

## LES CHAINES ALIMENTAIRES NATURELLES ET L'AQUACULTURE

Gilbert BARNABE

Université des Sciences et Techniques du Languedoc  
Station de Biologie Marine et Lagunaire  
Quai de la Daurade  
34200 - SETE

### RESUME

C'est sur la manipulation des chaînes alimentaires naturelles qu'est basée l'aquaculture, mais la connaissance et la maîtrise des réseaux trophiques aquatiques ne sont que fragmentaires.

Parallèlement aux voies d'étude qui visent à reconstituer certaines phases de ces processus (production de microalgues, de zooplancton herbivore) d'autres potentialités ont été examinées :

- Utilisation des bactéries photosynthétiques;
- Extraction et emploi du phytoplancton issu de bassins de lagunage;
- Collectes et utilisation du zooplancton de bassins de lagunage et de zones humides;
- Essai d'exploitation de la productivité naturelle des eaux néritopélagiques.

Ces diverses utilisations des chaînes alimentaires naturelles sont exposées ainsi que les applications industrielles auxquelles certaines ont déjà donné lieu.

**MOTS-CLES** Plancton - Bactéries photosynthétiques  
Mollusques - Aquaculture en mer

---

Si l'on excepte la consommation directe par l'homme de végétaux aquatiques, l'aquaculture de production consiste en la manipulation des chaînes alimentaires naturelles pour la production d'espèces utiles à l'homme.

A la différence de l'aquaculture traditionnelle (pisciculture en étang, conchyliculture), l'aquaculture nouvelle a entrepris de maîtriser non seulement le cycle complet de l'espèce élevée, mais également toute la chaîne alimentaire qui y conduit.

Les voies utilisées pour atteindre un tel but sont nettement divergentes : dans les pays anglo-saxons dont les conditions de température et d'ensoleillement naturelles sont rarement optimales, l'accent a été mis très tôt sur la reconstitution artificielle en milieu contrôlé de telles chaînes dont le point de départ est constitué par la culture "artificielle" des micro-algues.

A l'autre bout du monde, les Japonais opéraient de façon plus pragmatique, mêlant techniques de terrain et de laboratoire pour aboutir aux résultats que l'on sait.

L'exemple anglo-saxon a davantage inspiré l'aquaculture française que ne l'a fait l'exemple japonais malgré le grand nombre d'observateurs qui ont visité ces réalisations. Ainsi, les Japonais maîtrisent l'élevage intensif des micro-algues ou des rotifères à l'échelle du grand volume (quelques dizaines à quelques centaines de m<sup>3</sup>), tandis que cette maîtrise ne dépasse guère le m<sup>3</sup> en Europe.

Depuis une décade, il n'y a pas eu à proprement parler de progrès significatif dans cette technologie et l'émergence au plan de la production économique de l'aquaculture dite nouvelle n'a pas eu lieu. Le principal point de blocage, identifié depuis longtemps (BARNABE et RENE, 1972, HOUDE, 1973, FUJITA, 1973) tient à ce que la production de juvéniles exige justement de disposer en quantité de micro-algues ou de zooplancton pour nourrir les fragiles larves jusqu'à l'état de juvéniles plus robustes, que l'on pourra confier au milieu naturel (repeuplement) ou à l'engraissement (élevage intensif).

Les solutions les plus diverses ont été essayées pour tenter de surmonter cet obstacle. Nous en avons pour notre part testé quelques-unes. Certaines sont à peine sorties de la phase prospective, d'autres sont utilisées au stade artisanal ou industriel.

#### UTILISATION DES BACTERIES PHOTOSYNTHETIQUES POUR L'ELEVAGE DE LARVES DE MOULES \*

Cette expérience, tout à fait limitée, a eu lieu du 15.12.1981 au 04.01.1982 à partir de bactéries photosynthétiques issues du lagunage de Méze et concentrées par centrifugation. Selon BALEUX et TROUSSELLIER (1982) l'espèce dominante s'apparente à *Thiocapsa roseopersicina* et la densité de ces bactéries pourpres (Bactéries Sulfo-oxydantes) atteint  $10^9$  b/ml, conférant à l'eau une couleur rouge-lie de vin.

Il n'est en tout cas pas rare d'obtenir un culot de centrifugation représentant 1 % du volume initial. Même dans les cas d'extrême abondance bactérienne, les micro-algues ne sont jamais absentes (elles sédimentent avant les bactéries et sont aisément repérables dans le culot).

Les larves de moules ont été élevées à 20°C dans des cônes de Himhoff de 1 l à la densité de 20000 individus/l. Une diffusion d'air à la pointe du cône assurait un brassage léger. Un témoin nourri de micro-algues centrifugées, issues d'un bassin isolé de 5000 m<sup>2</sup> situé sur le lagunage de Méze, a servi d'élément comparatif. Dans les deux essais, nous avons introduit de la nourriture (culot de centrifugation) une fois par jour jusqu'à atteindre une densité optique (mesurée à la trousse HACH) de 0,15.

Les résultats de croissance en fonction du régime alimentaire sont les suivants :

Age : 6 ème jour :	Micro-algues	97,5 u ± 4,3
	Bactéries pourpres	102,6 u ± 3,6
18 ème jour :	Micro-algues	116,7 u ± 5,25
	Bactéries pourpres	153,2 u ± 4,9
20 ème jour :	Bactéries pourpres	159 u ± 10,1

L'expérience est arrêtée le 18 ème jour pour les larves nourries de micro-algues : de nombreuses pertes de larves ont eu lieu lors des changements d'eau, la floculation spontanée de ces algues piège de nombreuses larves dans les floccs, la mortalité enfin, bien que non évaluée, a été très importante.

Les résultats méritent d'être comparés à ceux qu'a obtenu LE ROUX (1975) à l'aide de divers régimes d'algues sur *Mytilus edulis* dont l'oeuf est plus gros (100 µ de diamètre contre 60 à 70 µ pour *Mytilus galloprovincialis*). A l'âge de 20 jours, les tailles moyennes des élevages recevant les meilleures espèces d'algues vont de 150 à 180 µ.

L'expérience a été arrêtée pour des raisons pratiques, et si la mortalité n'a pas été évaluée, elle a été bien moindre que dans le témoin nourri de micro-algues. Une observation sans doute subjective mérite d'être rapportée : la vitesse de nage des larves nourries de bactéries pourpres paraît bien plus grande que celle de leurs congénères du témoin.

L'intérêt des bactéries du cycle du soufre dépasse les limites de l'aquaculture puisque les Japonais proposent de les utiliser pour l'obtention de produits nobles (vitamine B, etc.) à partir de déchets industriels (KOBAYASHI et TCHAN, 1973), mais la découverte des phénomènes d'hydrothermalisme sous-marin a démontré que des mollusques pouvaient prospérer avec, comme seule source nutritive, des bactéries utilisant également le soufre (de façon chémosynthétique). Une revue exhaustive de cette question a été réalisée par LAUBIER 1982. S'il n'est guère possible d'entrer dans le détail de cette intéressante question (JANNASH, 1979, JANNASH et WIRSEN, 1981, RUBY et coll., 1981) notons que ces bactéries du soufre se rencontrent dans les abysses et dans les lagunages à des concentrations de  $10^5$  à  $10^9$  b/ml. Cette corrélation en appelle une autre : dans les deux cas, les croissances observées sont exceptionnelles (à l'âge de 6 ans 1/2, une moule issue du rift des Galapagos a une longueur de 22 cm).

Ce sont sans doute des considérations de ce genre qui ont poussé JANNASH (1979) à proposer un système d'aquaculture basé sur l'oxydation du  $SH_2$  par les bactéries chémosynthétiques, notamment pour la production de mollusques. Nos données préliminaires montrent que les bactéries photosynthétiques présentent les mêmes avantages pour l'aquaculture et sont déjà disponibles. La coloration qu'elles confèrent à l'eau n'est malheureusement pas appréciée. Nous avons donc dû définir une procédure pour les éliminer du lagunage de Mèze et nous priver ainsi de la possibilité de continuer cette intéressante étude.

#### EXTRACTION ET EMPLOI DU PHYTOPLANCTON ISSU DE LAGUNAGES \*

Il est actuellement admis que la technique de production de micro-algues la plus économique est celle du lagunage (SOEDER, 1981); l'utilisation d'une telle production primaire selon les techniques de la pisciculture d'étang est d'ailleurs déjà engagé dans plusieurs pays à grande échelle.

Au plan conceptuel, la connaissance puis la maîtrise de l'écosystème étang est loin d'être acquise, aussi avons nous proposé d'en séparer les divers niveaux trophiques (BARNABE, 1980). Pour l'aquaculture nouvelle, cette nécessité est encore plus impérieuse : les structures de base, c'est-à-dire les écloséries et les nurseries destinées à produire les sujets d'élevage peuvent être conçues comme des structures d'élevage intensif (compte tenu de la petite taille et du grand nombre de juvéniles que l'on peut y élever dans des volumes d'eau réduits mais contrôlés); il faudra toujours fournir à ces stades larvaires des proies en quantité et qualité adéquate. Les micro-algues constituent le point de départ traditionnel conduisant à ces élevages (Mollusques, Crustacés, Poissons) au travers de filières différentes. Il est donc nécessaire de "compartimenter" les divers maillons trophiques pour les nécessités des élevages, mais cela permet également d'assurer à chaque stade les meilleures conditions d'environnement.

La séparation physique des micro-algues de l'eau de lagunage est un pas vers cette production compartimentée. Nous en avons exposé les premiers résultats par ailleurs (BARNABE, 1982, BARNABE-PERIGAUULT, 1983). Nous n'en reprendrons que les grandes lignes en les actualisant : une centrifugeuse industrielle automatique, d'une puissance de 4 kW et capable de traiter 1800 à 2000 l d'eau par heure (eau issue d'un bassin de lagunage) permet d'obtenir 757 g/h de micro-algues (poids humide) soit 182,7 g/h en poids sec, ce qui représente plus de 18 kg de phytoplancton frais par jour et dépasse la capacité des plus grandes salles de production d'algues opérationnelles à ce jour.

Ce phytoplancton a déjà été utilisé pour le prégrossissement de mollusques (500.000 huitres stockées en bassin recyclé au lagunage de Mèze). Il n'a pas encore été utilisé à l'échelle de l'éclosérie pour ce même groupe d'animaux.

La conservation par congélation et à l'état vivant du phytoplancton permet le stockage, évite les contraintes liées à un fonctionnement permanent des structures de culture ou de collecte, et pallie aux pannes ou pénuries. Ce phytoplancton dulcaquicole survit dans des eaux atteignant une salinité de 20‰.

Les micro-algues concentrées peuvent être utilisées à des densités supérieures à celles habituellement rencontrées même dans les cultures les plus denses; c'est, par exemple, ce que nous avons fait pour nourrir des rotifères *Brachionus plicatilis*. A l'échelle du laboratoire et du pilote (bassin de 500 l) des densités dépassant 700 *Brachionus*/ml ont été obtenues. N'y a-t-il pas quelque analogie entre ce constat et les fortes croissances de mollusques signalées dans des milieux où la densité bactérienne était très élevée ?

La présence des algues dans un milieu d'élevage induit un effet "stabilisateur" vis-à-vis de la dégradation du milieu; il joue un rôle peut-être plus important que le facteur trophique dans les hautes densités de rotifères obtenues.

La collecte de micro-algues à partir de lagunages n'intéresse pas que les écloseries ou les nourriceries. En Asie, des chlorelles sont cultivées et centrifugées pour la consommation humaine directe : la production dépasse 1000 tonnes par mois (poids sec) et leur prix était de 48 F/kg en 1980 au Japon (BEHR et SOEDER, 1981). Pour l'aquaculture et l'alimentation de la volaille, le marché était de 2000 tonnes avec un prix de production de 30.000 F/tonne. Les auteurs estiment que le marché atteindrait  $0,8 \cdot 10^6$  tonnes si le prix baissait à 3000 F. La centrifugation bien adaptée à la collecte de phytoplancton vivant peut être remplacée par des techniques moins coûteuses telle la floculation, selon l'objectif visé.

L'incorporation d'algues floculées (au sulfate d'Alumine) dans les rations animales a été étudiée en Israël (SANDBANK et EHPHER, 1980) : le sel d'Al n'a pas d'effet toxique et il n'y a pas accumulation d'Al dans les tissus. Il est vrai que le phosphate d'Al est utilisé à dose massive pour le traitement des maux d'estomac !

Les données de PRAT (1982), relatives au lagunage de Mèze, indiquent que les biomasses atteignent 9,4 tonnes/ha en été. Une production annuelle de 50 à 70 tonnes/ha/an, chiffre souvent avancé pour les lagunages de nos régions, est donc tout à fait probable et mérite d'être comparée à celle des terres cultivées (production moyenne 6,5 tonnes/ha/an). La teneur moyenne en protéine des micro-algues est de 55 %, ce qui les rapproche davantage des farines de poisson que des productions végétales.

#### COLLECTES ET UTILISATION DU ZOOPLANCTON \*

Envisagée et expérimentée depuis longtemps (Revue bibliographique sommaire dans BARNABE, 1979), cette technique a fait des progrès spectaculaires grâce à la définition de collecteurs autonomes et peu coûteux (BARNABE, 1977 - 1979 - 1980). Actuellement, la première production de l'aquaculture méditerranéenne nouvelle est celle du zooplancton (*Artemia*, Copépodes, Daphnies, Rotifères). Nous l'estimons proche de 100 tonnes et ses potentialités sont bien supérieures. Deux types de milieux fournissent des espèces bien caractéristiques :

- Les lagunages, flux d'eaux oligohalines eutrophes, produisent des rotifères et des daphnies et accessoirement des copépodes. La biomasse des daphnies a atteint au lagunage de Mèze 2,8 g/l (poids humide) et la production a été estimée sur ce même site à environ 5 tonnes/ha/mois (de Mai à Octobre) par ARGENCE (Communication personnelle).

Le principal problème qui reste posé avec ce type de zooplancton est celui du stockage : la congélation, relativement coûteuse, ne permet pas d'absorber les pics de production estivaux et la qualité bactériologique du produit est mauvaise. La meilleure solution paraît être l'ensilage (BARNABE, 1981). A partir de daphnies ensilées, VENCHARD (1983) a préparé et utilisé avec succès un aliment de sevrage pour les larves du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.).

- Les zones humides littorales (marécages, anciens salins) constituent des pièces d'eau stagnantes qui connaissent des "blooms" saisonniers de production : les rotifères, le copépode *Eurytemora velox* et l'*Artemia salina* en constituent les principaux représentants zooplanctoniques dont l'utilisation en aquaculture est bien connue.

Cet intérêt n'est pas seulement lié à la disponibilité quantitative mais surtout à la valeur qualitative de cette nourriture, prouvée à la fois par les constatations des éleveurs et par les travaux de biochimistes japonais; on sait que les acides gras polyinsaturés sont au centre du problème.

Sans insister sur ces collectes largement exposées par ailleurs (BARNABE, 1979 - 1980), il faut souligner qu'elles ne constituent qu'une nouvelle forme de pêche. Il n'y a guère d'aménagement, d'enrichissement visant à orienter la production vers une activité aquacole. De multiples possibilités existent : entre les lagunages qui fournissent des espèces d'eau douce et ces pièces d'eau inexploitées et sursalées, il y a place pour des bassins de production de plancton, mais cette potentialité n'a même pas été envisagée au plan expérimental !

Bien que l'état de la technique ne soit pas ce qu'il pourrait être au niveau de la production et de la récolte de plancton, c'est sur la base de telles collectes que fonctionnent, partiellement ou totalement, plusieurs fermes de production de Loup.

#### ESSAI D'EXPLOITATION DE LA PRODUCTIVITE NATURELLE DES EAUX COTIERES \*

Les réalisations ou les perspectives que nous avons évoquées jusqu'à présent concernent des chaînes alimentaires aquatiques mais non franchement marines. Nous envisagerons l'aquaculture en mer "ouverte" littorale mais en excluant l'élevage en cage de poissons, décrit par ailleurs (BARNABE et coll. 1980, BARNABE et CHRISTIANI, 1980) et ne faisant pas intervenir de chaîne alimentaire naturelle.

Notons tout d'abord que les techniques séparatives utilisées pour récolter le plancton des pièces d'eau abritées n'ont jamais donné de résultat significatif en eau marine : la rareté du zooplancton, la présence de matériel particulaire et d'hydrocarbures constituent, avec l'agitation des eaux, les facteurs limitants de ces collectes dans notre région.

Nous nous sommes intéressés en priorité aux Mollusques (Bivalves) pour plusieurs raisons :

- A la différence des Poissons et Crustacés, l'obtention de juvéniles en grande quantité peut être réalisée en milieu naturel pour l'huître et la moule, par collecte ou captage, et quelques écloséries produisent de façon fiable du nais-sain d'autres espèces.

- Les mollusques extraient leur nourriture des eaux environnantes et transforment donc la production primaire, bactérienne ou "particulaire", en produit consommable.

- Il s'agit là d'une chaîne alimentaire quasi inexploitée puisque la richesse des eaux du Golfe du Lion va de pair avec des fonds meubles et à peu près déserts.

On conçoit la diversité et l'étendue du sujet : nous l'avons abordé sous l'angle technologique car c'est dans ce cadre que nous avons pu obtenir des crédits d'étude. Cela ne doit pas faire sous estimer l'aspect biologique, les problèmes qu'il soulève et les perspectives de production qu'il sous-tend.

Les problèmes technologiques majeurs concernent le maintien des sujets d'élevage, que cet élevage s'effectue sur le fond ou en pleine eau. Les essais réalisés sur le fond par quelques conchyliculteurs, n'ont pas abouti et actuellement tous les efforts se portent sur les élevages de pleine eau (élevage en suspension).

Nous avons défini des structures constituées d'un pieu d'ancrage de type spécial (BARNABE, 1983), de cordes d'élevage d'une longueur de 10 m et de flotteurs vidangeables (bidons renversés). Chaque pieu et chaque flotteur sont communs à 2 cordes; ils sont espacés de 1 m au moins.

La mise en place d'une filière comportant 18 cordes de 10 m a été réalisée sur une concession expérimentale située au large du Cap d'Agde sur des fonds de 20 m (concession attribuée à Mrs BRETON et LICCIARDI, conchyliculteurs) le 09.05.1983. L'amarrage a été effectué en plongée. Les cordes d'élevage étaient constituées de filets tubulaires en polyéthylène (d'usage classique en mytiliculture), doublé d'un filin de polypropylène de 6 mm de diamètre. Ce filet contenait 2 kg/mètre de jeunes moules (poids moyen 2,2 g) récoltées sur le brise-lames du Port de Sète le 05.08.1983. Le poids apparent de ce naissain dans l'eau, mesuré sur plusieurs échantillons dépassant 20 kg de poids réel, varie entre 18 et 22 % de ce poids réel.

Le 25.08.1983, deux de ces cordes étaient prélevées pour pesée. Elles accusaient 54 et 54,5 kg.

Un nouvel ensemble de 2 cordes était prélevé le 26.10.1983, soit 5 mois 1/2 après leur mise à l'eau. Leur poids total était de 410 kg, (10 kg/mètre environ), une partie d'entre elles ayant atteint la taille commerciale.

Depuis le mois de mai, plusieurs tempêtes ont éprouvé structures et sujets d'élevage sans beaucoup de dégâts. En contrepartie, la croissance rapide exige de prévoir des réserves de flottabilité conséquentes. Lorsque ce n'est pas le cas, la base des cordes traîne sur le fond et les moules se détachent. Cette expérience a donné lieu à un pré-rapport (BARNABE et coll, 1983) et se poursuit actuellement.

Parallèlement aux expériences de grossissement, des essais de captage d'huitre plate ont eu lieu à partir du 21 juillet 1983 : 25 éléments verticaux de 8 à 10 m de long, espacés de 1 m, constitués de substrats divers, et maintenus en pleine eau par un flotteur, étaient amarrés sur une chaîne tendue sur le fond. La majorité de ces capteurs sont encore immergés à l'exception de capteurs d'huitres de marque ARMEP, plus connus sous le nom de "chapeaux chinois". Ces disques (diamètre 35 cm, espacement 5 cm) étaient empilés verticalement en 4 séries de 15, entre 18 et 13 m de profondeur. Le captage d'huitres était franchement mauvais (installation trop tardive des capteurs), mais nous avons récupéré après inondation des capteurs, le 30.11, dans le fond du bateau 217 g de Crevettes (*Palaemon* sp.), 35 g de Crabes (*Macropipus puber*) et 2 petites Cigales (*Scyllarus* sp.). S'il est prématuré de rapporter ces biomasses à un volume ou une surface, on a là une preuve, à la fois de la "richesse" des eaux, et du rôle que peuvent jouer des substrats en situation pélagique.

Un autre constat mérite d'être rapporté : au mois de mai 1982 un prototype de flotteur (sphère de matériau plastique de 50 cm de diamètre) nous était confié pour essais; cette sphère était alors intégrée dans une filière utilisée par un professionnel pour le grossissement saisonnier de moules en mer, au large de la plage de Marseillan, sur des fonds de 20 m (concession expérimentale de Mr

MENOU). Cet ensemble était constitué de cordes à moules soutenues en pleine eau par des bouées immergées; les cordes étaient amarrées à leur base sur des blocs de béton de 80 et 350 kg (aux extrémités). En septembre, un important captage d'huitres plates (*Ostrea edulis*) était constaté sur l'hémisphère supérieur de cette bouée dont la profondeur d'immersion n'était pourtant que de 6,5 m. Au début du mois de novembre, une violente tempête (force 12, vents de 170 km/h) emporta l'ensemble de cette filière, avec notre bouée.

Nous avons retrouvé ces structures d'élevage le 30 juin 1983, à une distance de 6 km environ, sur des fonds de 24 m, à la hauteur de Port Ambonne (Agde). Cet ensemble observé en plongée, n'a pas été identifié tout de suite : il s'agissait en fait d'un amas de filins et de bouées recouverts de jeunes moules, à l'exception de la zone équatoriale des bouées. La coloration particulière de notre prototype a permis sa reconnaissance.

L'opération de récupération réalisée avec difficulté malgré des moyens de levage importants n'a pas permis d'apprécier la quantité exacte de moules fixées sur cette bouée : elle dépasse, à notre avis, la centaine de kg.

Au voisinage et entre les cordes et bouées, évoluaient plusieurs dizaines de loups (*Dicentrarchus labrax*) d'un poids estimé compris entre 1,5 et 6 kg. Au niveau du fond, nous avons constaté la présence de très gros congres et de pieuvres entre les corps morts entassés. La présence de bancs de plusieurs espèces de poissons (*Boops boops*, *Mugil sp.*, *Dicentrarchus labrax*) est quasi permanente. La dimension de ces rassemblements est en relation directe avec la taille des structures d'élevage.

Ces observations et d'autres, accumulées depuis 2 années sur les concessions conchylicoles expérimentales d'Agde et de Marseillan, constituent davantage qu'une collection d'anecdotes : nous avons là une nouvelle chaîne alimentaire engendrée par la simple mise en place, soit de substrats en situation pélagique, soit de filtreurs benthiques en situation pélagique (par colonisation des substrats la seconde situation se réalise naturellement sans intervention humaine).

On peut imaginer comme hypothèse provisoire le processus suivant :

- Production primaire, bactérienne et matériel particulaire dispersés dans la masse des eaux.
- Exploitation de cette production "diffuse" par les filtreurs fixés engendrant une biomasse mais aussi des substrats, des microhabitats nouveaux et modifiant l'hydrodynamisme des eaux à son voisinage.
- Apparition d'une épiflore et/ou d'une épifaune occupant cette nouvelle niche, essentiellement à partir de formes méroplanctoniques (algues diverses, vers, petits crustacés). Il peut s'agir de producteurs primaires, de filtreurs, mais aussi d'espèces brouteuses ou détritivores : la modification de l'hydrodynamisme entraîne le piégeage de matériaux en suspension dans les interstices entre les moules et au niveau de leurs byssus enchevêtrés.

Un tel microcosme exploite avant tout un substrat en situation exceptionnelle au sein de la masse des eaux, et la densité de petits crustacés que l'on découvre en exondant ces structures s'évalue en milliers par mètre : lors du ramassage de naissain de moules en plongée, cette microfaune se fixe sur les combinaisons isothermiques qui apparaissent uniformément blanchâtres.

L'effet attractif de structures de surface ou immergées sur la faune nectonique est connu : qu'il s'agisse des radeaux utilisés en Extrême Orient pour rassembler les poissons pélagiques ou de récifs artificiels "traditionnels", ce tigmotropisme est un fait de comportement indépendant de l'activité trophique (Ex : *Boops boops*, espèce abondante autour des filières, est planctonophage).

Cette recherche de repères visuels n'est pas la seule explication à la présence de Muges ou de Loups au voisinage des filières : les muges en train de "brouter" sur les cordes à moules sont fréquents. Pour les Loups, les petits crustacés constituent une proie préférentielle, ce qui expliquerait leur présence signalée depuis longtemps, sur les zones où les moules abondent (BARNABE, 1976).

Outre les fonctions que nous venons de signaler, les élevages de pleine eau en jouent d'autres ; les pontes de calmars y abondent au printemps, les alevins et juvéniles d'espèces de poissons non identifiées sont fréquents, notamment à la partie haute des structures.

La rencontre de seiches est épisodique tandis que chaque pieu d'ancrage constitué d'un tube creux sert de gîte à un poulpe.

On constate, en définitive, que la mise en place de naissain de moules en cordes d'élevage ou l'immersion de substrats en pleine eau ne doit pas être réduite à une simple opération de conchyliculture. Contrairement à ce qui advient dans l'Etang de Thau ou la prolifération de l'épifaune (*Ascidies*) conduit à une véritable impasse trophique, il y a sur les structures d'élevage marines une double chaîne alimentaire, fonctionnant en parallèle.

## CONCLUSION

Malgré la diversité des approches expérimentales, toutes convergent vers une finalité commune : la maîtrise à grande échelle de chaînes alimentaires aquatiques.

La méthodologie et la technologie parfois très pragmatiques que nous avons utilisées ne constituent pas pour nous un engagement exclusif vers la production aquacole : c'est parce que nous avons longtemps pratiqué les méthodes et techniques mises en oeuvre à l'échelle du laboratoire que nous avons été conduits à les abandonner partiellement ; dans beaucoup d'occasions, elles ne peuvent être transférées à l'échelle du pilote et encore moins du terrain ; aussi, une autre approche doit être développée qui va du tube à essai jusqu'à l'écosystème, et vice versa, en privilégiant l'expérimentation in situ (Il est donc regrettable que des opérations du type "ECOTRON" n'aient pas été poursuivies).

Cette perspective se justifie déjà pour subvenir à l'alimentation des juvéniles que l'on ne sait pas encore produire en masse sans plancton vivant, mais l'enjeu dépasse ce cadre pour au moins deux raisons :

- L'alimentation de larves de poissons, de mollusques ou de crustacés, à partir de particules inertes, risque de se substituer rapidement au plancton vivant encore indispensable aujourd'hui.
- L'élevage intensif de poissons ou de crustacés qui s'installe de par le monde (Seriole japonaise, Loup) utilise des produits de la pêche ("faux poisson" congelé ou réduit en farine) ou de l'agriculture (Tourteau de Soja importé) et non la productivité des eaux.

Pourtant, les productions aquatiques sont exceptionnellement élevées (micro-algues 60 T/ha/an en lagunage, zooplancton (Daphnies) 30 T/ha/an, sur les mêmes sites, conchyliculture dans l'Etang de Thau 100 T/ha/an, 250 T/ha/an dans les rias de Galice), et il ne s'agit pas de ressources éloignées ou inaccessibles, mais des productions potentielles de zones humides ou de la frange cotière, proches de nos laboratoires.

N'y a-t-il pas là, pour l'aquaculture nouvelle, d'irremplaçables "bases biologiques" ?

## REMERCIEMENTS

L'expérimentation concernant la collecte de micro-algues a été réalisée dans le cadre d'un contrat C.E.M.A.G.R.E.F. - C.N.E.X.O.

Les études technologiques menées en mer ouverte font l'objet d'une aide à l'Innovation accordée par l'ANVAR à la suite d'un appel d'offres conjoint du Ministère de la Mer, de la Direction des Industries Agro-alimentaires et de l'Agence Nationale de Valorisation de la Recherche (ANVAR).

Ces études sont conduites en collaboration avec BARNABE-QUET R., CANTOU M., JUILLAN J.-F. et LE HUR L.

- 
- Baleux B. et Trousselier M., 1982 - Etude bactériologique, in : C.R. Activ. Scient. Lagunage de Mèze, Centre de Recherches. Rapport 1981-1982 : 59-84.
- Barnabé G., 1976 - Contribution à la connaissance de la biologie du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) Poisson Serranidae. Thèse Doct. Etat mention Sciences, Univ. Sc. Techn. Languedoc, Montpellier : 426 pp.
- Barnabé G., 1977 - Dispositif de filtration et de microtamisage. Dossier ANVAR n° 14186 : 11 pp (non publié). Résumé dans le Marché de l'Innovation n° 30, p 27.
- Barnabé G., 1979 - Utilisation des chaînes alimentaires naturelles et du recyclage des eaux usées dans la production à grande échelle de juvéniles pour l'aquaculture. Actes de Colloque n° 7, CNEXO, Paris : 221-238.
- Barnabé G., 1980 - Système de collecte du zooplancton à l'aide de dispositifs autonomes et stationnaires. In : "La pisciculture en étangs", R. Billard Ed., INRA, Publ. Paris : 215-220.
- Barnabé G., 1981 - Collecte et utilisation du plancton. In : C.R. Activ. Scient. Lagunage de Mèze, Centre de Recherches. Rapport 1980-1981 : 112-132.
- Barnabé G., 1982 - Lagunage et Aquaculture. In C.R. Colloque : l'épuration par lagunage, communications scientifiques, CERETE Ed., Montpellier : 52-59.
- Barnabé G., 1983 - Pieu ancreur, in : Dossier ANVAR 50434 : 3 pp (non publié).
- Barnabé G. et René F., 1972 - Reproduction contrôlée du Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) et production en masse d'alevins. C.R. Acad. Sc. Paris, 275, D : 2741-2744.
- Barnabé G., Cantou M., Christiani G. et Henry M., 1980 - Mise en grossissement de poissons marins en cage immergée. Rapport technique, Mare Corsu : 8 pp.
- Barnabé G. et Christiani G., 1980 - Des Loups en cage pour les Corses. Océans, 80 : 28-29.
- Barnabé G. et Périgault C., 1983 - Collecte et utilisation du phytoplancton produit dans les étangs de lagunage de Mèze : données préliminaires. C.R. Travaux GIS-ARM, Vol. 1 (sous presse).
- Barnabé G., Barnabé-Quet R., Cantou M., Juillan J.-F. et Le Hur L., 1983 - Mise en oeuvre de technologies nouvelles pour la conchyliculture en mer ouverte; Rapport d'avancement des Travaux. Contrat ANVAR A 8207039 J 030 0 : 17 pp (non publié).
- Behr W., Soeder C.J., 1981 - Commercial aspects of utilizing Microalgae with special reference to animal feeds, in : Wastewater for aquaculture. University of the O.F.S. publication, Bloemfontein. Ser. C (3) : 63-72.

- Fujita S., 1973 - Importance of zooplankton mass culture in producing fish seed for fish farming. Bull. Plankton Soc. Japan, 20 (1) : 49-53.
- Houde E.D., 1973 - Some recent advances and unsolved problems in the culture of marine fish larvae. In : Proceedings of the world mariculture Society, 1972, 3 : 83-223.
- Jannash H.W., 1979 - Chemosynthetic production of biomass : an idea from a recent oceanographic discovery. Oceanus, 22 : 59-63.
- Jannash H.W. et Wirsen C.O., 1981 - Morphological survey of microbial mats near deep-sea thermal vents. Appl. Environ Microbiol., 41 (2) : 528-538.
- Kobayashi M. et Tchan Y.T., 1973 - Treatment of industrial waste solutions and production of useful by products using a photosynthetic bacterial method. Water Research, 7 : 1219-1224.
- Laubier L., 1982 - Les communautés animales associées à l'hydrothermalisme sous-marin, in : Naissance des Océans. Rev. Palais Découverte, 10 (97) : 22-39.
- Le Roux S., 1975 - Valeur comparée de diverses algues monocellulaires pour l'alimentation des larves de *Mytilus edulis* (L.) en élevages expérimentaux. Thèse 3ème cycle, Univ. Bret. Occ., Brest : 103 pp.
- Prat M., 1982 - Suivi du Phytoplancton, in : C.R. Activ. Scient. Lagunage de Mèze, Centre de Recherches. Rapport 1981-1982 : 86-122.
- Ruby E., Wirsen C.O. et Jannash H.W., 1981 - Chemolithotrophic sulfur-oxidizing bacteria from the Galapagos rift hydrothermal vents. Appl. Environ. Microbiol., 42 (2) : 317-324.
- Sandbank E. et Epher B., 1980 - Microalgae grown in waste-water as an ingredient in the diet of warmwater fish; in : Algae Biomass, Production and Use. G. Shelef and C.J. Soeder Ed. Elsevier, Amsterdam : 697-706.
- Soeder C.J., 1981 - Productivity of microalgal systems in : Wastewater for Aquaculture. University of the O.F.S. publication, Bloemfontein. Ser. C. (3) : 9-15.
- Venhard V., 1983 - Alimentation d'alevins de Loup *Dicentrarchus labrax* (L.) à partir de poissons ensilés. D.E.A. Biol. Physiol. Animale, Ecole Supérieure Agronomie, Toulouse : 34 pp.