

AQUACULTURE. POTENTIALITÉS ACTUELLES ET FUTURES EN EAUX DOUCES.

(IAAS, 2/4/1981, UCL, LLN)

Pr. Dr. J.-C. MICHA *

* Unité d'Écologie des Eaux Douces, Facultés Universitaires N.-D. de la Paix, rue de Bruxelles 61, 5000 NAMUR (Belgique)

AQUACULTURE. POTENTIALITÉS ACTUELLES ET FUTURES EN EAUX DOUCES (LIMNICULTURE)

- 1. Ecologie et alimentation**
- 2. Développement de l'aquaculture et situation actuelle**
- 3. Place aquaculture dans le développement rural**
- 4. Industries aquacoles verticalement intégrées**
- 5. Perspectives de la pisciculture africaine**
- 6. Organisation, contraintes et avenir de l'aquaculture**

Bibliographie

Jamais dans l'histoire de l'humanité, la production en quantité suffisante et la répartition adéquate d'aliments n'a atteint un seuil aussi critique que maintenant. Plus personne ne peut ignorer les prédictions alarmantes des démographes sur la croissance exponentielle de la population humaine et les rapports consternants sur les populations en déficit et/ou en déséquilibre alimentaire. En conséquence tout pouvoir administratif et politique a le devoir de faire progresser à un **coût énergétique et économique acceptable la production alimentaire**. Viser un tel objectif implique le soutien et le développement de recherches interdisciplinaires entre biologistes, chimistes et agronomes.

1. ÉCOLOGIE ET ALIMENTATION

Pour les 50 prochaines années, divers rapports officiels (O. KINNE, 1980), prévoient un triplement de la population humaine (de 4.10^9 individus = 200.10^6 tonnes à 12.10^9 ind. = 600.10^6 tonnes en 2.030) alors que, déjà actuellement, 500.10^6 de personnes sont en état de sous-nutrition protidique. Cette situation actuelle de malnutrition résulte essentiellement d'une mauvaise distribution alimentaire mais il n'empêche que l'accroissement de la production alimentaire mondiale, à l'inverse de la population mondiale, tend vers une croissance zéro et que la production alimentaire d'un nombre de plus en plus important de pays dits développés ne satisfait plus à ses besoins (balance déficitaire au Japon, en Belgique, etc.).

Fournir une alimentation équilibrée à des milliards de personnes supplémentaires (accroissement de 80.10^6 ind./an = 4.10^6 tonnes d'hommes/an = 1/15 production mondiale de bœufs et de porcs = 1/15 des captures annuelles des océans) en quelques décades va poser de sérieux problèmes d'environnement :

- surexploitation accentuée des populations naturelles exploitables avec risque accru d'extinction de stocks,
- intensification des productions agricoles conduisant à la rupture des équilibres dynamiques des écosystèmes avec comme conséquences : extermination d'espèces, destruction de biocénoses, élimination d'écosystèmes, problème de survie de l'*Homo sapiens* en tant qu'espèce.

Actuellement, trois domaines d'activités humaines sont susceptibles d'augmenter la disponibilité en aliments : agriculture, pêcheries et aquaculture.

En ce qui concerne l'agriculture, les résultats obtenus (ALLABY, 1977) de 1961 à 1973 (accroissement de la production de lait de 21 %, de viande de 42 %, d'œufs de 43 %,

de blé de 61 %, de maïs de 51 %, etc.) font penser que la production annuelle totale de protéines passera de 130.10^6 t à 170.10^6 t (1/3 protéines animales, 2/3 protéines végétales) en 1984. Ces chiffres pourraient être réconfortants si une partie de plus en plus importante de cette production n'était perdue par la conversion de produits végétaux en produits animaux. De toute façon, le décalage entre les besoins alimentaires mondiaux et la production agricole s'accroît régulièrement puisque d'après la FAO, l'accroissement de la production alimentaire est passé de 2,7 % par an (de 1960 à 1969) à 1,7 % depuis 1970 alors qu'il devrait être de 3,6 % pour satisfaire les besoins.

Quant aux pêcheries, les captures mondiales annuelles se sont accrues de près de 7 % par an de 1955 à 1977, atteignant alors quelques 70 millions de tonnes, soit $9.8.10^6$ t de protéines (1 % de la quantité de nourriture récoltée en milieu terrestre mais 5 % des protéines totales récoltées par an). Depuis lors la pêche mondiale n'a cessé de plafonner et il ne faut pas s'attendre, dans un proche avenir, à un accroissement significatif de cette activité vu l'extinction de certains stocks (baleines, harengs, etc.) et les problèmes de pollution. Même si l'exploitation actuelle et récente du Krill par les Russes se développe, celle-ci se fera au détriment d'autres espèces.

Enfin l'aquaculture, c'est-à-dire la production commerciale d'organismes aquatiques, est une activité encore balbutiante. Sa production de protéines ne représente qu'un million de tonnes par an mais devrait atteindre en 1984, $1.6.10^6$ de tonnes soit 1 % des protéines totales produites. La production aquacole représente donc actuellement peu de choses mais ses potentialités sont très grandes.

A la base de cette prise de conscience des potentialités de l'aquaculture, on retrouve la production limitée des milieux naturels ($10 - 300 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ de poissons) comparée à la production piscicole intensive en étangs (1.000 à $15.000 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$), le coût croissant de la pêche et la découverte de la place de l'aquaculture dans le développement rural intégré notamment en Chine (TAPIADOR *et al.*, 1977). A cela, il faut ajouter que les rendements protidiques obtenus en fonction de la surface utilisée peuvent être plus élevés avec les poissons qu'avec les autres animaux terrestres domestiques. Ceci provient du fait que les animaux aquatiques vivent dans un milieu de densité presque égale à celle de leur corps. Il en résulte une réduction des structures squelettiques de soutien et un rapport tissus musculaires sur tissus osseux nettement plus élevé (Tableau I).

Tableau I : Comparaison des caractéristiques des carcasses des poissons, des bovins, des porcins et des volailles (modifié d'après LOVELL, 1979).

Espèces	Carcasse/Poids vif (%)	Caractéristiques de la carcasse		
		Déchets (%)	Chair maigre (%)	Graisses consommables (%)
Poisson-chat	60	13.7	80.9	5.4
Ecrevisse	-	85	-	-
Boeuf	58	15	51	34
Porc	65	21	37	42
Poulet	72	32	64.7	33

D'autre part, les dépenses énergétiques pour le maintien de l'équilibre et le déplacement sont nettement réduites. Enfin, les poissons sont des animaux poikilothermes et les dépenses énergétiques pour maintenir une température constante sont nulles. Dès lors, il ne faut pas s'étonner que l'efficacité de la conversion en poids des aliments (Tableau II) soit nettement supérieure dans les élevages piscicoles intensifs (0,8 — 0,9) par rapport aux élevages de poulets (0,5), porcs (0,3) et bœufs (0,1).

De même la meilleure conversion des protéines d'un aliment en protéines de poissons (Tableau II) s'explique par le fait que les poissons, excréant de l'ammoniaque au lieu d'urée, dépensent moins d'énergie pour leur métabolisme protidique. Vu leurs faibles exigences énergétiques, les poissons peuvent donc synthétiser plus de protéines par calories consommées que les animaux domestiques terrestres.

Malheureusement, il n'existe pas encore, comme pour la production agricole, de budget énergétique global pour la production de protéines à partir de système de

Tableau II: Comparaison de l'efficacité d'utilisation des aliments par les poissons-chats, les volailles, les porcins et les bovins (modifié d'après R.T. LOVELL, 1979).

Animal nourri	Composition de l'aliment		Efficacité		
	Protéines(%)	Energie métabolisable(Mcal/kg)	Gain de poids par g d'aliment (g)	Gain de protéines par g de protéine alimentaire (g)	Gain de protéines par Mcal d'aliments (g)
Poisson-chat	30	2.64	0.77	0.41	47.1
	40	2.86	0.91	0.36	50.8
Poulet	18	2.60	0.48	0.33	23.0
Porc	16	3.30	0.31	0.20	9.7
Boeuf	11	2.61	0.13	0.15	6.3

pisciculture. Toutefois, les besoins en énergie fossile pour la production de poissons-chats aux USA sont semblables à ceux de la production de poulets. Par conséquent, sur la base des constatations précédentes (Tableaux I et II), il est clair que les poissons, comparés à tout autre animal domestique, constituent la source la plus efficace de transformation d'énergie en protéines animales consommables directement par l'homme.

Enfin l'aquaculture est amenée à se développer dans des zones peu favorables à l'agriculture (vallées étroites, zones marécageuses) et devrait pouvoir valoriser de façon optimale d'immenses zones non utilisées jusqu'à présent, à la condition que les aménagistes ne fassent pas preuve d'un manque total de perspective originale et ne s'orientent pas, comme toujours, vers l'agriculture et l'élevage de type bovin (cas du bassin amazonien au Brésil, de l'Usumascinta au Mexique, etc.) alors que les ressources piscicoles de ces milieux sont souvent naturellement plus productives.

2. DÉVELOPPEMENT DE L'AQUACULTURE ET SITUATION ACTUELLE

L'aquaculture est née en Chine avec Wen Fang qui construisit en 1135 a.c. (E.E. BROWN, 1977) des étangs dans la Province Honan pour y étudier le comportement et la croissance des poissons.

Plus récemment, aux XIII^e et XIV^e siècles, on assiste à un développement de la pisciculture de la carpe dans l'Est de l'Europe et dans le Sud-Est asiatique. En Afrique (J.-C. MICHA, 1974), cette technique d'introduction récente (1925) se développe surtout après la seconde guerre mondiale (1946).

Toutefois, ce n'est que depuis quelques 35 années que la pisciculture s'affirme en tant que véritable science appliquée dans les pays développés. Le Japon est certainement le leader dans ce domaine, augmentant sa production de poissons d'élevage de 0,1 million de tonnes en 1971 à 0,5 million de tonnes en 1976. En Israël, sur les 23.907 tonnes de poissons consommés en 1977, 13.609 tonnes soit 58,6% provenaient de l'élevage en étangs de pisciculture (S. SARIG, 1980).

En général, l'aquaculture vise à intensifier la production d'une espèce désirée par l'utilisation optimale du flux d'énergie passant dans le système de culture.

Lorsque les organismes sont élevés en eaux de mer, on s'occupe de mariculture, lorsqu'ils vivent en eaux douces on s'occupe de limniculture. Actuellement, la plupart des espèces produites commercialement appartiennent au monde animal: poissons (pisciculture), crustacés et mollusques. Les plantes aquatiques et les microorganismes jouent encore un rôle mineur (T. LOVELL, 1979) mais qui pourrait devenir très important.

La production aquacole mondiale a été évaluée en 1975 à plus de 6 millions de tonnes dont 75 % en provenance de la région indo-pacifique (Tableau III). La République Populaire de Chine produit à elle seule 2,5 millions de tonnes soit 41,5 % des productions aquacoles totales et 55 % de la production piscicole mondiale. Les informations disponibles montrent clairement que, dans presque tous les pays, la production aquacole totale a augmenté récemment (20% entre 1973 et 1975) et on prévoit qu'elle doublera d'ici 1985 (FAO, 1976) si elle reçoit l'appui et le financement nécessaires. Ainsi, avec l'appui gouvernemental, la production de poissons d'élevage s'est accrue de 500 % en sept ans au Japon, de 400% en Pologne, 200% en Roumanie et 32% en 3 ans aux

Philippines. Ce résultat est dû essentiellement aux appuis gouvernementaux.

Ceci indique que les perspectives d'avenir pour les agronomes dans ce type d'activité sont certainement liés à l'appui du secteur public bien que le secteur privé, du moins dans les pays développés, commence à s'intéresser et à investir dans ce domaine.

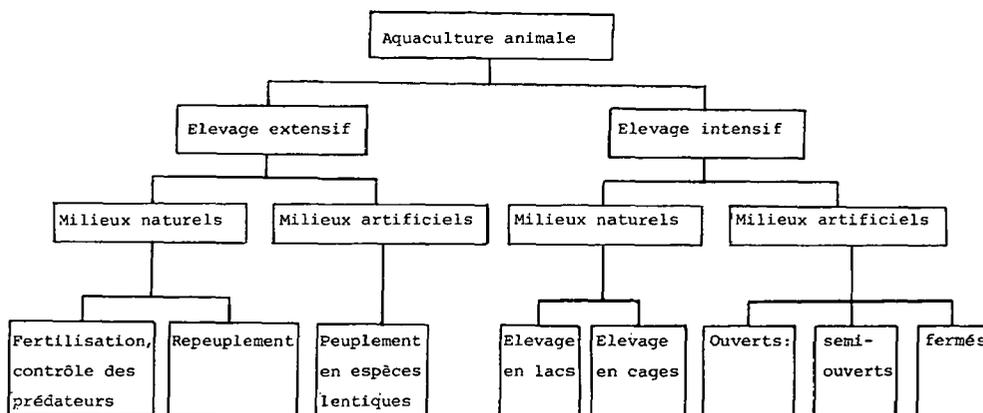
Tableau III : Production aquaculture par pays en 1975 (P.J. REAY, 1979).

Pays	Production (10 ³ t)	% Production par pays	Organismes
Chine	2.500	41,5	Poissons, Végétaux
Japon	945	15,7	Poissons, Bivalves, Crustacés, Algues
Inde	494	8,2	Poissons, Crustacés
Rép. de Corée	300	5,0	Végétaux, Bivalves
U.S.S.R.	210	3,5	Poissons
Espagne	162	2,7	Bivalves
U.S.A.	151	2,5	Bivalves, Poissons
Indonésie	144	2,4	Poissons, Crustacés
Taiwan	127	2,1	Poissons, Bivalves, Algues, Crustacés
Philippines	125	2,1	Poissons, Bivalves, Crustacés, Algues
Thaïlande	106	1,8	Poissons, Bivalves, Crustacés
France	104	1,7	Bivalves, Poissons
Hollande	102	1,7	Bivalves
Autres pays	550	9,1	
Total	6.029	100,0	

En aquaculture, deux types de techniques sont à distinguer : l'élevage extensif et intensif (fig. 1).

Le premier se pratique essentiellement en lacs naturels et en lacs de barrage. Il consiste à fertiliser l'eau (engrais organiques et/ou minéraux) et parfois à repeupler en alevins d'espèces commerciales désirables et, dans les lacs de barrage, à introduire l'une ou l'autre espèce planctonophage (Corégone dans le lac de Butgenbach, *Heterotis niloticus*, *Tilapia nilotica* dans le lac d'Ayamé en Côte d'Ivoire, etc...).

Figure 1 : Techniques principales de Limniculture.



Le second se pratique dans les lacs naturels plus ou moins fermés notamment par des barrières électriques (lacs peu profonds de l'Allemagne de l'Est). On y introduit des alevins de carpe, d'anguilles, etc... que l'on nourrit artificiellement (granulés) et que l'on récolte après un certain temps par des engins fixes (filets maillants, nasses).

Toutefois, l'élevage vraiment intensif se pratique en cage flottante (truite arc-en-ciel) dans les lacs plus profonds ou alors en milieu totalement artificiel à système de circulation d'eau ouvert (étangs de barrage et de dérivation), semi-ouvert avec recyclage partiel de l'eau (étangs de dérivation, bacs en béton ou en polyester) ou fermé avec recyclage total et continu de l'eau (bacs en polyester).

Toutefois, la distinction entre aquaculture extensive et intensive est assez floue, car il existe de nombreuses catégories intermédiaires (élevage de carpes en liberté dans un lac mais alimentées de granulés!).

Dans l'ensemble, il apparaît que les pays en voie de développement recourent essentiellement aux techniques extensives plus facilement et plus rapidement assimilables (J.C. MICHA, 1974) et beaucoup plus économiques dans leur contexte, alors que les pays développés adoptent des méthodes d'aquaculture intensive. Les facteurs qui induisent, dans les pays développés, la tendance générale à l'exploitation intensive sont :

- disponibilité limitée en terres et en eaux
- coût croissant de la main d'œuvre
- augmentation du coût des aliments

Il en résulte l'élimination dans certains pays (FAO, 1977) du producteur marginal ou inefficace.

Toutefois, certains pays moins développés ont élaboré des systèmes d'élevage intensif à fort rendement : polyculture en Israël et en Inde, élevage des silures en Thaïlande, élevage en cage dans le Mékong et ses affluents, etc...

Les progrès techniques de la dernière décennie sont largement fondés sur la connaissance scientifique des pratiques traditionnelles et l'amélioration de ces pratiques à la suite des recherches. On citera à cet égard l'élevage en cages, la polyculture, le recyclage des déchets par l'aquaculture, etc...

3. PLACE DE L'AQUACULTURE DANS LE DÉVELOPPEMENT RURAL

Comme mentionné précédemment, le développement de l'aquaculture (FAO, 1976) s'est récemment caractérisé par la volonté, manifestée par les planificateurs et les administrateurs, de la considérer comme faisant partie du développement rural intégré. A l'échelle mondiale, la production aquacole, convenablement planifiée, pourrait constituer un apport très considérable pour l'alimentation dans les zones rurales. Dans la mesure où elle offre des possibilités d'emploi et améliore la nutrition, ainsi que le niveau et la qualité de la vie des déshérités ruraux - notamment en accroissant leur productivité - on peut s'attendre à ce que ces défavorisés participent davantage à l'économie nationale, ce qui favorisera le bien-être économique et une croissance autonome ultérieurs.

On exige souvent de l'aquaculture, avant de l'inclure dans des projets de développement rural, qu'elle fasse la preuve de ce qu'elle est viable et, dans un sens plus restreint, rentable dans différents contextes ruraux. Si la rentabilité économique est une préoccupation essentielle, il faut cependant aussi tenir compte de l'intérêt social des projets. Pour déterminer l'importance socio-économique d'un projet, on pourra se fonder sur la "valeur ajoutée" produite et sur la part de valeur ajoutée qui restera dans les zones rurales. La définition que l'on retiendra pour cette valeur aura une grande importance; cependant, la productivité ou l'efficacité physiques, les salaires, les taux d'intérêt, le coût des biens en capital, enfin le prix des produits aquacoles auront aussi leur importance et il faudra néanmoins affirmer que la plupart des pays en voie de développement préfèrent nettement intégrer dans les programmes de développement rural les formes d'aquaculture artisanales employant une nombreuse main-d'œuvre. Cela n'interdit nullement d'envisager des entreprises de grande envergure en milieu rural.

Le succès des opérations d'aquaculture à petite échelle en milieu rural sera essentiellement fonction des services d'appui qui pourront être fournis. Le petit cultivateur aurait grandement avantage à bénéficier d'une série de mesures d'assistance, technique d'inputs et de crédits institutionnels à des conditions raisonnables. Comme l'agriculture rurale, le développement de l'aquaculture rurale demande un effort plus considérable sur le plan de la conception et de la mise en œuvre des projets selon une stratégie originale".

4. INDUSTRIES AQUACOLES VERTICALEMENT INTÉGRÉES.

Les grosses industries aquacoles, notamment dans les pays développés (FAO, 1976) vont souvent de pair avec l'intégration verticale. Celle-ci présente de nombreux

avantages, y compris la possibilité de répartir les bénéfices ou les pertes entre les différents secteurs de la production, de la transformation, de la distribution ou des ventes. Elle permet aussi de maintenir la qualité, car le profit est fonction de l'acceptation des acheteurs. Il ressort toutefois d'une étude des industries aquacoles aux Etats-Unis que, quelques-unes seulement (celles de l'ostréiculture, de l'élevage des homards et des poissons-appâts, etc...) sont fortement intégrées. Certaines d'entre elles, comme la crevetticulture ou la salmoniculture, le seront ultérieurement ou envisagent de l'être "

Il est très clair que l'intégration verticale n'est pas nécessairement liée à l'importance de l'entreprise. En fait, on cite de nombreux cas d'opérations de faible envergure, voire d'élevages de subsistance, qui sont, par définition, intégrées verticalement. D'autre part, nombre d'opérations à grande échelle, comme l'élevage des silures ou des truites aux Etats-Unis, ne sont pas intégrées, la plupart des producteurs achetant les aliments ou les alevins et vendant leurs produits par l'intermédiaire d'un réseau commercial existant. Il est admis que l'intégration verticale présente de nombreux avantages; cependant, elle n'est ni obligatoire aux fins d'une gestion efficace ni caractéristique du niveau de développement économique d'un pays.

5. PERSPECTIVES DE LA PISCICULTURE EN AFRIQUE.

La pisciculture, technique d'introduction récente en Afrique, y a connu un développement spectaculaire après la seconde guerre mondiale qui fut suivi d'une régression dramatique vers les années 1960 (J.-C. MICHA, 1974). Il n'empêche qu'actuellement la pisciculture suscite de plus en plus d'intérêt auprès des gouvernements nationaux et les initiatives, qui se multiplient, s'orientent dans 5 directions. Elles portent sur le contrôle de la reproduction des *Tilapia*, sur l'utilisation de nouvelles espèces intéressantes pour la production de base, sur l'alimentation artificielle, sur la fertilisation organique et minérale et enfin sur la rentabilité économique.

5.1. - Contrôle de la reproduction des *Tilapia*

Les deux possibilités de contrôle de la reproduction des *Tilapia* sont : l'association à des espèces prédatrices ou la culture monosexue.

De nombreux prédateurs locaux et étrangers ont été associés avec plus ou moins d'efficacité aux *Tilapia*. Toutefois, cette technique ne donne jamais satisfaction. Dans certains cas, les prédateurs utilisés ont une taille adulte petite et ne présentent pas d'intérêt pour la commercialisation, dans d'autres cas, les prédateurs atteignent une taille intéressante mais ces associations restent occasionnelles, car la reproduction en étang de ces poissons n'est pas encore assurée de façon régulière.

La culture monosexue est basée sur le fait que les mâles de *Tilapia* présentent une croissance bien plus rapide que les femelles. En empoissonnant les étangs avec des alevins tous mâles, on améliore nettement la production marchande et on évite la surexploitation et le nanisme. Deux techniques sont utilisées: le triage des sexes et l'hybridation donnant des alevins tous mâles. Chez la plupart des *Tilapia*, des différences sexuelles externes apparaissent dès le jeune âge. Aussi est-il possible de séparer les mâles des femelles pour la mise en charge des étangs. Cependant, en pratique, des erreurs se glissent dans ce triage d'autant plus facilement que les quantités d'alevins nécessaires sont importantes et il suffit de quelques femelles dans le lot pour faire manquer le but poursuivi. Les recherches effectuées sur l'hybridation ont permis d'obtenir des descendance appartenant à un seul sexe. Pourtant cette technique n'a pas dépassé le stade expérimental sauf en Israël et dans les pays développés. La principale difficulté d'application est due à l'introduction naturelle des *Tilapia* sauvages dans les étangs.

5.2. Essais de nouvelles espèces locales.

L'idée d'essayer en pisciculture africaine des espèces sauvages locales n'est pas récente puisque 46 sur 70 espèces essayées en pisciculture font partie de la faune dulcicole africaine. Toutefois, si certains essais résultaient d'une étude préalable pour déterminer l'intérêt de l'espèce en pisciculture, d'autres se limitaient à la capture de poissons en milieu naturel et à leur introduction en étangs. Ensuite, on attendait un résultat éventuel. Dans certains cas, l'absence d'un choix raisonné était si flagrant qu'on est arrivé à vouloir utiliser des poissons vénéneux (*Tetraodon*) et inconsommables.

Vers 1957, des essais d'élevage d'un poisson des grands fleuves, l'*Heterotis* sont tentés en Côte d'Ivoire et au Nigéria. Pour obtenir sa reproduction, il suffit de laisser se

développer la végétation sur le pourtour de l'étang. Les *Heterotis* retrouvent des conditions proches de la zone d'inondation où ils se reproduisent naturellement et viennent y construire leur nid.

Des observations sur la croissance ont montré qu'en un an des individus ont atteint plus d'un kilo. Toutefois, on n'a pas précisé la densité d'élevage. A la suite de ces premiers résultats encourageants, on a pensé pouvoir relancer la pisciculture africaine, avec ce poisson à croissance rapide. Comme l'*Heterotis* présente une aire de distribution assez restreinte limitée aux fleuves nord-équatoriaux, on l'a introduit dans les années 1960 au Gabon, en République Centrafricaine, au Congo Brazzaville, au Cameroun, à Madagascar, au Zaïre, etc... Voilà maintenant plus de vingt années que des recherches se poursuivent sur l'élevage de ce poisson dans différents pays, mais on se heurte toujours au problème de l'alevinage. Bien qu'on obtienne relativement facilement sa reproduction en petits comme en grands étangs aménagés et que les géniteurs assurent une garde parentale aux jeunes pendant plus d'un mois, la mortalité des alevins est toujours de l'ordre de 90 % et plus. Finalement, les résultats de production obtenus sur des faibles superficies indiquent que ce poisson ne supporte pas une forte densité d'élevage et que le facteur limitant dépendrait de la nourriture naturelle disponible. Il ne faut pas s'étonner dès lors que l'*Heterotis* soit devenu et reste un poisson d'accompagnement dans l'élevage du *Tilapia*, qui est le poisson de base pour la production.

Jusqu'à présent, les autres espèces qui ont donné des résultats intéressants appartiennent à la famille des Citharinides et des Cyprinides. Leur croissance à faible densité est généralement bonne : ils atteignent 300 à 500 grammes à l'âge d'un an. Leur régime alimentaire, constitué principalement de phytoplancton en étangs, permet d'améliorer nettement la production de *Tilapia* auxquels on les associe. Cependant, on n'a jamais obtenu leur reproduction en bassins de pisciculture et on s'approvisionne en alevins dans la zone d'inondation des fleuves et rivières. Aussi, ce type de reproduction reste très aléatoire.

Dans le but de remplacer les *Tilapia* pour la production de base, des efforts récents ont porté plus particulièrement sur les silures. On constate qu'actuellement les nouvelles recherches entreprises en Egypte, en République Centrafricaine, en Afrique du Sud, en Ouganda, au Nigéria, au Rwanda, etc... sont centrées sur la domestication de différents silures. Bien que ces essais en soient toujours au stade expérimental, les premiers résultats soulignent d'eux-mêmes l'intérêt de ces nouvelles espèces pour la pisciculture africaine, et notamment ceux obtenus avec un poisson chat du genre *Clarias*, à Bangui en République Centrafricaine.

Les premières expériences avec ce poisson associé en très faible densité avec des *Tilapia* ont révélé une croissance très rapide : des poissons de 600 g passent à 2.500 g en 80 jours. L'étude de son régime alimentaire montre que c'est un véritable omnivore et les expériences d'alimentation artificielle montrent qu'il accepte et digère facilement les sous-produits locaux tels que drêche de brasserie, tourteaux de coton, d'arachide, de sésame, son de riz, etc... La reproduction en étang est possible mais occasionnelle. Aussi une méthode de reproduction induite a été mise au point pour l'obtenir à volonté et tout au long de l'année. Toutefois, les problèmes d'alevinage ne sont pas encore tout à fait résolus. En pratique, un mois après la reproduction, on ne récolte que 100 à 200 alevins par are, ce qui est insuffisant. On pense que cette mortalité est due principalement à l'alimentation et à la prédation.

En quelques années, HOGENDOORN (1980) a mis au point, dans les conditions de laboratoire, une technique de production intensive d'œufs fécondés donnant jusqu'à 75 % d'éclosion. De même, en alimentant les larves de *Clarias*, avec du zooplancton vivant, il a obtenu, après 4 semaines, des pourcentages de survie de 50 à 96 % ce qui devrait permettre le développement de l'élevage de cette espèce très intéressante. En effet, les expériences de production mises en place montrent qu'en monoculture (Tableau IV) à une forte densité d'élevage (200 ind./are) et alimenté artificiellement, ce *Clarias* présente une excellente croissance puisque, en 23 à 31 semaines, le poids moyen atteint, selon l'alimentation, est de 97 à 603 grammes. Enfin, les productions ont été très fortes dans les deux derniers cas, car on obtient respectivement 16.760 kg/ha/an et 12.200 kg/ha/an. Il faut souligner ici que ces productions correspondent à une quantité de poissons totalement commercialisables.

5.3. Alimentation artificielle

On sait que l'alimentation des *Tilapia* avec des végétaux (MICHA, 1974) ne donne pas de rendements très importants et que leur taux de conversion est très élevé. Aussi, on

Tableau IV : Production de *Clarias lazera* en monoculture.

Aliments	Temps (semaines)	Production (kg/ha/an)	Poids moyen (g)
Graines coton	27	2710	97
Drêche	27	4200	185
Granulés PV	31	16760	603
Granulés PA	23	12200	377

a tenté d'utiliser des sous-produits locaux beaucoup plus riches tels que les tourteaux de coton, d'arachide, de sésame, etc... Employés seuls, ces aliments ont un taux de conversion intéressant, de l'ordre de 0,3 (gain de poids par g d'aliment) mais, en plus des risques de pollution, leur emploi provoque surtout des maladies de carence qui se manifestent par des troubles de croissance. C'est la raison pour laquelle on examine actuellement les possibilités d'emploi d'aliments composés sous forme de granulés. En République Centrafricaine, on a mis au point deux types de granulés, l'un contenant 30 % de protéines en partie animales (PA), l'autre 30 % de protéines toutes végétales (PV). Dans le premier cas, les ingrédients fournissant les protéines animales sont le sang séché, la farine de poisson, dans le second cas ce sont essentiellement la drêche de brasserie, les tourteaux de coton et d'arachide, tous sous-produits locaux disponibles en grande quantité.

Les résultats obtenus avec les *Tilapia* (Tableau V) montrent qu'on améliore nettement leur production puisque l'on passe de 2.400 kg/ha/an, en aliment avec la drêche de brasserie seule, à 5.345 kg/ha/an et 6.751 kg/ha/an en alimentant avec les granulés. D'autre part, on réduit la période d'exploitation de 34 à 14 et 13 semaines ainsi que le pourcentage du poids d'alevins. Enfin, le poids moyen des *Tilapia* reste de l'ordre de 100 g sur un temps d'exploitation beaucoup plus court. Il faut noter également que la production totale est plus élevée pour les *Tilapia* nourris de granulés à base de protéines toutes végétales (PV) qu'à base de protéines animales (PA). Un résultat semblable a été obtenu avec le *Clarias* et le tableau IV montre une production meilleure dans le cas d'alimentation avec des granulés à base de protéines végétales. Cette observation, qui demande confirmation, est d'autant plus intéressante que les tourteaux, base des granulés de protéines végétales, sont en Afrique les plus abondants et les moins chers. Enfin, les taux de conversion obtenus avec ces aliments composés varient généralement entre 0,4 et 0,9, c'est-à-dire qu'on obtient 0,4 à 0,9 kg de poisson par kilo de granulés. Selon la composition du granulé, le coût des ingrédients s'élève de 8 à 17 CFA par kilo. Malheureusement, le coût de leur fabrication fait monter le prix de revient à 30-39 CFA. Cependant, le bénéfice reste appréciable puisque le poisson était acheté au producteur en 1974, à 180 CFA le kilo à Bangui.

Tableau V : Production de *Tilapia nilotica* en monoculture.

Aliments	Temps (semaines)	Production (kg/ha/an)	% Poids en alevins 40 g	Adultes P.M. (g)
Drêche	34	2396	44,0	101
Granulés PV	14	6751	37,0	114
Granulés PA	13	5345	29,5	99

5.4. Fertilisation

Il faut distinguer deux types de fertilisation : la fertilisation minérale, coûteuse, et la fertilisation organique, généralement gratuite. Les résultats obtenus jusqu'à présent

avec la fertilisation minérale n'ont pas donné de résultats vraiment fiables et rentables alors que la fertilisation organique par contre est assez intéressante. Au Congo Brazzaville, par exemple, il est maintenant de tradition de faire rouir le manioc dans les étangs, ce qui provoque un développement de plancton important assurant une production en *Tilapia* de l'ordre de 4.000 kg/ha/an. L'établissement d'élevage de canards, de poules, de porcs aux bords des étangs permet aux surplus d'aliments et aux excréments emportés dans l'eau d'être utilisés par les poissons. On obtient ainsi des productions de 1.500 à 5.000 kg/ha/an avec les *Tilapia*, de 4.000 à 7.000 kg/ha/an avec le *Clarias*, productions qui ne sont pas négligeables et ne coûtent absolument rien.

5.5. Rentabilité économique

On ne peut plus envisager la pisciculture sans aborder ce problème de la rentabilité économique. On va se limiter toutefois à évoquer la rentabilité d'exploitations existantes, sans en envisager le coût ni l'amortissement. Il faut, semble-t-il, distinguer les petites exploitations artisanales des grosses stations de pisciculture nécessitant un matériel important. Parmi les nombreux facteurs qui entrent en jeu, on n'en précisera qu'un seul qui semble primordial : la dimension de l'exploitation. Au Congo Brazzaville, il a été montré qu'une petite ferme piscicole de 15 à 20 ares assurerait au pisciculteur des revenus suffisants pour un travail moyen. Dans le cas d'exploitation plus importante, nécessitant l'utilisation d'un camion, il a été prouvé qu'une ferme piscicole de 4 ha est toujours en déficit, quelle que soit l'alimentation des poissons. Pour atteindre l'équilibre (ni bénéfices, ni pertes), la surface exploitée devrait être doublée. Pour assurer un bénéfice intéressant, il faudrait donc que de telles exploitations aient une superficie d'au moins 10 hectares.

6. ORGANISATION, CONTRAINTES ET AVENIR DE L'AQUACULTURE

La production actuelle de poissons d'élevage provient pour une large part des pays socialistes à économie planifiée, où l'élevage est effectué dans les fermes d'état, des communautés ou des fermes coopératives. Dans d'autres pays, la production est largement privée et de petits pisciculteurs dominent le marché. La tendance récente à la diversification de la production industrielle (BP) et agricole se traduit par l'accroissement de l'intérêt des entreprises privées pour l'aquaculture et l'apport de capitaux privés considérables. Dans les entreprises aquacoles créées et administrées essentiellement en fonction du profit financier, l'intégration verticale est généralement plus poussée. Bien qu'une classification rigide des schémas d'aquaculture préférés respectivement par les pays en voie de développement et par les pays développés soit impossible, il est probable que l'on trouvera dans les pays en développement, même à l'avenir, un plus grand nombre d'entreprises artisanales et d'opérations de subsistance. L'intégration de l'aquaculture dans les programmes de développement rural est non seulement possible mais souhaitable dans les pays en développement.

Le choix des espèces est un problème écologique crucial. Trop souvent, on présente l'aquaculture comme la solution potentielle aux problèmes de déficit protéique dans l'alimentation des populations humaines. Or l'aquaculture actuelle est mal partie, car elle intensifie la production d'espèces dites nobles telles que les Crustacés Peneidae et Palaemonidae, et les Poissons Salmonidae, Esocidae, Anguillidae, espèces à haute valeur commerciale mais essentiellement carnivores et à exigence élevée en protéines animales. Il en résulte qu'au Chili, Pérou, Danemark, Maroc, etc., on exploite et surexploite les stocks de Clupeidae marins pour en faire de la farine afin de nourrir les animaux d'élevage. Dans certains pays, où le pouvoir d'achat est faible, il est devenu plus rentable au point de vue économique de transformer directement et totalement ces Clupeidae en farine et de l'exporter vers les pays riches plutôt que de les vendre aux populations locales en déficit protéique. Au Japon, l'élevage du sériole en mer (80.000 t/an) est économiquement très rentable mais nécessite un apport de 550.000 t de protéines animales, ce qui constitue du point de vue écologique un gaspillage fantastique d'énergie et de matière.

Pour que l'aquaculture réponde à l'espoir qu'elle soulève, notamment parmi les jeunes agronomes, elle devrait développer l'élevage d'espèces situées au bas de la chaîne alimentaire de l'écosystème aquatique afin de réduire au maximum les pertes d'énergie lors du passage d'un niveau trophique à l'autre. En conséquence, les espèces les plus intéressantes du point de vue écologique mais moins rentables du point de vue commercial sont les espèces phytophages, planctonophages, microphages et/ou détritivores. Celles-ci présentent en outre l'avantage d'être tolérantes à l'égard d'autres

espèces et de permettre la polyculture, ce qui permet d'utiliser toutes les niches écologiques du système (cfr. 4 espèces de carpes chinoises complémentaires: carpe argentée + carpe herbivore + carpe à grosse tête + carpe de vase).

Mais une contrainte sérieuse au développement de l'aquaculture écologique concerne le goût de vase résultant de l'ingestion de geosmin synthétisé par certaines cyanophycées et certains actinomycètes. Jusqu'à présent, aucune méthode fiable n'existe pour éviter ce problème qui devrait être étudié de façon approfondie.

Il n'empêche que l'augmentation progressive de la production mondiale par l'expansion des superficies exploitées et les améliorations techniques qui permettent d'intensifier la pisciculture (USA : production de silures de 4.000 à 35.000 t/an en 9 ans) tendent à montrer que l'aquaculture en viendra à jouer un rôle de plus en plus important dans la production alimentaire. Même si l'on se borne à élargir l'utilisation des techniques existantes, la production mondiale devrait doubler au cours de la prochaine décennie. Il semble même possible de multiplier par 5, voire par 10 la production aquacole, à condition de pouvoir disposer de l'aide nécessaire dans les domaines scientifique, financier et administratif.

De plus, le développement de l'aquaculture permet d'entrevoir des possibilités en dehors de la production alimentaire. La culture de perles a été entreprise par des pays autres que le Japon; la culture des algues productrices de colloïdes prend de l'importance; l'élevage des poissons-appâts qui, jusqu'à tout récemment n'a intéressé que la pêche sportive, pourrait, semble-t-il maintenant, se révéler intéressante aux fins de pêche commerciale, comme la pêche au thon. L'élevage des poissons d'aquarium est une industrie très importante au point de vue économique et en pleine expansion. Il en est de même pour certains grands crustacés de la famille des Palaemonidae (*Macrobrachium*) et des Astacidae. L'élevage industriel des crocodiles (Cuba), des tortues (Mexique) et autres animaux devient également possible.

Des méthodes écologiques bien conçues joueront certainement un rôle de premier plan dans l'expansion de l'aquaculture. Plusieurs méthodes sont offertes à cette fin : exploitation - utilisation des effluents domestiques et municipaux, des déchets animaux et agricoles, et des eaux chaudes.

En conclusion, la limniculture a un avenir certain dans les pays développés mais les espèces utilisées, généralement des carnivores à haute valeur commerciale, sont très exigeantes au point de vue alimentaire (30 - 40% de protéines animales dans les granulés), ce qui rend cet élevage peu rentable du point de vue bilan énergétique. Il n'empêche que les jeunes biologistes et agronomes ont dans cette voie des perspectives à court terme (recherches et amélioration des techniques de reproduction, de production et d'alimentation, et à moyen terme (formation, encadrement des producteurs et vulgarisation des techniques).

Dans les pays en voie de développement les perspectives sont nettement plus amples : recherche d'espèces potentiellement intéressantes pour l'élevage, mise au point des techniques d'élevage, formation de cadres supérieurs et moyens, développement des marchés, etc...

Toutefois, la rapidité avec laquelle se développera l'aquaculture sera fonction d'une part des moyens mis à la disposition des chercheurs et, d'autre part, de la motivation et de la création des jeunes chercheurs qui s'attacheront à développer une aquaculture plus originale, moins énergivore, et axée sur une rentabilité "écologico-économique". Utopie ou réalité future? L'avenir nous l'apprendra mais il dépend en partie des jeunes et futurs chercheurs.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLABY M., 1977. World food resources. Actual and Potential. *Applied Sc. Publ. Ltd, London*, 418 p.
- BROWN E.E., 1977. World fish farming: cultivation and economics, *AVI Publ. Cpy, Inc, Westport*, 397 p.
- COCHE A.G., 1978. Rapport du symposium sur la nutrition des poissons et la technologie de leurs aliments artificiels, Hambourg, 20-23 juin 1978. *Doc. Tech. CECPI*, 31, 38 p.
- FAO, 1976. Conférence technique de la FAO sur l'aquaculture, Kyoto, Japon 26 mai-2 juin 1976. *Rapp. FAO Pêches*, (188): 99 p.

- FOREST D.M., 1976. Eel capture processing and marketing. *Fishing News Books Ltd*, Farnham, England, 205 p.
- FRANK V. et MICHA J.-C., 1975. Biologie des principales espèces utilisées en pisciculture africaine. *Symposium FAO, CIFA*, SR 8, 39 p.
- HUISMAN E.A., 1979. Rapport du stage CECPI sur la production massive du frai et des alevins en eau douce. *Doc. Tech. CECPI*, 35, 21 p.
- HOGENDOORN H., 1980. Controlled propagation of the african catfish, *Clarias lazera* (C. et V.) II Artificial reproduction. *Aquaculture* 21, 39-53.
- HOGENDOORN H., 1980. Controlled propagation of the african catfish *Clarias lazera* (C. et V.) III Feeding and growth of fry. *Aquaculture*, 21, 233-241.
- HONMA Akio, 1971. Aquaculture in Japan. *Japan FAO Association*, Tokyo, 148 p.
- HUET M., 1970. Traité de pisciculture. *Ed. de Wyngaert*, Bruxelles, 718 p.
- KINNE O., 1980. Aquaculture. A critical Assessment of its Potential and Future. *Interdisciplinary Science Reviews*, 5, 1, 24-32.
- LOVELL R.T., 1979. Fish Culture in the United States. *Science*, 206, 1368-1372.
- MICHA J.-C., 1974. La pisciculture africaine. Espèces actuelles et espèces nouvelles. Zoologie et Assistance Technique, *Edit. FULREAC*, Liège, 163-195.
- MICHA J.-C., 1975. Synthèse des essais de reproduction, d'alevinage et de production chez un silure africain, *Clarias lazera*. *Symposium FAO, CIFA*, 75, SE 5, 23 p.
- REAY P.J., 1979. Aquaculture. *Studies in biology*, 116, Edward Arnold, London, 60 p.
- SARIG S., 1980. Fisheries and fish culture in Israel in 1979. *Bamidgeh*, 32, 4, 91-100, 107-113.
- STEVENSON J.P., 1980. Trout farming manual. *Fishing News Books Ltd.*, Farnham, England, 186 p.
- STICKNEY R.R., 1979. Principles of warmwater aquaculture. *John Wiley and sons*. New-York, 375 p.
- TAPIADOR D.D. *et al.*, 1977. Freshwater fisheries and aquaculture in China. A report of the FAO Fisheries (Aquaculture) Mission to China 21 april-12 may 1976. *FAO Fish Tech. Pap.* (168), 84 p.