l'huître portugaise, a été autorisé à partir de 1948 en Bretagne, à l'exception de la région morbihannaise de Vannes à Quiberon et jusqu'à ces derniers mois, de la rade de Brest et de la baie de Morlaix.

L'huître portugaise n'a trouvé de conditions favorables à sa reproduction que dans l'estuaire de la Vilaine où dès 1949-1950 des formations naturelles ont apparu, conduisant à la création de parcs de captage de ce mollusque sur plusieurs kilomètres, mais dont la construction du barrage d'Arzal a entraîné la disparition.



Avant l'expédition, huîtres plates disposées dans les « civières » où elles s'habituent à l'émersion.

(Photo Mazo)

Ailleurs, température et salinité ne permettent pas la reproduction de l'espèce, mais autorisent son élevage à partir de jeunes huîtres provenant des secteurs du centre-ouest, d'Arcachon. Depuis peu, *C. gigas* a remplacé *C. angulata*, le naissain étant importé du Japon ou du Canada et de plus en plus des secteurs du sud de la Loire où l'espèce s'est abondamment reproduite en 1971 et 1973. L'huître creuse est particulièrement élevée à Pénérif et à Etel, mais aussi à Paimpol et à Cancale ; la culture y est généralement pratiquée en *surélévation*, l'huître étant disposée dans des casiers ou des « poches » en matière plastique reposant sur des supports les maintenant à 0,50, 0,60 m du sol. La Bretagne élève environ 10 000 tonnes d'huîtres creuses sur les 60 000 à 70 000 tonnes livrées annuellement à la consommation. Cette culture, complémentaire, n'a pas nui jusqu'ici à celle de l'huître plate ; l'illustration la plus évidente en est le maintien du banc naturel d'*O. edulis* dans le chenal de la rivière de Pénérif dont les rives sont occupées par des parcs d'élevage d'huîtres creuses. Ce phénomène met bien en évidence le rôle des facteurs écologiques dans l'implantation des espèces.

LE PROGRES TECHNIQUE

Il reste à souligner les progrès réalisés au cours des dernières années dans le domaine des moyens techniques. Nous avons déjà fait état brièvement de la mise en service de bateaux dragueurs spécialement équipés pour le travail en eau profonde ou même sur les terrains émergents dès lors que la superficie des parcs en permet l'évolution à pleine mer, des nouveaux modèles de collecteurs en matière plastique, des machines à détroquer. Dans les établissements construits à terre, on trouve désormais de véritables chaînes de convoyage, de lavage, de triage du matériel récolté sur les parcs, des calibreuses travaillant selon la taille ou le poids des huîtres, des chaînes d'emballage, etc... Ces progrès techniques ont pu être obtenus dès l'instant où les entreprises ont acquis une dimension suffisante grâce à la mise en valeur de nouveaux terrains.

LES DIFFICULTES DE L'OSTREICULTURE BRETONNE

L'expansion qu'a connu l'ostréiculture en Bretagne au cours des vingt-cinq dernières années ne s'est pas faite sans difficultés.

Le développement concomitant des activités touristiques, de l'urbanisation du littoral voire de l'industrialisation n'a pas manqué d'en susciter. Est-il besoin de rappeler les craintes légitimes provoquées par les projets de création d'un complexe pétrolier en rade de Brest, les risques d'accroissement de la pollution ou les conflits nés de l'implantation dans certaines zones ostréicoles de ports de plaisance ?

Il existe d'autres causes inhérentes à l'ostréiculture elle-même ou au milieu dans lequel elle est pratiquée. C'est d'abord l'irrégularité des récoltes de naissains. L'évolution des larves, au cours de leur vie pélagique, est très largement dépendante de la température ; les fluctuations climatiques annuelles ont donc une influence directe sur l'intensité des fixations et par conséquent sur la récolte. On a estimé à 1 200-1 500 tonnes de naissains par an,

soit 1 milliard et demi à 2 milliards de jeunes huîtres, les quantités nécessaires à l'ensemencement des parcs d'élevage. L'augmentation du nombre des collecteurs et l'extension des zones de captage que nous avons précédemment signalées, le développement des recherches appliquées à l'ostréiculture ont répondu en partie à cette exigence, mais en partie seulement, en raison du rôle prédominant des facteurs naturels. De plus, entre le moment de la fixation et celui du décollage du naissain de son support, 6 à 10 mois s'écoulent pendant lesquels une forte proportion des naissains captés disparaît, victimes des prédateurs, des compétiteurs ou des variations brutales et prolongées de la température, de la salinité, etc... On relève donc chaque année une fluctuation importante des quantités récoltées ce qui, bien entendu, se traduit par des fluctuations des cours. Il existe certes la possibilité de s'approvisionner en naissains dans les écloséries qui çà et là sont créées, mais leur production ne peut constituer dans l'état actuel des besoins qu'un appoint à la production naturelle.

D'autres difficultés proviennent des variations des conditions du milieu. Nous en donnerons deux exemples. *Penn ar Bed* (n° 32) a rapporté en son temps les conséquences sur la faune du rigoureux hiver 1962-1963. Les basses températures ont provoqué à cette époque des pertes sévères sur les huîtres déposées sur les terrains émergents ou sur les parties les moins profondes. Elles ont également perturbé l'équilibre du milieu : la destruction des corophies a favorisé la multiplication des arénicoles qui ont envahi les sols des parcs ; les astéries ont d'autre part proliféré et colonisé pendant plusieurs années les eaux morbihannaises, des courreaux de Belle-Île à la baie de Quiberon et aux parties aval des estuaires qui s'y jettent, anéantissant les mollusques que le froid avait épargnés. L'autre exemple intéresse le Belon où depuis 1961 des mortalités importantes ont frappé les huîtres au cours de la période estivale à plusieurs reprises. On a pu mettre en évidence (MARTEIL, MARIN, GRAS, 1971) que ces pertes étaient la conséquence d'un phénomène hydrologique très particulier. Des masses d'eau caractérisées à la fois par leur basse température (10° à 11°), leur salinité élevée, leur richesse en sels nutritifs, leur sous-oxygénation, normalement stationnées sur les fonds de 50 m dans la région des Glénan, progressent certains étés le long des vallées sous-marines du Belon et de l'Aven et pénètrent parfois, plus ou moins profondément, dans ces estuaires en juillet, en août ou au début de septembre. Elles y remplacent les eaux à 18-19° ou plus qui occupent ces rias, modifiant l'équilibre qui y existait. Dans ce milieu semi-fermé par la barre établie à l'embouchure du Belon, l'apport de sels nutritifs par des eaux sous-saturées en oxygène dissous et l'augmentation des teneurs en matières organiques résultant notamment de la disparition des éléments planctoniques en place provoquent un état de dystrophie favorisant une explosion bactérienne. Cette extraordinaire prolifération de micro-organismes contribue à créer un milieu anaérobie à la fois par consommation d'oxygène et par dégagement d'hydrogène sulfuré.

Encore s'agit-il là de phénomènes localisés dans le temps ou l'espace et n'affectant de ce fait qu'une partie des élevages. Très différentes sont les conséquences des épizooties qui, en ostréiculture, comme dans tout autre élevage, apparaissent périodiquement. Les plus récentes ont concerné l'huître portugaise et intéressent encore l'huître plate.

Chez l'huître portugaise, survenaient dans l'été 1970 et presque simultanément dans des régions aussi éloignées que la Bre-

tagne et la région de Marennes, des mortalités inexplicables qui devaient se manifester peu après dans tous les secteurs d'élevage, de la Normandie à la Méditerranée, puis à l'étranger. Les causes en sont restées inconnues à ce jour en dépit des multiples recherches effectuées ici et là. Des phénomènes semblables de mortalités massives surviennent en tous pays, que ce soit en Amérique du Nord, au Japon ou en Corée ; la pathologie des invertébrés marins, celle des huîtres en particulier, est encore si mal connue que, dans la plupart des cas, il a été impossible de déterminer les causes de ces phénomènes. Par bonheur, l'huître du Pacifique, *C. gigas*, s'est révélée résistante, ce qui a permis de reconstituer rapidement les élevages d'huîtres creuses et les gisements naturels décimés. L'espèce s'est reproduite en 1971 et 1973 dans nos eaux bien qu'elle requière une température plus élevée que *C. angulata*.

L'huître plate est elle-même victime d'une affection parasitaire qui s'est manifestée en 1968-1969 en divers centres d'élevage. Elle apparut, en Bretagne, dans les Abers, gagna, en 1972, la Penzé et à la fin de 1973 la rivière de Morlaix et une partie de la rade de Brest. En mai 1974, elle a touché les secteurs jusque-là indemnes, de Cancale au Morbihan. L'épizootie ne frappe que l'huître plate. L'organisme responsable a été isolé dès 1970 (HERRBACH 1971) ; on connaît plusieurs phases de son cycle, mais on ignore encore actuellement la forme sous laquelle il infeste le mollusque. Toutefois il a pu être très récemment cultivé et l'on espère pouvoir ainsi obtenir une connaissance complète du cycle. L'infestation qui, à ses débuts, ne peut être décelée que par des examens histologiques, altère progressivement la condition du mollusque qui meurt quelques semaines ou quelques mois après, selon l'époque à laquelle le parasitisme s'est manifesté. L'organisme, vraisemblablement un protiste, paraît être lui-même parasité (BONAMI et al., 1971) ; il n'a jamais été décrit auparavant. L'épizootie actuelle présente de grandes analogies avec la mortalité qui en 1920-1921 avait décimé les élevages et les gisements d'huîtres plates dans l'Europe entière et dont la cause exacte n'avait pu être déterminée.

★
★★

Telles sont brièvement résumées les étapes de l'évolution qu'a connue l'ostréiculture bretonne depuis la dernière guerre et qui en a considérablement modifié la physionomie. Elle a suffisamment montré jusqu'ici ses possibilités d'adaptation pour qu'on puisse espérer qu'elle parviendra à surmonter les difficultés actuelles.

La mytiliculture et son évolution récente

par Pierre LUBET *

Depuis une dizaine d'années, la mytiliculture ou culture des moules connaît en France et dans quelques pays européens une expansion remarquable due à l'extension des surfaces exploitées et à de meilleures techniques d'élevage. En effet, les consommateurs de coquillages comestibles deviennent de plus en plus nombreux. L'augmentation du niveau de vie, la meilleure connaissance des produits de la mer pris au cours de vacances maritimes, la bonne qualité des produits offerts à la consommation, l'amélioration des conditions de transport et l'excellent contrôle sanitaire de ces marchandises réalisés en France par l'Institut scientifique et technique des pêches maritimes sont autant de facteurs permettant d'expliquer l'accroissement de la consommation des coquillages.

Pourtant, l'exploitation des gisements naturels de moules, très nombreux sur les côtes européennes, s'est effectuée depuis les premiers âges de l'humanité. Les accumulations de coquillages consommés par les populations néolithiques de Scandinavie comme les débris de cuisine des habitations phéniciennes, grecques ou romaines, les déchets trouvés dans le voisinage des abbayes des côtes atlantiques montrent de façon irréfutable que les moules étaient largement exploitées par les populations maritimes.

La mytiliculture semble être, après l'ostréiculture, la plus ancienne culture marine. La tradition et quelques textes permettent de situer les premiers essais de mytiliculture en France au XIII^e siècle. Cette culture aurait vu le jour dans la baie de l'Aiguillon en Charentes, les populations maritimes plantant des pieux servant de substrat aux mollusques, type d'exploitation qui s'est considérablement développé depuis dans les mers à fortes marées et qui est connu sous le nom de *bouchots*. Toutefois, nous devons attendre la seconde moitié du XIX^e siècle pour que la mytiliculture se développe de façon rationnelle et à une grande échelle en Europe ; c'est dans les Pays-Bas qu'elle prit alors une expansion considérable au point de devenir pour ce pays une ressource importante. En effet, pour suppléer à l'appauvrissement progressif des gisements naturels surexploités, les Hollandais eurent l'idée d'aménager des moulières artificielles dans des eaux peu profondes de zones protégées, créant ainsi la *mytiliculture sur parc*. Cette formule très rentable par l'importance des surfaces mises en exploi-

* Professeur à l'Université de Caen, Directeur du Laboratoire maritime de Luc-sur-Mer, Expert à la FAO des Nations-Unies.

tation domina l'industrie mytilicole jusque vers 1950. En Méditerranée et en Adriatique (région de Venise), des méthodes originales de culture en suspension sur cordes (pergolare) se sont progressivement développées. Ce procédé a été appliqué avec succès par les exploitants espagnols de la côte de Galice, en l'adaptant aux conditions locales. Il est à la base de l'extraordinaire réussite que connaît actuellement la mytiliculture des côtes atlantiques espagnoles.

Ce bref exposé historique nous permet d'ores et déjà de situer les différentes régions mytilicoles et de commencer à entrevoir les différentes techniques de culture de la moule : parcs, bouchots, culture par suspension.

QUELQUES DONNEES SUR LA BIOLOGIE DES MOULES

ESPÈCES CULTIVÉES EN EUROPE

Deux espèces de moules sont exploitées en Europe mais peuvent être facilement confondues par les acheteurs (fig. 1).

La « moule de Hollande » (*Mytilus edulis* L.) a un domaine de répartition très vaste : Atlantique nord (côtes est des U.S.A. et du Canada, côtes de l'Europe septentrionale atlantique depuis le Cap Nord jusqu'en Espagne, Mer d'Irlande, Mer du Nord et Baltique).

La « moule de Méditerranée » (*Mytilus galloprovincialis*) est très largement répandue dans le bassin méditerranéen (Mer Noire, Adriatique, Méditerranée) mais elle existe largement en Atlantique (côtes du Maroc, du Portugal, de l'Espagne, du sud-ouest de la France). On en rencontre encore de belles stations en Bretagne (Manche occidentale) et sur les côtes du Pays de Galles (Pastdow mussel-SEED). Sur les côtes de France, elle ne semble pas dépasser Cherbourg vers l'Est et ne pénètre qu'accidentellement en Manche orientale. Elle n'existe pas en Mer du Nord. Les aires de répartition géographiques de ces deux espèces se recouvrent donc sur les côtes atlantiques et de la Manche occidentale : on dit alors qu'elles sont *sympatriques*. Toutefois, *M. edulis* se rencontre surtout dans des zones plus protégées, soumises à des dessalures alors que *M. galloprovincialis* semble avoir une répartition plus franchement marine. La distinction de ces deux espèces ou races d'une même super-espèce est souvent difficile d'autant que ces animaux sont susceptibles de s'hybrider. La moule de Méditerranée est en général plus plate sur le bord dorsal qui peut constituer un angle net, le bord ventral est en général rectiligne. La moule du « nord », possède un bord dorsal moins aigu et un bord ventral légèrement concave chez les individus âgés. Un seul caractère de diagnose reste toutefois caractéristique ; c'est la couleur du bord du manteau qui est violacé chez la moule de Méditerranée et brun jaunâtre chez la moule du « nord » (fig. 1).

NUTRITION ET RÉSERVES

L'indice de qualité ou rapport du volume de la coquille au poids de chair, dépend de l'intensité et de la nature des apports nutritionnels.

Les moules filtrent l'eau de mer qui est pompée dans la cavité palléale grâce aux mouvements des cils du manteau et des branchies. Elle passe à travers la grille branchiale. Les particules inférieures à 25-30 μ sont alors entraînées par les « tractus ciliaires », véritables « tapis roulants » qui permettent leur cheminement par les bords branchiaux jusqu'aux palpes labiaux et à la bouche. L'animal n'effectue pas de choix, toutes les particules ayant les dimensions requises étant entraînées. Les autres, englobées de mucus, sont rejetées et forment les *pseudo-fécès*. La sélection des particules ingurgitées se fait dans l'estomac, au niveau d'une aire de tri dotée d'une ciliature spéciale. On retire en moyenne d'un kilogramme de moules 200 à 350 g. de chair, en

fonction de l'état sexuel de l'animal et de la saison. Cette chair renferme des sucres (glycogène, galactogène et glucose : 7 à 15 % du poids sec), des protéines (50 à 70 %), des graisses (phospholipides et glycérides : 6 à 12 %) des vitamines parmi lesquelles celles du groupe D antirachitiques. C'est donc un aliment complet à la fois énergétique et plastique, de digestion facile.

Au point de vue pratique, la valeur alimentaire des moules est maximum durant les mois d'été pendant la phase de repos sexuel car si la teneur en graisses est légèrement plus faible, la quantité de glycogène est maximum et la composition en protéines reste sensiblement la même. C'est d'ailleurs la période pendant laquelle le goût des moules est le plus agréable.

PRÉDATEURS, PARASITES ET COMMENSAUX

Les prédateurs les plus redoutables des moulières sont les étoiles de mer (*Asterias rubens*), les gastéropodes (*Nucella lapillus* en Manche et Atlantique, *Purpura haemastoma* en Méditerranée), des poissons (Daurades, Pastenagues) et éventuellement, les oiseaux de mer (Goélands).

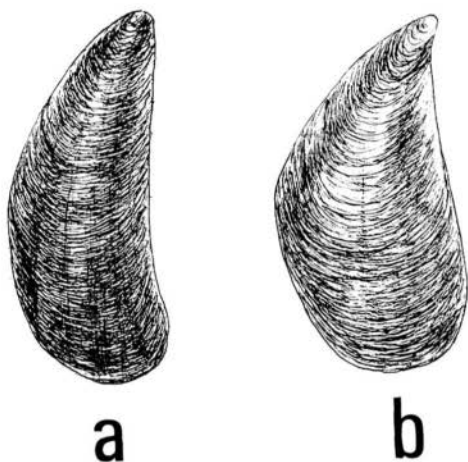


Fig. 1. — Moules européennes. a) Moule de Hollande, *Mytilus edulis* L. b) Moule de Méditerranée, *Mytilus galloprovincialis* Lmk.

Les moules sont parasitées par un crustacé Copépode, le « Cop rouge » (*Mytilicola intestinalis*) qui broute la muqueuse intestinale, l'accumulation de nombreux individus pouvant entraîner la mort des moules. Les moulières de Hollande furent ainsi ravagées par ce copépode entre 1950 et 1955.

Les moules peuvent également héberger des Trématodes (*Bucephalus mytili*) dont l'accumulation dans le manteau peut provoquer la castration des mollusques. Ce parasite est relativement abondant sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique.

Enfin, le crabe commensal *Pinnotheres pisum* vit dans la cavité palléale des moules où il se nourrit de pseudo-fèces, sa présence n'entraînant pas de dommages pour le mollusque. Les coquilles de moules peuvent être perforées par l'annélide *Polydora ciliata* et recouvertes de Balanes ou de Crépîdules, ce qui nuit à leur présentation sur les marchés.

Il est à recommander aux mytiliculteurs pratiquant l'élevage en bouchots de ne pas laisser s'accumuler sur le sol, au niveau des rangées de pieux de grandes quantités de mollusques détachés. Ces individus affaiblis deviennent très rapidement parasités par le « Cop rouge », ce qui permet l'extension des parasites aux individus sains fixés sur les pieux.

LA MYTILICULTURE

La production européenne de moules (cultures et gisements naturels) peut être estimée environ à 230 000 tonnes pour 1973, soit 75 000 t pour les Pays-Bas, 60 000 t pour l'Espagne, 50 000 t pour la France, 45 000 t pour l'Italie, 4 000 t pour la Yougoslavie, 1 000 t (Tunisie, Grèce, etc...). La production française ne peut couvrir jusqu'ici entièrement les demandes du marché et les importations, bien qu'en diminution, sont de l'ordre de 25 000 t (Espagne, Hollande).

La mytiliculture ne se pratique guère qu'en Europe, les moules n'étant pratiquement pas consommées en Amérique du Nord ou récoltées sur les gisements naturels (Argentine, Chili, Asie...).

LA MYTILICULTURE EN FRANCE

Les gisements naturels surexploités (Boulonnais, Calvados, Bretagne, pertuis breton) produisent environ 3 000 t par an. Le reste de la production (47 000 t en 1973) provient de la culture dans les différentes régions mytilicoles.

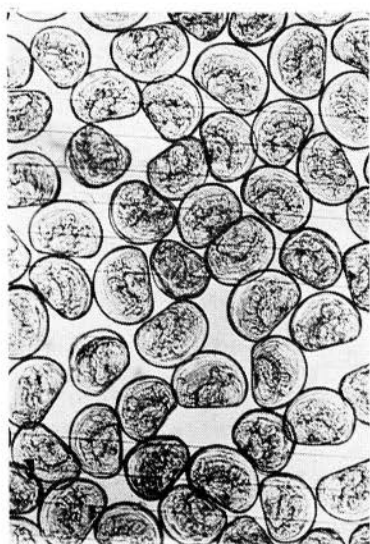
• *Les bouchots.*

Ce sont des rangées de pieux verticaux, de clayonnages ou de fagots enfoncés dans le sol des plages inférieures des baies protégées, dans les mers à marées (fig. 2). Cette culture qui exige de grandes surfaces s'est d'abord développée dans la région de Noirmoutier, du pertuis breton et sur les côtes de la Charente (Ile d'Oléron, Marennes, baie de l'Aiguillon). Actuellement, cette culture a pris une extension considérable sur les côtes de la Manche (Bretagne nord et Calvados). La production française se répartit de la façon suivante :

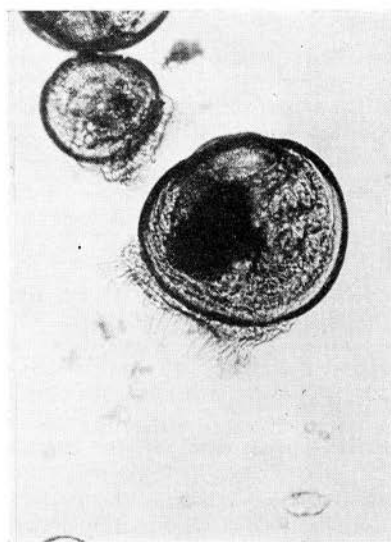
<i>Manche occidentale et orientale</i>	19 800 t
— Normandie (Calvados 800 t, Manche 9 000 t)	
— Bretagne nord (10 000 t)	
<i>Charentes</i>	9 000 t
— Marcilly, Charron, pertuis breton	
— Marennes, Oléron, baie de l'Aiguillon	

Nous prenons comme exemple la *mytiliculture en Manche* qui a pris un essor remarquable depuis une dizaine d'années. Les bouchots occupent sur les côtes W et E du Cotentin (Agon-Coutainville, Hauteville, Briqueville, Neuville, Saint-Vaast, Baie des Veys) une longueur de plus de 300 km utilisant environ 450 000 pieux. Ces derniers, d'une hauteur de 1,50 m à 2 m au-dessus du niveau du sol, sont espacés d'environ 70 cm et forment des rangées perpendiculaires à la côte. Les moules y sont fixées à un niveau qui varie entre l'infra-littoral supérieur et le médio-littoral inférieur.

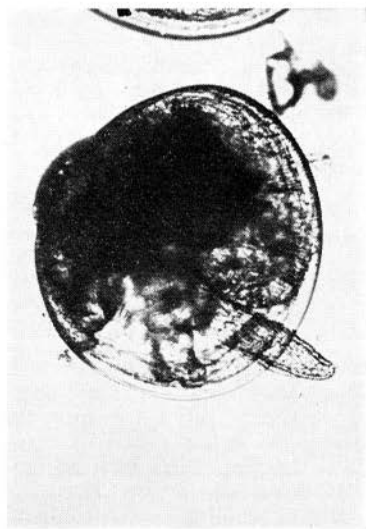
Les jeunes individus âgés de 8 à 12 mois sont achetés à Noirmoutier (cordes de naissain). Ces dernières sont fixées sur les pieux en avril-mai, sous forme de torsades spiralées, enveloppées dans du filet fin. La récolte se fait au bout de 12 mois dans les bouchots à haut rendement (les moules atteignent 6 à 7 cm de longueur) et au bout de 15 à 18 mois dans les régions où la croissance est plus faible. La production est d'environ 25 à 35 kg par pieu et par an.



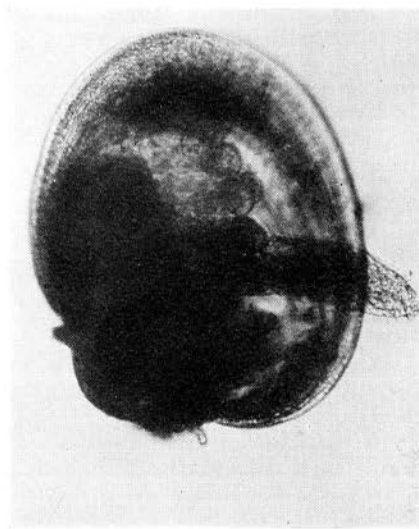
1



2



3



4

Fig. 2. — Stades larvaires de la moule. 1) Jeunes véligères (Stade D). 2) Véligères plus âgées avec velum épanoui. 3) Véligères près de la métamorphose. La coquille devient dissymétrique, les filaments branchiaux apparaissent et le pied est bien développé.

L'exploitation a été rationalisée. Le matériel est conduit ou évacué à l'aide de tracteurs, les opérations de séparation des moules et de calibrage ayant été mécanisées (dégrappeuses et tamiseuses).

— *Les bouchots de la Bretagne nord* (régions du Vivier-s/Mer, Cancale, baie de Saint-Brieuc) sont implantés et exploités de façon identique et importent également leur naissain d'Atlantique. Les rendements sont comparables. La production a atteint 10 000 tonnes en 1973.

— *Les côtes du sud de la Vendée et de la Charente* sont occupées par environ 10 000 bouchots mesurant environ 600 km de longueur et employant près de 3 000 personnes. La disposition traditionnelle des exploitations est légèrement différente de celle qui vient d'être décrite bien que des bouchots du même type se rencontrent de plus en plus fréquemment. Les rangées de pieux sont parallèles à la mer. Les plus distantes n'émergent que pour les fortes marées et portent des cordes servant à la récolte du naissain. Ce dernier est recueilli au bout de 4 à 5 mois et refixé sur des bouchots plus près de la côte, appelés « bouchots bâtards ». Au bout d'une année, les moules sont reparquées sur des « bouchots milloins », les plus hauts. Les moules sont marchandes (6 à 7 cm) au bout de 2 à 3 ans. La production de cette région a été évaluée à 9 000 tonnes en 1973.

• *Les Parcs.*

Cette culture à plat par épandage du naissain sur des surfaces préparées à l'avance est pratiquée en Bretagne sud dans la région de Pénestin et du Croisic (200 hectares). Le naissain est récolté localement ou importé. La production de cette région a été estimée à 6 000 tonnes en 1973.

• *La culture sur cordes.*

En Méditerranée et en Adriatique, l'absence ou la faible amplitude des marées conduit à planter des parcs construits avec des pieux métalliques verticaux reliés entre eux par des poutres horizontales sur lesquelles sont fixées les cordes supportant les moules.

La récolte du naissain se fait pratiquement toute l'année sur des câbles de coco disposés près de la surface de l'eau, les fixations les plus importantes ayant lieu en automne et au début du printemps. Les jeunes moules sont calibrées au tamis (1,5 à 2 cm) puis introduites dans des boyaux de filet fin que l'on ferme aux extrémités (longueur de 3 à 4 m) (fig. 3). L'ensemble est entouré par un filet tressé en corde de nylon de 3 à 4 mm de diamètre, à larges mailles de 7 à 10 cm de côté. Le boyau se détruit progressivement, les moules se fixant les unes aux autres par leur byssus. Le filet en nylon, du fait du poids important de la corde, devient de plus en plus interne et forme l'axe central servant de substrat. La corde mesurant 3 à 4 m est laissée de 6 à 10 mois suivant l'intensité de la croissance. Les moules sont dégrappées et calibrées ; elles servent à la confection de nouvelles cordes, moins chargées qui sont à nouveau immergées pendant 6 à 8 mois, date à laquelle les moules atteignent de 7 à 9 cm et sont alors livrées à la consommation. Le rendement moyen par mètre de corde est de l'ordre de 200 moules, soit environ 7 à 8 kg.

Cette technique représente plus de manipulations que celles des bouchots mais présente l'avantage de pouvoir s'effectuer sans la servitude des marées. Dans certaines zones, il convient de mettre les cordes au grand air pendant quelques heures et périodiquement afin d'empêcher le développement exubérant des « salis-

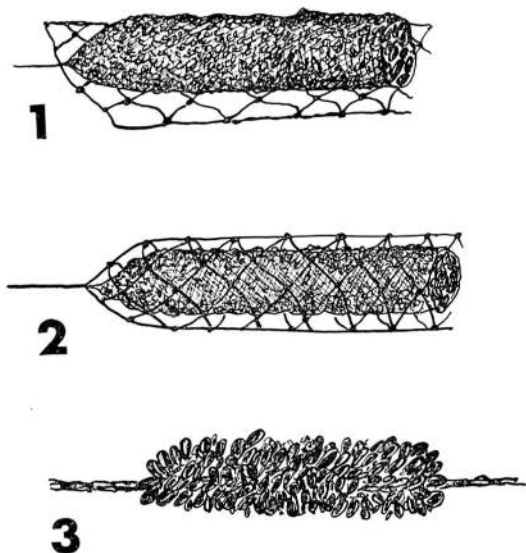


Fig. 3. — Confection d'une corde. 1) Remplissage du boyau (filet fin) avec les jeunes moules. 2) Le filet de nylon à grosses mailles est replié et rattaché autour du boyau contenant les jeunes moules. La corde est alors suspendue. 3) Au bout de quelques semaine, le filet fin a disparu et le filet de nylon à grosses maille a pénétré à l'intérieur de la grappe de moules fixées les unes aux autres par leur byssus.

sures » (algues, ascidies, hydraires, bryozoaires). Ces manipulations sont pénibles car le poids des cordes est parfois très important (jusqu'à 15 kg/m).

En France, cette culture connaît une grande extension dans quelques étangs du littoral français (en particulier dans celui de Thau) et dans la rade de Toulon (Balaguier, Tamaris). La production de 1973 est estimée à 12 000 tonnes sur le littoral méditerranéen français.

• *Épuration.*

La décontamination bactérienne des moules provenant des zones ou gisements classés insalubres par l'I.S.T.P.M. se fait dans des établissements spéciaux d'épuration. Les mollusques sont placés dans des bassins contenant une eau de mer stérilisée au moins 3 jours. Grâce à leur fort pouvoir de filtration, les animaux réalisent alors un lavage de leur organisme, particulièrement de leurs branchies et de leur tube digestif où se situent les nids bactériens. Il s'opère ainsi une auto-épuration.

Différents procédés sont couramment utilisés pour assurer la stérilisation de l'eau de mer (rayons U.V., chlore, ozone), ces deux derniers procédés étant les seuls utilisés en France.

Une bonne épuration est fonction de divers facteurs dont les plus importants sont :

- la température de l'eau qui ne doit pas être inférieure à 4-5° C (arrêt de la filtration), l'épuration optimale s'effectuant entre 12 et 15° C.

- la teneur en O₂ dissous qui doit être maintenue près de la saturation.
- la salinité qui ne doit pas être inférieure à 20 ‰.

Il faut enfin éviter d'introduire des moules prêtes à frayer car les gamètes s'accumulent au fond des réservoirs et toute stagnation provoque des développements bactériens rapides et considérables entraînant la perte des animaux retrempés. Un traitement bien conduit permet une bonne épuration entre 48 à 72 heures, ce qui n'entraîne aucune altération de la saveur et de la vitalité des mollusques.

Les normes bactériologiques appliquées aux coquillages traités sont rigoureuses : moins de 50 germes d'*Escherichia coli* pour 100 ml de chair. Les colis de coquillages sont revêtus d'une étiquette de salubrité délivrée par l'I.S.T.P.M. portant de façon apparente : le numéro d'identification de l'établissement expéditeur, la date de l'expédition et la mention « Coquillages traités en eau de mer purifiée ».

LA MYTILICULTURE EN EUROPE

• *Culture par suspension.*

- Les pays méditerranéens (Italie, Yougoslavie, Grèce, Tunisie) pratiquent la mytiliculture sur cordes en utilisant les techniques que nous venons d'étudier ci-dessus.
- Une mention particulière doit être faite pour l'*Espagne* où la mytiliculture s'est développée de façon spectaculaire dans les baies profondes (rias) des côtes atlantiques (Galice).

Les conditions d'élevage et de croissance des mollusques y sont particulièrement favorables du fait de la protection contre les tempêtes, de la profondeur (jusqu'à 60 m) et de la qualité des eaux (richesse en phytoplancton).

Les cordes supportant les moules étaient autrefois fixées à des pontons ou à des vieilles coques de navires. Aujourd'hui, on emploie des cadres flottants. Chacune de ces structures est constituée par 1 à 6 flotteurs en bois recouvert de ciment ou en matière plastique. Ces flotteurs dont l'ensemble constitue un carré sont entourés par un madrier formant le cadre de dimension 18 × 19 m.

Les cordes sont fixées au madrier et ont de 3 à 12 m de longueur, chaque cadre pouvant supporter 600 cordes environ. La production moyenne par année est environ 50 tonnes de moules commerciales par cadre flottant. Les moules marchandes sont obtenues au bout de 10 à 12 mois.

Il existe actuellement près de 2 700 parcs flottants de ce type en Galice assurant environ 96 % de la production de moules en Espagne. Celle-ci a été évaluée en 1973 à 55 000 tonnes.

• *Culture par épandage (Pays-Bas).*

Le passage de l'exploitation rationnelle de la moulière à la création de moulières artificielles (parcs d'épandage) a été réalisé en Hollande dès 1680.

Les parcs à moules sont développés en Zélande dans les régions de Tholen, Krammer et Grevelingen (Bouches du Rhin, Meuse, Escaut).

Le naissain provient :

- des centres zélandais : Bras de l'Escaut, Grevelingen (bancs émergés, récolte au râteau).
- des ouvrages : digues. On l'appelle le « paalzaad ». C'est le plus estimé.
- du Zuiderzée au nord de la ligne Enkhuizen-Stavoren (dragage).

Sa récolte se fait en automne, il a alors 4 à 5 mois, mesure environ 1 cm, et coûte environ 0,7 florin le kg (soit 1,20 f.).

Les parcs sont établis sur des fonds sableux ou sablo-vaseux de l'étage infra-littoral. Ils sont balisés par des pieux de 7 à 8 m.

Les parcs de pousse sont les parcelles les plus hautes qui découvrent.

Le naissain est « semé » à l'automne ou au début de l'hiver à raison de 5 à 10 kg au m² (30 t à l'hectare). La croissance est rapide sur ces zones mais le poids de chair reste faible. Les mollusques y restent jusqu'au printemps suivant. Ce sont alors des « Halfwass » (demi-pousses), ils mesurent de 4 à 5 cm de longueur. Ils sont dragués et déposés dans des parcs plus bas (au plus 5 m), dans des régions de dessalure (25 %) où règnent des courants assez violents de 2 à 3 nœuds. La taille marchande est atteinte au bout d'une année ; après deux ans de croissance les moules mesurent de 6 à 7 cm. On a calculé que le naissain donnait environ cinq fois son poids de moules « marchandes » compte tenu des pertes, le rendement moyen atteignant 180 t à l'hectare. Les moules « marchandes » sont draguées et réparquées de quatre à cinq jours, sous contrôle sanitaire, dans des bassins d'épuration situés à la côte, puis expédiées vers les différents centres de consommation d'Allemagne, de Belgique, d'Angleterre et de France.

La mytiliculture couvre aujourd'hui environ 15 000 hectares dont seulement le tiers est utilisable. Les parcelles sont en général beaucoup plus grandes qu'en France (5 à 25 ha) louées à l'Etat pendant 30 années avec une possibilité d'abandon tous les trois ans. Six mille personnes environ consacrent leurs activités à la mytiliculture, souvent jumelée à l'ostréiculture. Il s'agit toujours de petites exploitations mais elles sont merveilleusement équipées. Les bateaux utilisés sont de faible tonnage (50 tx) et peuvent tirer quatre dragues. Les installations à terre (tri mécanique, conditionnement) évitent au maximum le travail manuel.

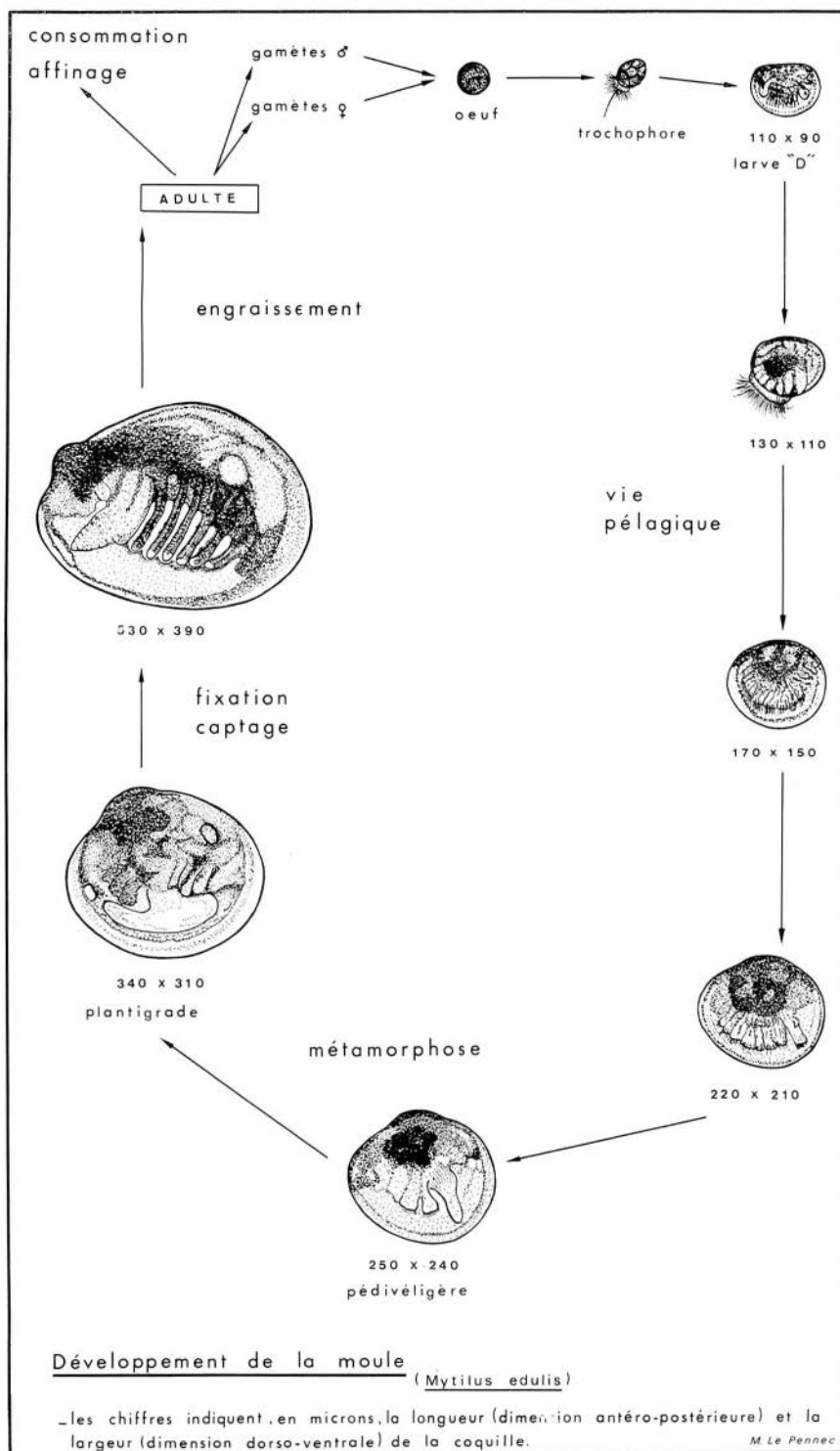
Les Pays-Bas sont le premier producteur mondial de moules avec un tonnage annuel de 70 000 à 80 000 t. La consommation locale reste faible (20 000 t) ; le reste est expédié dans les pays limitrophes dont la France qui importe de 10 à 20 000 t de moules de Hollande, suivant les années.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

LUBET P. - *Mém. Inst. Tech. Pêches maritimes*, 1959 (3) : 393-545.

LUBET P. - Synopsis FAO sur les pêches, n° 88 - (FIRM. S 88) SAST-MOULE 3, 16 (10), 028.08) - FAO. 1973 : 1-48.

Je tiens à remercier très chaleureusement M. le D^r MAZIÈRES, Maître de recherches à l'I.S.T.P.M., pour les renseignements qu'il a bien voulu me communiquer.



Une nouvelle forme d'élevage marin : la pectiniculture

par Marcel LE PENNEC *

I. INTRODUCTION

La surexploitation des populations animales intéressant la pêche est à l'heure actuelle quasi-générale et se traduit par l'effondrement d'activités économiques importantes. Les exemples sont nombreux chez les Poissons qui fournissent la plus grande partie de la pêche et, de plus en plus, chez les Crustacés et les Mollusques dont certaines espèces sont particulièrement menacées.

Parmi les coquillages comestibles, un des plus appréciés est la coquille Saint-Jacques : *Pecten maximus*. Son exploitation donne lieu à une pêche artisanale, essentiellement pratiquée en Bretagne où les principaux bancs naturels se situent en baie de Saint-Brieuc, en rade de Brest et dans la région de Belle-Ile. Mollusque autrefois abondant, son contingent diminue d'année en année à tel point qu'on peut se demander si nous n'assistons pas actuellement aux dernières pêches à la « coquille ». En rade de Brest, depuis dix ans déjà, cette pêche n'a plus qu'une faible incidence économique et les pêcheurs ont dû se reconvertir à l'ostréiculture ou à l'exploitation d'autres espèces comme la praire et le pétoncle. En baie de Saint-Brieuc où les tonnages de coquilles débarqués sont importants puisqu'ils représentent actuellement la moitié du tonnage français, on assiste à un accroissement du nombre des bateaux tel qu'en 1973-1974, l'Administration des Affaires Maritimes a dû contingerer le nombre de coquilliers dans l'espoir d'éviter une surexploitation trop rapide des bancs. De toute évidence, les coquilles Saint-Jacques bretonnes font l'objet d'une surpêche dont les conséquences sont inéluctables à plus ou moins longue échéance. Les bancs naturels déjà à la limite de la régénération ne seront bientôt plus assez importants pour assurer l'existence des flottilles de pêche et on peut même se demander si la survie de l'espèce n'est pas compromise.

Le Japon tire la plupart de ses ressources de l'exploitation de la mer. En 1958, il se classait au 2^e rang mondial des producteurs de coquilles Saint-Jacques avec 19 600 tonnes, derrière les Etats-Unis : 79 500. La France n'en produisait que 3 600. En 1967, avec 7 000 tonnes, le Japon était relégué au 5^e rang derrière les Etats-Unis : 50 500, le Canada : 48 400, l'Australie : 13 600 et la

* Laboratoire de Zoologie, Université de Bretagne Occidentale.

France : 7 400. Dès 1960, conscients de ce grave danger qui se précisait, les Japonais envisagèrent différentes méthodes devant permettre un rétablissement de la production coquillière. La mise au point de techniques de culture allait permettre un redressement extraordinaire puisqu'en 1970, le Japon produisait 25 000 tonnes dont 5 853 provenant des « cultures suspendues ». Dès 1950, les scientifiques japonais réussissaient l'élevage au laboratoire de la coquille Saint-Jacques : *Patinopecten yessoensis* et, en 1966, la construction de fermes d'élevages était entreprise afin que la reproduction artificielle à grande échelle, permette de compléter la production par captage en milieu naturel.

Analysant la situation en Bretagne et celle que le Japon a connue en 1960, on ne peut manquer de faire un rapprochement et de tirer des enseignements. Pourquoi ne pas envisager les solutions japonaises ? Certes nous sommes en présence de deux espèces différentes et *a priori* rien ne laissait prévoir que *Pecten maximus* ait le même comportement que *Patinopecten yessoensis*. Ce problème est désormais résolu et les scientifiques affirment que *Pecten maximus* peut faire l'objet d'une « pectiniculture ».

Avant d'exposer les résultats obtenus par les scientifiques, voyons d'abord ce que représente la coquille Saint-Jacques dans l'économie des pêches bretonnes.

II. EVOLUTION DES STOCKS NATURELS

1. EN RADE DE BREST

L'exploitation commerciale de la coquille Saint-Jacques a débuté en 1900 sous l'initiative d'un mareyeur de l'Hôpital-Camfrout. Son activité ne fit que croître jusqu'en 1940 où elle marquait un temps d'arrêt dû à la guerre. Après guerre, la coquille qui était l'une des plus importantes richesses maritimes de la rade, fit l'objet d'une exploitation intensive. Malgré cela, le tonnage débarqué se situait à un très haut niveau puisque pour la saison 1958-1959, 287 bateaux débarquaient 2 180 tonnes. La campagne 1960-1961 fut décevante, le total de la pêche s'élevant à 910 tonnes. Heureusement en 1961-1962, 1 220 tonnes furent débarquées et en 1962-1963 : 1 380, alors que le nombre de coquilliers était en faible diminution. En fait, on se rappelle que l'hiver 1963 fût particulièrement rigoureux et que le froid ayant fait sortir les coquilles du sédiment où elles sont plus ou moins enfouies, leur capture fut facilitée. En 1963-1964, 223 bateaux débarquaient 313 tonnes, soit 1,4 tonne par bateau et en 1968-1969, 187 bateaux pêchaient 62 tonnes. En 10 ans d'exploitation intensive, la production de ce mollusque par bateau est passée de 7 600 kg à 331 kg. La cause de cet effondrement, souvent attribuée au froid exceptionnel de l'hiver 1963, est l'effet d'un effort de pêche trop important et mal contrôlé, l'accident climatique ayant précipité un processus qui évoluait inexorablement vers un déficit de plus en plus grand de la population de coquilles.

En 1966, une prospection effectuée par le « Roselys », bateau de l'Institut des Pêches Maritimes, montrait que le stock de coquilles était uniquement composé d'individus mesurant 5 à 12 cm, le mode étant de 9 cm, les classes 5, 6 et 12 cm ne constituant qu'un pourcentage infime de la population (FAURE, 1966). Il s'agissait donc d'un stock composé exclusivement de reproducteurs, d'où

les dangers d'augmenter l'effort de pêche sur ces bancs, ce qui aurait pour effet de rompre l'équilibre si précaire existant entre le stock naturel et le nombre de bateaux. Ne tenant pas compte des données scientifiques, les pêcheurs ont accentué leur effort de pêche si bien qu'en 1968-1969, la production n'était plus que de 62 tonnes. Paradoxalement, le nombre de bateaux qui était tombé à son point le plus bas en 1971-1972 : 158 unités, remontait les années suivantes : 200 en 1972-1973 et 250 en 1973-1974 où le rendement par bateau est tombé à 35 kg par jour.

2. EN BAIE DE SAINT-BRIEUC

En 1960-1961, 5 bateaux ramenaient au port 22 tonnes de coquilles Saint-Jacques. En 1972-1973, 370 bateaux débarquaient 12 000 tonnes. Compte tenu d'une légère baisse en 1964-1965 et 1965-1966, la production de coquilles pour l'ensemble de la baie n'a fait que croître d'une façon prodigieuse. Pourtant, derrière cette progression étonnante du rendement, se profile le spectre de la surexploitation qui a déjà touché le banc du Grand Léjon.

En 1965, le rendement de la pêche étant en diminution, de nouvelles recherches furent entreprises par le « Roselys » à la fin du mois de mars. C'est à cette époque qu'un nouveau gisement fut découvert en dehors du gisement classé, à environ 5 milles au nord-ouest du Grand Léjon. Sur ce banc vierge, le « Roselys » obtenait un rendement horaire de 60 kg. Au mois d'avril, la pêche étant interdite sur les gisements classés situés plus à terre, les professionnels furent autorisés à pêcher sur ce nouveau banc. Environ 50 bateaux y participèrent. Au mois de mai, une nouvelle prospection effectuée par le « Roselys » donnait de mauvais résultats, le rendement horaire n'était plus que de 10,2 kg. Le chercheur de l'I.S.T.P.M. concluait : « On peut dire qu'en un mois de pêche, ce stock a été considérablement réduit sinon presque détruit » (FAURE, 1966).

Cet exemple illustre bien que, sans la moindre « catastrophe naturelle », une exploitation sans frein peut mener dans un temps extrêmement court à la ruine totale d'un banc de coquilles Saint-Jacques. Aussi, malgré les rendements satisfaisants et surtout devant le nombre de coquilliers sans cesse grandissant d'année en année, l'Administration des Affaires Maritimes a dû limiter le nombre de bateaux participant à la campagne 1973-1974. Pour cela, le Comité interprofessionnel des Crustacés a décidé l'octroi d'une licence de pêche. Malgré les conditions rigoureuses envisagées pour l'attribution de cette licence, ce n'est pas moins de 420 bateaux qui remplissent ces obligations. Ce chiffre laisse rêveur et ceci d'autant plus que cette année, compte tenu des résultats du premier mois de pêche, les professionnels estiment qu'il faut s'attendre pour la saison à une production de 9 000 tonnes seulement, soit 3 000 tonnes de moins que l'an dernier ! L'histoire du banc du Grand Léjon va-t-elle devenir celle de l'ensemble de la baie de Saint-Brieuc ?

3. DANS LES COUREAUX DE BELLE-ILE

Au cours des premières années de la précédente décennie, les tonnages de coquilles débarquées à Quiberon essentiellement, se situaient à un niveau moyen : 558 tonnes en 1960, 556 en 1961 et 790 en 1962. En 1963 et 1964, on atteignait les chiffres records

de 1 356 et 1 645 tonnes. Les années suivantes, le tonnage retombait à 680 (1965) et 732 (1966). En 1966, le « Roselys » prospectait les coureux de Belle-Ile. La conclusion de sa mission était prévisible : le stock de coquilles était formé de petits individus et seulement 30 % de la population dépassait 9 cm. Le rendement était faible : 6 kg à l'heure. Manifestement on se trouvait en présence d'un gisement surexploité, avec toutefois la présence de jeunes individus indiquant une reconstitution possible du banc, à condition que l'effort de pêche diminue.

En 1971, une nouvelle campagne du « Roselys » confirmait la précédente campagne. Le stock était aussi peu équilibré par suite de la prépondérance des jeunes coquilles. Après le désastre de la campagne sardinière en 1972, les pêcheurs se sont rabattus un peu plus nombreux, sur la coquille Saint-Jacques, d'où une augmentation du nombre de bateaux et du tonnage débarqué : en 1969, 280 tonnes pour 61 bateaux ; en 1972, 421 pour 106 bateaux. Cependant, le rendement par bateau était déjà plus faible : 4,59 tonnes en 1969 et 3,97 en 1972. Dans les coureux de Belle-Ile, la surexploitation des bancs naturels qui s'accroît d'année en année ne peut avoir que des conséquences néfastes, compte tenu de la faible quantité de géniteurs.

Ce rapide coup d'œil sur les principaux bancs de coquilles Saint-Jacques des côtes bretonnes n'est guère prometteur pour l'avenir de ce mollusque. Les bancs naturels surexploités ne sont plus capables de se régénérer et, paradoxalement, l'effort de pêche dont ils sont l'objet s'accroît d'année en année, 430 bateaux en 68/69 et 610 en 72/73 (Belle-Ile non comprise). La pêche à la coquille n'aura bientôt plus qu'une place infime dans l'économie des pêches, à moins que dans un avenir proche, la pectiniculture ne devienne réalité et joue le rôle que la nature ne peut plus assurer. Un premier pas a déjà été franchi car l'élevage au laboratoire de la larve de *Pecten maximus* est possible ainsi que sa collecte en milieu naturel.

III. OBTENTION DE NAISSAIN AU LABORATOIRE

En 1950, au Japon, le professeur IMAI et ses collaborateurs réussissaient pour la première fois l'élevage au laboratoire d'une pectinidæ : *Patinopecten yessoensis*. En 1965, SASTRY aux Etats-Unis d'Amérique élevait avec succès une autre pectinidæ : *Æquiptecten irradians*. Au cours de la précédente décennie, en Europe, *Pecten maximus* posait de nombreux problèmes qui rendaient impossible l'élevage de la larve. Ce n'est qu'en 1970 que GRUFFYDD et BEAUMONT au Pays de Galles puis COMELY en Ecosse, réussirent à obtenir, au laboratoire, la métamorphose de la larve de *Pecten maximus*. Malheureusement, leurs observations ne dépassaient pas six semaines après la métamorphose de la larve. En 1973, après trois ans de recherches, de nouvelles méthodes d'élevage permettaient d'obtenir au laboratoire de Zoologie de l'Université de Bretagne Occidentale la métamorphose de la larve de *Pecten maximus* et une croissance satisfaisante des juvéniles.

1. MATÉRIELS ET MÉTHODES

Les géniteurs provenaient de dragages effectués en rade de Brest à bord du navire « Gwalarn » du C.N.R.S. Dès leur arrivée

au laboratoire, les coquilles sont soigneusement nettoyées et mises dans des cristallisoirs contenant de l'eau de mer stérilisée à l'ozone et à température basse : 8 à 9° C. Cette eau est changée fréquemment car les coquilles Saint-Jacques expulsent de nombreux détritiques mêlés à du mucus, or il faut que l'eau dans laquelle on recueille les produits génitaux soit très propre. Au bout de 3 à 4 heures, on provoque l'émission des gamètes au moyen de stimulations thermiques ; alternance d'eau chaude et d'eau froide autour des cristallisoirs, la température maximale ne dépassant pas 20° C. On doit noter que dans le cas de *Pecten maximus* la ponte a lieu fréquemment le soir ou la nuit.

Les gamètes mâles sont généralement émis les premiers. La fécondation est assurée rapidement dès l'émission des gamètes femelles. L'excédent de sperme est enlevé au moyen de filtres métalliques tandis que les œufs sont récupérés sur un filtre de 40 microns.

Les œufs fécondés sont transférés dans des récipients en verre contenant 20 l d'eau de mer à 17° C stérilisée par filtration. L'eau d'élevage est changée tous les jours, aussi longtemps que la larve est nageuse. L'infection par des bactéries pathogènes est combattue en mettant des antibiotiques dans l'eau de mer, notamment du chloramphénicol à 8 mg/l.

Jusqu'à leur métamorphose les jeunes larves sont nourries d'algues monocellulaires flagellées : *Monochrysis lutheri* à raison de 10 cc/litre (concentration algale : $5 \cdot 10^6$ cellules/cm³) et, dès leur métamorphose, on y ajoute une Chlorophycée : *Tetraselmis suecica*.

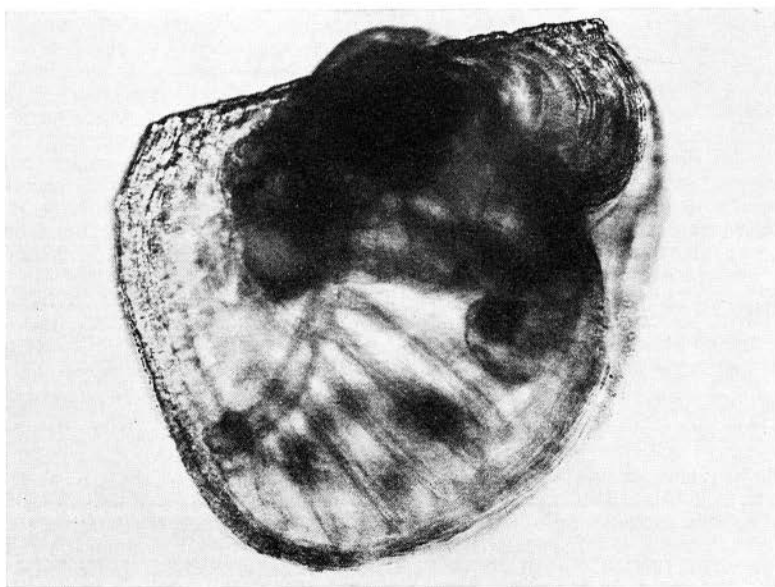


Fig. 1. — Postlarve de *Pecten maximus* âgée d'un mois (400 μ $\times$ 370 μ)

(Photo Le Pennec)

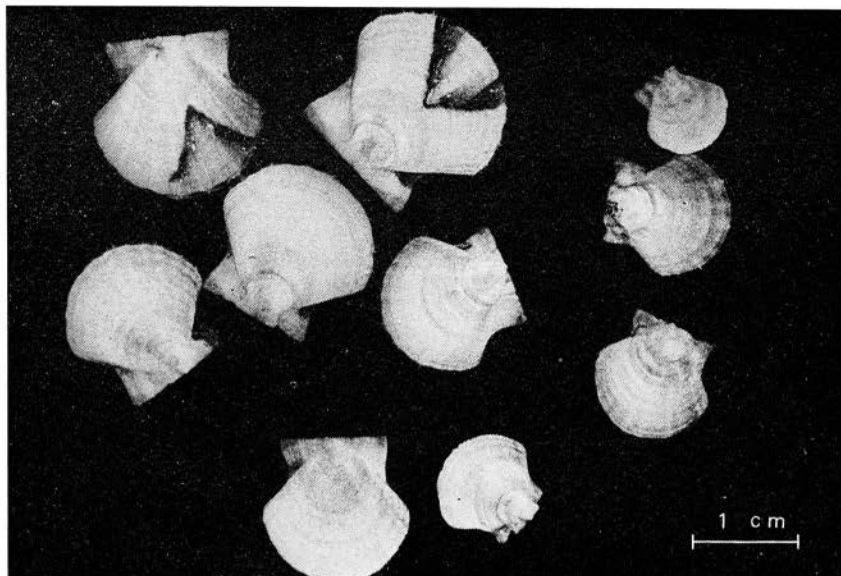


Fig. 2. — Naissain de *Pecten maximus* en élevage expérimental au Laboratoire de Zoologie de l'Université de Bretagne Occidentale.

(Photo Le Pennec)

2. DÉVELOPPEMENT LARVAIRE

Le développement de l'œuf de *Pecten maximus* est lent si on compare à d'autres espèces de Bivalves. La coquille se forme 72 heures après la fécondation à 17° C (LE PENNEC, 1974). La larve, dénommée larve « D » ou véligère, mesure généralement 80 μ de longueur (dimension antéro-postérieure) et 70 μ de largeur (dimension dorso-ventrale). Durant les 15 premiers jours les larves nagent activement grâce à leur velum puis, vers le 20^e jour, par suite de la régression du velum les larves quittent la surface des bacs et nagent à proximité du fond. C'est l'annonce de profondes transformations : la métamorphose. La dimension moyenne des larves est alors de 190 $\mu \times 170 \mu$. Cette métamorphose affecte davantage l'anatomie que la morphologie. Le premier indice est la formation du pied qui devient fonctionnel alors que le velum n'a pas encore totalement régressé, si bien qu'à ce stade la jeune larve, ou pédivéligère, est capable de nager et de ramper. La métamorphose accomplie, la coquille de la larve, ou dissoconque, va subir d'importantes modifications. Le bord dorsal devient rectiligne, une dissymétrie apparaît entre les 2 valves, la valve gauche concave étant plus grande que la valve droite plane.

Au bout de 3 à 4 jours la postlarve cherche à se fixer au moyen d'un byssus. L'échancrure byssale, formée dès la métamorphose apparaît nettement sur le bord antérieur de la valve droite.

A un mois la taille moyenne des dissoconques est de 400 $\mu \times 370 \mu$ (fig. 1). A 1 000 μ la forme générale de la coquille est assez rectangulaire. La larve grandit surtout par son bord ventral, mais les oreilles commencent à se creuser du côté antérieur et postérieur, en-dessous du bord dorsal. C'est en fait vers 3 000 μ que les oreilles sont nettement visibles, la coquille ressemble alors à l'adulte, autant par la morphologie que par le comportement, la jeune pecten nage par saccades en refermant violemment ses valves, puis vient à nouveau se fixer sur les parois du bac au moyen de son byssus.

Vers 6 000 μ la valve droite se bombe et la valve gauche s'aplanit selon le modèle que nous connaissions chez l'adulte. La coquille perd sa transparence et la valve gauche se colore en violet, rose ou marron, des petites flammules apparaissent sur cette même valve. C'est vers cette dimension qu'on

voit apparaître les côtes sur la valve gauche ; elles se voient nettement chez une coquille de 2 cm. C'est à la taille de 1,5 à 2 cm (fig. 2), que les jeunes pectens quittent les supports sur lesquels ils étaient fixés (morceaux de coquilles, graviers, algues rouges, ...) et mènent une vie libre. Il serait bon de préciser si cette rupture du byssus est uniquement fonction de la taille de la coquille ou si d'autres facteurs, et notamment la température interviennent. On doit noter que la croissance de la postlarve n'est plus significative au laboratoire. Il faudrait donc se reporter aux observations dans la nature. Malheureusement les modalités de la croissance sont mal connues pour les premiers mois. De plus FAURE (1956) a montré qu'en rade de Brest, pour des individus de 2^e année, la croissance en 1952 avait été en moyenne de 44 mm alors qu'elle n'avait été que de 35 mm en 1951, soit une différence de près de 1 cm. Reprenant le problème, LUCAS (1973) a montré que la croissance « in situ » fut la suivante pour la génération de 1965 : à 6 mois, 22,9 mm ; à 1 an 1/2, 58,9 mm ; à 2 ans 1/2, 79,5 mm et à 3 ans 1/2, 88,2 mm.

La réussite de l'élevage au laboratoire de larves de coquilles Saint-Jacques a eu des prolongements dans la réalisation d'écloseries. Elles ont vu le jour au Japon en 1966. La plus importante est la ferme d'élevage de Moura située près d'Aomori qui réalise l'élevage de *Patinopecten yessoensis*. Cependant, à l'heure actuelle leurs rendements sont encore insuffisants pour qu'ils aient une incidence sur la pêche coquillière. En effet, en 1970, la production de la ferme d'élevage de Moura était de 1 million d'individus alors que le nombre de larves capturées dans la baie voisine (baie de Mutsu) s'élevait à 16 milliards d'individus. Aux Etats-Unis en 1968, CASTAGNA et DUGGAN, ont mis au point l'élevage semi-industriel d'*Aequipecten irradians* et annonçaient que ce Bivalve pouvait faire l'objet d'une aquaculture.

Avant d'examiner l'élevage des jeunes, voyons un autre moyen d'obtention du naissain, par captage.

IV. OBTENTION DE NAISSAIN PAR CAPTAGE DANS LA NATURE : L'EXEMPLE DU JAPON

1. HISTORIQUE

La récolte des coquilles Saint-Jacques, *Patinopecten yessoensis*, est une vieille industrie de la pêche japonaise puisqu'elle assurait dès le 17^e siècle une part essentielle de l'activité et de l'économie des villages du bord de mer dans le nord de Honshu et de Hokkaïdo.

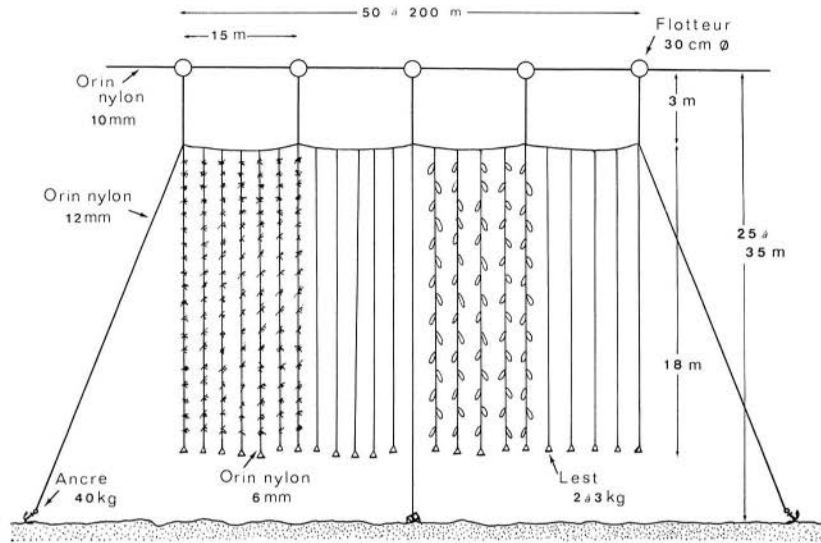
Jusqu'en 1960, la production de coquilles reposait essentiellement sur l'exploitation des ressources naturelles, mais devant la dégradation des bancs soumis à une surexploitation, les Japonais essayèrent différentes méthodes pour sauvegarder la pêche coquillière. Mais, ni l'instauration de cantonnements interdits à la pêche, ni la transplantation de coquilles ne donnèrent des résultats satisfaisants. Il fallut la mise au point de techniques de culture basées sur le captage du naissain pour rétablir une situation de plus en plus préoccupante.

En 1933 le Dr KINOSHITA, remarquant que les larves de *Patinopecten yessoensis* se fixaient parfois sur les collecteurs d'huîtres, essaya de capturer ces larves à l'aide de ces mêmes collecteurs. Les résultats furent médiocres et la technique abandonnée.

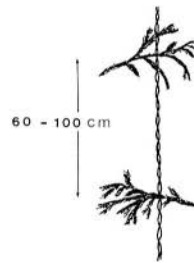
En 1953, une coopérative de pêcheurs reprenait l'expérience en utilisant pour collecteurs des coquilles diverses fixées sur des pieux de bois à 5-6 m de fond. Les résultats furent décevants. Parallèlement ces pêcheurs utilisèrent des radeaux sous lesquels étaient fixés des collecteurs descendant à 5-6 m de profondeur, cette fois les résultats furent positifs.

En 1954 le Dr TANAKA, directeur de la station des pêches d'Abashiri (Hokkaïdo) essayait un système de radeaux sous lesquels des rameaux de sugi (*Cryptomeria japonica*) étaient fixés à des cordages verticaux jusqu'à une profondeur de 10 m. La quantité de naissain fixé fut bien plus importante qu'en 1953. A partir de cette date les méthodes furent améliorées, et, en 1961, des pêcheurs inauguraient le système des « long-lines » ou filières flottantes, moins coûteuses que les radeaux ; les collecteurs étaient des coquilles ou du sugi.

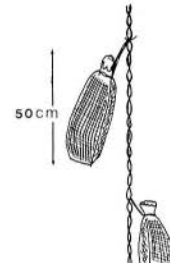
Fig 3. Ensemble de collecte de naissain



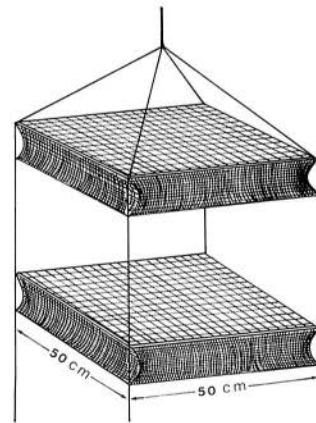
Types de collecteurs



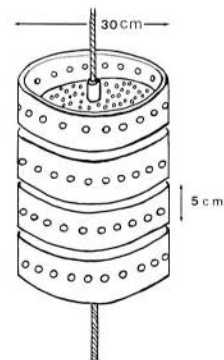
Rameaux de Sugi (cèdre)



Filet maillant (Baie de Mutsu)



Cage collectrice (Lac Saroma)



Plateaux en polyéthylène
(Baie de Uchiura)

En 1964 on notait l'apparition de nouveaux collecteurs sur les filières et notamment les « cages » en plastique. De plus ces filières étaient installées à 2 m sous la surface de la mer d'où une stabilité meilleure. Le système de radeaux était peu à peu supprimé si bien qu'en 1965 il y avait au Japon pour la collecte du naissain 70 % de « long-lines » et 30 % de radeaux et 100 % de « long-lines » dans le Lac Saroma. En 1966 la collecte de naissain de *Patinopecten yessoensis* se faisait à l'échelle industrielle.

Années	Nombre de naissains récoltés par 1 ensemble de collecteurs			
	Pieu	Radeau	Filière	Filière « améliorée »
1953	38 400	150 000		
1954	supprimé	633 600		
1955		203 200		
1956		332 800		
1957		156 800		
1958		937 600		
1959		499 200		
1960		6 400		
1961		164 800	280 000	
1962		760	1 210	
1963		81 000	131 500	
1964		16 400	21 800	179 349
1965		4 500	supprimé	215 126
1966		supprimé		209 588
1967				436 000

2. MÉTHODES DE CAPTAGE

Les sites les plus favorables au développement des coquilles Saint-Jacques sont la baie de Mutsu (préfecture d'Aomori) et le lac Saroma (préfecture de Hokkaido). Ces deux régions sont avec la baie de Uchiura (district d'Oshima) les seules à pratiquer le captage du naissain.

L'émission des gamètes a lieu au mois de mars (baie de Mutsu) lorsque la température de l'eau atteint 9° C. La larve planctonique issue de l'œuf acquiert au bout d'un mois une taille de 270 à 300 microns, elle se métamorphose et cherche à se fixer. C'est la période de la pose des collecteurs qui se situe dès la mi-avril et se prolonge jusqu'à la mi-mai. Le système de captage du naissain tend aujourd'hui à se standardiser. L'élément principal est une filière de 100 m de long, ancrée solidement à ses deux extrémités (fig. 3). Les collecteurs sont disposés sur des orins lestés qui descendent verticalement au fond de l'eau. Le premier collecteur est à 3 ou 5 m sous la surface de l'eau et le dernier à 10 ou 15 m de la surface. Ce sont les collecteurs situés dans la zone des 10 mètres qui donnent les meilleurs résultats. Aux rameaux

de sugi (fig. 3) traditionnellement utilisés en baie de Mutsu, ont succédé des collecteurs en plastique consistant en des monofilaments en polyéthylène noir de 30 à 50 cm de long, 1,4 cm de large et 0,7 mm d'épaisseur. Ces monofilaments sont inclus dans des sacs ajourés dont les mailles sont suffisamment larges pour laisser pénétrer les larves planctoniques qui viennent se fixer mais qui retiennent le naissain lorsque celui-ci rompt son byssus à une taille de 0,8 à 1 cm (fig. 3). La forme des collecteurs varie selon les régions (fig. 3).

Dès la fin de juin, les larves sont visibles à l'œil nu, sur les collecteurs. A la mi-juillet elles mesurent 1 à 1,5 cm et font l'objet d'une première série de manipulations qui consistent en une mise en « élevage intermédiaire » ou « préculture » dans des collecteurs appropriés à cet effet.

En baie de Mutsu, les progrès de cette nouvelle technique ont été des plus remarquables, comme le montre le tableau suivant où la production de naissain est exprimée en millions d'individus (d'après MULLER-FEUGA et QUERELLOU, 1973).

1966	1967	1968	1969	1970	1971
3,4	176,2	892,5	229,0	15 725,5	38 283,6

Il faut signaler qu'une partie du naissain obtenu dans ces trois régions de captage est exportée vers d'autres préfectures et notamment celles de Miyagi et Iwaté.

V. CULTURE DE LA POSTLARVE A L'ADULTE

1. PRÉCULTURE

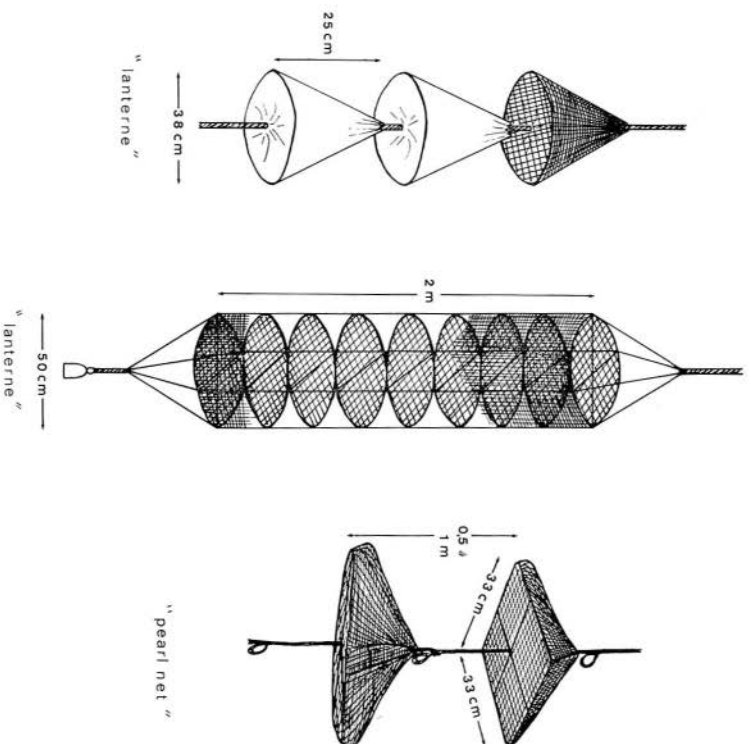
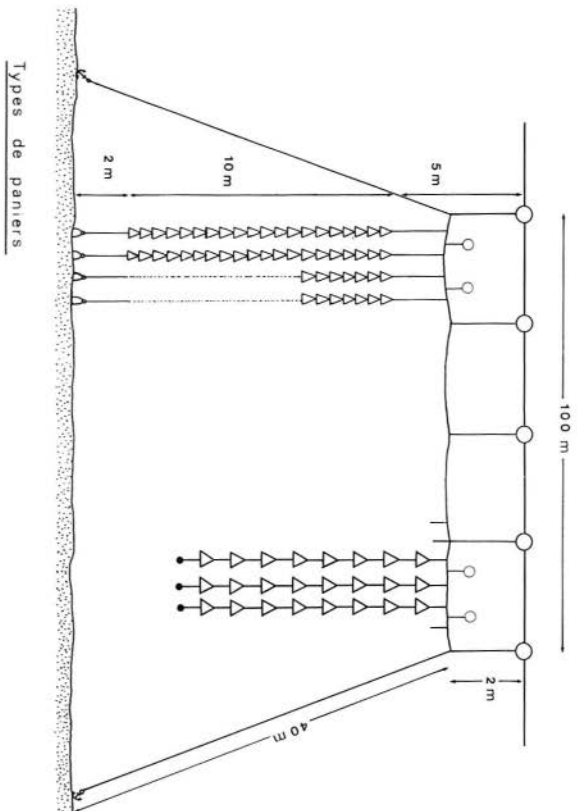
Le stade larvaire fixé durant environ dix semaines, les premières opérations de détroquage ou de récolte du naissain commencent fin juillet et se poursuivent une grande partie du mois d'août. Les postlarves issues de l'élevage au laboratoire ou du captage dans la nature sont disposées dans des « paniers » ajourés fixés à des filières de 100 m de long. Les paniers sont de type « lanterne » et plus généralement « pearl net » (fig. 4). La croissance des animaux en préculture est fonction de la charge par panier, il faut donc diminuer tous les mois le nombre de coquilles par panier.

Cette préculture dure jusqu'en fin septembre-début octobre, époque à laquelle le naissain fait l'objet d'une deuxième manipulation. Sa taille varie de 3 à 3,5 cm et une partie du naissain est rejetée en mer au-dessus des bancs naturels de coquilles ou des zones à ensemer, afin d'y poursuivre une croissance naturelle. Par contre, les plus grandes coquilles sont mises en « culture suspendue » dans le but de produire des individus commercialisables.

2. CULTURE SUSPENDUE

Les coquilles ayant augmenté de taille, il faut faire appel à du nouveau matériel. Différents types de support sont utilisés dont

Fig 4. Ensemble de piècûture



le plus ancien est le type « poche » dans lequel les coquilles sont prises en sandwich (fig. 5). Le système actuellement le plus répandu est du type « lanterne » utilisant les cônes de préculture avec cependant un plus grand diamètre de base, ou un manchon grillagé comprenant des plateaux fixés tous les 10 ou 15 cm, l'ensemble faisant généralement 2 m de long (fig. 5). On dispose environ 15 individus par étage.

En dehors des filières on utilise dans les baies fermées, comme la baie de Yamada (préfecture d'Iwaté), des radeaux en bois amarrés à des blocs de béton. Généralement la pectiniculture est couplée à l'ostréiculture. Sous les radeaux sont suspendus, tous les 30 cm, des orins verticaux lestés. Les trois premiers mètres, sous la surface, sont occupés par les huîtres (*Crassostrea gigas*) alors que les 5 mètres suivants se trouvent les *Patinopecten* attachés 4 par 4 en boucles d'oreille tous les 20 cm (fig. 5).

Au mois de mai de la deuxième année, une partie des coquilles mesurant 5 cm est rejetée en mer dans les zones à ensemercer. La taille commercialisable, soit 12 à 13 cm, est obtenue au mois d'octobre de la 3^e année avec un an d'avance sur les animaux cultivés sur le fond.

VI. RESULTATS ECONOMIQUES

La larve qui cherche à se fixer doit trouver un support dans les 10 premiers mètres sous la surface, sinon elle meurt. De ce fait, la mortalité naturelle est assez élevée et le captage empêche, dans une certaine mesure, cette mortalité. D'autre part le naissain mis en culture suspendue est à l'abri des prédateurs ce qui évite notamment la mortalité importante due à un polychète : *Polydora ciliata* qui perforé les valves des *Patinopecten*.

En pré-culture le taux de mortalité varie selon les années en raison des conditions climatiques : il se situe entre 5 % et 10 % lorsque les conditions sont favorables et aux environs de 50 % dans le cas contraire (A. SATO, 1968).

En culture suspendue la mortalité est assez faible : 27 % (A. ISHIHARA, 1968) et la croissance trois fois plus rapide que sur le fond. Les rendements sont de 20 à 30 t à l'ha si l'on considère que les filières ont une longueur de 100 m et sont distantes de 15 m.

Malgré tous ces atouts la production sur le fond reste supérieure à celles des cultures suspendues ; en 1970, sur 25 000 tonnes, seulement 5 853 tonnes provenaient des cultures suspendues. Mais, si on considère l'évolution respective des deux méthodes on peut prévoir que dans un avenir assez proche la tendance se renversera.

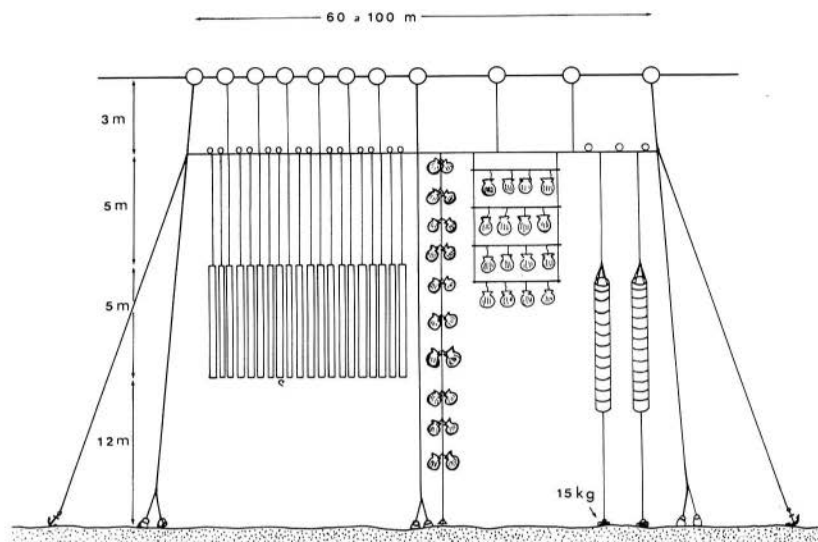
Déjà l'application des techniques de cultures suspendues rentre pour une grande part dans le redressement des statistiques de production coquillière, qui pour la baie de Mutsu sont les suivantes.

Années	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973
Production en tonnes	283	715	1 781	1 125	5 936	11 770	8 621	24 000	40 000

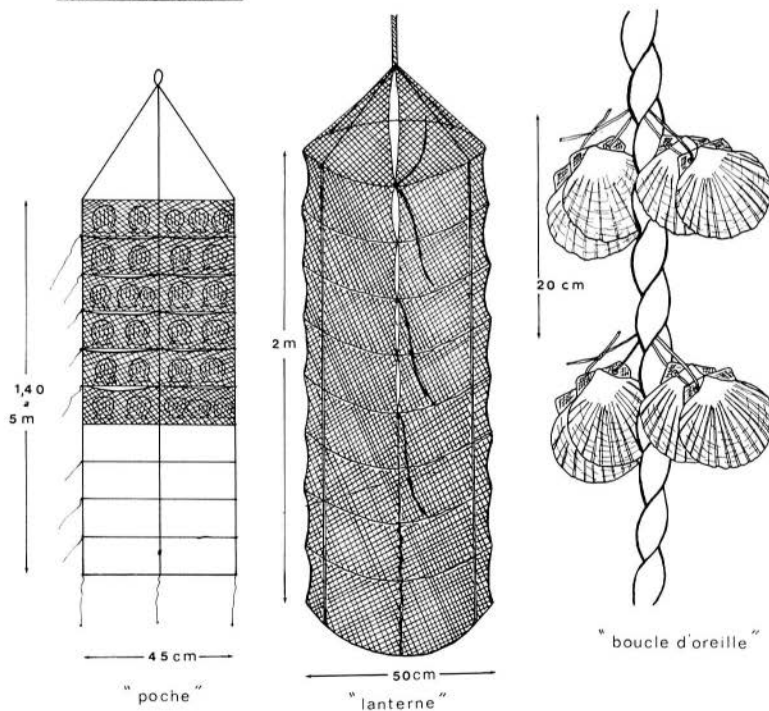
d'après F. TSUBATA (1973).

Pour l'ensemble du Japon, la production de *Patinopecten yessoensis* en 1972 se répartissait ainsi :

Fig 5. Ensemble de culture suspendue



Types de supports



Préfectures	AOMORI	HOKKAIDO	IWATE	MIYAGI	TOTAL
Production en tonnes	31 400	15 100	10 000	1 900	59 400
Pourcentage	52,8	27,3	16,9	3,3	

Cependant, il faut noter qu'en 1972 et 1973 il y a eu une forte mortalité en culture suspendue : 87 % entre fin mai et début août en baie de Kesen-numa (préfecture de Miyagi) et de Yamada. Cette mortalité qui affecte les jeunes et les adultes serait due à une élévation anormale de la température de l'eau à une densité trop élevée des filières d'engraissement et aussi à une pollution par les eaux des villes.

VII. CONCLUSIONS

De nos jours il existe deux méthodes pour obtenir le naissain de coquilles Saint-Jacques : l'élevage au laboratoire et le captage en mer. Ces deux méthodes sont utilisées au Japon, pays pionnier en aquaculture, mais le naissain de laboratoire est plus coûteux. Le naissain, quelle que soit son origine, sera élevé soit en culture suspendue, soit sur des parcs en eau profonde.

Aux Etats-Unis, des essais d'élevage industriel ont aussi eu lieu, les coquilles étant enfermées dans des cages grillagées suspendues à des radeaux en bois.

En Bretagne, l'élevage au laboratoire est devenu réalité depuis 1973. C'est aussi en 1973 que des essais de captage de naissain, selon les méthodes japonaises, ont été entrepris en rade de Brest et en baie de Saint-Brieuc, ces expériences étant à l'initiative du département pêches du Centre Océanologique de Bretagne. Les résultats obtenus furent médiocres : de 0 à 5 coquilles par collecteur en rade de Brest et de 30 à 40 en baie de Saint-Brieuc. Cependant ces résultats sont encourageants pour l'avenir car ils montrent que le captage de naissain « in situ » de *Pecten maximus* est possible. En outre, on peut penser qu'une meilleure connaissance de certains facteurs (courantologie, localisation des bancs, répartition des larves planctoniques, etc.) et une maîtrise des techniques permettront d'obtenir des résultats comparables à ceux du Japon : 10 000 coquilles en moyenne par collecteur.

Les expériences qui se sont déroulées soit au laboratoire, soit en mer, ne sont encore qu'au stade préliminaire, mais elles seront poursuivies afin que le captage du naissain et l'élevage des coquilles deviennent une source d'économie pour les marins-pêcheurs.

Les scientifiques devront travailler en collaboration avec les pêcheurs qu'ils conseilleront pour la confection et l'installation des filières de captage et d'engraissement des juvéniles, comme cela se pratique au Japon. En aquaculture, la richesse et la fréquence des échanges existant entre les professionnels et les organismes de recherche sont à l'origine de rapides progrès accomplis ces dernières années. Le cas de la coquille Saint-Jacques en est sûrement l'une des meilleures illustrations.

En Bretagne, dans un proche avenir, les pêcheurs coquilliers pourront ajouter à leurs activités traditionnelles une nouvelle forme d'élevage aquacole : la pectiniculture.

REMERCIEMENTS :

Je tiens à exprimer mes remerciements au Professeur TADASHI NOMURA qui m'a entretenu longuement de la pectiniculture au Japon et traduit de nombreux articles, et au Professeur Albert LUCAS pour les conseils et les corrections qu'il a bien voulu apporter lors de la rédaction de ce document.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- CASTAGNA M. and W.-P. DUGGAN (1972) - Mariculture experiments with the bay scallop, *Argopecten irradians*, in waters of the seaside of Virginia. The American Malacological Union, Inc.
- COMELY C.-A. (1972) - Larval culture of the scallop *Pecten maximus*. J. Cons. Int. Explor. Mer, 34, n° 3, pp. 365-378.
- FAURE L. (1956) - La coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*) de la rade de Brest. Rev. Trav. Inst. Pêches maritimes 20 (2).
- FAURE L. (1966) - Etude des stocks de coquilles Saint-Jacques de Bretagne en 1966. Bull. Inf. et Doc. Off. ; Sc. et Techn. ; Pêches maritimes, n° 153.
- GRUFFYDD L.-L. and A.-R. BEAUMONT (1972) - A method for rearing *Pecten maximus* larvae in the laboratory. Mar. Biol. 15, pp. 350-355.
- ISHIHARA A. (1968) - Elevage de la coquille Saint-Jacques au nord-est de la baie de Uchiura (Hokkaido). Yoshoku (Fish culture), n° 5, pp. 68-72.
- IWAKISHI K. (1968) - Aquaculture et production de naissain de coquille Saint-Jacques au lac Saroma (Hokkaido). Yoshoku (Fish culture), n° 5, pp. 56-63.
- LE PENNEC M. (1974) - Morphogénèse de la coquille de *Pecten maximus* (L.) élevé au laboratoire. Cahiers de Biologie marine (sous presse).
- LUCAS A. (1973) - Croissance de *Pecten maximus* en rade de Brest dans les conditions naturelles et en vivier. Haliotis (sous presse).
- MULLER-FEUGA A. et J. QUERELLOU (1973) - L'exploitation de la coquille Saint-Jacques au Japon. Rapp. Scient. Techn. CNEXO, n° 14.
- SAKAI S. - (1968) - Elevage actuel des coquilles Saint-Jacques sur la côte de la préfecture de Miyagi. Les perspectives. Yoshoku (Fish culture), n° 5, pp. 73-76.
- SASTRY A.-N. (1965) - The development and external morphology of pelagic larval and post-larval stages of the bay scallop. *Aequipecten irradians concentricus* Say, reared in the laboratory. Bull. of marine Science, 15, n° 2, pp. 417-435.
- TSUBATA F. (1973) - Production actuelle de coquilles Saint-Jacques dans la préfecture d'Aomori. Les perspectives. Yoshoku (Fish culture), n° 10, pp. 38-42.

L'aquaculture marine des salmonidés

par Yves HARACHE *

Les poissons migrateurs amphibiotiques partagent leur cycle biologique entre l'eau douce des rivières et la mer. Ils sont anadromes ou potamotoques, c'est-à-dire qu'ils remontent les rivières pour s'y reproduire. D'autres salmonidés, comme les truites, ont une vie plus sédentaire et ne migrent pas vers la mer.

Les adultes se reproduisent en automne ou en hiver, dans les parties hautes des rivières, sur des zones bien oxygénées à fond de gravier ou de galets. Le développement des œufs s'effectue pendant l'hiver, à un rythme plus ou moins rapide selon la température de l'eau, défini en degrés-jours. L'éclosion du Saumon Atlantique se produit 440 degrés-jours après la ponte, c'est-à-dire 44 jours à 10° C ou 55 jours à 8° C, etc... Le jeune alevin possède à sa naissance une volumineuse vésicule vitelline qui lui permet de s'alimenter pendant plusieurs semaines. Il va ensuite chasser pour trouver sa nourriture, il mesure alors de 2 à 4 centimètres et se trouve ainsi très vulnérable.

REPEUPLEMENT DES RIVIERES ET AQUACULTURE EN MER

Très vite, l'intérêt de contrôler la reproduction des salmonidés est apparu comme évident. La fécondation artificielle fut réalisée dès le siècle dernier, puis l'incubation et l'éclosion des œufs. Ensuite, les alevins furent nourris pendant plusieurs semaines avec des aliments frais broyés (rate, foie, etc...), puis on conserva les jeunes tacons en piscicultures jusqu'à leur smoltification grâce à des aliments déshydratés, remplaçant toute la période de vie en eau douce par une phase contrôlée artificiellement, en bassin d'élevage.

Cette évolution, étalée sur plusieurs décennies, n'a atteint le succès que voici environ une dizaine d'années, avec l'aboutissement des travaux suédois et américains principalement. En effet, dans ce domaine, il ne suffit pas d'assurer en pisciculture la subsistance du jeune saumon, il faut aussi produire un tacon de qualité ayant de réelles chances de survie dans le milieu naturel, donnant lieu à un taux de retour intéressant.

Qualité de l'eau, nature de l'alimentation, technologie de l'élevage sont les facteurs nécessaires pour aboutir au succès. Pendant sa captivité, le petit saumon doit être entraîné à nager

* Centre Océanologique de Bretagne.

contre le courant et non pas élevé dans une eau stagnante. On produit ainsi un smolt bien entraîné à la nage rapide, et mieux armé pour se défendre dans le milieu naturel.

Si on prend l'exemple du Salmon Research Trust en Irlande, les premiers déversements de smolts donnaient lieu à un retour de 3,5 pour 10 000 il y a une douzaine d'années, alors qu'on obtient actuellement un taux variant de 6 à 9 %.

La production des rivières suédoises est passée de 322 tonnes en 1958 à 647 tonnes en 1964 grâce à l'immersion de 2 000 000 de smolts d'élevage chaque année, alors que le repeuplement par ruisseaux pépinières n'avait pas influé de manière significative sur les captures.

Enfin, les captures de saumon du Pacifique en mer autour du bassin de la rivière Colombia sont alimentées à 90 % par des poissons élevés en pisciculture jusqu'au stade de smolt.

Cependant, le repeuplement seul, sur des rivières dégradées, sans législation adaptée, garde une incidence réduite et il ne trouve son plein rendement que quand on l'intègre dans un ensemble de mesures complémentaires.

Il y a une dizaine d'années environ, les Norvégiens ont commencé à évaluer les mérites comparatifs de deux activités :

- le repeuplement d'une rivière en smolts, qui migrent naturellement vers la mer, s'y engraisent et reviennent peu nombreux dans leur rivière d'origine. Le bénéfice de l'opération est réparti entre la pêche côtière, la pêche en rivière (propriétaires de pêche) et plus généralement l'économie de la région drainée par cette rivière.

- l'élevage contrôlé de smolts, en milieu marin. Dans ce cas, le poisson est gardé en captivité, nourri et vendu au sein d'une entreprise qui doit assumer sa rentabilité.

REMARQUES PRELIMINAIRES SUR L'AQUACULTURE EN MER

L'INTÉRÊT DES SALMONIDÉS

Pourquoi, à une époque où l'aquaculture en était à ses premiers balbutiements, hormis peut-être au Japon, le saumon a-t-il attiré l'attention des pionniers de cette nouvelle activité ?

Pour élever des poissons en captivité jusqu'à la taille commerciale, ce qui implique des investissements relativement lourds ainsi que des frais de nourriture importants, il faut s'adresser à une espèce de grande valeur marchande, bénéficiant d'un rapport offre-demande favorable. La production naturelle de saumon déclinant, alors que les mœurs alimentaires de notre société allaient dans le sens d'une demande importante, ont été un argument déterminant dans le choix des salmonidés.

Il fallait aussi s'adresser à une espèce qui soit « élevée », c'est-à-dire que les obstacles biologiques et technologiques ne soient pas insurmontables. Dans ce domaine, la pisciculture du saumon, patiemment étudiée et mise au point depuis le début du siècle, a permis de bénéficier d'un acquis important en ce qui concerne les techniques de production, la technologie alimentaire, etc... La phase élevage en eau douce étant rigoureusement la même que pour le repeuplement, il suffisait de définir les modes d'élevage en milieu marin.

Enfin, la croissance rapide du saumon dans la nature permettait d'espérer un cycle de production court, donc un risque moins important qu'avec d'autres espèces de poissons.

L'aquaculture marine des salmonidés, qui peut se pratiquer dans les eaux froides n'excédant pas 18 à 20° en période estivale, a ainsi débuté en Norvège, puis dans divers autres pays, au début des années 1970.

LES ESPÈCES SUSCEPTIBLES D'ÊTRE ÉLEVÉES EN MER

La Truite Arc-en-Ciel (*Salmo gairdneri*), élevée avec succès en pisciculture depuis de nombreuses années, peut être élevée en eau de mer. La croissance, liée à un appétit plus grand, y est supérieure d'autant plus que les températures d'élevage sont plus favorables, particulièrement en hiver. L'aspect extérieur des poissons change : ils deviennent argentés au printemps comme de petits saumons et la qualité de leur chair s'améliore.

Le Saumon Atlantique (*Salmo salar*) est élevé en captivité par les Norvégiens et les Écossais. Cette espèce, très difficile à élever pendant les premiers stades, possède une excellente croissance en milieu marin. Il faut cependant 1 à 2 ans d'eau douce avant l'élevage marin proprement dit.

Les saumons du Pacifique, en particulier le Saumon Coho (*Oncorhynchus Kisutch*), sont élevés avec succès aux États-Unis. Le smolt, qui dévale naturellement vers la mer au printemps à l'âge de 1 an, peut être produit en pisciculture en 5 mois, ce qui permet de raccourcir le cycle de production. Son élevage en eau douce est beaucoup plus aisé que celui du Saumon Atlantique et les premiers tests réalisés en France ont permis de montrer sa résistance à la plupart des maladies piscicoles actuellement connues. Ce saumon, qui alimente 94 % du marché français (congelé et fumé), consomme moins d'oxygène que l'espèce européenne et même que la truite arc-en-ciel, ce qui permet une production plus importante dans un même volume. C'est l'espèce qui a été choisie pour les premiers essais français.

LES TECHNIQUES DE PRODUCTION

L'élevage des salmonidés en milieu marin peut se faire selon diverses techniques, illustrées par les expériences étrangères et françaises en ce domaine. Certains font appel à l'élevage semi-extensif, en milieux clos de grandes dimensions, d'autres et ce sera certainement la solution d'avenir préfèrent dès maintenant s'adresser à une production intensive en petits volumes.

LES ÉLEVAGES SEMI-EXTENSIFS

Saumons et truites peuvent s'élever en « liberté » dans des milieux clos de taille variable (1 à 3 hectares) qui peuvent être soit des bras de fjords endigués (élevages norvégiens), soit des lagunes ou étangs à marée fréquents sur nos côtes.

Ces dernières zones d'élevage à renouvellement d'eau faible sont sujettes à une amplitude thermique importante, avec températures froides en hiver et élevées en été, s'éloignant ainsi des conditions optimales nécessaires aux salmonidés.



Elevage semi-extensif de saumons à Flögoy (Norvège)

En Norvège, l'un des précurseurs, la firme Mowi S/A de Bergen, a opté pour l'élevage semi-extensif. La production de saumon atlantique (*Salmo salar*) se fait en quatre exploitations : deux assurent la production de smolts en eau douce, les deux autres prennent le relais, du smolt à 500 g pour la station de Flögoy, de 500 g à la taille marchande pour la seconde : Veløy.

Les zones d'élevage sont constituées de deux portions de fjord limitées par des ouvrages en béton garnis de grilles construites sur des seuils peu profonds. L'eau circule librement à travers le plan d'eau au cours des marées, mais la faible amplitude de celles-ci a rapidement conduit à équiper la station de pompes à fort débit, car l'oxygène venait à manquer en certains endroits.

La station de Flögoy est constituée d'un plan d'eau de 1,1 hectare ayant une profondeur moyenne de 4 m avec des trous de 7 à 11 m. Les smolts (200 000 environ) y sont lâchés en mai/juin, ils pèsent alors de 30 à 50 g. Lorsqu'ils atteignent le poids de 200 à 500 grammes, vers octobre/novembre, ils sont pêchés et transférés dans la deuxième station. Celle-ci, qui s'étend sur 3,5 hectares, doit être vide de poisson au moment où l'on déverse les saumons de 200 g, pour éviter le cannibalisme. La commercialisation intervient à partir du mois d'août de l'année suivante, soit après 16 mois de mer environ. Les poissons pèsent alors 3 kg en moyenne, les plus petits atteignent 1,5 kg. La nourriture, constituée d'un mélange de Capelan broyé, de farine de poisson et de déchets de crevettes, est distribuée en un point de l'étang par un émissaire.

La production 1972 a été de l'ordre de 100 tonnes et, en 1973, 500 tonnes devaient être produites. La firme Mowi S/A est incon-

testablement celle qui a réalisé la production la plus importante de saumons d'élevage à ce jour, ce qui représente un succès notable. Cependant, le choix de la technique utilisée peut être contesté, par d'autres aquaculteurs et même par le directeur de la firme, M. Thor MOWINKEL.

En effet, l'élevage extensif, malgré certains avantages, présente de nombreux inconvénients :

— Le contrôle de la croissance et du nombre des poissons est malaisé, ce qui peut entraîner une distribution de nourriture surabondante, coûteuse et préjudiciable à l'équilibre hydrologique du milieu d'élevage.

— En cas de maladie, la capture d'échantillons, le diagnostic et le traitement sont peu commodes.

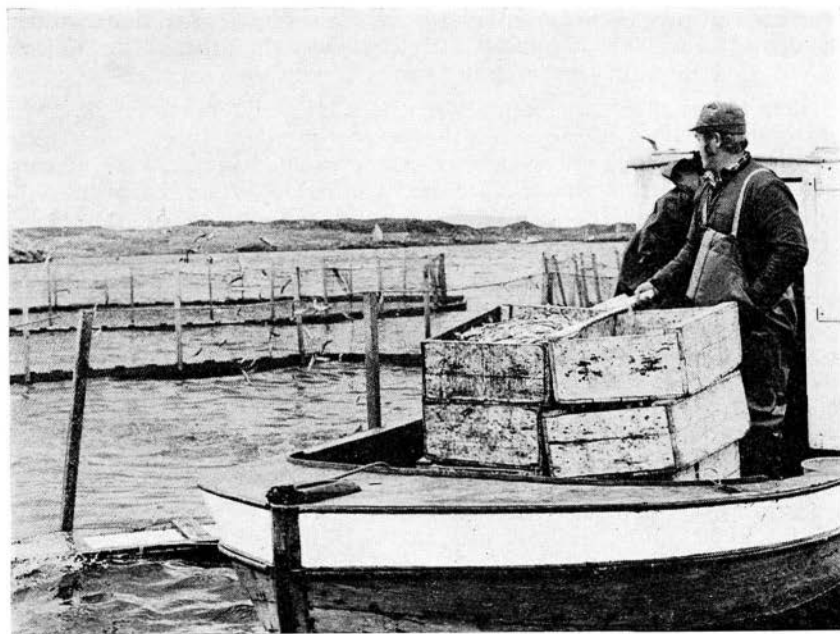
— Par contre, la charge relativement peu élevée (maximum 10 kg/m²) diminue vraisemblablement les risques d'épizooties.

L'ÉLEVAGE INTENSIF

Ce type d'élevage implique des productions massives de poissons dans de petits volumes : bassins, enclos ou cages flottantes. Les charges peuvent atteindre 10 à 15 kg par mètre cube selon les espèces et les techniques choisies.

• *Elevage en cages flottantes.*

Cette technique mise au point depuis de nombreuses années au Japon pour d'autres espèces est relativement simple. L'élevage se pratique dans une poche en filet, lestée au fond, et maintenue



Elevages en cages sur l'île de Frøya (Norvège)

en surface par une structure flottante, avec ou sans armature rigide ou praticables. Les solutions sont nombreuses et doivent être choisies en fonction de l'espèce, du site d'élevage et des caractéristiques météorologiques. Les cages doivent être ancrées dans des zones abritées (fjords, baies, estuaires), elles peuvent également être placées dans des étangs ou lagunes suffisamment profonds.

Autour des îles de la côte ouest de la Norvège, ce type d'élevage se développe depuis plusieurs années. Les cages sont de forme octogonale (400 à 800 m³), le filet étant amarré sur des praticables flottants en bois. Les smolts de Saumon atlantique mis en élevage en mai et juin atteignent, après 22 mois d'élevage en mer, une moyenne de 7 kg, certains spécimens conservés pour la reproduction pèsent alors 15 kg. Des charges de l'ordre de 10 kg/m³ sont couramment réalisées, soit une production de 3 à 4 tonnes par cage.

De la même façon, ces élevages produisent de la truite de mer de grosse taille. Partant de truitelles de 50 à 100 g, le poids commercial de 1,5 à 2 kg est atteint en 15 à 18 mois d'élevage. La production peut atteindre 4 à 5 tonnes par cage.

Sur l'île de Frøya, 10 cages ont été mises en service à partir de 1972 par la société Frøya Edelsfisk. 150 tonnes devaient être produites en 1973, les prévisions les plus optimistes prévoyaient un tonnage de 1 000 t pour 1974, comprenant environ 70 % de truites de mer. Vingt élevages de petites dimensions se sont installés sur le pourtour de l'île, appartenant à des pêcheurs ou à des particuliers. La totalité de la production est achetée par une coopérative qui en assure la commercialisation. D'autres îles, comme celle de Hitra, voient se développer également ce type d'élevage.

Sur la côte ouest des Etats-Unis, dans le Puget Sound, les recherches de la NOAA (1) ont conduit à la création d'une ferme-pilote en 1970. Sa production (saumon du Pacifique, Coho et Chinook) a été de 68 tonnes.

Depuis, plusieurs firmes privées se sont créées, telles Dömsea Farms Inc. Squaxin Tribal Enterprises et Mariculture Northwest.

Pour un certain nombre de raisons, dont les principales sont l'incidence des maladies (vibrioses) et le passage trop rapide à une grande échelle, ces fermes n'avaient pas réussi en 1973 à égaler la production de la ferme-pilote. La production 1974 de la firme Dömsea serait de 230 tonnes, ce qui constituerait le premier succès commercial américain. L'élevage se fait dans des cages flottantes de grand volume (20 × 20 × 9), munies de pontons, où des smolts d'âge 0 sont immergés en juin et juillet (15 g minimum). La commercialisation intervient à partir de mars/avril pour des poissons portions appelés baby salmon (250-450 g). L'aliment utilisé est soit un granulé déshydraté du commerce (Abernathy ou Silvercup), soit une nourriture hydratée (Oregon moist pellet), soit un aliment constitué d'autolysat de viscères de poisson et de farine de hareng, fabriqué par la station aquacole elle-même.

En France, quelques expériences préfigurant le développement industriel de cette activité ont débuté à partir de 1971.

Après des essais d'élevage de saumons Coho (*Oncorhynchus Kisutch*) à petite échelle en éclosérie (1971-1972), complétés par

(1) National Oceanic and Atmospheric Administration.

des études au laboratoire sur l'adaptation à l'eau de mer et la croissance en milieu marin, il fut décidé de passer à l'échelle supérieure.

La SODAB (1) créée en 1974 a ainsi pour but de démontrer la faisabilité économique et technique d'un élevage de saumons. Cette société dont le CNEXO est majoritaire est considérée comme une station DEVA, c'est-à-dire chargée d'assurer la démonstration et la vulgarisation de l'Aquaculture.

La SODAB dispose de trois stations ayant chacune une spécialisation propre : écloserie et alevinage (0 à 5 g), pisciculture (5 à 50 g), production en eau de mer et maintien des géniteurs. Elles sont situées dans la région de Tréguier. Les deux premières stations sont de conception traditionnelle, l'écloserie permet d'incuber plus d'un million d'œufs. La production en mer s'effectue dans un étang à marée de 1 hectare, aménagé sur les bords du Jaudy avec des cages flottantes de 140 à 210 m³. L'amplitude des marées existant dans cette région ne permet pas toujours le renouvellement de l'eau dans l'étang, ce qui rend nécessaire un pompage d'appoint. La productivité de ce genre d'étang est encore relativement mal définie et l'opération est suivie scientifiquement par le CNEXO.

Les premières commercialisations de saumons élevés en France sont intervenues en avril 1974 avec la mise sur le marché de poissons de 500 et 800 g qui ont reçu un excellent accueil. Des poissons plus gros seront commercialisés ultérieurement. La production 1974 devrait être de plusieurs dizaines de tonnes.

• *Élevage en bassins avec pompage.*

Une autre forme d'élevage intensif peut se pratiquer en bassins de pisciculture alimentés en eau de mer.

Les établissements Caous, situés sur la Rance, ont produit par cette technique 5 tonnes de truites de mer (Arc-en-Ciel) en 1972. L'eau est pompée dans un étang à marée qui sert de retenue d'eau. Elle est distribuée dans des bassins carrés de type suédois (100 m³) ou allongés de type « Raceway ».

Des truitelles de 50 g sont immergées en octobre/novembre pour donner des truites portions (200-250 g) d'avril à juillet. En 1973, la production évaluée à 20 tonnes devait permettre de dépasser le seuil de rentabilité. Un déversement d'herbicide sur les bords de l'étang a entraîné une mortalité de 95 % des truites alors que la commercialisation débutait seulement. La production 1974 devrait permettre de commercialiser 25 à 30 tonnes de truites d'avril à juillet, arrivant ainsi à la démonstration de rentabilité de cette activité financée partiellement par le CNEXO de 1971 à 1974.

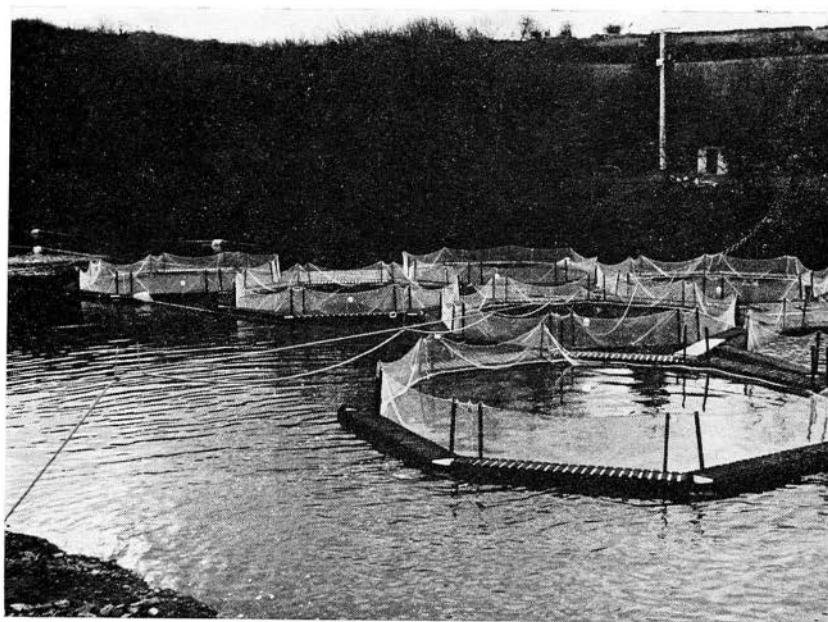
L'aquaculture des salmonidés, bien qu'encore expérimentale dans notre pays, pourra donner lieu dans les années à venir à un développement important sur les côtes de Bretagne et de Basse-Normandie, qui offrent des conditions extrêmement favorables de température.

Cependant, de nombreux points de recherche et de technologie

(1) Société pour le Développement de l'Aquaculture en Bretagne.



Bacs d'élevage alimentés par pompage. Centre Océanologique de Bretagne



Les installations de la SODAB (France) : élevage intensif dans un étang à marée aménagé.

restent à éclaircir, en particulier dans le domaine de la nutrition, de la maturation des reproducteurs, de la pathologie, de la construction des structures d'élevage.

L'aspect économique de ces élevages est encore incertain. Il ne peut se mesurer que par l'implantation d'exploitations expérimentales telles la SODAB ou les établissements Caous. Il faut considérer avec prudence les changements d'échelle car le passage du laboratoire à l'exploitation ne se fait pas aisément et, dans le proche avenir, le développement de cette forme d'aquaculture se fera probablement par la création d'unités de production de petite et moyenne dimension.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BURROWS R. E. (1955) - Evaluation of three types of rearing ponds. Res. Rep. US. Fish. Wild. Serv. N° 39.
- HARACHE Y. et BOULINEAU J.-J. (1971) - L'élevage des Salmonidés amphibiotes en Amérique du Nord. Rapp. Scient. Techn. CNEXO N° 5.
- JOYNER T. (1971) - Prospects for sea farming in Pacific Northwest. Commercial Fisheries Review 33 (9), sept. 1971.
- JOYNER T. (1973) - Salmon for New England Fisheries. Marine Fisheries Review 35 (10), oct. 1973.
- NOVOTNY A. J. (1973) - The Net pen culture of Pacific salmon in marine waters. Workshop on Salmonid Aquaculture, sept. 1973.

L'écloserie conchylicole de la Société Atlantique de Mariculture

par Yves LE BORGNE *

Il s'agit d'une société française regroupant des capitaux privés dans le but de produire, au niveau industriel, des juvéniles de coquillages marins, destinés aux besoins des professionnels pratiquant l'engraissement. En premier lieu les huîtres : *Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas* et les palourdes. Cette création répondait à un besoin car, assez paradoxalement, la France, très gros consommateur de bivalves sur le plan mondial, ne possédait pas jusqu'ici, comme les Etats-Unis, la Grande-Bretagne ou le Japon, d'écloserie industrielle de mollusques.

Dans le but de raccourcir la période inévitable de tâtonnements, de mise au point ou de rodage des techniques, il a été décidé de bénéficier d'une expérience réussie aux Etats-Unis, celle de la Pacific Mariculture, Pescadero, Californie. Pour cela, une licence a été acquise et des techniciens américains sont venus participer à la mise en place et au démarrage de l'écloserie.

LES INSTALLATIONS

Après de longues recherches, l'emplacement retenu a été celui de la « Saline » à Gatteville-Pharo, près de Barfleur, à l'extrémité N.E. du Cotentin. La première ville alentour est Cherbourg, distante de 30 km, le centre ostréicole le plus proche, Saint-Vaast-La-Hougue, à 13 km. C'est donc l'assurance de bénéficier d'une eau brassée par les violents courants du raz de Barfleur, peu polluée et peu menacée par les contaminations.

L'écloserie occupe un terrain de 5 ha environ, dont 3 ha sont couverts par la « Saline », fermée par une digue. En retenant l'eau à marée haute, on obtient un bassin d'une profondeur de 1,50 à 0,50 m.

Le bâtiment laboratoire est construit sur la dune de galets qui isole la saline de la mer au N.E. L'eau est prélevée de façon continue dans une petite baie côté N.E. à l'aide de deux pompes immergées situées au-dessous du niveau des plus basses mers. Les eaux usées sont rejetées de l'autre côté de la dune, mais à l'extérieur de la digue de la saline, réduisant ainsi les risques d'auto-pollution.

L'eau subit un premier traitement de préfiltration dans trois cuves extérieures avant d'être reprise par des pompes pour la dis-

* Directeur technique de la SATMAR.

tribution à l'intérieur du bâtiment. 880 m² sont consacrés à la production et répartis de façon sensiblement égale entre les algues, les larves et les juvéniles.

Point de départ de toute activité de reproduction d'espèces marines en laboratoire, la production de phytoplancton doit faire face aux besoins respectifs des larves, des juvéniles, et des adultes en conditionnement. Pour cela plusieurs cultures monospécifiques, convenant plus particulièrement à l'une ou l'autre des catégories précédentes, sont entretenues dans des volumes qui vont du classique Erlenmeyer aux volumes beaucoup plus importants (12 unités de 6 000 litres).

La consommation journalière dépasse en effet 12 000 litres de phytoplancton.

Les larves sont élevées dans 12 unités de 7 000 litres, où l'eau de mer chaude est renouvelée tous les deux ou trois jours. Ces cuves peuvent contenir simultanément 500 millions de larves.

Les larves métamorphosées et les juvéniles poursuivent leur croissance dans des volumes moins importants qui se prêtent à toutes les formes de circulation d'eau et de nourriture : circuits fermés ou semi-ouverts avec addition continue d'eau et de nourriture.

Les géniteurs sont conditionnés en vue de produire la maturation des gonades en dehors des périodes naturelles de reproduction. Ils reçoivent en permanence de l'eau thermorégulée et de la nourriture phytoplanctonique (circuit ouvert). Trois bacs compartimentés peuvent contenir 2 000 huîtres ou 5 000 palourdes.

LES MOYENS EN PERSONNEL

La composition de l'équipe assurant le fonctionnement de l'écloserie de la SATMAR est actuellement la suivante :

Un ingénieur halieute, un contremaître ostréiculteur, une secrétaire, un électricien-mécanicien et cinq techniciens. Un second biologiste viendra s'y joindre à partir de juin 1974.

Enfin la Société est gérée par un Conseil d'administration représenté par son Président-Directeur général.

Il faut deux personnes pour la production de phytoplancton, une pour les larves, une ou deux pour les juvéniles (ou davantage quand la production est importante). Le reste du personnel est employé aux opérations d'entretien, nettoyage, expéditions de naissain ou toute autre opération pour laquelle un renfort est nécessaire.

Deux équipes se relaient pour assurer la permanence des week-ends. Dans une écloserie l'essentiel du temps est consacré aux nettoyages : nettoyage des cuves et des récipients, des tuyauteries, des juvéniles, des adultes, des filtres. Par mauvais temps d'est, les pompes apportent beaucoup de particules fines qui engorgent rapidement les systèmes filtrants : il peut parfois être nécessaire de changer ou nettoyer les filtres toutes les heures. Mais il y a également des travaux de précision : dosages de produits chimiques, comptages de larves. Et surtout, chacun porte une lourde responsabilité car une erreur ou une négligence dans le travail, peuvent avoir des conséquences fatales sur ce matériel fragile que représentent des algues, des larves ou du jeune naissain. A cela peuvent s'ajouter les pannes ou les accidents, c'est pourquoi on doit multiplier les tâches d'entretien et les contrôles.

L'entretien, parce que les conditions de fonctionnement du matériel tournant 24 heures sur 24 en atmosphère chargée en humidité salée sont des plus défavorables, et les contrôles parce que les sources de mortalité sont nombreuses et souvent constatées lorsqu'il est trop tard pour intervenir. Chacun doit être capable de participer au fonctionnement d'une partie de l'unité de production sans être trop spécialisé.

PRODUCTION

La production de naissain d'huîtres « une-à-une » a commencé en mai 1973, en juin-juillet elle atteignait le niveau de plusieurs millions d'unités par mois. A la mi-juillet, une pollution venue d'une cuve à fuel détruisait totalement la production de naissain, et les conséquences s'en faisaient sentir jusqu'à l'hiver. Depuis, la production a repris avec pour orientation essentielle la production de l'huître *Crassostrea gigas*, du clam *Mercenaria mercenaria* et des palourdes *Venerupis decussata* et *Venerupis semidecussata*. Malgré des conditions très défavorables, la SATMAR a commercialisé en France et en Europe une quinzaine de millions d'unités de naissains d'huître de 2 mm à 4 mm et 2 millions de naissains de palourdes. Plusieurs millions de post-larves de *Mercenaria mercenaria* et *Venerupis semidecussata* sont actuellement en grossissement avant d'être commercialisées à 2 mm ou 4 mm.

Car les écloséries ouvrent des perspectives nouvelles : contrairement aux collectes naturelles de naissain, elles permettent en effet de produire des juvéniles toute l'année et à partir de l'espèce qu'on choisit. Ceci peut être un avantage pour les espèces à croissance rapide, trop rapide parfois même dans le cas de *Crassostrea gigas*. Cette croissance rend en effet délicate la fourniture des produits de petite taille aux moments des fêtes de fin d'année, principale période de vente des huîtres de consommation, tandis qu'on assiste à une surproduction d'huîtres de grande taille, qui sont moins appréciées. Dans le cas des palourdes, le développement de la production (actuellement très faible) passe obligatoirement par les écloséries, car la fourniture de quantités importantes de naissain naturel est impossible. L'existence des écloséries suscite l'emploi de techniques nouvelles. Il leur est en effet difficile de conserver des quantités importantes de juvéniles de grande taille (5 à 10 mm) à cause des besoins en surface ou en nourriture. C'est le rôle des nurseries ou des conchyliculteurs s'ils s'équipent en matériel à maillage fin pouvant recevoir les individus de 2 mm à leur sortie de l'écloserie.

D'autre part, des perspectives très importantes sont ouvertes par les résultats obtenus en traitant des espèces hypogées, de la même façon qu'on le faisait classiquement avec les espèces épi-gées. C'est ainsi que les palourdes peuvent atteindre la taille marchande en deux années, après avoir été élevées uniquement en « poches » grillagées surélevées par rapport au sol, ce qui simplifie énormément le problème de la récolte. On peut souligner enfin que dans le cas d'épidémies très graves concernant les coquillages, le moyen le plus efficace a été de remplacer une espèce touchée par une espèce voisine plus résistante. En écloserie où une sélection est déjà faite au niveau des géniteurs et pendant la croissance larvaire, on peut envisager de propager les espèces les plus résistantes ou d'obtenir des variétés moins fragiles.

L'écloserie de l'île d'Houat

par Jean LE DORVEN

Il y a 20 ans, pour pêcher 20 homards, il fallait 20 casiers. Aujourd'hui, pour en pêcher autant il faut 500 casiers, un gros bateau, quatre ou cinq hommes d'équipage et 10 à 12 heures de travail par jour... Que s'est-il passé ? Comment expliquer cette raréfaction du homard et comment essayer d'y remédier ?

Il apparaît évident que les homards ont connu ce phénomène qui tend à se généraliser à toutes les espèces marines : la « surpêche ». Faute de politique rationnelle des pêches, faute de concertation, chaque pêcheur a puisé inconsidérément dans le stock. C'était à qui en ramènerait le plus à terre, et qu'importe les femelles grainées ! on diminuait donc le nombre des reproducteurs et lorsque l'on sait que 4 pour 1 000 au maximum des larves de homards survivent en milieu naturel, il est facile de comprendre que sous peu le homard aura totalement disparu des côtes de Bretagne.

Houat a été sans doute le premier port à comprendre la réalité et l'urgence du problème et à réagir. Cette prise de conscience s'est réalisée en trois temps.

— La création du G.P.A.H. (Groupement des Pêcheurs Artisans Houatais), en 1970, a fourni le terrain de réflexion nécessaire à toute action d'ensemble.

— La mise en place d'une écloserie à homards, construite par les pêcheurs eux-mêmes, et dont le fonctionnement est assuré par les techniciens d'UNICOMA (Union des Coopératives maritimes du Morbihan et de la Loire-Atlantique).

— L'immersion de 30 000 petits homards en 1972 au large de Houat, puis de 92 000 en 1973, dans des zones préalablement étudiées. Quelques dizaines de milliers d'autres ayant été répartis sur Le Croisic, Hoedic, Belle-Ile, Portivy, Etel, Audierne...

LES ORIGINES DU PROJET

L'écloserie de Houat est née de la compréhension et de la prise de conscience par les pêcheurs, ainsi que de la structure coopérative de tout un ensemble de facteurs tant biologiques qu'humains.

On peut ainsi distinguer des motivations d'ordre biologique : le taux de survie des larves de homards en mer est très faible à cause de leur comportement planctonique. En effet, le homard a

4 stades larvaires au cours desquels il flotte à la surface de l'eau. Il est alors la proie des prédateurs (poissons, oiseaux de mer...) et se trouve dispersé au gré des courants, peut-être à des centaines de milles de son lieu d'éclosion. Ce n'est qu'à la fin du 4^e stade qu'il se fixe sur le fond ; on dit qu'il devient benthique. A ce stade, le homard a déjà un comportement d'adulte ; il se « grotte » et est relativement sédentaire, il a certainement davantage de chances de survie. C'est ce qui nous a amené à produire des post-larves en milieu abrité et à les immerger au stade benthique.

Des motivations d'ordre écologique : l'environnement naturel de Houat nous a paru prédisposé à l'alevinage de homards, en raison de sa situation océanique :

— Nous sommes à plus de 15 km des côtes, en plein océan. Le secteur est touché par les courants du large, porteurs de plancton.

— D'autre part, on retrouve à certaines périodes, dans cette zone, des traces d'eaux de la Loire et de la Vilaine riches en sels minéraux.

— A ces facteurs purement océaniques s'ajoute un climat des plus favorables : températures douces sans excès, pluviométrie inférieure à celle du continent, ensoleillement très important durant tous les mois de l'année.

Les zones de pollution sont très éloignées.

Les fonds entourant les îles de Houat et Hoedic sont très divers en profondeur et nature. De larges platitudes rocheuses séparées ou zébrées de fossés couverts de galets ou d'éboulis constituent un excellent biotope et une excellente zone pour l'alevinage des crustacés.

Le groupement des pêcheurs de Houat a été l'élément dynamique qui a permis la réalisation du projet d'écloserie. De nombreuses réunions, discussions, sessions et voyages d'études effectués par les pêcheurs ont apporté les éléments nécessaires à la compréhension du problème et à la nécessité d'entreprendre une action de repeuplement et de contrôle des stocks marins. L'UNICOMA a surtout apporté une assistance technologique : conception de l'écloserie et participation constante à sa réalisation, puis production et immersion des bébés homards.

LES MOYENS DE PRODUCTION

Nos moyens sont encore relativement simples, du moins en ce qui concerne l'aménagement de notre laboratoire de contrôle. Cependant, l'installation de production elle-même, bien que bâtie avec des moyens très limités, est tout à fait fonctionnelle.

L'écloserie est située dans une ancienne carrière à l'abri des vents et aussi des regards. Elle comporte 8 bassins en béton de $5 \times 10 \times 2$ m. Le tout est recouvert d'une serre en polyester bleu ; un petit laboratoire et un atelier en font partie. Rappelons que la mise en place de l'ensemble : terrassement, radiers, chappes, ferrailage, béton, charpente, toiture, tout cela a été réalisé par des marins-pêcheurs, du 25 février au 25 juin, secondés par les scouts marins de Vannes durant les vacances. Ce travail était effectué l'après-midi, après les heures de travail en mer. Les élèves de l'école d'architecture de Rennes nous ont aidés à la définition et à la lecture des plans.

En 1973, un appentis de 250 m², destiné à l'élevage de mollusques, a été construit ainsi qu'un laboratoire et une salle de culture d'algues. Si en 1972 l'écloserie ne possédait qu'une seule pompe et un seul surpresseur d'air, ce qui bien sûr nous a valu quelques avatars, en 1973 nous nous sommes équipés d'un petit groupe électrogène, d'un second surpresseur d'air et d'une deuxième pompe. En outre, un système de chauffage et de thermostatisation nous donne de très grandes possibilités de fonctionnement.

LES METHODES DE PRODUCTION

La production de post-larves de homards comprend plusieurs phases.

1. LE STOCKAGE DES REPRODUCTEURS

Les femelles grainées dont les œufs sont prêts à éclore sont amenées par les pêcheurs de Houat, Hoedic ou Portivy. Nous les stockons dans un bassin d'éclosion que l'on ombrage suffisamment. L'aération et la température sont maintenues aux normes désirées (inférieure à 20° C).

2. PRODUCTION DES POST-LARVES

Chaque matin on procède à la pêche des stades I, éclos dans la nuit. Pour ce faire, on utilise une épuisette à maillage très fin. L'on dépose les larves dans un grand récipient de 50 litres, puis l'on procède au comptage en utilisant la méthode de la densité volumétrique. On met de 10 à 12 000 larves par bassin. Ces opérations sont très minutieuses et demandent beaucoup de soins, afin de ne pas choquer les larves.

Nous avons choisi à Houat la méthode d'élevage en masse, c'est-à-dire plusieurs milliers de homards dans le même bac. Nous nous heurtons donc de front à ce grave problème de comportement de la plupart des jeunes crustacés : le cannibalisme. Le Professeur FUNJAGA eut également à faire face à cette agressivité naturelle des crevettes *Penaeus japonicus*. Ce n'est qu'après de longues années de recherches qu'il réussit à déterminer un régime alimentaire adéquat et le cannibalisme, dont la malnutrition était la cause, disparut.

Emboîtant modestement le pas à ce grand chercheur, nous avons orienté tous nos efforts sur la nutrition des larves et post-larves de homards. Le régime alimentaire utilisé à Houat comprend :

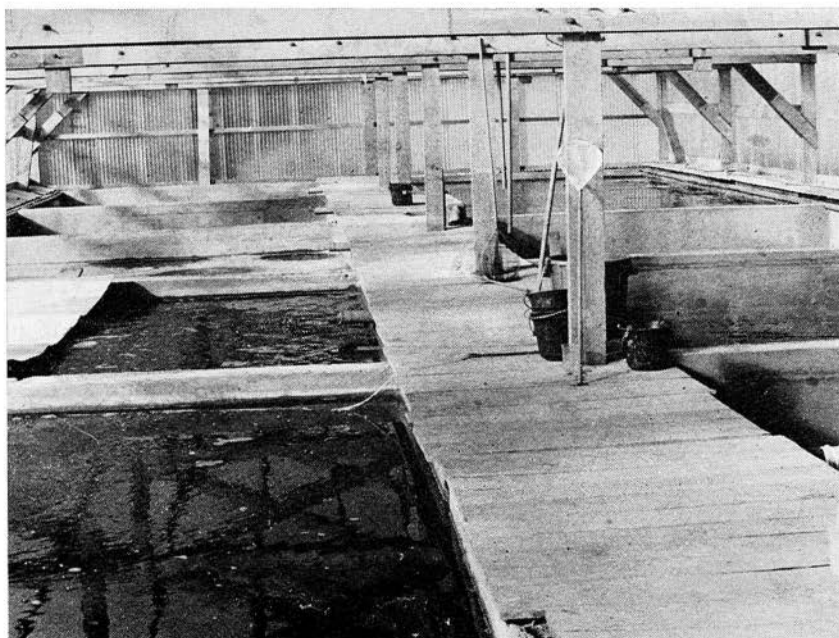
— du plancton : diverses espèces de phytoplancton et zooplancton sont développées intensivement dans le bassin tout au long de la production, diatomées (*Skeletonema costatum*, *Navicula*, etc...), rotifères, copépodes, etc...

— des artémies (*Artemia salina*) : des nauplius et des adultes sont donnés en grande quantité aux différents stades larvaires.

— de la chair de crustacés : petits crabes finement broyés après lavage et distribués régulièrement dans les bassins.

— de l'aliment composé spécialement étudié pour crustacés.

Une judicieuse composante de ces quatre nourritures donne



Ecloserie de l'île d'Houat. Les bassins où sont élevées les larves de homards ou de crevettes.

(Photo Le Dorven)

des résultats que l'on peut qualifier déjà de satisfaisants. La quantité de nourriture à distribuer doit être mesurée avec précision, afin d'éviter toute pollution du bassin.

Chaque jour nous procédons à des contrôles physiques (salinité normale, température de 22-25° C, pH de 8,1-8,6, oxygène supérieur à 6 ‰). Ce sont cependant les contrôles biologiques qui prennent le plus de temps : observation de l'évolution du plancton, contrôle des stades larvaires, de l'appétit et du comportement des larves.

LES RESULTATS DE LA PRODUCTION

Ainsi donc, 32 500 petits homards ont été immergés en 1972 et 154 000 en 1973. La première année les taux de survie jusqu'aux stades IV et V ont varié de 15 à 35 %, avec une moyenne de 25 %. En 1973, ces taux ont varié de 40 à 100 % avec une moyenne de 60 %. Ces résultats doivent être améliorés dans les années à venir, grâce à un meilleur contrôle de la production.

Nous avons aussi réalisé des élevages de crevettes roses ou bouquets (*Palaemon serratus*). En 1973, un élevage expérimental a fourni 40 000 post-larves : celles-ci donnaient des crevettes de 5 g au bout de 6 mois, aptes à la reproduction. En 1974, des femelles grainées provenant de l'élevage ou de la nature fournissaient 350 000 post-larves, qui ont été vendues à 20 et 30 jours (p20 et p30).

POURQUOI L'ALEVINAGE ?

Nous avons choisi de faire de l'alevinage de petits homards pour diverses raisons.

Le homard est sédentaire et se crée sa zone de chasse aux alentours de sa grotte abri. Des études américaines et canadiennes ont prouvé que les homards se déplaçaient très peu, si le milieu leur était favorable.

Le biotope d'immersion est excellent. Les pêcheurs de Houat connaissent bien la zone du « Pot de Fer » comme un excellent fond aux homards. Naguère, la pêche y était rentable. Enfin, tout autour de l'île les fonds sont bons pour des opérations d'alevinage. On pourrait ainsi procéder à une sorte d'assolement zone par zone.

Dernière raison, l'élevage complet du homard jusqu'à la taille commerciale est certes possible, mais sous nos climats, il ne serait pas rentable. Il lui faudrait 4 ou 5 ans pour atteindre la taille commerciale, ce qui immobiliserait des bassins pendant trop longtemps, en plus, il serait nécessaire de chauffer l'eau en hiver. Un petit homard une fois remis à l'eau ne coûte rien et il peut atteindre la taille commerciale en 4 ou 5 ans.

L'alevinage peut augmenter le stock naturel de homards et, de ce fait, accroître le nombre des captures dès que les homards auront atteint la taille commerciale. Des conséquences bénéfiques peuvent en découler.

Les pêcheurs resteront sur leur métier. Il est même possible que leur nombre augmente. Les temps de travail, les instruments de pêche verront leur nombre diminuer, pour un rendement supérieur. D'autres techniques de pêche peuvent être mises au point. Une politique de contrôle et de renouvellement du stock peut être mise en place. On envisage de créer des cantonnements contrôlés par les pêcheurs eux-mêmes. On en arrive ainsi à une évolution de la mentalité des pêcheurs. Ceux-ci reconnaissent que « Ce n'est pas tout de tirer de la mer, il faut aussi semer si l'on veut récolter ».

LES MOYENS ET LA METHODE D'ALEVINAGE

Pour ces opérations d'alevinage nous avons encore agi avec les moyens du bord. Les pêcheurs ont collaboré avec leurs bateaux, chacun à leur tour et certains se sont transformés en plongeurs.

La méthode employée pour l'immersion de nos petits homards est sans doute unique en son genre. Nous avons procédé de la manière suivante :

— Reconnaissance des lieux.

Depuis un an déjà, la zone du « Pot de Fer » a été étudiée. Des sondages très serrés y ont été effectués par la flottille des bateaux de Houat, de façon à obtenir une cartographie de la morphologie sous-marine. Il s'agissait entre autre, de repérer les îlots rocheux et les falaises sous-marines. Les fonds y varient de 23 à 12 mètres.

Nous avons également effectué des plongées de reconnaissance sur les sites repérés par sondages, afin de déterminer le nombre possible d'abris naturels à homards. Nous avons remarqué de nombreux abris vides !

— *Préparation du fond.*

Certes, les abris pour homards adultes sont nombreux et l'on pourrait encore en rajouter d'autres, artificiels, mais il est sans doute préférable, dans un premier temps, d'immerger des abris qui protègent les bébés homards.

Nous avons donc immergé, avant les homards, dans des lieux bien précis, des milliers de briques percées, qui sont autant d'abris pour le petit homard. Des morceaux de tubes de ferraille sont également d'excellents abris.

— *Immersion des petits homards.*

C'est une phase très délicate dont dépend tout le succès de l'opération. Dans l'écloserie les bébés homards sont pêchés en partie par la vanne du bassin, en partie à l'épuisette lorsque le niveau de l'eau est très bas. Puis, ils sont stockés une heure ou deux dans une eau plus fraîche que celle du bassin, de température voisine de celle de la surface de la mer. Ensuite, l'on procède au comptage des post-larves et on les met dans des sachets en plastique, à raison de 200 pour 6 litres d'eau. L'on referme le sac que l'on gonfle avec de l'oxygène si le transport doit dépasser 2 heures. Ces sachets de homards sont ensuite disposés dans des caisses isothermiques contenant de la glace, afin d'amener progressivement l'eau des sachets à la température du fond de la mer. Les caisses sont amenées au port et embarquées à bord du bateau qui se rend sur les lieux d'immersion.

Sitôt le bateau parvenu à la balise, les plongeurs se mettent à l'eau et vérifient que l'on est bien à la verticale du lieu prévu. Alors les sacs de homards sont amarrés en filières, 5 par 5 à une gueuse et sont envoyés au fond.

Nous les réceptionnons et alors commence la dernière phase de l'opération. Nous repérons ou formons des tas de briques creuses parmi les éboulis sous-marins et y disposons les sacs ouverts, sans chasser les homards, ceux-ci sortent d'eux-mêmes et se collent littéralement dans les trous de briques ou bien sous les cailloux. C'est un spectacle extraordinaire que de voir ces petits homards faire leurs premiers pas au fond de la mer.

LES RESULTATS DE L'ALEVINAGE

Le problème n° 1 de l'alevinage est de savoir quelle sera la survie au bout de 4 ou 5 ans ; il reste encore entier, seule l'expérience prouvera.

Cependant, à chaque plongée de contrôle, nous avons retrouvé des petits homards dans les briques, jusqu'à 3 par brique, ils étaient devenus rouges, leur estomac était plein et leur vitalité excellente. Tout dernièrement, début avril 1974, des plongeurs ont repéré 13 petits homards mesurant environ 6 cm sur les lieux même d'immersion.

Ce sont pour l'instant nos seuls résultats, ils sont encourageants. Bien sûr, les contrôles sont à poursuivre, par plongées et aussi en utilisant des casiers spéciaux. Si l'on pêche beaucoup de petits homards dans les mois à venir on pourra être certains de la valeur de l'expérience.

Enfin, une série de contrôles par fiches de pêche, soigneusement remplies par les pêcheurs, vont nous permettre de déceler plus certainement l'impact biologique et économique de l'opération alevinage en homard.

CONCLUSIONS

Quelles conclusions tirer de cette première expérience ?

Du point de vue scientifique on peut affirmer que les résultats de l'écloserie deviennent intéressants : la production en masse de millions de bébés homards peut d'ores et déjà être envisagée. Mais bien du travail reste encore à réaliser dans le domaine du contrôle à la mer. Opération qui emploie actuellement une grande partie de notre temps.

Un autre résultat et non des moindres, est l'intérêt croissant que portent les marins-pêcheurs à l'expérience d'alevinage des homards. Tout d'abord à Houat, où les pêcheurs ont participé à tous les niveaux de l'expérience. D'autre part, des groupes de pêcheurs de Belle-Ile, Portiry, Hoedic, Lomener et Kerroch, Brest, Paimpol, Arcachon, Le Croisic, Blainville, etc... sont venus visiter les installations et d'intéressants contacts ont été pris pour une politique commune d'aménagement des fonds côtiers.

Houat est ainsi devenue en quelque sorte un symbole de cette prise de conscience par les pêcheurs de la nécessité d'aménager, de repeupler, de contrôler, par eux-mêmes, leurs zones de pêche. Leur avenir en dépend.

Problèmes de pathologie en éclosérie

par Daniel PRIEUR *

C'est par dizaines, centaines de milliers et parfois même millions que mollusques, crustacés et poissons marins émettent leurs œufs. Ces œufs ou larves, dispersés dans le milieu naturel, à la merci de nombreux prédateurs, n'ont que très peu de chances de parvenir à l'état adulte, et pour chaque espèce, le pourcentage de réussite est très faible.

L'éclosérie permet, théoriquement, d'éviter ce gaspillage de la nature. Il suffit en effet de quelques géniteurs pour donner naissance à des millions de larves. Dans des bassins clos, à l'abri des prédateurs, ces jeunes animaux peuvent franchir, en toute sécurité, les étapes les plus difficiles de leur développement.

Sur cette base, des résultats prometteurs ont été obtenus. Cependant, les écloséries expérimentales ou industrielles, doivent encore résoudre de nombreux problèmes, biologiques, technologiques et les maladies infectieuses qui déciment trop fréquemment les élevages, constituent sans nul doute le plus gros obstacle.

Pratiquement toutes les espèces élevées jusqu'à ce jour ont été victimes de maladies et quelques infections dues à des bactéries, des champignons ou des protozoaires ont été décrites. Notre propos n'est pas de dresser ici un catalogue de ces maladies qui, bien que fastidieux, serait malgré tout très incomplet compte tenu des lacunes dans le domaine de la pathologie des animaux marins. Il nous paraît plus intéressant, à partir de quelques exemples pris chez les mollusques, les crustacés et les poissons, d'envisager les causes probables des maladies et les traitements possibles.

LES MALADIES DES LARVES DE BIVALVES

Les larves de bivalves élevées en écloséries (huîtres, palourdes, clams) sont fréquemment victimes de maladies foudroyantes qui détruisent des millions de larves en 24 ou 48 heures.

Un champignon du genre *Sirolopidium* a été reconnu responsable de quelques infections (DAVIS), mais la plupart des mortalités observées sont dues à des bactéries.

Pour l'observateur, la maladie s'annonce par un ralentissement des mouvements larvaires, en particulier du velum. Les organes se nécrosent peu à peu et un grouillement bactérien remplit l'animal moribond. Quelques heures plus tard, tout l'élevage est infecté et des protozoaires ciliés nettoient l'intérieur des coquilles.

Des souches pathogènes appartenant aux genres *Pseudomonas*, *Vibrio* et *Aeromonas* ont été isolées à plusieurs reprises aux Etats-Unis, à partir d'élevages malades de Clams. Inoculées à des élevages sains, ces souches les détruisent complètement en 24 heu-

* Laboratoire de Zoologie. Université de Bretagne Occidentale.

res (TUBIASCH, GUILLARD, BROWN). D'autres souches, associées aux algues unicellulaires utilisées comme nourriture, à l'eau de mer d'élevage, ou même aux géniteurs, sont également capables dans certaines conditions de provoquer des mortalités importantes (PRIEUR). Dans tous les cas, le développement de la maladie est très rapide et tout traitement curatif est impossible.

LES MALADIES DES CRUSTACES

Bactéries et champignons sont également à l'origine des maladies observées dans des élevages de la crevette japonaise *Penaeus japonicus*. EGUSA et UEDA ont isolé l'un des agents pathogènes, un champignon imparfait du genre *Fusarium*. Ce champignon qui pénétrerait par voie externe, après avoir détruit la carapace de chitine, s'attaque uniquement aux branchies de la crevette qu'il détruit rapidement. Dans le cas des infections bactériennes, les vibrions incriminés attaquent préférentiellement la glande digestive.

Dans un cas comme dans l'autre, les mortalités sont massives et affectent les post-larves comme les adultes.

Des infections mortelles de la crevette rose ou bouquet, *Palaeomon serratus*, ont été observées et attribuées à un autre champignon phycomycète, du genre *Pythium*.

LES MALADIES DES POISSONS

Les poissons ont fait depuis fort longtemps l'objet d'élevages expérimentaux et c'est pour ce groupe que le plus grand nombre de maladies ont été décrites et que les thérapeutiques sont le plus élaborées.

Selon OPPENHEIMER, le développement des œufs de poissons en éclosure est considérablement perturbé par des bactéries présentes en trop grand nombre dans les bacs d'élevage. Il ne s'agit pas dans ce cas d'une infection due à un pathogène spécifique. Les œufs élevés dans une eau trop peuplée de bactéries sont entourés d'une couche bactérienne épaisse qui étouffe l'œuf et l'asphyxie.

Chez les Salmonidés, dont l'élevage est assez ancien, la liste des infections connues est impressionnante. C'est ainsi que BAR-DACH note que le Saumon du Pacifique *Oncorhynchus* est principalement victime de la maladie bactérienne de l'eau froide, de la maladie des branchies, d'une infection à *Sporocytophaga*, de furonculose, de vibriose, de la maladie des reins, d'une mycobactériose, de maladies dues à des protozoaires, d'infections par des vers et de diverses maladies à virus. Des maladies voisines de celles qui affectent les Salmonidés ont été signalées chez d'autres espèces comme l'anguille ou la sérieole au Japon. Mais chez ces poissons comme chez le Turbot, le Bar ou la Daurade, que l'on commence à élever, la liste des infections est restreinte. Il est cependant fort probable qu'avec le développement de l'élevage de ces espèces, d'autres maladies seront signalées.

QUELLES SONT LES CAUSES DE CES MALADIES ?

Dans la plupart des exemples précédents, un micro-organisme pathogène, bactérie, champignon, protozoaire, responsable de la

maladie, a été isolé. La présence de cet agent pathogène n'est toutefois pas suffisante pour que la maladie se déclare. Il faut aussi qu'il trouve dans le milieu d'élevage des conditions favorables à son développement et à l'expression de son pouvoir pathogène. De même, ces conditions doivent défavoriser l'hôte et le rendre davantage réceptif. C'est la notion de « terrain » bien connue en pathologie humaine.

Les conditions qui favorisent la prolifération des agents pathogènes sont extrêmement spécifiques. Par contre, la nature même et la conception de l'écloserie, déterminent des conditions défavorables aux hôtes quels qu'ils soient. Cette affirmation, en contradiction avec le principe de l'écloserie que nous avons énoncé plus haut, demande à être expliquée.

Un élevage se déroule dans un milieu plus ou moins clos, dont le volume est très faible, comparé à la mer libre. Dans ce petit volume, les animaux, d'une seule espèce, sont très concentrés. Les manipulations inévitables des animaux, filtrations, renouvellements d'eau, changements de bassin, peuvent dans certains cas causer des lésions qui favorisent la pénétration du pathogène et affaiblissent l'hôte.

Une maladie du homard illustre bien les conséquences de ces conditions particulières. Une bactérie, coque Gram positive du genre *Gaffkya*, a été isolée chez des homards adultes dans le milieu naturel, homards en parfaite santé. Lorsque ces animaux sont stockés en viviers ou bassins, après capture et avant commercialisation, une maladie provoquée par cette bactérie apparaît rapidement. La mortalité atteint très vite 50 % du stock et évolue peu au-delà, sans doute en raison de la commercialisation et de la rotation du stock. Les facteurs qui favorisent la prolifération du pathogène ne sont pas connus avec précision, mais il est clair que les conditions de stockage ne peuvent qu'affecter le homard. Les animaux concentrés, dans des conditions d'hygiène insuffisantes, ne se nourrissent pas et ont souvent été blessés (section de l'articulation des pinces pour faciliter la manipulation). Les facteurs nécessaires à une contamination rapide sont réunis. Or les conditions rencontrées en écloserie sont très voisines de celles des bassins à homards et elles constituent certainement la cause principale des maladies.

LA LUTTE CONTRE LES MALADIES

La méthode classique de lutte contre la maladie consiste à isoler le pathogène responsable, à rechercher un agent chimique (antibiotique ou fongicide) capable de le limiter ou de le détruire, agent chimique qui ne doit pas être toxique pour l'animal traité.

Si l'agent pathogène est une bactérie, un antibiogramme permet de déterminer l'antibiotique le plus actif. Cet antibiotique est alors administré à l'animal malade sous forme de bain, associé à la nourriture ou par injection. Cette méthode n'est cependant possible que si le développement de la maladie est suffisamment lent pour permettre un traitement et si l'animal malade présente précocement des signes extérieurs qui permettent d'établir le diagnostic. Cette méthode est appliquée avec succès dans le cas de plusieurs maladies des poissons, telles que l'infection à *Vibrio anguillarum*, qui frappe aussi bien les anguilles que les saumons.

Chez les larves de bivalves, les maladies bactériennes sont si

foudroyantes que tout traitement curatif est impossible. Les antibiotiques sont alors utilisés à titre préventif et ajoutés régulièrement à l'eau d'élevage. Il s'agit cette fois d'empêcher la prolifération du pathogène et donc l'apparition de la maladie.

Cette méthode préventive serait très intéressante si elle ne nécessitait pas l'utilisation des antibiotiques. Ces produits, utilisés à titre préventif ou curatif sont dangereux, et ceci pour plusieurs raisons. L'emploi répété d'antibiotiques sélectionne dans les populations bactériennes des souches résistantes qu'il est de plus en plus difficile d'éliminer. L'utilisateur doit augmenter progressivement la dose administrée, associer plusieurs antibiotiques au détriment parfois de l'animal malade.

L'écloserie ne concerne qu'une étape de la vie des animaux élevés. Tôt ou tard, il est indispensable de placer ces animaux dans le milieu naturel ou semi-naturel. Les animaux élevés pendant leur jeunesse dans un cocon d'antibiotiques sont soumis brutalement aux agressions du milieu naturel. Ont-ils de grandes chances dans ces conditions ?

Les produits de l'aquaculture sont en définitive livrés sur le marché. Le danger de l'antibiotique est cette fois pour le consommateur. Ce danger n'est pas nouveau et nous consommons déjà de la viande (bœuf, porc, volaille) provenant d'animaux traités aux antibiotiques. Cet envahissement des antibiotiques sélectionne peu à peu des souches résistantes, pathogènes non plus des crustacés ou des poissons, mais de l'homme. L'antibiothérapie est de plus en plus difficile et la pénicilline, découverte par FLEMING, qui permit d'innombrables succès médicaux est peu utilisée actuellement car inefficace. On lui préfère une gamme de plus en plus étendue de pénicillines de synthèse, toutes légèrement différentes les unes des autres. Au moment où la sonnette d'alarme retentit dans les milieux médicaux, il convient que les aquaculteurs restent très prudents et n'utilisent les antibiotiques et les fongicides qu'en dernière extrémité.

Dans ce cas, la seule solution est de mettre au point une parade qui empêche la maladie de s'installer. L'infection ne se développera en effet que si le « terrain » est favorable et c'est donc sur le milieu d'élevage et la santé des animaux que doivent porter tous les efforts. La température, la salinité, le pH, la propreté de l'eau d'élevage et la fréquence de son renouvellement, la dimension, la nature et la propreté des bacs et bassins d'élevage, leur charge, l'éclairage, la qualité, la composition, la quantité de nourriture, la nature et la masse des déchets, sont autant de facteurs qui peuvent favoriser ou limiter la prolifération des agents pathogènes.

La mise en œuvre d'une telle parade écologique et hygiénique s'avère extrêmement complexe et réclame de nombreuses recherches. Aujourd'hui, les écloseries ne sont plus un projet, mais déjà une réalité biologique, professionnelle et commerciale qui ne peut attendre que les recherches théoriques de pathologie aient porté tous leurs fruits.

Il est donc tout à fait normal que professionnels et scientifiques travaillent simultanément et en collaboration sur les mêmes problèmes, mais avec des échéances différentes : prouver immédiatement l'intérêt et les possibilités de l'aquaculture, remédier provisoirement mais efficacement aux difficultés dans le domaine de la pathologie, développer à long terme les recherches théoriques qui permettront la maîtrise totale des élevages.

La rade de Brest : Principes et limites d'une mise en valeur par l'aquaculture

par Albert LUCAS *

Dans le manifeste des 120 scientifiques, paru en novembre 1973, au moment du débat sur l'éventualité d'un complexe pétrolier en rade de Brest, on pouvait lire les affirmations suivantes :

« 1. La rade de Brest est un milieu naturel exceptionnel en Europe par la richesse de ses eaux, l'abondance de ses peuplements vivants et la variété de ses espèces.

2. Cette productivité naturelle est utilisée par la pêche et surtout la conchyliculture, en harmonie avec le milieu naturel.

3. Dans l'avenir, la rade de Brest peut constituer un des sites les plus adaptés à l'aquaculture marine en milieu protégé, ce qui ouvre des possibilités économiques considérables. »

Etait-ce là un argument de circonstance ou une opinion réellement fondée ? Pour y répondre, nous décrirons cette qualité biologique de la rade, bien connue de tous les scientifiques, mais sur laquelle aucune synthèse explicite n'a jusqu'ici été faite.

Cependant, en janvier 1974, une parasitose des huîtres, brutale et destructrice, s'est développée dans la rade, ainsi qu'en divers points du littoral breton. Pour certains économistes, ce genre de calamité incontrôlable condamne tout développement basé sur les cultures marines. Aussi nous ne perdrons pas de vue cette circonstance, nouvelle mais prévisible, quand nous établirons les principes et que nous montrerons les limites d'une exploitation aquacole semi-intensive, la seule possible en pleine mer.

Autre sujet de préoccupation : les pollutions, qui deviennent les causes les plus graves d'échecs définitifs en aquaculture. Il conviendrait d'en examiner l'état actuel en rade et surtout leur devenir. Mais les documents à ce sujet sont encore trop fragmentaires pour être significatifs et nous sommes dans la plus grande incertitude à propos du développement de l'industrie lourde en rade de Brest. Nous adopterons donc l'hypothèse de travail suivante : que les nuisances industrielles et urbaines demeurent faibles et contrôlables.

* Laboratoire de Zoologie, Université de Bretagne Occidentale.

LE SITE : SES AVANTAGES ET SES INCONVENIENTS POUR L'AQUACULTURE

AVANTAGES D'ORDRE PHYSIQUE

La rade de Brest, par sa morphologie, a suscité des utilisations diverses : potentiel militaire, port commercial, pêche et cultures marines. Ces trois branches d'activité, auxquelles s'est ajouté récemment le nautisme, n'ont cessé de croître, de s'organiser, d'évoluer et d'exiger de plus en plus d'espace. Toutes trois ont, de façons différentes, mis à profit deux caractéristiques de la rade : l'abri naturel et la profondeur de l'eau.

En arrière d'un goulet étroit de 1 800 m en moyenne et long de 5 km (1), où se casse la houle, se développe un plan d'eau de plus de 180 km², extrêmement découpé et protégé de tous côtés par des hauteurs de 50 à 70 m.

La profondeur maximale atteint dans le goulet 50 m au-dessous du zéro des cartes et 44 à l'intérieur de la rade. Les surfaces, en fonction de la bathymétrie, sont les suivantes (2).

Surface comprise :	en km ²
à l'intérieur de l'isobathe 20	23,144
entre les isobathes 20 et 10	40,285
entre les isobathes 10 et 5	22,279
entre les isobathes 5 et 0	73,063
entre l'isobathe et la côte	22,500
Surface totale :	181,271

Ainsi la rade de Brest apparaît-elle comme une véritable mer, très différente par sa bathymétrie du golfe du Morbihan ou du bassin d'Arcachon.

Ces caractères morphologiques peu ordinaires sont accentués par les conditions hydrologiques. La rade subit le régime des marées et de ce fait son volume d'eau varie deux fois par jour. Selon les calculs des hydrographes de la Marine Nationale (2), ces variations s'expriment ainsi :

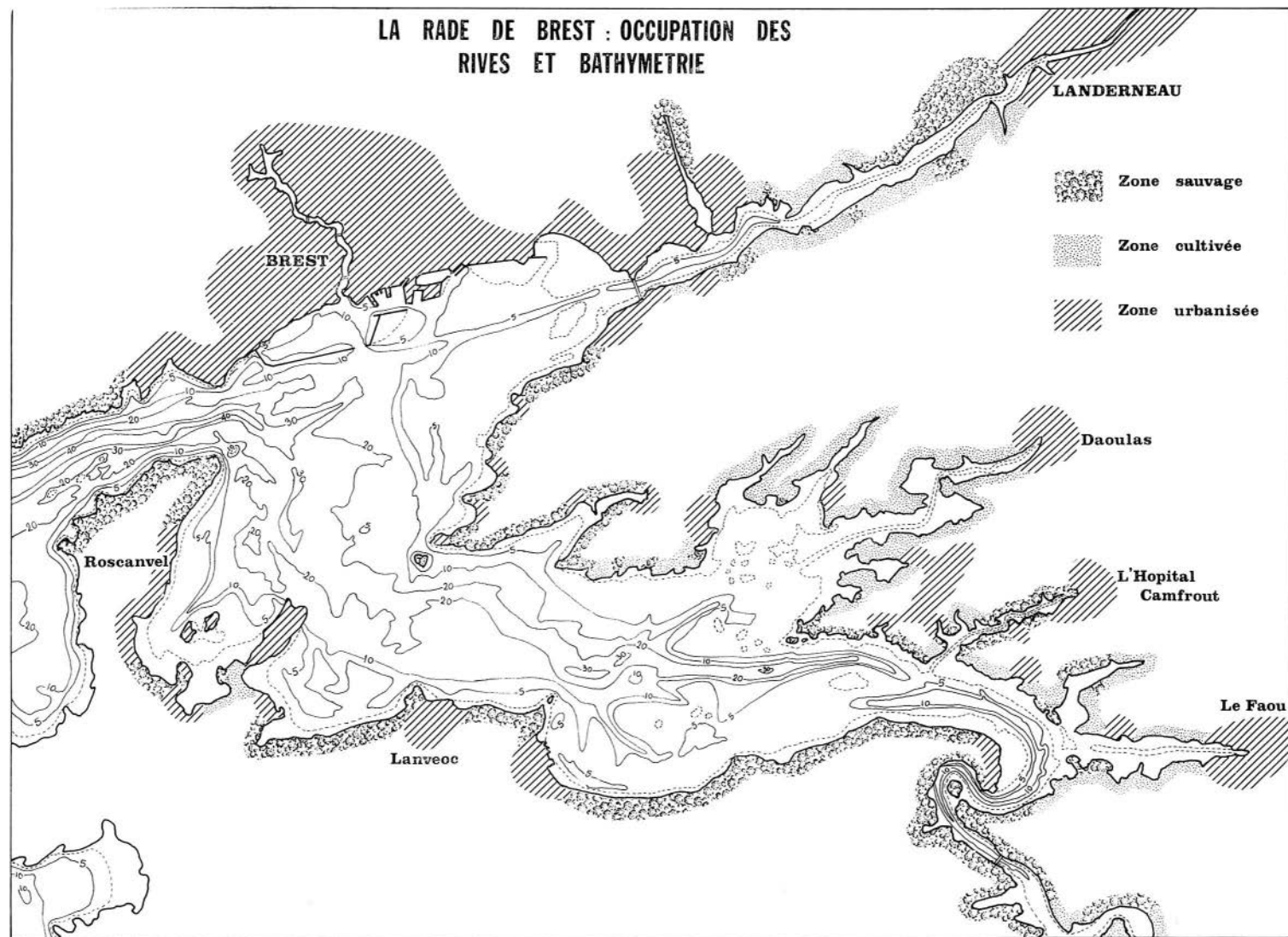
	Vive eau (coeff. 95)		Morte eau (coeff. 45)	
	Hauteur (m)	Volume (millions de m ³)	Hauteur (m)	Volume (millions de m ³)
Pleine mer	7,5	2 808	5,9	2 537
Basse mer	1,4	1 771	3	2 043
Marnage		1 037		494

On peut donc concevoir qu'aux plus fortes marées c'est environ 3 milliards de m³ qui remplissent la rade et que plus d'un milliard de m³ s'écoulent dans le goulet au reflux. Ces chiffres laissent pressentir un bon renouvellement des eaux de la rade. Mais comment l'apprécier ? Il s'agit là d'un problème très délicat, qui exclut les hypothèses extrêmes du renouvellement nul (c'est uniquement l'eau qui est rentrée qui ressort) ou du renouvellement maximum (l'eau qui sort est totalement différente de celle qui vient d'entrer). Par une évaluation indirecte, le document de la Marine Nationale déjà cité (2) estime qu'en moyenne, à chaque marée, le renouvellement est de 1/140. Cette évaluation, très vraisemblable, explique qu'il y ait une « eau de la rade » différant, par plusieurs paramètres, de l'eau du large. Il s'agit bien d'un milieu semi-fermé.

En raison du flux et du reflux, l'eau de la rade est continuellement brassée. De puissants courants, variables en fonction de l'heure, s'y développent dans le goulet et les chenaux de l'Aulne et de l'Elorn, tandis que des mouvements tourbillonnaires se forment notamment en baie de Roscanvel. En relation avec ces mouvements changeants des masses d'eau, les fonds de la rade sont extrêmement variés : quelques roches en place et surtout des sédiments très hétérogènes, les blocs de cailloux dominant dans les zones à fort courant, les sédiments fins dans les zones calmes ou les fonds d'estuaires.

De ces estuaires, la rade reçoit un apport d'eau douce qui a pour caractère

LA RADE DE BREST : OCCUPATION DES RIVES ET BATHYMETRIE



d'être dispersé (les « fleuves côtiers » sont multiples), régulier (en raison du climat océanique) et peu intense (si l'on admet un débit moyen de 38 m³/sec (2), l'apport fluvial en 12 heures est d'environ 3 ‰ du marnage d'une marée de morte-eau).

La dessalure, maximale en hiver, est toujours minime en pleine rade. Mais l'intérêt de la circulation d'eau continentale, est dû à l'apport de matière organique et de sels biogènes (nitrates et phosphates) qui en résulte.

Le climat est, lui aussi, un facteur écologique favorable. La région considérée est soumise au climat tempéré océanique, caractérisé par les faibles variations de température entre l'hiver et l'été (températures moyennes à Brest : 7° C en janvier, 17° C en juillet (1) et le faible nombre de jours de gelées (12 par an environ (1)). Mais ces caractéristiques climatiques sont le résultat de l'influence de la mer : la « dérive nord-atlantique », prolongement du Gulf-Stream, est bien connue pour son effet adoucissant sur les côtes d'Europe occidentale.

En pénétrant dans la rade, les eaux océaniques deviennent semi-stagnantes et de ce fait se réchauffent, surtout en été, où l'on note fréquemment une majoration de 2° C par rapport à l'Iroise. Il existe donc un climat local marin en rade de Brest.

AVANTAGES D'ORDRE BIOLOGIQUE

La vie dans la rade de Brest est en relation directe avec les facteurs physiques du milieu, que nous venons de caractériser.

Mais il est un autre facteur, qui risque d'échapper au biologiste marin penché sur le milieu aquatique, c'est l'état des rives de la rade. Or celles-ci, malgré la présence de la grosse agglomération brestoise, ont conservé à plus de 43 % leur caractère « sauvage ». Sur les 255 km de pourtour de la rade (y compris les estuaires), 67 km sont urbanisés, 88 km sont en cultures et 100 km sont à l'état de landes et de bois. C'est là un atout considérable en faveur de la qualité de l'eau.

L'intérêt biologique de la rade est évidemment dans l'eau. Il ne peut être question, dans le cadre de cet article, d'énumérer les différents types de biocénoses, dont l'étude analytique a été entreprise par Annick TOULEMONT. Nous ne retiendrons que quelques aspects saillants de ces peuplements.

En relation avec la température clémente, on constate la présence d'espèces marines méridionales, à la limite absolue de leur aire d'extension ou à leur limite septentrionale d'abondance. C'est le cas par exemple pour deux espèces d'algues rouges : *Rytiphlaea tinctoria* et *Halopitys incurvus* (3), l'annélide polychète *Hesione pantherina*, le pagure à pattes bleues *Clinabarius misanthropus*, la grande ascidie *Phallusia mamillata*.

Les conditions climatiques permettent aussi à de nombreuses espèces d'être en état de maturité sexuelle pendant tout l'hiver. On peut citer à ce sujet divers bivalves comestibles dont l'état de maturité augmente les qualités nutritionnelles et donc la valeur marchande : la coquille Saint-Jacques (*Pecten maximus*), le pétoncle blanc (*Chlamys opercularis*), la praire (*Venus verrucosa*) et les moules (*Mytilus edulis* et *Mytilus galloprovincialis*).

Le plancton de la rade de Brest n'est connu que de manière fragmentaire et aucune étude de biomasse n'a été réalisée jusqu'ici. Il est cependant vraisemblable que les sels biogènes apportés par les rivières, favorisent la multiplication du phytoplancton, premier maillon d'une chaîne alimentaire qui aboutit aux poissons prédateurs, parmi lesquels le célèbre « maquereau de rade ».

Les espèces benthiques, qui vivent sur les fonds, profitent manifestement de cet apport nutritif et leur densité est remarquable.

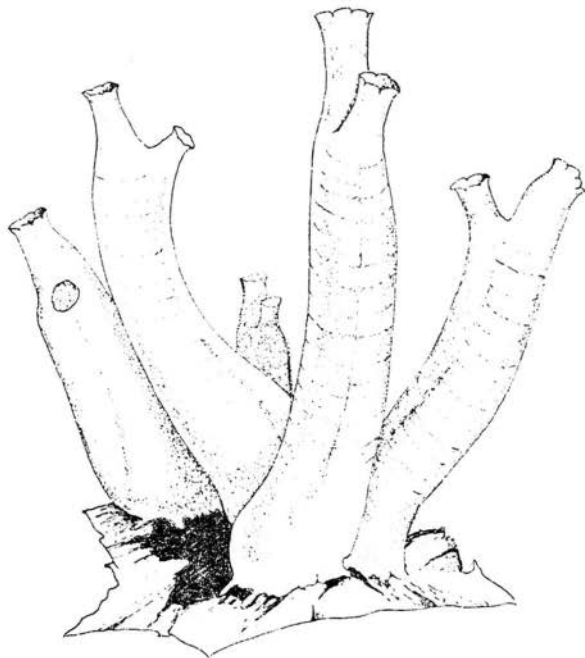
Sur les fonds durs naturels (rochers) ou artificiels (infrastructure portuaires) prolifèrent les espèces fixées, qui, presque toutes microphagiques, se nourrissent par filtration. Les balanes, les moules, les éponges, les ascidies représentent des millions et des millions de siphons ou de pores par où circule l'eau de mer qui s'y assainit. Cette prodigieuse biomasse fait de la rade de Brest un énorme filtre vivant qui se renouvelle sans cesse et qui est donc

d'une efficacité durable. Il se trouve, qu'à l'exception des mollusques, ces espèces ne sont consommées ni par l'homme, ni par d'autres animaux. Les substances nocives qu'ils peuvent accumuler retournent donc au sédiment. Leur présence explique qu'avant toute mise en service de stations d'épuration, la majorité des eaux de la rade étaient cependant salubres. Ils suppléent actuellement aux insuffisances de l'épuration technique et constituent une garantie appréciable contre les inévitables poussées des microorganismes en période estivale.

Les fonds sédimentaires, sont, comme nous l'avons vu, extrêmement hétérogènes. C'est là un facteur de richesse, car il permet l'épanouissement d'espèces aux exigences diverses. En écologie, un indice de diversité élevé est à la fois signe d'abondance en individus et signe d'équilibre entre les populations.

En plus des éléments minéraux, qui sont essentiellement argileux ou siliceux, s'ajoutent deux sédiments calcaires d'origine biologique : les coquilles de mollusques plus ou moins brisées et les algues au thalle calcifié : le maërl. Ces algues rouges, arbusculaires et libres, appartiennent à la famille des Corallinacées. Deux espèces ont été progressivement reconnues : *Lithothamnium calcareum* et *L. corallioides*. Elles sont polymorphes et présentent toutes deux diverses formes ramifiées ou globuleuses. Le maërl vivant, de couleur rose, héberge de nombreux épiphytes. Le maërl mort, devenu blanc, n'en porte pas (4). Le maërl vivant ne se trouve que dans des zones peu profondes : il lui faut, en effet, suffisamment de lumière pour réaliser la photosynthèse (5). La présence, sur le maërl vivant, d'algues variées attire une faune d'herbivores, accompagnés d'un cortège de prédateurs (4). Mais l'intérêt des fonds de maërl de la rade de Brest est leur occupation par des bivalves adaptées à ce sédiment grossier : la coquille Saint-Jacques et le pétoncle blanc.

Des vasières, zones de transition soumises à des salinités variables, s'étendent sur les fonds d'estuaires. Parfois recouvertes de zostères, elles accentuent la diversité de la rade et recèlent une abondante faune fouisseuse. C'est sur elles, en particulier, que se nourrissent les canards et les limicoles, dont les effectifs s'élèvent en hiver jusqu'à 10 000 individus.



L'un des filtreurs les plus abondants de la rade de Brest, l'Ascidie *Ciona intestinalis*, telle qu'elle se présente dans l'eau.

(Dessin de R. H. Millar)

Cette énumération des principaux avantages naturels permet de mieux apprécier ce que l'on entend par « milieu privilégié » quand on parle de la rade de Brest. On conçoit aussi qu'une telle conjoncture est tout-à-fait exceptionnelle. Cependant notre démarche manquerait d'objectivité, si nous n'examinions pas en contre-partie les inconvénients qui découlent d'une telle situation.

INCONVÉNIENTS DUS AU CARACTÈRE SEMI-FERMÉ

Dans un milieu marin semi-fermé, tel que nous l'avons décrit, il est évident que les pollutions de toutes sortes peuvent provoquer de profonds déséquilibres biologiques. Des substances chimiques toxiques rejetées dans la rade, ne s'élimineraient que très lentement. Il en serait de même des éléments radio-actifs. En conséquence, la faune et la flore seraient largement contaminées sinon anéanties.

Le caractère d'espace restreint joue aussi défavorablement vis-à-vis de la dilution des produits nocifs : cet argument a été développé au sujet du projet d'apportement pétrolier en rade de Brest. De la même façon, toute épidémie aurait vite fait de s'y développer de façon foudroyante.

Dans un tel système semi-fermé, la prolifération bactérienne accélérée par l'effet de température et l'apport de nitrates, risque de devenir excessive en été. Le même raisonnement est valable pour le phytoplancton et les algues vertes, ce qui conduirait à une « eutrophisation » de la rade. Ce phénomène, qui correspond à un enrichissement excessif des eaux par suite des activités humaines, se manifeste surtout dans les lacs, mais apparaît aussi dans les milieux marins à renouvellement lent. En fait, la rade de Brest est un des rares sites semi-fermés qui y ait échappé. On n'a, en effet, signalé que de très fugaces « marées rouges » (surabondance de Périidiniens toxiques) localisées dans l'Elorn et pas encore de « marées vertes » (surabondance d'algues vertes), mais un apport plus considérable d'engrais chimiques par les rivières, aurait de telles conséquences. Ainsi, la santé de la rade de Brest dépend-elle, en grande partie, des activités agricoles qui s'étendent sur tout son bassin hydrographique.

Enfin, le site limité de la rade est propice à la pullulation intempestive d'espèces introduites, qui y trouvent des conditions favorables de développement. La Crépidule (*Crepidula fornicata*), mollusque introduit involontairement d'Amérique du Nord par l'intermédiaire de la Grande-Bretagne, atteint en rade des densités extraordinairement élevées, alors qu'elle n'a que des peuplements très épars en d'autres points du littoral finistérien. En 1972, on a trouvé dans l'anse du Relecq-Kerhuon une station prospère de l'annélide tubicole *Mercierella enigmatica*. Pour l'instant on ne sait pas si cette espèce, en extension aussi bien en Atlantique qu'en Méditerranée, va s'étendre et perturber l'écologie des anses vaseuses de la rade, comme elle l'a fait en divers lieux (lac de Tunis par exemple).

La rade, milieu semi-fermé, exige une attentive surveillance de ses eaux, de sa flore et de sa faune pour conserver ses remarquables qualités écologiques.

PRINCIPES D'UNE AQUACULTURE RATIONNELLE

L'aquaculture marine ne s'établit pas n'importe où, elle ne peut réussir en un lieu donné, qu'en relation avec la pêche, qu'elle alimentera ou à laquelle elle se substituera. Il convient donc d'examiner l'état actuel de la pêche et des cultures dans la rade, pour situer le problème.

STATUT ACTUEL DES PRODUITS DE LA MER EN RADE

L'exploitation des richesses naturelles a été très inégale en rade de Brest. On y constate une série de succès et d'échecs, ces

derniers s'expliquent toujours par la surexploitation. L'exemple le plus caractéristique est celui de la coquille Saint-Jacques, qui a fait le renom de la rade et qui, depuis 1963, montre une sous-production caractéristique d'un état d'overfishing.

CAMPAGNE	1958-59	1962-63	1963-64	1968-69	1970-71	1972-73
Production en tonnes	2 180	1 380	320	62	157	85

Le stock des autres coquillages a subi ou subira les mêmes effets désastreux si la pratique des dragages se poursuit sur les bases actuelles. Signalons cependant la prospérité des bancs naturels d'huître plate, qui après avoir été décimés par la surexploitation sont redevenus productifs grâce à une politique protectionniste efficace, instituée par l'I.S.T.P.M. avec la collaboration des marins-pêcheurs (Production de 616 tonnes d'huîtres naturelles en 1971).

Malgré ses avatars, la pêche des coquillages est prépondérante en rade. Elle porte sur un nombre varié de produits nobles : coquilles Saint-Jacques, pétoncles, huîtres, praires, palourdes. Il serait souhaitable de rationaliser cette spécialisation coquillière, par passage progressif à la culture.

La pêche aux crustacés (casiers) et aux poissons (lignes et filets) est actuellement peu intense et apparaît comme marginale. Elle n'est cependant pas négligeable : sur le plan biologique, elle témoigne de la présence dans le système écologique, de nombreuses espèces carnivores, benthiques ou pélagiques.

La culture des huîtres est très ancienne en Bretagne. Elle a commencé de façon rudimentaire, par le parage d'huîtres de dragage encore trop jeunes, ou trop nombreuses, pour la vente. En 1866, dans le premier état des « Statistiques des Pêches Maritimes », on trouve le dénombrement de 33 parcs et dépôts en rade de Brest (6). Puis est venu l'élevage, à partir du naissain capté dans le Morbihan, d'abord sur parcs découvrants, ensuite sur ce qu'il est convenu d'appeler « parcs en eau profonde », bien que ceux-ci se situent le plus souvent entre 0 et 5 m seulement. Dans les récentes années, l'ostréiculture dans la rade a considérablement augmenté sa surface de concessions : 32 ha en 1945, 2 391 ha en 1973 (6) et elle a inauguré le captage dont la réussite a été spectaculaire (200 tonnes en 1971). Parallèlement la production ostréicole a été sans cesse croissante :

ANNEE	1958	1959	1962	1963	1966	1970	1972
Production en tonnes (pour la consommation)	170	1 393	1 992	2 652	3 479	3 874	6 272

INCONVÉNIENTS DE LA MONOCULTURE

L'essor ostréicole que nous venons de décrire, était en réalité fragile, car tout reposait sur la culture d'une seule espèce : l'huître plate (*Ostrea edulis*). Cette monoculture était une erreur écologique, puisqu'un milieu naturellement diversifié a été désé-

quilibrium par la mise à blanc des peuplements naturels et l'ensemencement massif d'une seule espèce. C'était aussi une erreur économique, puisque, selon l'expression populaire, « on mettait tous les œufs dans le même panier ».

La parasitose qui vient de frapper spécifiquement l'huître plate a mis en évidence le caractère erroné d'une gestion aussi étroite. Du coup, le stock ostréicole est menacé de disparition brutale, puisqu'on ne dispose d'aucun moyen pour lutter contre la maladie. La seule solution est d'attendre un rétablissement naturel, comme cela s'est produit après l'épidémie de 1921. Or, toutes les espèces cultivées en mer sont susceptibles de contracter des maladies, qui sont incurables dans l'état actuel de la Science. Cependant, les agents pathogènes n'attaquent généralement qu'une espèce, épargnant les autres, mêmes celles qui sont voisines.

La seule parade à ces catastrophes épidémiologiques est donc la polyculture, qui, par ailleurs, est une garantie d'équilibre écologique et de productivité.

ASPECTS DE LA POLYCULTURE

La polyculture concerne non seulement les espèces, mais aussi les techniques d'élevage.

• *Variété des espèces.*

Quelles sont les espèces susceptibles d'être cultivées en rade de Brest ? En raison de l'équilibre actuel, la prédominance des bivalves ne saurait être remise en cause, mais leur diversification s'impose. Nous pensons à 4 familles de Bivalves : les Ostréidés (huître plate, huître creuse), les Mytilidés (moules), les Pectinidés (coquille Saint-Jacques, pétoncles), les Vénéridés (palourdes, praires, clams). Les possibilités de culture diffèrent selon les espèces, aussi les examinerons-nous séparément.

Chez les Ostréidés, 2 espèces sont cultivées à grande échelle, l'huître creuse : *Crassostrea gigas* et la plate : *Ostrea edulis*. Pour les deux il existe des méthodes éprouvées de captages naturels et les écloséries sont susceptibles de fournir du naissain libre. La plate étant en état de parasitose, les efforts doivent porter sur la creuse, en recherchant les meilleures techniques et les terrains appropriés. Mais il ne faudrait pas avec cette espèce courir les mêmes risques qu'avec *Ostrea edulis*, en retombant dans le travers de la monoculture. La reconversion doit se faire progressivement et modérément.

Les moules sont aussi cultivées à grande échelle, à partir de naissain capté sur cordes sur les côtes de Charente. Actuellement, la production moulière de la rade est minime. Il serait possible de l'intensifier, tout en évitant les trop grandes superficies d'un seul tenant, de façon à éviter l'envasement.

Des Pectinidés ont été captés expérimentalement par des chercheurs du Centre Océanologique de Bretagne en 1973. Les résultats furent médiocres en rade de Brest, mais bons en baie de Saint-Brieuc, pour la coquille Saint-Jacques et le pétoncle blanc. L'expérience se poursuit actuellement. Ces espèces peuvent aussi être fournies en éclosérie. La difficulté de leur culture est liée à leurs habitudes de déplacements. Ce sont des espèces vagiles, qui peuvent nager activement par battement des valves. Elles risquent

de ce fait de quitter les lieux d'ensemencement. Leur culture ne peut s'envisager que dans le cadre d'une gestion globale de la rade.

Les Vénéridés sont, par contre, des animaux sédentaires et fouisseurs. Les larves, après métamorphose, se posent un peu partout sur le fond. Il n'en est donc pas question de les capter à l'aide d'un collecteur, qui ne les attire nullement. Seules les écloseries peuvent fournir du naissain de Vénéridés, généralement aux mêmes prix que celui des huîtres, à taille égale. Actuellement deux espèces retiennent l'attention : la palourde (*Venerupis decussata*) dont les gisements naturels sont décimés sur les côtes françaises, et le clam (*Mercenaria mercenaria*) originaire d'Amérique, mais déjà acclimaté en Bretagne. Quant à la praire (*Venus verrucosa*), elle se reproduit naturellement avec suffisamment d'intensité et constitue souvent un produit secondaire des parcs ostréicoles d'eau profonde.

Les cultures ne sauraient se limiter aux Bivalves, qui sont tous des filtreurs.

Autre mollusque, l'ormeau est un gastéropode herbivore, relativement mobile, qui se plaît dans les zones rocheuses présentant des abris. L'élevage expérimental de diverses espèces d'ormeaux a été réussi au Japon, aux U.S.A. et tout récemment en France (*Haliotis tuberculata* au centre Océanologique de Bretagne). L'élevage commercial est pratiqué au Japon, en raison du prix de vente très élevé de ce produit. En France, le marché reste à créer, les techniques de cultures aussi. On peut envisager deux modalités, l'une consistera à élever les animaux en bassins (méthode intensive), l'autre à les élever en milieu naturel (méthode semi-extensive), sur îlots rocheux sous-marins isolés, avec apport d'abris (briques creuses par exemple) et destruction des prédateurs.

Parmi les carnivores, on pense tout naturellement aux Crustacés et aux Poissons. En rade de Brest, deux types d'expériences pourraient être tentés. L'un porterait sur le réalevinage des Homards, à l'exemple de l'île d'Houat, puisque cette espèce est encore présente en rade malgré une chasse intense et que de nombreux fonds lui conviennent. L'autre concernerait les Saumons (*Oncorhynchus kisutch*) dont une expérience d'élevage en cage sera tentée en 1974, par les marins-pêcheurs de l'UNICOB, avec l'aide du CNEOX.

Cette énumération d'espèces cultivables, qui n'est pas limitative, traduit une nouvelle conception de l'aquaculture. Il n'est plus question de raisonner sur l'augmentation de la production d'un seul produit, mais de diversifier les produits, même si les rendements atteints par certains d'entre eux sont bien plus faibles que pour d'autres. Ce qui compte ce n'est pas le rapport immédiat, mais l'obtention d'une stabilité de la production, en créant un nouveau système écologique qui soit équilibré, donc diversifié.

● *Variété des techniques d'élevage.*

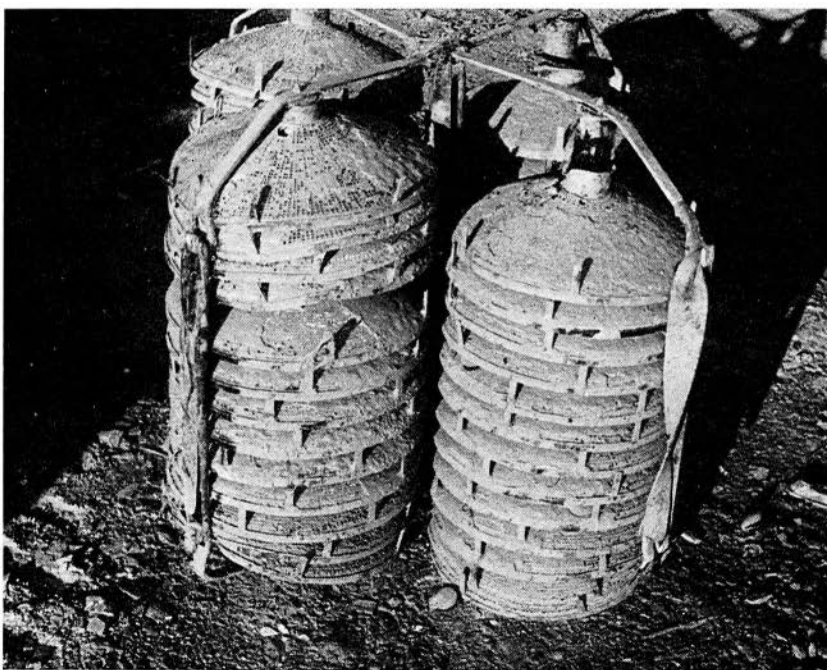
La diversification des méthodes culturales atténue la concurrence entre espèces, permet un meilleur profit de la nourriture disponible et assure une utilisation efficace de l'espace.

Nous ne décrirons pas ici la multiplicité des modes de cultures (à plat, surélevées ou suspendues) afin d'éviter de fournir un catalogue, qui n'intéresserait que les professionnels. Nous nous limiterons à deux exemples caractéristiques, qui nous montreront

l'impact des pratiques culturelles sur le milieu et la nécessité de comprendre leur rôle écologique pour réaliser une exploitation rationnelle.

— *Le captage du naissain.*

Pour les huîtres, 4 types de collecteurs chaulés sont utilisés en rade de Brest. En terrain découvrant, on utilise les « fagots » de tubes en plastique et surtout les tuiles en terre cuite. En eau profonde on n'utilise que du plastique : les « cadres » en tubes assemblés (procédé Mahéo) et les disques ou « chapeaux chinois », empilés par 12-13 et assemblés en quadrette (procédé UNICOB). L'utilisation de ces collecteurs dépend de leur rendement en naissain, de leur coût, de leur facilité de manipulation, etc... Mais en plus de ces facteurs immédiats, il faut aussi mesurer leur influence sur le milieu. Prenons le cas des « chapeaux chinois ». Après 9 mois d'immersion, ils sont devenus un microcosme. En plus du naissain d'huître, diverses espèces y sont fixées ou y recherchent protection. On y trouve des crevettes, des pétoncles noirs, des ormeaux, des oursins, des ascidies, des pontes (de seiche notamment), mais aussi un prédateur de l'huître : le bigorneau perceur (*Ocenebra erinacea*). Une communauté temporaire s'installe ainsi sur chaque disque : il y en a eu 120 000 d'immurgés en 1973. Avant de multiplier ce mode de captage ou de l'abandonner pour une autre source de naissain, il serait bon d'évaluer ses effets secondaires (refuge pour espèces comestibles mais aussi pour des prédateurs). La valeur d'un collecteur ne se mesure pas seulement au prix de revient du naissain qu'il fournit.



Collecteurs en plastique chaulé, constitués de 12-13 disques (ou chapeaux chinois), tels qu'ils sont utilisés en rade de Brest.

(Photo A. Lucas)

— *Les modes de récoltes.*

Pour chaque espèce, il convient de rechercher le mode de récolte le plus adapté, d'une part pour assurer la rentabilité de l'opération, d'autre part pour éviter de dégrader le milieu.

Pour les huîtres semées sur fonds solides de graviers ou de maërl, le dragage est une méthode rentable et pratique. Les huîtres sont robustes, sédentaires et vivent en surface. Elles sont semées en fonction de leur taille, sur des aires bien délimitées et n'en bougent pas. La drague ramène avec facilité un produit homogène qui sera trié à terre.

Par contre les coquilles Saint-Jacques sont fragiles, mobiles et s'enfouissent dans le sédiment. Dès lors, pour les capturer à la drague il faut passer l'engin plusieurs fois de suite, ce qui bouleverse le fond, blesse de nombreux individus, surtout chez les jeunes. De plus, les individus capturés sont de tailles variables. Ainsi le dragage, qui est pourtant le seul moyen de pêche actuellement autorisé, est totalement inadapté pour la récolte de la coquille Saint-Jacques. La récolte manuelle, par plongeur, n'a que des avantages : le tri se fait sur place, les animaux ne sont ni dérangés, ni blessés, les prédateurs peuvent être éliminés, la récolte peut se faire sur fonds caillouteux. L'écologie générale ne subit aucune dégradation. La plongée serait aussi valable pour la récolte des ormeaux, éventuellement des pétoncles. Cette nouvelle technique nécessiterait une réadaptation des marins-pêcheurs : certains d'entre eux l'ont déjà faite.

HYGIÈNE DES PRODUITS

Toute exploitation rationnelle doit fournir des produits sains. C'est là un principe fondamental que nul ne conteste mais qui, dans diverses circonstances, n'est pas toujours respecté.

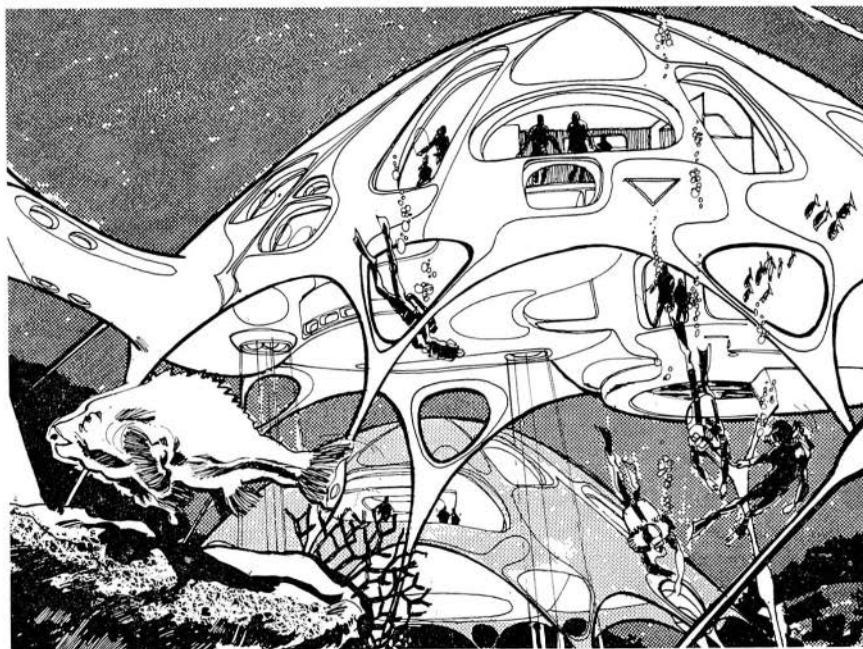
Nous avons vu que la rade est menacée par les pollutions. Celles-ci peuvent rendre les produits nocifs et dans la majorité des cas, le caractère dangereux pour l'homme n'apparaît pas. Seules les analyses peuvent révéler des excès de métaux lourds, de pesticides, de bactéries et de virus pathogènes. Une surveillance régulière, opérée par un organisme compétent et indépendant, est la seule solution pour garantir la qualité des produits.

Les polluants chimiques, une fois intégrés par l'animal y restent. Ni la cuisson, ni le passage en bassin d'affinage ne peuvent les éliminer. La seule parade dans ce cas est d'agir à la source et de contrôler les activités industrielles qui en sont causes.

Par contre, les bactéries et virus peuvent être en grande partie éliminés de 2 façons.

La première consiste à assainir le milieu, à diminuer dans l'eau de mer le taux de micro-organismes : les stations d'épuration d'eaux usées, lorsqu'elles fonctionnent bien (ce qui est rare), atténuent la teneur des effluents urbains en microbes. Nous avons vu que les Invertébrés filtreurs, si abondants en rade, accomplissent un travail similaire. Aussi suggérons-nous qu'aux abords des émissaires d'eaux usées (épurées ou non), on établisse un barrage de filtreurs, en enfonçant côte à côte un certain nombre de piliers en bois ou en béton, qui se recouvriraient très vite sur leurs quatre faces, d'ascidies, de moules ou d'éponges : leur activité filtratrice serait une garantie d'assainissement.

La seconde façon consiste à purifier le produit après la récolte, avant la mise sur le marché. En France, les mollusques provenant



Les récoltes par plongées, si elles se généralisent, nécessiteront peut-être la création de villages sous-marins, comme celui-ci, imaginé par J. ROUGERIE, architecte de la mer.

de zones insalubres doivent passer en station d'épuration avant commercialisation. L'assainissement se fait par bain dans de l'eau de mer à l'hypochlorite ou à l'ozone. Il est vraisemblable qu'une telle station devra être créée en rade de Brest, de façon à lever les doutes en matière d'hygiène.

Pour éviter toute surprise et toute déconvenue sur le plan de l'hygiène, une surveillance constante de la qualité de l'eau s'impose. Cette surveillance ne sera efficace que si elle est confiée à une équipe pluridisciplinaire comportant des chimistes, des bactériologistes, des virologues et des biologistes. Ce sont ces derniers qui, en définitive, peuvent le mieux déceler les menaces de pollutions, grâce à divers procédés. Par exemple, c'est à l'aide de plaques immergées que les degrés de pollution ont été définis dans le port de Gênes : la nature, l'abondance et la croissance des espèces qui s'y fixaient constituant d'excellents tests.

PRINCIPES DE COORDINATION

On ne peut concevoir que le milieu restreint de la rade dont nous avons vu aussi bien la richesse que la fragilité, soit considéré comme un champ de bataille entre des groupes concurrents. Son exploitation ne peut se faire que d'une façon coordonnée. Seule une gestion globale est concevable.

Sur le plan de l'aquaculture, comment seraient appliqués les principes que nous avons énoncés sans une coordination entre tous les intéressés ?

Le principe de la polyculture avec l'élevage d'espèces peu rentables, mais nécessaires à l'équilibre écologique ou l'application de méthodes de récolte non destructrices, mais plus onéreuses, nécessite la coopération et la discipline des professionnels. Cette responsabilité mutuelle devrait se retrouver dans la gestion d'une station d'épuration des produits de la mer. Quant à la qualité de l'eau, gage de la réussite de l'aquaculture, ce n'est qu'une collaboration entre scientifiques, professionnels et administrations qui permettra de la garantir.

Ce principe de coordination n'est pas une nouveauté pour la rade de Brest. Depuis 1959, l'administration encourage la formation de groupements de professionnels ou de coopérateurs. La majorité des concessions en rade appartient désormais à des organismes de ce type : coopératives de marins-pêcheurs (la SCORB et l'UNICOB), groupements d'ostréiculteurs (la SCOBN), groupements mixtes (la SCAOR).

L'exploitation biologique de la rade réclame un homme nouveau, qui, quelle que soit son origine, fasse table rase de ses réflexes de défense égoïste et prenne conscience de la nécessité d'une coopération active pour répondre aux exigences de l'écologie. Cet homme nouveau sera l'aquaculteur.

Dès lors, l'intérêt général devrait être mieux compris : un Conseil des aquaculteurs défendrait les intérêts propres de cette nouvelle profession, tandis qu'un Conseil de gestion de la rade comprendrait des représentants de toutes les activités professionnelles ou de loisirs qui s'y exercent.

LES LIMITES DE L'EXPLOITATION AQUACOLE

Comme pour tout site aquacole, il y aura en rade de Brest des limites au développement de l'aquaculture, qui seront de deux ordres, les unes qualitatives, les autres quantitatives.

LIMITES QUALITATIVES

Certaines espèces, en raison de leurs capacités de développement ou de leurs exigences écologiques, seront indésirables en rade de Brest. Ainsi jusqu'en 1974, les huîtres creuses *Crassostrea angulata* et *C. gigas* étaient bannies de la rade, afin d'éviter toute concurrence avec l'huître plate. Il est vraisemblable que le problème se posera pour un certain nombre d'espèces introduites. Il faudra aussi renoncer aux espèces qui exigent une température relativement élevée pour avoir un rendement satisfaisant. C'est le cas notamment des crevettes.

En raison de l'état des lieux, certaines techniques seront réduites ou impossibles. On peut citer deux exemples :

— L'implantation d'une éclosérie (qui fournirait des post-larves, des alevins ou du naissain selon sa spécialisation) est tout à fait contre-indiquée en rade, d'une part parce que la pollution peut devenir préoccupante et que la turbidité de l'eau est supérieure à celle du large, d'autre part parce que nous sommes en pleine zone d'élevages et que ceux-ci peuvent être tout à coup décimés par une maladie. S'il y avait en rade de Brest une éclosérie ostréicole qui fonctionne, elle ne pourrait actuellement pas commercialiser de naissain, en raison de la parasitose qui sévit sur l'huître plate. En Bretagne, les îles sont les sites idéaux pour les écloséries.

— Les techniques exigeant d'importantes installations à terre seront très handicapées en raison de l'absence de terre-pleins naturels en rade. Il est préférable d'y renoncer. Par exemple, l'engraissement en bassins se ferait plus avantageusement dans les anciennes salines de la côte sud de Bretagne.

Mais il restera en rade un grand nombre de techniques possibles, réparties sur des terrains découvrants ou à immersion constante, pour lesquelles s'imposeront des limites quantitatives.

LIMITES QUANTITATIVES

Le défaut capital de la pêche c'est la surexploitation, c'est-à-dire la surpêche.

Le défaut capital de l'aquaculture, en eau douce comme en mer, c'est la surexploitation, c'est-à-dire la surcharge du milieu.

Il est vraisemblable que, sans conseils, les professionnels de la rade se laisseraient aller à cette tentation trop fréquente.

Pour l'éviter, il faudra faire appel à des spécialistes de « dynamique d'élevage », comme il existe des spécialistes de « dynamique de population » pour la pêche. Le rôle de ces dynamiciens sera d'établir, pour chaque espèce, la rentabilité en un lieu donné, en fonction de l'âge et de la densité de la population. Avec l'expérience, on pourra ainsi définir une rentabilité maximale, qui permettra à l'éleveur de travailler dans les meilleures conditions.

En l'état actuel, il n'est pas possible d'évaluer les possibilités de production aquacole de la rade et donc d'en définir les limites : trop d'incertitudes pèsent sur l'utilisation de l'espace, sur les modes de culture et sur les espèces qui seront cultivées. Toutefois, on peut se faire une idée du potentiel de production aquacole en analysant les résultats actuels de la pêche et de la culture, en prenant l'exemple le mieux connu, celui des bivalves.

Le tableau que nous donnons ci-contre, est établi d'après les statistiques officielles (7). Or, on admet que pour la pêche la production comptabilisée est très inférieure à la production réelle. Malgré ces sous-estimations, on se fait une meilleure idée de l'importance du stock : il avoisine 15 000 tonnes et représente une valeur de l'ordre de 10 milliards d'anciens francs. On se rend mieux compte aussi du déséquilibre des espèces, l'huître plate représentant, en 1971, 98 % de la valeur des cultures. Dans quelle mesure peut-on renforcer la production des autres bivalves ? Pour l'apprécier, on peut se référer aux productions annuelles obtenues par pêche pour chacune des espèces. Les prévisions suivantes se situent à court terme, c'est-à-dire à trois ans après la mise en place d'un plan rationnel.

Les productions maximales des Pectinidés, obtenues précédemment par une pêche irrationnelle, pourraient être doublées grâce à l'apport du captage et à l'amélioration du ramassage. On peut donc envisager 4 000 tonnes de coquilles Saint-Jacques et 2 000 tonnes de pétoncles.

Les Vénéridés posent des problèmes différents. La praire, associée aux bancs d'huîtres, pourrait atteindre une production de 1 000 tonnes annuelles. Pour la palourde, la production de 3 tonnes en 1971, montre qu'on ne peut tirer aucun parti de la reproduction naturelle. Seule la fourniture de naissain par les éclosiers pourrait permettre la constitution d'une nouvelle culture. Il en est de même du clam.

EVALUATION POUR 1972 DU CAPITAL BIOLOGIQUE
EN BIVALVES COMESTIBLES DANS LA RADE DE BREST

ESPECES		RÉFÉRENCES : Production en 1971		FOURCHETTE D'ESTIMATION du STOCK	
		Q	V	Q	V
CULTURES	Huîtres plates	5 754	41 380	10 000 - 12 000	70 000 - 84 000
	Huîtres creuses	50	300	75 - 100	450 - 600
	Moules	323	387	700 - 1 000	700 - 1 000
	Total Cultures	6 127	42 067	10 775 - 13 100	71 150 - 85 600
PECHES	Huîtres plates	616	2 801	1 000 - 1 200	7 000 - 8 400
	Coquilles Saint-Jacques	156	657	500 - 800	2 100 - 3 300
	Pétoncles	849	1 376	1 700 - 2 000	2 500 - 3 000
	Praires	177	834	300 - 500	1 500 - 2 200
	Palourdes	3	7	10 - 15	20 - 30
	Coques	3	6	5 - 10	10 - 20
	Total Pêches	1 804	5 691	3 515 - 4 525	13 130 - 16 950
Total Général		7 931	47 758	14 290 - 17 625	84 280 - 102 550

Q = Quantité en tonnes

V = Valeur en milliers de francs

La production de moules est en expansion dans la rade (1 149 tonnes en 1972), il n'y aurait aucune difficulté technique à la quadrupler, et donc atteindre 5 000 tonnes/an.

Enfin, quelle que soit l'évolution de la parasitose de l'huître plate, il est vraisemblable que la culture couplée des plates et des creuses sera la future politique. Entre les deux espèces, on peut envisager une production de 10 000 tonnes.

Dans cette hypothèse, il y aurait équilibre entre les huîtres et les autres coquillages, et un nombre suffisant d'espèces pour espérer contrebalancer les effets d'une parasitose. Dans un domaine aussi incertain que l'aquaculture marine, il y a de la témérité à faire des prévisions. Aussi, nous savons fort bien que tous les chiffres que nous avons avancés sont contestables.

Ces chiffres (production annuelle de 22 000 tonnes et stock de 50 000 tonnes) nous permettent cependant de nous faire une idée des possibilités offertes par les bivalves en rade de Brest, sans qu'on puisse faire état d'une surcharge du milieu. En effet, il suffit de considérer les surfaces actuellement cultivées (2 400 ha) et celles qui existent en terrain découvrant : 2 250 ha et, entre 0 et 10 m, 9 500 ha, pour voir que nous sommes loin d'une saturation, même si d'autres activités occupent un bon tiers de l'espace considéré.

A l'exception de quelques espèces, ce ne seront pas non plus les difficultés technologiques qui devraient empêcher d'atteindre les productions que nous avons envisagées.

Le vrai problème sera de mettre en place une gestion globale et coordonnée de l'aquaculture dans la rade. Tant que durera l'inorganisation actuelle, il y aura peu d'espoir d'obtenir un redressement de la situation.

CONCLUSION

L'analyse que nous venons de faire pour la rade de Brest est valable pour tout site aquacole d'envergure. Quel que soit le lieu considéré, il faudra préalablement établir un bilan des avantages et des inconvénients du site, en étudiant la morphologie, la géologie, l'hydrologie, la climatologie, la qualité de l'eau, l'abondance et la nature des peuplements naturels. Corrélativement, il conviendra d'évaluer le rôle de la pêche et éventuellement des cultures existantes et d'apprécier les possibilités de marché dans la région. Pour l'établissement du plan de réalisation, on se référera aux trois principes fondamentaux de la polyculture, de l'hygiène et de la gestion coordonnée.

Ce n'est qu'au fur et à mesure des récoltes qu'on pourra apprécier la valeur du programme, mais il conviendra d'être vigilant pour éviter tout déséquilibre biologique, en n'introduisant qu'avec circonspection des espèces nouvelles et en évitant la surcharge du milieu.

La surveillance de la qualité de l'eau, de l'hygiène des produits, de l'équilibre du système écologique créé par les cultures, devra se faire grâce à une collaboration étroite entre professionnels et scientifiques.

Telles sont les principales exigences qui nous semblent s'imposer, pour soumettre la totalité d'un site à une aquaculture aménagée rationnellement.

REFERENCES

- (1) J. GARREAU (1972) - Brest, éd. SAEP. Colmar.
- (2) Etude de site du port de Brest, 3^e partie. Fasc. 1. Marine Nationale. 1969.
- (3) J. BICHARD-BREAUD (1964) - Affinités géographiques et caractères écologiques de quelques algues communes sur les côtes bretonnes. *Penn ar Bed* (N° 37), vol. 4 : 201-209.
- (4) J. CABIOCH (1970) - Le maërl des côtes de Bretagne et le problème de sa survie. *Penn ar Bed* (N° 63), vol. 7 : 421-429.
- (5) Y. MOIGN (1967) - Contribution à l'étude sédimentologique de la rade et du goulet de Brest. Diplôme Ecole Pratique des Hautes Etudes. 152 p.
- (6) R. PIBOUBES (1973) - Pêche et conchyliculture en Bretagne nord. Bull. C.E.R.S. Biarritz, vol. 9 (4) : 289-457.
- (7) Statistique des Pêches maritimes. Secrétariat Général de la Marine Marchande.

Évaluation de l'aquaculture comme projet de développement régional Principes méthodologiques

par Patrick LAGADEC *

Dans cet article nous proposons un cadre général de réflexion pour l'évaluation d'un projet de développement régional comme celui de l'aquaculture en rade de Brest. Ce point de vue a été adopté pour deux raisons. La première tient du fait que les données chiffrées actuellement disponibles sur le projet, ne permettent pas de fournir des indications quantitatives très significatives. La seconde nous apparaît plus importante : la réunion de ces données n'est pas, aujourd'hui, la tâche prioritaire du planificateur régional ; il lui appartient beaucoup plus d'identifier le contexte dans lequel s'inscrit le projet, les interactions existant entre le développement de l'aquaculture et le développement régional dans son ensemble. Cela est nécessaire pour « évaluer » les données que fourniront les spécialistes de l'aquaculture.

L'article se divise en trois parties : la première présente le sens général de la démarche proposée, qui s'écarte des pratiques d'évaluation classiques souvent insuffisantes ; la seconde explicite un certain nombre de questions relatives à l'évaluation d'un projet d'aménagement ; la troisième est consacrée à l'étude du projet de développement de l'aquaculture proprement dite.

UNE NOUVELLE APPROCHE DE L'EVALUATION

L'INSUFFISANCE DES MESURES STRICTEMENT MONÉTAIRES

Ce texte, dès son titre, peut surprendre le lecteur : pourquoi consacrer des pages à une évaluation quand un tableau pourrait suffire ? Comme le veut la règle, une colonne enregistrerait les coûts, une autre les avantages ; une actualisation adéquate rendrait les chiffres comparables, et une dernière ligne fournirait le bilan : il ne resterait plus qu'à réaliser le projet ou à l'oublier s'il n'était pas rentable.

* Assistant de recherche C.I.R.E.D. : Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement.

Les orientations de cet article correspondent à celles qui sont actuellement développées au C.I.R.E.D., sous la direction de I. SACHS, Directeur d'études à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 54, Boulevard Raspail - 75006 Paris.

Si nous n'avons pas retenu cette voie c'est parce qu'elle suscite bien des critiques (1). Au nombre de celles-ci on peut citer l'insuffisance de la procédure, qui se fonde sur des hypothèses implicites fort discutables et rarement discutées, ou encore, l'insuffisance de l'actualisation, quand il s'agit d'étudier des orientations de développement à moyen et long terme.

Dès lors qu'il ne nous reste plus ce critère synthétique commode qu'est la valeur monétaire, nous sommes conduits à entrer dans une démarche plus complexe qui exige l'explicitation des choix, des valeurs, l'identification des nombreux éléments liés au projet, leur évaluation selon une grandeur qui soit propre à leur domaine : on ne peut plus se contenter des images synthétiques moyennes et floues qui cachent leur insuffisance sous une apparente simplicité. Cette nouvelle démarche, que nous préconisons, s'est principalement nourrie de la remise en cause du développement technologique non contrôlé, d'où l'appellation reçue, à son origine, d' « évaluation technologique ».

LA DÉMARCHE DE « L'ÉVALUATION TECHNOLOGIQUE »

C'est en octobre 1966 devant le Congrès américain que l'expression « évaluation technologique » fut pour la première fois utilisée. Elle constituait la réponse que le sénateur DADDARIO préconisait pour pallier le manque d'information du Congrès sur les dossiers technologiques et les projets à l'étude. Quelques travaux pilotes furent entrepris (2), et parallèlement, on élaborait le projet de création d'un « bureau d'évaluation technologique » qui vit le jour officiellement le 16 octobre 1972 (3).

On peut définir l'évaluation technologique avec F. P. HUDDLE (4) de la manière suivante : « L'évaluation technologique est la recherche systématique et itérative intervenant au moment opportun, des conséquences secondes imprévues d'une innovation issue de la science appliquée ou du développement empirique ; cette recherche doit conduire à l'identification des groupes de population affectés, à l'évaluation des impacts sociaux, environnementaux et culturels, au recensement des alternatives technologiques faisables, et à l'identification des opportunités constructives, tout ceci pour une plus grande efficacité dans la réalisation des buts sociaux ». F. HETMAN reprend cela dans un cadre plus large : « Il s'agit d'appréhender conjointement technologie, société et environnement naturel, dans leur totalité » (5). Il ne suffit donc pas d'étudier un projet pour lui-même, mais de l'évaluer dans son contexte, et particulièrement dans son contexte social.

Les principaux caractères de l'évaluation technologique sont les suivants :

a) L'analyse est multidimensionnelle : le contexte de l'application d'une technique est envisagé aussi bien sous son aspect technologique proprement dit, qu'économique, social, institutionnel ; l'environnement, l'individu, les valeurs font aussi l'objet d'une attention particulière. Dès lors, la perspective est nécessairement multidisciplinaire.

b) L'analyse doit viser à la précision : les diverses catégories d'effets engendrés par un projet sont à apprécier selon leur degré d'ordre (effets d'ordre 1, 2, 3...), leur date d'apparition, leur durée, leur ampleur, les groupes de population qu'ils concernent, leur caractère réversible ou irréversible, le degré de maîtrise qu'on peut avoir sur eux.

c) L'évaluation se fait dans une optique prospective : cela conduit à intégrer la variable « recherche », à clarifier les options à long terme, à examiner avec beaucoup d'attention les rigidités que l'on introduit.

d) L'évaluation doit être globale et intégrée : un problème délicat est en effet celui de l'intégration d'études très diverses, relevant parfois de domaines fort différents : par exemple, au plan des technologies, on doit évaluer non pas telle technique isolée mais un complexe technologique et dans le même temps il faut tenir compte du contexte social, de ce que Harvey BROOKS (6) appelle les « systèmes sociaux d'appuis » (mode de financement, parties impliquées, problèmes juridiques, etc...). En effet, évaluer un système technologique en soi ne suffit pas : on ne peut dissocier les technologies du contexte dans lequel elles sont employées et des objectifs qu'elles servent. On est amené, de la sorte, à préciser quels groupes de population seront concernés, et de quelle façon, par le projet, et comment celui-ci s'intègre dans les objectifs locaux, régionaux, nationaux, etc...

Nous ne décrivons pas les nombreuses démarches proposées par les différents auteurs : nous en proposerons une, dans notre évaluation de l'aquaculture, inspirée de celle de la « Mitre Corporation » (2). En renvoyant à la bibliographie le lecteur qui chercherait des compléments, nous en resterons ici pour la présentation de la démarche qu'on pourrait résumer en soulignant l'esprit qui la caractérise, à savoir l'effort d'explicitation et d'interrogation multidimensionnelles et prospectives, appliqué à des systèmes et non à des éléments isolés.

L'EVALUATION D'UN PROJET D'AMENAGEMENT REGIONAL

Dans la ligne de l'« évaluation technologique » nous proposons une procédure d'évaluation des projets d'aménagement qui permette d'analyser le projet le plus finement et le plus complètement possible. Elle consiste à expliciter les nombreuses composantes du projet lui-même, et à replacer l'opération dans le cadre d'une stratégie régionale et même supra-régionale. Ainsi, l'évaluation se fait-elle par la prise en compte de systèmes de plus en plus complexes.

LE PROJET LUI-MÊME

Il ne s'agit pas seulement, ici, d'examiner en détail la technique de base qui fonde le projet (la culture de tel carnassier, de tel filtreur par exemple). C'est tout le système technologique mis en œuvre, parfois de façon non apparente, qui est à évaluer. On est donc conduit à s'interroger sur les technologies liées à la technique de base, les technologies induites, les technologies concurrentes ; puis, l'ensemble des effets du système technologique est à analyser : emploi, valeur ajoutée, pouvoir d'entraînement, dévalorisation, environnement, etc... Il apparaît clairement que la prise en considération de ce système, et non pas de la seule technologie principale et de ses effets, rend bien plus complexe l'évaluation : mais elle en est d'autant plus significative. Il faut, en outre, porter une attention toute spéciale aux facteurs sociaux et institutionnels, repérer quels groupes de population sont concernés par le projet, et quelles procédures institutionnelles sont à mettre en œuvre pour permettre une évaluation différentielle selon les « acteurs ».

Ces quelques questions invitent déjà à intégrer d'autres éléments de réflexion relevant d'un ensemble plus vaste que nous avons appelé la stratégie régionale de développement. En effet, sans la connaissance des options de la région il est impossible d'évaluer correctement les effets d'un projet particulier, d'analyser le système technique tel que nous l'avons décrit, d'identifier correctement les groupes d'acteurs concernés.

LA RÉGION ET SES OPTIONS DE DÉVELOPPEMENT

Au nombre des interrogations relatives au cadre régional dans lequel s'inscrit le projet, on peut noter les points suivants :

- qu'entend-on, géographiquement, par « région » ? Selon les projets étudiés, l'ampleur de leurs effets, la définition de l'aire géographique concernée est susceptible de varier.

- quels sont les buts de la région étudiée ? (par exemple dans ses rapports avec la mer, l'utilisation du littoral).

- quelle stratégie de développement a été retenue en matière d'implantations industrielles, de localisation, d'utilisation de l'environnement ?

- quelles variantes peuvent être envisagées ?

- que sait-on des compatibilités entre les diverses opérations projetées ?

- quels sont les groupes sociaux les plus concernés par ces projets ? Comment leurs intérêts vont-ils être pris en compte ?

Les réponses apportées à ces questions sont précieuses dans le travail d'évaluation du projet ; cependant elles ne suffisent pas encore : dans bon nombre de cas il faut faire intervenir des considérations supra-régionales sans lesquelles l'évaluation serait incomplète.

LE CADRE SUPRA-RÉGIONAL

Il convient de repérer les ressources spécifiques de la région et de s'interroger sur les attentes nationales ou même supra-nationales à l'égard de l'exploitation des avantages présentés par la région. Il se peut qu'un projet particulier soit évalué de façon fort différente au niveau local et au niveau national : il ne faudrait donc pas se restreindre à une analyse strictement régionale.

Il est clair qu'il ne s'agit pas là de trois phases à envisager de façon consécutive et indépendante. Les options régionales, par exemple, se définissent partiellement a priori, et partiellement au fur et à mesure de la pratique, à l'expérience de projets concrets. La règle voudrait donc seulement que chacun de ces niveaux soit étudié et que leurs interrelations soient correctement prises en considération.

EVALUATION DU PROJET DE DEVELOPPEMENT DE L'AQUACULTURE EN RADE DE BREST

LE CADRE DE CETTE ÉVALUATION

Afin d'éviter tout échec dans ce projet il faut faire preuve d'autant d'intelligence au plan économique, social, institutionnel, juridique, commercial, technique, etc... qu'au plan biologique. C'est

pourquoi l'évaluation du projet doit se faire de la façon la plus approfondie, en suivant la voie tracée dans la partie précédente.

Ainsi, il est nécessaire de revenir à la définition des valeurs de la région, à l'étude de ses atouts, à sa place en Europe, en intégrant, plus que ne pouvait le faire le Livre Blanc du C.E.L.I.B. (7), les possibilités marines. Il est également important d'étudier et de définir des scénarios de développement régional. Par rapport à ces bases, il sera possible d'« évaluer » le projet d'aquaculture.

ILLUSTRATION BRÈVE ET PARTIELLE DE LA DÉMARCHÉ

Les limites de cet article ne nous permettent que de présenter une courte illustration : nous avons choisi de présenter une partie de la première phase de la démarche, soit une brève évaluation du système technique en jeu, que nous résumerons dans un arbre descriptif du projet et de ses prolongements.

a) L'évaluation des techniques aquacoles elles-mêmes, conduit à évaluer :

- les cultures pour lesquelles la rade est bien adaptée et pour lesquelles on fait des recherches ;
- les cultures pour lesquelles la rade n'est pas naturellement adaptée du fait de ses caractéristiques hydrologiques, mais qui pourraient néanmoins être développées à la suite d'un effort particulier au niveau de la recherche scientifique et technique ;
- les cultures encore très mal connues ;
- les cultures d'animaux peu prisés actuellement.

b) L'évaluation des technologies liées. Il convient d'évaluer :

- ce que l'agriculture peut échanger avec l'aquaculture au niveau de l'alimentation ;
- ce que la pêche peut fournir à la mariculture, peut en recevoir ;
- quel développement on peut attendre en engineering côtier ;
- quel essor est promis aux industries « agro-alimentaires », fumeries, conserveries, conservation par le froid. Il est à noter qu'en ce qui concerne le traitement, le stockage et la distribution des produits de l'aquaculture on pourrait penser à des technologies combinées avec celles de la pêche et de l'agriculture.

c) L'évaluation des technologies concurrentes.

On doit prendre en considération toute technologie source de pollution : raffineries, réparations navales, abattoirs, teintureries pour le secteur industriel, les eaux usées et les eaux pluviales pour les agglomérations, les eaux chargées de polluants chimiques pour le secteur agricole. Une politique de remembrement, d'arasement de talus, etc... peut s'avérer particulièrement néfaste au développement aquacole.

En outre, il faut identifier toutes les utilisations concurrentes du littoral et du plan d'eau qui peuvent entraver le développement de l'aquaculture : les industries au premier chef, mais aussi les marinas, les ports de plaisance...

d) L'évaluation des implantations induites.

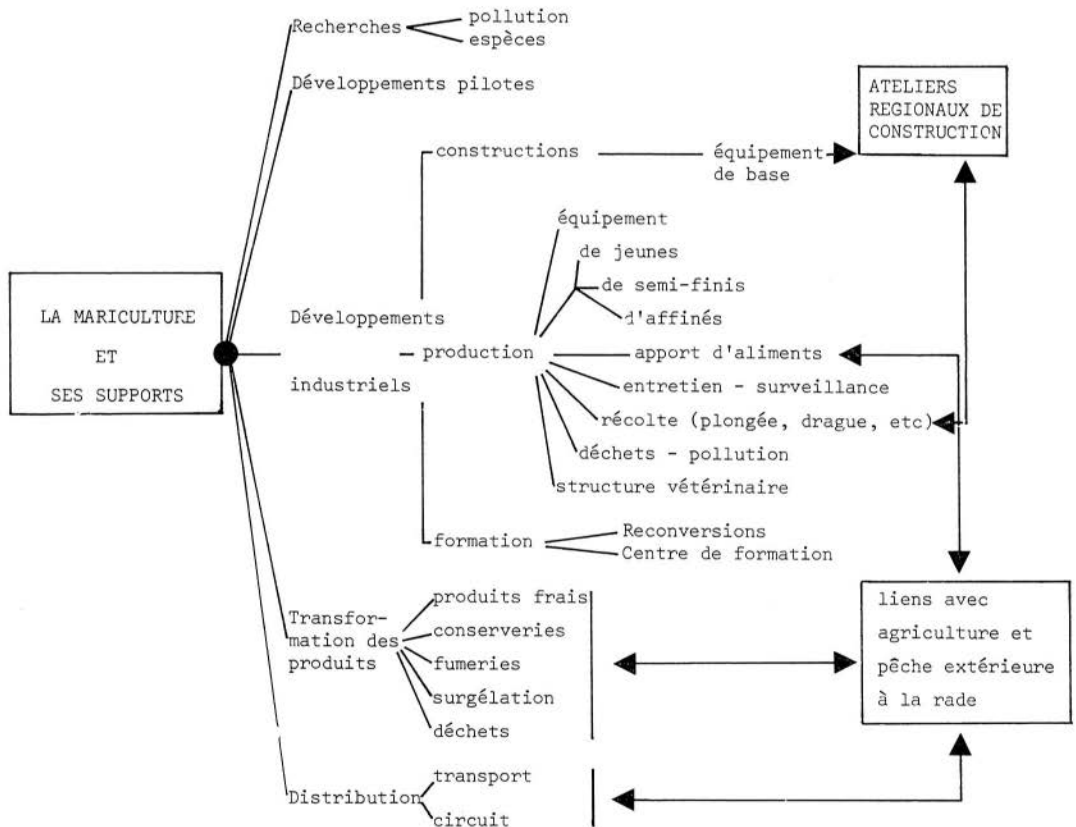
On considère ici le scénario général dans lequel s'inscrit la culture du saumon ou des coquillages. La mariculture doit per-

mettre de sauvegarder des emplois, d'en créer, de développer une industrie de transformation des produits marins, une industrie mécanique, une industrie agro-alimentaire, etc... Le développement combiné de l'aquaculture et de l'agriculture doit aider à établir d'autres industries de transformation des produits régionaux.

Cette voie est difficile et exige beaucoup plus que des investissements extérieurs massifs, une analyse très fine des potentialités locales sur lesquelles il serait possible de faire un éco-développement qui aurait bien des chances d'aider au décollage de la région.

Dans toutes ces réalisations il faudrait veiller à ne pas dépasser la capacité de charge du milieu comme pour toute opération de développement : ainsi il faut se garder des erreurs d'exploitation que constitueraient la surpêche, un élevage non approprié ou trop intensif.

Nous fournissons ci-après un exemple de support pour une évaluation globale : un arbre (partiel) descriptif de l'activité aquacole.



Il resterait bien des points à approfondir à partir de cet arbre, notamment les questions de localisation, les problèmes rencontrés par les acteurs concernés... Il resterait aussi, bien sûr, à caractériser précisément les effets du projet, à apporter des chiffres, des dates, etc... Cela, nous ne pouvons que le souhaiter,

devrait faire l'objet de recherches approfondies menées sous l'autorité des responsables du développement régional par des équipes interdisciplinaires, en étroite collaboration avec les groupes locaux concernés.

CONCLUSION

A une époque où l'on s'interroge particulièrement sur la croissance, sur la prise en compte de l'environnement et l'utilisation de ressources renouvelables, les principes méthodologiques énoncés dans cette étude apparaissent importants à retenir : en effet, l'effort d'explicitation multidimensionnelle et prospective, de prise en considération des intérêts des acteurs concernés par un projet, du contexte général dans lequel il s'inscrit, apparaît tout à fait nécessaire pour contrôler et orienter au mieux notre développement et notre croissance (8).

NOTES ET BIBLIOGRAPHIE

(1) Voir à ce sujet les discussions entraînées par une des plus ambitieuses études coûts-avantages, celle qui a été menée par la commission ROSKILL pour le choix du 3^e aéroport de Londres : cf. les contributions de A.-D.-J. FLOWERDEW et E.-J. MISHAN in *Cost Benefit Analysis* édité par R. Layard Penguin Books, 1972 et les articles de M. SELF : *Nonsense on stilts : the futility of Roskill* in « New Society » juillet 1970 et P. HALL : *the Roskill Argument : an analysis* in « New Society », janvier 1971.

(2) THE MITRE CORPORATION. *A technology Assessment methodology*. Office of the Science and Technology. Executive office of the President-Washington, juin 1971. L'une des études de cas porte sur la mariculture.

(3) VARY T. COATES *Technology and Public Policy*. Program of Policy studies on Science and Technology. The George Washington University - 1972.

(4) HUDDLE cité par D. MEDFORD in « *Environnement harassment or technology Assessment* », Amsterdam 1973.

(5) F. HETMAN - *La Société et la Maîtrise de la Technologie*, O.C.D.E., Paris 1973.

(6) BROOKS - Le Processus d'évaluation de la Technologie in *Revue Internationale des Sciences Sociales*, vol. XXV, n° 3, 1973.

(7) Comité d'Etudes et de Liaison des Intérêts Bretons - Livre Blanc ; Bretagne : *Une Ambition Nouvelle*. Presses Universitaires de Bretagne, 1971.

(8) Voir à ce sujet, l'étude réalisée par le C.I.R.E.D. (ex-groupe de Recherches sur les Stratégies de Développement) à la demande du Secrétaire Général de la Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement Humain : *Croissance et Environnement. Quelques aspects économiques de la protection de l'environnement*, juin 1972. L'essentiel de cette étude a été repris dans l'ouvrage publié à la suite d'un colloque international de Saint-Nizier du Moucherotte (Grenoble) : *Analyse Socioéconomique de l'Environnement*, IREP, IPEPS, EPHE ; Mouton, Paris 1973.

(9) Pour l'évaluation technologique on pourra également consulter L. THIRIET, *Evaluation technologique : concept, problématique et suggestion pour une approche pratique*, C.E.A., Paris, mai 1973 et groupe (D) Interministériel d'Evaluation de l'Environnement : *Les principaux problèmes soulevés par la mise en application du concept d'évaluation technologique*. Paris, février 1973.

Avenir de l'aquaculture

par Claude MAURIN

Personne ne parlait d' « Aquaculture » il y a seulement dix ans, en France tout au moins. Ce mot mis à la mode par les anglophones était inconnu. Et pourtant l' « Aquaculture », encore souvent nommée aquiculture ou mariculture, a connu ces dernières années une vogue exceptionnelle ; tout le monde en a parlé. Dans le domaine maritime, bien des gens ont pensé que l'on avait trouvé la panacée qui, dans un avenir plus ou moins rapproché, remplacerait la pêche.

Sur beaucoup de points du littoral français, d'importantes sociétés ou des entreprises plus modestes ont lancé des expériences : la culture intensive des crevettes, des bars, des daurades, des anguilles et même des homards. Le succès de ces entreprises fut inégal ; si du point de vue technique, elles ont souvent été des réussites, il n'en a pas été de même du point de vue de leur rentabilité. Aussi le découragement a-t-il fait suite à l'enthousiasme et bien des projets ont dû être abandonnés.

Dans ces conditions, on est en droit de se poser une question : l'Aquaculture est-elle un mythe ou une réalité de demain ? C'est à cette question que je m'efforcerai de répondre ici en me limitant au milieu marin. Cependant, je ne prétends pas donner à cette réponse un caractère définitif ; à notre époque de civilisation technique, ce qui est vrai aujourd'hui peut ne plus l'être demain. Je voudrais seulement tenter une analyse et m'efforcer de mettre en lumière les facteurs qui me semblent les plus importants.

COMPLEXITE DU MILIEU MARIN

Le premier point à souligner est qu'à l'encontre de l'air ou de l'eau douce, le milieu marin est extrêmement complexe du point de vue chimique, physique ou biologique.

Du point de vue chimique, plus de cinquante éléments simples entrent dans la composition de l'eau de mer, mais ce n'est pas tout ; outre les matières organiques dissoutes, surtout abondantes dans la zone littorale, on a découvert au cours de ces dernières années que l'eau de mer contient des substances complexes telles que des vitamines comme les Ptérines et la Riboflavine, des acides aminés ou des toxines. Ces substances sont secrétées par des animaux et des végétaux marins, planctoniques notamment.

Sur le plan physique, la complexité du milieu marin est éga-

lement grande. Les eaux de mer de température et de composition (donc de densité) différentes constituent des masses d'eau qui se mélangent difficilement et agissent souvent comme des entités propres effectuant des mouvements de plongée, de remontée ou de translation sous l'effet des différences de température, des vents ou des courants.

Cette complexité touche également, c'est bien évident, le milieu biologique. Les animaux et végétaux marins sont, dans leur ensemble, très sensibles à l'environnement marin dont les variations peuvent provoquer des migrations, des déplacements ou seulement s'il s'agit d'espèces non pélagiques, des perturbations dans l'alimentation, la croissance ou la reproduction. Les échanges physico-chimiques, l'action des éléments extérieurs sur la physiologie et le comportement des êtres marins sont infiniment plus diversifiés du fait même de la complexité ambiante, qu'en milieu aérien ou dulcaquicole.

A titre d'exemple de cette complexité, j'ai parlé plus haut de l'influence de certaines substances organiques secrétées par certains végétaux et animaux qui ont une action directe sur la reproduction, la croissance ou le comportement d'autres organismes. On est encore loin de connaître dans leurs détails, les éléments qui commandent les grands phénomènes vitaux des êtres marins. Cette constatation permet de comprendre pourquoi, par exemple, des poissons marins élevés en milieu confiné présentent surtout au moment où ils vont devenir adultes des perturbations dans leur croissance. Cette difficulté technique qui intervient souvent dans les élevages marins n'apparaît pratiquement pas lorsqu'il s'agit d'animaux vivant exclusivement en eau douce. On remarque d'ailleurs que les poissons et autres organismes marins sont beaucoup plus exigeants vis-à-vis du milieu qui les entoure que ceux vivant en eau douce.

FACTEURS DE RENTABILITE D'UN ELEVAGE

La croissance. — Le but d'un élevage, qu'il soit marin ou terrestre, est d'obtenir le maximum de croissance dans le minimum de temps. Or, parmi les principaux facteurs qui entrent en jeu dans la croissance des animaux et végétaux marins, on retient surtout la nutrition qui doit être abondante et bien adaptée et la température qui doit atteindre un degré optimum.

Pour ce qui est de la nutrition, la méthode à la fois la plus simple et la plus économique, est de placer l'animal élevé dans le milieu naturel où il trouve sa source d'alimentation. Si ce milieu est insuffisamment productif, on doit suppléer à cette insuffisance soit en élevant les animaux ou végétaux qui serviront de nourriture, soit en apportant des aliments artificiels qui répondent entièrement aux exigences physiologiques des sujets élevés.

Là une réflexion s'impose : le cycle vital en mer est long et complexe. Un exemple permettra de mieux comprendre les conséquences de ce fait en simplifiant les choses d'une manière un peu excessive, disons que l'élaboration de la matière vivante correspondant à un kilo de thon nécessite une quantité dix fois plus grande de petits poissons qui, eux-mêmes, utilisent pour leur développement dix fois plus de plancton animal que leur propre poids tandis que, il peut exister dans la nature, à certaines saisons, une proportion de 1 à 100 entre la quantité de plancton végétal exis-

tant et celle du plancton animal qui le consomme. Enfin, les éléments carbonés et les sels nutritifs (phosphates et nitrates en particulier) qui sont utilisés par les végétaux marins pour leur développement se trouvent en quantité au moins dix fois supérieure à ces derniers.

On comprendra facilement qu'il n'est pas possible de réaliser d'une manière rentable, un tel cycle alimentaire, en élevage. Reste l'aliment artificiel ; on a fait dans ce sens des progrès considérables mais les matières premières destinées à l'élaboration de ces aliments sont de plus en plus coûteuses et de ce fait, la rentabilité de l'opération est de plus en plus aléatoire.

Ces raisons amènent à penser que, si on veut rentabiliser les élevages marins, il convient de s'adresser surtout à des espèces qui se situent en début de chaîne alimentaire ce qui permet d'utiliser au maximum les aliments naturels ; sont dans ce cas, les algues et les mollusques.

La température. — Chez les êtres marins la température est généralement un facteur de croissance. Cependant, il existe pour chaque espèce un niveau optimum au-delà duquel on enregistre des perturbations dans le métabolisme. Les meilleures conditions de croissance sont trouvées dans des eaux où la température est la plus constante possible à condition que d'autres facteurs inhibants (comme une salinité trop faible ou trop forte) n'interviennent pas.

Dans l'état actuel des techniques, le fait de chauffer des installations d'élevage augmente d'une manière considérable le coût de cet élevage. Cette augmentation est si considérable qu'au Japon, par exemple, la plupart des écloséries ont dû cesser leur activité du fait de l'augmentation récente du prix du combustible.

Certes, on peut espérer que dans les années futures, l'utilisation des eaux réchauffées provenant des centrales thermiques nucléaires, puisse apporter une solution. Il convient cependant d'être prudent dans cette estimation, l'expérience faite au Japon ayant montré que l'utilisation de ces eaux n'est pas aisée ; il convient, en effet, si l'on veut éviter les accidents, de maintenir une température à peu près constante malgré les arrêts possibles de l'usine. Il est donc nécessaire d'assurer la régulation de la température de ces eaux, ce qui oblige à prévoir l'installation d'un système coûteux.

Par ailleurs, le fait de procéder à l'élevage dans des régions tropicales peut simplifier ce problème, mais alors d'autres difficultés se présentent : lutte contre les prédateurs ou maintien de l'équilibre de la salinité du milieu.

★
★

Dans ces conditions que peut-on penser de l'avenir de l'Aquaculture ? J'estime qu'il convient de distinguer plusieurs orientations possibles.

Cultures à fin de reconstitution des stocks naturels. — La première touche à l'élevage d'animaux marins qui, pour les raisons exprimées plus haut, est coûteuse notamment en raison de la lenteur de leur croissance et de leurs exigences alimentaires. Dans ce cas, il semble plus rationnel de limiter l'élevage proprement dit à la production de jeunes individus. Ceux-ci, lorsqu'ils auraient atteint une taille suffisante pour résister, seront remis dans le milieu naturel dans une zone où ils se trouveront protégés.

gés contre l'action destructrice de l'homme. On pourrait ainsi reconstituer les stocks naturels et par la suite les livrer à une exploitation rationnelle. Cette technique est déjà utilisée en France pour les homards ; s'il est encore trop tôt pour dire si cette expérience est couronnée de succès, on peut penser que le résultat sera favorable si les jeunes crustacés mis à l'eau ont atteint une taille suffisante. De telles techniques seront sans doute employées avec succès pour les coquillages à croissance lente tels que la coquille Saint-Jacques ou les Ormeaux. Pour les poissons, le succès est plus aléatoire, bien que le repeuplement des zones de pêche soit pratiqué dès maintenant au Japon pour de nombreuses espèces ichthyologiques.

L'embouche. — Toujours pour les poissons, un autre moyen de réduire les inconvénients qui viennent d'être mentionnés, consiste à pratiquer une sorte d'embouche. L'animal est prélevé dans le milieu naturel au stade juvénile et il est élevé jusqu'à ce qu'il ait une taille suffisante. Cette solution est intéressante mais ne peut être une solution d'avenir que dans la mesure où le prélèvement pourra être fait sans inconvénient sur le milieu naturel et par conséquent dans la mesure où les stocks seront eux-mêmes reconstitués. Ainsi, ce système n'aura guère d'avenir que dans la mesure où l'élevage aura déjà pris une extension suffisante.

Acclimatation au milieu marin. — L'Aquaculture peut également donner lieu, à l'avenir, à un autre type d'activité. Il s'agit de l'adaptation de certains poissons au milieu marin. L'avantage de cette technique est d'affermir la chair de ces poissons tout en leur donnant une couleur et une odeur plus agréable ; c'est le cas pour l'élevage des salmonidés en milieu marin. Il s'agit surtout là, au moins pour les truites, d'un « affinage » plus que d'une culture au sens strict du terme.

Conchyliculture, culture des algues. — Dans ces conditions, c'est bien surtout vers l'élevage des mollusques et des algues que devrait s'orienter l'aquaculture, au moins dans un prochain avenir.

Bien sûr, l'élevage des mollusques, huîtres et moules est déjà pratiqué depuis longtemps, mais pour que la conchyliculture atteigne le stade d'évolution, bien des étapes sont encore à franchir ; comment y parvenir ? C'est tout d'abord l'amélioration des techniques de captage et par l'utilisation, en cas d'insuffisance de ce dernier, de naissain élevé en éclosérie. C'est ensuite par l'amélioration des conditions du milieu physico-chimique, en s'efforçant de jouer sur la température et la salinité, en aménageant les zones de cultures. C'est également en veillant à déterminer d'une manière à la fois pratique et exacte, le taux optimal de densité à respecter eu égard au pouvoir de nutrition du milieu naturel. Ce n'est pas tout ; pour que la conchyliculture se développe en France, autant qu'elle le pourrait, il faut penser assurer une commercialisation du produit plus rationnelle. Ce but peut être atteint en augmentant la durée de conservation des coquillages par la réalisation de conserves et de produits congelés. Ces produits sont préparés à une échelle industrielle en Extrême-Orient ; ils sont de plus en plus demandés en Amérique du Nord et même en Europe. Il serait dommage que la France, pays où la conchyliculture est une tradition, n'assure pas l'avenir de cette activité grâce à des initiatives hardies. D'ailleurs, les goûts évoluent si vite qu'il n'est pas exclu de trouver dans notre pays même des débouchés pour ces produits, dans un proche avenir.

Quant aux algues, elles devraient constituer pour l'aquaculture

un produit de choix. Ces végétaux ont en effet un cycle alimentaire très court puisqu'ils puisent directement dans le milieu marin le carbone qui leur est nécessaire (sous forme de gaz carbonique ou de carbonates dissous) ainsi que les sels nutritifs qui sont indispensables à leur croissance.

Or, actuellement, les produits dérivés des algues sont utilisés dans la fabrication de plus de 300 produits industriels très divers : aliments, produits pharmaceutiques, peintures, vernis, papiers traités, milieux électrolytiques et même explosifs. Les stocks naturels d'algues seront rapidement insuffisants pour suffire à une telle demande, l'élevage devra donc apporter une solution. Pour en arriver là, il faut sélectionner soigneusement les espèces à élever en prenant toutes les précautions nécessaires pour éviter une multiplication anarchique qui risquerait de compromettre l'équilibre du milieu naturel.

Par ailleurs, il n'est pas exclu que dans quelques années les algues soient cultivées à des fins directement alimentaires comme cela se fait par exemple au Japon ou en Afrique centrale. La richesse en protéines de certaines espèces justifierait cette activité.

★
★★

Ainsi, si l'aquaculture n'est pas la panacée dont on a (peut-être trop) parlé, on peut penser entrevoir pour elle un avenir prometteur à condition toutefois que l'homme soit suffisamment raisonnable pour ne pas détruire son milieu de vie et qu'il soit assez sage pour préserver les sites privilégiés de nos côtes des nuisances qui les menacent.

SOCIÉTÉ POUR L'ÉTUDE ET LA PROTECTION DE LA NATURE EN BRETAGNE

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE

Fondée pour la sauvegarde des Sites, de la Flore, et de la Faune, dans les départements des Côtes-du-Nord, Finistère, Ille-et-Vilaine, Loire-Atlantique, Morbihan et les départements limitrophes, Manche et Vendée.

LA S. E. P. N. B. A POUR BUT :

- Le respect de la Nature, matière première du Tourisme.
- Le maintien de la nécessaire harmonie entre le cadre naturel et l'aménagement du territoire.
- La création de Réserves.
- La réalisation de travaux écologiques et la publication de documents sur l'étude du milieu naturel et sur sa conservation.

LA S. E. P. N. B. A CREE :

- 14 réserves naturelles, dont la « Réserve Michel-Hervé Julien » du Cap-Sizun en Goulien (Finistère) ouverte au public (environ 25 000 visiteurs chaque année).
- Un Bureau d'étude qui regroupe divers scientifiques spécialistes des problèmes de la Nature. Ce bureau collabore à la réalisation des Parcs naturels régionaux de Bretagne, à la protection du littoral, du bocage et de diverses espèces animales et végétales.
- Une série de documents éducatifs pour faire connaître la Nature à un large public.
- La revue trimestrielle « PENN AR BED » (créée en octobre 1953).

SIEGE SOCIAL ET SECRETARIAT GENERAL :

Faculté des Sciences, 29283 Brest-Cedex - Tél. 80.16.94
C. C. P. 1361-60 Rennes.

Nota : Les membres de la S. E. P. N. B. bénéficient des avantages suivants :

- Service de la revue « Penn ar Bed ».
- Participation aux activités des sections départementales.
- Visites gratuites guidées de la Réserve du Cap-Sizun, sur présentation de la carte d'adhérent au millésime de l'année.

Pour tous renseignements, s'adresser au Secrétariat général

