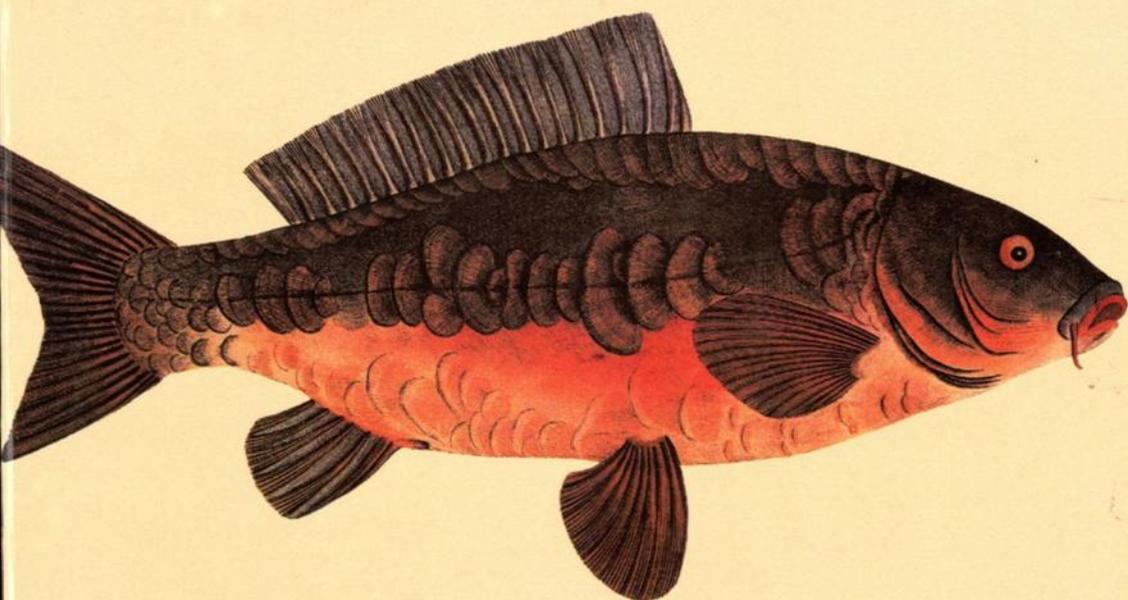


les carpes

biologie et élevage



 **INRA**
EDITIONS

HYDROBIOLOGIE ET AQUACULTURE

les carpes

biologie et élevage

R. BILLARD
Coordonnateur

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
147, rue de l'Université, 75338 Paris Cedex 07

HYDROBIOLOGIE ET AQUACULTURE

Déjà parus dans la même collection :

- Le Brochet : gestion dans le milieu naturel et élevage

Grignon (France), 9-10 septembre 1982

R. Billard, éd.

1984, 374 p.

- L'Aquaculture du Bar et des Sparidés

Sète (France), 15-16-17 mars 1983

G. Barnabé et R. Billard, éd.

1984, 542 p.

**- Caractérisation et essais de restauration
d'un écosystème dégradé : le lac de Nantua**

J. Feuillade, éd.

1985, 168 p.

- Aquaculture of Cyprinids

Evry (France), 2-5 septembre 1985

R. Billard, J. Marcel, éd.

1986, 502 p.

- La truite. Biologie et écologie

J.L. Baglinière, G. Maise, éd.

1991, 304 p.

En couverture :

La carpe commune *Cyprinus carpio* (forme d'élevage dite carpe royale),
reprise de Bloch (1785-1797).

© INRA, Paris 1995 - ISBN : 2-7380-0585-3

© Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants-droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 3, rue Hautefeuille, Paris 6^e.

Avant propos

Si on choisit des carpes, c'est parce qu'elles ne dévorent pas leurs semblables, grandissent facilement et se vendent cher.
Traité de Fan Li VII-VI^e siècle av. JC.

Etang réservoir d'eau douce, situé dans un lieu bas & fermé par une chauffé ou digue, pour y mettre du poisson qui s'y nourrit & y multiplie. Il est permis à un chacun de faire des Etangs fur ses héritages; mais en quelques Coutumes, il n'y a que les Seigneurs hauts Justiciers qui aient ce droit.
L'Agronome 1764.

L'élevage des poissons cyprinidés est très ancien et se pratique généralement en étang selon un mode extensif qui tend à s'intensifier dans la plupart des pays. Les productions actuelles des élevages de cyprinidés représentent, avec plus de 6 millions de tonnes, environ 50 % des productions totales de l'aquaculture dans le monde (et 75 % de celles de poissons). Elles sont surtout le fait de pays asiatiques, Chine en particulier. Cependant, dans les pays « riches », un certain développement est amorcé, lié à une augmentation de la demande en poisson de consommation. Il y a en effet un attrait des consommateurs pour les produits aquatiques, et en particulier les poissons en raison de leurs qualités nutritives et diététiques. Ces dernières ont été largement médiatisées, l'accent étant mis sur le rôle des acides gras polyinsaturés dans la prévention des maladies cardiovasculaires.

Les pêches mondiales dont la production tend à se stabiliser ne seront pas en mesure de couvrir l'ensemble de la demande et il sera nécessaire de faire appel à l'élevage pour couvrir une demande qui apparaît très spécifique, c'est-à-dire portant sur des produits transformés. Ces derniers vont requérir un approvisionnement standard et régulier pour bien couvrir la demande des consommateurs. Les apports des pêches, irréguliers et hétérogènes, ne peuvent pas en effet répondre entièrement à ces exigences, et les transformateurs se portent demandeurs de produits d'élevage.

Les produits de la pêche n'en continueront pas moins d'être prisés pour leur originalité, leur diversité et leur présentation à l'état frais. Le consommateur traditionnel continuera d'y faire appel, mais des catégories nouvelles sont demandeuses

de nouveaux produits (plats cuisinés, produits élaborés). La consommation des produits aquatiques, en particulier d'eau douce, est demeurée stable au cours des dernières décennies, vraisemblablement du fait d'une présentation restée traditionnelle. Elle satisfait une catégorie précise de consommateurs, mais ne répond pas aux besoins d'une clientèle plus large. Avec les nouveaux marchés qui se dessinent, alimentés par des filières bien structurées (production en élevage et transformation), le poisson et les autres produits aquatiques accèderont réellement au rang de production zootechnique ce qui a rarement été le cas jusqu'à présent, au moins dans les pays industrialisés.

Il existe divers scénarios de production pour couvrir l'augmentation prévisible de la demande. L'élevage de poisson en mer a des potentialités de production limitées dans de nombreux pays du fait de la compétition avec d'autres activités, des pollutions et des coûts de production élevés; il se limitera souvent à des produits « haut de gamme » en quantités limitées portant sur un nombre relativement grand d'espèces en eau douce (perche, tanche, sandre, brochet, etc...). La production de mollusques (huîtres, moules) qui est très importante en Europe sera aussi réduite dans ses développements du fait des problèmes de qualité des milieux qu'il est difficile par ailleurs de maîtriser. La production de truite en eau douce (salmoniculture) ne peut guère augmenter du fait du nombre limité de sites favorables (eau de bonne qualité n'excédant pas 20-22 °C) et des problèmes d'impact sur l'environnement non encore entièrement résolus. La pisciculture d'étang peut dans sa forme actuelle, très extensive (n'excédant guère 200 kg/ha/an), donner lieu à quelques développements, mais reste très saisonnière, les structures en place ne permettant pas un étalement de la production au cours de l'année. On peut pourtant considérer, qu'après aménagement et intensification, c'est ce type de production qui permettra de fournir des quantités significatives en zones tempérées. En effet, l'élevage est parfaitement maîtrisé pour quelques espèces (carpe commune, carpes dites chinoises, poisson chat américain) qui sont parmi celles assurant les plus fortes productions mondiales.

D'autres productions en eau continentale sont aussi appelées à se développer, qu'elles soient intensives (silure, esturgeon) ou plus extensives (brochet, sandre, tanche, perche...), mais les coûts de production resteront élevés au moins pendant un certain temps avant que toutes les phases de production soient bien maîtrisées. Il y a en effet une tendance à la diversification; une analyse sommaire de la situation des productions aquacoles mondiales montre que si la demande en poisson est globalement forte dans les pays industrialisés les productions individuelles de certaines espèces d'élevage (truites, sériole) plafonnent. Les consommateurs s'adressent moins à ces espèces et la demande se reporte sur d'autres espèces ou produits. L'une des hypothèses avancées est que l'industrie des pêches a toujours offert une grande variété d'espèces et que le consommateur attend de l'élevage, comme il le fait des pêches, une large gamme d'espèces.

Il se dessine actuellement des tendances à la mise en place, pour les cyprinidés, de filières incluant la séquence production-transformation-distribution analogue à celle réalisée dans le cas du poisson chat aux Etats-Unis et intégrée aux autres activités agricoles. Cette intégration peut revêtir différents aspects :

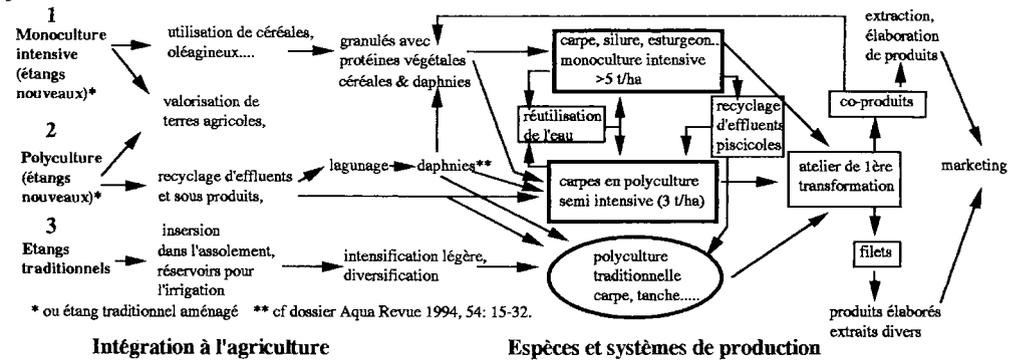
– fourniture de céréales et de protéines végétales pour la fabrication de granulés destinés aux poissons. Actuellement, ces granulés comportent une fraction non négligeable de farine de poissons lesquelles ne seront bientôt plus disponibles en quantités suffisantes pour satisfaire la demande des élevages aquacoles. Il sera donc assez rapidement nécessaire d'avoir recours à des protéines végétales dont il faudra étudier la valeur alimentaire et les modalités d'incorporation aux granulés. C'est cette démarche qui a prévalu dans le cas de la production du poisson chat aux Etats-Unis où les granulés destinés au grossissement des poissons comportent des céréales et des protéines végétales (comme le soja) produites localement par l'agriculture.

– utilisation d'effluents d'élevage (lisiers de porcs, fientes de volailles) comme fertilisants organiques.

– l'augmentation de la consommation de poisson donnera vraisemblablement lieu à des phénomènes de substitution et se traduira par la réduction de la consommation d'autres produits alimentaires issus de l'agriculture. Il est donc logique de penser que des mutations vont s'opérer au niveau des exploitations, que l'éleveur de bovins, porcs ou volailles aura à se reconverter et que l'élevage de poissons peut constituer une activité de substitution.

Cette filière « agro-piscicole » peut se réaliser selon différents scénarios au moins au niveau de la production (schéma ci-après).

Scénarios de production



1. Une monoculture intensive en étangs bien adaptés avec une nourriture d'origine exclusivement exogène constituée d'aliments artificiels.

2. Une polyculture également pratiquée en étangs bien adaptés avec stimulation par fertilisation, organique surtout, du réseau trophique pour produire le plancton servant d'aliment. Dans l'hypothèse d'une intensification du recyclage d'effluents d'élevage, il peut être fait appel à un lagunage produisant des daphnies distribuées aux poissons ou incluses dans les granulés.

3. Une production des étangs traditionnels qui peut être diversifiée quant aux espèces et légèrement intensifiée par alimentation complémentaire et fertilisation

organique surtout par des effluents d'élevage (mammifères/oiseaux) mais aussi de piscicultures (scénarios 1 et 2). En effet la qualité de l'eau dans les scénarios 1 et 2 sera sensiblement altérée par rapport aux normes physico-chimiques admises pour les rivières et les eaux ne pourront être rejetées en l'état dans le milieu naturel; elles peuvent être recyclées et épurées dans de grands étangs qui servent de lagunage. De ce point de vue une certaine complémentarité existe entre les 3 scénarios. Une simple réutilisation de l'eau par pompage vers d'autres étangs de la pisciculture est aussi pratiquée.

La transformation et la distribution constituent des secteurs clés de la filière dans le contexte du marché actuel. Au niveau de la transformation il est essentiel de valoriser tous les produits (filets et co-produits) et au niveau du marché il convient de bien identifier les produits susceptibles d'être admis par le consommateur.

Les techniques mises en œuvre dans les différents segments de cette filière agro-piscicole seront traitées dans le présent ouvrage mais ce dernier reste toutefois plus orienté vers les scénarios 2 et 3 avec développement des approches pour la maîtrise du réseau trophique dans les étangs. Il a été fait appel à plusieurs spécialistes essentiellement européens qui ont fourni des textes rédigés ou des documents bruts remis en forme. Le matériel est repris de données des ouvrages classiques de la pisciculture en étang (marqués * dans le texte et dont la liste est donnée en annexe) ainsi que de compléments plus récents ou spécifiques issus d'articles originaux de la littérature spécialisée (les références les plus significatives sont introduites à la fin de chacun des chapitres mais ne sont pas en général appelées dans le texte).

La compilation des savoirs et savoirs-faire réalisée dans cet ouvrage fait ressortir une grande disparité entre les différents domaines. Les connaissances sur la reproduction, l'élevage larvaire, la gestion de l'écosystème étang, commencent à être consistantes et à être traduites en «recettes» pratiques. Celles portant sur la génétique, la pathologie et la nutrition ne sont pas négligeables mais ne sont pas toutes opérationnelles en pisciculture d'étang en particulier dans un contexte d'intensification. Les insuffisances sont encore plus fortes si l'on considère les segments terminaux de la filière : transformation et distribution ainsi que dans le domaine des analyses économiques. Il existe quelques réalisations concrètes dans ces secteurs en pleine expansion mais elles ne sont pas toujours rapportées sous forme de documents accessibles.

La présentation des méthodes de production chinoises reste très descriptive du fait du manque de précision dans les quelques documents disponibles. Ces méthodes très performantes sont essentiellement basées sur un savoir-faire empirique transmis oralement sur le terrain sans base écrite. Cela explique au moins en partie les difficultés de transfert dans d'autres pays. Il apparaîtra donc au praticien lisant ce volume que les techniques de pisciculture en étang restent vagues dans leur description sans caractère normatif affirmé. L'affinage de ces techniques sera finalement le fait du pisciculteur lui-même qui aura à adapter à son propre contexte des recettes générales et des descriptions ponctuelles prises dans des contextes particuliers. Il sera aidé en cela par la tenue d'un livre d'exploitation dans lequel un suivi des animaux et des étangs sera consigné; il y sera fait constamment allusion dans la suite de l'ouvrage.

Un grand nombre de personnes ont contribué à la réalisation de ce travail et doivent être remerciées. Il y a les auteurs des contributions principales (p. 377) et ceux ayant fourni des éléments de rédaction, en particulier R. Berka, V. Ginot, L. Horvath, J. Mullet i Cerda, J. Pokorny, O. Schlumberger, Zdenka Svobodova... Divers lecteurs ont bien voulu donner leur avis critique sur l'ouvrage à divers stades de sa réalisation : Christiane Ferra, Jacqueline Marcel, Catherine Mariojous, Ghislaine Perchec et Josette Sevrin-Reyssac, R. de Courson, L. Dabbadie, A et J. Heyman, G. Maise, G. de Montalembert, J.P. Pommereau, Y. Racapé.... La documentation a été rassemblée par F. Nadot et M. Margout, la frappe du manuscrit par J. Barthélémy et J. Faurillon et la lecture des épreuves par Françoise André. La rédaction de l'ouvrage a reçu un soutien financier du ministère de l'Agriculture et de la Pêche (Bureau Aquaculture). Le coordinateur de l'ouvrage remercie par avance les lecteurs et en particulier les professionnels pour les remarques qu'ils voudraient bien formuler et qui pourraient contribuer à améliorer une éventuelle réédition de cet ouvrage.

Table des matières

| | |
|---|----|
| 1. La biologie des cyprinidés..... | 13 |
| Systématique et biogéographie..... | 13 |
| Quelques caractéristiques originales de la biologie des cyprinidés..... | 15 |
| Les cyprinidés et l'aquaculture..... | 17 |
| Les introductions de cyprinidés effectuées par l'homme..... | 20 |
| Bibliographie..... | 21 |

MILIEU

| | |
|--|----|
| 2. L'écosystème aquatique et la qualité des eaux..... | 25 |
| Le réseau alimentaire dans les étangs de cypriniculture..... | 25 |
| Principaux constituants du réseau alimentaire..... | 26 |
| Relations plancton-poissons..... | 41 |
| Comment agir sur la qualité piscicole du plancton et sur son abondance?..... | 44 |
| Influence sur le plancton des aliments artificiels distribués aux poissons..... | 52 |
| Conclusion..... | 54 |
| La qualité des eaux et son contrôle..... | 56 |
| Les principaux paramètres de la qualité des eaux influençant la production de poissons en étang..... | 56 |
| La qualité de l'eau dans l'écloserie-nourricerie..... | 69 |
| Mesure de la qualité des eaux..... | 75 |
| Bibliographie..... | 78 |

ÉLEVAGE

| | |
|--|----|
| 3. La reproduction..... | 83 |
| Données sur la biologie de la reproduction des cyprinidés..... | 83 |
| La gamétogenèse et la libération des gamètes (ovulation et spermiation)..... | 83 |

| | |
|---|------------|
| La biologie des gamètes..... | 88 |
| Les diverses méthodes pour induire l'ovulation et la spermiation | 90 |
| La gestion des géniteurs | 90 |
| Le contrôle de la reproduction par supplémentation hormonale | 93 |
| Induction de la reproduction par manipulation des facteurs de l'environnement | 100 |
| Procédure pratique pour la reproduction contrôlée en éclosérie..... | 102 |
| Cas de la carpe..... | 102 |
| Cas des carpes chinoises et indiennes..... | 114 |
| Les différents types d'écloséries et leur gestion | 115 |
| Un exemple d'éclosérie « rustique » en circuit fermé | 117 |
| Reproduction naturelle sur substrats artificiels de ponte | 120 |
| Bibliographie..... | 123 |
| 4. Amélioration génétique..... | 125 |
| La domestication | 125 |
| Le choix des souches et leur gestion..... | 127 |
| Les croisements et les hybridations..... | 130 |
| La sélection..... | 133 |
| La maîtrise du sexe et la polyploidisation | 138 |
| Les perspectives de la génétique moléculaire et de la transgénèse.... | 143 |
| Conclusion..... | 144 |
| Bibliographie..... | 146 |
| 5. L'élevage des juvéniles | 149 |
| L'élevage des juvéniles dans le contexte éclosérie-nourricerie..... | 149 |
| L'alevinage en étangs extérieurs..... | 150 |
| Le premier alevinage..... | 150 |
| Le deuxième alevinage en étang..... | 160 |
| Le stockage pendant l'hiver..... | 162 |
| Implantation de film plastique ou de serres au-dessus des étangs pour limiter les déperditions thermiques | 163 |
| L'alimentation artificielle de larves de carpe..... | 164 |
| Aliment | 165 |
| Structures d'élevage..... | 166 |
| Conduite de l'élevage | 167 |
| Conclusion | 168 |
| Les maladies : prévention et traitement..... | 168 |
| La pathologie liée à l'environnement..... | 169 |
| La pathologie infectieuse | 170 |
| Conclusion..... | 181 |

| | |
|--|------------|
| Bibliographie | 181 |
| 6. Le grossissement en étang | 183 |
| Les techniques traditionnelles d'élevage en étang en Europe | 183 |
| Les différents types d'étangs | 183 |
| La fumure minérale des étangs | 186 |
| La fumure organique | 190 |
| Alimentation complémentaire | 194 |
| La production intensive de carpe en continu au cours de l'année | 202 |
| Evolution et maîtrise de la qualité de l'eau en élevage intensif | 203 |
| Scénario de production en continu | 208 |
| Système de capture en pleine eau | 213 |
| Stockage des poissons | 214 |
| Conclusion | 215 |
| La modélisation de la croissance de carpe en étang | 216 |
| La construction du modèle | 216 |
| La croissance durant la première année d'élevage (C_{0-1}) | 218 |
| La croissance des carpes dans leur deuxième année d'élevage (C_{1-2}) | 220 |
| La croissance des carpes durant la troisième année d'élevage (C_{2-3}) | 222 |
| Conclusion | 223 |
| Les causes de mortalité et leur traitement | 226 |
| L'élevage extensif | 226 |
| L'élevage intensif | 232 |
| Conclusion | 234 |
| La prédation due aux oiseaux piscivores et les mesures de protection | 234 |
| Les espèces prédatrices | 236 |
| Estimation des pertes | 238 |
| Protections possibles | 239 |
| Prévention de l'impact négatif des élevages en étangs sur l'environnement | 242 |
| Les possibilités de réduire l'impact des élevages sur l'environnement | 242 |
| Les systèmes de recyclage et l'épuration des eaux en pisciculture intensive | 243 |
| Un exemple de recyclage de lisier en étangs de lagunage en Italie avec production de daphnies et de poissons | 244 |
| Bibliographie | 246 |
| 7. La création d'étangs, équipements et mécanisation | 249 |
| La création d'étangs | 249 |
| Les divers types d'étang | 249 |
| Conditions techniques de création d'étangs de pisciculture | 250 |
| Construction | 257 |

| | |
|--|-----|
| Les coûts de construction..... | 260 |
| Les équipements et la mécanisation de la production..... | 265 |
| L'épandage de fertilisants..... | 266 |
| L'aération..... | 267 |
| Le faucardage de la végétation..... | 274 |
| La distribution d'aliments pour poissons en grossissement..... | 275 |
| La capture des poissons..... | 280 |
| Le tri et le transport des poissons..... | 285 |
| Les micro-ordinateurs..... | 295 |
| Bibliographie..... | 298 |

TRANSFORMATION, MARCHÉ, ÉCONOMIE

| | |
|--|------------|
| 8. La transformation et les marchés..... | 303 |
| La transformation..... | 303 |
| Composition corporelle et rendement du filetage..... | 303 |
| Composition chimique, évaluation sensorielle et évolution <i>post-mortem</i> de la composition..... | 303 |
| Le filetage..... | 306 |
| Le fumage..... | 308 |
| Préparations diverses..... | 308 |
| Le marché de la carpe – l'exemple français..... | 310 |
| Pour un nouveau concept de « produits-carpe »..... | 312 |
| Le nouveau « marketing-mix » de la carpe..... | 312 |
| Des expériences convaincantes..... | 314 |
| Pour un Plan Carpe Européen..... | 315 |
| Bibliographie..... | 315 |
| 9. Approche de l'économie de la production piscicole en étang..... | 317 |
| Particularités de la pisciculture d'étang en tant que sujet d'une étude économique ou technico-économique..... | 318 |
| Pisciculture traditionnelle..... | 318 |
| Pisciculture intensive..... | 319 |
| Quelques rappels de méthodes de gestion et d'économie agricole..... | 319 |
| Approche de la méthodologie d'étude économique de la pisciculture d'étang..... | 322 |
| Type d'information nécessaire..... | 322 |
| Principales difficultés méthodologiques..... | 323 |
| Présentation de quelques cas et résultats pour diverses piscicultures d'étangs..... | 325 |
| Données d'entreprises agro-piscicole (production extensive)..... | 325 |

| | |
|--|-----|
| Données indicatives sur des coûts de production établis à partir d'un pilote de production intensive | 327 |
| Conclusion | 329 |
| Bibliographie | 331 |

ANNEXES

| | |
|---|-----|
| L'élevage en étang des espèces de poissons, autres que la carpe | 335 |
| L'élevage des juvéniles | 335 |
| Structures d'élevage et alimentation | 335 |
| Conduite de l'élevage | 338 |
| Quelques exemples de systèmes de production de cyprinidés..... | 340 |
| L'élevage des cyprinidés d'ornement en étang..... | 343 |
| Caractéristiques des espèces d'ornement | 343 |
| L'élevage du poisson rouge et de la carpe koï | 344 |
| Les techniques traditionnelles d'élevage d'espèces ornementales pratiquées en Italie du Nord..... | 346 |
| L'élevage des espèces d'accompagnement de la carpe en étang..... | 348 |
| Elevage de la tanche..... | 349 |
| Elevage du gardon et du rotengle | 354 |
| Elevage des poissons appâts | 357 |
| Elevage du sandre..... | 366 |
| Bibliographie | 369 |
| | |
| Bibliographie générale | 371 |
| Liste des auteurs..... | 377 |
| Index thématique..... | 379 |

La biologie des cyprinidés ⁽¹⁾

Carpe. (la). En Suède & en Allemagne, Karp; en Angleterre, Carp; à Venise, Rayna; sur les bords du Pô Carpena. Il est peu de poiffons aussi généralement connus et d'un ufage plus ordinaire que celui-ci.

D'Aubenton 1787.

Systématique et biogéographie

Les cyprinidés se placent d'un point de vue systématique dans l'ordre des cypriniformes qui est classiquement regroupé avec celui des characiformes, siluriformes et gymnotiformes pour constituer le groupe des ostariophyses. Ces ordres présentent un certain nombre d'originalités comme leur localisation dominante en eau douce et la possession de l'appareil de Weber qui est une structure anatomique originale constituée de petites pièces osseuses formées à partir des 4 et 5 premières vertèbres; la paire osseuse la plus antérieure entre en contact avec une extension du labyrinthe et la plus postérieure avec la vessie natatoire. La fonction en est mal connue mais on suppose que cette structure intervient dans la transmission des vibrations de la vessie natatoire au labyrinthe et dans la perception des sons, ce qui expliquerait la grande capacité d'audition des ostariophyses. Ces structures seraient utilisées pour éviter les prédateurs et interviendraient dans les relations sociales y compris dans les rassemblements en groupes spécifiques. Il faut tenir compte de cette capacité de perception des sons lorsque l'on procède par exemple à la capture de ces espèces. La plupart des cypriniformes ont des écailles et des dents sur les os pharyngiens inférieurs qui sont parfois modifiés en relation avec les régimes alimentaires. *Tribolodon* est le seul genre parmi les cyprinidés qui tolère les eaux salées; s'y ajoutent quelques espèces qui accèdent aux eaux saumâtres mais qui viennent se reproduire en eau douce (par exemple *Cyprinus acutiodorsalis*). Tous les autres cypriniformes

(1) R. Billard.

vivent dans les eaux continentales et leur répartition géographique est très large; ils ont colonisé tous les continents à l'exception de l'Australie.

Les cyprinidés constituent l'une des familles les plus importantes et les plus connues parmi les cypriniformes. Leur répartition est vaste, ils sont largement représentés en Amérique du Nord, Eurasie et Afrique mais sont naturellement absents d'Amérique du Sud, de Madagascar et d'Australie où toutefois l'homme a introduit quelques espèces dont la carpe commune *Cyprinus carpio*⁽²⁾. Dans ces pays il existe des équivalents zoologiques et écologiques voisins : characins en Amérique du Sud, mélanotaenidés en Australie et Nouvelle Guinée. La diversité spécifique des cyprinidés est très forte en Chine et dans le Sud-Est asiatique mais elle est moindre en Afrique et en Amérique du Nord où l'on dénombre cependant 36 genres et 280 espèces (118 appartenant au seul genre *Nototropis*). Les cyprinidés fossiles remontent au Paléocène en Europe, à l'Eocène en Asie et à l'Oligocène en Amérique du Nord. Les cyprinidés se sont dispersés à l'est de la ligne de Wallace, ont atteint Bornéo, mais n'ont pas franchi le détroit de Macassar. La carpe originaire d'Asie de l'Ouest ne serait plus représentée sous sa forme «sauvage» que par les sous-espèces *Cyprinus carpio haematopterus* en Asie de l'Est et *C. carpio carpio* en Europe de l'Est.

Du point de vue caryologique, les cyprinidés possèdent en général 48-50 paires de chromosomes mais certaines espèces comme la carpe commune et le carassin en possèdent quelquefois davantage. Le carassin du nord ouest de la Chine *Carassius auratus gibelio* possède même 75 paires de chromosomes et une espèce voisine au Japon en possède 100; cela résulte sans doute de phénomènes de polypléidisation. Les phénomènes d'hybridation sont fréquents chez les cyprinidés et résultent en partie des modifications de leur milieu et de leur habitat lors de la fraye en particulier; ces modifications pouvant être naturelles ou dues à l'action de l'homme. Ces cyprinidés réunissent un grand nombre d'espèces et pour beaucoup d'entre elles le nombre d'individus, et le plus souvent les biomasses, sont élevés; ils se trouvent en fait confinés dans des milieux restreints ce qui les soumet à de fortes interactions sociales et les oblige à occuper efficacement les diverses niches écologiques. En effet les milieux aquatiques continentaux hébergent 41 % des espèces alors que le volume d'eau (126 000 km³) est très réduit par rapport à celui des eaux marines (1,32 milliards km³) (le volume d'eau des lacs représente 1/1 000 du total et celui des rivières 1/10 000). Le nombre moyen d'individus par espèce a été estimé à 117 milliards en mer et pourrait varier entre 83 millions et 83 milliards en eau douce. On voit donc que le volume d'eau disponible pour un individu est beaucoup plus réduit dans les eaux continentales (entre 1,5 et 1 500 m³) que dans les eaux marines (11 300 m³). Ces chiffres de Horn (1979) ne sont que des indications générales souffrant de nombreuses exceptions mais ils indiquent qu'il existe dans les eaux douces une forte compétition entre espèces et entre individus à la fois pour l'espace, pour l'alimentation et pour la reproduction. Les cyprinidés sont tout particulièrement concernés puisqu'ils représentent environ 20 % du nombre total d'espèces présentes dans les eaux continentales (en Europe et Asie ce taux

(2) Généralement dénommée carpe dans la suite de l'ouvrage.

peut atteindre 50%). Dans une rivière, en conditions non perturbées, ou peu perturbées le nombre total d'espèces y compris celui de cyprinidés augmente avec la taille du cours d'eau et du bassin versant. Cela est lié, entre autre, à l'augmentation et la diversification des sources alimentaires des sites et des habitats, en particulier en zone rivulaire et péririvulaire incluant les zones inondables et les plans d'eau latéraux qui sont déterminants pour la reproduction. Winfield et Nelson (1991)* ont consacré un important ouvrage aux cyprinidés, leur biologie, leur systématique et leur exploitation.

Quelques caractéristiques originales de la biologie des cyprinidés

Les cyprinidés comme les autres espèces du groupe des ostariophyses présentent des caractéristiques biologiques et morphologiques originales. Beaucoup de cyprinidés tolèrent une large gamme de température; à l'état adulte une espèce comme la carpe supporte des températures allant de 1 à 35 °C, l'optimum thermique pour l'élevage des juvéniles étant supérieur à 30 °C. Ils supportent aussi de fortes et rapides fluctuations thermiques. Beaucoup d'espèces de cyprinidés tolèrent très bien les fortes oscillations des teneurs en oxygène dissous, fréquentes en été dans les eaux stagnantes et liées à l'activité photosynthétique. Elles peuvent survivre en condition de sursaturation ou en quasi-anoxie (< 1 mg d'O₂/l) pendant quelques heures en été et pendant de plus longues périodes en hiver sous la glace. Il y a alors développement d'un métabolisme anaérobie. La gamme de pH supportée est large, de 5 à 9 pour la carpe.

Le régime alimentaire est extrêmement diversifié, les cyprinidés s'alimentant à tous les niveaux trophiques : végétaux supérieurs, phytoplancton, zooplancton, zoobenthos, bactéries fixées sur des détritux divers et même poissons dans le cas de l'aspe *Aspius* et de *Ptychocheilus*. Certaines espèces sont très opportunistes et consomment selon les saisons et les milieux des aliments très différents (exemple du gardon). La carpe dans les étangs s'adresse d'abord au benthos et lorsque celui-ci est épuisé elle chasse les grosses formes de zooplancton en pleine eau. Un grand nombre de caractères morphologiques et physiologiques sont liés à cette diversité et versatilité dans le régime alimentaire aidant à la capture, la réduction et la digestion des proies. Les cyprinidés ne possèdent pas de dents sur les mâchoires. Certains présentent des dents pharyngiennes (comme la carpe herbivore *Ctenopharyngodon idella* appelée aussi carpe amour) ou encore des sortes de tamis à la base des branchies permettant de filtrer le microzooplancton. Beaucoup d'espèces possèdent des barbillons autour de la bouche constituants des organes sensoriels, tactiles et gustatifs utilisés pour la recherche de nourriture. La longueur du tube digestif est susceptible de varier considérablement chez les espèces omnivores; il est de 15 fois la longueur

(*) Cf. bibliographie générale.

du corps chez les herbivores lorsqu'ils s'alimentent de végétaux mais se trouve considérablement réduit (3 à 5 fois) lorsque l'alimentation est à base de granulés. La digestion des végétaux demeure toutefois incomplète, par exemple celle des algues dans le cas de la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*). En réalité peu de poissons sont strictement végétariens et en eau douce les quelques représentants les plus spectaculaires se trouvent parmi les cyprinidés rencontrés en Chine.

En condition de milieu naturel tropical ou subtropical la carpe herbivore peut présenter un gain de poids de plusieurs kg/an. En régions tempérées, en élevage en étang, la croissance est plus modeste, le poids atteignant 500 g la 2^e année, entre 1 et 2 kg la 3^e année pour la carpe commune et les carpes herbivore et argentée (fig. 1-1). En élevage intensif la croissance est plus rapide du fait d'un apport de granulés qui peut aller en période estivale jusqu'à 3 % du poids corporel pour la carpe commune et même 10 % pour la carpe herbivore. Parmi les cyprinidés on trouve des tailles adultes très différentes, certaines espèces mesurant 10-11 mm (comme *Danionella translucida* Roberts, 1986) d'autres, plusieurs mètres et plus de 100 kg; exemples *Barbus tor* en Inde et *Caltocarpus siamensis* en Indochine.

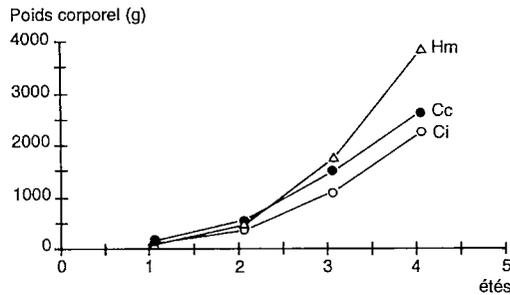


Figure 1-1 : Courbes de croissance en conditions naturelles d'Europe de l'Ouest : carpe commune *Cyprinus carpio* (Cc) en Belgique (d'après Timmermans, 1989); carpes argentées *Hypophthalmichthys molitrix* (Hm) et herbivore *Aristichthys* (ou *Hypophthalmichthys nobilis*) (Ci) en Bretagne, France (d'après Le Louarn comm. pers.).

Les modes de reproduction sont extrêmement diversifiés dans le groupe des ostariophyses : la plupart des espèces présentent une fécondation externe mais chez quelques unes il y a fécondation interne sans viviparité (Breder et Rosen 1966). Il existe au Natal en Afrique du Sud un *Barbus viviparus* Weber 1897 dont le nom résulte d'une fausse observation au sujet de la prétendue viviparité de cette espèce. Les soins parentaux sont très diversifiés; œufs libérés sans soins particuliers, pondus sur divers substrats y compris dans des mollusques, dans des nids quelquefois gardés ou sur l'abdomen des femelles sur lequel les œufs adhèrent (Bunocéphalidés). Il y a aussi des incubateurs bucaux. La taille des œufs est très variable et va de moins de 0,5 mm à quelques cm (jusqu'à 5 cm chez les Ariidés).

La diversité des modes de reproduction est moindre dans le groupe des cyprinidés mais il existe cependant une grande variété de type d'œufs, adhésifs sur de nombreux substrats (herbes, graviers, pierres) ou non adhésifs et flottants sur