



**HAL**  
open science

# L'aquiculture dans le monde : généralités, problèmes et perspectives

Roland Billard

► **To cite this version:**

Roland Billard. L'aquiculture dans le monde : généralités, problèmes et perspectives. Pisciculture Française d'Eau Vive et d'Etang, 1979, 55, pp.41-58. hal-01600875

**HAL Id: hal-01600875**

**<https://hal.science/hal-01600875>**

Submitted on 2 Jun 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - ShareAlike 4.0 International License

# L'aquiculture dans le monde: généralités, problèmes et perspectives

par R. BILLARD \*

## 1. - INTRODUCTION, PROBLÈMES GÉNÉRAUX.

### 1.1. - DÉFINITION ET HISTORIQUE.

L'aquiculture (ou aquaculture selon le terme anglo-saxon) est l'ensemble des activités qui vise à aménager et à contrôler le milieu aqueux en vue d'une production animale ou végétale utile à l'homme. L'élément de base en est l'écosystème aquatique qui, aménagé et maîtrisé, permet l'exportation de matière vivante à l'extérieur du système. Le terme aquiculture laisse sous-entendre la notion d'agriculture des eaux. La comparaison agriculture-aquiculture (voir 1.2) montre que l'aquiculture est encore loin de maîtriser le milieu aquatique comme l'agriculture maîtrise le milieu terrestre. Il y a des différences importantes entre les écosystèmes terrestres et aquatiques, et de plus le milieu aquatique est plus complexe et n'a pas bénéficié de la même histoire et de la même pression de colonisation que le milieu terrestre.

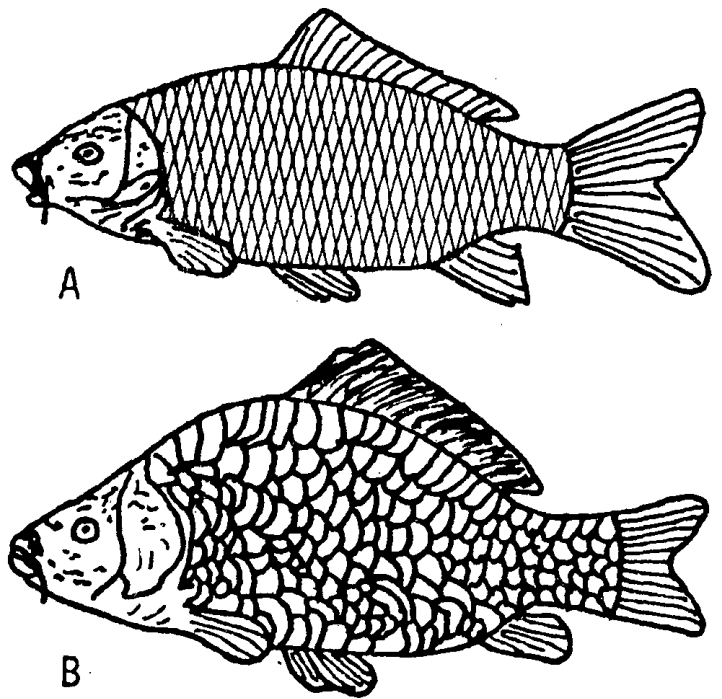
En fait, le vocable aquiculture recouvre la maîtrise totale ou partielle de l'élevage de quelques espèces de poissons, crustacés, mollusques et algues. Aussi les termes traditionnels de pisciculture (salmoniculture, cypriniculture, conchyliculture) rendent mieux compte de la réalité des faits, mais le terme aquiculture est porteur des ambitions de cette activité nouvelle.

L'histoire de l'élevage des animaux et végétaux aquatiques est ancienne. Il s'est agit tout d'abord d'une activité de cueillette, activité qui est encore très importante de nos jours. Parallèlement à la cueillette se sont développées des structures de stockage comme des bassins dont on retrouve des traces quelquefois même d'âge préhistorique, comme à Hawaï (KIRUCHI, 1976). L'élevage proprement dit est plus récent ; il a été, et est encore souvent de nos jours, un simple grossissement de juvéniles originaires du milieu naturel. Ce type d'élevage a été pratiqué depuis longtemps en zones lagunaires où des dispositifs de vannes ou grilles au niveau des zones d'échanges avec la mer permettent l'accès des alevins, mais interdisent la migration de retour des adultes vers la mer. Il subsiste des vestiges de ce système dans de nombreux pays du monde, les *valli* des côtes italiennes, les réservoirs à poissons des côtes atlantiques françaises ou les *tambaks* de la zone indo-pacifique à propos desquels on sait que des lois existaient déjà 1 400 ans avant J.-C. pour protéger les éleveurs de Chanos contre les voleurs. L'élevage des crustacés se pratique en Asie depuis le XII<sup>e</sup> siècle selon le même principe avec capture des post-larves lors de leur pénétration en eau saumâtre, puis grossissement en bassin. Les mollusques bivalves comme les huîtres étaient élevés par les Romains qui ont créé des parcs d'engraissement et qui procédaient au captage du naissain. On voit qu'il s'agit encore d'un simple grossissement.

L'élevage complet avec le contrôle de toutes les phases du cycle vital y compris de la reproduction est un phénomène plus récent et ne concerne qu'un petit

nombre d'espèces. Si on admet que la domestication s'accompagne de changement dans le comportement et la morphologie, on constate que seules la carpe et la truite ont réellement été transformées par l'homme : la forme des carpes d'élevage est très différente de l'espèce d'origine dont il subsiste encore des exemplaires dans le milieu naturel (fig. 1). Quant à la truite arc-en-ciel élevée actuellement en pisciculture, elle n'est pratiquement plus capable de se reproduire en rivière et son élevage, particulièrement pendant l'alevinage, est beaucoup plus facile que celui d'espèces voisines considérées comme apprivoisées (truite fario) ou encore sauvages comme le saumon atlantique. Cette domestication n'a été possible qu'après maîtrise complète de l'élevage qui remonte au Moyen Age pour la carpe, et au XIX<sup>e</sup> siècle pour la truite. Il ne semble pas qu'il existe d'autres espèces animales aquatiques bénéficiant d'une aussi longue histoire d'élevage. Le contrôle de la reproduction est maintenant pratiqué à une échelle commerciale pour les mollusques bivalves ; il est possible pour des poissons comme le loup et les poissons plats ainsi que pour les crustacés du genre *Macrobrachium*, et est en passe de l'être pour les Pénéides.

Fig. 1 : morphologie de la carpe  
A : forme sauvage ; B : race d'élevage



### 1.2. - AGRICULTURE ET AQUICULTURE.

L'aquiculture se propose de maîtriser le milieu aqueux de la même façon que l'agriculture maîtrise le milieu terrestre. Bien que les finalités de ces deux activités soient identiques, il existe des différences très importantes entre aquiculture et agriculture tant du point de vue état d'avancement des technologies que dans la nature de l'écosystème considéré.

(\*) Laboratoire de Physiologie des poissons, I.N.R.A., 78350 Jouy-en-Josas.

Dans l'écosystème terrestre, la production végétale se développe dans deux compartiments spaciaux bien délimités, photosynthèse dans l'espace aérien, ancrage et prélèvements des éléments minéraux dans le sol où s'effectue aussi la minéralisation de la matière organique. Les éléments minéraux sont pris par le système racinaire et transférés dans le compartiment photosynthétique.

Dans l'écosystème aquatique, la photosynthèse et le stockage des minéraux ont lieu dans le même compartiment qui correspond à la couche d'eau superficielle. Ce compartiment contient matière minérale  $O_2$  et  $CO_2$  et peut même assurer dans certains cas la minéralisation de la matière organique. Cependant, cette dernière s'opère dans un autre compartiment (constitué par le fond du plan d'eau et ses sédiments) à condition toutefois que l'oxygénation soit suffisante. Ce deuxième compartiment va donc jouer un rôle important dans les échanges de minéraux avec l'eau et conditionner la fertilité du système. Dans certains cas, des activités culturales comme l'assec avec une récolte de céréales pratiquée en Dombes rapproche l'aquiculture de l'agriculture en l'incluant dans l'assolement. D'autres pratiques culturales sont directement calquées sur l'agriculture comme l'apport d'engrais ou de fumier, lisier et amendements dans les étangs qui viennent compenser l'exportation de matière organique à l'extérieur du système.

Mais les pratiques culturales que l'homme est actuellement en mesure de réaliser sur les plans d'eau sont peu nombreuses et se limitent à des interventions plus zootechniques qu'agronomiques (bon équilibre des espèces introduites, apport alimentaire et contrôle des prises). Les façons culturales sont toujours limitées (photo 1) et on n'a pas en aquiculture cette création purement artificielle qu'est le sol labouré. Il s'ensuit l'impossibilité de contrôler la production végétale par culture monospécifique et élimination des plantes adventices. En effet, l'aquiculture n'a pas encore pu réaliser le contrôle de la production végétale (algues) et encore moins le contrôle de la chaîne alimentaire. Dans le cas de l'étang qui constitue le plan d'eau le plus facile à contrôler, il est impossible de prédire quels types d'algues vont se développer après la mise en eau et la productivité d'une série d'étangs identiques n'est jamais similaire que ce soit la même année ou d'une année à l'autre (BUCK et al., 1970).

Du fait d'un milieu complexe, d'une histoire plus récente et d'une assise biotechnique plus limitée, l'aquiculture n'a pu développer ses propres méthodes et concepts et n'est encore qu'une forme d'agriculture pri-

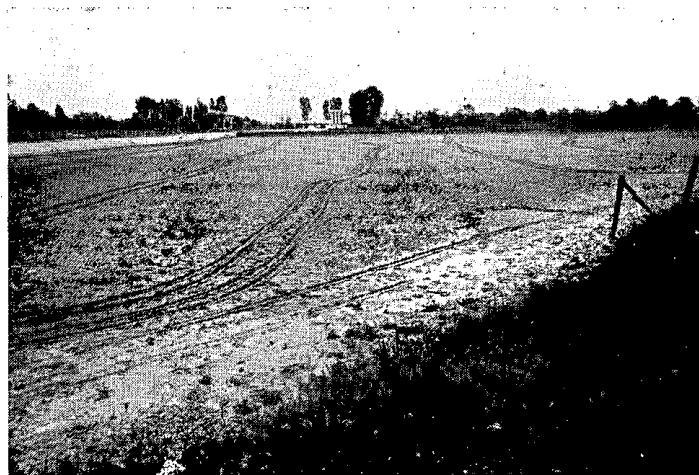


Photo 1 : Épandage de lisier dans un étang avant la mise en eau (station de Nucet, Roumanie).

mitive. Cependant, dans certains cas, l'aquiculture s'intègre à l'agrosystème comme en Chine, mais elle n'a pas encore réalisé un véritable aquisystème.

L'agriculture et la sylviculture ont progressivement et relativement rapidement transformés le milieu « naturel » pour créer un nouvel équilibre plus facilement exploitable par l'homme. Le milieu aqueux a longtemps échappé à cette évolution et est resté « naturel » c'est-à-dire non maîtrisé. L'aménagement de l'écosystème aquatique ne fait que commencer grâce à une aquiculture qui a jusqu'à présent mieux maîtrisé la production animale que la production végétale.

### 1.3. - LA PRODUCTIVITÉ NATURELLE DES EAUX ET LES PÊCHES OCÉANIQUES.

De nombreux travaux ont été consacrés à la production de matières vivantes dans les eaux. Le point de départ de l'exercice consiste à évaluer la production primaire (généralement d'après la fixation du  $^{14}C$  par des organismes photosynthétiques) et de calculer ensuite l'efficacité des transports au long de la chaîne alimentaire avant d'aboutir au produit utilisable par l'homme.

La productivité des eaux va donc dépendre de la production primaire (elle-même dépendant des minéraux disponibles, surtout N.P.K.) du nombre de niveaux trophiques et de l'efficacité de la transformation à chacun de ces niveaux. L'importance de la production primaire varie fortement selon les zones océaniques et RYTHÉ (1969) distingue trois secteurs principaux :

- la haute mer où la production annuelle est de 500 kg de C/ha/an ;
- les zones côtières (s'étendant jusqu'à une profondeur de 180 m) produisant environ 1 t. de C/ha/an ;
- les zones de « upwelling » où la conjonction de forts vents du large et de la rotation de la terre provoque, en particulier sur les côtes ouest des continents à des latitudes subtropicales, des remontées d'eau profondes riches en éléments fertilisants autorisant des productions de carbone allant jusqu'à 3 t/ha/an (voir CUSHING, 1971 ; SMITH, 1978).

Ce carbone est fixé par du plancton photosynthétique dont la taille varie selon les zones océaniques : microplancton ( $> 50 \mu m$ ) en zone côtière et nanoplancton (de 5 à  $50 \mu m$ ) au large. Le phytoplancton peut, en outre, se présenter sous forme de colonies. La taille et la présentation du phytoplancton est extrêmement importante car elle va conditionner la longueur de la chaîne alimentaire. En effet, le poisson ou les invertébrés directement utilisables par l'homme ne peuvent s'alimenter directement de nanoplancton et s'adressent en haute mer à des organismes plus gros qui seront nécessairement situés plus loin dans la chaîne alimentaire. Par contre, en zone de « upwelling », le poisson peut s'adresser directement au phytoplancton qui est de plus grande taille. C'est ainsi que les clupéides qui sont des herbivores au moins pendant la plus grande partie de leur vie sont abondants sur les côtes du Pérou. De même, le gobidé *Gobius bibarbat* se rencontre dans les eaux côtières du S.W. africain où il se nourrit de diatomées formant des colonies du genre *Fragilaria*. Le krill *Euphausia superba* qui commence à faire l'objet de pêche industrielle est un herbivore direct se nourrissant de colonies de la diatomée *Fragilariopsis antarctica*. On peut donc avoir des chaînes alimentaires très courtes dans ces zones de remontées d'eau profonde où RYTHÉ admet un niveau trophique et demi. En zone océanique, ce même auteur estime à trois le nombre de niveaux trophiques.

Le transfert de matière organique d'un niveau à l'autre s'opère avec des pertes non négligeables. En effet, la croissance de tout organisme dépend de la quantité et de la qualité des aliments ingérés desquels il faut retrancher les pertes dues aux processus métaboliques. L'efficacité de l'utilisation des aliments est d'environ 30 % chez le jeune en croissance mais est plus faible chez l'adulte. De nombreux facteurs vont modifier cette efficacité des transferts et, en particulier, la densité de proies ; lorsque les disponibilités alimentaires sont élevées, la croissance est rapide et l'énergie dépensée pour la capture des proies est faible ce qui tend à augmenter l'efficacité de transformation des aliments. SCHAEFER (1965) estime ainsi que le coefficient est de 20 % en zone de « upwelling », 15 % en zone côtière et 10 % en pleine mer. On peut calculer la production annuelle totale des océans en ressources utilisables par l'homme (tabl. 1). RYTHER arrive ainsi à des productions de  $240 \times 10^6$  tonnes et SCHAEFER à  $200 \times 10^6$  tonnes. Les captures potentielles sont cependant inférieures à ces valeurs car des prédateurs autres que l'homme effectuent des prélèvements importants. C'est ainsi que, dans les eaux péruviennes au moment de leur production maximum ( $10 \times 10^6$  tonnes), on a estimé à  $4 \times 10^6$  t/an la prédation qu'effectuaient les oiseaux sur le stock d'anchois tandis que les thons, céphalopodes et autres prédateurs marins prélevaient une quantité analogue.

D'autre part, l'homme ne peut espérer capturer toutes les ressources et se doit de laisser subsister un stock de géniteurs non négligeable. Finalement MOISEEV (1972) estime que les pêches maritimes ne peuvent pas prélever annuellement plus de  $90 \times 10^6$  t/an tandis que pour GULAND (1971) la récolte serait légèrement inférieure à  $110 \times 10^6$  tonnes. Les pêches actuelles sont cependant loin d'atteindre ces chiffres : la production de matière vivante pêchée en eau de mer et en eau douce a atteint  $70 \times 10^6$  tonnes en 1970, et après une diminution en 1972-1973 due à l'effondrement des pêches péruviennes la production a augmenté à nouveau en 1976 (fig. 2), mais il n'est pas certain que les  $100 \times 10^6$  tonnes ne soient jamais capturées (voir 2.1).

La production des pêches maritimes reste faible et les captures sont en moyenne de 2 kg/ha/an. Dans les zones d'upwelling très productive, on a enregistré des productions de 1,7 t/ha/an (cas des eaux péruviennes avant 1971). Mais ces fortes productions les rendent vulnérables car, du fait de la facilité de capture, l'homme est tenté d'y effectuer des prélèvements trop importants conduisant à une surexploitation et à un effondrement des populations comme dans le cas des anchois du Pérou.



Photo 2 : L'exploitation se pratique avec des intensités diverses :

- a) pêche de céphalopodes dans des amphores ;
- b) flottille côtière ;
- c) flottille de bateaux de pêche au port.

S'il reste quelques espoirs de voir la production mondiale des pêches augmenter légèrement, en particulier en exploitant de nouvelles espèces (dont le krill qui n'est pas directement utilisable par l'homme et dont la production ne peut excéder quelques dizaines de millions de tonnes) et en intensifiant les captures dans des zones sous-exploitées, on voit que les matières vivantes que l'homme peut cueillir dans les mers apparaissent limitées et qu'elles sont presque exploitées à leur niveau maximum actuellement (photos 2-3).

TABLEAU I. — Productivité en matière vivante des trois zones océaniques (d'après RYTHER, 1969 et SCHAEFER, 1965).

Zones océaniques	Surface $10^6$ km <sup>2</sup>	Production primaire (en t. de C organique)	Nombre de niveaux trophiques	Efficacité de transformation %	Production de matière vivante pêchable/T/an		
					calculée		pêchée
					Total	à l'ha	à l'ha
Haute mer .....	326	$16,3 \times 10^9$	5	10	$16.10^6$ t	50 g	
Côtes .....	36	$3,6 \times 10^9$	3	15	$120.10^6$ t	33 kg	
Upwelling .....	0,36	$0,1 \times 10^9$	1,5	20	$120.10^6$ t	3,3 t	1,7 t
Total .....	362,36	$20,0 \times 10^9$			$256.10^6$ t		
Moyenne .....						6,6 kg	2 kg

Pour comparaison, la productivité primaire peut atteindre 13 T de C/ha/an en zone de marais, 10 dans la forêt tropicale humide, 5 dans les forêts tempérées et 3 pour la terre cultivée. Elle est en moyenne de 3,5 T de C/ha/an sur les continents contre 700 kg sur les mers et estuaires (d'après LIETH et WHITTAKER, 1975 : Primary productivity of the biosphere, Springer-Verlag).



Photo 3 : Débarquement de poissons sur le port de Nagasaki (Japon).

## 2. - LA PRODUCTION DU MILIEU AQUATIQUE.

### 2.1. - LES APPORTS DES PÊCHES (fig. 2, tabl. II).

Les pêches mondiales et l'aquiculture ont produit en 1976 :  $73 \times 10^6$  de tonnes de matière vivante. La pêche qui représente 92 % de ce tonnage est encore le plus souvent une activité de cueillette bien qu'une réglementation élaborée progressivement avec l'augmentation des prises était mise en place. L'évolution des quantités pêchées a été spectaculaire : à la fin du siècle dernier, la production était de 1,5 à 2 millions de tonnes, elle atteignait  $4 \times 10^6$  t en 1900 et dépassait  $16 \times 10^6$  t en 1932. Après la guerre, du fait de l'amélioration des techniques de pêche, la production a augmenté régulièrement pour atteindre le seuil de  $70 \times 10^6$  t vers 1970, ce qui représentait 10 % des protéines consommées par l'homme. Ce niveau n'a guère varié depuis et on considère désormais que les ressources des océans ne sont pas infinies et que la productivité naturelle des eaux n'est pas illimitée (voir 1.3). Les captures sont surtout représentées par les poissons, mais une large variété de produits sont extraits des mers (tabl. II, photo 4).



Photo 4 : Des produits non commestibles comme des éponges font l'objet de pêche.

Figure 2 : Évolution de la production des pêches mondiales au cours des dernières années :

A.) productions totales pêche et aquiculture en mer et en eau douce, confondues ;  
B.) productions pêche et aquiculture des eaux intérieures (annuaire statistique des pêches de la F.A.O.).

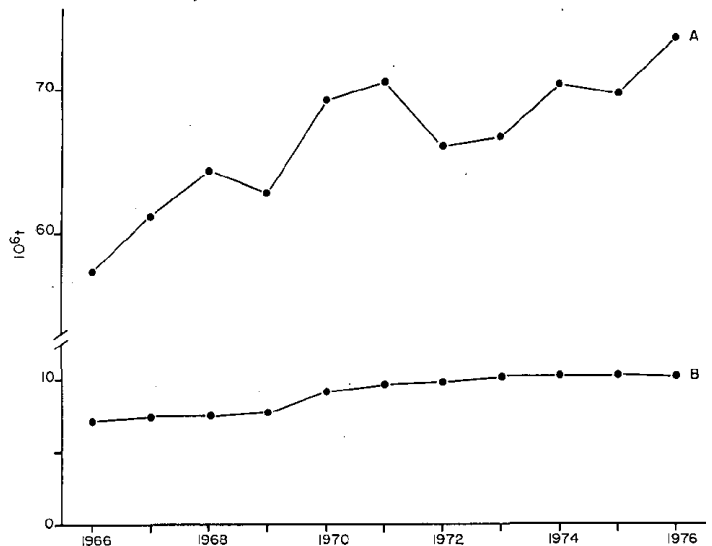


TABLEAU II. - Répartition des captures mondiales d'organismes aquatiques en 1976. (Ann. stat. des pêches F.A.O., vol. 42-43)

	Pds en milliers de tonnes	%
Poissons marins .....	54 087	73,6
Poissons d'eau douce .....	9 531	13,0
Poissons migrateurs .....	1 443	2,0
Mollusques .....	3 914	5,3
Crustacés .....	2 080	2,8
Mammifères aquatiques ...	355	0,5
Algues .....	1 323	1,8
Divers (amphibiens, reptiles, ascidés et divers invertébrés) .	735	1,0
<b>TOTAL .....</b>	<b>73 467</b>	

### 2.2. - LES APPORTS DE L'AQUICULTURE.

Les apports de l'aquiculture restent négligeables par rapport à ceux de la pêche. Le tonnage de matière vivante produite par l'aquiculture serait supérieur à  $6 \times 10^6$  t/an : 5 210 000 t en Asie (84 %), 817 000 t en Europe (13,2 %), 107 000 t en Afrique (1,7 %) et 70 000 t en Amérique latine (1,1 %). Quant aux espèces, les poissons sont les plus largement représentés avec  $4 \times 10^6$  t puis viennent les algues  $1 \times 10^6$  t, les mollusques  $1 \times 10^6$  t et les crustacés 16 000 t seulement (PILLAY, 1977). Mais certaines de ces productions présentent une proportion importante du total des pêches (2,5 % dans le cas de la conchyliculture). La production des eaux douces est de l'ordre de  $10 \times 10^6$  t dont plus de 50 % sont dues à l'aquiculture ; les cyprinidés sont les plus importants  $2 \times 10^6$  t en Chine seulement. Ensuite viennent les salmonidés ; la production de truite arc-en-ciel approche 100 000 t dans le monde. En mer, c'est surtout la sériole qui fait l'objet d'élevage avec 70 000 t au Japon. En eau saumâtre, c'est surtout dans la zone indo-pacifique que l'aquiculture est pratiquée et assure 75 % de la production totale mondiale. Les perspectives de développement sont importantes et la F.A.O. estime que l'aquiculture devrait être en mesure de produire  $20 \times 10^6$  t en 1985 et  $50 \times 10^6$  en l'an 2000.

### 3. - LES DIFFÉRENTS TYPES D'AQUICULTURE.

#### 3.1. - L'AQUICULTURE BASÉE SUR L'UTILISATION DES RESSOURCES NATURELLES DE L'ÉCOSYSTÈME AQUATIQUE.

(Aquiculture de production)

Ce type d'aquiculture consiste à transformer la productivité primaire des eaux en produits consommables par l'homme. Il s'agit d'une véritable agriculture puisque l'exploitation porte sur tous les niveaux de l'écosystème. Il s'agit d'une exploitation extensive, mais qui peut prendre un caractère semi-intensif par apport d'alimentation exogène en cas d'insuffisance de production naturelle. Dans plusieurs cas, des associations d'espèces (polyculture) permettent une meilleure utilisation des ressources du milieu par occupation de toutes les niches écologiques. Ce type d'exploitation suppose une bonne connaissance à tous les stades du cycle de croissance des disponibilités alimentaires et de la biomasse des espèces élevées présentes dans le plan d'eau. Cela implique en toute rigueur une maîtrise de l'écosystème aquatique lui-même, c'est-à-dire, le contrôle de la nourriture végétale et animale disponible tant du point de vue qualitatif (taille des proies en relation avec la taille des poissons) que quantitatif (augmentation des biomasses et reconstitution de chaîne alimentaire). Nous avons vu que cette maîtrise était encore incomplète mais l'examen de quelques réalisations de ce type d'aquiculture montre que plusieurs étapes ont déjà été franchies.

##### 3.1.1. - Élevage d'espèces dont une partie seulement du cycle vital est contrôlée.

###### 3.1.1.1. - Le contrôle porte sur la phase de croissance.

Il s'agit de juvéniles capturés dans la nature et placés en milieu plus ou moins contrôlé. C'est la forme d'aquiculture traditionnelle encore très fréquemment pratiquée et qui porte sur de très nombreuses espèces.

###### 3.1.1.1.1. - Le grossissement des mollusque (LUCAS, 1976).

Dans le cas de la conchyliculture, qu'il s'agisse d'élevage de moules, d'huîtres ou de pecten, la technique la plus fréquemment employée consiste à capter les post-larves sur des substrats (collecteurs) dont la nature varie d'un lieu à l'autre : branchages divers, fagots, chapelets de coquilles vides (Japon) [photo 5], coquilles et ardoises ou tuiles (France) pour les huîtres, cordes et pieux pour les moules, substrats filamenteux (rameaux de cèdre ou morceaux de filets maillants) pour les coquilles Saint-Jacques. Ce naissain ainsi fixé pousse quelques mois sur les collecteurs, puis est mis en culture, soit laissé sur le collecteur d'origine, soit enlevé (détroquage) et placé sur un nouveau substrat. Les modes d'élevage sont variés, culture à plat directement sur le sol ou sur tables surélevées de 20 à 50 cm, culture suspendue sur cordes ou dans des sacs ou paniers (photo 6) et culture sur pieux.

Il existe une autre technique plus simple de production de mollusques qui consiste à exploiter des bancs naturels, à commercialiser les individus les plus gros et à mettre les plus petits en grossissement (culture du jeune à l'adulte). C'est le cas des moules aux Pays-Bas, des huîtres aux U.S.A., des palourdes et des arches au Japon. A l'autre extrême, on commence à pratiquer la culture de l'œuf à l'adulte qui constitue la technique la plus évoluée en conchyliculture avec

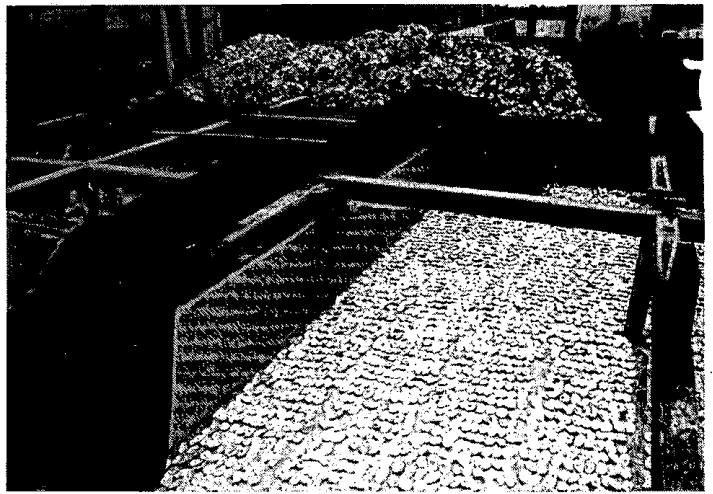


Photo 5 : Captage du naissain d'huîtres sur des chapelets de coquilles vides au Japon.



Photo 6 : Culture de coquilles Saint-Jacques en paniers suspendus au Japon.



Photo 7 : Bassins d'élevage de crevettes japonaises à AOI (Japon).

contrôle de la reproduction en écloserie et élevage larvaire en nourricerie. Ce nombre d'écloseries industrielles est encore très limité dans le monde. Il en existe quelques-unes au Japon, États-Unis, Grande-Bretagne et en France.

### 3.1.1.1.2. - Le grossissement des crustacés.

Le grossissement des crustacés marins péneus et métapeneus se pratique traditionnellement en étangs saumâtres dans la région indo-pacifique. Le cycle biologique est complexe, la ponte a lieu en zone côtière, en profondeur (30-80 m) d'où les larves migrent en eau saumâtre où se déroule la phase post-larvaire et la phase de grossissement. Deux techniques d'élevage sont pratiquées. Dans le cas de peuplement naturel, les larves sont admises naturellement dans les étangs de grossissement grâce à des grilles qui sont ouvertes le jour en marée montante (comme par exemple à Singapour). Des larves sont aussi admises dans les bassins d'élevage des Chanos (Milkfish) et dans les rizières. Dans le cas de peuplement contrôlé, les post-larves sont collectés par des pêcheurs professionnels qui les vendent aux pisciculteurs, lesquels les mettent en élevage dans des étangs bien contrôlés, en mono ou en

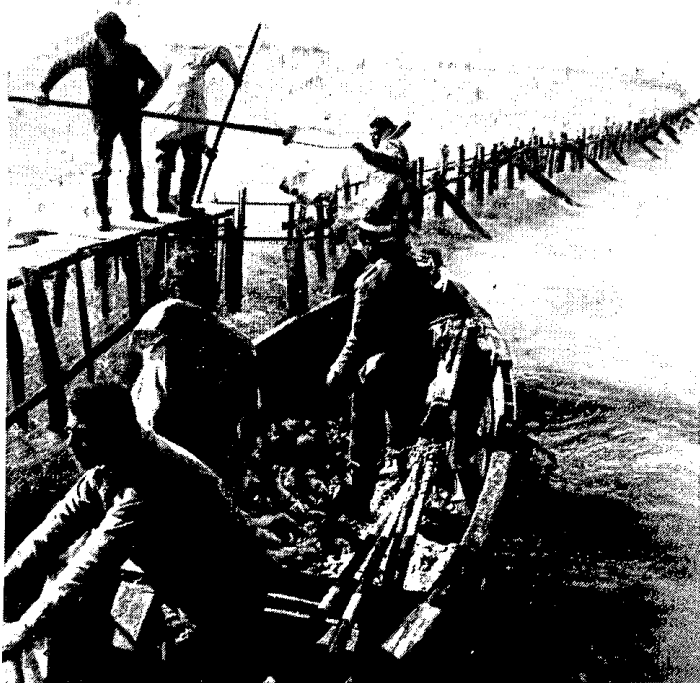


Photo 8 : Bordigue du lac des Bibans en Tunisie.



Photo 9 : Bordigue du lac de Tunis.

polyculture. Les charges sont mieux connues et on peut éliminer les prédateurs (photo 7).

Comme dans le cas des mollusques, des essais de production de « l'œuf à l'adulte » se pratiquent au Japon pour les pénéides et autres crustacés. Ils se sont étendus aussi dans le Sud-Est asiatique. Ce type de production reste limité (quelques centaines de tonnes) et le cycle n'est pas encore complètement maîtrisé. En effet, la reproduction n'est pas contrôlée et l'approvisionnement en femelles matures se fait dans la nature (pêche).

### 3.1.1.1.3. - Le grossissement des poissons.

La production de poisson en zone lagunaire porte essentiellement sur des espèces phytophages comme le chanos qui est élevé à une grande échelle (160 000 ha aux Philippines, 120 000 ha en Indonésie), les mullets dans cette même région indo-pacifique et sur le pourtour méditerranéen. On trouve aussi des carnassiers dans ce type d'élevage comme le loup dans la valiculture italienne. Comme dans les cas précédents, les juvéniles sont issus du milieu naturel. Les techniques d'élevage vont d'un simple peuplement naturel (admission libre des jeunes et capture des adultes lors de leur migration vers la mer dans des dispositifs de capture comme des bordigues (photo 8-9) à un peuplement bien défini en zones lagunaires bien maîtrisées. A Hong-Kong, Formose et en Israël, on procède à l'élevage du mullet seul ou en polyculture avec des poissons d'eau douce selon les mêmes techniques que pour la production de carpes en étang. Généralement ce type de production est basé essentiellement sur les ressources naturelles du milieu. Il peut y avoir apport d'aliments. Le problème majeur de ce type d'exploitation est que les populations planctoniques sont sous-exploitées au début du cycle d'élevage lorsque les étangs sont mis en charge avec des juvéniles dont la biomasse est réduite. Au contraire, vers la fin du cycle de croissance, les disponibilités alimentaires naturelles deviennent insuffisantes. Il peut alors y avoir apport de fertilisants minéraux et organiques et d'aliments (riz, résidus divers). Dans ces conditions, la production est de 200 à 250 kg/ha/an comme aux Philippines pour les chanos. Les « tambaks » indonésiens mieux gérés produisent entre 250 et 1 000 kg/ha/an, tandis qu'à Formose une gestion très rationnelle des stocks (TANG, 1970) permet des productions de 1 000 à 2 500 kg/ha/an dans le cas du chanos. Il y a alors présence simultanée de poissons de tailles différentes et prélèvement en continu des poissons commercialisables.

En Indonésie, un apport d'effluents domestiques dans les étangs a permis de porter la production de chanos à 5 t/ha/an. Cette espèce phytophage qui valorise remarquablement bien la productivité naturelle des eaux s'étend avec succès dans de nombreux pays (120 000 ha et 50 000 t en Indonésie, 160 000 ha et 90 000 t aux Philippines, 16 000 ha et 30 000 t à Formose). Il faut préciser que ces performances sont aussi liées aux températures élevées qui peuvent dépasser 30 °C, et à une croissance particulièrement rapide de cette espèce 800 g à 1 kg au cours de la première année, autorisant des cycles d'élevage courts : 3 à 9 mois.

### 3.1.1.2. - Le contrôle porte sur la reproduction et l'alevinage (aquiculture de repeuplement).

Ce type d'aquiculture qui vise toujours à exploiter au mieux les ressources naturelles de l'écosystème aquatique consiste à contrôler la reproduction et à réaliser l'élevage larvaire ou l'alevinage en nurserie avec quelquefois grossissement avant de lâcher les sujets

dans le milieu naturel lorsque les conditions physiologiques des individus ou les conditions de milieu sont favorables. On réalise ainsi une protection des juvéniles pendant leur phase de développement les plus vulnérables et on valorise la forte production d'œufs que présentent les animaux aquatiques.

### 3.1.1.2.1. - Le repeuplement en poissons migrateurs.

#### 3.1.1.2.1.-1. Cas des salmonidés.

Il s'agit là du cas de repeuplement le plus spectaculaire. On procède à un élevage en eau douce jusqu'à ce que les sujets soient physiologiquement aptes à la vie en eau marine (de quelques mois à un ou deux ans selon les espèces et la vitesse de croissance). Les individus lâchés migrent dans leurs zones d'engraissement spécifiques et, après une vie trophique d'une ou plusieurs années, ils reviennent à leurs sites d'élevage (photo 10). Ils sont capturés en zone côtière par une pêche professionnelle ou une pêche sportive dans certains cas. On autorise au Japon une pression de pêche qui ménage une quantité définie de géniteurs qui remonteront jusqu'à la pisciculture où ils seront utilisés pour la reproduction. Ce type de repeuplement (Sea ranching) est surtout pratiqué dans l'Océan Pacifique par les Japonais, Soviétiques, Américains (photos 11-12) et Canadiens qui relâchent au total environ 1,5 milliard de saumons chaque année avec des taux de captures variant de 1 à 5 % (photo 13). Les Japonais ont mis au point des techniques très élaborées pour l'élevage et le lâcher lorsque les conditions de milieu sont favorables, surtout en ce qui concerne la température, les disponibilités alimentaires à la fois dans la rivière et en mer. Quelquefois, si nécessaire, on procède à une distribution de nourriture aux alevins lors de leur descente vers la mer. Du fait de leur équipement sommaire et du choix d'une espèce qui migre en mer après un à deux mois d'élevage seulement, les performances économiques sont remarquables, quoique encore expérimentales et valables seulement pour le Japon.

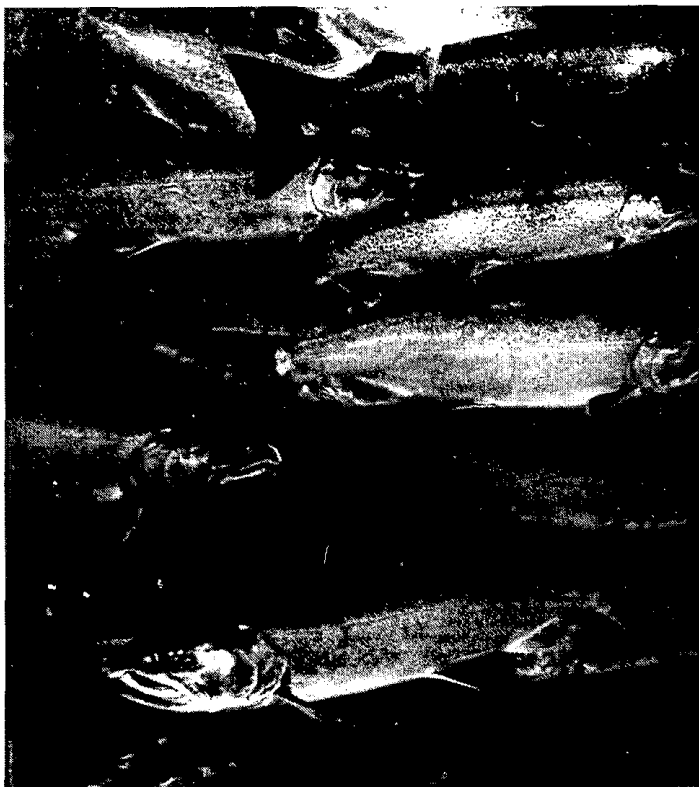


Photo 10 : Concentration de saumons dans le chenal d'accès à l'écloserie-nourricerie de Capilano, B.C. Canada

En eau douce, d'autres salmonidés font l'objet de repeuplement, comme le saumon coho dans les grands lacs américains, introduits pour remplacer les espèces locales, comme l'omble de lac, qui ont complètement été éliminées par l'arrivée de la lamproie marine après mise en communication des lacs avec la mer. Dans les lacs européens, des repeuplements en truites, ombles et corrégonnes sont pratiqués. Des techniques originales sont quelquefois mises en œuvre, comme dans le cas de production de corrégonnes de repeuplement dans les lacs de Mazurie, en Pologne, où l'élevage est pratiqué

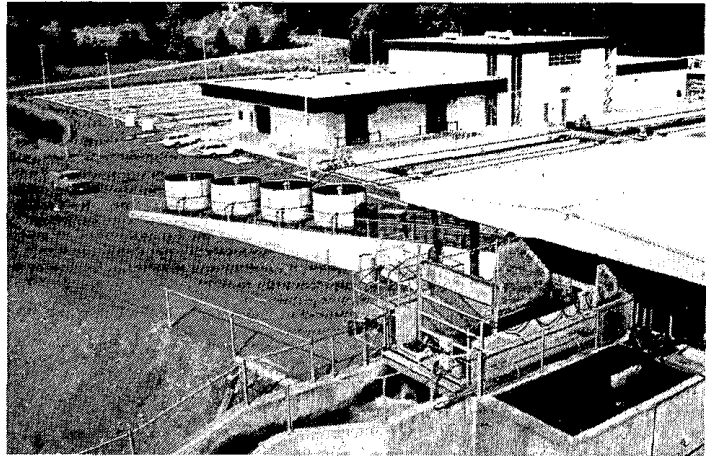


Photo 11 : Des écloserie-nourriceries très importantes ont été mises en place sur la côte Pacifique. Ici « Cowlitz Salmon Hatchery ».

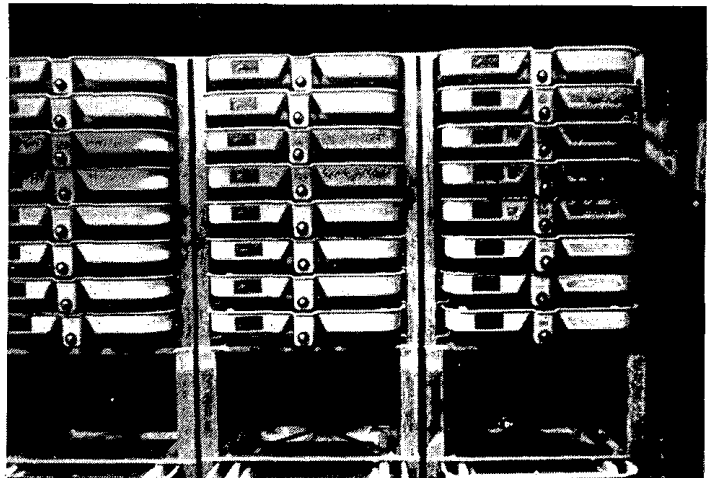
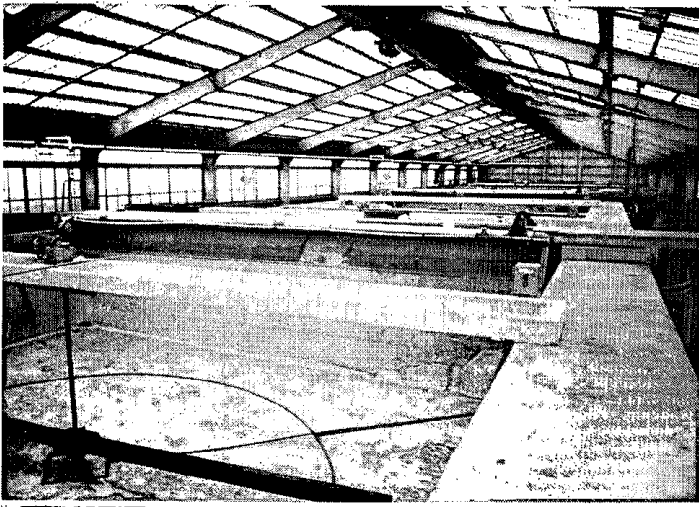


Photo 12 : Incubateur pour œufs de saumon destinés au repeuplement (Cowlitz Hatchery).



Photo 13 : Exemple de nourricerie destinée à la production de saumons de repeuplement dont les dimensions sont plus modestes (Montrose, Écosse).





pendant quelques mois en cage dans le lac même où ils seront relâchés. Un éclairage placé à l'intérieur de la cage constitue une source d'attraction pour le plancton dont se nourrissent les jeunes.

### 3.1.1.2.1.-2. Cas de l'esturgeon.

Un autre migrateur fait l'objet de repeuplement intensif ; il s'agit de l'esturgeon, dont la production en éclosérie est pratiquement devenue systématique en U.R.S.S. Comme pour le saumon, ce système s'est substitué à la reproduction naturelle que l'implantation de grands barrages sur la plupart des fleuves a fortement réduite. Le principe est le même : capture des géniteurs en aval des barrages, reproduction artificielle, incubation et, progressivement, lâcher. La phase trophique se déroule en mer, où les sujets sont capturés par des pêcheurs professionnels. La production de ce type de repeuplement est de 25 à 27 000 t/an (95 % en mer Caspienne et 5 % en mer d'Azov).

### 3.1.1.2.2. - Le repeuplement en animaux marins.

Tous les animaux marins ne présentent pas des particularités de migration aussi précises que les saumons ou les esturgeons et les essais ne sont encore pratiqués qu'à une petite échelle. Ce sont à nouveau les Japonais qui se sont montrés les plus audacieux dans ce domaine en implantant une dizaine d'écloséries de repeuplement sur l'ensemble de leur territoire et, en particulier, autour de la mer intérieure de Sétô (photos 14-15). Au total, ce sont annuellement 10 millions de dorades rouges, 100 millions de crevettes et 4 millions d'ormeaux qui sont lâchés. Les taux de captures ne sont pas connus avec précision, sauf pour les ormeaux, pour lesquels on considère que le repeuplement est économiquement rentable (mais il s'agit d'une espèce chère au Japon).

Comme pour les saumons, un soin tout particulier est apporté lors du lâcher portant sur la protection des juvéniles contre les prédateurs et en favorisant l'adaptation des jeunes à leur nouveau milieu. C'est ainsi qu'à Aoi, on a créé une zone dans laquelle les prédateurs n'ont pas accès et où sont lâchées les crevettes qui peuvent gagner librement les zones côtières.

Des essais de repeuplement de milieu marin ouverts sont pratiqués actuellement en de nombreux points du globe et, en France, des tentatives de repeuplement ont été faites en homards et en ormeaux.

### 3.1.1.2.3. - Les repeuplements dans le cas de la pêche de loisir.

Un repeuplement de type particulier tend à se répandre dans les pays développés à forte densité de population ; il s'agit du repeuplement des eaux douces pour les besoins de la pêche amateur. Les raisons de cette extension en sont diverses : forte pression de pêche qu'une production naturelle ne peut satisfaire, pollutions, technicité du pêcheur insuffisante pour capturer les populations sauvages. Il n'y a pas de doctrine bien définie dans ce domaine et l'efficacité de ces repeuplements n'est souvent pas clairement établie. Le

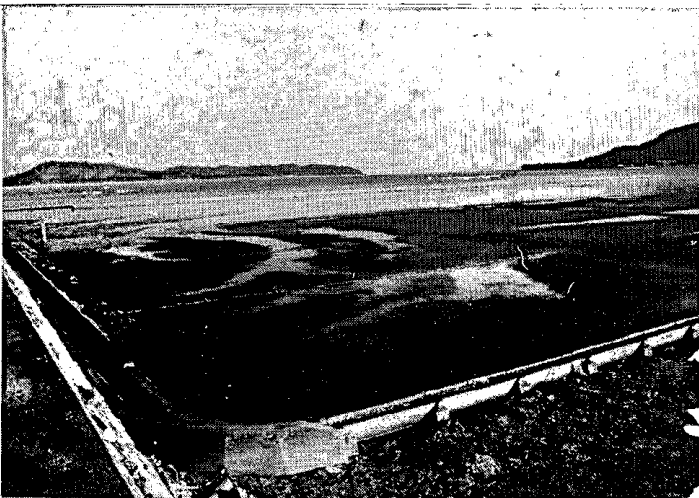
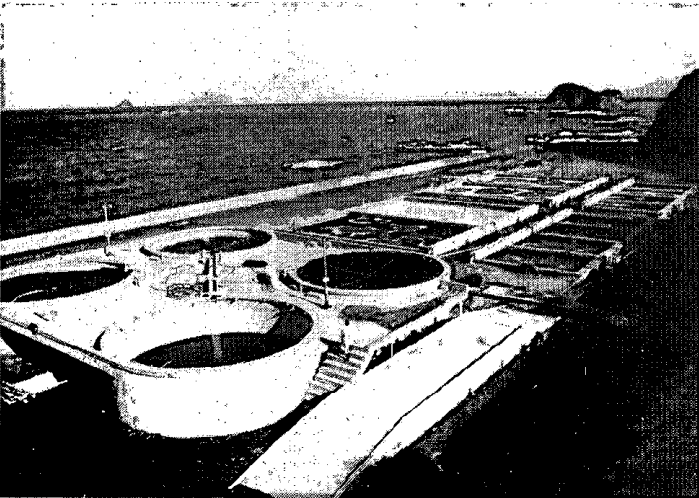
Colonne de gauche, de haut en bas :

**Photo 14 :** Bassins d'élevage d'algues pour la nourriture de proies destinées aux larves de sujets de repeuplement. Éclosérie de Tamano (mer de Sétô, Japon).

**Photo 15 :** Éclosérie de Nomazaki (près de Nagasaki, Japon).

**Photo 16 :** Zone de lâcher de crevettes de repeuplement à AOI (Japon).

**Photo 17 :** Pêche amateur en rivière.



lâcher se fait à tout âge : œufs embryonnés, alevins et même sujets adultes. Les espèces concernées varient suivant les pays ; le plus souvent il s'agit de salmonidés mais en France on pratique des repeuplements en brochets et diverses espèces de poissons blancs. On estime qu'en Europe il y a 16 millions de pêcheurs amateurs ; la quantité de poissons capturés n'est pas connue avec précision mais elle est loin d'être négligeable [GAUDET, 1977] (photos 17-18).

### 3.1.2. - Élevage d'espèces dont la totalité du cycle est contrôlée.

#### 3.1.2.1. - La pisciculture d'étang.

L'exemple le plus typique de ce genre d'élevage entièrement contrôlé et utilisant au maximum les ressources naturelles du milieu est donné par la pisciculture d'étang telle qu'elle est pratiquée en Europe (photos 19-20) et en Chine. En Europe, et surtout en Europe de l'Est, les différentes phases du cycle d'élevage se déroulent en étangs séparés : reproduction en étang frayère, premier et deuxième alevinage [printemps et été de la première année] (photo 21), croissance (deuxième année) et engraissement (troisième année). Il est ainsi plus facile de contrôler la biomasse de poissons et d'obtenir des croissances plus homogènes. Cependant, comme dans le cas des étangs littoraux, la biomasse des poissons est trop faible au départ pour utiliser au mieux le plancton disponible qui est alors sous-exploité. Mais, très rapidement, la prédation exercée par les poissons sur le zooplancton devient trop forte et surtout elle s'exerce sur des formes jeunes qui ne peuvent grossir et utiliser au mieux le phytoplancton dont on stimule parallèlement la production par apport de fertilisants.

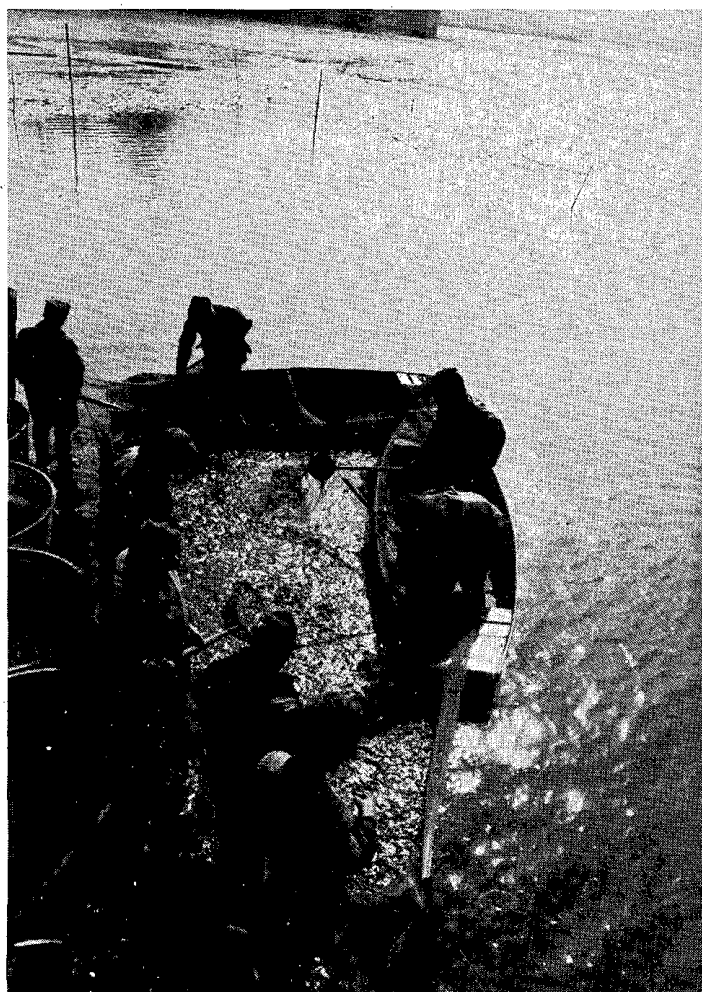


Photo 21 : Pêche de carpe de 1<sup>er</sup> été (pisciculture de Hluboká, Tchécoslovaquie).

En quelque sorte, les poissons mangent le blé en herbe. Afin de maintenir un taux de croissance suffisant, on est alors obligé de distribuer une alimentation complémentaire. Une méthode mise au point par des biologistes polonais permet de décider du début de l'alimentation, ainsi que des apports quantitatifs et qualitatifs. Cette méthode est basée sur un inventaire périodique des différentes catégories de taille de zooplancton.

Si les grosses formes de zooplancton (*Daphnia magna* et *pulex*, *Simocephalus*) tendent à disparaître, on considère que la prédation devient trop forte et qu'il faut procéder à une distribution d'aliments. Il s'agit

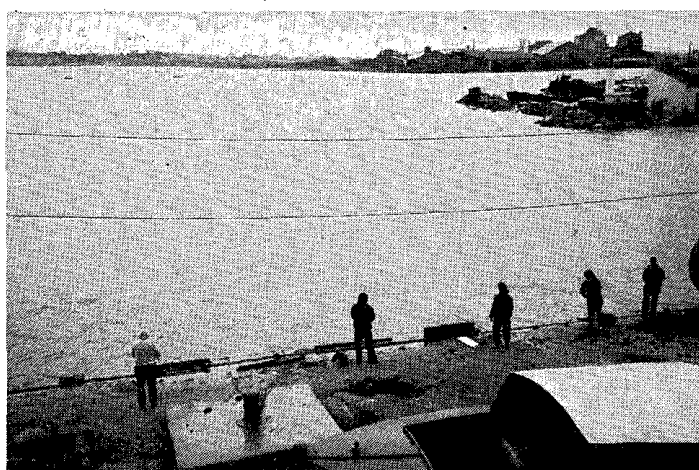


Photo 18 : Pêche amateur en zone côtière (entrée de l'étang de Thau à Sète).

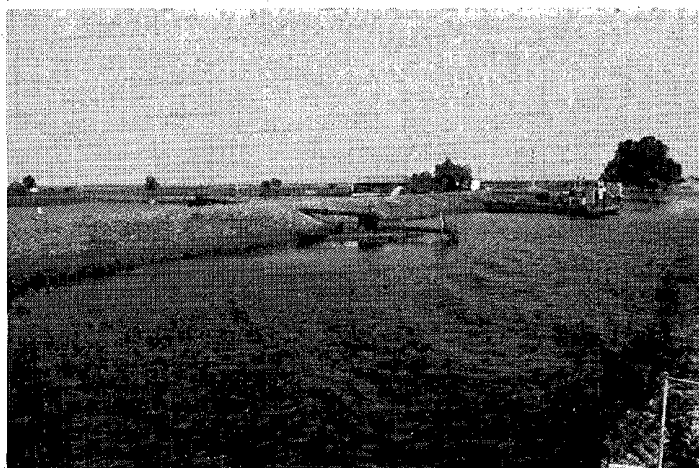
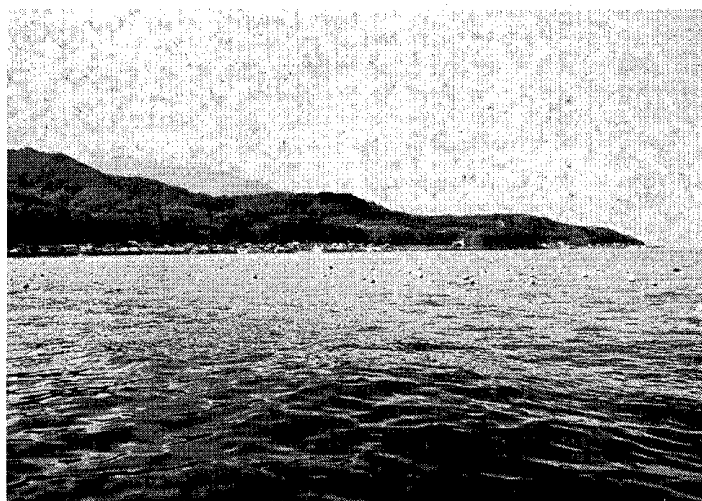
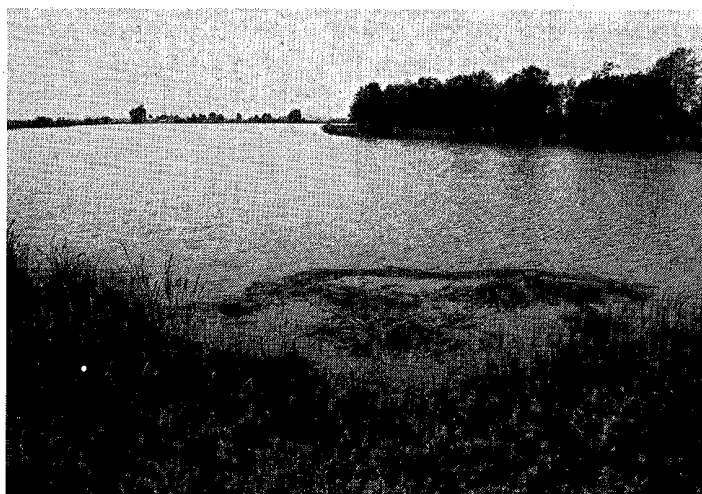


Photo 19 : Système d'étangs alimentés par pompage dans le delta du Danube (Roumanie).



Photo 20 : Étang alimenté exclusivement par les eaux de ruissellement en Dombes.



alors uniquement de céréales car la quantité de plancton consommé reste encore importante et la ration demeure équilibrée du point de vue protéique. Par contre, lorsque les formes moyennes du zooplancton (*Daphnia longispina*, *polyphemus*) ont disparu et qu'il ne reste que les petites formes, on estime que l'apport naturel est très faible et un granulé complet est distribué. La production annuelle de ce type d'exploitation va dépendre naturellement de la quantité d'aliments apportés sachant qu'ils interviennent directement en tant que nourriture et indirectement en tant qu'engrais organique du fait des fécès rejetés (SEN *et al*, 1978). On estime que les ressources naturelles aquatiques permettent un accroissement de poids de 200 à 400 kg/ha/an, selon la fertilité des étangs, pour des durées de croissance effective de quelques mois seulement.

Une amélioration de ce type d'élevage réside dans l'association dans le même étang d'espèces différentes inféodées à des niveaux trophiques différents (polyculture). Les pisciculteurs chinois maîtrisent particulièrement bien ce type d'exploitation et mettent en présence des carpes phytoplanctonophages (carpe argentée : *Hypophthalmichthys molitrix*) herbivores se nourrissant de plantes supérieures (*Cténopharyngodon*). Il est ainsi possible d'obtenir des productions de plusieurs t/ha avec apports alimentaires exogènes limités [céréales et surtout végétaux supérieurs comme des graminacées et des roseaux] (photo 22). Des fumures sont pratiquées et sont essentiellement organiques comme du lisier de porcherie. Dans ce pays, la pisciculture fait partie intégrante de l'exploitation agricole, de sorte que l'aquaculture est réellement intégrée à l'agriculture. La polyculture permet incontestablement une meilleure valorisation de la production naturelle de l'écosystème (photo 23). Les pisciculteurs roumains et hongrois qui ont introduit les espèces et les méthodes chinoises ont montré que sans dépenses énergétiques supplémentaires la polyculture, dont les rendements dépassent 1 t/ha/an, permet de doubler les performances de la monoculture en étangs.

### 3.1.2.2. - La production d'algues.

La culture des algues se pratique à une grande échelle en Asie : le Japon, la Corée et la Chine produisent à eux seuls  $1,5 \cdot 10^6$  de tonnes (poids humide) à des fins alimentaires. Les espèces cultivées sont surtout du genre *Porphyra* (Nori), *Undaria* (Wakamé) et *Laminaria*, ainsi que des Spirulines. On cultive aussi à une grande échelle aux Philippines des Rodophycées à phycolloïdes (agar agar) à des fins industrielles. Ces techniques de production, dont les plus anciennes datent du XVII<sup>e</sup> siècle au Japon (Nori), sont en constante évolution, faisant intervenir des matériaux modernes (par exemple des filets remplaçant les fagots de branchages comme support), et des techniques avancées directement issues de résultats de recherches de laboratoire (ensemencement artificiel des filets avec des spores dans des laboratoires de terrain, extension de la période de captage par multiplication végétative et congélation de

**Colonne de gauche, de haut en bas :**

**Photo 22 :** Distribution de végétaux supérieurs pour l'alimentation de la carpe herbivore *Cténopharyngodon*.

**Photo 23 :** La polyculture peut aller jusqu'à l'association canard-carpe comme ici en Tchécoslovaquie.

**Photo 24 :** Culture d'algues en zone côtière au Japon. Les bouées soutiennent les cordages suspendus ensemencés de spores (Hokkaido, Japon).

**Photo 25 :** Culture d'algues sur filets horizontaux tendus entre alignements de pieux (péninsule d'Oshika, Japon).

jeunes pousses). La croissance se fait sur supports en zone côtière (photos 24-25), dans quelques cas en zones lagunaires ; on procède à des apports de fertilisants, mais la plupart du temps les algues s'approvisionnent des minéraux naturellement présents dans l'eau de mer. Au Japon, les productions sont de l'ordre de 5 à 6 t/ha (poids humide) pour les Nori et les Wakamé, ce qui correspond aux performances d'une production herbagère extensive.

### 3.2. - L'AQUICULTURE DE TRANSFORMATION.

Il s'agit d'une aquiculture de pays développés de type industriel et intensif, le plus souvent monospécifique avec apport alimentaire exogène, couvrant la totalité des besoins des animaux. L'eau n'est en fait qu'un substrat apportant l'oxygène et éliminant les produits du métabolisme.

Ce type de production ne mérite pas à proprement parler le qualificatif d'aquiculture mais plutôt celui de pisciculture. En effet, ce sont surtout des poissons qui sont ainsi produits bien qu'il existe quelques exemples de production intensive de crevettes (photo 26). Dans la plupart des cas, toutes les phases du cycle d'élevage sont maîtrisées (salmonidés) mais dans le cas de la sériole et de l'anguille, il s'agit seulement d'une pisciculture de grossissement.

#### 3.2.1. - La pisciculture des salmonidés.

Compte tenu des exigences en température et en oxygène des salmonidés, leur pisciculture se limite aux zones tempérées froides. La production de truite arc-en-ciel est très développée en France, Italie, Danemark, États-Unis et Japon, chacun de ces pays produisant entre 10 et 20 000 t/an. Il y a quelques dizaines d'années, ce type d'élevage était localisé près des abattoirs, des conserveries, ou près des ports de pêche car l'alimentation était à base de déchets d'abattoirs ou de poissons non commercialisés. Avec le développement d'une alimentation relativement bien équilibrée sous forme de granulés, la salmoniculture s'est considérablement développée et s'est étendue à toutes les régions, le facteur limitant étant le nombre de sites favorables (eau de bonne qualité). Les techniques de production sont bien maîtrisées. La reproduction a lieu en automne et en hiver. La plupart des grosses piscicultures disposent elles-mêmes de leur stock de géniteurs et assurent leur propre production de juvéniles. Certaines commercialisent leurs excédents d'œufs ou se sont spécialisées dans ce type de production et approvisionnent d'autres piscicultures qui n'assurent que le grossissement. Ces établissements sont implantés sur sources ou en bordures de rivières dont elles détournent une partie du débit. L'élevage se fait en bassins de forme très diverses, le plus souvent rectangulaires et peu profonds (80 cm à 1 m) faits de terre ou de béton (photo 27) et parcourus par un fort débit d'eau car la densité de poissons y est toujours forte (10 à 100 kg/m<sup>2</sup>). La commercialisation se fait à la taille portion (environ 200 g) et la durée du cycle d'élevage est d'un an et plus selon le régime thermique des eaux. L'étalement de la production au cours de l'année est possible en utilisant des souches à reproduction précoce ou tardive ou en important des œufs embryonnés de l'hémisphère sud. On peut aussi modifier la vitesse de croissance par la quantité de nourriture distribuée. En Europe, la commercialisation est généralement assurée à l'état frais tandis qu'aux U.S.A. ou au Japon les truites sont éviscérées et congelées. Les problèmes posés par ce type d'élevage sont surtout liés à la qualité de l'eau (pollution exogène et endogène) et aux débits disponibles, surtout en période

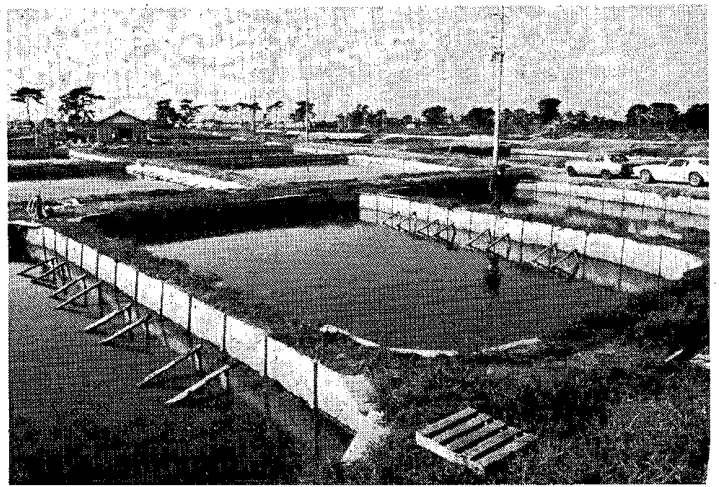


Photo 26 : L'aquiculture de transformation porte aussi sur des espèces comme la tortue dont on voit des bassins de grossissement à Hamanoko (Japon).

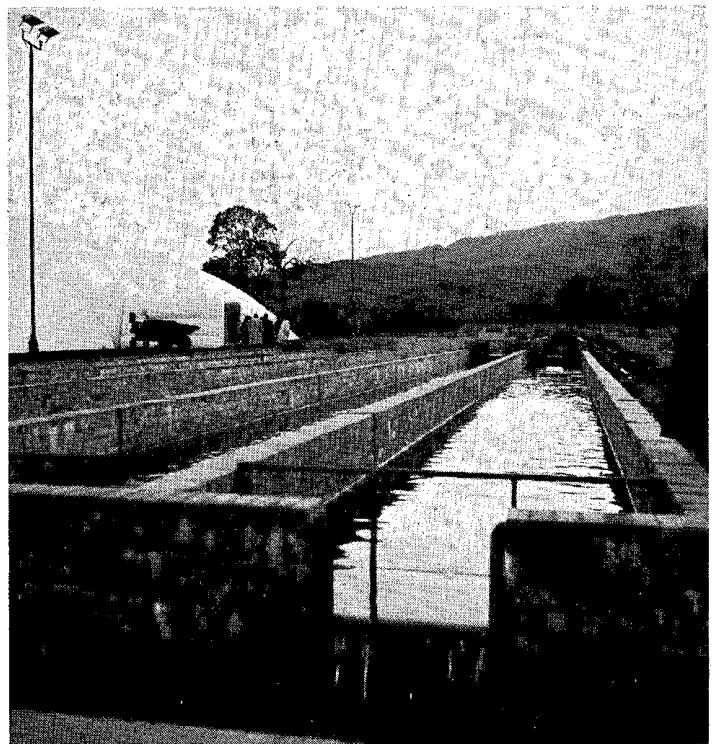


Photo 27 : Les matériaux mis en œuvre pour la construction des bassins sont variés ; ici utilisation de la brique dans une pisciculture d'Écosse.

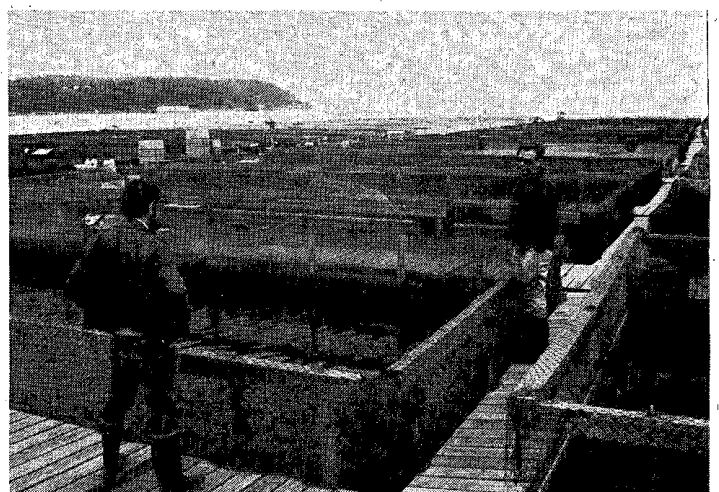
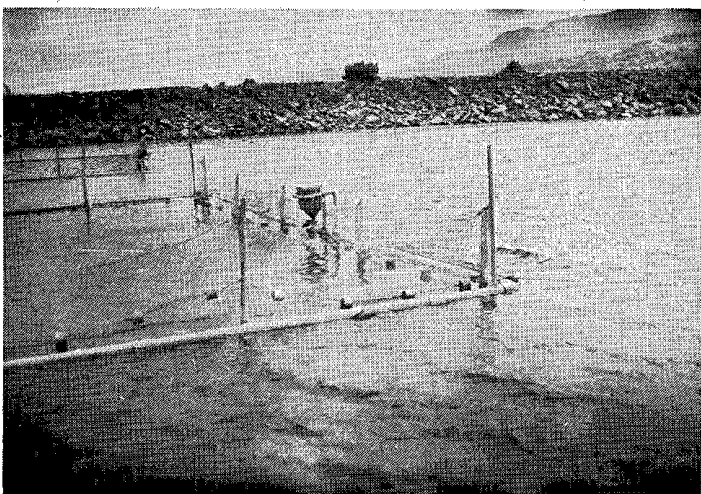
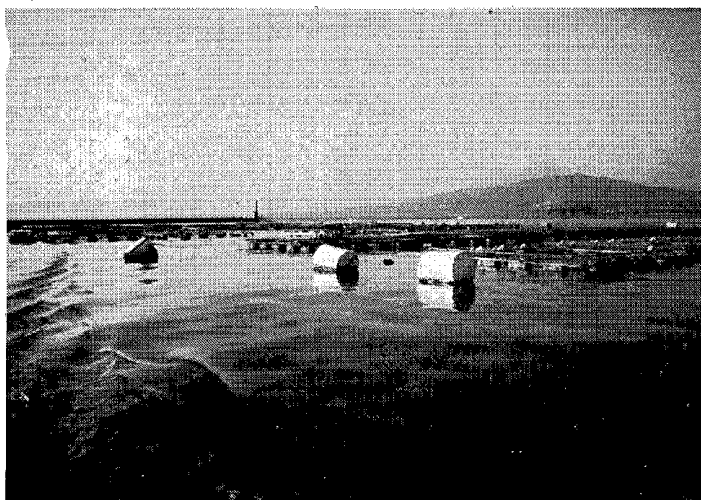
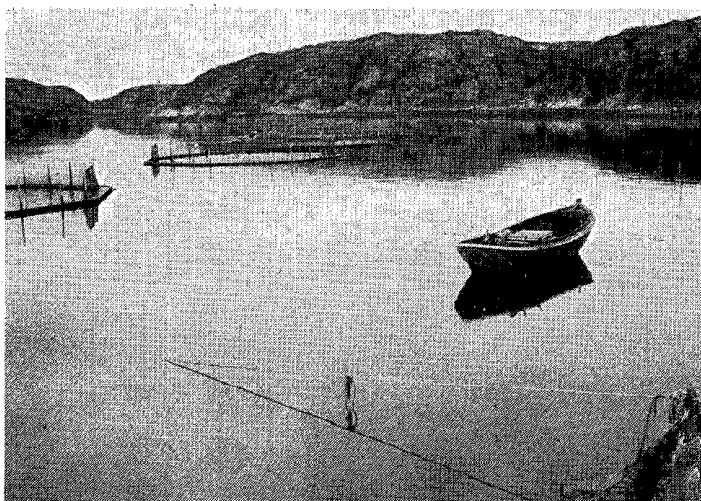


Photo 28 : Élevage de saumons pacifiques en cages dans le Puget Sound (État de Washington) aux États-Unis.



estivale. Ce type d'élevage intéresse aussi le saumon et il se pratique en mer en cages en zones abritées. Il est important aux États Unis (photo 28) [côte Ouest] et concerne le genre *Oncorhynchus* et même *S. salar*, ainsi qu'en Europe ; la Norvège (photo 29) et la Grande-Bretagne produisent quelques milliers de tonnes annuelles de saumon atlantique.

### 3.2.2. - L'élevage d'animaux marins.

#### 3.2.2.1. - La pisciculture de grossissement.

Un exemple typique de pisciculture de grossissement intensif est donné par la sériole (photo 30) au Japon qui est élevée en cage en mer dans les mêmes conditions que le saumon. L'alimentation est à base de poissons broyés. Les juvéniles sont capturés dans la nature. Ce cycle d'élevage est bref car la croissance est rapide (1 kg pendant les six premiers mois d'élevage).

#### 3.2.2.2. - Les essais d'élevage de quelques espèces de poissons marins.

Quelques essais d'élevage ont été réalisés en France, Grande-Bretagne, Israël à une échelle expérimentale (et quelquefois commerciale) et portent sur le loup (ou bar), la dorade et quelques poissons plats (plie, sole, turbot). La plupart des phases du cycle vital sont maintenant maîtrisées ou en cours de l'être, au moins au laboratoire, mais le stade industriel se fait attendre. En France, la première espèce à franchir le pas sera probablement le loup pour lequel des productions commerciales de quelques tonnes sont prochaines. La technique d'élevage passe par la production de juvéniles avec une alimentation artificielle. Après un pré-grossissement en nourricerie, les alevins peuvent être transférés en bassins à terre ou en cage en zone côtière. L'alimentation est apportée sous forme de granulés et la vitesse de croissance dépend de la température. Cependant, il ne semble pas que la taille portion puisse être atteinte avant 15 à 18 mois.

#### 3.2.3. - Le cas de l'élevage de poissons en eaux réchauffées.

Les eaux de refroidissement des centrales électriques sont de plus en plus utilisées à des fins agricoles comme l'horticulture sous serre, mais aussi pour l'élevage de poissons en eau réchauffée (photos 31-32). Il s'agit surtout d'un élevage du type intensif décrit ci-dessus, mais dans lequel la température des eaux est plus élevée ( $\Delta t$  : 3 à 7 °C au-dessus de la température ambiante). On bénéficie ainsi d'une meilleure croissance. Des carpes sont ainsi élevées et même un cycle de production de truites est réalisable en période hivernale. Dans les installations les mieux conçues, une double admission eau ambiante - eau réchauffée permet d'obtenir une température constante d'élevage.

Colonne de gauche, de haut en bas :

**Photo 29 :** Élevage de saumons atlantiques en cages en zone côtière abritée en Norvège.

**Photo 30 :** Élevage de la sériole en cages dans la baie de Numazu au Japon.

**Photo 31 :** Le dispositif le plus simple pour le grossissement de poissons en eau réchauffée consiste en cages placées dans le canal de rejet. La cage est faite d'une poche de filet attachée à une ceinture de tuyau PVC. Le filet est rehaussé en périphérie pour éviter que les poissons ne s'échappent en sautant.

**Photo 32 :** Les cages toujours disposées dans le canal de rejet, sont agencées en batteries sur un ponton (Flevo Lelystad, Hollande).

### 3.2.4. - Conclusion.

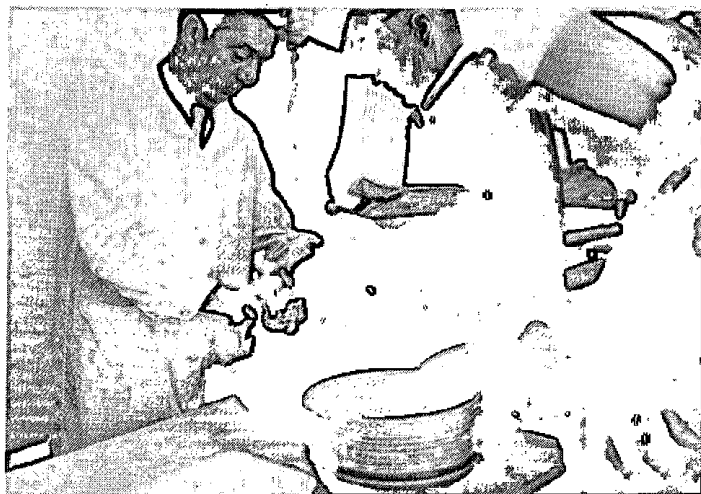
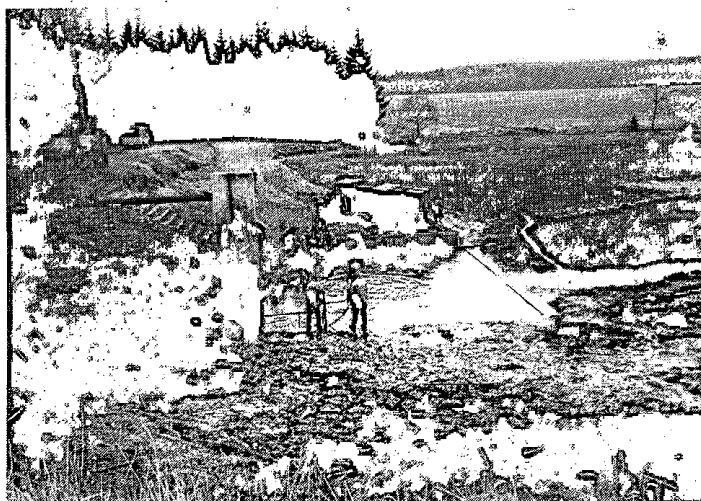
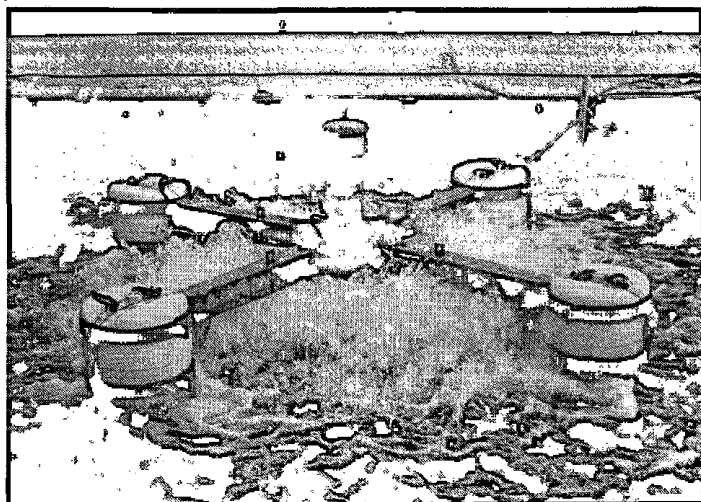
L'aquiculture intensive a en fait porté jusqu'à présent sur des espèces chères dans les pays développés : crustacés, salmonidés, sérioles. Cela est en fait logique, non seulement parce que ces espèces sont rares, donc chères, et qu'elles sont rentables, mais parce que l'élevage est le seul moyen d'assurer un approvisionnement régulier du marché, mais nous verrons que ce type de production a des limites car il est coûteux en protéines nobles et en énergie fossile (photo 33).

## 4. - PERSPECTIVES ET PROBLÈMES.

### 4.1. - UN DÉNOMINATEUR COMMUN A TOUS LES TYPES D'AQUICULTURE : LE COMPLEXE ÉCLOSERIE-NOURRICERIE.

L'écloserie apparaît comme la structure de base de toutes les formes d'aquiculture. Dans le cas de la pisciculture de grossissement, cette structure est court-circuitée par prélèvement des juvéniles dans la nature. La plupart des biologistes considèrent que cette situation est dangereuse et que rien ne garantit la pérennité de ce système d'approvisionnement. Dès lors, il est nécessaire d'envisager le contrôle de toutes les phases du cycle pour toutes les espèces. Plusieurs phases importantes se déroulent en écloseries et leur maîtrise est plus ou moins avancée.

L'écloserie suppose la maintenance d'un stock de géniteurs si possible permanent afin d'autoriser des interventions génétiques [sélection, croisement] (photos 34-35). En fait, l'élevage des géniteurs ne pose pas de problèmes majeurs pour la plupart des espèces, mais leurs besoins alimentaires sont encore mal connus et il n'est pas exclu que la qualité de l'alimentation puisse conditionner la qualité des produits sexuels. L'un des verrous majeurs de la production de juvéniles en écloseries réside dans l'obtention de la ponte. En effet, à l'exception des salmonidés, les géniteurs maintenus en captivité n'ovulent pas spontanément. Dans le cas des mollusques et crustacés, on procède à des manipulations de l'environnement (chocs thermiques, changements de photopériode). Chez les poissons, il faut avoir le plus souvent recours à des administrations d'hormones. Dans quelques espèces, l'usage d'hormone gonadotrope d'origine mammalienne (HCG) a permis d'obtenir des ovulations (loup, muets) mais, du fait d'une spécificité zoologique marquée, il est préférable d'avoir recours aux hormones homologues qui ont été isolées de l'hypophyse pour quelques espèces : carpes, truites, esturgeons. L'obtention de ces dernières à une échelle commerciale reste difficile, de sorte que nous cherchons actuellement au laboratoire d'autres facteurs agissant directement sur les gonades ou sur l'hypo-



#### Colonne de droite, de haut en bas :

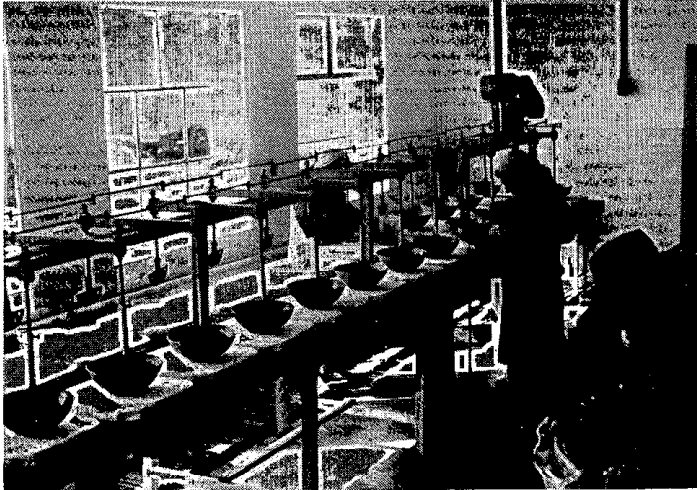
**Photo 33 :** Un bon exemple d'utilisation d'énergie est donné par la nécessité d'oxygéner l'eau en salmoniculture, en cas d'intensification poussée de la production.

**Photo 34 :** Approvisionnement en géniteurs dans la nature. Cas du brochet capturé par pêche électrique lors de leur remontée vers les zones de fraie.

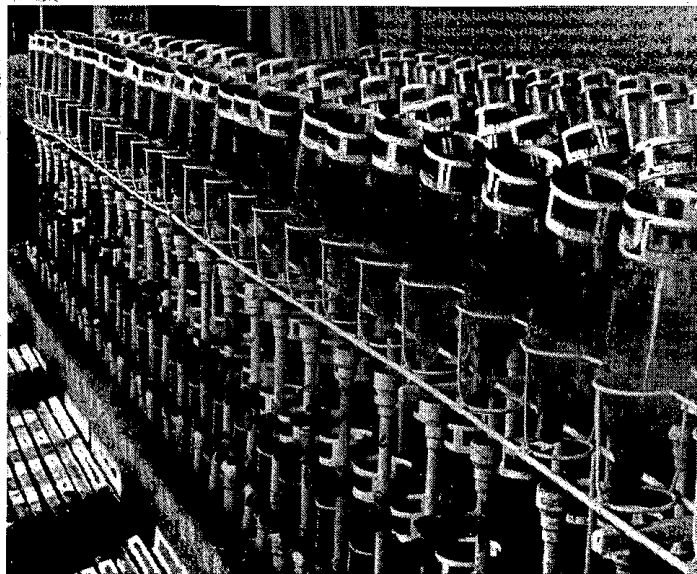
**Photo 35 :** Pêche de géniteurs brochets stockés en étangs pendant la période hivernale (écloserie de Tabor, Tchécoslovaquie).

**Photo 36 :** Prélèvement des ovules de la carpe (écloserie d'Ovidiu, Roumanie).

physe, comme des neurohormones (GnRH), qui entraîneraient une décharge endogène de la propre hypophyse de l'animal. Après collecte des gamètes, on pratique l'insémination artificielle ; les techniques d'insémination pratiquées sont habituellement très sommaires et



**Photo 37 :** Dans le cas de la carpe commune, il est nécessaire avant la mise en incubation d'enlever la couche collante par un traitement à l'urée et un brassage qui est ici réalisé mécaniquement (écloserie d'Ovidiu).



**Photo 38 :** Salle d'incubation pour œufs de carpe (bouteilles de Zug).



**Photo 39 :** Écloserie-nourricerie de Lelystad (Hollande) ; bassins d'élevage de jeunes brochets.

consistent à recueillir les produits sexuels des mâles et des femelles grâce à un massage abdominal (photo 36), les mélanger et les mettre en incubation (photo 37). La technique de collecte permet généralement de recueillir la quasi-totalité des œufs chez les poissons à ponte unique. Dans le cas des saumons pacifiques, qui meurent après la reproduction, les femelles sont sacrifiées et on procède une laparotomie ; les ovules qui sont libres dans la cavité coelomique s'écoulent d'eux-mêmes dans le récipient de collecte. Pour le mâle, le sperme est libéré du testicule très progressivement et s'accumule dans les canaux déférents d'où il est extrait par pression abdominale. Un même mâle n'est utilisé que quelques fois au cours de la saison de reproduction et une fraction seulement de sa production spermatogénétique est employée. Lors de l'insémination, la quantité de sperme est utilisée en excès. Un mâle sert à la fécondation des ovules de quelques femelles seulement. Il a été montré, chez les salmonidés, que l'emploi d'un dilueur approprié pour l'insémination et un rapport ovules-spermatozoïdes-dilueur bien défini, permettait de féconder une centaine de femelles avec un seul mâle. On peut donc réduire le nombre de mâles de l'élevage.

Les types d'incubateurs sont très variés. Les œufs de salmonidés sont maintenus immobiles, généralement sur clayes avec circulation d'eau de bas en haut. Pour les autres espèces, les œufs sont placés dans des sortes de bouteilles où ils sont en mouvement dans une colonne d'eau montante (photo 38). La durée du développement embryonnaire varie de quelques jours à quelques mois selon la température et la taille des œufs. Quelques jours après l'éclosion, les espèces ayant de faibles réserves vitellines (diamètre voisin de 1 mm) doivent recevoir une alimentation. On passe alors en nourricerie. L'alimentation zooplanctonique larvaire est généralement constituée de proies vivantes dont la grosseur sera fonction de la taille de la bouche de la larve. Il est donc nécessaire soit de procéder à des élevages secondaires, soit de recourir à un prélèvement dans le milieu naturel. Dans le cas des salmonidés, les œufs sont de grosse taille (< 5 mm) et l'alevin à résorption est d'une taille suffisante pour accepter de grosses proies et la plupart des espèces acceptent d'emblée une nourriture artificielle. Toutes ces opérations : induction de ponte, insémination, incubation, premier élevage larvaire, se déroulent sous abri (photo 39) en conditions aisément contrôlables où il est possible de réunir les conditions optimales pour le déroulement de chacune de ces phases (température, lumière, intensité et rythme photopériodique, salinité, rapport larves-proies, etc.).

On opère souvent en circuit fermé thermorégulé avec recyclage et épuration des eaux, ce qui limite les pertes de calories.

Ces efforts de recherches au cours des prochaines années devront porter sur la définition de ces conditions optimales. Le système écloserie-nourricerie est une première tendance de l'aquiculture vers le contrôle de l'environnement. Il s'opère pendant les stades de développement les plus sensibles et réalise une première tentative de contrôle de la chaîne alimentaire durant l'élevage larvaire. Moyennant un coût de fonctionnement modique compte tenu des faibles biomasses à élever, cet élevage en conditions contrôlées permet un gain de croissance considérable par rapport aux sujets restés en milieu naturel, ce qui permet de raccourcir considérablement le cycle d'élevage (voir 4.2.3.).

## 4.2. - LE CHOIX DES ESPÈCES.

Un certain nombre de critères d'ordre physiologique et économique vont présider au choix des espèces, quel que soit le type de production retenu, intensif ou extensif, aquaculture de subsistance ou de transformation. Ne seront examinées ici que les exigences des poissons d'élevage intensif mais, en toute rigueur, au moins dans le cas de l'aquaculture exploitant les richesses naturelles des eaux, il faut tenir compte des exigences alimentaires à tous les maillons de la chaîne trophique.

### 4.2.1. - Les exigences thermiques.

Pour les espèces vivant en zone tempérée, les exigences thermiques sont variables. La plupart des espèces tolèrent des températures voisines de 0 °C, mais si l'on considère l'autre extrémité de l'échelle les espèces se répartissent en trois grands groupes.

**Les sténothermes**, dont la température physiologique optimale est inférieure à 20 °C et la température létale voisine de 25 °C. Ce sont surtout les salmonidés.

**Les mésothermes** : ils tolèrent des températures plus élevées. L'optimum physiologique se situe entre 20 et 28 °C et la température létale vers 28-34 °C. Il s'agit, par exemple, des percidés, du brochet, du loup, de la sérieole.

**Les eurythermes** pour lesquels l'optimum physiologique est supérieur à 28 °C et les températures maximales supportables dépassent 34 °C. Les cyprinidés se situent dans ce groupe.

Pour les espèces vivant en zones tropicales ou équatoriales, les températures maximales supportables sont élevées, jusqu'à 40 °C, mais ce sont dans ce cas les températures minimales qu'il faut considérer et, en général, des températures inférieures à 15 °C sont sub-létales (Chanos). Certaines espèces de Tilapia peuvent supporter 12-13 °C.

### 4.2.2. - Les capacités d'osmorégulation.

Les capacités d'osmorégulation des diverses espèces de poissons candidates à l'aquaculture sont très variées. Des espèces d'eau douce, comme les truites arc-en-ciel, supportent des salinités de 30 ‰ et, moyennant quelques précautions dans les transferts, elles peuvent être élevées en cage en mer à 35 ‰. Inversement, le loup supporte des salinités faibles : 0,5 à 1 ‰. Il faut aussi considérer la capacité qu'a le poisson à s'adapter aux brusques changements de salinités qui se produisent en zones lagunaires. En réalité, seules des espèces euryhalines comme les mullets, lous, tilapias ou chanos peuvent faire l'objet d'exploitation directe dans le milieu naturel en zones côtières.

### 4.2.3. - La vitesse de croissance.

La vitesse de croissance va naturellement dépendre de la température et du taux de nourrissage mais, à température égale, certaines espèces ont des croissances remarquables (nous avons vu que le gain de poids pouvait atteindre 1 kg en six mois pour la sérieole et en un an pour le chanos). Dans les pays tempérés, on ne peut pas espérer produire des sujets de taille portion en moins d'un an. En Europe centrale, le cycle de production de la carpe de 1 kg environ porte sur trois ans, mais la mise en œuvre d'écloseries-nourriceries permet dans ce cas de réduire d'un an ce cycle car une reproduction précoce et l'élevage des premiers stades en conditions thermorégulées permet d'obtenir en juin et de déverser en étangs des sujets de repeuplement dont

la taille est celle que les individus élevés atteignent, normalement, en automne.

### 4.2.4. - L'efficacité de la conversion alimentaire.

L'efficacité de la conversion des aliments ingérés par le poisson a été comparée à celle d'autres animaux domestiques. Toutes les espèces de poissons étudiées présentent une meilleure conversion alimentaire que les autres espèces domestiques élevées en conditions intensives similaires (tableau III). Les raisons de cette supériorité sont multiples ; la principale réside dans le fait que les poissons sont poécilothermes et qu'ils n'ont pas à couvrir des besoins de régulation thermique. En outre, les besoins de locomotion sont plus réduits chez les poissons que chez les animaux terrestres, l'élimination des résidus du catabolisme des protéines sous forme d'ammoniaque est plus économique que sous forme d'urée ou d'acide urique comme chez les homéothermes (peu de demande d'énergie pour l'élimination des déchets au travers des branchies). Cependant, si le poisson est un bon transformateur, il présente des besoins bruts de protéines digestibles très élevés (45 à 50 % pour les jeunes salmonidés, 40 à 45 % pour le poisson chat américain, 35 à 40 % pour les cyprinidés et 35 à 45 % pour l'anguille). Il en est de même pour la crevette japonaise qui demande 50 % de protéines dans sa ration. Dans la pratique alimentaire actuelle et en l'état de la technologie de fabrication de granulés, seules des protéines animales sont incorporées aux aliments ; l'emploi de protéines végétales n'en est qu'à ses débuts. En définitive, c'est de la farine de poisson qui constitue la source de protéine et il faut environ l'équivalent de 4 kg de poissons pour obtenir un kg de

**TABLEAU III. - Efficacité de quelques productions animales en g de protéines produites par unité d'énergie digestible consommée** (E-D en mégacalories), d'après RUMSEY, 1978.

Système de production	g protéines/E-D
BŒUF	2,3
PORC	6,4
ŒUFS	10,1
POULETS	15,9
TRUITES	40,0



**Photo 40 :** Dans le cas de l'aquaculture de transformation, l'alimentation est aussi basée sur du poisson frais ou congelé d'origine locale. Le procédé est plus coûteux en main-d'œuvre mais il permet une bonne valorisation de ces excédents.

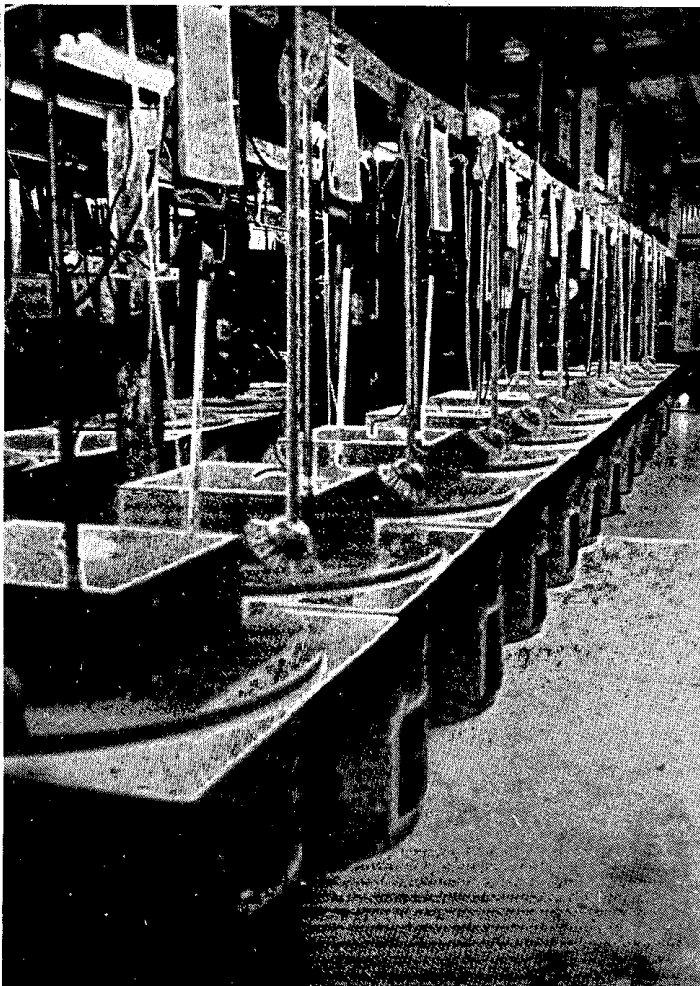


poisson d'élevage (photo 40). On voit dès lors que l'aquiculture intensive ne pourra jamais compenser la diminution des pêches mondiales et certains auteurs considèrent ce type de production comme aberrant (WEATHEREY et COGGER, 1976).

### 4.3. - LES ASPECTS ÉCONOMIQUES.

De très nombreuses études ont été consacrées aux aspects économiques de l'aquiculture. Les résultats ne sont jamais généralisables car ils dépendent du type d'aquiculture pratiqué, des conditions locales qui conditionnent les coûts de production (investissement, valeur du terrain, main-d'œuvre) et des prix de vente. En aquiculture intensive, le poste nourriture reste très élevé et représente souvent 50 % des coûts de production. Pour être rentable, ce type de production va donc s'adresser à des espèces chères. Aux États-Unis, il a été calculé que, pour un élevage de saumons, le profit était de 12 %, ce qui est de 2 % inférieur à la moyenne des entreprises américaines (GATES, 1978). Pour la truite, GOOBY (1971) calcule une marge de 10 % et estime que ce taux est supérieur à celui d'une ferme de bovins de même importance.

En aquiculture de production, le poste aliments est beaucoup plus réduit puisque les poissons s'alimentent à partir de la production naturelle. Un auteur soviétique, SHEPT (1972), conclut aussi que la production de carpes est plus efficace que celle du bétail et qu'elle valorise mieux l'espace agricole. Cette conclusion n'est probablement pas transposable en France car la carpe



**Photo 41 :** En matière de prévention des maladies, il faut une bonne hygiène et beaucoup de rigueur. Dans une salle d'élevage de la station biologique du Pacifique à Nanaimo, une brosse et une épuisette sont affectées à chaque bassin.

n'est pas attractive pour le consommateur. SHEPT estime aussi que l'aquiculture peut contribuer à mettre en valeur des zones que l'agriculture classique ne peut exploiter. A Formose, SHANG (1971) a calculé que le coût de production au kg de poids vif est plus faible en aquiculture que dans le cas du porc : (porc : 1 ; aquiculture en eau saumâtre : 0,53 ; en eau douce : 0,43 ; en zone côtière : 0,24). Ce même auteur a calculé que l'aquiculture était plus rentable que la pêche. Avec l'augmentation croissante du coût de l'énergie, la supériorité économique de l'aquiculture de production ne fera qu'augmenter à l'avenir (pour revue bibliographique, VONDRUSKA, 1976).

### 4.4. - LES PROBLÈMES ET LES LIMITES DE L'AQUICULTURE.

#### 4.4.1. - Les problèmes légaux.

Dans les pays où l'exploitation du milieu aquatique est récent, les conditions légales de son utilisation ne sont pas toujours clairement établies. En ce qui concerne les eaux closes, dont l'exploitation se pratique dans des sites bien circonscrits et des propriétés bien définies, on rencontre malgré tout des problèmes, surtout au moment de la vidange. Les problèmes les plus aigus apparaissent en eau courante, où la législation est complexe, et surtout en estuaire, en zones côtières et lagunaires, où les limites des domaines publics et privés ne sont pas toujours précises et où les droits d'usage des eaux sont complexes.

Une des difficultés majeures vient aussi du fait que l'aquiculture n'a pas toujours de définition légale, surtout dans les pays où cette activité est récente. La réglementation va varier d'un pays à l'autre mais aussi à l'intérieur d'un même pays. C'est ainsi qu'aux États-Unis, le « Sea ranching » privé est admis dans l'Orégon mais pas dans l'état de Washington. Il existe aussi des conflits d'intérêts pour l'usage de l'eau : l'agriculture (irrigation), cadre de vie (récréation, débit réservé, aspects esthétiques). D'autre part, plusieurs administrations sont impliquées (et sont quelquefois en conflits), Commerce et Agriculture aux États-Unis ; Marine marchande, Industrie et Agriculture en France. Le Japon a tranché et a confié le développement à l'agence des pêches du ministère de l'Agriculture. Cela montre, à l'évidence, que l'aquiculture n'a pas un statut encore bien défini dans de nombreux pays développés. Seul le Japon, où l'apport alimentaire dû à ce type de production est considéré comme vital, l'a délibérément inclus dans les activités agricoles.

#### 4.4.2. - Les insuffisances techniques.

Dans la plupart des formes d'aquiculture, la production de poissons repose sur un savoir-faire empirique accumulé depuis de nombreuses années. La nature même de ce savoir-faire rend très difficile toute vulgarisation car l'acquisition d'un savoir empirique ne peut s'acquérir qu'après de longues années de pratique. Seule l'aquiculture intensive a bénéficié d'un apport de connaissances qui a permis de développer cette production sur des bases scientifiques, ce qui autorisait du même coup la formation rapide de techniciens. Cela est dû au fait que le potentiel de recherches des pays développés a surtout été orienté vers l'aquiculture de transformation. En réalité, les connaissances en nutrition génétique, physiologie, se sont accrues considérablement en quelques années mais seulement pour les salmonidés et, à un moindre degré, les cyprinidés.

En pathologie, les connaissances ont augmenté, mais pas à la mesure des besoins car tout élevage en

condition intensive conduit à des problèmes pathologiques qu'il est impossible de maîtriser actuellement. D'une façon générale, la maîtrise de l'état sanitaire des élevages est actuellement difficile et cela constitue une des faiblesses majeures de l'aquiculture (photo 41).

Les risques de maladies sont, en outre, accentués par les nombreux transferts d'espèces qui se pratiquent couramment d'un pays à un autre. En plus, ces transferts sont à l'origine d'introductions accidentelles d'espèces de poissons indésirables qui peuvent se développer de façon explosive dans un nouveau milieu, en l'absence de prédateurs naturels.

Une autre limite de l'aquiculture réside dans la pollution croissante du milieu aqueux, surtout dans les pays industrialisés mais aussi dans le tiers monde (fertilisants, pesticides). De surcroît, l'aquiculture, et particulièrement l'élevage de transformation (salmonidés, sérioles) constitue une source de pollution non négligeable (la production d'une tonne de poissons revient à rejeter 400 kg de fécès dans le milieu). Cette manière organique constitue cependant une source de fertilisants qu'il conviendrait de recycler sous forme de lisier, par exemple, ou qui pourrait s'intégrer dans la gestion de l'écosystème.

Dans le domaine de l'aquiculture, les insuffisances techniques se doublent d'insuffisances conceptuelles. Aucune doctrine ni vue d'ensemble ne préside actuellement au développement de l'aquiculture dans le monde. Cela apparaît nettement à la lecture des « traités d'aquiculture » ou des travaux de synthèses traitant de ces problèmes qui ne sont que des compilations de techniques locales et « tours de main » et faisant toujours état d'un savoir-faire assis sur une longue expérience mais pas de procédés standards d'exploitation.

Dans les pays industrialisés, la méthodologie de production de salmonidés est seule bien maîtrisée et on assiste à son extension par simple copie à d'autres espèces qui ne présentent pas le plus souvent les « qualités » requises pour ce type d'exploitation. La motivation repose sur le désir de valoriser localement un site favorable, des sources d'aliments intéressants, la présence d'effluents thermiques issus de centrales électriques (lesquels ne sont pas toujours très favorables car présentant de fortes fluctuations thermiques). Dans certains cas, cette méthodologie a été exploitée dans des pays en développement et la transposition n'est pas toujours heureuse, comme par exemple en 1977 en Afrique, l'élevage de Tilapia en cage avec apport alimentaire exogène (COCHE).

Divers types d'aquiculture de production qui se développent dans tous les pays du monde et qui, nous l'avons vu, sont d'essence plus agronomique, intéressent des espèces très variées (poisson chat aux États-Unis, cyprinidés en Europe et en Chine, chanos en Asie et tilapia en Afrique); ils n'ont rien de réellement commun, si ce ne sont des adaptations locales, à l'idée de valoriser la production de l'écosystème aquatique. On a assisté et on assiste encore à l'addition de techniques variées locales et empruntées, chaque pays, voire chaque pisciculteur, faisant pour son propre compte des expériences heureuses ou malheureuses faites d'ajustements successifs et d'innovations techniques qu'une vulgarisation insuffisante est incapable d'intégrer harmonieusement aux traditions locales. D'autres approches procédant toujours du désir de transposer des techniques a conduit à transférer des espèces et on a assisté à de très nombreux échanges intercontinentaux. Certains furent couronnés de succès mais d'autres pas, par exemple la décevante transplantation

du tilapia africain à Java et autres pays indonésiens et en Inde. On sait que les animaux aquatiques poéilo-thermes sont fortement inféodés aux conditions atmosphériques et en années défavorables les productions sont fortement diminuées. De même, les problèmes pathologiques non maîtrisés entraînent eux aussi de fortes diminutions de production. Tout cela contribue à rendre très aléatoire la récolte et dans les pays en développement seule la structure socio-économique des exploitations leur permet de survivre; il s'agit d'exploitations familiales participant d'une activité de subsistance et qui est capable de supporter une réduction, voire même l'absence de subsistance pendant une saison ou une année. Ces compilations de techniques, ces ajustements successifs et le caractère aléatoire de la production constituent de sérieuses limites à l'élaboration d'une aquiculture à la fois en tant que concept et en tant que mode de production d'aliments destinés à l'homme.

## BIBLIOGRAPHIE

- BUCK D., THOITS F., ROSE III and C.,** 1970. Variation in Carp production in replicate ponds. *Trans. Ann. Fish Soc.*, **1**, 74-79.
- COCHE G.,** 1977. Premiers résultats de l'élevage en cages de *Tilapia nilotica* (L.) dans le lac Kossou, Côte-d'Ivoire. *Aquaculture*, **10**, 109-140.
- CUSHING D.H.,** 1971. Upwelling and the production of fish. *Adv. mar. Biol.*, **9**, 255-334.
- GAUDET J.L.,** 1977. Economie issues and opportunities facing Europe in the field of sport fisheries. *EIFAC, tech. pap.*, **T26**, 29-45.
- GOOBY D.,** 1971. Idaho trout farmer profits on 10 percent margin. *Fish farming ind.*, **2**, 36-38.
- GULLAND J.A.,** 1971. The fish resources of the ocean. *Fishing News (Books)*, 225.
- KIKUCHI W.K.,** 1976. Prehistoric hawaiian fish ponds. *Science*, **193**, 295-299.
- LAWLER G.H., SUNDE L.A. and WHITAKER J.** 1974. Trout production in prairie ponds. *J. fish Res. Bd. Can.*, **31**, 929-936.
- LUCAS A.,** 1976. La culture des Mollusques ou conchyliculture. *Bougis et al. in Oceanographie biologie appliquée, Masson*, 229-258.
- MOISEEV P.A.,** 1972. Le développement de la pêche des espèces traditionnellement exploitées. *F.A.O.-F.M.D.*, **73 R4**, 20.
- PILLAY T.V.R.,** 1973. The role of aquaculture in fishery development and management. *J. Fish. Res. Board Can.*, **30**, 2202-2217.
- PILLAY T.V.R.,** 1977. Planning of aquaculture development, an introductory guide. *Fishing News (Books)*, 71 p.
- RUMSEY L.,** 1978. Recent advances in nutrition of Salmonids. *Salmonids*, **II (4)**, 14-17.
- RYTHER J.H.,** 1969. Photosynthesis and Fish production in sea. *Sciences*, **166**, 72-76.
- SCHAEFER B.,** 1965. The potential Harvest of the Sea. *Trans. Ann. Fish. Soc.*, **94**, 123-128.
- SEN P.R., RAO N.G.S., CHAKRABARTY R.D., KAR S.L. and JENA S.,** 1978. Effect of vegetations of fertilizer and vegetation on growth of Major Indian carps in ponds containing grass carp. *Progress, Fish Cult.*, **40**, 69-70.
- SHANG C.,** 1973. Comparaison de l'économie potential of aquaculture, land animal husbandry and ocean fisheries: The Case of Taiwan. *Aquaculture*, **2**, 187-195.
- SHEPT G.I.,** 1972. Comparative efficiency of fish culture and other agricultural activities per unit of area used. *Hydrobiol. J.*, **8**, 46-51.

- SMITH R.L.**, 1978. Les remontées d'eau profonde, source de vie des océans. *La Recherche*, 93-855-863.
- TANG Y.A.**, 1970. Evaluation of balance between fishes and available fish foods in multispecies fish culture ponds in Taiwan. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **4**, 708-718.
- VONDRUSK A.J.**, 1976. Aquacultural economies bibliography. *NOAA Tech. Rep. N.M.F.S.-S.S.R.F.*, 703, 123 p.
- WEATHERLEY A.H., COGGER B.M.**, 1977. Fish culture : problems and prospects. *Science*, **197**, 427-430.

## TRAITÉS GÉNÉRAUX ET OUVRAGES DE SYNTHÈSE

- ARRIGNON J.**, 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. *Gauthier-Villars*, 320 p.
- BOUGIS et al.**, 1976. Océanographie biologique appliquée. *Masson*, 320 p.
- CHEN T.P.**, 1976. Aquaculture practice in Taiwan. *Fishing News Books*, 161 p.
- HICKLING C.F.**, 1970. Estuarine fish farming. *Adv. Mar. Biol.*, **8**, 119-213.
- IVERSEN E.S.**, 1976. Farming the edge of the sea-fishing. *News Books*, 436 p.
- HUET M.**, 1970. Traité de Pisciculture. *De Wingaert, Bruxelles*.
- LEITRIZ E., LEWIS R.C.**, 1976. Trout and Salmon culture. *Fish Bull.*, **164**, *State of California*, 197 p.
- PILLAY T.V.R.**, 1972. Coastal aquaculture in the Indo-Pacific Region. *Fishing News Books*, 497 p.
- SCHAPERCLAUS W.**, 1962. Traité de Pisciculture en étangs. *Vigot et Frère*, 620 p.

**R.B.**