

ETUDES

RESSOURCES EN EAU

PUB 0000 3122

n°7



Mémento de pisciculture d'étang
Olivier Schlumberger



EMA GNA 18 REF

CEMAGREF
DOCUMENTATION
MONT-FERRAND

MÉMENTO DE PISCICULTURE D'ÉTANG

O. Schlumberger



CEMAGREF

**CENTRE NATIONAL
DU MACHINISME AGRICOLE
DU GÉNIE RURAL
DES EAUX ET DES FORÊTS**

GROUPEMENT DE MONTPELLIER
361, rue J.-F. Breton - B.P. 5095
34033 Montpellier Cedex 1
Tél. : 67 04 63 00 • Télex : 490 990 F
Télécopie : 67 63 57 95

Les *ÉTUDES* du CEMAGREF

Série : Ressources en eau

N° 1 - Potentiel d'électrode de platine en épuration biologique - 1990, 164 pages - 200 F

N° 2 - Le phosphore et l'azote dans les sédiments du fleuve Charente : variations saisonnières et mobilité potentielle - 1990, 228 pages - 250 F

N° 3 - Typologie aquacole des marais salants de la côte atlantique - 1991, 232 pages - 200 F

N° 4 - Pêche, biologie, écologie des aloses dans le système Gironde-Garonne-Dordogne - 1991, 392 pages - 350 F

N° 5 - La pêche professionnelle fluviale et lacustre en France - 1992, 290 pages - 300 F

N° 6 - Les mono-oxygénases de poissons, un outil pour la caractérisation des pollutions chroniques - 1992, 232 pages - 250 F

N° 7 - Mémento de pisciculture d'étang - 1993, 168 pages - 150 F

Série : Hydraulique agricole

N° 1 - Étude de la qualité des eaux de drainage. Diagnostic de risque de lessivage d'azote en fin de campagne culturale. La tranchée de drainage. Une nouvelle expression de la hauteur équivalente. A propos des coefficients de forme de la nappe libre drainée - 1986, 21 x 29,7 - 182 pages - 200 F

N° 2 - Hydraulique au voisinage du drain. Méthodologie et premiers résultats. Application au diagnostic du colmatage minéral des drains - 1987, 21 x 29,7 - 220 pages - 200 F

N° 3 - Secteurs de références drainage. Recueil des expérimentations - 1988, classeur 20 x 26 - 92 fiches - 150 F

N° 4 - Fonctionnement hydrologique et hydraulique du drainage souterrain des sols temporairement engorgés : débits de pointe et modèle SIDRA - 1989, 334 pages - 250 F

N° 5 - Transferts hydriques en sols drainés par tuyaux enterrés. Compréhension des débits de pointe et essai de typologie des schémas d'écoulement - 1989, 322 pages - 250 F

N° 6 - Réseaux collectifs d'irrigation ramifiés sous pression. Calcul et fonctionnement - 1989, 140 pages - 150 F

N° 7 - Géologie des barrages et des retenues de petites dimensions - 1992, 144 pages - 200 F

N° 8 - Estimation de l'évapotranspiration par télédétection. Application au contrôle de l'irrigation - 1990, 248 pages - 250 F

N° 9 - Hydraulique à l'interface sol/drain - 1991, 336 pages - 250 F

N° 10 - Le fonctionnement du drainage : approche pédo-hydraulique - 1991, 248 pages - 200 F

N° 11 - Mise en valeur des sols difficiles. Drainage et après-drainage des argiles vertes - 1991, 140 pages - 150 F

N° 12 - Colmatage des drains et enrobages : état des connaissances et perspectives - 1991, 152 pages - 200 F

N° 13 - Guide pour le diagnostic rapide des barrages anciens - 1992, 100 pages - 150 F

Série : Équipement des IAA

N° 1 - Carbonisateur à pailles et herbes pour les pays en développement - 1990, 56 pages - 100 F

Série : Forêt

N° 1 - Annales 1988 - 1989, 126 pages - 150 F

N° 2 - Le Massif Central Cristallin. Analyse du milieu - Choix des essences - 1989, 104 pages - 150 F

N° 3 - Les stations forestières du pays d'Othe - 1990, 174 pages - 150 F

N° 4 - Culture d'arbres à bois précieux en prairies pâturées en moyenne montagne humide - 1990, 120 pages - 150 F

N° 5 - Annales 1989 - 1991, 196 pages - 150 F

N° 6 - Annales 1990 - 1991, 268 pages - 200 F

N° 7 - Les stations forestières du plateau nivernais - 1991, 164 pages - 150 F

N° 8 - Les types de stations forestières de Lannemizan, Ger et Moyen Adour - 1991, 436 pages - 250 F

N° 9 - Annales 1991 - 1992, 190 pages - 200 F

Série : Production et économie agricoles

N° 1 - GEDE Logiciel d'aide à la décision stratégique pour l'exploitation agricole - 1992, 206 pages - 200 F

N° 2 - AGREGEDÉ : méthode de simulation de la production agricole d'une région - Application en Ardèche - 1992, 232 pages - 250 F

N° 3 - Vers des solutions pour des bâtiments d'élevage adaptés à des exploitations "moyennes" du Massif Central - 1993, 128 pages - 150 F

Série : Gestion des services publics

N° 1 - Économie et organisation à l'échelle départementale du financement du renouvellement des réseaux d'eau potable - 1991, 76 pages - 150 F

Série : Montagne

N° 1 - Éléments d'hydraulique torrentielle - 1991, 280 pages - 300 F

N° 2 - Aspects socio-économiques de la gestion des risques naturels - 1992, 152 pages - 150 F

N° 3 - Éléments de pastoralisme montagnard - Tome 1 : Végétation - équipements - 1992, 168 pages - 200 F

N° 4 - Le développement touristique local - Les stations de sports d'hiver - 1993, 344 pages - 350 F

N° 5 - Rhéologie des boues et laves torrentielles - Étude de dispersions et suspensions concentrées - 1993, 416 pages - 400 F

Le CEMAGREF est un organisme de recherches dans les domaines de l'eau, de l'équipement pour l'agriculture et l'agro-alimentaire, de l'aménagement et de la mise en valeur du milieu rural et des ressources naturelles.

En contact permanent avec les agents économiques et les collectivités, il cherche à constituer des outils mieux adaptés dans différents secteurs d'activités :

- eau, hydrologie, hydraulique agricole, qualité des eaux
- risques naturels et technologiques
- montagne et zones défavorisées
- forêts
- machinisme et équipement agricoles
- équipement des industries agro-alimentaires
- production et économie agricoles.

Le CEMAGREF est un Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique sous la tutelle des ministères de la Recherche et de l'Espace, de l'Agriculture et du Développement Rural.

Il emploie 970 agents dont 420 scientifiques répartis en 10 groupements : Aix-en-Provence, Antony, Bordeaux, Clermont-Ferrand, Grenoble, Lyon, La Martinique, Montpellier, Nogent-sur-Vernisson, Rennes.

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I - GENIE PISCICOLE.....	11
1.1. - SITUATION DE L'ETANG PAR RAPPORT AU COURS D'EAU	11
1.2. - ALIMENTATION EN EAU.....	11
1.2.1. ORIGINE	13
1.2.2. QUANTITES.....	13
1.2.3. QUALITE	13
1.2.4. SYSTEMES :	14
1.3. - EVACUATION DE L'EAU	15
1.3.1. LE MOINE :	15
1.3.2. LA VANNE :	15
1.3.3. LE MOINE A VANNE :	18
1.3.4. LA BONDE BASCULANTE EN PVC	18
1.4. CONCEPTION DES ETANGS ET BASSINS.....	18
1.4.1. ETANGS DE GROSSISSEMENT.....	18
1.4.2. BASSINS DE STOCKAGE.....	20
1.4.3. BASSINS FRAYERES ET BASSINS D'ALEVINAGE	20
1.4.4. ORIENTATION DES BASSINS.....	20
1.4.5. LES ACCES.....	20
1.4.6. GESTION DU VOLUME D'EAU : INTERCONNEXION DES ETANGS.....	21
1.5. LES TERRASSEMENTS : cuvette de l'étang et digues	21
1.6. LES ANNEXES DE L'ETANG : PECHERIE EXTERIEURE SYSTEME A CONTRE COURANT - BASSINS-GARDOIRS	22
1.6.1. LA PECHERIE EXTERIEURE.....	22
1.6.2. SYSTEME A CONTRE-COURANT	23
1.6.3. BASSINS-GARDOIRS	25
1.7. CAS DES RETENUES COLLINAIRES	25
1.8. NOUVELLES TECHNIQUES.....	26
1.9. VEGETATION	26

CHAPITRE II - PRINCIPES DE GESTION DE LA QUALITE DE L'EAU	28
2.1. FACTEURS DE PRODUCTION EN ETANGS	28
2.1.1. FACTEURS EXTERIEURS A L'ETANG.....	29
2.1.2. FACTEURS PROPRES A L'ETANG :	29
2.2. CYCLE DE LA MATIERE ET NIVEAUX TROPHIQUES.....	29
2.3. COMPOSANTS DE LA BIOCENOSE	31
2.4. MISE EN PLACE DE LA BIOCENOSE DANS LES ETANGS	32
2.4.1 DEROULEMENT DE LA PHASE DE BIOCENOSE OUVERTE	33
2.4.2 LA PHASE DE BIOCENOSE FERMEE.....	33
2.5. PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU EN PISCICULTURE D'ETANG ET GESTION	33
2.5.1. TEMPERATURE	34
2.5.2. OXYGENE DISSOUS.....	34
2.5.3. TRANSPARENCE (disque de Secchi)	35
2.5.4. pH.....	35
2.5.5. CALCIUM	36
2.5.6. PHOSPHORE.....	36
2.5.7. AZOTE	37
2.6. ENGRAIS MINERAUX ET ORGANIQUES	39
2.7. AERATION DES ETANGS.....	41
2.8. LA VEGETATION	41
2.8.1 LES MACROPHYTES.....	42
2.8.2 LE PHYTOPLANCTON (plancton végétal)	43
2.8.3 MOYENS DE CONTROLE DE LA VEGETATION AQUATIQUE	49
2.8.4 TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET DE FIXATION DU PHYTOPLANCTON	50
2.9. LE PLANCTON ANIMAL : ZOOPLANCTON.....	50
2.9.1 EVOLUTION AU COURS DE LA SAISON	53
2.9.2 TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET DE FIXATION.....	53
2.10. LE PLANCTON COMME AIDE A LA GESTION D'UN ETANG (Exemple d'écologie appliquée).....	54
2.11. LE POISSON	55

CHAPITRE III - BIOLOGIE DES POISSONS D'ETANG ELEVES EN PISCICULTURE.....	56
3.1. CARPE MIROIR (Cyprinus carpio - Cyprinidés).....	56

3.2. CARASSIN DORE (<i>Carassius auratus</i> - Cyprinidés)	57
3.3. TANCHE (<i>Tinca tinca</i> - Cyprinidés)	58
3.4. GARDON (<i>Rutilus / Leuciscus rutilus</i> - Cyprinidés)	59
3.5. BROCHET (<i>Esox lucius</i> - Esocidés)	60
3.6. SANDRE (<i>Stizostedion / Lucioperca lucioperca</i> - Percidés)	61
3.7. PERCHE (<i>Perca fluviatilis</i> - Percidés)	62
3.8. BLACK-BASS à grande bouche (<i>Micropterus salmoïdes</i> - Centrarchidés)	63
3.9. GOUJON (<i>Gobio gobio</i> - Cyprinides)	64
3.10. SILURE GLANE (<i>Silurus glanis</i> - Siluridés)	64
3.11. CARPES DE CHINE (Cyprinidés)	66
3.11.1. CARPE AMOUR (<i>Ctenopharyngodon idella</i>)	66
3.11.2. CARPE ARGENTEE (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	66
3.11.3. CARPE MARBREE (<i>Aristichthys/Hypophthalmichthys nobilis</i>)	67

CHAPITRE IV - REPRODUCTION ET ALEVINAGE DES

POISSONS D'ETANG	68
4.1. FACTEURS INFLUANT SUR LA REPRODUCTION	68
4.2. REPRODUCTION NATURELLE CONTROLEE	69
4.2.1. CAS D'USAGE	69
4.2.2. LES EQUIPEMENTS	69
4.2.3. LIMITES ET INCONVENIENTS	69
4.3. REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES POISSONS D'ETANG	70
4.3.1. INTERET DE LA METHODE ET CONTRAINTES	70
4.3.2. HISTORIQUE	70
4.3.3. PRINCIPE DE LA REPRODUCTION ARTIFICIELLE	71
4.3.4. PREPARATION ET INJECTION DU BROYAT HYPOPHYSIAIRE	72
4.3.5. DONNEES GENERALES SUR LA REPRODUCTION ET L'ALEVINAGE	73
4.4. METHODES DE REPRODUCTION ARTIFICIELLE	74
4.4.1. CARPE MIROIR (<i>Cyprinus carpio</i>) En : Miror Carp ; D.: Spiegel Karpfen	75
4.4.2. CARASSIN DORE (<i>Carassius auratus</i>)	80
4.4.3. TANCHE (<i>Tinca tinca</i>) En.: Tench ; D.: Schleie	82

4.4.4. GARDON (<i>Rutilus/Leuciscus rutilus</i>)	
En.: Roach ; D.: Rotauge, Plötze.	84
4.4.5. BROCHET (<i>Esox lucius</i>) En. : Pike ; D.	
: Hecht.....	85
4.4.6. SANDRE (<i>Stizostedion/Lucioperca</i>	
<i>lucioperca</i>) En.: Pike-perch ; D.: Zander.	89
4.4.7. PERCHE FLUVIATILE (<i>Perca</i>	
<i>fluviatilis</i>) En.: Perch ; D.: Barsch.	94
4.4.8. BLACK BASS A GRANDE BOUCHE	
(<i>Micropterus salmoides</i>) En.: Black-bass ; D.:	
Schwarzbarsch.	95
4.4.9. SILURE GLANE (<i>Silurus glanis</i>) En.:	
Sheatfish, european Catfish ; D.: Wells, Waller.....	96
4.4.10. CARPES DE CHINE.....	101

CHAPITRE V - ALIMENTATION.....	105
5.1. BESOINS ALIMENTAIRES DES POISSONS.....	105
5.2. ALIMENTATION DES ALEVINS	107
5.2.1. ALIMENTATION NATURELLE.....	107
5.2.2. ALIMENTATION ARTIFICIELLE	108
5.3. ALIMENTATION DES GENITEURS	108
5.4. GROSSISSEMENT DES CARPES MIROIR	109
5.5. ALIMENTATION INTENSIVE DU SILURE EN	
ETANG	109
5.6. DISTRIBUTION DE CEREALES ET ALIMENTS	
COMPLETS.....	110

CHAPITRE VI - PATHOLOGIE :IDENTIFICATION ET	
TRAITEMENT DES PRINCIPALES MALADIES DES	
POISSONS D'ETANG.....	111
6.0. INTRODUCTION.....	111
6.1. LES STRESS.....	111
6.2. TYPES D'AGENTS PATHOGENES.....	113
6.3. METHODES DE CONTROLE	114
6.4. PARASITES.....	114
6.4.1. PARASITES SUR LA PEAU	115
6.4.2. PARASITES SUR LES BRANCHIES	119
6.5. PRINCIPALES MALADIES BACTERIENNES ET	
VIRALES.....	120
6.5.1. CYTOPHAGALES ou FLEXIBACTER	
(anciennement appelés myxobactéries)	120
6.5.2. ERYTHRODERMATITE.....	121
6.5.3. VIREMIE PRINTANIERE DE LA	
CARPE	123
6.5.4. VARIOLE DE LA CARPE.....	123

6.5.5. "VARIOLE DES POISSONS BLANCS"	124
6.5.6. SEPTICEMIE VIRALE DE L'ALEVIN DE BROCHET	124
6.5.7. TOURNIS DES CYPRINIDES	124
6.5.8. NECROSE DES BRANCHIES.....	125
6.6. QUELLES SUBSTANCES POUR QUELLES PATHOLOGIES ?	126
6.6.1. FORMOL.....	126
6.6.2. VERT de MALACHITE	126
6.6.3. FORMOL + VERT de MALACHITE	126
6.6.4. "DIPTEREX 80", "NEGUVON", "TRICHLORPHON", "TUGON", "CHLOROPHOS"	127
6.6.5. "BROMEX"	127
6.6.6. "CHLORAMINE T"	127
6.6.7. "CHLORAMINE T" + VERT DE MALACHITE	128
6.6.8. "CHLORURE DE CHAUX" : hypochlorite de Calcium, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, à 65 % de Chlore.....	128
6.6.9. PERMANGANATE DE POTASSIUM, KMnO_4	128
6.6.10. Di-n-LAURATE D'ETAIN	128
6.6.11. AMMONIUMS QUATERNAIRES.....	128
6.6.12. CHAUX VIVE, CaO	129
6.7. DESINFECTION DU MATERIEL - ELIMINATION DE LA VEGETATION ET POISSONS INDESIRABLES	129
6.7.1. AMMONIUMS QUATERNAIRES	129
6.7.2. EAU DE JAVEL hypochlorite de sodium, NaClO	129
6.7.3. CHAUX VIVE, CaO	129
6.7.4. CYANAMIDE CALCIQUE, CaCN_2	129
6.7.5. ROTENONE (produits du commerce à 5 % de substance active).....	130
CHAPITRE VII - PREDATION	131
7.1. INSECTES, LARVES ET ADULTES	131
7.2. GRENOUILLES.....	132
7.3. OISEAUX	132
BIBLIOGRAPHIE	134
ANNEXES.....	143

PRESENTATION LIMINAIRE

Cet ouvrage est la reprise du "Mémento de Pisciculture d'Etang" de O. SCHLUMBERGER édité en 1986 par l'Association Toulousaine d'Ichtyologie Appliquée. Il s'agit d'une version revue et complétée par l'auteur qui a bénéficié des observations des utilisateurs du document précédent, de la collaboration de ses collègues C. ALBIGES et J.P. PROTEAU (Division Aquaculture et Pêche , Montpellier), ainsi que de J. BARBE et J.C. CAMUS (Division Biologie des Ecosystèmes Aquatiques, Lyon). Le docteur M. MORAND (Laboratoire Vétérinaire Départemental du Jura) a accepté de relire et de corriger les informations du chapitre consacré à la pathologie des poissons. Nous remercions également les Editions FRANCKH-KOSMOS Verlags - GmbH et Co., (Stuttgart) de nous avoir autorisé à reproduire les dessins d'organismes zooplanctoniques extraits de Streble et Krauter, 1985.

Ce document rassemble sous forme synthétique, des données souvent éparées, utiles à toute personne ayant à s'occuper de pisciculture d'étang.

CHAPITRE I - GENIE PISCICOLE

De la conception de l'étang et de ses annexes (système de vidange, pêcherie, bassins-gardoirs) dépend la plus ou moins grande facilité avec laquelle les différentes opérations de récupération du poisson et de tri pourront être effectuées. Une donnée est fondamentale : le pisciculteur doit pouvoir maîtriser aussi bien l'eau que le poisson. Cela nécessite l'implantation d'aménagements spécifiques à un plan d'eau à usage piscicole :

- * autant que possible, un moyen de moduler les entrées d'eau suivant les besoins
- * un dispositif de vidange, qui donne la possibilité de régler le niveau et d'assécher totalement le plan d'eau
- * un système de reprise du poisson, permettant aux opérations de pêche de se faire dans de bonnes conditions, tant pour le poisson que pour le pisciculteur.

1.1. - SITUATION DE L'ETANG PAR RAPPORT AU COURS D'EAU

La topographie des lieux conditionne la méthode de création de l'étang (Fig.1) :

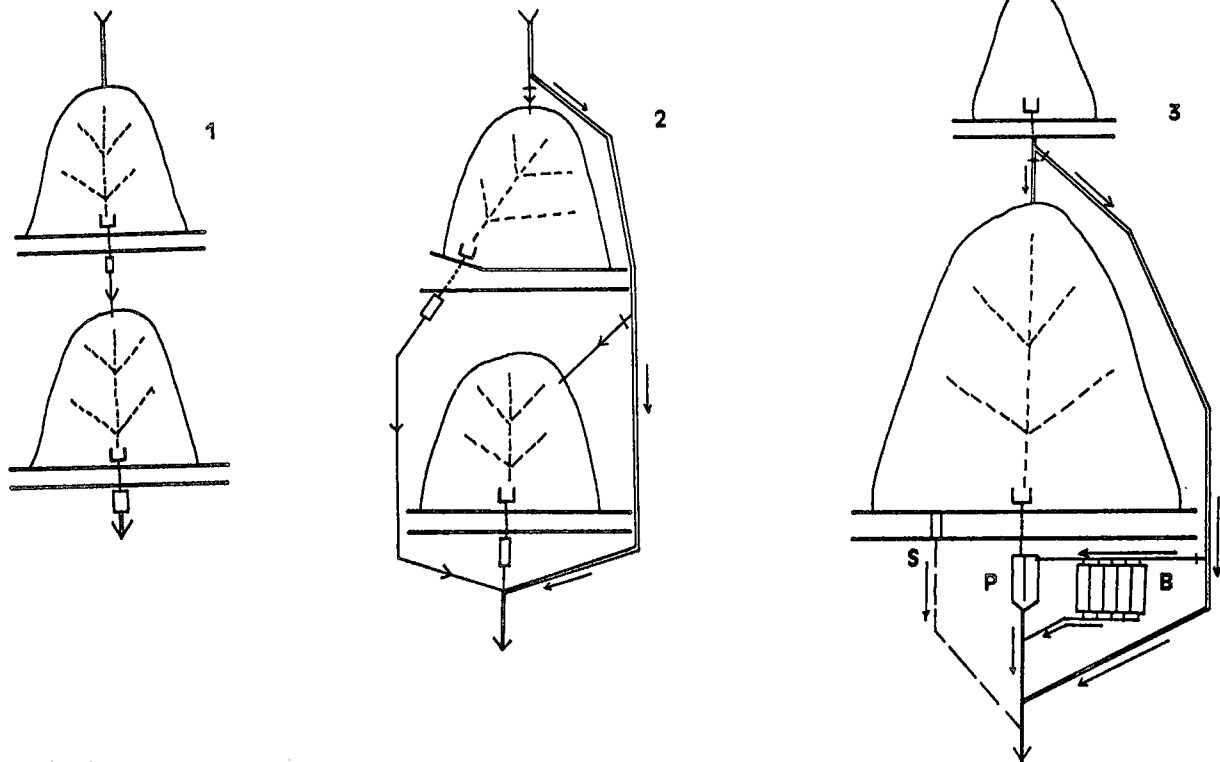
- étang barrant un thalweg, avec ou sans dérivation du cours d'eau (cette première solution étant préférable) ;
- étang barrage seul, ou étangs installés en parallèle ou en série ("en chapelet"), avec ou sans dérivation. Si le débit disponible est limité, il sera nécessaire d'avoir une disposition "en chapelet", même si la topographie permet une implantation en parallèle ;
- étang totalement ceinturé de digues (en terrain plat).

1.2. - ALIMENTATION EN EAU

Avant de créer un plan d'eau, il faut répondre à quelques questions préalables :

- * d'où vient l'eau ?
- * les quantités disponibles sont-elles suffisantes ? (critères quantitatifs)
- * que vaut cette eau pour le poisson ? (critères qualitatifs)

Fig 1 : Position des étangs par rapport aux cours d'eau



- 1 : étangs de barrage, "en chapelet".
 2 : étangs de barrage , alimentés en parallèle, avec chenal de dérivation.
 3 : étang principal alimenté par un étang de mise en charge, avec chenal de dérivation.

S Surverse
 P Pêcheurie
 B Bassins-gardoirs

1.2.1. ORIGINE

L'eau peut avoir différentes origines :

* le ruissellement direct sur le bassin versant. Dans ce cas, l'alimentation en eau dépend de la pluviométrie. Il y a des risques d'entraînement de pesticides et d'engrais non maîtrisables en zones de cultures ; de son côté, un environnement forestier est peu favorable (eau acidifiée par l'humus et les tannins). Un environnement de pâturages est idéal.

* avec une source, il faut s'inquiéter du débit et de sa stabilité, ainsi que de la teneur en gaz dissous (oxygène, azote, gaz carbonique). La température, toujours basse, peut être un handicap.

* un cours d'eau ne devrait pas traverser un étang, puisqu'on n'a pas la maîtrise du débit entrant dans l'étang. Gros risques en cas de crues, et apports importants de sédiments.

* les pompages (en rivière ou nappe phréatique) sauf cas particuliers, entraînent des surcoûts et ne permettent pas de gros débits nécessaires lors du remplissage.

1.2.2. QUANTITES

Le débit disponible doit permettre de maintenir le niveau d'eau, en compensant les pertes par infiltration et par évaporation. Le renouvellement de la masse d'eau, dans le cas d'un étang traversé par le cours d'eau, ne devrait pas être inférieur à 1 mois pour permettre aux apports de fertilisants d'être efficaces.

Il faut disposer au minimum d'un débit de 3 à 5 litres/seconde/hectare ; en effet, par fortes chaleurs, l'évaporation à elle seule peut atteindre 2 l/sec/ha. On estime que l'évaporation est d'environ 600 mm/an dans le Nord de la France, 1500 mm/an dans le Sud.

Prises d'eau : les installations de prise d'eau doivent être installées à contre-courant pour éviter l'accumulation de déchets variés (feuilles mortes, branches) contre le dispositif. Des grilles empêchent le poisson de fuir l'étang, ou d'y pénétrer.

1.2.3. QUALITE

Il est indispensable de vérifier à l'amont la présence, ou non, d'installations ayant des rejets potentiellement défavorables : industrie, élevage intensif, autre pisciculture, station d'épuration.

Les analyses chimiques ne donnent que des indications ponctuelles : il faut en réaliser plusieurs à quelques mois d'intervalle et dans des conditions différentes (débit ; saison). Si l'eau est prélevée dans un ruisseau ou une rivière, ces analyses peuvent éventuellement être complétées par une appréciation globale du milieu biologique : estimation de la capacité biogénique du cours d'eau s'il est peu anthropisé (formule de LEGER-HUET,

voir annexe 1) ou détermination de son indice biotique (TUFFERY et VERNAUX, 1968, in ARRIGNON, 1976).

Voir en annexe 2 les normes de qualité d'eau pour les poissons.

1.2.4. SYSTEMES :

- **vanne-pelle, précédée de grilles,**

- **prise d'eau à grille noyée** ; elle permet une alimentation continue, avec des risques de colmatage réduits. La grille est placée horizontalement dans la lame d'eau, recouverte d'au moins 10 cm. La grille porte des perforations adaptées à la taille des poissons indésirables dans l'étang.

Elle repose latéralement sur des consoles et est complétée à l'amont par une cloison verticale fixée sur le fond, et à l'aval par une paroi dépassant le niveau maximum de l'eau dans le chenal. La grille est maintenue submergée à mi-hauteur de la lame d'eau par l'installation d'un barrage sur le bief d'amenée. Ce barrage a un seuil dont le niveau est au-dessus de celui de la grille horizontale (ARRIGNON, 1970).

· A titre indicatif, une grille de 1 m² permet d'avoir un débit d'environ 1 m³/minute (ARRIGNON, 1970).

- **dégrilleur auto-nettoyant**, sur dérivation avec barrage-seuil, d'usage classique en Salmoniculture (PETIT 1989).

Dans le cas d'un étang dans un thalweg, un autre dispositif consiste à établir à l'amont de l'étang d'élevage un barrage de moindre taille créant un bassin de mise en charge (*voir Fig 1*). Cela permet :

- la rétention des sédiments qui n'aboutissent plus dans l'étang principal,
- la constitution d'un stock d'eau,
- l'assec de l'étang de pisciculture, qui peut ensuite être remis en eau partiellement mais très rapidement.

Les prises d'eau individuelles des bassins-gardoirs et de la pêcherie extérieure sur le canal d'alimentation peuvent être très simplifiées (plaque de tôle coulissant dans des rainures...).

Pour des bassins, l'adduction d'eau se fait par des buses débouchant au-dessus du niveau de l'eau, droites ou coudées vers le haut. Cette dernière solution permet une bonne aération de l'eau et empêche la fuite du poisson.

Dans le cas d'une arrivée droite, l'installation sous la chute d'eau d'une tôle perforée ou d'un grillage fin aura les mêmes effets.

Dans le but d'éviter la formation d'obstructions difficilement accessibles, le système d'amenée d'eau consistera autant que possible en un chenal à ciel ouvert et non en une conduite.

1.3. - EVACUATION DE L'EAU

La vidange des pièces d'eau (étangs ou bassins) doit pouvoir être faite de façon totale.

A l'amont du moine se trouve une zone surcreusée de 20 à 30 cm par rapport au niveau de l'étang : la "poêle", qui fait office de pêcherie intérieure.

Diamètre de la buse :

- 20 à 30 cm dans le cas où le poisson est récupéré à l'intérieur de l'étang,
- 30 à 50 cm lorsque la pêcherie est à l'arrière de la digue ; les poissons doivent pouvoir passer sans problème.

La buse s'ouvre 30 à 40 cm plus bas que le fond de l'étang, 10 cm plus bas que la "poêle", pour permettre une mise en assec complète.

Trois systèmes existent :

- * le moine
- * la vanne
- * le moine à vanne (ou moine noyé) combinaison des 2 précédents.

1.3.1. LE MOINE :

c'est le système le plus classique. Il permet de régler le niveau de remplissage et le débit d'évacuation. La meilleure conception est le type "Herrguth" : la grille précède deux rangées de planchettes dont la disposition assure l'évacuation de l'eau du fond de l'étang (eau la moins oxygénée) (*Voir Fig. 2*). La largeur du moine et sa profondeur en arrière des planches sont normalement égales à deux fois le diamètre de la buse d'évacuation (ARRIGNON, 1976).

1.3.2. LA VANNE :

c'est un dispositif couramment utilisé lorsque la profondeur est importante (plus de 3-4 mètres) et qu'un moine atteindrait des dimensions et un coût élevé.

Ce système présente des inconvénients :

- risque de blocage du système par défaut de maintenance. De brèves chasses d'eau en cours de saison évitent les accumulations de matériaux pouvant gêner les mouvements de la vanne.
- surtout, ce dispositif ne permet pas de maintenir l'eau à un niveau donné. En cours de vidange, cela oblige à suivre régulièrement que l'écoulement de l'eau n'est ni trop rapide ni trop lent pour que la pêche puisse se faire au moment prévu.
- les gros poissons sont souvent abîmés lorsqu'ils passent par la vanne partiellement ouverte (cas fréquent, pour réduire le courant dans la pêcherie derrière la digue).

Fig 2 : Système de vidange.

Moine type HERRGUTH permettant l'évacuation de l'eau du fond de l'étang ;
Pêcherie disposée à l'aval, derrière la digue.

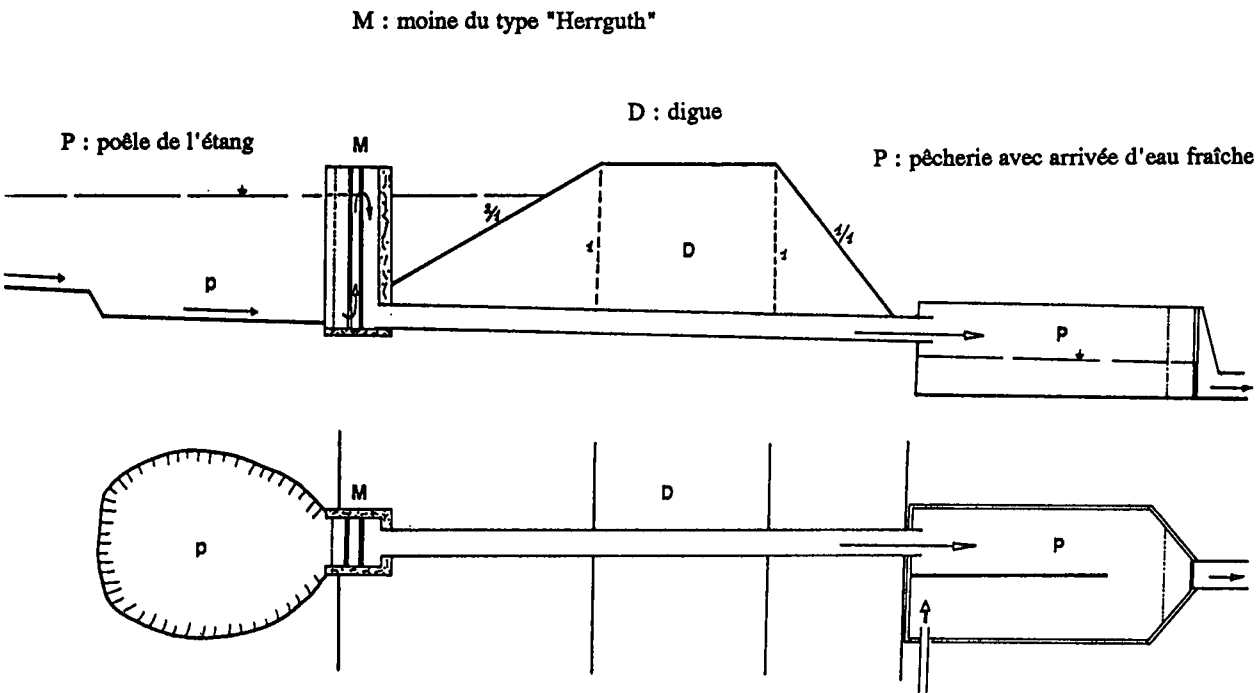
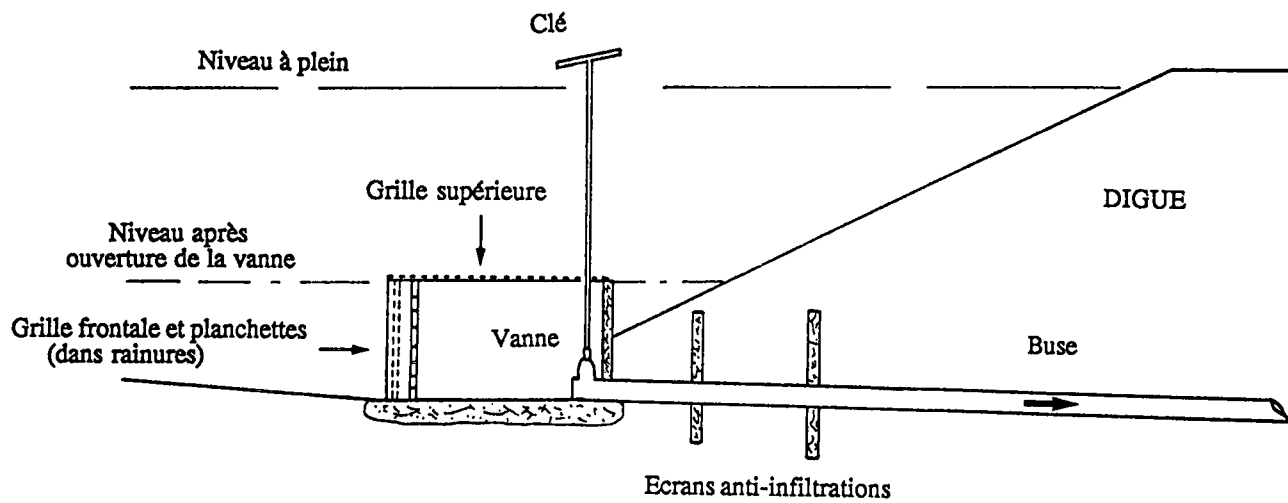


Fig 3 : Moine à vanne
Schéma de l'installation



1.3.3. LE MOINE A VANNE :

on combine ici les deux systèmes précédents. Un moine submergé est équipé d'une vanne devant l'entrée de la buse. Des grilles amovibles empêchent le passage du poisson par dessus le moine.

Pour la vidange, on ouvre d'abord la vanne. Le niveau de l'eau s'abaisse jusqu'au niveau de la planchette supérieure du moine ; la fin de la vidange s'effectue en retirant progressivement les planchettes (*Voir Fig 3*).

1.3.4. LA BONDE BASCULANTE EN PVC

pour petits bassins

des bassins jusqu'à 500 m² peuvent être équipés avec un dispositif en PVC (diam.: 100-300 mm). C'est la solution qui a été retenue pour les bassins de la station du CEMAGREF de Montpellier.

Du côté intérieur de la digue, un coude 90° non collé est emmanché sur la buse de vidange ; un tronçon de tube vertical règle le niveau de l'eau. La bascule de la partie verticale et du coude permet la vidange. Un manchon placé par dessus le tube de vidange permet d'évacuer préférentiellement les eaux du fond (différences de diamètres : 30-50 mm ; BOHL et BOHRMANN, 1987; *Voir Fig 4*).

Il faut éviter à tout prix les infiltrations d'eau le long de la buse, à travers la digue ("renard") en plaçant autour du tuyau un ou plusieurs écrans verticaux enserrant la buse (voile de béton, feuille d'aluminium bitumineux pour les petits bassins).

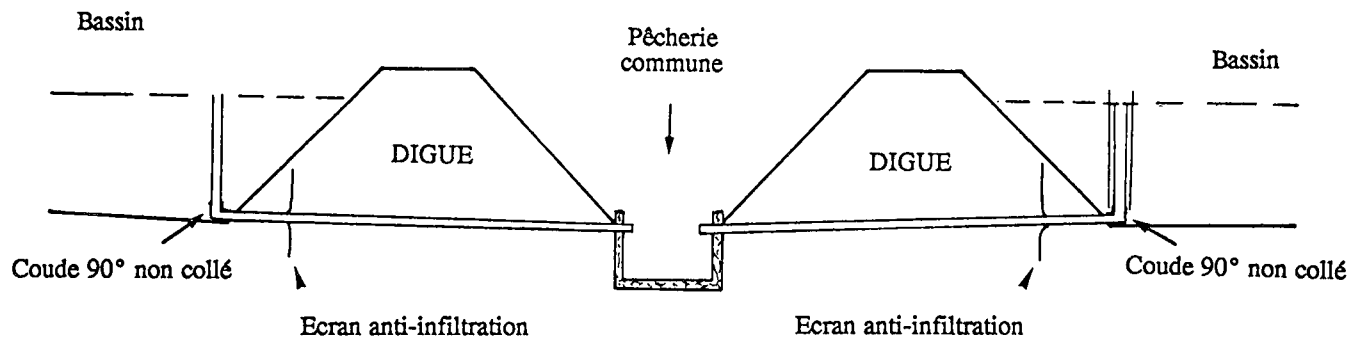
Tout étang de barrage doit être équipé d'un trop-plein pour éviter son débordement par engorgement de la buse d'évacuation à la suite de fortes pluies.

1.4. CONCEPTION DES ETANGS ET BASSINS

1.4.1. ETANGS DE GROSSISSEMENT

Leur forme est indifférente mais ne doit pas gêner la vidange. Profondeur : plus de 1,50 m devant le moine. Pente du fond : 1 à 2 %. Des chenaux de drainage disposés en "arête de poisson" aboutissent au moine ; leur pente est supérieure à celle du fond de l'étang et leur largeur supérieure à 1 m pour éviter leur comblement trop rapide.

Fig 4: Bassins avec bondes basculantes en PVC et pêcherie commune



- * Dans chaque bassin, la hauteur du tube défini le niveau de l'eau.
- * Evacuation de l'eau du fond grâce à un manchon enfilé autour du tube vertical (à droite).
- * Vidange complète par bascule latérale du tube et du coude, non collé.

Toutefois, une forme régulière des berges mais aussi du fond permettront le passage d'un filet (senne). C'est un point important à considérer au moment où la méthode de pêche en continu au cours de la saison prend un relief particulier.

1.4.2. BASSINS DE STOCKAGE

Ils permettent de conserver avant commercialisation ou réempoissonnement pour un grossissement ultérieur quelques tonnes de poissons. Forme rectangulaire, allongée. Largeur : de 5 à 20 m. Cela facilite le passage d'un filet, la surveillance et la circulation d'eau de renouvellement. Surface unitaire : de 300 à 1500 - 2000 m². Profondeur : environ 1 m. Dans une exploitation piscicole, la surface des bassins de stockage est égale souvent à 1 % de la surface des étangs de production.

1.4.3. BASSINS FRAYERES ET BASSINS D'ALEVINAGE

Bassins frayères : ces bassins de petite surface servent à la reproduction contrôlée de certaines espèces, Carpe et Brochet essentiellement. La ponte a lieu sur les graminées semées sur le "plateau" central, entouré d'un fossé de vidange. Surface unitaire : quelques centaines de mètres carrés au plus.

Bassins d'alevinage : ils servent au démarrage des alevins issus d'écloserie pendant une période de 3-5 semaines.

Forme rectangulaire. Leur largeur et leur superficie unitaire doivent faciliter la surveillance du poisson et de l'eau. Surface : entre 200 et 2000 m².

Profondeur : environ 1 m.

Pente générale du fond : 1 % ou plus pour faciliter la reprise des alevins.

1.4.4. ORIENTATION DES BASSINS

Dans la mesure où le site le permet, il est intéressant d'orienter les bassins d'alevinage de façon à ce que leur grand axe soit orienté E-W. L'une des longueurs est ainsi bien exposée face au Sud et accélère le réchauffement de l'eau. Inversement, le refroidissement, par vent du Nord, sera réduit, le trajet de l'air sur le bassin étant plus faible.

1.4.5. LES ACCES

Lors de la conception d'un étang, et encore plus s'il s'agit d'un ensemble de pièces d'eau, il est impératif de prévoir des accès pour véhicules à tous les points importants (chargement près des pêcheries et zones de stockage, prise d'eau) ainsi que des espaces pour manoeuvres et dégagement.

1.4.6. GESTION DU VOLUME D'EAU : INTERCONNEXION DES ETANGS

Lorsque des pièces d'eau sont à proximité les unes des autres, leur interconnexion grâce à une pompe (fixe ou mobile) permet de gérer l'eau d'un point de vue quantitatif. Lors des vidanges, l'eau est renvoyée vers l'un ou l'autre des étangs qui devront avoir des revanches de digues plus importantes. Cela permet une économie d'eau : le renouvellement annuel ne représente que les pertes par évaporation et infiltration. En contre-partie, ce système peut faciliter la dissémination de parasites ou pathologies à l'ensemble du périmètre.

1.5. LES TERRASSEMENTS : cuvette de l'étang et digues

A l'emplacement prévu pour l'étang, le sous-sol doit être aussi homogène que possible sous peine de nécessiter la mise en oeuvre de méthodes d'étanchéification coûteuses. La qualité du sous-sol est vérifiée par une série de trous à la tarière, pelle ou pelleteuse, jusqu'à la cote du fond. Les terrains trop caillouteux ne conviennent pas (trop perméables), ni les secteurs tourbeux (humides en permanence, l'assec n'est pas possible, l'eau souvent acide et l'accès souvent difficile pour les engins de terrassement).

Le fond de l'étang ne doit pas atteindre le plafond (la surface) de la nappe phréatique, ce qui interdirait toute possibilité d'assec.

Les travaux débutent par le décapage de la terre végétale sur toute la surface prévue pour l'assise de la digue.

Le fond de l'étang doit être en pente régulière (0,5-2%) vers la digue ; le point bas de l'ensemble se situant devant l'emplacement du système de vidange.

Pour assurer un bon assec, un système de fossés de drainage abouti devant le point bas (largeur : 1 à 2 m). Couramment, il s'agit d'une disposition en "arêtes de poisson": un fossé principal reçoit l'eau drainée par les fossés latéraux. Il est indispensable de maintenir en bon état ce réseau : curage après chaque vidange.

Un autre système consiste à avoir un fossé (largeur : 2-4 m) faisant le tour de l'étang à l'intérieur de la digue (en particulier pour les étangs en sur-élévation) et aboutissant au point bas (HOFMANN et coll., 1986). A priori, deux avantages à ce système :

- * l'eau pouvant provenir de l'extérieur par le sol (infiltrations à partir d'étangs voisins) est collectée, tandis que le fond de l'étang, légèrement plus haut, est asséché,

- * l'entretien d'un tel système est faisable depuis le bord par une pelleteuse (un temps pluvieux qui interdirait l'accès au fond n'entraîne pas de retard dans les travaux).

La digue doit être étanche : depuis l'étang, l'eau ne doit trouver aucune irrégularité ni faiblesse. La masse de la digue et le sol font corps grâce à un fossé ou clé d'ancrage surcreusé à l'aplomb de l'axe de la digue. Lorsque la hauteur de cette dernière est modérée, un passage de griffes sur le sol peut suffire (scarifications sur 15-20 cm)

Si le volume des matériaux imperméables disponibles sur le site est insuffisant pour réaliser la digue, ou si leur perméabilité est trop importante, il faut créer un noyau d'étanchéité dans le corps de la digue avec des matériaux argileux rapportés.

Les digues doivent être constituées de terre homogène (pas de blocs, branchages, souches) pour assurer à la fois leur solidité et leur étanchéité.

Le compactage se fait par couches d'une vingtaine de centimètres et avec des véhicules spéciaux (pied-de-mouton et non bulldozer, qui a une trop faible pression au sol).

Hauteur totale : 20 à 50 cm de plus que le niveau d'eau maximum prévu ; plus pour les grandes étendues, pour tenir compte des vagues provoquées par le vent.

Largeur au sommet : souvent égale à la hauteur de la digue (sauf étang profond). C'est le cas également des digues séparant 2 étangs ou bassins (2 à 3 m) ; l'accès au points de vidange et de pêche est ainsi possible pour les véhicules .

Pente des berges :

- côté extérieur : 1/1

- côté intérieur : de 2/1 (sols compacts, fermes) jusqu'à 3/1 ou 4/1 en sols friables ou en cas d'exposition au vent (ARRIGNON, 1970).

Pour des bassins d'alevinage ne comprenant pas de "plateau" central, prévoir une pente intérieure de 3/1 - 4/1, ce qui facilite le réchauffement de l'eau.

Pour réduire l'action du vent sur de grands étangs et l'érosion des digues due aux vagues (batillage), le fait de laisser des zones de Roseaux en écran à quelque distance des berges s'avère efficace (cas en Camargue ; SCHLUMBERGER, 1980 a). Un repiquage de plantes palustres courtes (Laiche...) sur les digues est également possible. Une couverture de gazon, semé dès la fin des terrassements, réduit l'érosion par les pluies.

1.6. LES ANNEXES DE L'ETANG : PECHERIE EXTERIEURE SYSTEME A CONTRE COURANT - BASSINS-GARDOIRS

1.6.1. LA PECHERIE EXTERIEURE

(Voir Fig. 2)

Elle est située en arrière de la digue, au débouché de la buse d'évacuation. Pour faciliter le passage du poisson, le diamètre de la buse de vidange doit être assez important : 20-30 cm, voire plus. La buse débouche nettement au-dessus du niveau de l'eau dans la pêcherie. La hauteur d'eau dans celle-ci doit être suffisante pour éviter que les poissons ne heurtent le fond en sortant de la buse.

Elle est en maçonnerie. Ses dimensions dépendent de la quantité et de la taille des poissons que l'on récupère. A titre indicatif : 2 m de large sur 6 m de long, pour un étang de 6-8 ha en production semi-extensive. Une cloison longitudinale permet au poisson de se placer à l'abri du courant. Des rainures placées à sa sortie permettent de glisser des planchettes et des grilles pour maintenir un certain niveau d'eau. Une arrivée d'eau propre provenant du chenal de dérivation évite aux poissons de se trouver dans une eau trop chargée de vase et permet de nettoyer la pêcherie. Faute de mieux, une manche à eau provenant d'une citerne stationnée à proximité rendra service.

Pour les petits étangs (1 ha ou moins ; production : 300-400 kg/ha), une pêcherie de 1 m x 2 m, sans cloison médiane, peut suffire. Dans ce cas, le poisson est immédiatement récupéré et stocké dans une "piscine" de 4 m x 4 m formée par une bâche et des bottes de paille, remplie d'eau propre. Lorsque la totalité du poisson a été reprise, les opérations de tri à proprement parler peuvent débiter. Des bassins souples à armature amovible, donc facilement transportables et stockables, sont proposés par certains fabricants.

Avantages de la pêcherie extérieure :

- * elle permet de récupérer le poisson sans tirer de filet ni pénétrer dans l'étang ; des épuisettes, une table de tri, et des récipients suffisent.
- * elle facilite les opérations de pêche, en particulier lorsque l'accès devant le moine est rendu difficile par des berges escarpées.
- * immédiatement récupéré au fur et à mesure de sa sortie, le poisson ne reste pas dans l'eau de vidange chargée de vase.

Contrainte : la pente du terrain en arrière de la digue doit être assez marquée pour que ce dispositif soit efficace.

1.6.2. SYSTEME A CONTRE-COURANT

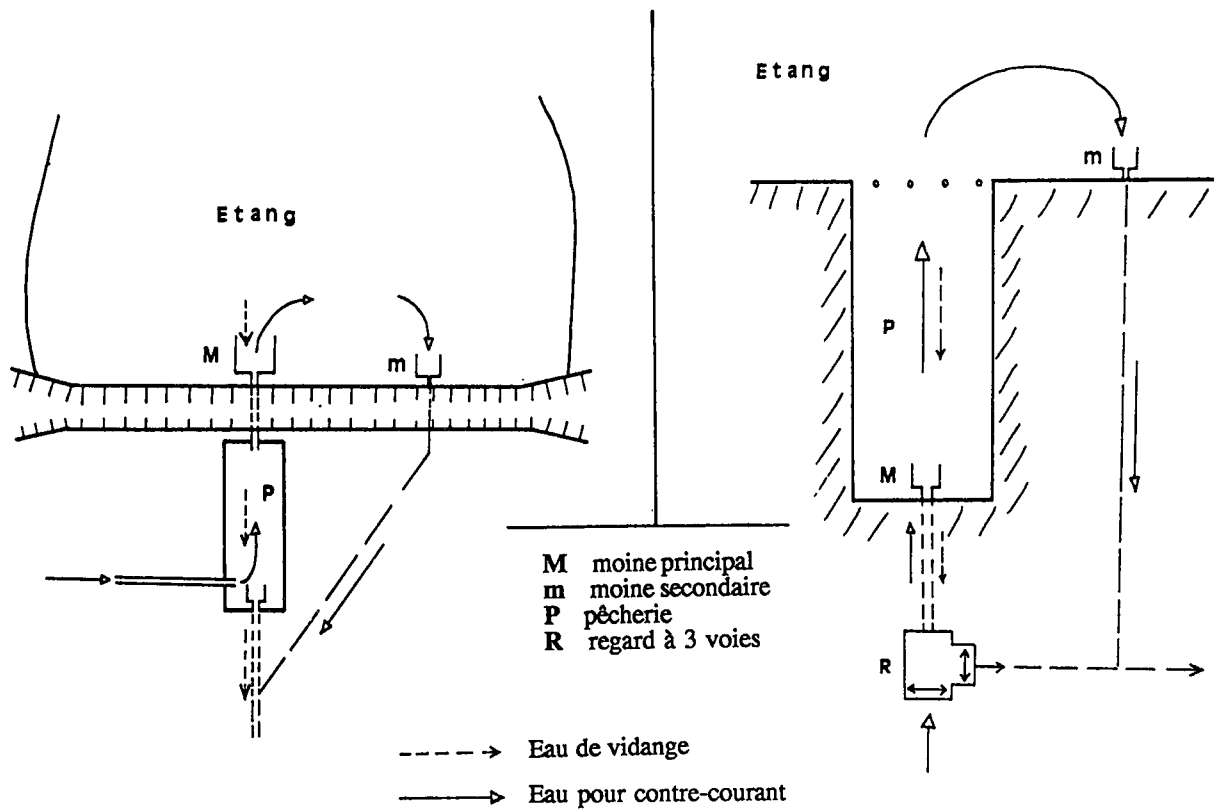
(Voir Fig.5)

Assez fréquent sur de grands étangs d' Europe centrale, ce système est basé sur la tendance générale qu'ont les poissons de remonter un courant d'eau (rhéotropisme positif). Dans ce cas, le courant d'eau "attire" les poissons vers la pêcherie qui est de grandes dimensions (200 m² voire beaucoup plus).

Le dispositif comprend : une arrivée d'eau fraîche dans la pêcherie extérieure que l'on peut totalement fermer à sa partie aval, et un moine secondaire dans l'étang, situé un peu à l'écart du moine principal utilisé pour la vidange. Par vidange progressive au moyen du moine principal, les poissons sont rassemblés dans la "poêle". Puis, de l'eau fraîche est envoyée de la pêcherie vers l'étang, d'où elle ressort par le moine secondaire et rejoint le système d'évacuation général.

L'efficacité du système n'est pas totale puisque des facteurs tels que l'âge et l'espèce du poisson, la température de l'eau, le taux d'oxygénation interviennent. Mais cela assure au poisson une eau de bonne qualité pendant toute la durée des opérations de pêche qui peuvent se prolonger plusieurs jours sur de grands étangs à forte productivité, comme c'était le cas en Camargue ou en Europe de l'Est.

Fig 5 : Système de pêche à contre-courant



La communication entre le moine principal et la pêcherie extérieure doit être assez large, en particulier sur les grands étangs à forte production (80 cm - 1 m). Dans le cas extrême, la pêcherie est un diverticule de l'étang, le moine principal étant à l'aval de la pêcherie. Celle-ci peut être fermée par des filets (Camargue ; SCHLUMBERGER, 1981 a).

1.6.3. BASSINS-GARDOIRS

Ces bassins en ciment, de dimensions restreintes (1 x 3 m ; 2 x 6 m) sont situés à proximité immédiate de la pêcherie. Une alimentation continue en eau claire permet d'y stocker pour de courtes durées (quelques jours au plus) les poissons triés. Une poche en filet placée à l'intérieur évite au poisson de se blesser contre les parois, et facilite sa récupération. Il devient possible dès lors d'assécher totalement l'étang, d'y intervenir pour l'entretien ou un chaulage. En fin de pêche, on ne remet plus dans l'étang le "fond de filet" (invendus, poissons mal en point) ; l'empoissonnement est alors mieux contrôlé. En outre, le producteur peut étaler ses ventes après la date de pêche ou décaler les opérations de pêche par rapport à la vente pour regrouper des lots de poissons plus importants..

Remarque : pour réduire les coûts de construction des ouvrages en maçonnerie (pêcheries) et si le site le permet, il est judicieux de regrouper des étangs et des bassins autour de pêcheries communes implantées dans le fossé collecteur (*Voir Fig. 4*).

1.7. CAS DES RETENUES COLLINAIRES

S'ils sont vidangeables, ces plans d'eau ne sont généralement pas conçus pour la récupération du poisson : fond plat et prise d'eau en "pipe" au dessus du fond ne permettent pas l'assèchement complet.

En outre, la gestion de l'eau destinée prioritairement à l'irrigation est défavorable à une gestion de type "piscicole" : niveau d'eau minimum en période chaude, la plus favorable à la production aquacole.

Deux activités piscicoles sont malgré tout possibles en tenant compte des contraintes de surveillance et de législation :

- * la pêche à la ligne si le site s'y prête,
- * l'accueil de cages aquacoles : Salmonidés tant que la température ne dépasse pas 18°, Silure glane ou poissons tels que Carpe, Gardon,...

1.8. NOUVELLES TECHNIQUES

- Elevage intensif en bassins sans renouvellement: cette technique s'inspire de celle employée aux USA pour l'élevage du "Catfish" (*Ictalurus punctatus*). Il n'y a pas de renouvellement de l'eau dans les bassins où est réalisée une production intensive (plusieurs tonnes par hectare) grâce à des apports d'aliment. Des moyens importants sont mis en oeuvre pour assurer l'oxygénation de l'eau (aérateurs, plus de 1 kW/ha) pour couvrir les besoins respiratoires des poissons et ceux nécessaires à la dégradation de la matière organique (déjections, restes d'aliments) présente sur le fond du plan d'eau.

- Elevage intensif avec lagunage de l'effluent : la production intensive se fait dans une série de bassins ou bacs situés à proximité immédiate d'un étang. L'effluent est repris par pompage et dirigé vers l'étang pour épuration (décantation des matières en suspension, dégradation de l'ammoniaque). L'eau retourne gravitairement vers l'élevage intensif à partir d'une prise d'eau située à distance du point de déversement.

Dans ces conditions, l'effluent n'est pas déversé à l'extérieur et l'eau utilisée au maximum.

Ces deux types d'installations sont employées principalement en région Centre pour la production de Silure glane (PROTEAU et coll., 1991 a).

1.9. VEGETATION

* Dans l'étang d'élevage extensif :

Un minimum de végétation doit être présent dans les étangs de grossissement. Le rôle des végétaux est :

- de produire de la biomasse à partir des sels minéraux, pour le bénéfice direct ou indirect des poissons (Algues du phytoplancton) ;
- de protéger les berges de l'érosion due aux vagues provoquées par le vent (Roseaux, Joncs, Typha, Carex) ;
- de servir de support à une recherche par les jeunes poissons ;
- de servir d'abris aux alevins (herbiers de Potamots, Myriophylles...).

Cette végétation de pleine eau ne devrait pas occuper plus de 15-20 % de la surface de l'étang, sinon les risques de formation d'atterrages, de gêne pour les poissons et pour la vidange, d'utilisation à son seul profit des épandages d'engrais, lui retirent son intérêt.

* Autour de l'étang

A propos des arbres implantés autour des pièces d'eau dans un but de protection contre le vent, ou de simple agrément, il faut signaler que l'accumulation de feuilles mortes dans les bassins peut être dangereuse pour les poissons. Ainsi, les feuilles de Peuplier noir et celles de Bouleau sont particulièrement toxiques pour la vie aquatique (TREMOLIERES et CARBINER, 1985). Celles de l'Aulne semblent également avoir un effet négatif sur la production secondaire des étangs (WURTZ, 1962).

Par ailleurs l'implantation d'arbres sur les digues est à proscrire. En effet en vieillissant ils prennent de l'ampleur et leurs racines constituent de véritables couloirs d'infiltration pour l'eau de l'étang qui finit par miner la digue et provoquer des dégâts parfois très importants, sans compter les risques en cas de chute.

Pour réduire les arrivées directes de sédiments par ruissellement, il est d'usage dans le Sud-Ouest d'implanter une zone enherbée de 10 m de large autour des retenues collinaires.

* * *

Voir également : la revue éditée par l'Institut pour le Développement Forestier (IDF) "Forêt, Loisirs et Equipements de Plein Air" n° 33 juin 1974 réédition 1981 pour tout ce qui concerne le génie piscicole.

PETIT, (1989) pour l'approvisionnement en eau, les méthodes de traitement et de recyclage.

* * *

"...L'enfoncement sera réglé en telle sorte qu'en la plus grande profondeur, l'étang ne contienne d'eau plus de 8 ou 10 pieds, et de moins 4, mesure suffisante pour la nourriture du poisson..."

"...Aucun bois ne faut entremêler parmi la chaussée, de quelle façon qu'on la construise, à cause de la pourriture à laquelle il est sujet, qui cause ruine de l'oeuvre..."

"...Il faut creuser un fossé principal, dans la longueur de l'étang, avec fossés secondaires, implantés comme en plume, pour assécher les fonds ; le fossé mène l'eau à la bonde..."

O. de SERRE, 1600 "Théâtre d'agriculture et mesnage des champs", Livre 5ème, Chap XIII.

CHAPITRE II - PRINCIPES DE GESTION DE LA QUALITE DE L'EAU

2.0. INTRODUCTION

Chaque étang constitue un écosystème de taille réduite. Le pisciculteur souhaite pouvoir intervenir sur ce milieu pour que la production en fin de cycle d'élevage soit constituée essentiellement de Poissons. Ces interventions sont du même type que celles pratiquées sur une parcelle de terre pour y favoriser telle ou telle culture.

Les quelques 10 000 étangs français constituant autant de cas particuliers, il n'est pas possible de proposer un programme standard de fertilisation.

Dans le cas d'une production traditionnelle en étang, donc hors cas de distribution de nourriture pour le poisson qui s'apparente à un élevage hors-sol, des interventions directes sont possibles sur la qualité de l'eau et du sédiment, ainsi que sur les végétaux et les animaux qui y vivent. Tout comme en agriculture, des interventions régulières sont indispensables pour une production correcte, même si le produit, c'est à dire le poisson, n'est visible qu'au moment de la pêche

Les connaissances accumulées en France par le CEMAGREF grâce à des suivis réguliers d'étangs dans différentes régions, permettent de proposer des moyens d'intervention et de contrôle de la qualité du milieu des étangs de pisciculture.

2.1. FACTEURS DE PRODUCTION EN ETANGS

Etang de pisciculture (définition) : masse d'eau stagnante, créée artificiellement, totalement vidangeable, destinée à la production de poissons et gérée en conséquence.

Un étang est soumis à un certain nombre de facteurs physicochimiques et biologiques qui conditionnent sa plus ou moins grande capacité à produire du poisson.

2.1.1. FACTEURS EXTERIEURS A L'ETANG

- facteurs climatiques : température, éclairement.
- facteurs liés au terrain (= édaphiques) : bassin versant (type de sol, activités agricoles, couverture végétale)

2.1.2. FACTEURS PROPRES A L'ETANG :

chaque étang de pisciculture a des caractéristiques propres dues à l'intervention de l'homme et qui influent :

- sur le milieu (qualité de l'eau et du sédiment),
- sur les organismes animaux et végétaux qui y sont présents.

Par exemple :

- le cycle hydrologique : fréquence des vidanges, durée des assecs et des périodes en eau,
- le peuplement piscicole : espèces introduites et proportions relatives,
- les interventions extérieures : apports d'amendements, d'engrais ; faucardage ; alimentation des poissons ; oxygénation artificielle.

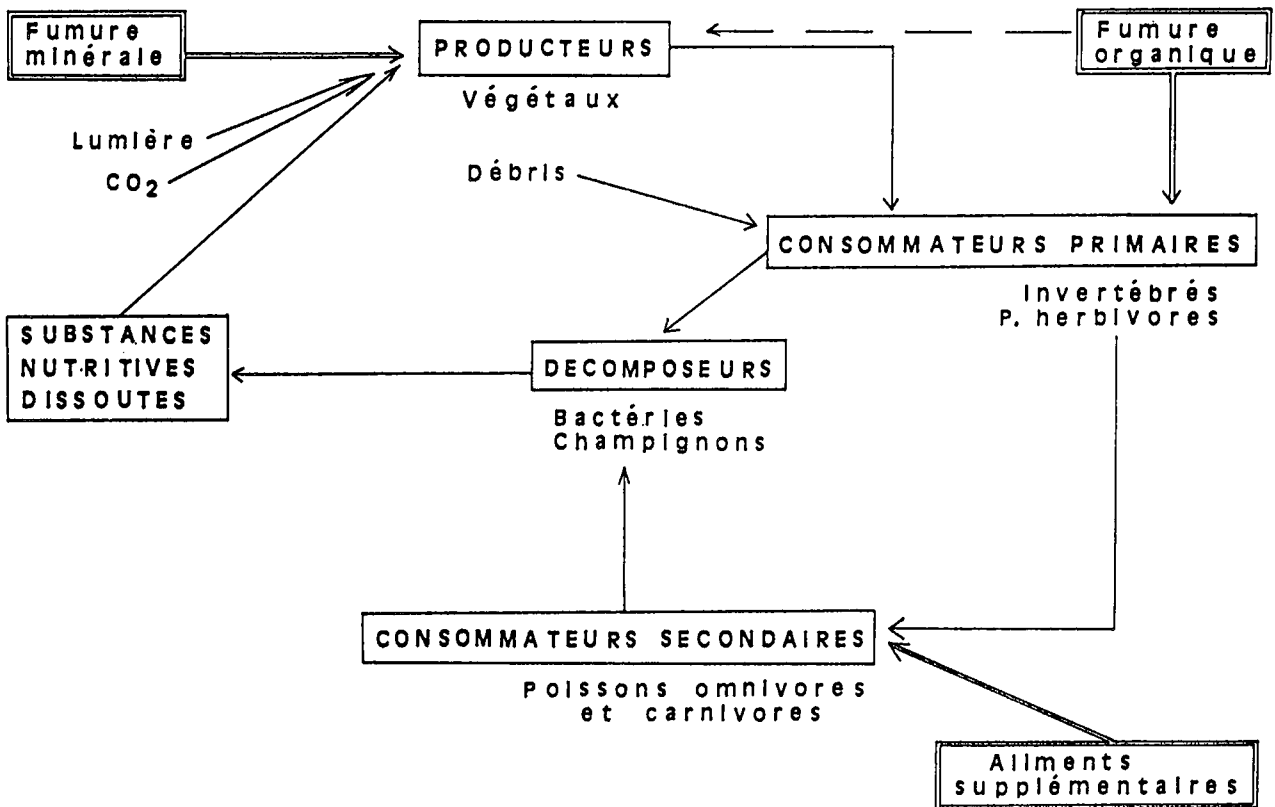
Toutes ces interventions ont une incidence sur le fonctionnement de l'écosystème de l'étang et sur sa productivité biologique. Les influences naturelles conditionnent la fertilité initiale du plan d'eau, caractérisé par une production naturelle donnée (en France, entre 50 et 400 kg par hectare et par cycle). Les interventions humaines permettent d'améliorer le rendement de l'écosystème, essentiellement par le biais d'une meilleure fertilisation de l'eau. Un apport d'engrais minéraux agira directement sur le développement des végétaux ; les engrais organiques faciliteront la prolifération du zooplancton très directement (par les matières en suspension et les bactéries associées), et indirectement celle des végétaux, grâce à N, P et K.

2.2. CYCLE DE LA MATIERE ET NIVEAUX TROPHIQUES

Le Poisson est le dernier élément de la chaîne alimentaire qui se déroule dans l'étang (Voir Fig. 6). La production de matière vivante n'est possible qu'en présence d'organismes capables de puiser dans le milieu les éléments minéraux qui leur sont nécessaires et de synthétiser leur propre matière organique grâce à l'énergie lumineuse par le phénomène de la photosynthèse : ce sont les producteurs primaires.

Cette production est assurée par les Végétaux (plancton et macrophytes) qui élaborent leur propre matière organique à partir du CO₂, des éléments minéraux dissous et de l'énergie solaire. Ils rejettent de l'Oxygène pendant leur activité photosynthétique. Les Végétaux vont être consommés directement par des consommateurs primaires, herbivores transformant la matière organique végétale en matière animale. Ex.: Rotifères et Cladocères du Phytoplancton, et les Poissons herbivores. Ces herbivores sont la proie de

Fig 6 : Cycle biologique en étang. Réseau trophique.
Possibilités d'intervention (double trait).



consommateurs secondaires, carnivores. Exemples : Copépodes Cyclopidés du zooplancton, larves et juvéniles de Poissons, Poissons adultes carnivores. Le zooplancton carnivore est lui-même la proie de consommateurs de troisième ordre, qui peuvent être ingérés à leur tour par des consommateurs d'ordre supérieur.

En symétrie à cette chaîne d'organismes consommateurs assimilant et produisant de la matière organique vivante, des organismes décomposeurs et détritivores, se nourrissant de matière organique morte provenant des déjections et des cadavres, recyclent la matière organique en la dissociant en éléments divers. Ces organismes détritivores ("mangeurs de détritus": Crustacés, larves de Chironomes, d'Ephémères,...) et décomposeurs (Bactéries, Champignons) transforment la matière organique morte soit en éléments minéraux qui sont ainsi restitués au milieu et permettent le développement du Phytoplancton, soit en matière organique vivante.

Il ressort de ceci que :

- * les échanges de matière entre les différents maillons de l'écosystème ont un caractère cyclique,
- * le réseau trophique (chaîne alimentaire) se caractérise par l'existence d'interactions nombreuses et variées entre les différents composants de l'écosystème,
- * toute perturbation (positive ou négative) se produisant en un endroit quelconque de ce réseau, se répercutera sur l'ensemble de l'écosystème et provoquera l'apparition d'un nouvel état d'équilibre.

Le rendement (exprimé en kcal/unité de surface) du réseau trophique aboutissant au Poisson est faible. Le Plancton végétal n'utilise qu'environ 1 % de l'énergie lumineuse incidente pour la photosynthèse. En production nette, les rendements du réseau trophique entre le Phytoplancton et la Carpe sont de 1,4-2,3 % en étangs non fertilisés, et varient entre 1,5 et 16,2 % en cas de fertilisation (BALVAY, 1980).

Le rendement énergie lumineuse incidente / production piscicole est très réduit, mais reste très supérieur à celui d'un lac, grâce aux interventions humaines qui permettent d'améliorer la production initiale des étangs.

2.3. COMPOSANTS DE LA BIOCEÑOSE

(Biocénose : ensemble des organismes vivants -animaux et végétaux- présents dans l'étang).

- Macrophytes :

Végétaux de grande taille, partiellement émergés ou submergés (Roseaux, Joncs, Potamots, Myriophylle,...). La végétation submergée sert de support à une multitude d'organismes de petites dimensions (Algues, et petits Animaux : Ciliés, Bryozoaires...) qui constituent la "couverture biologique", ou périphyton.

- Plancton :

Ensemble des organismes végétaux (Phytoplancton) ou animaux (Zooplancton) vivant dans la masse d'eau. Ils ne sont pas capables, par leur mouvements propres, de résister aux courants pouvant apparaître :

- * Phytoplancton : Algues uni ou pluricellulaires,
- * Zooplancton : Rotifères, Crustacés types Cladocères et Copépodes.

- Necton :

Organismes nageurs capables de résister (dans certaines limites) aux mouvements de l'eau. Ce sont essentiellement les Poissons.

- Benthos :

Ensemble des organismes vivant dans l'épaisseur ou à la surface du sédiment : Crustacés, Mollusques, diverses larves d'Insectes, Vers,...

- Neuston :

Organismes vivant à la surface de l'eau. Ce sont essentiellement des Insectes (Gyrinidés).

2.4. MISE EN PLACE DE LA BIOCÉNOSE DANS LES ETANGS

Dans tous les étang, le processus de production de nourriture naturelle suit toujours le même schéma de base. Au cours d'un cycle de production mise en eau/vidange, le développement et la succession des différentes espèces de la biocénose ont des caractères communs quel que soit le mode d'exploitation. Le type d'alimentation (autotrophe pour les Végétaux, hétérotrophe pour les Animaux) et les vitesses relatives de développement des divers organismes conditionnent l'ordre de succession des différents groupes.

L'importance pratique de ce phénomène est grande : sa connaissance permet de rendre aussi efficaces que possible les interventions qui doivent intensifier la production piscicole.

Ces travaux importants menés en Pologne (GRYGIERECK, 1979) ont montré que l'installation de la biocénose s'effectue en deux phases :

- * phase de biocénose ouverte,
- * phase de biocénose fermée.

2.4.1 DEROULEMENT DE LA PHASE DE BIOCENOSE OUVERTE

Se fait en trois étapes à partir de la mise en eau :

- a) développement des organismes décomposeurs. Bactéries et Champignons prolifèrent pour dégrader la matière organique morte (débris en tous genres) présente sur le fond de l'étang. Il y a dégagement de CO_2 , libération de sels minéraux, diminution de la teneur en Oxygène dissous.
- b) développement des Végétaux planctoniques (Phytoplancton). Ces producteurs utilisent le CO_2 , les sels minéraux et la lumière pour produire leur propre matière organique, et dégagent de l'Oxygène. Ce dernier facilite la dégradation de la matière organique morte. Il s'instaure un équilibre entre la production de CO_2 par les organismes décomposeurs (hétérotrophes) et sa consommation par les Algues (autotrophes).
- c) les organismes consommateurs (Zooplancton) se développent aux dépens des Végétaux, producteurs. Il s'agit tout d'abord d'herbivores filtreurs (Rotifères, Cladocères) puis des Copépodes Cyclopides (carnivores). La consommation par le Zooplancton herbivore va limiter la prolifération du Phytoplancton, et une situation équilibrée va s'instaurer entre producteurs et consommateurs. Les paramètres physico-chimique du milieu (Oxygène dissous, pH) se stabilisent. La présence de consommateurs primaires (herbivores filtreurs) et secondaires (carnivores) assure la mise en circulation dans le réseau trophique de la matière organique vivante élaborée par les organismes producteurs.

2.4.2 LA PHASE DE BIOCENOSE FERMEE

Le réseau trophique établi, commence alors la phase de biocénose fermée durant laquelle la matière organique s'accumule dans les différents niveaux trophiques, et en particulier dans le dernier d'entre eux, les Poissons. La quantité de matière organique produite va dépendre des apports en Azote, Phosphore, Carbone,...qui sont effectués au cours de la saison.

2.5. PARAMETRES DE QUALITE DE L'EAU EN PISCICULTURE D'ETANG ET GESTION

Remarque générale : en toute rigueur, ces différents paramètres devraient être mesurés en plusieurs points de chaque étang. En pratique, on peut estimer que des mesures réalisées régulièrement au même endroit (point de vidange) sont suffisamment représentatives de l'ensemble. Pour des raisons de facilité, les mesures sont effectuées sur un volume d'eau prélevé avec un seau fixé à une cordelette.

Fréquence des mesures :

1 fois par mois jusqu'en Mai, et à partir d'Octobre ;

2 fois par mois de Juin à Septembre.

Pour leur interprétation ultérieure, il est utile de noter l'heure où ont été faites les mesures (si possible toujours la même pour le même étang), ainsi que les conditions météorologiques (ensoleillement, vent, orage,...).

Sur un étang d'alevinage, la fréquence des contrôles devra être beaucoup plus élevée, sur une période allant du début de la mise en eau jusqu'à la vidange pour récupérer les juvéniles de 3-5 semaines. Des contrôles quotidiens de N et PO₄ dissous, ainsi que du plancton présent, se justifient.

2.5.1. TEMPERATURE

* Conditionne l'activité générale de l'écosystème "étang".
--

Mesures par 2 thermomètres mini-maxi immergés à 0,50 et 1,50 m de profondeur.

- Activité du poisson réduite en dessous de 5°C, mais le nourrissage hivernal des Carpes évite l'apparition de maladies au printemps (virémie, érythrodermatite).

- A partir de 10°C environ, les apports d'Azote et de Phosphore deviennent efficaces.

- A partir de 15°C environ, apports d'engrais organiques possibles.

- Au delà de 25°C : arrêt des apports d'engrais organiques ; surveiller l'Oxygène dissous.

2.5.2. OXYGENE DISSOUS

* Production par la photosynthèse

* Consommation par :

- décomposition de la matière organique

- respiration des Végétaux et des Animaux

Mesures à réaliser à l'écart des zones d'herbiers, et à compléter par une mesure à proximité du fond (Voir annexe 3 pour concentration à saturation dans l'eau).

Les concentrations étant variables sur un cycle journalier, il est essentiel de tenir compte de l'heure à laquelle la mesure a été effectuée.

- Teneurs minimales (matin) : 4-5 mg/litre, près de la surface.

- Si faibles teneurs : pas d'apports d'engrais organiques

- et si eau transparente (Secchi > 70 cm) : apports d'engrais minéraux, Azote et Phosphore, type 18/46/0 (phosphate d'ammoniaque) pour développer le phytoplancton.

- et si eau peu transparente (Secchi < 30 cm) : prévoir agitation, aération de l'eau, par aérateurs à hélices (effet localisé), ou par aérateurs à palettes ("roues à aubes") pour faire circuler l'eau, avec un effet sur une plus grande surface.

Attention : en cas de sous-oxygénation de l'eau, il y a risque de relargage du Phosphore par le sédiment et déséquilibre du rapport PO_4/N . L'augmentation des teneurs en Phosphore dans l'eau peut entraîner un développement d'algues bleues, indésirables. Dans ce cas également, un brassage de l'eau limite fortement leur prolifération.

2.5.3. TRANSPARENCE (disque de Secchi)

* Permet d'apprécier l'abondance du plancton végétal.

Attention : mesures faussées si le sédiment est remis en suspension dans l'eau par des Poissons (Carpes, Tanches), des Canards, le vent, ou par de fortes précipitations.

Mesures 1 à 2 fois par mois pendant la saison.

- Valeurs correctes : autour de 0,50 m (0,30-0,70 m)

Dans ces conditions, poursuivre la fertilisation suivant la même fréquence, même si les valeurs de N et PO_4 dissous sont infra-optimales.

En effet, on se trouve dans une situation où le rendement de l'étang est optimum : les apports de N et PO_4 ne s'accumulent pas dans l'eau, mais sont rapidement consommés par les algues planctoniques et disparaissent du milieu ; situation idéale s'il s'agit de Chlorophycées.

Si transparence > 0,70 m = peu de développement de phytoplancton ; intervenir par fertilisation (Phosphore et Azote, voir ci-dessus).

Si transparence < 0,30 m : surveiller O_2 dissous le matin.

Causes possibles :

- * excès de développement du plancton végétal, donc arrêter les apports de fertilisants.
- * mise en suspension du sédiment par les poissons (à vérifier dans un échantillon d'eau).

2.5.4. pH

Les mesures sont à effectuer à l'écart des zones de végétation, 1 à 2 fois par mois pendant la saison.

Les valeurs étant variables sur un cycle journalier, il est essentiel de tenir compte de l'heure à laquelle la mesure a été effectuée.

- Valeurs normales en étang : entre 6,5 et 9.

- Valeurs influencées par la photosynthèse : peuvent dépasser 9 localement et temporairement, à proximité des zones d'herbiers.

- Stabilisation par création d'un "tampon calcique" dans l'étang : présence ou apports de Calcium.

2.5.5. CALCIUM

*** Facteur de base de la production d'un étang**

En eaux très "douces" (5 mg CaCO_3/l), des apports de Calcium et une fertilisation organique suffisent à eux seuls pour améliorer la production naturelle d'un facteur 3 à 5 (cas d'étangs sur terrain granitique en Limousin, par exemple).

* Présent sous forme dissoute dans l'eau de remplissage et souvent stocké au niveau du sédiment (effet rémanent d'une saison à l'autre).

* Après apports, il y a augmentation progressive des teneurs dans l'eau au cours de la saison, surtout si les valeurs initiales sont faibles ($< 10 \text{ mg CaCO}_3/\text{litre}$)

* Réduit la solubilité du Phosphore, donc pas d'apports simultanés.

Mesures 1 fois par mois pendant la saison .

- Teneurs souhaitables : plus de 30 mg $\text{CaCO}_3/\text{litre}$

(= 8,5 mg Ca/l. ou 3 degrés français TH ou 5,3 degrés allemands dH)

Apports de Calcium sous forme de Calcaire broyé, Chaux éteinte pulvérulente, "Nautex" ; 1-3 tonnes/ha voire plus. Meilleure efficacité si les apports sont réalisés en début de saison, période de mise en place du cycle biologique, ou avant la remise en eau.

- Au delà de 50-80 mg $\text{CaCO}_3/\text{litre}$: seules des doses d'entretien sont nécessaires, en particulier si l'eau de remplissage est pauvre en Calcium.

- Des apports réguliers

* permettent de faire disparaître une accumulation éventuelle de vase organique en stimulant sa minéralisation par les bactéries (environ 1 tonne/ha, deux à trois saisons de suite).

* augmentent l'efficacité des apports d'engrais organiques, dont la décomposition est améliorée.

2.5.6. PHOSPHORE

*** Sous forme PO_4 (orthophosphates), favorise le développement du plancton végétal avec l'Azote**

* Sera d'autant moins soluble que le milieu est riche en Calcium.

* 90% des apports sont adsorbés par le sédiment avec possibilité de relargage important (BERTRU, 1980) rapide ou différé (rémanence) en cas de déficit en Oxygène dissous en profondeur (teneurs inférieures à 1,5-2 mg O_2/l .)

Mesures 1 à 2 fois par mois pendant la saison.

- Teneurs optimales : 0,2-0,5 mg PO_4/litre .

Ces teneurs sont d'autant plus favorables au développement du Phytoplancton que les concentrations en Azote et Phosphore sont comprises dans un certain rapport:

le rapport PO_4 / N total doit être compris entre 1/4 et 1/8 voire 1/10

Ces dernières valeurs sont les plus favorables au développement des Chlorophycées, bien consommées par le zooplancton (*Voir Fig 7*).

- Si excès de PO_4 dissous par rapport à N, soit à cause d'apports excessifs, soit par relargage du Phosphore adsorbé par le sédiment à la suite d'un déficit en Oxygène dissous : risques de développement d'algues bleues (*Cyanophycées*), en particulier si $\text{pH} > 9$. Rééquilibrage possible du rapport PO_4/N par des apports d'Azote seul, plus fréquents.

Apports : sous forme fractionnée, combinant Phosphore et Azote, dès que la Température dépasse 10°C .

Par exemple : engrais binaires 18/46/0 (phosphate d'ammoniaque) : 50-100 kg par hectare et par saison. Les engrais peuvent être posés sur des plateaux submergés pour éviter le piégeage du Phosphore dans le sédiment.

Pas d'apports simultanés avec du Calcium.

2.5.7. AZOTE

* Utilisé par la végétation aquatique sous forme NO_3 et NH_4 .

Les analyses d'eau indiquent les concentrations sous forme d'azote ammoniacal total ($\text{NH}_4 + \text{NH}_3$), plus ou moins dissocié en fonction du pH (voir table de dissociation en fonction du pH en *annexe 4*).

* L'azote ammoniacal NH_3 est toxique pour le poisson.

Le seuil de toxicité varie avec le pH et sera d'autant plus élevé que les valeurs du pH seront fortes.

* Les nitrites NO_2 sont fortement toxiques pour le poisson.

En conditions normales, les teneurs restent très faibles en étang.

Dans l'étang, on tient compte des teneurs simultanées en Azote ammoniacal (N-NH_4), Azote nitreux (N-NO_2) et Azote nitrique (N-NO_3).

Mesures 1 à 2 fois par mois pendant la saison.

- Teneurs limites :

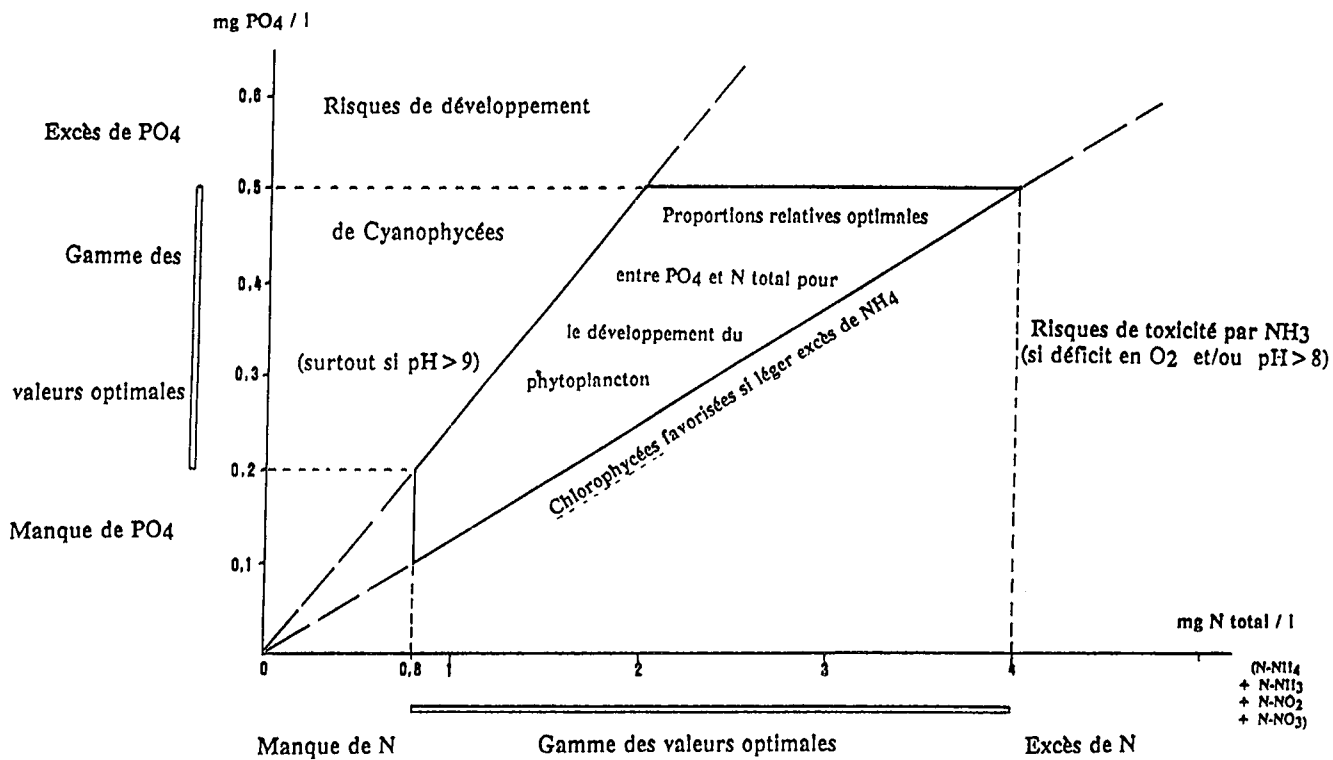
$\text{N-NH}_4 < 1 \text{ mg/litre si } \text{pH} > 8,$

$\text{N-NO}_2 < 0,2 \text{ mg/litre}$

- Concentrations optimales : 0,8 à 4 mg Azote/litre ($\text{N-NH}_4 + \text{N-NO}_2 + \text{N-NO}_3$).

Apports sous forme fractionnée. Par exemple : Ammonitrate (100-200 kg par hectare et par saison).

Fig 7 : Gamme des proportions optimales entre PO_4 et N total dissous en étang



- Efficacité optimale des apports d'Azote si bonnes proportions relatives avec celles du Phosphore : rapport PO_4 / N total dissous compris entre 1/4 et 1/8 voire 1/10 pour favoriser l'efficacité de la chaîne trophique.

Sur certains étangs, des apports d'Azote seul en fin d'été permettent de "rattraper" un rapport P/N déséquilibré par une remise en solution de Phosphore, initialement adsorbé par le sédiment, consécutive à une phase de déficit en Oxygène dissous.

Remarques concernant les teneurs en Azote et Phosphore dissous : dans le cas où le rythme des apports d'engrais correspond aux besoins du milieu, on ne mesurera dans l'eau que de faibles teneurs en N et PO_4 , inférieures aux valeurs optimales indiquées, mais les faibles transparences mesurées simultanément au disque de Secchi (30-40 cm) indiquent que l'écosystème étang fonctionne de manière optimale. Ce dernier critère prédomine pour décider de poursuivre les apports au même rythme, au moins dans l'immédiat.

Remarque générale :

Rappelons l'importance de l'assec. L'assèchement du fond de l'étang après la pêche, pendant quelques jours au minimum, offre essentiellement deux avantages :

- * il permet l'entretien de routine du fond de l'étang : élimination d'éventuels herbiers envahissants, reprofilage de zones surcreusées où du poisson se réfugie pendant la vidange, apports d'amendements de fond (calcaire broyé,...).

- * la minéralisation de la matière organique présente dans la vase est facilitée. On évite ainsi l'accumulation de matériaux putrescibles d'une saison à l'autre et les risques qu'ils entraînent pour la gestion de l'étang et on favorise la destruction des parasites (sangues).

2.6. ENGRAIS MINÉRAUX ET ORGANIQUES

L'Azote peut être apporté sous forme d'Ammonitrate et le Phosphore par des superphosphates, plus solubles. Mais il est préférable d'apporter simultanément les 2 éléments N et PO_4 en proportions relatives optimales grâce à du phosphate d'ammoniaque (environ 14/48/0) épandu sur l'étang si il est sous forme liquide.

Les engrais organiques consomment de l'Oxygène pour leur dégradation. Ils apportent essentiellement de la matière organique décomposée et des bactéries (source d'alimentation directe pour les Rotifères et les Ciliés du plancton) ainsi que des éléments minéraux (Carbone, Azote, Phosphore, Potassium,...).

Les engrais minéraux favorisent en priorité le développement du phytoplancton ; les apports organiques (fumier, lisier), permettent la prolifération de Rotifères et Cladocères, et n'influent que secondairement sur le phytoplancton.

Techniques d'épandage des engrais, des fumiers et lisiers.

Remarque générale concernant le Phosphore et l'Azote : les suivis effectués sur le terrain montrent souvent qu'à partir de l'été (Juillet), les besoins en Azote deviennent plus importants.

Dans le cas d'étangs traversés par un cours d'eau et dont la surverse coule en permanence, on peut douter de l'efficacité d'amendements et de fertilisants (et de leur rentabilité). On estime que l'eau doit rester au moins trois semaines dans l'étang pour que les apports d'engrais soient susceptibles d'améliorer la production.

En Dordogne par exemple, le régime des précipitations est tel que les étangs sont en surverse bien souvent jusqu'en Mai ; les apports d'engrais débutent donc relativement tard dans la saison, ce qui n'empêche pas d'obtenir des productions de plus de 300 kg/ha. L'idéal est de pouvoir faire des apports par petites doses, en continu, sans que l'engrais n'entre en contact avec le sédiment, comme du phosphate d'ammoniaque liquide ; sinon, l'engrais soluble sera déversé sur des plateaux immergés à 15-20 cm sous la surface, soit fixes, soit flottants autour d'un point d'ancrage. Leur charge est renouvelée régulièrement au cours de la saison.

En toute rigueur, la nécessité d'un apport d'engrais minéraux devrait être justifiée par une analyse d'eau ou mieux par un contrôle simultané phytoplancton + transparence.

L'épandage depuis le bord n'est réalisable sur les petits plans d'eau que dans la mesure où il est possible de circuler autour. L'utilisation d'une embarcation est souvent nécessaire pour les grandes surfaces.

Un engrais sera plus efficace s'il est épandu sous forme liquide par dissolution préalable dans des bidons. On évite ainsi tout contact du produit avec le sédiment qui agit toujours plus ou moins comme un "piège". Ceci n'est pas gênant pour les apports calciques car il se forme un stock de Calcium dans le sédiment, qui diffuse lentement dans l'eau.

Les apports fractionnés de fumier ou de lisier peuvent atteindre 3-5 tonnes par hectare et par an. Ces apports se font en plusieurs points, depuis les bords, ce qui implique qu'il soit possible de circuler autour de l'étang.

La présence d'Oies ou de Canards assure un apport régulier de matières organiques ; l'expérience montre qu'une centaine d'Oies ou 200 Canards par hectare représentent un optimum pour la fertilisation (CARA/CEMAGREF, 1991).

Si le flux (matière, énergie) est important dans la chaîne alimentaire, N et PO₄ seront consommés au fur et à mesure de leur apport ; leurs concentrations mesurées dans l'eau resteront faibles avec simultanément un fort développement de phytoplancton (faible transparence au Secchi), constitué essentiellement de Chlorophycées (groupe 3, voir au § 2.8.2.). Cela indique que le rendement de la chaîne trophique est maximum.

Voir en *annexe 5*, la composition de divers engrais organiques.

2.7. AERATION DES ETANGS

Deux techniques sont possibles :

- soit faire fonctionner les aérateurs de nuit (coût minimal) pour éviter une désoxygénation trop importante de l'eau, risquant de descendre à des valeurs dangereuses pour les poissons (moins de 4 mg/l).
- soit faire fonctionner les aérateurs dans la journée, lorsque la photosynthèse est maximale. Des aérateurs à palettes permettent de déstratifier l'eau de l'étang, et d'éviter que l'oxygène produit par le phytoplancton dans la couche superficielle de l'eau ne soit perdu par diffusion vers l'atmosphère. Le brassage de la masse d'eau l'incorpore au contraire dans l'ensemble du volume et augmente ainsi le stock d'oxygène dissous dans l'étang.

En élevage intensif en étang, on considère qu'une puissance d'aération installée de 1 CV/ha (1 CV = 0,7 kW) permet d'atteindre sans problème des productions de 1-2 tonnes/ha/saison. Pour des productions plus élevées, on peut retenir la proportion de 1 kW/tonne/ha. Le fait de n'implanter des aérateurs que sur la zone de nourrissage, réduit les coûts en matériel. Pour des productions plus élevées il faudra prévoir des aérateurs supplémentaires en réserve.

Types de matériels :

- aérateurs à palettes, les plus efficaces (roue à aubes), provoquant un déplacement de la masse d'eau.
- aérateurs à turbine (axe vertical), à effet plus localisé.
- injection d'air : par hydroéjecteurs ou tuyaux poreux posés sur le fond (déstratification de l'eau).

Pour plus de détails sur l'oxygénation et le phytoplancton en étang, voir GOUBIER, 1990.

2.8. LA VEGETATION

Les paramètres physico-chimiques de l'eau d'étang permettent le développement de la végétation, sous deux formes : les Macrophytes d'une part, et le Phytoplancton d'autre part.

Les Macrophytes, ou végétaux visibles à l'oeil nu, forment des ceintures plus ou moins concentriques autour de l'étang.

Le Phytoplancton, composé d'algues microscopiques en suspension dans l'eau, agit sur la transparence et confère à l'eau sa couleur.

2.8.1 LES MACROPHYTES

De l'extérieur vers l'intérieur de l'étang, on distingue trois types de Macrophytes :

- 1- les hélophytes : ce sont des plantes amphibies dont la base est normalement dans l'eau et dont le développement de l'appareil végétatif (tige, feuilles) nécessite le contact avec l'atmosphère. Appartiennent à ce type les Roseaux, les Massettes, les Laïches, les Juncs.
- 2- les hydrophytes à feuilles flottantes possèdent des racines fixées au fond et leurs feuilles viennent s'étaler à la surface de l'eau. Par ex.: les Nénuphars.
- 3- les hydrophytes submergés sont totalement sous l'eau et développent alors leurs feuilles et tiges au sein de la masse d'eau. Par ex.: les Myriophylles.

Compte-tenu de leurs rôles dans l'écosystème, on admet que le pourcentage total de la couverture végétale (sur le fond et les bords) d'un étang de pisciculture traditionnelle ne doit pas dépasser 50 %, sans toute fois devenir inférieur à 15-20 %.

Trois grands rôles sont reconnus aux Macrophytes :

- Rôle physico-chimique :

L'activité photosynthétique diurne des végétaux chlorophylliens **produit de l'oxygène** et absorbe du gaz carbonique. Durant la période nocturne, la fonction chlorophyllienne n'a pas lieu, les végétaux comme les animaux consomment de l'oxygène dissous. La quantité d'oxygène produite pendant le jour dépend des caractéristiques de la plante et des paramètres propres au milieu aquatique (température, % de saturation, insolation).

L'écran que constituent les hydrophytes à feuilles flottantes limite la pénétration de la lumière et le développement du phytoplancton. Simultanément, ce tapis végétal joue un rôle de barrière entre l'eau et l'atmosphère, limitant les échanges thermiques.

- Rôle biologique :

La présence de plantes contribue à l'**augmentation de la surface d'accueil** potentiel pour la faune benthique et l'épiphyton: à 1 m² de sédiment peuvent correspondre, selon la nature de la végétation, plus de 20 m² de surface foliaire. Les végétaux servent en outre de **lieu de ponte** pour les Invertébrés et les Poissons (Brochet, Perche, Carpe, Tanche). Ils sont utilisés également en tant que matériaux de construction pour les fourreaux larvaires de certains Trichoptères ("porte-bois") et les cocons de nymphose de certains Lépidoptères. Il faut signaler enfin leur **rôle d'abri** pour les organismes qui viennent se cacher parmi la masse végétale de la vue de leurs prédateurs ou également y trouver une protection contre l'ardeur du soleil estival. Ces herbiers constituent des frayères indispensables à la reproduction de certaines espèces en milieu naturel (Brochet, Perche, Carpe, Tanche).

Ces ceintures végétales sont nécessaires au maintien d'une avifaune associée au milieu aquatique (lieu de nidification, nourriture) qui participent à la fertilisation.

- Rôle mécanique :

En bordure d'étang, les hélophytes **s'opposent à l'action érosive** des vagues en les affaiblissant et en fixant les éléments fins du substrat.

Elle favorise par contre l'envasement de l'étang en zones périphériques et réduit d'autant la superficie disponible pour le poisson.

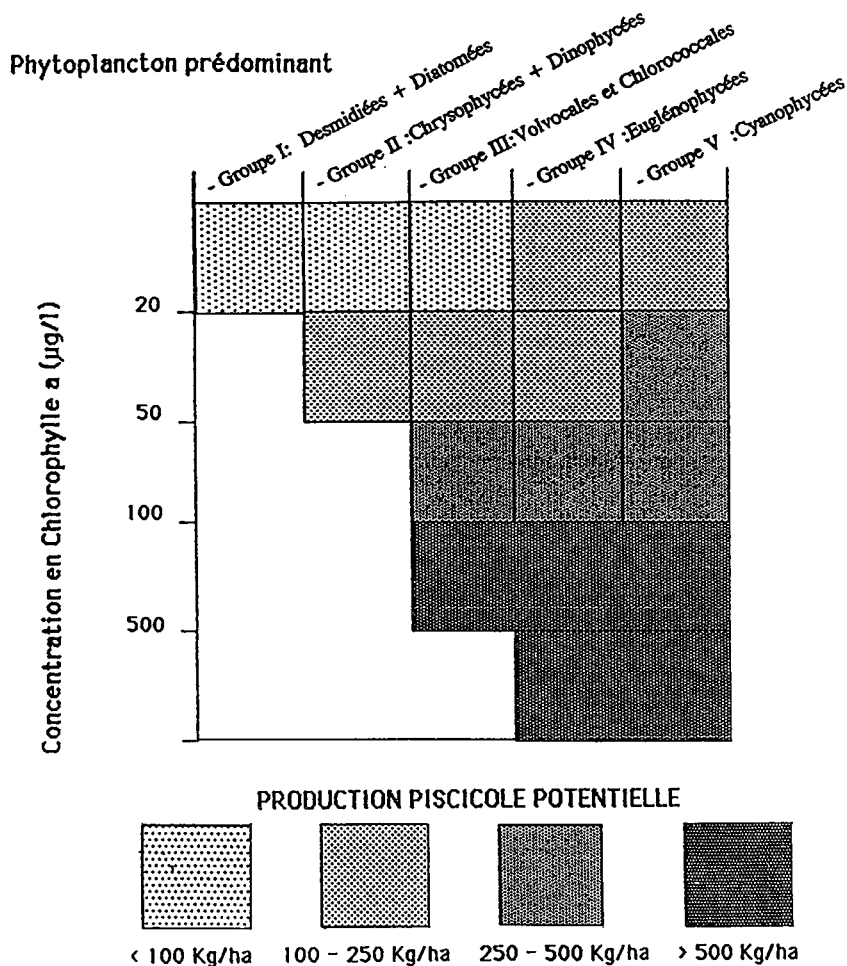
2.8.2 LE PHYTOPLANKTON (plancton végétal)

Les composants du Phytoplancton et leur abondance relative dépendent de la richesse du milieu en éléments nutritifs : Calcium, Azote et Phosphore dissous essentiellement, ainsi que, pour certaines formes (Euglènes), les matières organiques en suspension.

Les groupes composant le Phytoplancton ainsi que la teneur en chlorophylle-*a* doivent faire l'objet d'un suivi.

Il a été défini un certain nombre de groupes phytoplanctoniques, qui, lorsqu'ils sont prédominants, peuvent être considérés comme indicateurs de la "richesse" de l'étang, en parallèle avec la concentration en chlorophylle-*a* (préparation des échantillons et mesures en laboratoire avec un spectrophotomètre ; BARBE et SCHLUMBERGER, 1993) (Voir Fig 8).

Fig 8 : Potentiel de production d'un étang en fonction du phytoplancton dominant et de la chlorophylle *a* (BARBE et SCHLUMBERGER, 1993)



Au fur et à mesure que le milieu s'enrichit en sels minéraux dissous, on a la succession suivante (Voir Fig 9) :

Groupe 1 Diatomées et Desmidiées : caractéristiques d'étangs ayant une eau pauvre en éléments nutritifs. Algues difficilement consommables par le Zooplancton qui restera peu abondant (Diatomées : coque siliceuse dure, Desmidiées : grande taille fréquente).

Groupe 2 Chrysophycées et Dinophycées : ces algues se développent souvent en étangs peu fertilisés, en particulier les Dinophycées qui peuvent proliférer en consommant de la matière organique en suspension. Leur coque protège ces végétaux de la prédation par des organismes herbivores du Zooplancton.

Groupe 3 Volvocales et Chlorococcales : algues vertes unicellulaires ou coloniales constituant une importante source de nourriture pour le Zooplancton filtreur. Elles se développent bien lorsque les teneurs en Azote et PO_4 dissous, ainsi que les proportions entre ces deux éléments sont optimales, ou avec un léger excès d'Azote ammoniacal (rapport PO_4/N_{total} de l'ordre de 1/8 - 1/10 (Voir Fig 7).

Lorsque la fertilisation de l'étang s'intensifie encore et est d'origine organique (fumier, lisier), il y a prédominance du Groupe 4.

Groupe 4 Euglénophycées : ces algues unicellulaires très mobiles, outre leur capacité photosynthétique, sont capables de consommer des particules en suspension (hétérotrophie). Cela leur permet de remplacer le groupe précédent lorsque le milieu est relativement plus riche en éléments nutritifs sous forme solide (matières organiques en suspension, bactéries,...) que sous forme dissoute.

Leur abondance peut leur permettre de former un film de couleur verte à la surface des étangs.

Si les concentrations en PO_4 dissous sont trop élevées par rapport à celles de l'Azote total, devenu facteur limitant pour le développement d'autres groupes d'Algues, celles du **Groupe 5 Cyanophycées** sont favorisées. Ces "algues bleues" sont capables, en effet, de compenser l'absence de N dissous dans le milieu en utilisant celui présent sous forme gazeuse (Azote atmosphérique). Pour cela, ces Algues ajustent leur flottabilité pour se concentrer dans les couches superficielles de l'eau, plus riches en gaz dissous. Le plan d'eau prend une coloration vert-bleuté. Les Cyanophycées sont souvent coloniales et peuvent constituer une couche dense en surface. Potentiellement toxiques, et souvent constituées d'éléments de grande taille, leur prédation par des organismes zooplanctoniques herbivores est limitée. Par contre, certains poissons s'en nourrissent directement, ce qui explique les bons rendements que l'on peut obtenir sur de tels étangs, à condition qu'il n'y ait pas de mortalité massive des algues par épuisement du milieu (PO_4 devenant facteur limitant). Cela est réalisable par brassage de l'eau et dispersion des Cyanophycées dans la masse d'eau.

Fig 9 : Phytoplancton (Planche 1/4).

Planche 1. Groupe 1 : Diatomées et Desmidiées

Diatomées : 1 : *Asterionella formosa*. 2 : *Synedra acus*. 3 : *Tabellaria fenestrata*
4 : *Fragilaria crotonensis*. 5 : *Diatoma vulgare*.

Desmidiées : 6 : *Cosmarium formosulum*. 7 : *Staurastrum* sp. 8 : *Closterium* sp.

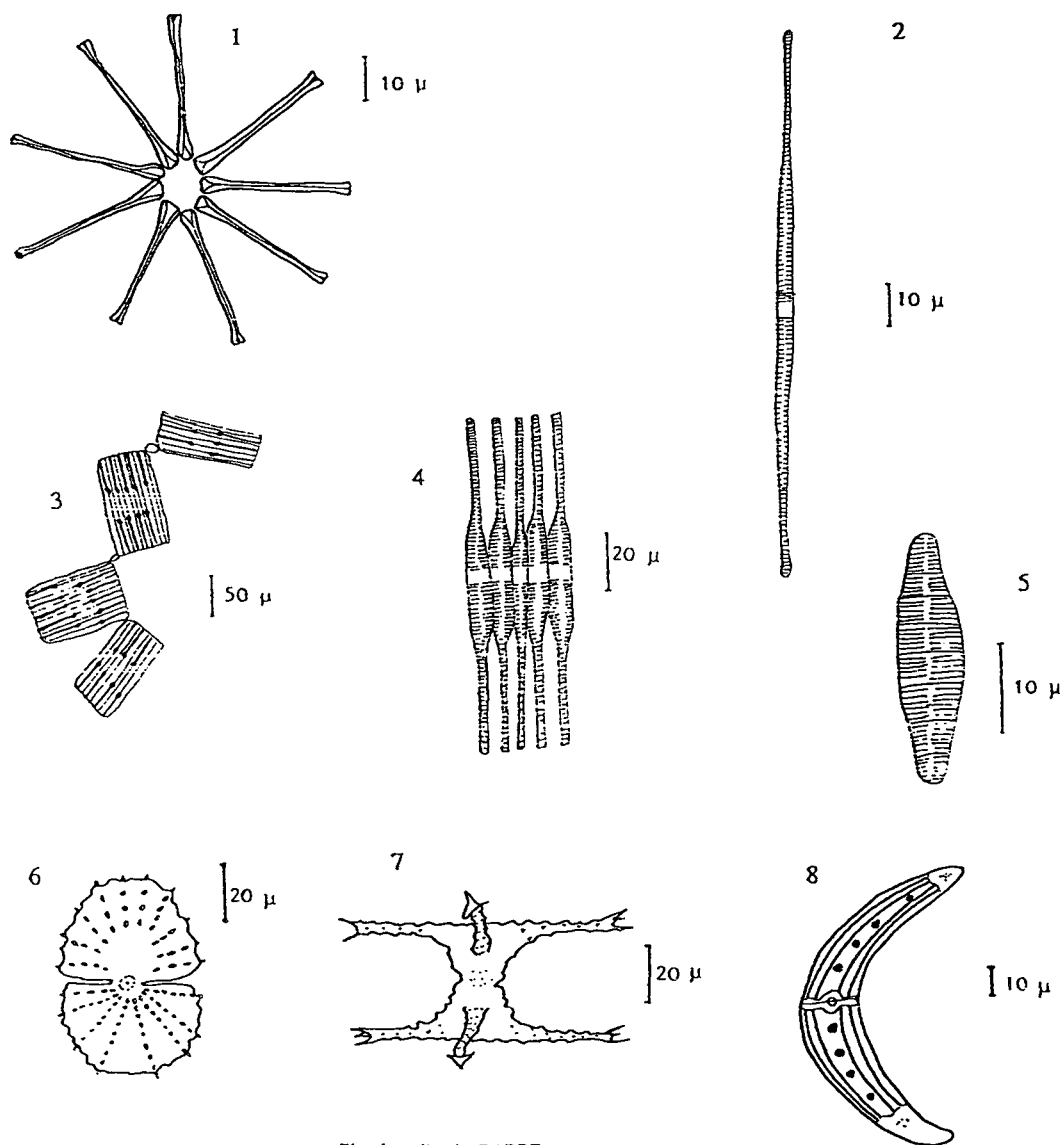


Planche d'après BARBE

Fig 9 : Phytoplancton (Planche 2/4)

Planche 2. Groupe 2 : Chrysophycées et Dinophycées

Chrysophycées : 1 : *Dinobryon divergens*. 2 : *Mallomonas caudata*. 3 : *Synura uvella*.

Dinophycées : 4 : *Ceratium hirundinella*. 5 : *Peridinium aciculiferum*.

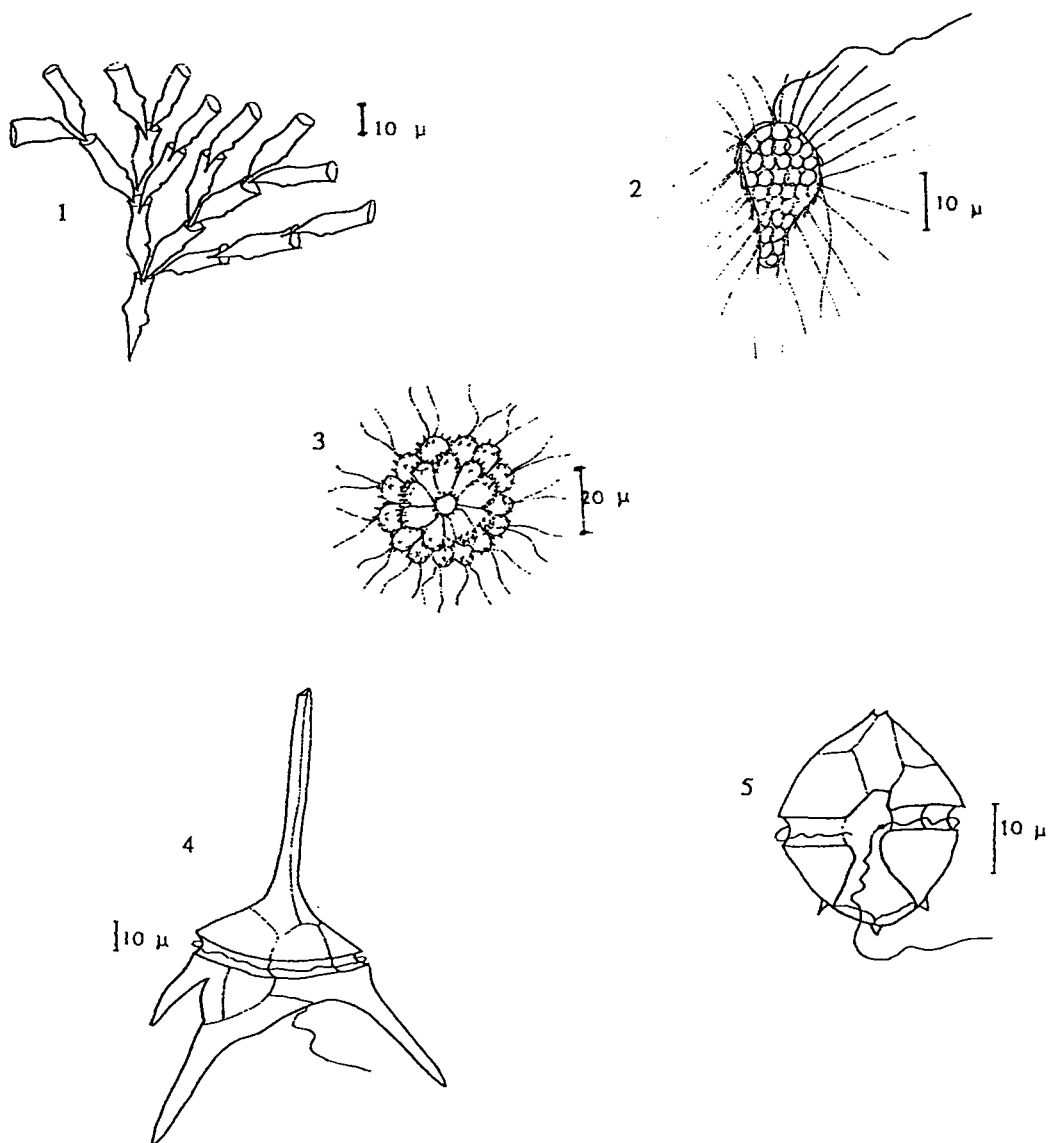


Planche d'après BARBE

Fig 9 : Phytoplankton (Planche 3/4)

Planche 3. Groupe 3 : Volvocales et Chlorococcales

Volvocales : 1 : *Chlamydomonas* sp. 2 : *Eudorina elegans*. 3 : *Pandorina morum*.
4 : *Volvox aureus*.

Chlorococcales : 5 : *Scenedesmus quadricauda*. 6 : *Scenedesmus acuminatus*.
7 : *Actinastrum* sp. 8 : *Coelastrum microporum*. 9 : *Tetradon muticum*.
10 : *Dictyosphaerium pulchellum*. 11 : *Oocystis borgei*.
12 : *Ankistrodesmus falcatus*. 13 : *Ankistrodesmus sigmoides*.
14 : *Pediastrum boryanum*. 15 : *Pediastrum duplex*.

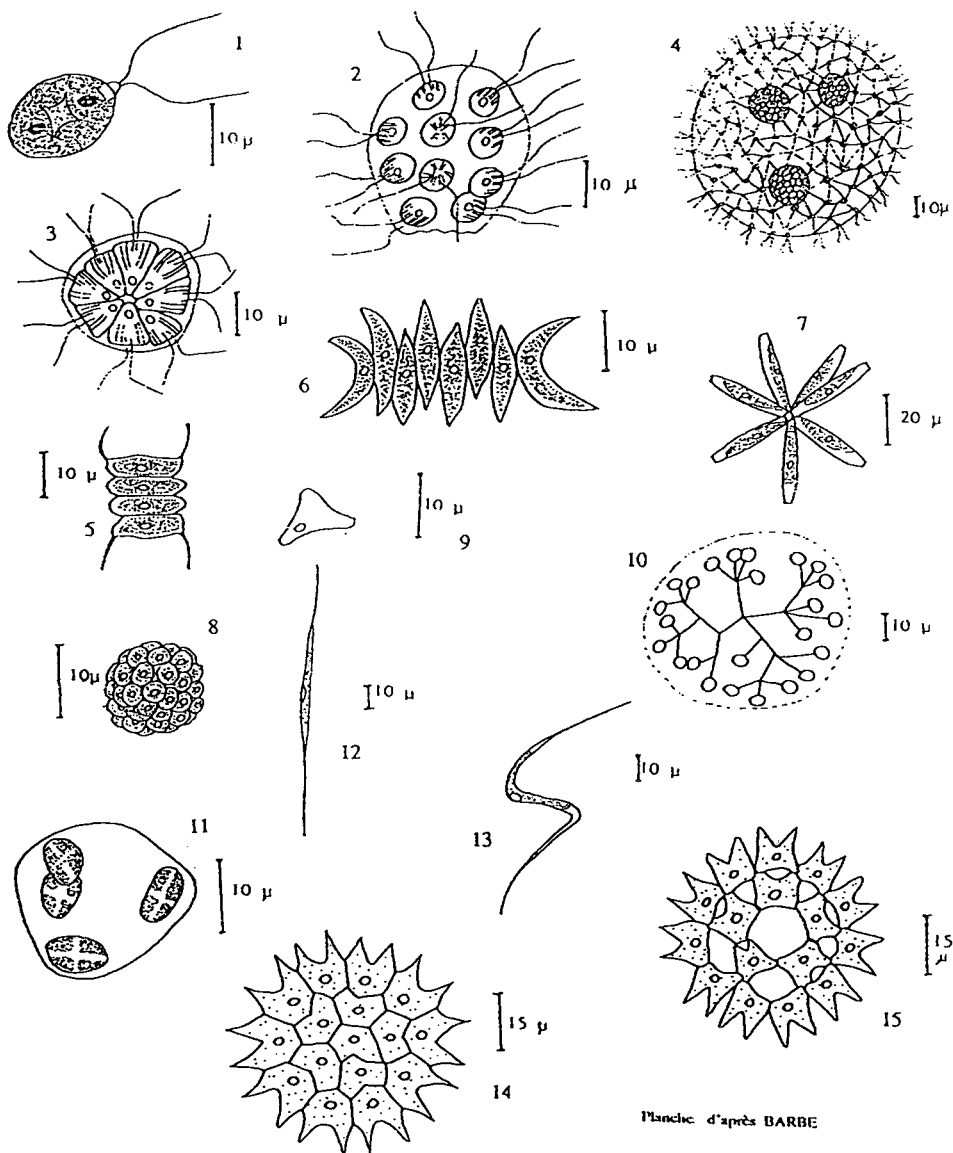


Fig 9 : Phytoplancton (Planche 4/4)

Planche 4. Groupe 4 : Euglénophycées : 1 : *Euglena* sp. 2 : *Euglena acus*.
3 : *Phacus orbicularis*. 4 : *Phacus longicauda*. 5 : *Trachelomonas hispida*. 6 : *Trachelomonas volvocina*.

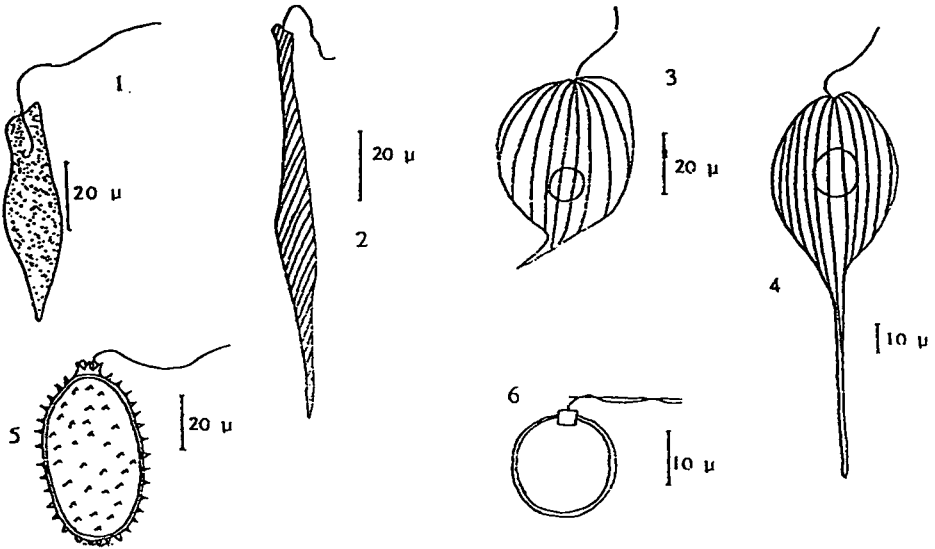
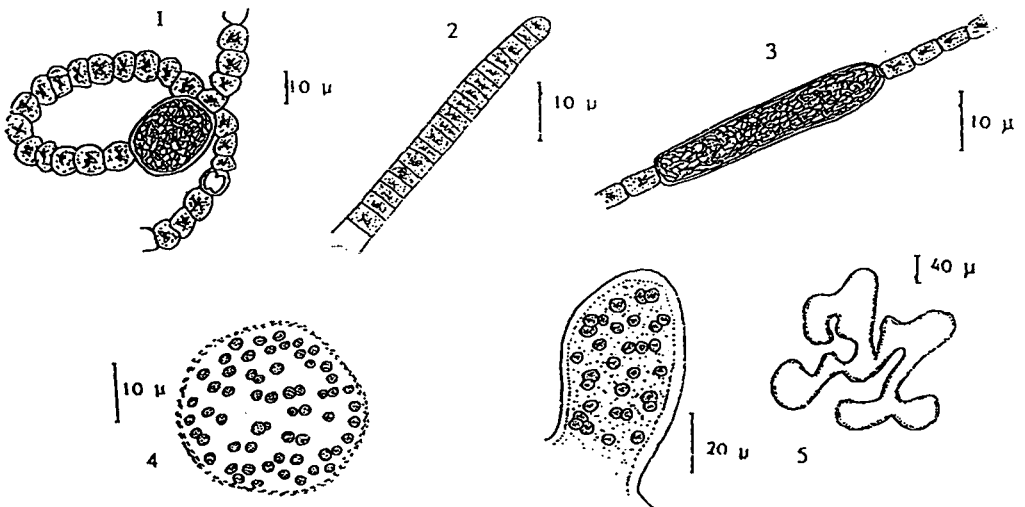


Planche d'après BARBE

Planche 5. Groupe 5 : Cyanophycées ou Cyanobactéries ("algues bleues")
1 : *Anabaena spiroides*. 2 : *Oscillatoria* sp. 3 : *Aphanizomenon gracile*
4 : *Coelosphaerium kuntzingianum*. 5 : *Microcystis wesenbergii*.



2.8.3 MOYENS DE CONTROLE DE LA VEGETATION AQUATIQUE

2.8.3.1. Interventions préventives :

- **Par la conception de l'étang**, en réduisant les zones les plus favorables au développement des végétaux :

- + limiter l'étendue des zones peu profondes (< 50 cm)
- + éviter les berges à pente inutilement faible

- **Par la gestion de l'étang** : assècs prolongés annuels et entretien du fond de l'étang (curage ; épandage de chaux vive sur les secteurs envahis), mais aussi une bonne fertilisation qui, si elle est appliquée suffisamment tôt, favorise le développement de plancton qui limite, dès lors qu'il est suffisamment abondant, la prolifération des végétaux submergés.

2.8.3.2. Interventions curatives :

- **Sur le Phytoplancton** :

- * introduction de Carpes argentées (en eaux closes).
- * épandage sur l'eau de chaux vive (50-100 kg/ha) environ une fois par mois pendant la saison chaude, ou de "chlorure de chaux" (hypochlorite de calcium $\text{Ca}(\text{ClO})_2$) à raison de 15-25 kg dans la saison, comme cela se pratique en Allemagne (REICHLE et OBERMEIER, 1987). Manipuler avec précautions ces produits.

- **Sur les hydrophytes** (Macrophytes submergés) :

- * introduction de Carpes Amour (en eaux closes) à raison d'environ 100 pièces de 2 étés par hectare.
- * introduction de Carpes miroir ou de Tanches subadultes en forte densité. Leur action de fouille sur le fond augmentera la turbidité de l'eau et réduira ainsi la lumière disponible pour les végétaux. Par exemple, en bassins d'alevinage, 1 Tanche de plus de 15 cm pour 10 m² de bassin permet d'éviter le développement d'algues filamenteuses, gênantes lors de la pêche des alevins.
- * contrôle mécanique par faucardage. Cette pratique vise simultanément à limiter le développement de la végétation et à réduire l'accumulation de matière organique végétale. L'opération doit être suivie du ramassage des produits de coupe. En effet, chaque brin coupé est capable de se bouturer dans le milieu aquatique.
- * contrôle chimique : deux catégories de produits existent avec des périodes de traitement différentes. Produits à base de chlorotiamides ou de dichlobenil, à action racinaire (genre *Round Up* ou similaire), avec traitement en début de saison (Mars, Avril) ; ou produits à action foliaire à base de *Diquat*, avec traitement en fin de printemps (Mai, Juin). Dans tous les cas, ne traiter qu'une partie de la surface à la fois.

3.8.3.3. Herbicides

Pour plus de détails, voir : ARRIGNON, 1976 ; BACHASSON, 1987.

Voir aussi les documents diffusés par ACTA, 149 rue de Bercy, 75595 Paris Cedex 12

GLYPHOSAT "Round Up".

Emploi : destruction de la végétation émergée excessive, genres Roseau, Massette, Iris.
Absorption du produit par les feuilles.

Dose : végétaux émergés : environ 4 kg / ha

Traiter par secteurs successifs. Non toxique pour le poisson. à cette dose Précautions d'emploi.

PARQUAT et DIQUAT

Emploi : destruction de la végétation submergée en excès, genres Cératophylle, Myriophylle, Elodée.

Dose : 0,2 à 1 g/m³.

Traiter par secteurs successifs, en eau claire pour éviter l'adsorption du produit par les particules en suspension. Précautions d'emploi.

2.8.4 TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET DE FIXATION DU PHYTOPLANCTON

Si la transparence de l'eau est réduite, un échantillon d'eau brute prélevé avec un seau devant la bonde sera suffisant ; sinon, il est nécessaire de concentrer le phytoplancton par filtration sur un filet à maille de 28 microns avant de le verser dans un flacon étiqueté (volume : 100 ml). La conservation est assurée en ajoutant quelques gouttes de Lugol.

2.9. LE PLANCTON ANIMAL : ZOOPLANCTON

Trois groupes d'organismes font l'objet d'un suivi dans les étangs (Voir Fig 10):

- * les **Rotifères**, mesurant quelques dixièmes de millimètre
- * les **Copépodes adultes** (1 à 3 mm), leurs larves **nauplius** et **copépodites**
- * les **Cladocères** (0,25 à 3 mm)

On peut trouver également la larve du Diptère *Chaoborus* (2-3 mm), qui est planctonique avant son éclosion.

Le Zooplancton est relativement peu sensible à la qualité physico-chimique du milieu mais réagira à toute perturbation brutale de celui-ci (déversement massifs d'engrais, par exemple) ce qui justifie d'autant plus les apports fractionnés. Sa composition spécifique dépend essentiellement des ressources alimentaires disponibles et de la prédation qu'il subit, aussi bien par les formes planctoniques carnivores que par les Poissons.

Fig 10 : Espèces courantes de zooplancton (Planche 1/2).

Planche 1. Rotifères 1 : *Brachionus angularis* (0,1-0,2 mm). 2 : *Keratella cochlearis* (0,08-0,3 mm). 3 : *Keratella quadrata* (0,2 mm). 4 : *Asplanchna priodonta* (0,4-1,5 mm). 5 : *Polyartra major* (0,25 mm). 6 : *Synchaeta pectinata* (0,3-0,5 mm). 7 : *Hexartra fennica* (0,1-0,3 mm). 8 : *Filinia longiseta* (0,1-0,3 mm).

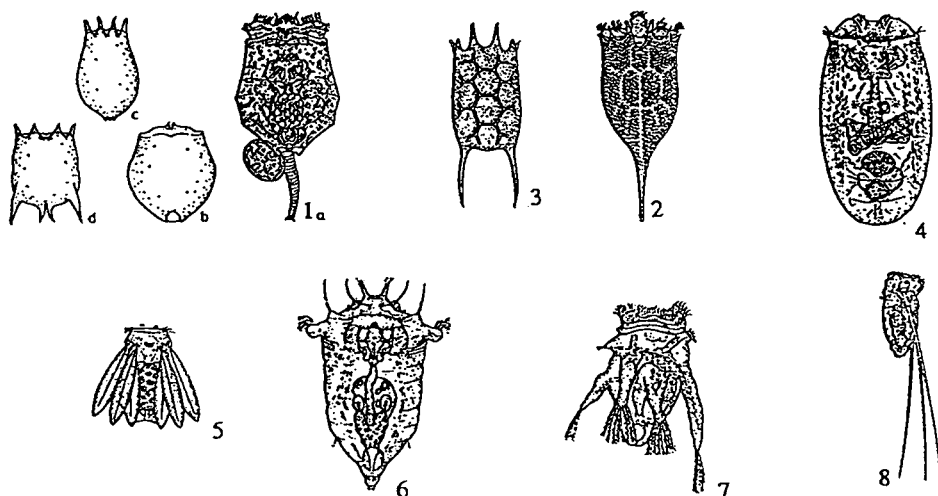
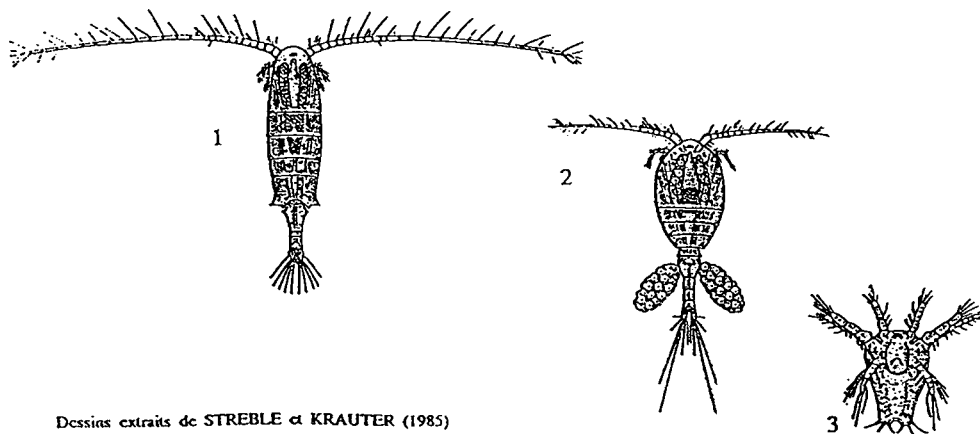


Planche 2. Copépodes Calanides 1 : *Eudiaptomus* sp. (1-3 mm).
Cyclopides 2 : *Macrocyclops* sp. (1-2,5 mm).
3 : larve "nauplius" (0,2 mm).



Dessins extraits de STREBLE et KRAUTER (1985)

Fig 10 : Espèces courantes de zooplancton (Planche 2/2).

Planche 3. Cladocères 1 : *Daphnia magna* (2-5 mm). 2 : *Moina brachiata* (1 mm). 3 : *Bosmina longirostris* (0,25-0,70 mm). 4 : *Alona quadrangularis* (0,5-0,7 mm). 5 : *Chydorus sphaericus* (0,3-0,5 mm).

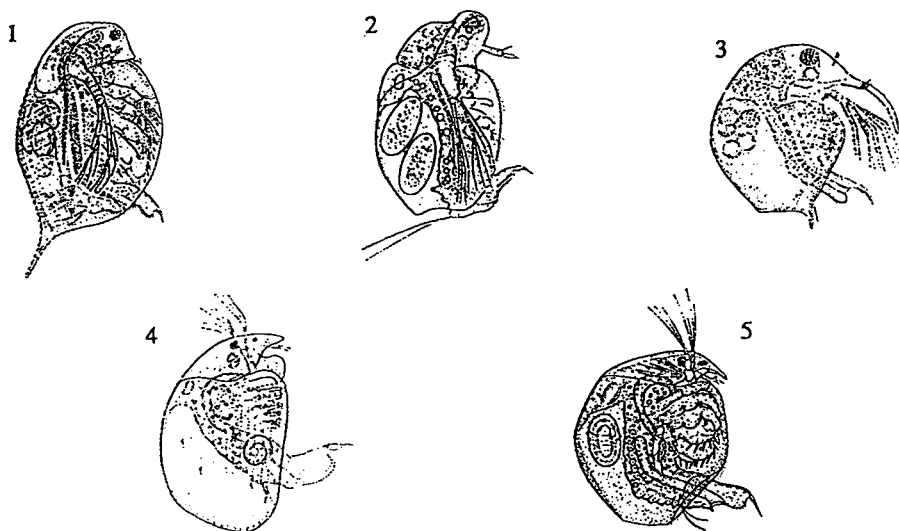


Planche 4. Insectes Diptères 1 : *Chaoborus* (larve planctonique : 1-3 mm)



Dessins extraits de STREBLE et KRAUTER (1985)

Les **Rotifères** sont équipés de 2 couronnes de cils qui leur permettent de capturer de petites proies : Bactéries, Ciliés, Algues, fragments organiques, mais certaines formes sont carnivores.

Les **Copépodes** comprennent deux formes très différentes :

- * Calanides, genre *Diaptomus*, herbivore, caractéristique des étangs pauvres ; identifiable à ses antennes aussi longues que le corps. Taille : 2-3 mm. Les femelles ne portent qu'un seul sac d'oeufs. Se trouve surtout en début de saison, car il est rapidement consommé par les poissons.

- * Cyclopidés, genre *Cyclops*, carnivore à l'état adulte et s'attaquant aux autres éléments du zooplancton ou aux jeunes larves de poissons. Les antennes sont nettement plus courtes que le corps. Taille : 1 à 3 mm. Les femelles portent deux sacs d'oeufs.

Les **Cladocères** sont des organismes filtreurs (détritivores ou herbivores plus ou moins stricts) ; quelques uns sont carnivores. Leur allure générale est toujours très voisine de celle de la Daphnie ("puce d'eau"). Taille : 0,25-3 mm.

2.9.1 EVOLUTION AU COURS DE LA SAISON

On constate souvent une chute des populations en Juillet-Août avant une reprise où prédominent les petites formes (Rotifères essentiellement) (SCHLUMBERGER, 1981a ; VALLOD, 1984). Une telle évolution s'observe dans tous les plans d'eau eutrophisés. Les individus de grande taille (concurrents pour les ressources nutritives) sont en effet progressivement éliminés par la prédation des poissons, adultes initialement, puis juvéniles en fin de printemps.

Si l'on observe en permanence de fortes densités d'organismes zooplanctoniques de grande dimension, il est possible que la mise en charge en poissons ait été trop faible par sous-estimation de la richesse du milieu. D'autre part, zooplancton et phytoplancton influent mutuellement l'un sur l'autre par leurs densité et qualités respectives (voir ci-dessous).

2.9.2 TECHNIQUES DE PRELEVEMENT ET DE FIXATION

Prélèvement avec un seau fixé à une cordelette immergé au niveau de la bonde ; le contenu est ensuite versé dans le filet à zooplancton (maille : 80 microns) pour être concentré. L'échantillon est transféré dans un flacon dans lequel on rajoute du formol ou de l'alcool dénaturé pour sa conservation. Il est nécessaire de noter le volume d'eau brute filtrée (souvent 50 ou 100 litres) pour ultérieurement effectuer des calculs de densité de zooplancton.

2.10. LE PLANCTON COMME AIDE A LA GESTION D'UN ETANG (Exemple d'écologie appliquée)

Les résultats des études sur l'écologie du plancton en étang (GRYGIERECK, 1979) ainsi que nos observations de terrain, montrent que dans le cas d'une production de Carpe :

- lorsque l'empoissonnement est optimal, il y a deux pics de prolifération zooplanctonique avec des densités similaires, l'un en Juin-Juillet, l'autre fin Août.
- dans les étangs avec empoissonnement surdensitaire, les petites formes de zooplancton prédominent, ainsi que les grandes formes de phytoplancton qui ne subissent pas de prédation. Dans ce cas, il y a aussi deux pics de densité zooplanctonique, aux mêmes époques, mais le premier est nettement plus important.
- dans les étangs ayant une charge inférieure à l'optimum, les grands Cladocères restent abondants toute la saison, la prédation par les Poissons restant faible.
- en absence d'assecs réguliers, la biocénose générale de l'étang (plancton et autres organismes aquatiques) se dégrade peu à peu, surtout si la densité de Poissons est toujours élevée.

L'observation des groupes d'organismes présents dans le plancton permet d'orienter les décisions de fertilisation :

- s'il y a prédominance de petites formes de Phytoplancton et de grands Cladocères (filtreurs), une fertilisation minérale sera efficace (action directe sur le Phytoplancton).
- une prolifération de Phytoplancton de grande taille non consommables par les Cladocères filtreurs (par exemple : Desmidiées : *Closterium* ; Dynophycées : *Ceratium hirundinella* ; Chlorophycées : *Volvox* ; grandes Euglénophycées ; Cyanophycées des genres *Anabaena*, *Oscillatoria*, *Aphanizomenon*), tend à réduire la densité de ces Crustacés. Les Copépodes, plutôt carnivores, deviennent alors prédominants dans le zooplancton, globalement peu abondant. Ce type de Phytoplancton, qui ne subit que peu de prédation, peut se développer jusqu'à former un "bloom" quasiment monospécifique. Dans de telles conditions, il faut interrompre les apports de fertilisants minéraux et préférer les engrais organiques qui favoriseront le développement de Cladocères filtreurs.
- lorsque les Rotifères prédominent, un apport d'engrais organiques est préférable, car il apporte des éléments directement consommables (débris organiques et bactéries).
- quand la structure de la biocénose est telle que les Poissons profitent au mieux de la productivité primaire (Phytoplancton) et secondaire (Zooplancton), une fertilisation minérale ne montrera son efficacité qu'au moment de la pêche, par un gain de production. Dans cette situation, la transparence de l'eau est réduite (Secchi : 30-40 cm) et les teneurs en Azote et Phosphore restent faibles, inférieures aux concentrations optimales, car N et PO₄ sont consommés au fur et à mesure des apports. Dans cette situation, on poursuit la fertilisation régulièrement.
- l'apport de fertilisants organiques en début de saison ou à la remise en eau, favorise le développement ultérieur de la biocénose, surtout si le fond de l'étang est pauvre en vase organique.

- la fertilisation minérale peut se faire dès le début du développement des petites espèces d'Algues et des Rotifères, se prolonger tant que du Phytoplancton de petite taille prédomine dans le milieu (source directe de nourriture pour le Zooplancton).

Pour en savoir plus sur le plancton, se reporter à POURRIOT et coll., 1982.

2.11. LE POISSON

Pour une richesse de milieu identique, la productivité piscicole d'un étang sera d'autant meilleure que le stock de poissons introduits (espèces, classes d'âge, proportions relatives) sera mieux adapté aux particularités du site (typologie de l'étang).

La mise en charge doit tenir compte également des objectifs de production, du niveau d'intensification prévu, du marché existant, pour associer entre elles des espèces non concurrentes. En pratique en pisciculture, on évite d'introduire deux espèces carnivores dans le même plan d'eau.

Par exemple :

- Présence d'herbiers et ceinture de Macrophytes : possibilités de reproduction naturelle (Gardon, Tanche, Brochet) ; sinon, prévoir des frayères artificielles (branchages,...). D'une manière générale, les étangs avec des herbiers, donc peu profonds, et/ou ayant des eaux claires, conviennent mieux au Brochet qu'au Sandre.
- Fond de sable : peu favorable pour la croissance de la Carpe ou de la Tanche ; convient bien pour le Goujon et la reproduction du Black-bass, avec du Gardon.
- Fond de vase : apprécié par la Tanche (surtout les zones peu profondes) et la Carpe.
- Grand volume d'eau, profond : introduire des espèces occupant et exploitant l'ensemble de la masse d'eau (Gardon, Sandre).

Remarque : toutes précautions doivent être prises pour éviter l'arrivée ou l'introduction dans l'étang de poissons tels que Poisson-chat et Perche-soleil, en particulier:

- contrôle de l'eau de remplissage qui ne devrait pas provenir d'un étang "contaminé". Sinon, introduire quelques Black-bass adultes, prédateurs du Poisson-chat.
- contrôle du poisson déversé dans l'étang. Ne jamais y remettre un "fond de pêche" non trié.

En annexe 6 est indiquée une méthode de détermination de la mise en charge d'un étang en fonction des objectifs de production, ainsi que des exemples d'empoissonnements originaux.

CHAPITRE III - BIOLOGIE DES POISSONS D'ETANG ELEVES EN PISCICULTURE

Mise en garde :

Dans le cas d'étangs sur cours d'eau de 1ère catégorie, l'introduction de carnivores autres que les salmonidés est interdite (art. 413 de la loi Pêche 1984).

3.1. CARPE MIROIR (Cyprinus carpio - Cyprinidés).

Variété sélectionnée à partir de la souche originelle à écailles. Introduite d'Europe centrale en Belgique vers 1890 pour sa meilleure croissance (BROCHI, 1896).

Milieu de vie

- Eaux calmes, à fond vaseux et végétation abondante. Salinité : jusqu'à 0,9 ‰.
- Non territoriale ; en pisciculture, on observe des groupes de Carpes appartenant à une même classe de taille.
- Température optimale : 20-28°C.
- Teneurs en oxygène dissous
 - + pour la survie : 0,5 mg/l
 - + pour la prise de nourriture : 5 mg/l à 20°C.
- Température minimum pour alimentation active : environ 5°C. Continue à s'alimenter faiblement même si le plan d'eau est gelé en surface.

Alimentation

- Omnivore opportuniste ; benthophage (fouille jusqu'à 15 cm en fond vaseux), zooplanctonophage. Accepte des aliments supplémentaires.

Maturité : mâles : 2 à 3 étés ; femelles : 3 à 4 étés.

Elevés en permanence à 23°C, les mâles deviennent matures dès 6 mois et les femelles à partir de 10-12 mois (MESKE, 1985).

Reproduction

- naturelle : ponte à fleur d'eau dans la végétation. Température de l'eau : 18-20°C. Oeufs adhérents ; environ 100 000 oeufs par kg de femelle. Diamètre des oeufs gonflés : 1,5 mm ; 80 000 à 120 000 oeufs au kg ; 120 000 à 150 000 oeufs au litre (HORVATH et coll., 1984).

- contrôlée : sur frayère Dubisch-Hofer ou étang de pose. 1 à 3 pontes/100 m² - de 3-5 pontes à 10 pontes/ha sur grands étangs. Sex ratio : M/F : 2/1.

Incubation : 108 h à 20°C -80 h à 22°C - 60 h à24°C.

Les alevins mesurent 5-6 mm à l'éclosion.

La résorption de la vésicule vitelline intervient en 3-4 jours à 20°C.

La taille de première alimentation est de 0,08-0,10 mm (80-100 microns).

Croissance : 1 été : 50-100 g - 2 étés : 500-800 g (1 kg) - 3 étés : 1-2,5 kg.

Tableau 1 : Besoins respiratoires de la carpe miroir
(HOFMANN et coll, 1987 ; TAVE,1986)

Carpe en grossissement	Température	Consommation O ₂ en g / h et en l / h
100 g	à 10°C	0,170g = 0,120 l
	à 20 °C	0,480 g = 0,340 l
	à 25 °C	0,700 g = 0,490 l
	à 23 °C	0,750 - 0,400 g = 0,520 - 0,280 l
Transport	à 10 °C	0,110 g = 0,080 l
	à 18 °C	0,350 g = 0,250 l

3.2. CARASSIN DORE (Carassius auratus - Cyprinidés)

Coloration très variable (gris-vert, blanc, noir, rouge vif). Des mutants à morphologie particulière ont engendré de nombreuses variétés ("poisson voile", "poisson télescope").

Milieu de vie

Vit éventuellement en groupes.

La souche originelle est rustique. Très actif à 18-20°C. Supporte le gel.

Alimentation

Equivalent à la Carpe miroir

Maturité : atteinte à plus de 3 étés.

Reproduction

Ponte dans la végétation (ou sur support artificiel). Température de l'eau : 18-20°C.
Ponte par ovulations partielles. Jusqu'à 200 000-300 000 oeufs par femelle.

Croissance : rapide si la nourriture est abondante. Les poissons de l'été ont 5 cm en moyenne.

(Source : PERES, 1983 b)

3.3. TANCHE (*Tinca tinca* - Cyprinidés)

Milieu de vie

- Non territoriale.
- Supporte des températures plus extrêmes que la Carpe miroir.
- Les besoins respiratoires en oxygène dissous sont près de moitié moindres que ceux de la Carpe miroir.

Alimentation

- Benthophage opportuniste : fouille plus profondément que la Carpe miroir ; consomme des proies plus petites. Non concurrente avec aucune espèce commerciale de poisson d'étang.

Maturité : mâles : 3-4 étés- femelles : 3-4 étés (plus de 300 g ; HORVATH et coll., 1984).

Apparition progressive d'un dimorphisme sexuel : les nageoires pelviennes du mâle, structurées différemment de celles des femelles, s'étendent jusqu'au-delà de l'anus.

Reproduction

- naturelle : ponte relativement plus en profondeur que la Carpe, sur la végétation et souvent échelonnée. Température : 20-24°C. Oeufs adhérents. Diamètre de l'oeuf gonflé : 0,5-1 mm ; 300 000 oeufs pour une femelle de 500 g ; 400 000 à 500 000 oeufs gonflés au litre (HORVATH et coll., 1984 ; LUKOWICZ et coll., 1986).
- contrôlée : sur frayère Dubisch-Hofer ou étang de pose. 5-7 femelles + 10-15 mâles/0,25 ha; ou 10-20 femelles + 15-30 mâles/ha en grand étang (HUET, 1970 ; POJOGA, 1977). Sex ratio M/F : 2/1.

Incubation : 3j à 20-25°C. (POJOGA, 1977 ; WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et coll., 1984 ; LUKOWICZ et coll., 1986).

Les alevins mesurent 4 mm à l'éclosion, et sont sensibles à la lumière (PERES, 1983 b ; HORVATH et coll., 1984).

Taille de la première alimentation : 0,05-0,08 mm.

Croissance : lente. 1 été : 3-10 cm (1-10 g) - 2 étés : 12-20 cm (30-50 g) - 3 étés : 30 cm (environ 300 g). La croissance du mâle est inférieure à celle de la femelle. La variété dite "tanche de Quolsdorf" du nom de la pisciculture allemande où elle avait été obtenue par sélection massale, avait une croissance nettement supérieure, mais le stock a été perdu en 1940-1945 (LUKOWICZ et coll., 1986).

Bonne production dans les zones de végétation submergée peu profondes à fond vaseux : 30-50 kg/ha - Mise en charge : 1000-3000 pièces de 3-8 cm ou 500-1500 pièces de 8-16 cm/ha de zone favorable (HORVATH et coll., 1984). En élevage polyspécifique, les tanches de 2 - 3 étés représentent 20 à 30 % du stock de carpes, voire plus si la végétation aquatique est abondante (LUKOWICZ et coll., 1986).

3.4. GARDON (Rutilus / Leuciscus rutilus - Cyprinidés)

Milieu de vie

- Eaux calmes, bordées de végétation.
- Vit en bancs : les jeunes près des zones de végétation, les adultes plus au large.

Alimentation

Omnivore : plancton, organismes de la couverture biologique (périphyton), éléments végétaux.

Il accepte une alimentation artificielle même au stade alevin.

Maturité : mâles et femelles à 3-4 étés. "Boutons de noces" sur le mâle pendant la période de reproduction.

Reproduction

- naturelle : ponte dans la végétation. Température de l'eau : 15°C. 100 000 oeufs pour une femelle de 400 g. Oeufs adhérents.
- contrôlée : sur étang frayère : 30 adultes de plus de 200 g/ha. Environ 50 kg de reproducteurs par hectare dans des bassins fertilisés pour un bon développement des alevins, repris à l'automne. Ponte par série d'ovulations partielles, dans la végétation ou sur support artificiel.

Incubation : environ 10 j à 16°C (PERES, 1983 a).

Les alevins réalisent leur résorption en 48 heures.

Croissance : 1 été : 6-10 cm (2-8 g) - 2 étés : environ 15 cm (environ 50 g) - 3 étés : plus de 20 cm (plus de 100 g).

3.5. BROCHET (*Esox lucius* - Esocidés)

Milieu de vie

- Eaux calmes, bordées de végétation, de préférence peu turbides. Peut vivre dans des eaux légèrement acides (pH entre 6 et 7). Salinité : jusqu'à 0,9 ‰.
- Territorial ; vit isolé : jeunes dans la végétation ou à proximité ; individus de grande taille, près d'abris, plus au large. Compétition territoriale : environ un adulte pour 10 mètres de rive. Sédentaire.

Alimentation

Carnivore ichtyophage (taille des proies : 1/3 à 1/2 longueur du Brochet). Chasse à l'affût.

Maturité : mâles : 1 été ; femelles : 2 étés (mais quelque fois, ponte dès la deuxième année).

Reproduction

- naturelle : ponte sur herbiers à faible profondeur. Température : 8-10°C. Oeufs adhérents.

- contrôlée : sur étang de ponte. 1 pose pour 300-400 m². Sex ratio M/F : 2/1 - (Mâle : environ 500 g - Femelle : 1,5 kg). Introduction de poisson fourrage nécessaire (BRY et coll., 1983).

Diamètre des oeufs : 2,5-3 mm - 15 000 à 25 000 oeufs par kg de femelle (HUET, 1970 ; LUKOWICZ, 1983 ; NEVEU et BRY, 1983 ; PECHA, 1983) - 45 000 à 60 000 oeufs au litre.

Incubation : 12 j à 10°C.

Les alevins mesurent 6-8 mm à l'éclosion,

La résorption intervient en 120°C x j.

La taille de la première alimentation : zooplancton de 0,5-1 mm puis larves d'insectes.

Après quelques semaines, changement radical de régime alimentaire, qui devient exclusivement ichtyophage.

Croissance : 1 été : 20-25 cm. La croissance de la femelle est supérieure à celle du mâle. Des individus dépassant 1 mètre ne sont pas rares. La vie en eau saumâtre améliore la croissance.

3.6. SANDRE (Stizostedion / Lucioperca lucioperca - Percidés)

Originaire du bassin du Danube. Il a étendu son aire de répartition en France à partir de l'Alsace où il a été introduit en 1851.

Milieu de vie

- Eaux assez calmes, volontiers troubles, bien oxygénées. Supporte les températures élevées. Salinité : jusqu'à 0,9%. Sensible à l'asphyxie et aux stress.
- Non territorial (sauf au moment de la reproduction, où le mâle défend son nid) il vit plus à l'écart des zones de végétation que le Brochet et plus en profondeur. On l'introduit de préférence dans des étangs profonds, où l'ensemble du volume d'eau sera exploité.

Alimentation

- Carnivore ichthyophage ; poursuit ses proies, proportionnellement plus petites que celles du Brochet. Apparemment, s'attaque préférentiellement aux poissons blancs et aux Tanches, plutôt qu'aux Carpillons. Certains auteurs signalent l'existence d'une phase de jeûne pendant la période de reproduction, ce que nous n'avons pas constaté au cours de nos expérimentations, mais il y a des préférences très marquées concernant le poisson fourrage : les Tanches sont consommées de préférence au Gardon ou à la Perche soleil, du moins en Camargue.

Maturité : mâles : 2-3 étés ; femelles : 3-4 étés, mais nous avons observé des cas reproductions dès la seconde année.

Reproduction

- naturelle : ponte sur graviers, racines, en profondeur : au moins 1 m en pisciculture et jusqu'à 12-14 m dans le lac de Cazaux, Landes (ROQUEPLO, 1986). Le "nid" est nettoyé et protégé par le mâle. Température de l'eau : 10-12°C en Hongrie (HORVATH et coll., 1984) et dans certains grands lacs en France, 15°C en Camargue. Oeufs adhérents. Diamètre des oeufs : 1-1,5 mm. 150 000 à 200 000 oeufs par kg de femelle (dépend fortement de la quantité de nourriture disponible). 1 à 1,3 millions d'oeufs au kg (HORVATH et coll., 1984).
- contrôlée : nids artificiels submergés (40 x 40 cm ; 80 x 80 cm) dans bassins à fond nu. Nids espacés de 3-4 m. Autant de "nids" que de couples. Sex ratio M/F : 1/1 (WOYNAROVICH, 1968 ; ARRIGNON, 1970 ; HUET, 1970 ; ANTALFI, 1979 ; HORVATH et coll., 1984 ;)

Incubation : 110-120°C x j.

Les alevins mesurent 5-6 mm à l'éclosion. Vésicule vitelline contenant un globule lipidique. Ils sont sensibles à la lumière.

La résorption intervient au bout de 100-110°C x j.

Taille de première alimentation : zooplancton de 0,05-0,15 mm puis organismes vivant au ras du fond (larves d'Insectes, Chironomes). Le régime ichthyophage peut débuter vers 4-6 semaines si les ressources alimentaires sont limitées (cas en bassins d'alevinage).

Croissance : 1 été : 150-180 g (20 cm) - 2 étés : 350 g (30 cm) - 3 étés : 1-1,2 kg (en Camargue).

Les individus dépassant le mètre de longueur semblent exceptionnels.

Voir synthèse bibliographique sur la biologie générale réalisée par CRAIG (1987) et sur l'élevage par BAZIR (1992).

3.7. PERCHE (*Perca fluviatilis* - Percidés)

Milieu de vie

- Rivières à cours rapide ; plans d'eau bien oxygénés, lacs.
- Vit en bancs rassemblant des individus de tailles différentes. Les gros individus sont plus solitaires.

Alimentation

- Carnivore : petits Poissons, Crustacés, larves d'Insectes.

Maturité : mâles : 2-3 étés ; femelles : 3-4 étés.

Reproduction (un hiver marqué est nécessaire pour une bonne reproduction au printemps)

- naturelle : ponte en surface, sur végétation ou cailloux. Aspect d'un long ruban en dentelle. Température de l'eau : environ 12°C. Diamètre des oeufs : 2-2,5 mm, contenant un globule lipidique. Plus de 10 000 oeufs par femelle.
- contrôlée : 2 couples/ha en étang de grossissement pour Carpes (HUET, 1970).

Incubation : 130-140°C x j à 12°C (BALVAY, 1980) - 105°C x j à 25°C.

Les alevins mesurent 5 mm à l'éclosion, ils sont transparents.

Croissance : Elle dépend beaucoup de la quantité de nourriture disponible (populations naines). 1 été 5-8 cm ; 2 étés 10-12 cm

Voir synthèse bibliographique sur la biologie générale réalisée par CRAIG (1987).

3.8. BLACK-BASS à grande bouche (*Micropterus salmoides*) **- Centrarchidés)**

Originaire des Etats-Unis. Introduit en France en 1885 au Trocadéro. Remarquable pour la pêche à la ligne...et la gastronomie.

Milieu de vie

- Vit en eaux calmes et chaudes ; les jeunes individus restent à proximité des zones de végétation.
- Supporte des températures élevées (30°C).

Alimentation

Carnivore opportuniste : petits Poissons, Insectes, têtards. Prédateur du Poisson-chat.

Maturité : mâles et femelles à 3-4 étés.

Reproduction

- naturelle : ponte sur un "nid" situé à faible profondeur sur un fond dur (graviers) que le mâle a préparé (dimensions : 0,5-0,8 m de diamètre). Température de l'eau : 18-20°C. Oeufs adhérents. 2000 à 10 000 oeufs par femelle suivant sa taille. Diamètre des oeufs : 1,5-2 mm. Le mâle garde le "nid" et les alevins jusqu'à 3-4 semaines.
- contrôlée : dans des petits étangs à bordures sablonneuses, ou pontes en boîtes de 1 m² avec fond de gravier, installés en bordure d'un bassin ne présentant pas d'autres sites favorables (ARRIGNON, 1970 ; HUET, 1970) (voir 4.6.8). Une densité élevée en zooplancton au moment de l'éclosion et la présence de petits poissons fourrage sont des facteurs de réussite.

Incubation : 10 j à 18°C.

Les alevins mesurent 5-6 mm à l'éclosion.

Résorption en 8 à 9 j à 18°C (POJOGA, 1977).

Croissance en milieu naturel : 1 été : 4-6 cm ; 2 étés : 12-15 cm .

Pour les étangs de pêche au Black-bass aux USA, BENNETT (1971), conseille l'empoissonnement suivant :

50 gros adultes de plus de 25 cm et 250 juvéniles par hectare.

Il apparaît en effet que pour cette espèce une population monospécifique donne de meilleurs résultats sur 3 à 4 ans, qu'une combinaison poissons fourrage + Black bass.

3.9. GOUJON (*Gobio gobio* - Cyprinides)

Milieu de vie et alimentation :

Petit poisson benthophage préférant les fonds sablonneux. A la réputation de consommer à l'occasion les pontes d'autres poissons. Accepte les aliments artificiels.

Maturité : à 2 étés ou plus pour mâles et femelles.

Reproduction

- naturelle : température de ponte : à partir de 15°C en Belgique (KESTEMONT et MELART, 1990), 16-17°C en région toulousaine (BRUNET et HOESTLAND, 1972). Les femelles pondent en plusieurs fois 1000 à 15000 oeufs au total (diam.: 1,5 mm). Beaucoup de géniteurs meurent après la ponte.

- contrôlée : se fait en bassins de ponte de 1000 à 2000 m² avec gravier sur les berges. Densité de reproducteurs : 0,5-2/m². On peut récupérer une vingtaine de juvéniles de 1 été par mètre carré (BRUNET et HOESTLAND, 1972 ; KESTEMONT et MELART, 1990).

La reproduction artificielle est également possible (KESTEMONT, 1989)

Incubation : 100 à 125 degrés x jours à 20°C (BRUNET et HOESTLAND, 1972 ; KESTEMONT et MELART, 1990).

En élevage monospécifique, en deuxième saison, on place 4-10 individus/m² dans des bassins de 2000-3000 m². Avec apport de nourriture, on peut reprendre plus de 300 kg/ha de Goujon en fin d'année (KESTEMONT et MELART, 1990).

Les alevins sont nourris au début avec des naupliuss d'*Artemia*, avant de passer à l'aliment artificiel à partir de la 3^{ème} semaine (KESTEMONT, 1985).

Croissance (milieu naturel) : 1 été : 3-6 cm ; 2 étés : 10-12 cm.

3.10. SILURE GLANE (*Silurus glanis* - Siluridés)

Originaire d'Europe centrale (bassin du Danube). Présent dans les grands lacs alpins (Morat, Bienne, Neuchâtel) ; introduit en pisciculture en 1871 en Alsace. Individus échappés d'élevage en Camargue.

Milieu de vie

Poisson de fond, surtout actif la nuit, il supporte une large gamme de températures. Ses besoins en oxygène dissous (MO₂ = 15 µmol.min/kg) sont inférieurs à ceux de la Carpe (MO₂ = 25 µmol.min/kg) (FORGUE et MASSUABAU, 1989) et il est également moins exigeant pour la croissance .

Tableau 2 : Besoins respiratoires du Silure (d'après PIONNIER et KIRSCH, 1986)

Silure en grossissement à 25 °C (optimum)	Consommation d'Oxygène en g / heure
10 g	0.006
50 g	0.019
100 g	0.031
200 g	0.051
500 g	0.098
1 kg	0.159
2 kg	0.259

Alimentation

Carnivore vorace : poissons, crustacés, jeunes rats-musqués.

Maturité : pour des poissons provenant de pisciculture d'étang, avec un cycle de température naturel on a les âges suivants : mâles : 3-4 étés ; femelles : 4-5 étés pour une taille des géniteurs de plus de 60 cm.

Reproduction

- naturelle : ponte en profondeur sur graviers, racines.... Le mâle nettoie et garde le "nid". Température de l'eau : 22-24°C. Oeufs brun clair, gélatineux, adhérents. Diamètre : 3-4 mm. 20 000 à 30 000 oeufs par kg de femelle. 20 000 à 50 000 oeufs au litre (HORVATH et coll., 1984)

- contrôlée (méthode hongroise) :

des "nids" en forme de tente (hauteur : 1,2-1,5 m) sont recouverts de racines de saule. 1 "nid"/100 m² - Un couple par "nid". Sex ratio 1/1 (POJOGA, 1977 ; WOYNAROVICH et HORVATH, 1980 ; HORVATH et coll., 1984).

Incubation : 50-60°C x j. Les oeufs doublent de volume 8-10 heures avant d'éclore (HORVATH et coll., 1984).

Les alevins mesurent 5-6 mm à l'éclosion. En conditions naturelles, les larves restent dans le coin le plus sombre du "nid".

Résorption : 70-100°C x j. Taille du premier aliment : 0,2 mm, puis très rapidement (après 2 jours) ; 0,4 à 0,54 mm.

Croissance : 1 mois : 30-50 mm - 1 été : 20-30 cm (80-140 g) -

2 étés : 40-65 cm (500-1200 g) - 3 étés : 70-80 cm (2-3 kg).

Dans les cours d'eau d'Europe centrale (Hongrie, Tchécoslovaquie, Roumanie), la croissance est de l'ordre de 10 cm par an (SEDLAR, 1987), il en est de même dans les lacs suisses (ZAUG, Centre Suisse de Cartographie de la Faune, Comm.pers.). Peut atteindre une très grande taille en lac (3-4 m).

C'est vraisemblablement le plus gros poisson d'eau douce connu actuellement. Il peut atteindre 5 mètres pour 305 kg (BERG, 1964, in VALLOD, 1987). Comme ce-la a été montré pour d'autres espèces (LEGENDRE et ALBARET, 1991), les grandes tailles atteintes par ce poisson reflètent un important potentiel de croissance (PROTEAU et THOLLOT, 1988).

3.11. CARPES DE CHINE (Cyprinidés)

Introduites d'Asie vers 1960. Originaires des grands fleuves d'Extrême Orient. Sauf conditions exceptionnelles, ne se reproduisent pas naturellement en France.

Introduction en France limitée aux eaux classées comme "enclos piscicole".

Chair ferme, excellente ; peu d'arrêtes, mais grosses et faciles à éliminer.. Ces poissons sont méconnus du point de vue culinaire dans les pays de l'Europe de l'Ouest.

Milieu de vie

Occupent des niveaux laissés libres dans le réseau trophique en pisciculture d'étang traditionnelle (Carpe miroir + Tanche + Gardon + un carnivore).

La reproduction spontanée de ces poissons en France est exceptionnelle. Les oeufs sont pélagiques (non adhérents, flottants).

3.11.1. CARPE AMOUR (Ctenopharyngodon idella)

Alimentation

- Herbivore macrophage. Préfère les végétaux tendres : Cératophylle, Myriophylle, Elodée, Chara. Consomme également les aliments supplémentaires (céréales...) destinés à la Carpe miroir.

- Supporte les basses températures (étang gelé). Bonne croissance quand la température de l'eau est supérieure à 20°C. Consomme 15 à 20% de son poids en végétaux par jour (HORVATH et coll., 1984). En étang, ses besoins en oxygène dissous sont voisins de ceux de la Carpe miroir, mais est plus sensible à l'asphyxie à sec. Poisson très vigoureux : saute hors de l'eau pour éviter un filet.

Maturité : mâles et femelles : 4 à 7 ans (50-70 cm ; 6-8 kg). Oeufs pélagiques. Température de reproduction : plus de 25°C. 60 000-80 000 oeufs par kg de femelle. Diamètre des oeufs : 4-5 mm. 16 000-18 000 oeufs au kg (HORVATH et coll., 1984).

Incubation : 24-30°C x j.

Alevins : 5 mm à l'éclosion.

Résorption : 60-70°C x j.

Croissance : 1 été : 10 g - 2 étés : 1 kg (Camargue) - 3 étés : 3 kg

3.11.2. CARPE ARGENTEE (Hypophthalmichthys molitrix)

Milieu de vie

Supporte moins les basses températures. Bonne croissance quand la température dépasse 20°C. Sensible à l'asphyxie.

Alimentation

Phytoplanctonophage à 90-95 %.

Maturité : mâles et femelles : 3-5 ans (60-80 cm ; 2-6 kg). Oeufs pélagiques.
Température pour reproduction : environ 25°C. 60 000-80 000 oeufs par kg de femelle.
Diamètre des oeufs : 4-5 mm. 18 000-22 000 oeufs au kg (HORVATH et coll., 1984).

Incubation : 24-30°C x j. Résorption : 60-70°C x j.
Alevins : 5 mm à l'éclosion.

Croissance : 1 été : 10 g - 2 étés : 1 kg (Camargue) - 3 étés : 3 kg.

3.11.3. CARPE MARBREE (Aristichtys/Hypophthalmichthys nobilis)

Alimentation

- Zooplanctonophage. Concurrente de la Carpe miroir pour le gros zooplancton ; consomme également les aliments supplémentaires (céréales...) destinés à la Carpe miroir, ainsi que ses déjections. De ce fait, est peu fréquente dans les étangs de pisciculture.
- Plus exigeante vis-à-vis de l'oxygénation de l'eau. Supporte moins bien les basses températures. Bonne croissance au-dessus de 20°C.

Maturité : mâles et femelles : 6-8 ans (70-80 cm ; 5-10 kg). Oeufs pélagiques.
Température pour reproduction : environ 25°C. 50 000-60 000 oeufs par kg de femelle.
Diamètre des oeufs : 4-5 mm. 12 000-16 000 oeufs gonflés au kg (HORVATH et coll., 1984).

Incubation : 26-30°C x j. Résorption : 60-70°C x j (22-24°C).
Alevins : 5 mm à l'éclosion.

Croissance : 1 été : 10 g - 2 étés : 1 kg (Camargue).

CHAPITRE IV - REPRODUCTION ET ALEVINAGE DES POISSONS D'ETANG

4.1. FACTEURS INFLUANT SUR LA REPRODUCTION

Dans les conditions naturelles, de nombreux facteurs (physiques, chimiques, biologiques, sociaux, environnementaux) interviennent pour induire la reproduction.

Chaque espèce pond à une température déterminée : Brochet : 8-10°C : Gardon : 15°C ; Carpe : 18-20°C : Tanche : 22-24°C.

Contrairement aux Salmonidés, la photopériode ne joue qu'un rôle secondaire chez les poissons d'étang ; par contre, certaines espèces (Percidés, Gardon, Silure) doivent subir une période de basses températures (8-10°C) entre deux pontes. D'autre part, on sait maintenant que les géniteurs ne sont prêts à pondre que lorsqu'ils ont accumulé une certaine "quantité de chaleur" (comptée en degrés x jours) depuis leur dernière reproduction.

Dans la pratique, on ne tient compte que de la période précédant la ponte : pendant cette phase de prématuration (réchauffement de l'eau), la Carpe miroir (par ex.) doit recevoir 600 à 700°C x jour à une température supérieure à 15°C pour répondre positivement à l'injection hormonale. Ainsi, en fin d'hiver, un transfert des géniteurs dans une eau à 22-24°C pendant un mois permet d'obtenir des pontes précoces. (HORVATH, 1978 b)

Interviennent également : la présence d'individus du sexe opposé, d'un substrat favorable pour la ponte : végétation submergée plus ou moins profonde, supports divers....

Certains de ces facteurs sont captés par les organes des sens, d'autres sont intégrés par le système nerveux mais tous agissent centralisés au niveau de l'hypothalamus, situé sur la face inférieure du cerveau, qui régule l'activité gonadotrope de l'hypophyse. Lorsque celle-ci est stimulée par l'intermédiaire d'un "releasing factor, la Gn-RH (analogue au LH-RH de synthèse), elle libère dans l'organisme des hormones gonadotropes qui déclenchent les mécanismes de l'ovulation.

(Pour plus de détails sur la physiologie de la reproduction, voir HARVEY et HOAR, 1980 ; BARNABE, 1992)

4.2. REPRODUCTION NATURELLE CONTROLEE

On se limite ici à mettre à disposition du poisson des sites et des conditions de ponte à sa convenance.

4.2.1. CAS D'USAGE

Cette méthode est mise en oeuvre essentiellement dans trois cas :

- les plans d'eau non vidangeables (lacs,...) où il s'avère nécessaire de maintenir des populations équilibrées en espèces et classes d'âge. Une intervention de ce type a été réalisée dans le lac Léman (GILLET, 1989a et b) et sur les grands lacs de barrage (DAUBA, 1981, LEJOLIVET, 1988).
- les étangs de pisciculture sans sites de reproduction favorables pour une espèce que l'on souhaite produire (par exemple : des herbiers pour le Brochet ou le Gardon, des zones de gravier pour le Goujon ou le Black-bass).
- pour les espèces dont la reproduction artificielle est délicate (Gardon, Tanche, Goujon qui ont des pontes fractionnées) ou lorsque l'on décide de ne pas s'impliquer dans des opérations de ponte, incubation, élevage larvaire (par exemple : reproduction du Brochet en bassin-frayère, ou du Sandre sur nids artificiels en bassin).

4.2.2. LES EQUIPEMENTS

- **frayères flottantes** : la structure de base consiste en un cadre grillagé (2m x 1m ou plus) garni de bruyère, morceaux de filets, cordages détournés sur lesquels les poissons peuvent déposer leurs oeufs (Cyprinidés, Brochet, Sandre). La flottabilité de l'ensemble (sous 0,50-1 m d'eau) est assurée par des bouées ; un cordage relié à un ancrage maintient la frayère à poste (HOFMANN et coll., 1987 ; GILLET, 1989a et b).
- **frayères aménagées** : des secteurs de rive sont aménagés de manière à créer des zones de ponte (branchages submergés, gravier).
- **bassins-frayères** : les modèles les plus anciens (vers 1860) sont du type Dubisch ou Hofer, mis au point initialement pour la reproduction de la Carpe. Une partie centrale engazonnée (100 à 500 m²) est ceinturée par un fossé de vidange. Un tel équipement peut être utilisé également pour le Brochet.

4.2.3. LIMITES ET INCONVENIENTS

Si ces méthodes sont simples voire rustiques, elles ne permettent pas de maîtriser la température, qui est un facteur essentiel. Suivant le moment où elle se produit, une période de froid bloquera la reproduction, ralentira ou stoppera le développement embryonnaire, entraînera des mortalités directement sur les larves en cours de résorption ou indirectement sur les alevin en empêchant un bon développement du plancton. En conséquence, la production est très irrégulière d'une saison à l'autre.

4.3. REPRODUCTION ARTIFICIELLE DES POISSONS D'ETANG

4.3.1. INTERET DE LA METHODE ET CONTRAINTES

La reproduction artificielle permet de maîtriser totalement le cycle biologique de l'espèce de poisson considérée, et de protéger les premiers stades larvaires lors de leur développement. Les taux de fécondation et d'éclosion des oeufs, et surtout de survie des larves sont en effet très supérieurs à ce qu'ils sont en milieu naturel.

Jusque vers le milieu des années 70, même dans les piscicultures d'étang les plus importantes (Europe centrale), la production de Carpe a été basée sur les résultats de pontes obtenues en bassins-frayères. Comme dans ces conditions ni les facteurs biologiques, ni les facteurs climatiques ne sont maîtrisables, les quantités d'alevins récupérés pouvaient varier dans un rapport de 1 à 10 d'une année à l'autre.

Actuellement, en travaillant dans de bonnes conditions avec les méthodes de reproduction artificielle et d'élevage larvaire, il est possible de produire près de 30 tonnes de Carpes marchandes (pesant plus d'1 kg) à partir de la ponte d'une seule femelle de 3-4 kg.

Les avantages de la reproduction artificielle sont donc doubles :

- régularisation de la production d'une saison à l'autre,
- possibilité d'intensifier les méthodes d'élevage puisque l'on dispose d'un plus grand nombre de sujets.

En outre, il devient possible, en jouant sur la température, d'avancer ou de retarder des reproductions suivant les besoins.

Contraintes :

Il faut disposer d'une écloserie-nurserie éventuellement rustique mais surtout pratique et fiable avec, à proximité, des bassins d'alevinage s'il n'y a pas d'élevage intensif des juvéniles en bacs. Pour l'éleveur, si la pratique et les tours de mains peuvent s'acquérir rapidement, restent les astreintes communes à toute production de juvéniles.

4.3.2. HISTORIQUE

- Vers 1840 : invention du mot "pisciculture" par RIVIERE.

- 1854 : fondation à Huningue (sud de l'Alsace) du premier établissement de pisciculture consacré aux Salmonidés, surtout, à la suite des démonstrations de REMY et GEHIN dans les Vosges (1840-42). Ces derniers avaient découvert (ou redécouvert) la technique de fécondation artificielle de la Truite réalisée précédemment, vers 1740, par JACOBY en Allemagne,

- 1857 : en Russie, KNOCH (physiologiste) et WRASSKI (pisciculteur) mettent au point la méthode de fécondation des oeufs par "voie sèche" ; la laitance est versée sur les ovules maintenus à sec. Cette méthode est la seule employée actuellement.

- 1889 : création par LACAZE-DUTHIERS, RAVERET-WATTEL et BROCCHI de la "Société Centrale d'Aquiculture" à Paris.

- 1960-62 : mise au point de la fécondation artificielle et de l'incubation d'oeufs de Cyprinidés à grande échelle.

Un siècle a été nécessaire pour que l'on réussisse avec d'autres espèces de poissons (d'eau douce mais aussi marins) ce que l'on pratiquait désormais couramment avec les Salmonidés. La famille des Truites et des Saumons bénéficie en effet d'une double particularité, unique chez les poissons :

- les femelles pondent spontanément, même lorsqu'on les maintient en captivité ;
- les oeufs obtenus sont libres (donc faciles à incuber) et de grande taille (4-5 mm) ; les alevins qui en sont issus, en plus de leurs dimensions (15 mm environ), ont l'avantage d'accepter, dès le début de la prise de nourriture, un aliment artificiel : pulpe de rate à l'origine, actuellement, des farines spéciales pour alevins.

A l'opposé, les poissons d'étang pondent difficilement en élevage lorsqu'on ne recrée pas le milieu naturel, et tous émettent des oeufs qui adhèrent à des supports ou entre eux dès qu'ils sont en contact avec l'eau. En outre, les alevins sont de petite taille (5-6 mm) et tous n'acceptent pas une nourriture artificielle dès les premiers jours.

Les problèmes à résoudre pour les pisciculteurs étaient donc multiples :

- découverte des hormones et de leur rôle dans la reproduction ;
- trouver un moyen de débarrasser les oeufs de leur pellicule adhésive externe, sans léser l'embryon, pour pouvoir les incuber en masse ;
- mettre au point une méthode d'élevage pour les larves au stade de la vésicule résorbée afin qu'elles trouvent dans le milieu le plancton nécessaire, à la fois en qualité et en quantité.

Les deux premières étapes ont été franchies grâce aux travaux de ATZ et PICKFORD aux U.S.A., CHAUDHURY en Inde, WOYNAROVICH en Hongrie. Dix ans plus tard (1972), TAMAS et HORVATH (Hongrie) standardisaient la méthode de préparation des bassins d'alevinage pour y obtenir le maximum de plancton.

Simultanément, se développait la technique des écloséries en circuit fermé thermorégulé, seul moyen pour travailler dans de bonnes conditions de température et de qualité d'eau.

4.3.3. PRINCIPE DE LA REPRODUCTION ARTIFICIELLE

L'un des intérêts de la reproduction artificielle est aussi de pouvoir provoquer la ponte d'un lot de poissons à un moment déterminé, éventuellement, fortement décalé par rapport aux périodes naturelles..

Après une phase de prématuration au cours de laquelle les poissons sont placés dans des conditions optimales de qualité d'eau, de température, de nourriture..., Les femelles à pleine maturité reçoivent, par injection, une dose d'hormones gonadotropes qui induit la ponte après un bref délai. En milieu d'élevage, en effet, la gamétogénèse se trouve bloquée dans les dernières phases, étant donné que la sécrétion hypophysaire naturelle est perturbée. La dose d'hormones injectée rétablit artificiellement cette insuffisance.

Différents types d'hormones peuvent être utilisés :

- les hormones spécifiques, extraites d'hypophyses de l'espèce considérée ;
- des hormones mammaliennes (HCG) qui ont la particularité d'être analogues aux hormones de la reproduction de certaines espèces de poissons (espèces marines, en particulier Loup-Bar, Daurade) ;
- des hormones non spécifiques, présentes dans l'hypophyse de la Carpe miroir, ce qui est le cas le plus fréquent. Les hypophyses sont récupérées dans les crânes de poissons utilisés dans l'industrie de la transformation. Préparées et séchées, elles sont proposées sur le marché à plus de 1 000 F le gramme. Leur teneur en substances actives n'est pas constante d'un lot à l'autre, quelques essais sont souvent nécessaires.
- pour quelques espèces, l'emploi de LH-RH est possible. Cette hormone de synthèse non spécifique agit sur l'hypophyse qui induit la sécrétion d'hormone de ponte.

4.3.4. PREPARATION ET INJECTION DU BROYAT HYPOPHYSAIRE

(HARVEY et HOAR, 1980 ; MARCEL, 1980 ; WOYNAROVICH et HORVATH, 1981)

Les hypophyses déshydratées qui contiennent une certaine quantité d'hormones gonadotropes sont réduites en poudre dans un broyeur "Poter" (voir magasins de matériel de laboratoire) avec un peu de sérum physiologique.

Actuellement, l'emploi d'hypophyse lyophilisée facilite beaucoup la préparation.

La quantité d'hypophyse nécessaire pour traiter un poids déterminé de géniteurs est diluée dans du sérum physiologique (solution à 0,8-0,9 % de NaCl). Par commodité, on s'arrange pour que la dose de broyat pour 1 kg de poisson corresponde à un volume de 1 ml (éventuellement 0,5 ml).

L'injection se fait avec une seringue munie d'une aiguille assez grosse. L'injection est le plus souvent intrapéritonéale, la piqûre se faisant sous une nageoire pectorale ou pelvienne, en enfonçant l'aiguille en oblique vers l'avant entre les écailles.

Dans le cas d'injections intramusculaires dorsales, une partie de la solution se trouve souvent expulsée dès le retrait de l'aiguille, par contraction de la musculature. On ignore alors la quantité de produit restant réellement dans le corps du poisson.

Chez les femelles, la dose nécessaire est généralement injectée en deux fois à quelques heures d'intervalle. La première piqûre a pour effet de "sensibiliser" les organes reproducteurs du poisson et de faire évoluer les ovules vers les derniers stades de maturation. La seconde injection (plus importante) déclenche en quelques heures l'ovulation ; les ovules matures sont alors libérés et peuvent être recueillis par pression abdominale ("stripping").

Il est important de noter que les traitements hypophysaires ne sont efficaces que sur des femelles dont les ovules ont leur vésicule germinative nettement migrée vers la périphérie (Voir Fig. 11). Chez les mâles, l'injection de broyat hypophysaire a pour effet d'augmenter le volume de laitance émis.

4.3.5. DONNEES GENERALES SUR LA REPRODUCTION ET L'ALEVINAGE

4.3.5.1. Sexage (otoscopie)

La constitution d'un lot de géniteurs en tout début de phase de maturation ovocytaire (fin d'hiver-début de printemps) est délicate. A cette époque, sauf existence de caractères sexuels secondaires externes sûrs (comme chez la Tanche), la conformation des femelles est encore semblable à celle des mâles. Réalisées plus tardivement, quand les ovaires sont bien développés, les opérations de tris et surtout de transport peuvent fortement perturber la fin de la maturation des femelles (cas du Sandre). Lorsque les géniteurs sont d'assez grande taille (en pratique, plus de 1,5 kg) l'emploi d'un otoscope rend de grands services. Le diamètre de l'extrémité est tel (2-3 mm) que l'appareil ne peut être introduit que dans le conduit urogénital des femelles. Il permet d'observer quelques ovocytes de la partie postérieure des ovaires, d'estimer leur diamètre, et donc l'état d'avancement de la maturation de chaque femelle.

Lorsque le diamètre des ovocytes observés est proche de celui d'un ovule mature, il devient nécessaire d'effectuer un prélèvement.

4.3.5.2. Prélèvement d'ovocytes, et contrôle de la vésicule germinative.

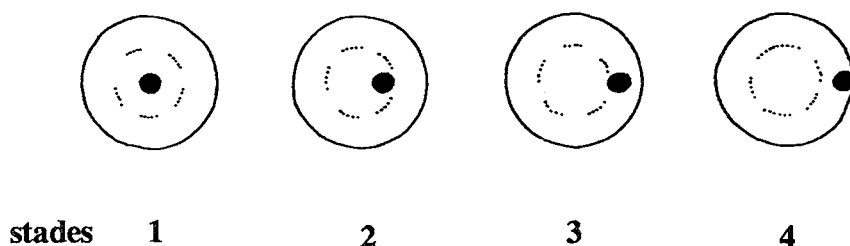
Sur des femelles anesthésiées, on introduit dans le conduit génital un tuyau fin (diamètre intérieur : 2-2,5 mm), éventuellement fixé à une seringue, et contenant un peu de sérum physiologique. On aspire ainsi quelques ovocytes qui sont transférés dans du liquide de SERRA ou un autre liquide éclaircisseur.

Tableau 3 : Composition des liquides éclaircisseurs pour l'observation des ovocytes

Liquide de SERA :	alcool à 95 ° (6 volumes) + formol (3 volumes) + acide acétique (1 volume)
Solution éclaircissante (pour 1 litre d'eau distillée) :	7 g de NaCl + 50 ml d'acide acétique

Après 10-20 minutes, les ovocytes deviennent translucides, et la vésicule germinative visible par transparence (loupe). Cette vésicule germinative est le noyau de l'ovule qui migre progressivement du centre vers la périphérie de la cellule au fur et à mesure de la maturation finale (*Voir Fig 11*). Ce n'est qu'aux stades 3-4 que l'injection hormonale (hypophyse de Carpe ou LH-RHa) est efficace chez les femelles et provoque l'émission d'ovules fécondables.

Fig 11 : Maturation de l'ovocyte en ovule ; migration progressive de la vésicule germinative.



4.4. METHODES DE REPRODUCTION ARTIFICIELLE

Un minimum de rigueur est nécessaire pour la réussite des opérations. La pratique montre qu'il est préférable de travailler sur des petits lots de géniteurs à la fois (6 à 10 femelles, aussi bien pour la Carpe que le Silure). La tenue de "fiches d'écloserie" est impérative ; ces documents représentent la "mémoire" des opérations effectuées permettant d'améliorer la technique progressivement.

Deux méthodes de reproduction artificielle sont possibles :

- ponte induite par traitement hormonal, mais se déroulant en bac, dans l'écloserie ; on récupère des oeufs généralement bien fécondés mais en quantités difficiles à estimer (exemple : ponte induite du Sandre sur nid).
- ponte induite avec fécondation artificielle des ovules : on maîtrise là toutes les opérations (exemples : Carpe miroir, Brochet, Silure glane).

4.4.1. CARPE MIROIR (Cyprinus carpio) En : Miror Carp ; D.: Spiegel Karpfen

4.4.1.1. Hivernage des géniteurs

Bassin de 1,50 m de profondeur avec arrivée d'eau constante. Densité : quelques centaines d'adultes : 600 p./1000 m² (HORVATH et coll., 1984). Gamme de poids : 1-4 kg. Sexes mélangés. Distribution de nourriture en fonction de la consommation : céréales trempées avec vitamines, aliments pour porcs, aliments pour Truites en final.

4.4.1.2. Maturation

Quand l'eau atteint 8-10°C, sexage des géniteurs et transfert en bassin de maturation. Il faut disposer de deux fois plus de mâles que de femelles. Densité : 50 à 80 reproducteurs/1000 m² (HORVATH et coll., 1984 ;). Distribution d'aliment riche en protéines. La gamétogénèse dure environ 600-700°C x j à une température supérieure ou égale à 15°C. Puis transfert en écloserie après traitement sanitaire. Eliminer tout individu blessé.

Autre solution : maturation en écloserie. Après hivernage (T° extérieure : 5-8°C), les géniteurs sont placés directement en bacs avec de l'eau à environ 20°C . Gamétogénèse : 600-700°C x j à une température de 20°C (HORVATH, 1978 b) ; cette méthode permet d'avoir des alevins très précoces pour prégrossissement. Nourrissage des reproducteurs avec aliment protéique. Mise à jeun environ 8 heures avant le traitement hormonal.

Densité : 10 kg de géniteurs/m² de bac (80 cm d'eau).

Débit : 1 l/min/kg de poisson stocké (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et coll., 1984).

4.4.1.3. Choix des géniteurs pour injection hormonale

- Femelles : abdomen rond et mou ; "rondeur" s'étendant jusqu'à la papille génitale. Orifice génital gonflé ; vérifier l'état des ovocytes : la vésicule germinative doit être entièrement migrée : stade 4 (Voir Fig. 11).

- Mâles : une pression sur l'abdomen provoque la libération de laitance.
Eliminer les reproducteurs blessés.

4.4.1.4. Injection hormonale provoquant l'ovulation

Se fait habituellement en deux fois (meilleurs taux de réussite).

- 1ère injection (10% de la dose) : "préparation"/maturation.

- 2ème injection (90% de la dose) : provoque l'ovulation.

Les géniteurs sont anesthésiés, mais les mouvements respiratoires doivent subsister. Pour la tenue de fiches de pontes saisonnières, marquage par fil de laine à la dorsale ou par nitrate d'argent sur les flancs.

Injection : sous une nageoire pelvienne, dans la cavité abdominale.

Dose : 3 mg de broyat hypophysaire/kg de poids vif à diluer dans 1 ml ou 0,5 ml de sérum physiologique.

- Pour les femelles : 1ère injection : 10 % de la dose totale, 2ème injection : 90 %. Intervalle entre 2 injections : 240-300°C x h à 20°C (PERES, 1983 a ; HORVATH et coll., 1984).

- Pour les mâles : une seule injection : 3 mg d'hypophyse/kg, pratiquée simultanément à la 2ème injection des femelles. Les poissons sont maintenus au calme, sexes séparés. Les géniteurs sont préalablement anesthésiés, pesés, et reçoivent immédiatement la dose correspondante.

Chez les femelles, l'orifice génital peut être cousu pour éviter la libération d'ovules dans le bac (Voir Fig. 12). Un mâle peut être placé comme "indicateur" avec les femelles : il suit une femelle en pleine phase d'ovulation. Un contrôle régulier des bacs (toutes les 2-3 h) est impératif.

4.4.1.5. Ovulation

Se produit à 240-280°C x h après la 2ème injection, à 340-360°C x h si une seule injection est effectuée (HORVATH, 1978 a ; WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et coll., 1984).

4.4.1.6. Fécondation

Les géniteurs sont anesthésiés, essuyés (pas d'eau sur l'arrière du corps). On recueille d'abord la laitance chez les mâles ; stockée en petits tubes, elle peut se conserver quelques heures au frais. Les échantillons sont mélangés pour la fécondation.

Une femelle mature (suivie par le mâle, présence de quelques ovules autour de la papille génitale) est sortie du bac à l'envers et transférée dans la solution d'anesthésique.

L'animal est essuyé puis la suture coupée, les ovules sont recueillis par pression abdominale dans un récipient sec. Si la quantité récupérée est faible, la femelle est reprise 1 heure plus tard.

Pour la fiche de ponte : on pèse la quantité d'ovules recueillis.

Mélange : 1 litre (1 kg) d'ovules + 5 ml de laitance au total, provenant de prélèvements différents. Mélange à sec avec une spatule.

Ajout de solution de fécondation.

- Cas (A) : solution de WOYNAROVICH : 10 l d'eau + 40 g NaCl + 30 g urée (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et col., 1984).

Ajouter 10 volumes de solution pour 1 volume d'oeufs ; remuer en permanence. Quand les oeufs sont durs sous la langue, le gonflement est terminé (1 h-1 h30). Puis traitement au tannin (destruction de la couche adhésive de l'oeuf). Solution de 5 g de "tannin à l'eau" + 10 l d' eau. Ajouter 1 volume de solution à 10 volumes d'oeufs. Mélanger rapidement 10 secondes et rajouter rapidement de l'eau pure. Rincer deux fois. Répéter l'opération. Les oeufs sont ensuite déversés en bouteilles d'incubation (bouteilles de Zoug).

- Cas (B) : solution de lait : lait dilué au 1/5, ou 100 g de lait en poudre + 10 g NaCl + 10 l eau (PERES, 1983a). Ajouter 1 volume de solution de lait à 4 volumes d'oeufs. Laisser reposer 2-3 minutes. Ajouter de la solution en remuant doucement (au total : 10 l de solution pour 1 l d'oeufs). Rincer de temps en temps. Après 20 minutes, les oeufs sont gonflés. Rinçage et traitement au tannin (solution à 3,5 g/10 l). Couvrir les oeufs avec la solution et remuer. Après 30 secondes, les oeufs sont versés en bouteilles de Zoug.

Autres mélanges utilisables, assurant la fécondation et l'élimination de la couche adhésive (KHAN et col., 1986) :

* 20 g de lait entier en poudre + 4 g de NaCl pour 1 litre d'eau (équivalant à une solution de lait frais entier à 1 pour 9, avec 4 g de NaCl par litre). On verse sur la masse d'oeufs un volume suffisant de solution pour la couvrir et l'ensemble est remué pendant 20 à 30 minutes. Le liquide est évacué et de la solution fraîche rajoutée avant de mélanger doucement le tout pendant encore 15 minutes. Les oeufs sont ensuite rincés 2 fois à l'eau douce puis directement mis à incuber. Au total, il faut 5 litres de solution pour traiter 1 litre d'oeufs.

* les oeufs peuvent être traités par une solution à 15 g/l de Sulfite de sodium pendant 5 minutes, puis 2 fois 30 secondes dans une solution de tannin à 2 g par litre avant d'être mis en incubation. Au total, il faut 5 litres de solution pour traiter 1 litre d'oeufs.

Remarque : ces essais ont été réalisés à des températures de l'ordre de 28-30°C.

Après adaptation, ces diverses solutions peuvent être utilisées en écloserie pour la majorité des espèces produites.

Pour la tenue des fiches de pontes, on relève le nombre d'oeufs/volume (Nombre d'oeufs dans 2-3 ml ramené au volume de chaque ponte).

4.4.1.7. Incubation

Volume d'oeufs = 1/3 du volume de la bouteille. 1 l d'oeufs équivaut à environ 150 000 oeufs. Durée : 60°C x j (20-22°C). Débit dans les bouteilles : 0,5 l/mn pour 10 l de volume (ou 1 l/mn/par litre d'oeufs).

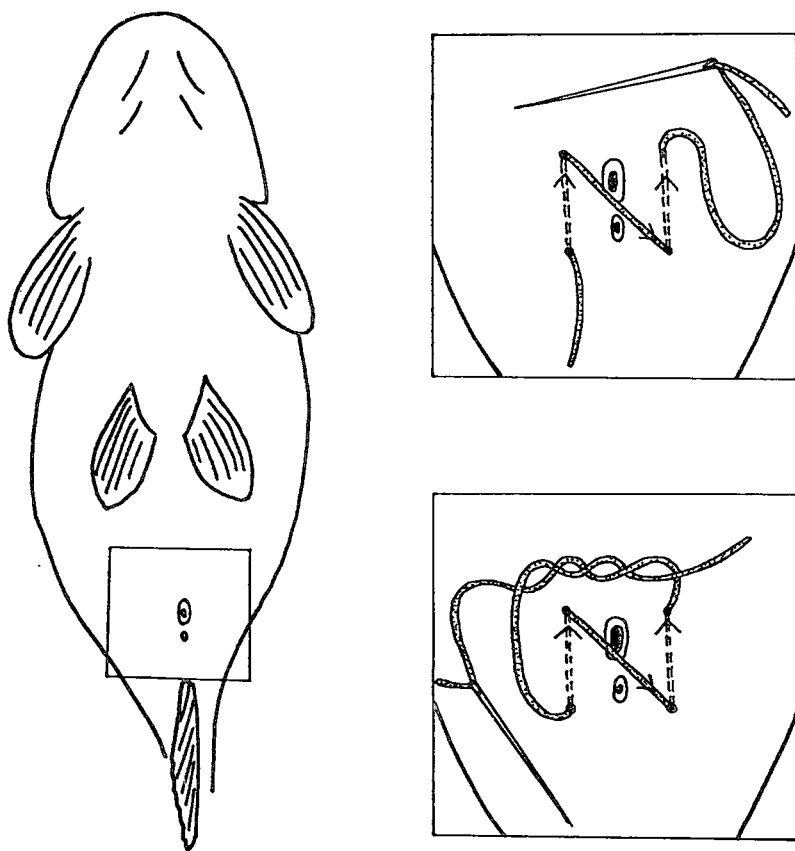
Après la fermeture du blastopore (environ 20°C x j), les oeufs sont moins fragiles et le débit peut être augmenté : en bouteilles : 1,5-2 l/mn pour 10 l de volume (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et coll., 1984). A ce stade, contrôle du pourcentage de fécondation : aspiration d'oeufs avec pipette (diamètre intérieur : env. 2 mm) et comptage des oeufs sains par rapport au total. Traitement contre saprolegniose (2ème moitié de l'incubation) : vert de malachite à 5 g/l pendant 10 mn.

Fig 12 : Reproduction artificielle de la Carpe miroir :

Couture de l'orifice génital de la femelle.

(d'après WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 modifié)

L'emploi d'une aiguille courbe facilite l'opération ; on termine par un double noeud sur du fil nylon de 8 ou 10/10^{ème}.



4.4 1.8. Eclosion

Séparation des coques vides et des oeufs morts (blancs) par siphonnage soigneux ou emploi d'hyaluronidase ou protéase alcaline (0,4-0,5 g pour 200-500 ml ; traite 1 l d'oeufs) (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; PERES, 1983a). Précautions pour la manipulation du produit.

ou : les oeufs et alevins sont transvasés dans une cuve cylindro-cônique. Ajout d'une dose d'anesthésique faible, juste suffisante pour que les alevins soient inertes. En provoquant un mouvement tourbillonnaire de l'eau, on sépare les alevins (à l'extérieur) des coques (au centre) qu'il est facile de siphonner. Les alevins sont ensuite immédiatement transférés en eau pure, bien oxygénée (BACOUCHARIS, comm. pers.).

4.4.1.9. Résorption

Transfert en cuves cylindro-côniques (300 000-500 000 larves pour 200 l) ou auges d'alevinage. Durée : 1600°C x h (environ 65°C x j). Prendre soin que le débit d'eau n'épuise pas les larves en les forçant à nager. Débit : 0,5-1 l/mn. En auge d'alevinage, les larves ont tendance à tourbillonner en groupe si les conditions sont défavorables. Maintenir le taux d'oxygène dissous le plus élevé possible. Avant de transférer en bassin extérieur, leur distribuer une première alimentation : jaune d'oeuf cuit ou oeuf entier cuit et passé au mixer, tamisés à 0,08 mm (F.A.O, 1986); émulsion d'oeuf entier cuit. Les larves s'accoutument à une première nourriture et résistent mieux à un transport, après un jeûne de 4-6 h (PERES, 1983a).

4.4.1.10. bassins d'alevinage : préparation et gestion

Détaillée ici pour la Carpe, cette méthode est utilisable pour les alevins de toutes les espèces.

Superficie : 300-100 m², protégé du vent. Fond enherbé à faible densité et fauché ras. La préparation doit assurer la prolifération du plancton en quantité et qualité optimales pour une bonne survie des alevins (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et coll., 1984). Maintien en assec et désinfection : 200 kg de chaux vive/ha. Installation d'un tamis à mailles de 2 mm sous l'arrivée d'eau.

Préparation :

- 8 à 10 jours avant le déversement des larves en fin de résorption : remplissage à demi et fertilisation avec engrais minéraux (phosphate d'ammoniaque : environ 30 kg/ha). Si le fond est pauvre en matières organiques, épandre du fumier (type "Fertiligène" sur petits étangs) ; répandre du foin sur les bords pour faciliter le développement des Rotifères.

- 5-6 jours avant la mise en charge (à 18-20°C) : traitement contre les Crustacés planctoniques (Cladocères et Copépodes) concurrents et prédateurs à la fois des Rotifères et des alevins. Dose : 0,5-1 g/m³ d'organophosphoré genre "DIPTEREX 80", "NEGUVON". Epandage également de foin. Fumier : 3-7 tonnes/ha, en évitant un excès de paille, qui ne se décompose pas et est gênante lors de la vidange.

- 48 heures avant le déversement : contrôle du plancton sur maille de 0,08 mm (80 microns). Densité : 3 ml/100 litres. Ne doit contenir que des Rotifères ; S'il y a des Crustacés, refaire un traitement avec l'insecticide.

- Déversement des larves : densité : 1-3 millions de larves de Carpe par ha (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et coll., 1984), soit 100-300 (500) larves/m². Lâcher le long des rives, du côté protégé du vent. Pour contrôler la mortalité après 4-5 jours (période la plus critique), mise en place d'une caisse recouverte de filet fin contenant quelques dizaines de larves et du plancton qui constitue une sorte de "témoin".

- Dès le premier jour : alimentation supplémentaire des larves : jaune d'oeuf cru + farine entière répandue sur les bords en deux distributions. Ration : 1 kg/100 000 larves. Augmenter de 100 g par jour à partir du 3ème jour.

- Après 3-4 jours : doivent apparaître de petits Cladocères (densité globale du zooplancton : 3 ml/100 litres). Ensemencement supplémentaire possible avec *Bosmina* (50 ml de plancton vivant/100 m² de bassin) si nécessaire (HORVATH et coll., 1984) provenant par exemple d'une fosse à plancton contenant du fumier.

- Après 8-10 jours : remplissage du bassin en totalité. Vérifier la présence de gros Cladocères. Eventuellement, ensemercer avec *Daphnia* (50 ml/100 m² d'eau). Epandre 35 kg d'engrais minéral par hectare.

- Après 15 jours : vérifier la densité du zooplancton (3 ml/100 l d'eau). Epandre 35 kg d'engrais minéral/ha. Au bout de quelques jours, les alevins ne sont normalement plus visibles le long des bords, sinon ce serait la preuve d'un manque de nourriture qu'il faudrait compenser par des distributions de farines pour Truitelles. .

4.4.1.11. Pêche des alevins

S'effectue 3 à 5 semaines après le lâcher. Pas de nourriture distribuée la veille. Installation d'une poche en filet (maille de 5 mm) autour de la sortie de la buse de vidange (pêcherie extérieure). Reprise des alevins avec une épuisette plate ou une petite passoire jaugée (pour l'estimation du nombre d'alevins récoltés). Taille : 20-30 mm ; 0,1 à 0,3 g. Il doit y avoir moins de 1500 alevins de Carpe au litre. Le transfert se fait vers les bassins de grossissement. Pour un transport de quelques heures : 70 000-150 000 alevins/m³ avec aération.

4.4.2. CARASSIN DORE (*Carassius auratus*)

Compte-tenu de la discrétion des producteurs concernant les méthodes qu'ils utilisent, nous nous sommes basé sur la bibliographie (PERES, 1983 b ; MELOTTI, 1986).

4.4.2.1. Stockage des géniteurs

- A forte densité (< 2 tonnes/ha) pour les variétés les plus communes. Nourrissage artificiel à 1-2 % du poids vif par jour.

- En bassins regroupant les individus d'une même variété pour les souches de plus grande valeur.

4.4.2.2. Maturation

Température passant de 15 à 20°C.

4.4.2.3. Reproduction contrôlée

Sur bassins de 20 à 40 m² (profondeur 0,6 à 1 m ; pente des berges : 2/1). Fond totalement nu, éventuellement recouvert d'un film plastique noir. Supports de ponte (mousse genre Fontinalis, brosses...). Lâcher des reproducteurs. Densité : < 200 têtes/20 m². La ponte se déroule quand la température de l'eau est aux environs de 20°C. Ponte fractionnée dans la matinée. 2000 à 4000 oeufs par ponte partielle. Substrats placés à faible profondeur (5-25 cm) près des bords.

Récoltés et transférés dès qu'ils sont couverts d'oeufs.

Déclenchement de la ponte :

Choc chimique par "Dipterex" à 0,5 g/m³ (ou autre organophosphoré).

Incubation

58°C x j à 29°C - 150°C x j à 17°C - T° optimum : 20-22°C.

4.4.2.4. Reproduction artificielle

Géniteurs transférés dans une eau à 20-22°C en écloserie.

Hypophysation

Pour les femelles : 3 mg hypophyse de Carpe/100 g de poids vif.

Ou : avec hormone mammalienne (HCG en soluté injectable vendu en pharmacie) : 500 U.I. d'HCG/ 100 g de poids vif.

Ovulation

240°C x heures à 20°C.

Fécondation

- En bacs de ponte, avec substrats artificiels. Système qui est préférable pour des variétés ayant une conformation corporelle et des nageoires rendant l'opération de "stripping" délicate.

- Fécondation artificielle : seule une partie des ovules est récupérée. Mélangés à sec avec la laitance de 2-3 mâles de la même variété. Solution de fécondation au lait dilué ; traitement dans solution de tannin à 0,7 % pendant 30 secondes. Environ 30 000 oeufs pour 10 g de poids.

Incubation

- Sur clayettes (vide de maille : 0,1 mm).

- En bouteilles ou cônes d'incubation.

Durée : 5 j à 23°C (environ 115°C x j). Traitements réguliers contre saprolegniose : bain à 5 mg/l de vert de malachite.

Eclosion

Transfert des oeufs incubés en bouteilles dans des auges d'alevinage. Emploi possible d'enzyme protéolytique pour se débarrasser des coques vides et oeufs morts.

Résorption

Environ 48 heures à 24°C. Larves restent fixées sur les parois, se pigmentant progressivement.

4.4.2.5. Démarrage des larves

Avec nourriture naturelle essentiellement.

- En bassins fertilisés (voir 4.4.1.10).
- Mise en charge : fonction de la densité de Rotifères présents dans l'eau filtrée sur maille de 0,07 mm (70 microns).
- Densité de Rotifères :
 - * 1 à 2 ml/100 l d'eau pour moins de 200 000 larves/ha (ou moins de 500 000 oeufs/ha).
 - * 3 ml/100 l d'eau jusqu'à 1 million de larves/ha.
 - * 4-6 ml/100 l d'eau jusqu'à 1,5 million de larves/ha.

A 3-4 semaines, transfert des alevins en bassin de croissance (densité : 100 000 têtes/ha).

4.4.2.6. Nourriture complémentaire

- Pour jeunes alevins : farine à 30-40 % de protéines, 1 kg/ha, puis 100 g de plus chaque jour à partir du 3ème jour.
- Après 3-4 semaines : passage à un aliment "starter" (30-40 % de protéines) pendant 1-2 mois.
- Granulés à 30 % de protéines ; puis nourriture de maintenance à 20-22 % de protéines (à 4-5 cm). Ration : 2 % du poids vif/jour.

Remarques

- La coloration rouge apparaît progressivement : 50 % de juvéniles colorés à 4-5 cm, puis 99 % à 3 mois. Les facteurs du milieu et la qualité de l'aliment jouent un rôle important.
- Des tris permettent de sortir les plus gros individus qui empêchent les plus petits d'avoir une bonne croissance (passage d'une senne à maille calibrée). Il est préférable de constituer des lots de taille homogène.
- Des contrôles sanitaires réguliers sont souhaitables, compte tenu de la densité des individus et de leur valeur.

4.4.3. TANCHE (*Tinca tinca*) En.: Tench ; D.: Schleie

4.4.3.1. Stockage des reproducteurs

Hivernage avec Carpes ; distribution d'un aliment type "truite".

4.4.3.2. Maturation

Passage en éclosérie avec choc thermique (T° : 24°C) et courant permanent (nage forcée ; ANTALFI, 1979)

4.4.3.3. Hypophysation

Une injection intrapéritonéale au niveau des pelviennes ; ou intramusculaire dorsale.

Doses variables suivant les auteurs :

- femelle : 3 mg/kg (PV : < 1 kg) et 6 mg/kg (PV : 1-2 kg)

ou : 9 mg/300-500 g PV. (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981), 12 mg (PV : > 400 g (HORVATH et coll., 1984)

- mâle : 6 mg/300 g PV (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981), ou 9-10 mg/individu.

ou : 2 mg/kg + 10 - 15 mg/kg 8 heures plus tard (LUKOWICZ et coll., 1986)

Convient en général des quantités d'extraits hypophysaires 2 à 4 fois plus fortes que pour la Carpe.

La ponte se fait en plusieurs fois en milieu naturel car tous les ovules ne sont pas matures au même moment (ovulations partielles).

L'hypophysation provoque l'expulsion de la totalité des ovules dont seule une partie, totalement mature, est fécondable.

4.4.3.4. Ovulation

Sexes mélangés et substrat de ponte placés dans le bac ; $380-430^{\circ}\text{C} \times \text{h}$ à 24°C . Les poissons sont récupérés à l'apparition des premiers signes de ponte (PERES, 1983 a ; HORVARH et coll., 1984). Deuxième ovulation : une heure plus tard. 80 000 à 120 000 oeufs par kg de femelle.

Diamètre de l'oeuf gonflé : environ 0,6 mm. 600 000 à 700 000 oeufs au litre.

4.4.3.5. Fécondation

2-3 mâles pour 1 femelle. 200 ml ovules + 4-5 gouttes de laitance (PERES, 1983 a).

Solutions de fécondation : 1 litre d'eau + 10 g NaCl + 10 g urée ou 1 litre d'eau + 4 g NaCl + 30 g urée ou lait dilué (PERES, 1983 a) (le passage dans une solution de tannin à 0,5 % est nécessaire après traitement avec solution NaCl + urée).

LUKOWICZ et coll. (1986) conseillent de laisser les géniteurs pondre dans le bac, puis de récupérer les oeufs après quelques heures pour les mettre en incubation.

4.4.3.6. Incubation

En bouteilles de Zoug ou sur clayettes.

- $63-69^{\circ}\text{C} \times \text{j}$ à $21-23^{\circ}\text{C}$ (POJOGA, 1977 ; HORVATH et coll., 1984)

- environ 3 jours à $23 - 24^{\circ}\text{C}$ (LUKOWICZ et coll., 1986)

- $38^{\circ}\text{C} \times \text{j}$ à 26°C (PERES, 1983 a)

Eviter la lumière directe.

4.4.3.7. Résorption

$100-110^{\circ}\text{C} \times \text{j}$ (7-9 jours). Prise d'air à 5-6 jours. Phase plus ou moins fixée pendant une dizaine de jours.

Eviter la lumière directe. Les jarres de résorption doivent être équipées autour de leur surverse d'un tamis à mailles plus fines que pour la Carpe (0,15 mm).

4.4.3.8. Démarrage des larves

- Préparation du bassin : même méthode que pour la Carpe mais surface de quelques hectares, car les alevins, plus petits, ne sont récupérés qu'à l'automne.
 - Densité : 20 000 - 200 000 alevins/ha. 500VR/m² sur petits bassins avec nourriture supplémentaire (LUKOWICZ et coll., 1986).
 - Première nourriture : 50-100 microns (zooplancton).
 - Survie en fin de 1ère saison : 10-30 %.
 - Ou : élevage en bacs avec plancton puis aliment à 30-40 % de protéines.
 - Éventuellement : récupération des juvéniles à 1 mois (fragiles) et transfert sur étang sans Carpe miroir (compétiteur pour la nourriture), mais avec Carpes de Chine.
- Mise en charge : 10 000 à 50 000 têtes/ha (COCHE et BIANCHI, 1979).
Ou : 200 000 à 300 000 Tanches de 4 semaines/ha + 50 000 Carpes argentées de 4 semaines rajoutées 2 semaines plus tard (HORVATH et coll., 1984).

4.4.4. GARDON (*Rutilus/Leuciscus rutilus*) En.: Roach ; D.: Rotaue, Plötze.

L'induction de la ponte n'est que rarement pratiquée : la reproduction naturelle donne de bons résultats lorsque le milieu s'y prête. Les poissons sont fragiles (pertes d'écailles lors des manipulations) et la maturation des ovules se fait progressivement. L'injection hormonale entraîne l'expulsion de tous les ovules mais seule une partie d'entre eux est fécondable.

4.4.4.1. Stockage des reproducteurs

Maturation en milieu aussi proche que possible du milieu naturel (végétation sur les rives, herbiers). Bassins : 0,5 à 1,50 m de profondeur ; 200 à 500 m² pour 200 géniteurs de 150 à 600 g (PERES, 1983 a).

4.4.4.2. Maturation

En bassin de stockage. Température : 15-16°C. Une période de basses températures préalable est indispensable. Femelles avec abdomen gonflé. Apparition de "boutons de noces" sur la tête des mâles.

4.4.4.3. Hypophysation

L'injection est effectuée dans le pédoncule caudal en une ou deux fois.

- 1 injection : femelle : 10 mg hypophyse de Carpe/kg de poids vif
mâle : 2,5 mg/kg de poids vif
- 2 injections (espacées de 3 à 6 heures) :
femelle : 2,5 mg/kg de poids vif, puis 5 mg/kg de poids vif.
mâle : 2,5 mg/kg de poids vif, puis 2,5 mg/kg.

Efficacité optimale si l'opération se pratique au stade de la vésicule germinative totalement migrée chez les femelles (stade 4).

Il est indispensable de manipuler les poissons avec douceur.

4.4.4.4. Ovulation

16-24 heures

4.4.4.5. Fécondation

- En bacs, avec substrats artificiels (reproduction naturelle contrôlée).
- Fécondation artificielle : méthode sèche avec solution de fertilisation (2 g NaCl/l + 1,5 g urée/l).

Gonflement pendant 15 minutes puis traitement au tannin (solution à 0,35 g/l). On peut récolter jusqu'à 100 000 oeufs par femelle de 400 g.

4.4.4.6. Incubation

100-110°C x j.

9-10 j à 16°C (environ 150°C x j)

4.4.4.7. Démarrage des larves

Très sensibles aux manipulations. Première nourriture : 0,08-0,12 mm (plancton), puis aliment artificiel (30 % de protéines) (COCHE et BIANCHI, 1979).

Remarques

- Les géniteurs doivent passer dans un bain de vert de malachite après chaque manipulation.
- La température et la photopériode jouent un rôle important dans la maturation ; une période de froid est nécessaire en début de cycle.
- Toutes ces données sont applicables à la reproduction du Rotengle (KLEIN BRETELER, 1979).

4.4.5. BROCHET (*Esox lucius*) En. : Pike ; D. : Hecht

Deux méthodes sont possibles suivant les situations :

- reprise dans le milieu naturel de femelles ayant maturé naturellement (pose de filets dans des zones de pontes).
- traitement hypophysaire des géniteurs de pisciculture.

4.4.5.1. Stockage des géniteurs

Récupérés en automne lors de la vidange d'étangs à Cyprinidés. Tri selon le sexe (peu évident à partir de l'aspect extérieur ; emploi possible d'un otoscope) : les femelles sont transférées en étang de maturation, les mâles mis en étang de stockage (avec 50 % de leur poids en poisson fourrage).

Si les Brochets sont stockés à part pendant toute la saison, le poisson fourrage doit représenter 200 à 300 % du poids des carnivores (PECHA, 1983). En lac, les géniteurs peuvent être pêchés au filet à la période de ponte (DAUBA, 1981, LEJOLIVET 1988).

4.4.5.2. Etang de maturation

Environ 300 m² ; 0,20 à 1,20 m de profondeur et fossé de vidange (section : l x h = 0,5 x 0,3 m). Végétation : Phalaris, Rumex, Glyceria.

12 femelles sont introduites en automne (500-600 kg/ha). Poisson fourrage abondant : plus de 80 % du poids des reproducteurs.

Deux semaines avant le début de la période de température favorable (8-12°C), on introduit dans l'étang un tonneau en plastique percé de trous (100 x 10 mm) et contenant 1 à 3 mâles (200-300 g). Cette méthode a été mise au point à la station du Paraclet (Somme). (NEVEU et BRY, 1983)

Pendant la période habituelle de ponte, l'étang est vidangé tous les 5 jours. Les femelles sont récupérées dans le fossé et entreposées en bacs. Dès la fin de la pêche, le bassin est remis en eau et les femelles contrôlées par pression abdominale (anesthésie non indispensable). Si des oeufs s'échappent librement, la femelle est ovulée et immédiatement transférée vers l'écloserie dans un bac fermé. Les femelles non ovulées sont remises à l'eau.

Mâles : sont récupérés en fonction des besoins : 2-3 pour 1 femelle.

4.4.5.3. Hypophysation

Pour les femelles totalement ovulées : récupération immédiate des ovules. Sinon : contrôler que la vésicule germinative est entièrement migrée ; si l'écloserie n'est pas à proximité immédiate, effectuer l'hypophysation.

- Avec 1 injection : 3 à 5 mg d'hypophyse de Carpe par kg de poids vif pour tous les géniteurs.

- Avec 2 injections : même dose totale, mais 10 % puis 90 % de la dose à 24 heures d'intervalle (T° : 10°C). Mâles : 1 à 3 mg d'hypophyse de Carpe par kg de poids vif.

Le traitement systématique des mâles permet de récupérer une quantité plus importante de laitance.

Ovulation

50°C x j à 10°C. (après injection unique).

4.4.5.4. Fécondation

Géniteurs anesthésiés (éthylène-glycol-phénoxyéthanol à 0,5 g/10 l). Séchés. Les femelles sont récupérées à l'envers, un doigt obturant la papille génitale. Les ovules sont recueillis dans un récipient sec. Mâles : laitance récupérée par légère pression avec aspiration (seringue, pipette sèche). Contrôle de la motilité (à grossissement x 100 : leur agitation rend les spermatozoïdes invisibles).

Fécondation avec dilueur 532 INRA (distribué par la CO.F.A.) qui évite également le collage des oeufs. Mélanger doucement (plume, ou verser d'un récipient à l'autre) 1 l d'ovules (= 1 kg) + 0,5 litre de dilueur + 0,5 ml laitance. Laisser reposer 15 minutes (gonflement). Rincer avec de l'eau propre (MARCEL et coll., 1983).

L'emploi de lait dilué donne de bons résultats également (BACOUCHARIS, comm. pers.).

Pour la tenue des fiches d'écloserie : noter le poids des femelles et la quantité d'ovules obtenue par chacune d'elle, ainsi que le volume d'oeufs ; comptage du nombre d'oeufs dans un volume donné (petit récipient gradué de 2 ou 5 ml).

Mise en incubation (PERES, 1983 a).

Eventuellement, traitement des oeufs fécondés par des iodophores contre la virose des alevins ; élimine en même temps le mucus collant.

Autre dilueurs signalés :

Solution de 16 g d'urée/l (POJOGA, 1977) .

Solution de Hamor : 6 g NaCl + 4,5 g d' urée + 0,2 g CaCl/l (PECHA, 1983).

L'usage d'une très faible quantité d'eau pure est également possible. Les taux de fécondation sont un peu inférieurs.

4.4.5.5. Incubation

Durée : 120°C x j (T° : 8-12°C).

Matériel : bouteilles de Zoug remplies au 1/2 ou 1/3 (pour de faibles quantités : incubation sur clayettes). Les oeufs ne doivent pas être mis en mouvement par le courant d'eau jusqu'à 30°C x j. Débit : 0,1 l/min pour 10 000 oeufs ; 1-1,5 l/min pour 7 l de volume d'eau (CHAUVEHEID et BILLARD, 1983). Puis 2 l/min pour 10 000 oeufs ; 3-4 l/mn pour 7 l d'eau. Elimination régulière des oeufs morts qui s'accumulent en surface. A partir de la deuxième semaine d'incubation, traitements quotidiens au vert de malachite (10 mg/l, 5 minutes) ou formol à 0,2 % (15 min deux fois par semaine).

4.4.5.6. Eclosion

A 110° x j : transfert des oeufs sur clayettes ; densité : moins de 15/cm² (maille : 1 mm²). Débit dans l'auge : 60 l/min/m³ (PERES, 1983 a). Synchronisation des éclosions provoquée en fermant l'arrivée d'eau 15 minutes.

Les larves se fixent sur les parois verticales des bacs et des clayettes ; il est important de mettre à leur disposition des supports (bandes de tulle, par exemple). Coques vides, oeufs et larves morts doivent être siphonnés régulièrement.

Autres possibilités :

- éclosion dans les bouteilles d'incubation (circuit ouvert) ; les larves passent dans le circuit d'évacuation et aboutissent à un bac avec des supports ;

- clayettes suspendues dans des bacs très près de la surface ; profondeur des bacs : 0,2-0,7 m avec nombreux supports (bandes de filet fin). Durée de la phase d'adhérence : environ 130°C x j).

4.4.5.7. Alevinage

Première prise de nourriture simultanée au remplissage de la vessie gazeuse et au début de la nage active (L = 10 mm). Première alimentation : zooplancton seul, puis zooplancton et larves d'insectes (L : 20-30 mm), puis phase ichthyophage (BALVAY, 1983).

Etang d'alevinage : 200-500 m² avec fossé. Préparation : de la même façon que pour l'alevinage des Carpes. Fumure abondante ; lame d'eau : environ 50 cm. Lâcher au stade de prolifération des *Moina* (Rotifères : non consommés car trop petits ; éventuellement, inoculation avec petits Cladocères).

Densité (V.R. = vésicule résorbée) :

- sur surface restreinte (< 1000 m²) bien préparée, avec traitement par organophosphoré : 50-75 V.R./m² . Survie : 20-60 % à 3 semaines (HORVATH, 1983) ;
- avec seulement fumure organique (100 kg/ha/semaine) sans précautions particulières, sur grandes surfaces : 10-12 V.R./m² ;
- en auges : 8 000-10 000 larves/100 l pendant 2-3 semaines (COCHE et BIANCHI, 1979). 2000-4000 larves /m² avec apports de plancton. Survie : environ 50 %. (HOFMANN et coll., 1986).

Après environ 3 semaines, début de la phase d'ichtyophagie. Vidange progressive du bassin, récupération des juvéniles dans le fossé puis transfert sur étang bien enherbé. Introduction préalable de géniteurs de Gardons, Carassins, Tanches (40 kg/ha au total). Densité : 2 000-5 000 Brochetons/ha. Survie à l'automne : 5-20 % (LUKOVICZ, 1983).

Combiner éventuellement avec des lâchers d'alevins de Cyprinidés produits en éclosérie. Par exemple (HOFMANN et coll., 1986) : alevinage de 1000 Brochetons de 5 semaines/ha avec 500 Tanches de 100 g + 2000 Carpillons de 25 g + 200 000 Carpillons de 5 semaines. Reprise à l'automne de 300-400 Brochets de 25-30 cm (100 kg/ha).

Transport : pour quelques heures, en sac de polyéthylène : environ 200 juvéniles/30 l d'eau + 30 l d'oxygène,

ou : 10 à 30 000 larves + 15 l d'eau + 10 l d'oxygène (PECHA, 1983).

En cuve, avec aération : 100 kg de juvéniles + 1000 l d'eau à 5-7 g/l de NaCl (durée : 2-4 heures).

Maintenir les poissons dans une eau fraîche et à l'obscurité pour éviter le cannibalisme.

Tableau 4 - Alevinage brochet : mises en charge pour eaux libres
(R.F.A., LUKOVICZ, 1983)

Rendements possibles kg/ha	Alevins nageants N/ha	Fingerlings 1 été N/ha	Brochetons 1 été N/ha
5	200 - 300	20 - 30	2 - 3
6 - 8	300 - 400	30 - 40	4 - 5
8 - 10	400 - 500	40 - 50	5 - 7
10 - 12	500 - 600	50 - 60	6 - 8
plus de 12	600 - 800	60 - 90	7 - 10

Tchécoslovaquie : 1 Brocheton de 4-5 semaines pour 1 à 5 mètres de rive suivant les abris et la taille des individus (VOSTRADOVSKY, 1983).

Alevinage de Brochets de 1 été : 10-30 pièces/ha avec 30-40 kg de reproducteurs de poisson fourrage ; Survie après 1 an : supérieure à 50%. (LE LOUARN, 1983)

4.4.6. SANDRE (*Stizostedion/Lucioperca lucioperca*) - En.: Pike-perch ; D.: Zander.

4.4.6.1. Stockage des géniteurs (hiver). Maturation.

Géniteurs stockés ensemble, tous de taille voisine. Prévoir environ 10 % de plus de mâles. Sexage possible dès l'hiver :

- femelles : souvent, l'abdomen est blanc, proéminent dans la région anale, avec dos plus haut et tête plus large que le mâle.
- mâles : tronc et abdomen généralement plus pigmentés (HORVATH et coll., 1984).

A notre avis, la méthode la plus fiable reste le contrôle par otoscopie, qui permet en plus d'apprécier l'état de maturité des femelles. Les reproducteurs doivent être anesthésiés pour cette opération.

Pendant l'hiver, le poisson fourrage représente environ 200 % du poids des Sandres et doit être de taille adéquate : 10-15 cm (WOYNAROVICH, 1968).

Trois méthodes de reproduction sont possibles :

- reproduction contrôlée en bassin,
- ponte induite en bac (les oeufs sont récupérés chaque fois sur un support),
- ponte induite avec fécondation artificielle.

4.4.6.2. Pontes naturelles contrôlées en bassin

(résultats CEMAGREF)

Lorsque la température de l'eau atteint 12-14°C, les géniteurs sont récupérés du bassin de stockage, le sexage vérifié, et les couples répartis sur 1 ou plusieurs bassins de ponte (fonds et bords totalement nus ; 1 m de profondeur ou plus). Les substrats de ponte sont mis en place, à raison de 1 nid/couple pour 4-6 m² ; il s'agit soit de cadres grillagés recouverts de bruyère ou fibres synthétiques soit de brosses à poils longs fixées côte à côte. Dimensions : 40 à 60 cm de côté. Une flotteur numéroté est relié aux 4 coins du support. Si l'eau est claire, prévoir un système d'ombrage au dessus des frayères. Les nids sont contrôlés tous les matins. Introduire du poisson fourrage (taille 10 - 12 cm).

4.4.6.3. Pontes induites en bacs

(données CEMAGREF).

Les couples sont installés à raison de 1 par bac de 4m², (50-60 cm d'eau) et maintenus dans la pénombre et au calme. Température de l'eau : 14-16°C. Maintenir un stock de poisson fourrage dans le bac : une vingtaine de Tanchettes de 10-15 cm pour des géniteurs de 2-3 kg ; la consommation est de l'ordre de 5 kg/couple/mois pendant cette période. L'état de maturation des femelles est suivi régulièrement (1 fois/semaine). Pour cela, les géniteurs sont anesthésiés dans leur bac après baisse du niveau de l'eau (le dos des poissons affleure) ; dès qu'elle est calme, la femelle est plaquée contre la paroi et retournée sur le dos pour un contrôle par otoscopie et un prélèvement de quelques ovocytes par aspiration. Lorsque les ovocytes présentent un globule lipidique central bien formé, un support de ponte est placé dans le bac et la femelle reçoit un traitement hypophysaire.

Dose : 1 mg de broyat hypophysaire de Carpe/kg dilué dans 1 ml de sérum physiologique. Injection intramusculaire dorsale en 1 ou 2 points. La ponte à lieu de nuit environ 40 heures plus tard.

Ou : 100 μ g de LH-RH/kg, injectés au même stade de maturation (SCHLUMBERGER et PROTEAU, 1992).

4.4.6 4. Incubation

100-110°C x jours à 15°C. Un peu moins longtemps si les oeufs sont petits (moins de 1 mm de diamètre). Les oeufs étant sensibles aux manipulations, il est préférable de les laisser en place (bassin de ponte ou bac) le plus longtemps possible pour éviter des éclosions prématurées dont la survie est faible. Lorsque l'oeil de l'embryon est pigmenté, il est prêt à éclore ; le substrat est transféré dans une auge ou une cuve cylindro-cônique après passage dans un bain de formol + vert de malachite (5 ml de solution pour 300 litres pendant 10-15 minutes). Dès que les éclosions sont terminées, le support de ponte, auquel adhèrent la majorité des coques vides, est retiré (SCHLUMBERGER et PROTEAU 1991).

En Hongrie, les nids sont suspendus en atmosphère humide dans des "chambres d'aspersion" où a lieu l'incubation (WOYNAROVICH, 1968 ; ANTALFI, 1979 ; HORVATH et coll., 1984). Le débit nécessaire est de 1 l/minute/100 000 oeufs (WOYNAROVICH, comm. pers.). Dans de telles conditions, l'oxygénation des oeufs est parfaite et le développement de *Saprolegna* sur les pontes très limité. En contre-partie, la taille de l'installation devient importante dès qu'un grand nombre de pontes est incubé simultanément, et la survie des larves est moins bonne, comparée à l'incubation en bassin ou bac (SALMINEN et RUUHIJARVI, 1991).

Remarque

Un milieu légèrement saumâtre ne gêne pas la reproduction (Camargue). Salinité limite : 0,3 % (POJOGA, 1977).

4.4.6.5. Reproduction et fécondation artificielle

(d'après données hongroises : ANTALFI, 1979; HORVATH et col., 1984)

Les reproducteurs sont sexés au printemps (température de l'eau : 6-8°C). Quand la température de l'eau atteint 10°C à l'extérieur, les géniteurs sont transférés en éclosérie dans les bacs de stabulation, les deux sexes ensemble. La température est augmentée de 1°C/jour pour atteindre 14°C. Le quatrième jour, les sexes sont séparés et mis dans des bassins de 3 m x 1,50 m avec 0,8 m d'eau. L'eau des bassins est renouvelée trois fois par jour, l'aération se faisant par le fond (plus de 10 mg d'oxygène dissous/l).

Hypophysation :

Au moment du sexage, les femelles reçoivent une dose de 2 mg de broyat hypophysaire/kg, dissoute dans 1 ml de sérum physiologique. Les mâles sont injectés avec 3 mg de broyat/kg. L'injection est intramusculaire dorsale, sur des animaux anesthésiés.

48 heures après le traitement, on abaisse le niveau d'eau jusqu'à 15-20 cm dans les bacs. Après anesthésie des animaux dans les bacs même, on récupère ovules et laitance par stripping (150 000 à 200 000 oeufs/kg de femelle).

Fécondation :

Sur le mélange ovules + laitance, on verse une solution de fécondation (4 g NaCl + 5 g urée pour 15 l d'eau). D'abord un volume équivalent au 1/10 de celui des oeufs, puis de façon à recouvrir les oeufs. Ceux-ci sont remués doucement pendant 30 minutes, puis rincés à l'eau, avant d'être replacés en solution de fécondation pour une heure (remués par intermittence). Avant d'être mis en incubation, les oeufs subissent un traitement pendant 10 secondes dans une solution de "tannin à l'eau" (3 g de tannin "à l'eau"/10 l eau). Puis rinçage à l'eau pure et mise en bouteilles d'incubation (20 000 à 30 000 oeufs dans une bouteille de 8 l). Incubation pendant 110-120°C x j à 14-15°C.

Après l'éclosion, les larves sont transférées dans des cuves cylindro-côniques (débit : 5-10 l/mn/250 l).

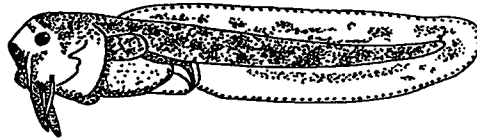
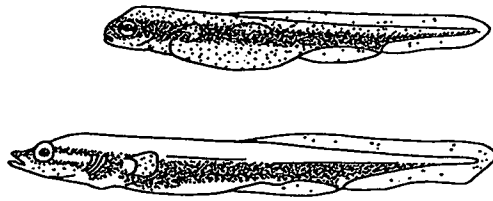
La résorption dure environ 75°C x j à 15°C. Les larves commencent alors leur vie active.

Note: pendant toute la phase de résorption, une température inférieure à 10°C est létale pour les jeunes Sandres (observations CEMAGREF).

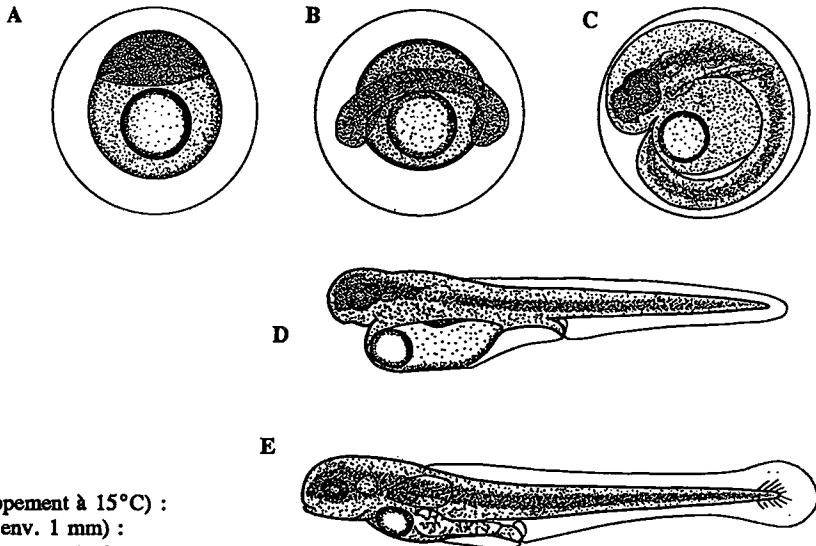
Fig 13 : Oeufs et alevins

- BROCHET

Alevins de 10 jours (environ 10 mm)
et 14 jours (environ 25 mm).



- SILURE GLANE : Alevin de 8 jours (environ 15 mm).



- SANDRE (développement à 15°C) :

Oeufs (diamètre : env. 1 mm) :

A : aspect 8-10 heures après la ponte.

B : environ 48 heures après la ponte.

C : alevin près à éclore (env. 100 degrés x jours).

Alevins :

D : aspect à l'éclosion ; longueur totale : 5-6 mm.

E : aspect 3 jours après l'éclosion (env. 6-7 mm).

(dessins : SCHLUMBERGER, CEMAGREF)

4.4.6.6. Elevage larvaire en bassins

Les larves peuvent être alors transférées dans des étangs spécialement préparés pour avoir une densité maximale de Rotifères (voir 4.4.1.10)

- Données bibliographiques.

Mise en charge : jusqu'à 0,5 million larves/ha (WOYNAROVICH, 1968 ; ANTALFI, 1979 ; HORVATH et coll., 1984). Les étangs peuvent avoir jusqu'à 1 ha et sont préparés de la même façon que les bassins de démarrage pour Carpillons. Sur bassins plus petits (2 000 m²), mise en charge jusqu'à 50 000 larves à vésicule résorbée/ha. Bonne survie sur une période de 2 mois : 20-40 % (KLEYN et VERRETH, 1985).

Il est également possible de conserver 3-5 jours les larves en milieu protégé en les plaçant dans des cuves cylindro-côniques (HORVATH et coll., 1984). On doit leur fournir la nourriture naturelle nécessaire (taille : 0,05-0,15 mm), avant de les transférer en étang extérieur, où elles resteront jusqu'à la taille de 30 mm (environ 4-5 semaines), stade auquel le cannibalisme se développe.

La fertilisation de l'étang est importante pour qu'il y ait en permanence au moins 1 ml de zooplancton/100 l d'eau : épandage bi-hebdomadaire pendant un mois d'un total de 50-70 kg d'azote et 200 kg de phosphates. Le zooplancton de grande taille (*Daphnia*) ne doit pas représenter plus de 50 % du total des organismes, sinon le taux de survie sera faible (normalement : 20-30 %). Récupération dans une poche en filet à mailles fines (2-4 mm) placée à la sortie de la buse de vidange.

Résultats CEMAGREF :

Les essais réalisés à Montpellier ont montré qu'une densité d'alevinage de 40-60 larves/m² dans des petits bassins riches en plancton (Rotifères, puis Crustacés) permettait d'obtenir environ 20 juvéniles de 3-4 semaines/m². Lors de la vidange, les poissons (taille 3 à 6 cm) sont repris dans une pêcherie extérieure, et transférés immédiatement dans des récipients d'eau bien oxygénée, dans la pénombre (SCHLUMBERGER et PROTEAU, 1991). Si cette phase d'élevage se prolonge, les juvéniles épuisent les ressources alimentaires du bassin et le cannibalisme se développe.

4.4.6.7. Juvéniles

Les jeunes Sandres de 30-40 mm sont transférés dans des étangs à Carpes, à une densité de 200-500 p/ha (WOYNAROVICH, 1968 ; COCHE et BIANCHI, 1979 ; HORVATH et coll., 1984 ; CARA/CEMAGREF, 1991). La survie à la fin de la saison peut atteindre 50 % si la quantité de poisson fourrage (alevins de Cyprinidés) est suffisante au moment du déversement. Il est possible de récolter jusqu'à 30 kg/ha de Sandres d'un été (poids moyen : 150-180 g ; Camargue) dans un étang de grossissement pour Carpes, Gardons, Tanches. En étang, avec uniquement des poissons fourrage, on peut espérer des rendements atteignant 100 kg/ha (Sandres de 20 g) (HORVATH et coll., 1984).

Tableau 5 - Alevinage de Sandres (POJOGA I., 1977, modifié).

Quantité de poisson fourrage kg/ha	Nombre de fingerlings introduits N/ha
Moins de 50	900
50 à 90	1500
100 à 140	2200
450 à 200	3200
Plus de 200	4000

Transport

Pour des Sandres de 6 semaines : 200 p. dans un sac de 50 l en polyéthylène avec 20 l d'eau à 0,4 % de NaCl et gonflé à l'oxygène. Le tout est maintenu à l'obscurité et au frais
Durée du trajet : 6-8 heures.(SCHLUMBERGER et PROTEAU, 1991)

4.4.7. PERCHE FLUVIATILE (*Perca fluviatilis*) En.: Perch ; D.: Barsch.

4.4.7.1. Maturation

Lorsque la température de l'eau atteint 10-12°C.

4.4.7.2. Reproduction contrôlée

La femelle accepte sans difficulté de pondre dans de petits bacs (1 m² ; 100 l par couple) pour peu que l'eau soit de bonne qualité et qu'il s'y trouve un support pour déposer sa ponte : touffes de fils synthétiques, brosse, etc.... Du poisson fourrage est nécessaire.
Une période de froid est nécessaire pour que la ponte se déroule ensuite correctement au printemps.

Incubation

Le ruban d'oeufs est transféré délicatement avec son support dans une bouteille d'incubation dont le sommet est préalablement garni d'un tissu à mailles fines (0,1 mm). Cela évite que les oeufs, dont la densité est faible, ou des alevins, ne puissent passer dans le système d'évacuation.

Durée : 130-140°C x j (12°C). Il est préférable que l'éclosion se fasse dans des bacs ou auge.

Autre méthode : la ponte est déposée dans une caisse à parois à mailles fines, flottant en bordure d'un bassin.

Résorption

Environ une semaine. Les alevins transparents et de petite taille sont transférés en bassins spécialement préparés, riches en plancton. A la fin de la première saison, on peut récolter 10 kg de Perches/ha en étang.

Pour en savoir plus, voir GOUBIER et MARCHANDISE, 1990.

4.4.8. BLACK BASS A GRANDE BOUCHE (Micropterus salmoïdes) En.: Black-bass ; D.: Schwarzbarsch.

4.4.8.1. Stockage des reproducteurs

En étang de grossissement pour Carpes. Récupérés lors de la vidange.

4.4.8.2. Maturation

En étang de ponte contrôlée, pendant le printemps. La préparation du nid débute vers 15-16°C. Une abondante nourriture naturelle est nécessaire.

4.4.8.3. Reproduction contrôlée

Le plan d'eau doit avoir un fond et des berges argileuses. Le long de la rive orientée face au Sud sont implantés une série de "boxes" de 1 m² en ciment, brique ou bois ; leur fond est recouvert d'une couche de gravier. L'ouverture vers l'étang est munie d'une rainure où peut coulisser un cadre à grillage fin (ARRIGNON, 1970 ; HUET, 1970 ; POJOGA, 1977). La profondeur d'eau est de 30-40 cm dans les "boxes". Pour 1 ha d'étang, on installe une dizaine de ces nids, et autant de couples de géniteurs.

Dans des étangs à berges naturellement sablonneuses, on peut placer une centaine de reproducteurs par hectare (mâles plus nombreux que les femelles) et environ 50 kg de poisson fourrage (STICKNEY, 1988).

Ponte

Lorsque la température atteint 18°C. La femelle dépose 5 000 à 15 000 oeufs sur les graviers, le mâle assure ensuite seul la garde du nid puis des alevins pendant 2-3 semaines (ARRIGNON, 1970 ; HUET, 1970 ; POJOGA, 1977).

4.4.8.4. Reproduction artificielle

Femelles et mâles peuvent recevoir une injection de 4000 à 8000 UI de HCG/kg, ce qui déclenche la ponte dans les 48 heures si la femelle est parfaitement mature. Les pontes peuvent être récupérées des supports et mises en incubation dans des auges. STICKNEY (1988) précise que si ces méthodes intensives sont utilisées par quelques écloseries aux USA, on leur préfère la méthode naturelle, qui donne d'aussi bons résultats et demande moins de travail.

Incubation

De 130 à 180°C x j à 18°C. (ARRIGNON, 1970 ; HUET, 1970 ; POJOGA, 1977). Les données d'origine américaine indiquent des durées d'incubation plus courtes : 2 jours et demi à 18°C, 2 jours à 28°C (STICKNEY, 1988).

En obligeant le mâle à sortir du "box" de ponte, on ferme l'ouverture et les alevins emprisonnés peuvent être récupérés avant qu'ils ne dépassent 10-12 mm de long. Lorsque la reproduction a lieu dans l'étang même, les juvéniles ne sont récupérés qu'à la vidange d'automne.

La fertilisation de l'étang doit favoriser le développement du plancton pendant tout la saison.

4.4.8.5. Alevinage

Les bassins d'alevinage doivent être abondamment fertilisés, pas trop profonds, avec de la végétation submergée. Après une phase zooplanctonophage, les jeunes Black-bass sont insectivores (à partir de 10-12 mm) avant de devenir ichtyophages (taille : 5 cm). Densité de mise en charge : 30 000 à 50 000 alevins/ha (HUET, 1970 ; ANTALFI, 1979). Le poisson-fourrage nécessaire consiste en alevins de Tanche, Gardon ou Rotengle. La proportion entre jeunes Black-bass et espèces fourrage doit être de 1 pour 2 (ANTALFI, 1979). Cela correspond environ à un déversement de 150 reproducteurs de Gardons plus 6-8 couples de Tanches/ha. La survie en fin d'été peut atteindre 50 %. Rendement : plus de 100 kg/ha (HUET, 1970).

Des densités d'alevinage plus importantes sont possibles (100 000 alevins/ha) mais cela implique de récupérer les juvéniles après 5-6 semaines, de les trier avant de les remettre en élevage (avec du poisson fourrage) jusqu'à la fin de la saison (MARCEL, 1992).

Méthode intensive : les alevins sont placés dans des auges. Leur nourriture consiste en zooplancton jusqu'à la taille de 15-20 mm, puis il devient possible de leur distribuer progressivement des aliments artificiels (STICKNEY, 1988 ; IRRRA, 1992). La mise en charge est de l'ordre de 5 kg de juvéniles/m³ (STICKNEY, 1988). Après accoutumance à la nourriture artificielle, les juvéniles peuvent être transférés en bassins (10 à 20 000/ha) où ils reçoivent un aliment type truitelle (MARCEL, 1992).

4.4.9. SILURE GLANE (*Silurus glanis*) En.: Sheatfish, european Catfish ; D.: Wells, Waller.

4.4.9.1. Stockage des reproducteurs

Pendant la période hivernale, les géniteurs sont stockés à raison de 200 à 300 reproducteurs/1.000 m² pour un renouvellement de l'eau de 100 à 200 l/mn. Il faut leur assurer une bonne alimentation : poisson fourrage représentant environ 5 %/jour du poids des géniteurs (HORVATH et coll., 1984). En étang d'hivernage : même densité. Ajouter 200-300 kg de poisson fourrage bien que l'alimentation soit réduite à basse température (ANTALFI, 1979). Renouvellement continu de l'eau : 100-200 l/min/1 000 m² (HORVATH et coll., 1984).

4.4.9.2. Maturation

Début mars, lorsque la température de l'eau atteint 12 à 15 °C, on sexe les géniteurs .

- mâle : papille génitale aplatie et effilée, face ventrale plus sombre, tête anguleuse, "peigne" sur le premier rayon de la nageoire pectorale.
- femelle : papille génitale plus proéminente et arrondie (HORVATH et coll., 1984).

La seule méthode fiable est l'emploi d'un otoscope (CEMAGREF, 1989).

Les poissons sont maintenus sexes séparés dans des bassins jusqu'à ce que la température de l'eau atteigne 20-22°C. Pendant la phase de maturation, il faut prévoir un apport de poissons fourrage : 30 % de la ration annuelle est consommée en période de maturation, après l'hiver (HORVATH et coll., 1984) ou du poisson découpé en morceaux, la ration quotidienne représentant 2-3 fois le poids des géniteurs (WOYNAROVICH, 1968).

4.4.9.3. Reproduction contrôlée

(Technique hongroise)

En bassins extérieurs (réemploi des bassins d'hivernage après désinfection). Les "nids" de ponte sont préparés, à raison d'un "nid" pour environ 100 m². Chaque nid est constitué d'un trépied d'1,2-1,5 m de haut recouvert de racines de saule sèches. Sous chacun d'eux, le sol est recouvert de roseaux.

Toute végétation naturelle est enlevée. L'étang est mis en eau quand la température se maintient au-dessus de 22°C. Les géniteurs sont introduits dans le bassin à raison d'un couple par "nid" ; les géniteurs doivent être de la même taille. Sex ratio M/F : 1/1. Le renouvellement de l'eau est maintenu à 100 l/mn pour 1 000 m³. La ponte a lieu normalement dans les 2-3 jours suivant le lâcher des adultes, pendant la nuit. Le matin : contrôle des "nids" en soulevant le matelas de roseaux avec un crochet. S'il y a présence d'oeufs, démontage soigneux du "nid" en fin d'après-midi (oeufs très fragiles et sensibles aux chocs mécaniques pendant 12-15 heures après la ponte). Les oeufs et les tiges qui les supportent peuvent être mis en incubation en écloserie (bacs ou bouteilles de Zoug) (HORVATH et coll., 1984) ou placés dans des caisses (1,50 x 0,50 x 0,60 m) à mailles fines (0,5-0,8 mm) à raison de 50 000 oeufs/m² de cage (WOYNAROVICH, 1968). Les cages sont installées à proximité de l'arrivée d'eau dans le bassin. L'éclosion a lieu après 2-3 jours. La première alimentation (zooplancton) se fait dans les caisses ; après 2 jours, les alevins peuvent être transférés dans des bassins d'alevinage.

Ceux-ci sont préparés de la même façon que pour les alevins de Carpe. Densité : 60 000-100 000 vésicules résorbées/ha. Durée : 1 mois. Distribution de nourriture supplémentaire nécessaire (30-40 % de protéines). Ration : 1-2 kg/10 000 alevins (COCHE et BIANCHI, 1979).

En France, cette méthode de reproduction s'est avérée très aléatoire et peu adaptée au contexte socio-économique.

4.4.9.4. Reproduction artificielle

Lorsque la température atteint 20-22°C dans les bassins de maturation, les géniteurs sont récupérés. On débute par les individus montrant le plus nettement leur maturité (souvent ceux de plus petite taille). Pour éviter les blessures lors de combats entre individus matures, il est nécessaire, soit de leur coudre de façon lâche la bouche, en passant un fil dans un trou préalablement percé dans l'os nasal et la mandibule inférieure (WOYNAROVICH, 1968 ; HORVATH et coll., 1984), soit de les stocker individuellement dans des bacs cloisonnés.

- Données bibliographiques

Hypophysation

En injection intrapéritonéale ou intramusculaire dorsale. Femelles : 4-4,5 mg d'hypophyse de Carpe/kg de poids vif. Mâles : 3-4 mg/kg (HORVATH et coll., 1984) simultanément à l'anesthésie pour la suture de la bouche. Chez la femelle, une deuxième injection (4 mg/kg) peut être faite 24 h après la première (MESKE, 1985).

Ovulation

450-480°C x h (à 22-24°C). Même méthode que pour la Carpe miroir : 1-2 mâles sont introduits avec les femelles (gueule cousue). Lorsque l'une d'entre elles manifeste des signes de ponte, elle est récupérée.

Fécondation

Chez les mâles, la récupération des produits sexuels est soumise à deux inconvénients :

- les quantités récupérées par pression abdominale sont limitées et variables suivant les individus ;

- la laitance est toujours plus ou moins diluée par de l'urine ; dans ces conditions, la durée de vie des spermatozoïdes est courte de l'ordre de 40 secondes (LINHART, 1984).

En pratique d'écloserie, il est préférable de collecter la laitance au préalable environ une heure avant le début présumé de l'ovulation chez les femelles, dans une solution d'immobilisation des spermatozoïdes.

Les mâles sont anesthésiés et leur zone anale essuyée. Par pression abdominale, on recueille avec une seringue, de petite quantité de laitance, la moins diluée possible par de l'urine. Pour éviter l'activation des spermatozoïdes, les seringues contiennent, au préalable, 2 ml d'une "solution d'immobilisation" (8 g NaCl + 5 g KCl + 10 g glycine/litre ; JÄHNICHEN, 1992). Dans ces conditions, la laitance peut être conservée au frais quelques heures avant usage.

La quantité d'oeufs recueillis par pression abdominale est plus faible que chez les cyprinidés (20 000-30 000/kg de femelle). Il n'y a pas de risques de surmaturation signalés, mais les meilleurs résultats sont obtenus lorsque les opérations sont programmées pour récolter les pontes en début de matinée (HORVATH et coll., 1984). Les oeufs sont répartis en petites quantités (100-150 g) et fécondés immédiatement avec 2-3 ml de solution de laitance (récupérée par aspiration). Si l'on ne dispose pas d'une quantité suffisante de laitance, on sacrifie un mâle de grande taille et les ovules sont fécondés avec un broyat testiculaire (WOYNAROVICH, 1968 ; HORVATH et coll., 1984). A 100 g d'oeufs, on rajoute 20-30 ml de sérum physiologique dilué au 1/2. On mélange en agitant le récipient (l'emploi d'un ustensile quelconque briserait la coque de l'oeuf à ce stade).

Après quelques minutes, les oeufs sont moins fragiles et peuvent être remués avec une spatule, pendant qu'on rajoute de la solution de fécondation (HORVATH et coll., 1984).

Incubation

Les oeufs sont déversés directement dans les bouteilles d'incubation ; au contact de l'eau, ils s'agglomèrent entre eux ou se fixent à la paroi de la bouteille. Débit : 1 l/min pour une bouteille de 7 litres qui contient moins d'un litre d'oeufs. Environ 15 heures après le début de l'incubation, l'embryogenèse est suffisamment avancée pour que les oeufs puissent être détachés soit avec une sorte de long "coton-tige", soit par un traitement à la protéase alcaline : environ 200 ml d'une solution à 1 % pour une bouteille de 7 litres, pendant 5 minutes, en remuant constamment (WOYNAROVICH, 1968 ; HORVATH et coll., 1984 ; HARSANYI, 1987).

Durée de l'incubation : 50-60°C x jour à 22-24°C.

Des traitements au vert de malachite sont effectués tous les jours (5 g/m^3 pendant 5 minutes).

Environ 10 heures avant l'éclosion, les oeufs doublent de volume. Dès les premières éclosions, le débit d'eau est réduit. Les oeufs éclosent alors en masse ; larves et oeufs fécondés sont siphonnés délicatement (faible aspiration) vers une caisse ($40 \times 60 \times 30 \text{ cm}$) à parois de mailles fines ($0,5 \text{ mm}$). Densité : moins de 20 000 larves. Débit d'eau : 2-4 l/min. Les larves sont maintenues au calme et à l'obscurité pendant la première journée (HORVATH et coll., 1984).

Le taux d'éclosion est très variable suivant les individus, et pour un même individu, entre différents lots d'oeufs incubés de manière identique : 40 à 80%.

Résorption

$70-100^\circ\text{C} \times \text{j}$ à $22-24^\circ\text{C}$ (HORVATH et coll., 1984). Les larves se colorent progressivement et deviennent actives. Une fois le stade du remplissage de la vessie gazeuse passé, les larves peuvent recevoir leur première alimentation, bien qu'ayant encore leur vésicule vitelline. Les individus morts doivent être siphonnés du fond des caisses.

- Méthode CEMAGREF

Références bibliographiques : PROTEAU, LINHART et HENNEQUART, 1990 ; PROTEAU et HENNEQUART, 1991 ; PROTEAU et HENNEQUART, 1992.

Induction de la ponte : deux modes d'induction peuvent être envisagés :

- hypophyseation : une seule injection de 5 mg d'hypophyse de Carpe par kg de poids vif pour les femelles et 2 mg/kg pour les mâles.

- ou une injection combinant 50-100 μg de LH-RH α et 5 mg de Pimozide (ou Reserpine) par kg de poids vif.

- Ovulation : environ 18 heures à 24°C , dans le cas de traitement avec l'hypophyse de Carpe ; environ 35-38 heures, avec le LH-RH. La prolongation de ce délai serait susceptible d'entraîner une augmentation du taux de malformation des larves.

- Fécondation : la laitance est récupérée en premier par aspiration avec des seringues contenant une "solution d'immobilisation" (Composition : pour 1 litre d'eau distillée : 11,6 g de NaCl + 2,4 ml de Tris 20mM ; pH ajusté à 7 par HCl ; SAAD et coll., 1988). Proportions à ne pas dépasser : 1 volume de laitance pour 1 volume de solution d'immobilisation. Conservation possible au frais pendant quelques heures, voire quelques jours.

Les ovules sont recueillis dans des cuvettes sèches par lots de 200 à 300 g environ.

Cent grammes d'ovules sont fécondés avec l'équivalent de 0,25 à 0,4 ml de laitance (tenir compte de la dilution dans la solution d'immobilisation). Puis on rajoute de l'eau d'élevage, de préférence tamponnée à un pH voisin de 7.0 par du TRIS (10 à 100 fois le volume de sperme dilué) pour "activer" les spermatozoïdes et assurer la fécondation. Le mélange de l'ensemble est effectué par agitation de la cuvette (environ 2 min).

C'est à ce stade que peuvent se faire les traitements pour éviter l'agglomération des oeufs après transfert dans les bouteilles de Zoug.

Taux de fécondation : environ 70 à 90 %.

- Incubation :

* en bouteille de Zoug, on peut mettre 300 g d'oeufs pour un volume de 12 l. Débit initial : 0,8 l/mn augmenté après 24 h à 2 l/mn. Lors de la première phase, les oeufs doivent être à peine mis en mouvement par le courant d'eau pour que l'embryogenèse débute correctement.

Durée d'incubation : 55-60 heures à 24°C. 48 heures après le début de l'incubation, les oeufs peuvent être siphonnés délicatement des bouteilles de Zoug vers des cages à mailles fines (0,3-0,5 mm) immergées dans une auge où se fait l'éclosion. Les oeufs sont déposés sur le fond, au centre. Dès le second jour après leur éclosion, les larves, lucifuges à ce stade, se rassemblent dans les coins où il est facile de les récupérer : elles sont alors pigmentées.

Taux d'éclosion : 40 à 80 % des oeufs mis en incubation.

Résorption : dans des auges, à l'abri de la lumière.

Durée : 96 °C x jours à 24°C.

4.4.9.5. Démarrage des larves

- Données bibliographiques

A ce stade, les larves peuvent soit être transférées en bassin extérieur (voir 4.4.1.10 pour préparation) mais avec des risques de mortalités importantes compte-tenu de leur sensibilité aux parasites, soit maintenues en milieu artificiel dans des bacs. Volume : 100-200 l. Profondeur : environ 20 cm. Densité : 50-100 alevins/litre. La nourriture consiste, dans ce cas, en zooplancton, en chair de poisson frais haché de farines pour truitelles, voire de morceaux de vers Tubifex. La ration est étalée sur un plateau sombre. Il est nécessaire de fournir des abris aux alevins (briques ; paquets de tube PVC de petit diamètre) et d'éviter un éclairage important. L'eau est renouvelée en continu (5-8 l/min). Cette phase d'élevage dure 2-3 semaines avec un taux de survie de 90-95 %. La température est d'environ 24°C (HORVATH et coll., 1984). Des traitements réguliers contre l'ichtyophthiriose sont nécessaires : vert de malachite à forte dilution (moins de 0,1 mg/l) ou sel de cuisine (1 kg pour 100 l d'eau). La propreté des bacs est un facteur important. Pour améliorer les résultats, à partir de la 3ème semaine d'élevage, la densité d'alevins doit être réduite à 30 têtes/litre (HORVATH et coll., 1984).

- Méthode Cemagref : alevinage en deux phases.

Première phase : démarrage des larves .

* bassins extérieurs : le transfert direct des larves est possible sur bassins désinfectés, fertilisés, avec nourrissage intensif. La sensibilité des larves vis-à-vis des parasites (*Ichtyophthirius* en particulier) est le gros inconvénient de cette méthode, ainsi que la surveillance de la consommation d'aliment..

Résultats obtenus pour une densité d'alevinage de 10 à 20 V.R./m² : survie : 30 % , I.C. : 1.2 à 1.3 après 70 jours d'élevage. On récupère des lots assez hétérogènes : PMI de 30 à 125 g, voire plus.

* en nourricerie : les premières distributions d'aliments débutent 48 heures après l'éclosion (aliment spécial pour larve Silure) avec distributeur à tapis, toujours dans la pénombre. En bacs, densité : 10 000 VR/m². Ration : 5 à 10% du poids vif par jour.

Les larves se pigmentent rapidement et deviennent très actives après 4 jours. A ce stade, leur transfert est possible dans des cuves cylindroconiques, mais le nettoyage de ces récipients prend plus de temps. Après un mois, leur poids doit normalement être d'environ 1 g. Les alevins sont alors transférés en bassins extérieurs.

Seconde phase :

Un deuxième alevinage est effectué en reformant des lots homogènes (voir ci-dessous).

4.4.9.6. Grossissement à un été

Les alevins âgés de 3 à 4 semaines, issus de bacs d'élevage ou de bassins d'alevinage, sont transférés dans des étangs contenant de préférence des alevins de Carpe argentée ou de Tanche (non compétitrices pour la nourriture naturelle contrairement à la Carpe miroir).

Densité : 1 000 à 5 000 jeunes Silures/ha et 3 000-7 000 Carpes argentées de 5 semaines/ha (HORVATH et coll., 1984), ou 14 000 juvéniles de 1-3 cm/ha avec 2 millions de Carpe miroir au stade vésicule résorbée (JÄHNICHEN, 1992).

Autres possibilités : grossissement en étang à Carpes d'un été, (densité : 100-200 jeunes Silures/ha (HORVATH et coll., 1984) ; grossissement avec géniteurs de Carpe miroir et Tanche : 1 500-2 000 Silures de 3-4 semaines/ha (WOYNAROVICH, 1968).

Méthode CEMAGREF

Le second alevinage est réalisé à partir de lots homogènes d'alevins issus du premier alevinage, sélectionnés parmi les plus gros.

Résultats obtenus en bassins de 5000 m² pour une densité de 10 à 20 juvéniles/m² (PMI 100 à 150 g) : taux de survie : 99 %, poids moyen à la pêche d'hiver : 200 g (I.C. sur la période : 0.7).

Les résultats seront meilleurs si la durée du premier alevinage est limitée à 4 - 5 semaines : le second alevinage peut ainsi être réalisé avec des lots recalibrés plus tôt, ce qui permet une meilleure adaptation des rations alimentaires, et réduit l'hétérogénéité des lots à la pêche d'hiver.

4.4.10. CARPES DE CHINE

- Carpe Amour (*Ctenopharyngodon idella*).

En.: grass Carp, white Amour ; D.: Grassfisch.

- Carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*).

En.: silver Carp ; D.: Silberkarpfen.

- Carpe marbrée (*Aristichthys nobilis*).

En.: big head ; D.: Marmorfischchen.

4.4.10.1. Stockage des reproducteurs

- Carpe Amour : étang à eaux claires et abondante végétation submergée. 100-200 géniteurs/ha avec quelques individus des deux autres espèces.

- Carpe argentée : soit à part en étang fertilisé (environ 50 kg d'engrais azoté/ha), soit en étang de grossissement à Carpe miroir. Densité : 100-150 adultes /ha.
- Carpe marbrée : petit étang à fond de vase épaisse. Fertilisation avec quelques centaines de kg de fumier/ha. Densité : 200 reproducteurs/ha (HORVATH et coll., 1984).

Le renouvellement de l'eau est indispensable dans tous les étangs de stockage. Il est important que les poissons aient à leur disposition toute la nourriture naturelle nécessaire dès le début du printemps : c'est à cette période que se constituent les réserves vitellines de l'oeuf.

4.4.10.2. Maturation

Lorsque la température de l'eau dépasse 20°C. Les femelles ont l'abdomen mou, en particulier près de la papille génitale. Chez les mâles, la face interne des nageoires pectorales devient rugueuse.

Les poissons sont dirigés vers l'écloserie. Leur taille et leur vigueur peuvent rendre les opérations délicates.

4.4.10.3. Hypophysation

- Femelles : 2 injections à 14-24 heures d'intervalle. Première injection : 10 % de la dose, puis 90 %. A 26°C, les injections peuvent être effectuées à environ 6 heures d'intervalle ; à 28°C, une seule injection peut suffire pour provoquer la ponte.

- Mâles : 1 injection, 12-24 heures avant la ponte.

La dose est déterminée en fonction de la circonférence du corps du géniteur (Tableau 6). Chaque injection est réalisée avec 1 ml de sérum physiologique. Les poissons sont placés dans une eau à 22-23°C pour la Carpe Amour et la Carpe argentée, à 23-26°C pour la Carpe marbrée (HORVATH, 1978a ; WOYNAROVICH et HORVATH, 1981).

Tableau 6 - Quantités de broyat hypophysaire à injecter en fonction de la taille des Carpes de Chine (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981 ; HORVATH et coll., 1984).

Périmètre corporel du géniteur (cm)	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62
Dose d'hypophyse (mg/kg)	3	3.2	3.5	3.7	4	4.2	4.5	4.7	5	5.2	5.5	5.7	6

4.4.10.4. Ovulation

Les géniteurs sont maintenus au calme. L'ovulation a lieu après 210-220°C x h pour la Carpe Amour et la Carpe argentée, à 235-245°C x h pour la Carpe marbrée. Teneur minimum en oxygène dissous : 6 mg/l. Débit équivalent à 4 l/min/géniteur (HORVATH, 1978a ; HORVATH et coll., 1984).

4.4.10.5. Fécondation

Les ovules doivent être recueillis sans délai, sous peine d'être surmatures et devenir infertiles. Ovules et laitance sont donc recueillis simultanément. A un litre d'ovules on ajoute 10 ml de laitance provenant de plusieurs mâles. De l'eau propre est rajoutée pour la fécondation.

Après plusieurs rinçages, les oeufs gonflent fortement. Après environ 10 minutes, ils peuvent être mis en incubation. Une femelle produit 60 000 à 80 000 oeufs/kg. On déverse environ 50 ml d'oeufs par bouteille de Zoug de 7-9 litres.

4.4.10.6. Incubation

Durée : 24-32 heures à 22-24°C. Traitement au formol : 1 ml/bouteille 4 fois par jour. Après quelques heures, le volume initial des oeufs est multiplié par 50 ou 100. Les oeufs sont très fragiles et sensibles aux chocs mécaniques. Pendant 8-10 heures après la mise en incubation, le débit dans les bouteilles est limité à environ 0,2 l/min. Puis le débit peut être augmenté à 0,7-0,8 l/min. Les oeufs morts qui s'accumulent en surface doivent être siphonnés régulièrement (HORVATH et coll., 1984).

4.4.10.7. Eclosion

Dès l'apparition des premières larves, l'éclosion est facilitée par addition de protéase alcaline (1,5 g par bouteille de 7-9 l) qui dissout la coque des oeufs.

4.4.10.8. Résorption

Durée : 60-70°C x jour.

Les larves sont transférées dans des cuves cylindro-côniques pendant 4-5 jours. Densité : 100 000 larves/100 litres. Lorsque les larves nagent horizontalement, elles sont prêtes à consommer leur première nourriture. Celle-ci est constituée d'une suspension de jaune d'oeuf cuit ; ration : environ un oeuf pour un million de larves, toutes les 2-3 heures (HORVATH et coll., 1984).

4.4.10.9. Alevinage

Les larves sont ensuite transférées en bassin d'alevinage préparé de la même manière que pour la Carpe miroir. La densité de mise en charge est plus élevée (300-500 alevins/m²). Il est nécessaire de distribuer une nourriture supplémentaire plus abondante.

Après trois semaines, les alevins sont placés en étang de grossissement. Les poissons sont débarrassés de leurs parasites par un bain rapide dans une solution de sel de cuisine à 10 g/l.

4.4.10.10. Traitement sanitaire des reproducteurs

Afin d'enrayer la mort survenant sur bon nombre de reproducteurs après le stress de manipulation, il peut être intéressant d'administrer un traitement aux antibiotiques et sulfamides, en sus d'une bonne alimentation préalable (Cf. chapitre pathologie).

Tableau 7 : Taux de réussite (%) des différentes étapes de la production suivant les espèces (HORVATH et coll, 1984 ;modifié)

	Maturation des géniteurs après hypophysation	Oeufs fécondés	Survie des larves à la prise d'air	Survie des larves à 3-4 semaines en bassins	Survie des alevins après une saison en étang
Carpe Miroir	60 - 90	80 - 95	90 - 95	50 - 60	20 - 60
Carpe Amour	60 - 80	70 - 90	80 - 90	70 - 90	65 - 85
Carpe Argentée	60 - 80	70 - 90	80 - 90	70 - 90	65 - 85
Carpe Marbrée	60 - 90	70 - 95	80 - 90	70 - 90	65 - 85
Tanche	60 - 70	80 - 90		20 - 30	10 - 30
Brochet	70 - 90	50 - 80	75 - 90	5 - 90	10 - 30
Sandre	70 - 90	90 - 95	80 - 90	15 - 60	30 - 50
Silure	70 - 80	70 - 90	60 - 90	50 - 60 (en bac : 80)	30 - 50

CHAPITRE V - ALIMENTATION

Les poissons doivent trouver dans leur nourriture de quoi couvrir leurs besoins nutritifs, en quantité et en qualité : protéines, lipides, glucides, vitamines, sels minéraux et énergie.

Un minimum d'énergie doit être présent dans l'aliment pour aider à sa digestion et son assimilation. Une nourriture trop peu énergétique entraînera progressivement la mort du poisson qui aura épuisé ses réserves corporelles, tout en consommant avidement l'aliment (SCHLUMBERGER O., 1978).

L'emploi d'aliments artificiels est cependant exceptionnel en pisciculture d'étang classique, où la croissance du poisson est basée sur les ressources alimentaires naturelles disponibles dans le milieu : végétaux supérieurs ou algues, zooplancton, larves et adultes d'insectes, crustacés, autres poissons.

La distribution en continu d'une nourriture chère (aliment complet) ne se justifie que si le poisson produit a une valeur marchande élevée (alevins ou juvéniles ; individus de taille marchande).

Pour en savoir plus sur ce chapitre voir LUQUET et KAUSHIK, 1980 ; DABROWSKY et coll, 1986 ; BARNABE, 1992

5.1. BESOINS ALIMENTAIRES DES POISSONS

Des études détaillées n'ont été réalisées que sur peu d'espèces en eau douce : Salmonidés, Carpes, Tilapias, Clarias (siluridé africain).

Quelle que soit la nourriture du Poisson (proies vivantes, granulés), celle-ci doit contenir suffisamment d'énergie pour couvrir les besoins du métabolisme de base (respiration, excrétion), ainsi que ceux nécessaires à la nage et à la croissance. Ces besoins étant couverts dans cet ordre de priorité, l'énergie restante peut être utilisée pour les besoins de la reproduction (formation des gonades).

L'énergie de l'aliment n'est disponible qu'après ingestion, digestion puis assimilation de la nourriture par le Poisson.

Cet aspect énergétique se double d'un aspect qualitatif : l'aliment doit contenir une certaine quantité de protéines, de lipides et de glucides.

Les protéines sont assimilées à environ 90% et fournissent environ 4,5 kcal d'énergie nette/gramme. A la différence des Mammifères, les Poissons utilisent directement les protéines ingérées pour leurs besoins énergétiques, en plus de ceux de croissance, même pour les espèces omnivores ou "herbivores" (Carpe Amour). En alimentation artificielle, on cherche à éviter ce gaspillage en jouant sur la richesse en énergie de l'aliment et sa teneur en lipides et glucides qui doivent être utilisés préférentiellement pour couvrir les dépenses énergétiques. Dans ces conditions, l'essentiel des protéines peut être fixé par l'organisme (= croissance).

D'une manière générale, les protéines d'origine animale (farine de poisson) sont mieux assimilées que celles d'origine végétale, à moins que ces dernières ne subissent un traitement particulier (cuisson, extrusion).

Les nutritionnistes cherchent à éviter cette dépendance vis à vis des farines de poisson et diversifient les sources de protéines utilisables pour la formulation des aliments (par exemple : foie et levures pour les aliments larves de l'INRA).

Les acides aminés essentiels (AAE) dont la synthèse n'est pas assurée par l'organisme sont les même que chez les Volailles et les Mammifères (arginine, histidine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine). Par contre, les besoins quantitatifs en AAE sont 2 fois plus élevés chez les Poissons que pour les autres groupes de Vertébrés.

Les aliments artificiels contiennent de 30 à 50% de Protéines, voire plus (cas des aliments larvaires).

Les lipides sont une source d'énergie importante (8 kcal d'en. nette/gramme) ; leur taux d'assimilation dépend de leur origine (huiles de poisson de préférence à des graisses animales). Pour les poissons d'eau douce, les acides gras à chaîne courte et poly-insaturée (acides oléique, linoléique et linolénique) sont nécessaires. La teneur en lipides dans l'alimentation artificielle des Poissons est limitée par des problèmes de conservation (rancissement) et de tenue des granulés. En pratique, les teneurs sont de l'ordre de 5 à 15%.

Les glucides sont peu abondants dans l'alimentation naturelle des Poissons qui n'ont pas les enzymes nécessaires à leur digestion. Ils fournissent en moyenne 1,6 kcal d'en. nette/gramme si l'amidon prédomine, 4 kcal/gramme dans le cas du glucose, mieux assimilé, et aucun apport d'énergie dans le cas de la cellulose.

Il n'existe pas de besoins qualitatifs en glucides ; les besoins quantitatifs (en glucides assimilables, comme l'amidon précuit) permettent d'éviter que les protéines (chères) ne soient utilisées pour les besoins énergétiques ("épargne protéique"). Les teneurs dans les granulés sont de quelques %.

Les vitamines liposolubles A, D, E, K, ainsi que la biotine (vitamine H), et celles du groupe B sont nécessaires. Les résultats des expérimentations concernant la détermination des besoins en vitamine C ont montré que celle-ci était également nécessaire aux Poissons.

L'alimentation joue un rôle plus particulièrement important :

- chez les alevins,
- chez les géniteurs.

5.2. ALIMENTATION DES ALEVINS

La période cruciale se situe à la fin de la phase de résorption vitelline, lorsque l'alevin doit commencer à se nourrir par lui-même (exotrophie), ayant épuisé ses réserves de vitellus. Ce passage à la nourriture naturelle est progressif : pendant un temps plus ou moins bref, l'alevin aura une alimentation mixte (vitellus + plancton). Tout alevin, quel que soit le régime alimentaire de l'adulte, commence par être planctonophage.

5.2.1. ALIMENTATION NATURELLE

Trois facteurs sont primordiaux pour assurer une bonne transition alimentaire au jeune alevin :

- la densité du plancton (facilité de capture),
- la taille du plancton (adaptée aux dimensions de la bouche).
- la qualité du plancton du point de vue nutritif.

Le plancton végétal n'est pas consommé (dimensions trop petites ; pauvre en protéines) ; les proies de base sont les Rotifères (0,1 mm environ), éventuellement les grands Protozoaires (Paramécies). Le nombre et la taille des organismes zooplanctoniques consommés augmentent progressivement jusqu'à ce que ce type d'alimentation ne satisfasse plus les besoins alimentaires (la quantité d'énergie fournie par la proie devient trop faible par rapport aux dépenses énergétiques de capture). L'alevin change alors de type de nourriture, avant d'avoir le même régime alimentaire que ses parents, 4-8 semaines après son éclosion. Au cours de chacune de ces "écophases", l'alevin occupe une position différente dans le réseau trophique de l'étang

Les meilleurs résultats en taux de croissance et survie sont obtenus avec la nourriture naturelle, à condition que pendant chaque écophase le jeune poisson trouve dans le milieu le type de nourriture qui lui est alors nécessaire en abondance, même si les alevins de certaines espèces (Carpe miroir, Silure) acceptent dès le début un aliment artificiel.

Cette évolution parallèle âge/taille de l'alevin et type de nourriture est très bien réalisée dans le cas des bassins ou des petits étangs préparés selon la méthode mise au point par les hongrois, à l'origine pour la Carpe miroir (voir 4.4.1.10). Le même procédé peut être appliqué pour l'alevinage de toutes les espèces de poissons d'étang, tant que leur régime alimentaire reste planctonophage. On constate, dans de tels bassins, qu'au bout de 3-5 semaines la croissance d'alevins de Carpe miroir tend à plafonner en dépit de l'abondance de nourriture disponible (LANOISELEE, 1984). A ce stade, c'est la forte densité d'alevins, passés à un régime benthophage, qui devient inhibitrice de la croissance, et les jeunes poissons doivent être transférés à plus faible densité dans un autre plan d'eau.

**Tableau 8 - Evolution du régime alimentaire de quelques alevins
(BALVAY, 1980 ; 1983).**

	Carpe miroir omnivore	Carpe argentée phytoplanctono phage	Brochet carnivore	Sandre carnivore
Zooplancton	Alevins jusqu'à 18 - 20 mm	Alevins jusqu'à 15 - 18 mm	Alevins jusqu'à 17 - 20 mm	Alevins jusqu'à 10 - 12 mm
Faune benthique	Alevins à partir de 20 - 23 mm			Alevins à partir de 12 mm
Phytoplancton		Alevins à partir de 18 - 20 mm		
Insectes	en complément du benthos		Alevins de 20 - 30 mm	
Poissons			Alevins de plus de 35 - 40 mm	Alevins de plus de 35 - 40 mm

5.2.2. ALIMENTATION ARTIFICIELLE

Les aliments qu'il est possible d'apporter aux alevins, en particulier ceux de Cyprinidés (mélange d'oeufs et de farine, farine de soja, oeuf micro-encapsulé), sont consommés à titre de complément de la nourriture naturelle. Ils ne peuvent être employés en tant qu'unique source de nourriture plus de quelques jours sans entraîner des mortalités dues à des carences alimentaires.

Dans certaines conditions (par exemple en cas d'expérimentation, en écloserie,...) les alevins de Carpe miroir, Carpe argentée, Carpe marbrée, Gardon, Tanche, éventuellement Silure, peuvent être élevés en milieu artificiel avec des aliments disponibles sur le marché.

A la température optimale de croissance, les rations passent de 8-10 % du poids vif/jour en 4-6 repas à 3-4 % du poids vif/jour à la fin de la première saison.

5.3. ALIMENTATION DES GENITEURS

Schématiquement, il convient de considérer que les besoins énergétiques pour la reproduction (gamétogénèse, constitution des réserves vitellines) sont les derniers à être satisfaits après les besoins d'entretien, de nage et de croissance .

En conséquence, il est dans l'intérêt du pisciculteur de veiller à ce que les géniteurs dont il dispose aient en permanence, même pendant l'hiver, une nourriture satisfaisante. Dans le cas de géniteurs de Carpe miroir, par exemple, l'alimentation devra être relativement plus riche en protéines au printemps : une supplémentation avec un peu d'aliment pour truites (ration : 2 % du poids vif/jour ; éviter les céréales) permettra de disposer de géniteurs en parfaite condition pour la période de reproduction.

5.4. GROSSISSEMENT DES CARPES MIROIR

Bien que la croissance des Carpes destinées à la consommation soit améliorée par la distribution de céréales, cet apport de nourriture supplémentaire ne prend toute son efficacité (meilleur taux de transformation : 2,5 au lieu de 5) que lorsque la production naturelle de l'étang a été poussée à son maximum par fertilisation, voire même l'usage de la polyculture (Carpe miroir + Carpe Amour + Carpe argentée + Tanche + un omnivore).

Les Hongrois (HORVATH et coll, 1984) ont en effet montré que dans le cas d'une monoculture de Carpe miroir, la production naturelle initiale pouvait être doublée par fertilisation et amendement, puis doublée encore une fois par la distribution de nourriture supplémentaire (céréales). Par contre, en polyculture (Carpe miroir + Carpes de Chine), la fertilisation permet à elle seule de multiplier par 5 à 7 les rendements initiaux de 100-200 kg/ha en Carpe miroir.

En conséquence, le grossissement de la Carpe et des Cyprinidés en général, doit être basé avant tout sur la nourriture naturelle dont le développement est favorisé par des fertilisations régulières. Cette nourriture naturelle est en effet la moins coûteuse et la mieux utilisée par les poissons, comparée aux céréales et aux aliments artificiels.

L'élevage intensif de la Carpe miroir sur aliment artificiel n'a pas encore démontré sa rentabilité en France.

5.5. ALIMENTATION INTENSIVE DU SILURE EN ETANG

Cette méthode d'élevage se développe progressivement en France. On a observé des cas de "syndrome de rupture intestinale" liés apparemment à une suralimentation. Le tableau 9 indique les taux de nourrissage conseillés.

Tableau 9 : Taux de rationnement pour le Silure glane en milieu extérieur.
établi d'après les données CEMAGREF avec de l'aliment à 42.5 % de protéines.

Ration journalière en % du poids vif

	Poids moyen 80 - 100 g	Poids moyen 100 - 250 g	Poids moyen 250 - 400 g	Poids moyen 400 - 620 g	Poids moyen 620 - 1200 g	Poids moyen 1200 - 2000 g
Température						
9°C et moins*	1 %	1 %	0.5 %	0.5 %	0.5 %	0.5 %
10 - 13 °C	2 %	2 %	1 %	1 %	1 %	1 %
14 - 19 °C	3 à 4 %	3 %	2 à 2.5 %	2 %	1.5 %	1.5 %
20 - 25 °C	4.5 à 5 %	3.5 à 4 %	3 %	2.5 %	2 à 2.5 %	2 %
26 - 30 °C	5 à 5.5 %	4 %	3.5 %	3 %	2.5 %	2 %

* ne nourrir qu'un jour sur 2, voire 1 jour sur 3 si la température est basse.

5.6. DISTRIBUTION DE CEREALES ET ALIMENTS COMPLETS

En cas de nourrissage de cyprinidés, les céréales sont distribuées en fonction de la consommation, tous les jours ou un jour sur deux. La ration doit être consommée dans les 3-4 heures. La distribution peut se faire suivant des lignes partant du moine. La méthode de nourrissage par "points" entraîne rapidement la formation de dépressions dans le fond de l'étang par l'action de fouille des poissons, ce qui est source de difficultés lors de la vidange et de la pêche. La profondeur de l'eau sur ces secteurs doit être d'au moins 80 cm pour éviter l'utilisation des céréales par les oiseaux (canards, hérons).

Méthodes de distribution :

Des postes de nourrissage fixes, plateaux submergés fixes ou sur parallélogramme déformable, auges en maçonnerie (6 à 8 pour 15 ha) accessibles depuis la berge, ont été utilisés avec succès dans les étangs de grossissement (SCHLUMBERGER, 1981a). Suivant l'intensification, le nombre de postes de nourrissage peut atteindre 5-6/ha (HARSANYI, 1987 ; HOFMANN et coll, 1986). Des granulés flottants, comme il en est proposé actuellement, peuvent être distribués par "points" dans des cadres flottants, ce qui évite leur dispersion.

- distribution en self-service :

Les mouvements d'une tige-pendule provoqués par les poissons provoquent la chute d'une certaine quantité de granulés. Ce système doit permettre à un poisson de disposer de la ration qui lui convient compte-tenu essentiellement de la température de l'eau. En fait, on constate souvent que quelques individus dominants exploitent à leur profit ce dispositif, au point que leurs congénères ont des difficultés pour y accéder.

Dans certains cas, l'agitation de l'eau peut être suffisante pour entraîner le pendule et vider la trémie en peu de temps. La mise en place d'un manchon partiellement immergé autour de la tige (tronçon de tube de PVC), permet de résoudre le problème.

Localement, on a vu des canards utiliser efficacement un tel dispositif ; quelques mètres de grillage plongeant de 40-50 cm sous la surface de l'eau tiennent à l'écart ces "pique-assiettes".

Des dispositifs électroniques assujettis aux pendules, permettent de n'accepter de demandes de nourriture qu'à certaines périodes de la journée, ou d'éviter le gaspillage d'aliment quand des poissons "jouent" avec la tige (voir dossier dans Aqua Revue N° 42, 1992). En contre-partie, il faut disposer d'une source d'énergie électrique.

- distribution automatisée avec trémie :

A l'exception de ceux équipés de panneaux solaires, ces appareils nécessitent la proximité d'une source de courant électrique. Leur contenance est souvent très importante. La distribution peut être programmée (nombre de distributions/jour, durée de chaque distribution, secteur et distance de dispersion des granulés). La répartition des granulés sur une grande surface évite l'apparition d'individus dominants, d'où une croissance plus homogène des lots.

CHAPITRE VI - PATHOLOGIE : IDENTIFICATION ET TRAITEMENT DES PRINCIPALES MALADIES DES POISSONS D'ETANG

6.0. INTRODUCTION

Une "maladie" au sens large se détermine par les faits suivants :

- l'anomalie se voit, se répète (plusieurs individus atteints) et se prolonge, entraînant des pertes significatives,
- un contrôle physico-chimique et biologique permet d'exclure une mauvaise qualité de l'eau ou de l'aliment (sinon, il s'agit d'un "accident"),
- un agent pathogène (connu ou inconnu) est isolé.

Une maladie est "infectieuse" quand son agent se multiplie sur (ou dans) l'hôte : cas des viroses, de nombreuses bactérioses, de certaines parasitoses.

Une maladie est "contagieuse" quand son agent se transmet directement ou indirectement de sujet porteur à sujet sain (nombreux parasites et microbes).

A propos de la pathologie des Poissons, il est indispensable de se référer à KINKELIN et coll, 1985.

6.1. LES STRESS

Stress : somme des réponses physiologiques d'un organisme cherchant à maintenir ou rétablir son équilibre métabolique à la suite d'une modification anormale (souvent brutale) du milieu où il vit.

Pour en savoir plus, voir SMITH, 1982 ; THOMAS, 1990 ; PICKERING, 1991

Origine

Le stress, qui peut avoir des origines très diverses, abaisse le seuil de résistance de l'organisme et facilite l'attaque d'agents pathogènes.

-stress d'origine physico-chimique : dans un étang recevant une fumure organique importante, il peut y avoir, par temps chaud, de faibles teneurs en oxygène dissous et des concentrations anormales en ammoniacale. La conséquence sera une apparition de maladies branchiales ;

- stress dû aux conditions d'élevage : le maintien de poisson à des densités élevées facilite l'apparition de maladies (virales, bactériennes, parasitaires). D'une part, le poisson est perturbé par la présence d'un grand nombre de ses congénères dans un espace confiné et d'autre part, la transmission de l'agent infectieux d'un poisson à l'autre se trouve largement facilitée.

Des manipulations répétées ou un transport, un changement brusque de température, une période de sous-alimentation, sont autant de causes qui fragilisent le poisson vis-à-vis des maladies et des parasites. L'apparition de l'ensemble virémie printanière/érythrodermatite de la Carpe, qui provoque trop souvent des pertes importantes au printemps dans les piscicultures, peut être totalement évitée en pratiquant un nourrissage hivernal complémentaire (SCHLUMBERGER, 1980 ; 1981a, DEMAEL, 1989).

Les réactions physiologiques

Chez les Poissons, un stress va provoquer à la fois des réactions à court terme et d'autres à plus long terme.

- A court terme, dès le début du stress, et pendant toute sa durée, sous le contrôle probable du système nerveux sympathique, il y a sécrétion de catécholamines (épinéphrine et norépinéphrine) par le système nerveux puis par le rein antérieur.

Les effets sont les suivants : accroissement des rythmes cardiaques et respiratoires, avec mobilisation des réserves énergétiques (glycogène hépatique). Ces réactions ont pour but de faciliter la survie du poisson en conditions difficiles. Il y a aussi probablement arrêt du transit intestinal.

Conséquences pratiques :

- nécessité d'un milieu bien oxygéné (respiration),
- transport dans une eau à 3-5 g NaCl/litre pour réduire les dépenses énergétiques d'osmorégulation. Cette activité membranaire (branchies, reins) consomme environ 30 % des besoins énergétiques d'un poisson d'eau douce.
- mise des poissons à jeun au préalable

- Avec un peu de retard par rapport au début du stress, il y a sécrétion de cortisol également par le rein antérieur. Celle-ci peut se prolonger pendant de longues périodes, sous l'influence d'ACTH, eux-mêmes produits par l'hypophyse qui a été stimulée par le système nerveux sympathique. Cette chaîne de réactions est plus lente ; la production de cortisol n'atteint son maximum qu'après plusieurs dizaines de minutes, même si la cause du stress a disparu.

Les effets retard sont les suivants :

- * mobilisation des protéines musculaires pour maintenir les réserves énergétiques (glycogénogenèse),
- * augmentation de la perméabilité cellulaire,
- * déficience des mécanismes assurant l'osmorégulation (le maintien de l'intégrité du milieu intérieur des Poissons n'est plus assuré) et déminéralisation de l'organisme,
- * sensibilité accrue aux agents pathogènes (bactéries, virus) due à la chute des défenses immunitaires de l'organisme.

Ces effets sont donc globalement négatifs vis à vis de l'intégrité physique du poisson, et de sa survie.

Conséquences pratiques : sachant que le Calcium a un certain effet inhibiteur vis à vis du cortisol, après pêche et transport, un Poisson se rétablira mieux s'il se trouve dans une eau bien minéralisée, riche en Calcium (plus de 50 mg/litre). Les difficultés rencontrées pour stocker après transport une espèce comme le Sandre, sont essentiellement dues à la qualité de l'eau du milieu d'accueil, pauvre en Ca et en sels minéraux en général (eau "douce").

Pour plus de précisions sur les questions de transport des poissons et de qualité d'eau, voir BERKA, 1986.

Les remèdes

Le meilleur moyen de ne pas avoir de maladies dans un élevage, que ce soit d'origine virale, bactérienne ou parasitaire, est d'appliquer des mesures préventives :

- limitation des stress en maintenant de bonnes conditions de vie dans le milieu : qualité de l'eau, densité de poissons, alimentation correcte en quantité et qualité.
- désinfection régulière du matériel et des installations,
- traitement préventif des poissons après chaque manipulation, et chaque fois qu'un lot arrive dans la pisciculture,
- diète préalable à toute manipulation.

6.2. TYPES D'AGENTS PATHOGENES

- Agent survivant peu de temps et mal hors du corps du poisson. Exemple : les virus ; le stade infectieux d'*Ichthyophthirius* ("maladie des points blancs"). Action : traitement préventif dans le milieu extérieur sur les tomites libres et non sur les poissons.

- Agent survivant facilement dans le milieu, soit comme saprophyte (certaines bactéries, champignon *Saprolegnia* sur déchets organiques), soit grâce à des formes de résistance ou de durée (bactéries, oeufs de Crustacés parasites : Lernée, Argule). Intervention : la désinfection du milieu d'élevage lui-même est la seule efficace (assec + chaux vive ; ammoniums quaternaires pour petits bassins, chloramine, formol).

- Agent fixé sur le poisson, et libérant ses oeufs dans le milieu (Lernée, *Tracheliastes*). Intervention : élimination de tous les poissons atteints (chaux vive), désinfection du milieu (assec), puis réempoissonnement avec des individus en bon état et traitement systématique avant déversement avec formol + vert de malachite ou chloramine + vert de malachite.

- Agent transmis par un organisme vecteur : un parasite externe (Sangsue, Argule...) assure la conservation de virus, bactéries.... Intervention : élimination du "vecteur biologique".

- Agent à cycle complexe nécessitant la présence d'un hôte intermédiaire (cas des Trématodes digéniens, des Cestodes : bucéphalose, bothriocéphalose). Intervention : interruption du cycle biologique de l'agent par élimination de l'hôte intermédiaire (crustacé planctonique, mollusque).

La plus ou moins grande virulence d'un agent pathogène (virus, bactérie, champignon, parasite) est conditionnée à la fois par :

- le pouvoir infectant de l'agent au moment considéré (virulence de l'agent),
- la densité d'agents infectieux dans le milieu (conditions environnementales),
- le degré de réceptivité de l'organisme du poisson qui dépend de son état physiologique du moment (prédisposition de l'hôte).

6.3. METHODES DE CONTROLE

L'observation directe des poissons permet déjà de repérer les individus malades d'après :

- * leur comportement (à l'écart du groupe, nage difficile, apathie, respiration haletante).
- * leur aspect ("voile" bleuâtre sur le corps par sécrétion excessive de mucus, touffes d'aspect cotonneux de Champignons, nageoires abîmées, zones d'hémorragies, abdomen gonflé, organismes étrangers du type Sangsue ou Crustacé,...).

Avec un minimum d'équipement (pincettes, scalpel, lames et lamelles, petit microscope ; voir matériel en *annexe 7*) le non spécialiste peut effectuer des contrôles élémentaires sur le poisson, à partir de prélèvements faits sur la peau et les branchies (sur des animaux fraîchement tués).

Des prélèvements de mucus, effectués sur le dos ou les nageoires, puis placés entre lame et lamelle avec une goutte d'eau, permettent déjà de vérifier la présence ou non de la majorité des parasites indiqués.

L'examen des branchies est un peu plus délicat et se fait en plusieurs étapes :

- * examen de la branchie en place, après enlèvement de l'opercule. Couleur rouge, pas d'hémorragies, pas de corps étrangers présents (petits Crustacés ?) ; un peu de vase ou des grains de sable ne sont pas anormaux ; bord de la branchie de forme régulière.

* prélèvement de quelques lamelles branchiales et examen à grossissement 10x minimum. Présence d'anomalies : corps allongés mobiles (Vers) ou arrondis (Ciliés) ; filaments ramifiés (Champignon) ou non (Cytophagales) ; zones d'hémorragies ; éventuellement bulles d'air dans les vaisseaux sanguins (sursaturation gazeuse). L'aspect général des lamelles branchiales peut donner des indications utiles : présence d'un mucus épais formant un manchon (qualité de l'eau, microparasites) ; disparition des lamelles ne laissant que la lame osseuse de support (forte atteinte parasitaire).

6.4. PARASITES

En cas d'attaques par des parasites ,les jeunes poissons seuls flottent en surface.

6.4.1. PARASITES SUR LA PEAU

(Voir Fig. 14)

6.4.1.1. Sangsue

(1-3 cm) genre *Piscicola*, Annélide, Hirudiné.

Adhère à la peau : visible sur tout le corps. Vit aux dépens de l'hôte en aspirant son sang. En grand nombre, peut entraîner la mort du poisson par anémie. Risque d'inoculer à l'hôte des parasites sanguins ou des maladies. Le poisson peut se blesser en cherchant à se débarrasser de ce parasite en se frottant sur des tiges de végétaux durs, des pierres.... Toutes les blessures peuvent s'infecter secondairement.

Intervention

- "Dipterex 80" ; "Neguvon" : 0,2-0,5 g/m³ en bassin (détruit simultanément tout le plancton et les Arthropodes de façon générale : Insectes, Crustacés).
- Formol : 0,25 l/m³ - bains de 10-15 minutes.
- Sel de cuisine : 15 g/l - bains de 15 minutes ou plus, 25 g/l - bains brefs (surveiller le comportement des poissons).

6 4.1.2. Lernée

(5-20 mm) *Lerne* sp., Crustacé. Espèce voisine : *Tracheliastes*.

L'adulte s'enfonce partiellement sous l'épiderme du poisson, une partie du corps restant visible à l'extérieur (aspect d'un filament plus ou moins épais, portant éventuellement des sacs d'œufs). Provoque une irritation localisée et un site propice à des infections secondaires (champignons, bactéries...).

Intervention

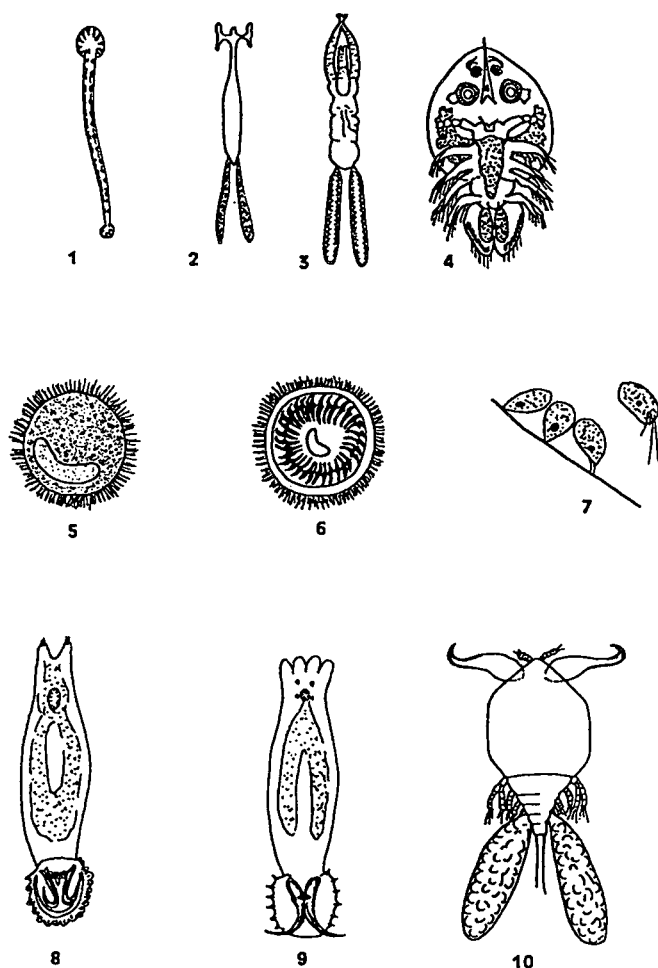
- "Dipterex 80" ; "Neguvon" : 0,2-0,5 g/m³ en bassin (détruit simultanément tous les autres Arthropodes, y compris le zooplancton).
 - Formol : 0,25 l/m³ - bains de 10-15 minutes.
- Ces produits ne permettent pas réellement d'éliminer le parasite, profondément ancré dans le corps du poisson. Seule action efficace : destruction des poissons infectés (chaux vive) et mise en assec du plan d'eau, avant réempoissonnement avec des individus en bon état.

6.4.1.3. Argule

(3-5 mm) "Pou de la Carpe" : *Argulus* sp., Crustacé.

Vit plaqué sur l'épiderme de l'hôte. Son rostre piqueur lui permet de se nourrir du sang du poisson en lui perçant la peau. Sa présence provoque une irritation. Les points de piquûre sont des sites pour des infections secondaires.

Fig 14 : Principaux parasites des Poissons d'étang
dessins : SCHLUMBERGER, CEMAGREF



- * Sur la peau : 1 *Piscicola geometra* (Sangsue ; 1-3 cm).
 2 *Lerneae* sp. (Crustacé ; 5-20 mm).
 3 *Tracheliastes* sp. (Crustacé ; 5-20 mm).
 4 *Argulus* sp. (Crustacé ; 3-5 mm)
 5 *Ichthyophthirius* sp. (Cilié ; diam. : 0,2-1 mm).
 6 *Trichodina* (Cilié ; diam. : 0,05 mm).
 7 *Costia* (Flagellé ; 0,01-0,02 mm).
 8 *Gyrodactylus* (Trématode ; 0,5-1 mm).
- * Sur les branchies : 9 *Dactylogyrus* (Trématode ; environ 0,5 mm).
 10 *Ergasilus* (Crustacé ; environ 1 mm).

Intervention

- "Dipterex 80" ; "Neguvon" : 0,2-0,5 g/m³ en bassin.
- Formol : 0,25 l/m³ - bains de 10-15 minutes.
- Sel de cuisine : 15 à 25 g/l - bains brefs (surveiller le comportement des poissons).

6.4.1.4. Gyrodactylus

(0,5-1 mm) Monogène.

Se fixe sur la peau et les branchies du poisson par crochets et ventouses. Se nourrit de l'épiderme de l'hôte ; provoque une irritation importante s'il est abondant. Par réaction, la sécrétion de mucus est augmentée : les poissons atteints sont couverts d'un mucus épais, translucide. Les nageoires peuvent être plus ou moins détruites, les écailles hérissées.

Contrôle

Ce parasite translucide est visible à la loupe sur un prélèvement de mucus.

Intervention

- "Dipterex" ; "Neguvon" : 0,5 mg/m³ - deux fois par semaine.
- Attention, ces produits sont dangereux pour les carnassiers.
- Formol : 1 l/m³ - bains de 15 minutes.

6.4.1.5. Ichtyophthiriose

"maladie des points blancs" Parasite : *Ichtyophthirius*, Cilié.

Le parasite (jusqu'à 1 mm de diamètre) pénètre et s'enkyste sous l'épiderme, provoquant l'apparition d'un "point blanc". Effet irritant ; présent en grand nombre, peut affaiblir le poisson. Atteint également les branchies. Dangereux pour les alevins. Cycle de reproduction très rapide à température élevée. Les traitements ne sont efficaces que contre les formes libres infectantes du parasite.

Intervention

- Formol : 0,25 l/m³ - bains de 10 minutes à 1 heure
- En bassin : 0,02 l/m³, deux fois par semaine
- Vert de Malachite : 1 g/m³ en bassin, deux fois par semaine.
- 0,1 g/m³, en bain pendant 1 heure, deux fois par semaine (en particulier pour Silures de plus de 4 cm)
- ou formol + vert de malachite : pour 1 m³ = 25 ml d'une solution mère (1l de formol + 4 g de vert de malachite).

6.4.1.6. Trichodina

(0,05 mm) Cilié.

Parasite de forme lenticulaire, vivant fixé à la peau. Petite taille. Dangereux pour les alevins.

Contrôle

Visible au microscope (x 100) sur raclement épidermique. En cas de prolifération, le poisson sécrète un mucus abondant (aspect bleuté) ; le parasite s'attaque aussi aux branchies.

Intervention

- Formol : 0,25 l/m³ en bassin ; ou en bain (1 heure), deux fois par semaine.
- Vert de malachite : 1 g/m³, deux fois par semaine.
- Sel de cuisine : 50 g/l, bain rapide (2-3 minutes ; pour alevins de Silure).

6.4.1.7. Costia

(0,01-0,02 mm) Flagellé.

Parasite de petite taille. Pendant une partie de son cycle, vit implanté à la surface du corps : apparition d'un voile de mucus translucide sur les poissons atteints.

Contrôle

"Noircissement" localisé du corps. Observation au microscope d'un raclement épidermique.

Intervention

- Formol : 0,20-0,50 l/m³, en bain (10-15 minutes).
- Permanganate de potassium, ou mieux, bichromate de potassium : 10 g/m³, en bains de 30 minutes (sur alevins).
- Trypaflavine : 20 g/m³, en bain, pendant 1 heure.
- Sel de cuisine : 50 g/l, en bains rapides (2-3 minutes ; pour alevins de Silure).

6.4.1.8. Saprolegnia

Champignon

Aspect de touffes cotonneuses grisâtres. Apparaît sur les blessures ou les lésions de façon secondaire. Peut proliférer sur des poissons partiellement débarrassés de leur mucus (manipulations). Emet des filaments profondément dans le corps de l'hôte provoquant une paralysie partielle). Prolifère sur les oeufs morts (frayères, éclosion).

Contrôle

Filaments ramifiés non cloisonnés nettement visibles sous microscope (x 100). Facilement différencié des Cytophagales (pas de ramifications).

Intervention

- Vert de malachite : 3 g/m³, en bain (2 à 3 fois par jour).
 - 0,1 g/m³, en bassin (2 fois par semaine).
 - 5 g/m³, en bain de 10-15 minutes (oeufs).
 - 1 g/m³, en bain de 10-15 minutes (alevins).
 - 0,2-0,5 g/m³, en bain de 10 minutes (civelles).
- Permanganate de potassium, ou mieux, bichromate de potassium : 6-10 g/m³, en bain de 60-90 minutes. 0,2 % pendant quelques minutes.

6.4.2. PARASITES SUR LES BRANCHIES

(Voir Fig. 14)

6.4.2.1. Ergasilus

(environ 1 mm) Crustacé.

Se fixe sur les branchies et sur les nageoires, en particulier chez les alevins. Provoque des blessures et une gêne respiratoire (respiration haletante).

Contrôle

Visible à l'oeil nu : souvent terminé par deux amas blancs (sacs d'oeufs des femelles). Branchies gonflées (étranglement des vaisseaux sanguins par les crochets du parasite), bordures pâles.

Intervention

- "Dipterex 80" ; "Neguvon" : 0,2-0,5 g/m³ en bassin (détruit aussi le zooplancton et les Arthropodes présents), jusqu'à 20 g/l pour bain de courte durée (5-10 minutes).
- Permanganate de potassium : 10 g/100 l en bain de 10-15 minutes, ou mieux, bichromate de potassium.
- Sel de cuisine : 15 à 25 g/l, bains brefs (surveiller le comportement du poisson).
- Formol : 0,25 l/m³, bain de 10-15 minutes.

6.4.2.2. Dactylogyrus et Diplozoon

(environ 0,5 mm) Trématode

Diplozoon est constitué par un couple d'organismes semblables à Dactylogyrus et accolés entre eux latéralement.

Attaque les cellules de l'épiderme branchial. Provoque des difficultés respiratoires. Peut entraîner des pertes élevées chez les alevins. On peut trouver aussi des Gyrodactylus.

Contrôle

Visible avec une forte loupe ou au microscope sur un prélèvement branchial.

Intervention

- "Dipterex 80" ; "Neguvon" : 0,5 g/m³, en bassin (détruit également le zooplancton et les Arthropodes présents dans le milieu).
- Formol : 0,25 l/m³ ; bain de 10-15 minutes.
- Sel de cuisine : 15 à 25 g/l : bains brefs (surveiller le comportement du poisson).

6.4.2.3. Myxosporidies

Kystes d'*Henneguya*, *Thelohannellus*

Très petits parasites contaminant le poisson par voie digestive. Evolution dans l'hôte et formation de kystes branchiaux (ou quelquefois intramusculaires) blanchâtres, bien visibles à l'oeil nu (> 1 mm) et remplis de spores infectantes. Ils entraînent des difficultés respiratoires.

Intervention :

Pas de traitement possible des individus atteints.:

- 1- élimination des poissons malades (chaux vive),
- 2- assec prolongé de l'étang et désinfection du fond (chaux vive : 1 t / ha) pour éliminer les formes infectantes présentes dans la vase.

6.5. PRINCIPALES MALADIES BACTERIENNES ET VIRALES

6.5.1. CYTOPHAGALES ou FLEXIBACTER (anciennement appelés myxobactéries)

Bactéries proliférant en prenant l'aspect d'un feutrage blanchâtre, soit sur la peau, soit sur les nageoires, les branchies, dans la cavité buccale.

En cas d'atteinte branchiale, il y a apparition d'un oedème des branchies, entraînant des difficultés respiratoires.

Agent infectieux surtout abondant dans les milieux riches en cellulose ; est l'un des responsables de la "pourriture des branchies" et de la nécrose des nageoires. Très dangereux pour les alevins

Contrôle

Bactéries visibles sous fort grossissement (x100) ; disposées bout à bout en formant des "bâtonnets" (colonies non ramifiées).

Intervention

- Chaux pulvérulente (vive ou éteinte) : 100-200 kg/ha épandus sur étangs ou bassins (surveiller le pH qui ne doit pas dépasser 9).
- Chloramine T : 20 g/m³ pendant 1 h
- Ammoniums quaternaires : 2 g/m³ ; bains de 40-60 minutes (parfois mal supporté).
- Vert de malachite : 3 g/m³ ; bains 2-3 fois par jour.
- Permanganate de potassium (dangereux) ou mieux, bichromate de potassium : 20 g/m³ ; bain de 30 minutes.

Antibiotiques :

Ne pas distribuer aux poissons destinés à la consommation humaine et prendre conseil auprès d'un vétérinaire praticien.

6.5.2. ERYTHRODERMATITE

(Voir Fig. 15)

Due à une bactérie du genre *Aeromonas salmonicida* atypique, elle atteint essentiellement la Carpe, mais aussi les autres Cyprinidés. Apparition des premiers signes dès le réchauffement de l'eau en fin d'hiver (8-10°C). Possibilités de mortalités très importantes parmi les poissons stockés. Risques d'infections secondaires (champignon et autres bactéries - *A. hydrophila*, *Pseudomonas*, etc.,...) sur les plaies.

Symptômes :

1. Apparition sur les flancs du poisson de plaques rougeâtres plus ou moins étendues.
2. Evolution de ces rougeurs en ulcères de 0,5 à quelques centimètres de diamètre. La chair mise à vif est entourée d'un bourrelet blanchâtre. Les nageoires s'effilochent ("pourriture des nageoires"). Perte d'appétit : le poisson se nourrit difficilement. Animaux peu actifs. Aspect anémié des branchies (pâles).

Lésions internes :

Le foie est pâle, éventuellement jaunâtre ; hypertrophie de la rate, du rein et, parfois, ascite (liquide dans la cavité générale).

Intervention :

En préventif (très efficace) :

- Nourriture riche, contenant des vitamines (B et C), même si la consommation est faible (distribuer de petites rations, consommées dans la journée):

* céréales trempées : pour 100 kg de céréales, recouvertes d'eau, on ajoute 0,3 l de solution vitaminique. Trempage de 24 heures avant distribution,

* aliment pour porcs, sous forme de pâtée épaisse (attention au cuivre souvent présent dans ces aliments),

* pâtée de céréales broyées, avec 5-10 kg de farine de poisson et 0,3 l de solution vitaminique/100 kg de céréales sèches.

Tous ces aliments peuvent être distribués pendant l'hiver, même si la surface est gelée. Distribuer dans des cuvettes submergées pour ajuster les rations à la consommation quotidienne.

- Surveiller les conditions de stockage : contrôle de la teneur en oxygène dissous à la sortie du bassin (plus de 6 mg/l).

En dernier recours seulement : incorporation d'antibiotique à l'aliment 4 à 5 jours de suite après avoir pris conseil auprès d'un Vétérinaire Praticien.

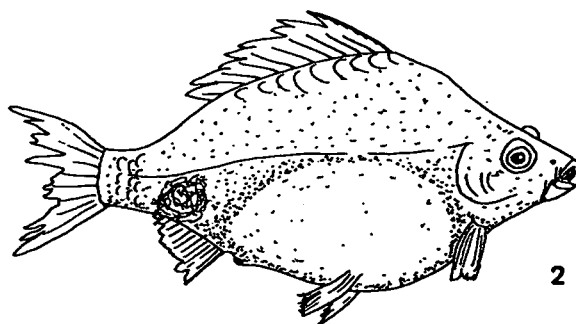
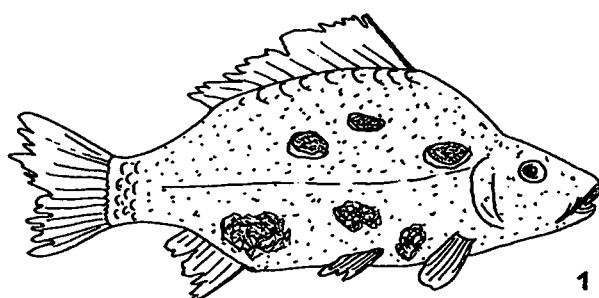
Plusieurs études ont montré que l'incorporation d'antibiotiques dans la nourriture de la Carpe entraînait une baisse des défenses naturelles du poisson contre les infections.

Fig 15 : Pathologie de la Carpe miroir

1 - Erythrodermatite

2 - Virémie printanière

dessins : SCHLUMBERGER, CEMAGREF



6.5.3. VIREMIE PRINTANIERE DE LA CARPE

(Voir Fig 15)

"V.P.C." ; due à un virus.

Apparaît dans les mêmes conditions que l'érythrodermatite. Risques de mortalités importantes et plus rapides.

Symptômes

- Abdomen gonflé, le poisson se maintient près de la surface.
- Mélanose et zones hémorragiques sur les flancs et les nageoires, dans les yeux.
- Exophthalmie (yeux exorbités).
- Les nageoires sont atteintes ("pourriture des nageoires").
- Aspect anémié des branchies et parfois petites hémorragies.
- Perte d'appétit, adynamisme.

Dans la phase terminale, signes nerveux : alternance d'excitation et d'apathie.

Lésions internes

- La cavité abdominale est remplie d'un liquide (ascite).
- Foie décoloré (jaunâtre), hémorragies sur la vessie gazeuse, la graisse viscérale, l'intestin.
- Hypertrophie de la rate et des reins.

Intervention

En préventif, dans le but de maintenir les poissons dans une bonne forme physique, leur assurer :

- des conditions de stockage adéquates,
 - une distribution de nourriture (comme pour l'érythrodermatite),
 - un contrôle de l'oxygène dissous ; maintenir une arrivée d'eau permanente.
- (L'emploi d'antibiotiques est inefficace contre des virus).

6.5.4. VARIOLE DE LA CARPE

Taches d'aspect cireux, blanchâtres, apparaissant à la base de la queue, sur les nageoires. Contagieuse, cette maladie est probablement due à un virus, et souvent consécutive à une mauvaise alimentation. Disparaît souvent spontanément avec le retour de bonnes conditions.

Intervention

- Nourriture équilibrée.
- Surveillance des conditions de stockage.

6.5.5. "VARIOLE DES POISSONS BLANCS"

Bactéries des genres *Pseudomonas* et *Aéromonas*

Atteint les "poissons blancs" (Gardon, Rotengle...), s'apparente à l'érythrodermatite de la Carpe.

Symptômes

Rougeurs épidermiques suivies de perte d'écailles, puis apparition d'ulcères sur les flancs, le dos, le pédoncule caudal. Effilochement des nageoires ("pourriture"). Invasion secondaire par des champignons (*Saprolegnia*).

Lésions internes

Foie et reins atteints (décolorés, hémorragiques). Hémorragies dans la musculature.

Intervention

Pas de traitement totalement efficace. Assurer de bonnes conditions de stockage.

Furoxone : 6-25 g/100 kg de poisson/jour, incorporé à l'aliment.

Ration : 2 % du poids vif/jour (il faut vérifier la consommation de l'aliment).

6.5.6. SEPTICEMIE VIRALE DE L'ALEVIN DE BROCHET

(septicémie hémorragique due à des rhabdovirus dont l'un est identique à celui de la Truite arc-en-ciel)

Sur jeunes Brochets (alevins, fingerlings) en élevage.

Symptômes et lésions

Alevins apathiques, flottant sur le flanc, en surface ou au fond. Zônes gonflées, plus ou moins hémorragiques sur les flancs, le ventre, le pédoncule caudal. Branchies pâles. Cavité abdominale remplie d'un liquide jaunâtre.

Intervention

Pas de traitement efficace. Mortalités pouvant atteindre 100 % moins de 3 semaines après l'apparition de la maladie. Désinfection soigneuse du matériel d'élevage (ammoniums quaternaires).

6.5.7. TOURNIS DES CYPRINIDES

(dû à un champignon : *Ichtyosporidium*)

L'agent infectieux est absorbé sous forme de plasmodes avec la nourriture. En traversant la muqueuse intestinale, ils envahissent les différents organes par l'intermédiaire du système sanguin, et forment des kystes.

Symptômes

Mort brutale des poissons, mouvements désordonnés. Eventuellement, petits abcès sur la peau (sortie du parasite à travers la paroi musculaire). Perte de la vue (1 ou 2 yeux).

Lésions internes

Nombreux petits kystes (pouvant atteindre la taille d'une tête d'épingle) dans les différents organes, en particulier le foie et la musculature.

Intervention

Pas de traitement efficace. Moralités élevées. Désinfection soigneuse du matériel d'élevage (ammoniums quaternaires) et des bassins (chaux vive : 1-1,5 tonne/ha).

(Une intoxication par l'ammoniaque peut également provoquer une nage désordonnée).

6.5.8. NECROSE DES BRANCHIES

(provoquée par un champignon : *Branchiomyces*)

Apparaît surtout dans les eaux riches en matières organiques (fumure) et à des températures assez élevées (25°C). Les filaments mycéliens du champignon envahissent progressivement les branchies.

Symptômes et lésions

Les poissons atteints viennent "piper" l'air à la surface. Branchies gonflées et hémorragiques, prenant une couleur jaunâtre à gris. Champignon présent à l'extérieur des branchies (identification nécessaire par histologie car il y a risque de confusion avec d'autres mycoses, une maladie branchiale à Cytophagales ou ... avec un virus).

Intervention

- Chaux pulvérulente (vive ou éteinte) : 100 à 200 kg/ha, épandue sur l'étang.

- Permanganate de potassium : 10 g/m³, en bains de 20-30 minutes.

- Dans la mesure du possible, augmenter l'oxygénation de l'eau.

Désinfection soigneuse de l'étang après vidange (chaux vive : 1-1,5 tonne/ha).

Remarques :

- Une solution de formol (1 l) + vert de malachite (4 g) peut être utilisée comme traitement préventif de routine dans des bacs d'élevage ou des installations en circuit fermé (1 litre de mélange/50 m³). La même solution peut être employée à raison d'un litre de mélange/10 m³ pour traiter des poissons dans les cuves de transport avant leur déversement dans les bassins.

- Un mélange de vert de malachite + Chloramine T (4 g + 20 g pour 1 m³) peut également être utilisé dans les élevages en circuit fermé.

- L'épandage de chaux vive (CaO) ou éteinte (Ca(OH)₂) à raison de 0,1-0,2 t/ha a essentiellement pour effet de diminuer la teneur en CO₂ dissous présent dans l'eau, ce qui facilite la respiration des poissons en difficulté.

Réactions :
$$\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2$$
$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$$

6.6. QUELLES SUBSTANCES POUR QUELLES PATHOLOGIES ?.

6.6.1. FORMOL

Pathologie : tous les micro-parasites externes sur peau et branchies. Formes libres d'*Ichtyophthirius*. En préventif : bains périodiques.

Dose : en bac ; 100 - 250 ml / m³ pendant 10 - 15 minutes, puis vidange.

1 jour sur 2 pendant 1 semaine.

NE PAS TRAITER DES SILURES DE MOINS DE 5 cm

En étang : 25 - 40 ml / m³. Surveiller l'oxygène dissous pendant 48 heures.

ATTENTION : * les dépôts blancs dans le fond du récipient sont extrêmement toxiques pour les poissons. Ne pas agiter le récipient avant usage ; jeter les fonds de bidons.

* Ne pas utiliser le formol en même temps que la Chloramine T.

6.6.2. VERT de MALACHITE

Pathologie : toutes les mycoses (champignons des genres *Saprolegnia*, *Achlia*,...). Actif contre les stades infectieux d'*Ichtyophthirius*.

Attente de 600 degrés x jours avant commercialisation du poisson.

Usage interdit dans certains pays, bien qu'on ne connaisse pas de substance ayant une efficacité équivalente.

Dose: 5 g / m³ pour les oeufs (10 - 15 minutes).

1 g / m³ pour les alevins (10 - 15 minutes) sauf ceux de Silure.

1 g / m³ pour bains de longue durée (< 12 heures) ; 2 fois par semaine.

1 g / m³ pour bains de 1 heure contre *Ichtyophthirius*, en bac.

pour Silures < 5 cm : 0,1 g / m³ pendant 1 heure.

6.6.3. FORMOL + VERT de MALACHITE

(1 litre + 4 g)

Pathologie : contre micro-parasites externes (peau et branchies). En préventif sur les poissons après opérations de tris, avant stockage ou alevinage.

Dose: 25 ml de solution / m³ (5 - 6 heures). Traitements répétés.

En circuit fermé, utilisable sans risques pour la filtration biologique : 1 litre de solution pour 50 m³.

6.6.4. "DIPTEREX 80", "NEGUVON", "TRICHLORPHON", "TUGON", "CHLOROPHOS"

(produits à base de Métriphonate).

Pathologie : contre parasitoses dues à des Crustacés (*Argulus*, *Lernée*, *Tracheliaestes*, *Ergasilus*,...) ainsi que Sangsue (*Piscicola*), et Trématodes (*Dactylogyrus*, *Gyrodactylus*).

Dose : 0,5 - 1 g / m³ en étang. Elimine partiellement les parasites mais détruit aussi le zooplancton (sauf les Rotifères).

En bac : 1 bain tous les 2 jours pendant 1 semaine.

25 g / l pour bains rapides (5 - 10 minutes) avant empoissonnement, sauf pour Sandre, Perche, Brochet, Salmonidés.

0,25 g / m³ au maximum pour Salmonidés

Biodégradation en 3 - 5 jours à 20°C.

6.6.5. "BROMEX"

Pathologie : plus spécifique contre les formes adultes de *Lernée* et *Tracheliaestes*.

Dose : 0,1 g / m³ en bac.

6.6.6. "CHLORAMINE T"

Pathologie : micro-parasitoses. Bactérioses externes.

Dose : suivant la qualité de l'eau : 2,5 - 20 g / m³ pendant 1 heure.

Ne pas utiliser en même temps que le formol.

Ne pas utiliser dans des récipients métalliques.

Doses suivant pH et dureté de l'eau, voir tableau ci après :

pH eau	Dureté de l'eau moins de 40 mg CaCO ₃ /l	Dureté de l'eau voisine de 100 mg CaCO ₃ /l
6	2,5	7
6,5	5	10
7	10	15
7,5	18	18
8	20	20

6.6.7. "CHLORAMINE T" + VERT DE MALACHITE

Pathologie : désinfection générale des poissons avant mise en élevage.

Dose : préparer une solution-mère : 1 litre d'eau + 20 g de Chloramine + 4 g de Vert de Malachite. Cette quantité permet de traiter 1 m³.
Surveiller les poissons pendant le traitement.

6.6.8. "CHLORURE DE CHAUX" : hypochlorite de Calcium, Ca(OCl)₂, à 65% de Chlore.

Employé régulièrement en Allemagne, pour éviter le développement excessif du phytoplancton (REICHLE et OBERMEIER, 1987). Utilisé sous forme de granules pour la chloration de l'eau de piscines.

Pathologie ; doses : - nécrose des branchies : 15 kg / ha pendant 2 - 3 jours.
- réduction des proliférations phytoplanctoniques (action oxydante ; baisse du pH) : 5 - 10 kg / ha / traitement.
Emploi possible si eau alcaline (pH > 8). Précautions d'emploi.

6.6.9. PERMANGANATE DE POTASSIUM, KMnO₄

Pathologie : Bactérioses externes.

Dose : 2 - 3 g / m³ maintenus pendant 12 heures, en eau propre renouvelée (sans matière organique). **Toxique pour le poisson** (surveiller les bacs attentivement). La dose efficace est proche de celle qui est toxique pour le poisson.

6.6.10. Di-n-LAURATE D'ETAIN

Pathologie : contre les Cestodes intestinaux(vers plats annelés) en particulier *Bothriocephalus gowkongensis*, parasite de la Carpe introduit d'Asie via l'Europe centrale. Présent en Dombes et signalé en Camargue (SCHLUMBERGER, 1980).

Dose : 250 mg / kg de poids vif dans l'aliment supplémenté à 2,5%. Distribué en 1 repas à 1% du poids vif, soit 25 g de produit par kg d'aliment.

6.6.11. AMMONIUMS QUATERNAIRES

Pathologie : bactérioses branchiales

Dose : bain ; dose : 2 g / m³ pendant 15 minutes.

6.6.12. CHAUX VIVE, CaO

Pathologie : contre nécrose des branchies et prolifération d'algues filamenteuses.

Dose : 50 - 150 kg / ha. Provoque une forte hausse du pH, à surveiller surtout en milieu alcalin.

6.7. DESINFECTION DU MATERIEL - ELIMINATION DE LA VEGETATION ET POISSONS INDESIRABLES

6.7.1.AMMONIUMS QUATERNAIRES

Emploi : désinfection des mains.

Dose : 1 g / l (env. 1 minute).

6.7.2. EAU DE JAVEL hypochlorite de sodium, NaClO.

Emploi : désinfection générale.

Dose : 180 mg de Cl / l pendant 20 - 30 secondes pour le matériel. Environ 6 ml d'eau de Javel / l.

30 mg de Cl / l pendant quelques heures pour l'eau, soit environ 1 ml d'eau de Javel / l.

Pour conversions : 1 degré chlorométrique = 3,17 g Cl₂/kg de liquide.

6.7.3. CHAUX VIVE, CaO

Emploi : désinfection ; destruction des herbiers par hausse du pH. Activation de la décomposition de la matière organique.

Dose : 150 - 500 kg / ha sur l'assec. Jusqu'à 10 t / ha avec disquage du sol, en cas de parasitose. Remettre en eau quelques jours, puis vidanger avant de remettre du poisson (surveiller le pH). Précautions d'emploi.

6.7.4. CYANAMIDE CALCIQUE, CaCN₂

Emploi : comme la chaux vive.

Dose : 3 à 7 t / ha sur l'assec pendant 2 - 4 semaines. Précautions d'emploi.

6.7.5. ROTENONE (produits du commerce à 5% de substance active).

Emploi : élimination des poissons indésirables dans les zones non vidangeables.

Dose : augmente avec la dureté de l'eau ; de 0,5 à 2 g / m³. Bien homogénéiser le milieu. Plus efficace si T° eau > 18°C. Détruit également les Crustacés. Biodégradation après 1 semaine (20°C).

CHAPITRE VII - PREDATION

Les jeunes stades des poissons sont plus particulièrement exposés à la prédation :

- par des larves d'insectes ou des adultes,
- par des grenouilles,
- par des oiseaux (héron, cormoran...).

7.1. INSECTES, LARVES ET ADULTES

- Larves : Odonates (Libellules), Dytiscidés (Dytique) et Hydrophilidés (Hydrophiles)
- Adultes : Népidés (Nèpe, Ranatre, équipées de pattes ravisseuses), Dytique

Si les bassins d'alevinage dans lesquels sont placés les alevins en fin de résorption vésiculaire sont correctement préparés (Voir 4.4.1.10) les insectes (larves ou adultes) ne doivent pas poser de problème. Le traitement par organophosphorés

("Dipterex" ou similaire) prévu pour l'élimination du zooplancton indésirable, détruit également les insectes pouvant être présents lorsque l'assec est incomplet avant la mise en eau, que l'eau d'arrivée n'est pas filtrée sur grillage fin.

Il n'y a pas moyen d'éliminer spécifiquement les insectes aquatiques sans détruire le zooplancton. Contre les espèces à respiration aérienne (Nèpe, Ranatre, larve de Dytiscidés) il est possible de verser du "Kerdane" (pétrole pour lampes) sur la surface du bassin à raison de 20 litres par hectare (WOYNAROVICH et HORVATH, 1981). On forme ainsi un mince film à la surface de l'eau qui empêche les insectes aquatiques de refaire une provision d'air en montant à la surface. Ce produit s'évapore et se dégrade progressivement, mais ne doit pas être employé sur un bassin contenant déjà des poissons.

7.2. GRENOUILLES

Les grenouilles de grande taille (grenouilles vertes), si elles sont abondantes, peuvent faire des dégâts dans les bassins d'alevinage. En particulier sur les carpillons ; le comportement des alevins de sandre les met à l'abri de cette prédation. Le meilleur moyen de protection consiste à entourer les plans d'eau à protéger par une barrière en film plastique d'une hauteur de 30-40 cm (un grillage en plastique sera escaladé).

Au cas où les têtards deviendraient trop abondants au point de concurrencer les alevins pour l'alimentation, il semble qu'il soit possible de s'en débarrasser en augmentant la salinité de l'eau. Les jeunes poissons supportent mieux une certaine salinité (0,3 - 0,5 %) que les larves de batraciens.

7.3. OISEAUX

Hérons et cormorans peuvent faire des dégâts importants dans les piscicultures. Ces espèces ont été protégées et leurs populations ont profité de cette mesure. Le tir du cormoran est désormais autorisé sous certaines conditions (instruction NP/S2 n°92/8 du 5 nov. 92 du Ministère de l'Environnement).

Les hérons (Héron cendré) fréquentent les secteurs où la profondeur de l'eau n'excède pas 50 cm. Dans les bassins où la pente des berges est faible, et donc la zone fréquentable plus large, il est possible de tendre des fils ou des filets au-dessus du niveau de l'eau le long des parties moins profondes (IM et HAFNER, 1984).

Les cormorans capturent les poissons en plongée et ont besoin d'une assez grande distance pour pouvoir prendre leur envol : 30 à 50 mètres (IM et HAFNER, 1982).

En Camarque, la vidange des étangs se fait avant que la prédation ne devienne trop élevée par les cormorans en hivernage. Les poissons sont stockés dans des bassins protégés par des fils croisés espacés de 15-20 mètres et supportés par des piquets de 3 mètres pour ne pas gêner le travail. Des morceaux de feuille d'aluminium sont accrochés aux fils (IM et HAFNER, 1982 ; IM et HAFNER, 1984).

Les canons à butane (avec ou sans épouvantail mobile, genre "Purivox" ou similaire) sont également très efficaces : un canon protège 30 à 50 ha (IM et HAFNER, 1984).

Il ne paraît pas y avoir de phénomène d'accoutumance au bruit si ce dispositif n'est pas employé pendant une longue période ininterrompue.

Signalons également les systèmes d'effarouchement par émission de cris de détresse d'espèces indésirables (mouettes, hérons...) mis au point par l'I.N.R.A. (appareils "Message Sonor") mais ceux-ci se sont avérés sans effet sur les cormorans (IM et HAFNER, 1984).

BIBLIOGRAPHIE

- ANTALFI A., 1979. "Propagation and rearing of Pike-perch in pond culture", in : HUISMAN et HOGENDOORN Edit.: "EIFAC Workshop on mass rearing of fry and fingerling of freshwater fishes", 120-125. EIFAC Tech. Paper no 35/1.
- ARRIGNON J., 1970. "Aménagement piscicole des eaux intérieures", SEDETEC Edit., 630 p.
- ARRIGNON J., 1976. "Aménagement écologique et piscicole des eaux douces", 3ème édition, Gauthier-Villars, 340 p.
- BACHASSON B., 1987. "Mise en valeur des étangs", 3ème édition, Tec et Doc, Paris. 170 p.
- BALVAY G., 1980. "Fonctionnement et contrôle du réseau trophique en étang", in : BILLARD R. édit., "La Pisciculture en Etang", 47-80. I.N.R.A. Publ., Paris.
- BALVAY G., 1983. "L'alimentation naturelle des alevins de Brochet (*Esox lucius*) durant leur premier mois de vie". in : BILLARD R. édit., "Le Brochet", 179-198. I.N.R.A. Publ., Paris.
- BARBE J. et SCHLUMBERGER O., 1993. "Estimation et prévision de la production piscicole des étangs à partir du phytoplancton". (en préparation).
- BARNABE G., 1992. "Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture". Tec. et Doc. Paris, 500 p.
- BAZIR A., 1992. "Le Sandre (*Stizostedion lucioperca*). Bases biologiques et pisciculture". Synthèse bibliographique. Mémoire maîtrise USTL. CEMAGREF Montpellier, 25 p.
- BENNET G. W., 1971. "Management of lakes and ponds", 2ème édition, Van Nostrand Reinhold Comp., 365 p.
- BERKA R., 1986. "Le transport des poissons vivants". Doc. Tec. FAO/CECPI N°48, 55 p.

- BERTRU G., 1980. "Les échanges sédiment-eau dans les étangs". in : BILLARD R. édit., "La Pisciculture en Etang", 37-46. I.N.R.A. Publ., Paris.
- BOHL M. et BOHRMANN H., 1987. "Erfahrungen mit der neuen Teichanlage". Fischer und Teichwirt, 9/87, 278-285.
- BOYD C.E., 1982. "Water quality management for pondfish culture". Elsevier Scientific Publishing Company, 318 p.
- BROCCHI Dr., 1896. "La pisciculture dans les eaux douces". Bibliothèque des sciences et de l'industrie. Librairies-imprimeries réunies, Paris. 320 p.
- BRUNET R. et HOESTLAND H., 1972. "Recherches biologiques et pisciculture expérimentale du Goujon (*Gobio gobio*)"; Bull. Fr. Piscic. 45(246), 7-32.
- BRY C., SOUCHON Y., NEVEU G. et TREBAOL L., 1983. "Production de familles de Brochetons en petits étangs par reproduction naturelle aménagée. Bilan de 3 ans d'expérimentation et comparaison avec la méthode d'alevinage", in : BILLARD R. édit., "Le Brochet", 63-73. I.N.R.A. Publ., Paris.
- C.A.R.A./CEMAGREF, 1991. "Programme expérimental et de démonstration de pisciculture d'étang dans la Double (Dordogne)". Rapport de synthèse 1988-1991. Compagnie d'Aménagement Rural d'Aquitaine, Bordeaux ; CEMAGREF Montpellier, 90 p.
- [CEMAGREF]. 1989. "Note technique sur le sexage du Silure glane". C.R. d'expérimentations, saison 1988. CEMAGREF Montpellier/USEERC. 6 p.
- CHAUVEHEID A. et BILLARD R., 1983. "Incubation et éclosion des oeufs de Brochet, et résorption vitelline des larves", in : BILLARD R. édit., "Le Brochet", 163-176. I.N.R.A. Publ., Paris.
- CHEVASSUS B., 1989. "Constitution of aquacultural stocks : genetic aspects", in : Aquacop/IFREMER, Actes de colloque "Advances in tropical aquaculture", 569 - 592. Tahiti, Fév. 20-Mars 4, 1989.
- CHOW K.W., 1980. "Microencapsulated egg diets for fish larvae". in : Fishfeed Technology, 335-361. F.A.O. ADCP/REP/80/II.
- COCHE A. et BIANCHI G., 1979. "Present status of mass rearing fry and fingerlings in the EIFAC region", in : HUISMAN et HOGENDOORN Edit.: "EIFAC Workshop on mass rearing of fry and fingerling of freshwater fish", 7-31. EIFAC Techn. Paper n° 35/1.
- CRAIG J., 1987. "The biology of Perch and related species" Croom Helm/Timber Press. 333 p.

- DABROWSKI K., MURAI T. et BECKER K., 1986. "Physiological and nutritional aspects of intensive feeding of Carp". in : BILLARD R. et MARCEL J. (Edit.) : "Aquaculture of Cyprinids". 55-70. INRA Paris.
- DAUBA F., 1981. "Etude comparative de la faune des poissons dans les écosystèmes de deux réservoirs : Luzech (Lot) et Chastang (Dordogne)". Thèse Doctorat 3ème cycle. INP Toulouse. 179 p.
- de KINKELIN P., MICHEL C. et GHITTINO P., 1985. "Précis de pathologie des poissons", I.N.R.A. - O.I.E. Edit., 340 p.
- DEMAEL A., 1989. "Expérimentation portant sur l'alimentation de la Carpes en Dombes. Analyses physiologiques". Lab. Physiol. Générale et Comparée. Univ. C. Bernard, Lyon I. 47 p.
- F.A.O., 1986. "La Carpe commune ; production massive d'oeufs et de post-larves"; FAO Formation N°8, 87 p.
- F.A.O., 1986. "La Carpe commune ; production massive de carpillons en étang". FAO Formation N°9, 87p.
- FORGUE J. et MASSUABAU J.C., 1989. "Réflexions sur la notion d'hypoxie chez les animaux aquatiques". Bull. Soc. Ecophysiol. 14, 1-2 ; 29-44.
- GELDHAUSER F., von LUCKOVICZ M. et WEISSENBACH H., 1987. "Performance tests with advanced Carp of israeli and german origin under practical pond conditions", in : ROSENTHAL H. et SARIG S. edir. : "Research in Modern Aquaculture", 75-86 ; Europ. Aquacult. Soc., special publication n° 11.
- GILLET C., 1989 a. "Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres"., Hydroécol. Appl. 1,1-2, 117-143.
- GILLET C., 1989 b. "Réalisation de frayères artificielles flottantes pour les poissons lacustres". Hydroécol. Appl. 1, 1-2, 145-193.
- GJEDREM T., 1985. "Improvement of productivity through breeding schemes". Geojournal, 10.3, 233-241.
- GOUBIER V. et MARCHANDISE B., 1990. "Etude de faisabilité d'une pisciculture de Perche". Rapport de convention, Région Rhône-Alpes/IRRA Lyon, 70 p.
- GOUBIER V., 1990. "Le phytoplancton et les problèmes de desoxygénation en étang de pisciculture". Publ. ADA N° 21, 46 p.
- GRYGIEREK E., 1979. "Plankton as an ecological indication of the influence of the farming measures on pond biocenosis". Polish Ecol. Stud. 5, 4, 77-140.

- HARSANYI A., 1987. "Welszucht in Teichen". Fischer und Teichwirt 5/87, 133-138.
- HARVEY B.J. et HOAR W.S., 1980. "La reproduction provoquée chez les Poissons : théorie et pratique". Internat. Develop. Res. Center, Ottawa, Ontario. 48p.
- HOFMANN J., GELDHAUSER F. et GESTNER P., 1986. "der Teichwirt". 6ème édition, Paul Parey. 250p.
- HORVATH L., 1978 a. "Relation between ovulation and water temperature by farmed Cyprinids". Aquacultura Hungarica (Szarvas) 1, 58-65.
- HORVATH L., 1978 b. "Experiences in the ovulation of the common Carp (*Cyprinus carpio*) out of the spawning season". Aquacultura Hungarica (Szarvas) 1, 67-72.
- HORVATH L., 1979. "Indoor and pond rearing technology for fry and fingerlings of Wels, *Silurus glanis* L.", in : HUISMAN et HOGENDOORN Edit., "EIFAC Workshop on mass rearing of fry and fingerling of freshwater fish", 85-93. EIFAC Techn. Paper no 35/1.
- HORVATH L., 1983. "Elevage et production de Brochet en Hongrie", in : BILLARD R. édit., "Le Brochet", 215-223. I.N.R.A. Publ., Paris.
- HORVATH L., TAMAS G. et TÖLG I., 1984. "Special methods in pondfish husbandry". Akademiai Kiado/Halver Corp. Seattle. J.E. Halver Edit., 146 p.
- HUET M., 1970. "Traité de Pisciculture". De Wyngaert Edit., 718 p.
- I.R.R.A., 1992. "L'aquaculture du Black-bass". C.R. activités Institut Régional de Recherches appliquées en Aquaculture, Lyon. 50-56.
- IM B.H. et HAFNER H., 1984. "Impact des oiseaux piscivores et plus particulièrement du grand Cormoran sur les exploitations piscicoles en Camargue". Station biologique de la Tour du Valat (Camargue) ; étude pour la Communauté Economique Européenne, 85 p.
- IM B.H. et HAFNER. H., 1982. "Nouvelles données sur les oiseaux piscivores dans les exploitations piscicoles de Camargue". Station biologique de la Tour du Valat (Camargue), 30 p.
- JÄHNICHEN H., 1992. "Richtlinien und Erfahrungen zur Laichfischhaltung und kunstlichen Vermehrung von Welsen (*Silurus glanis*)". Fischer und Teichwirt 4/92, 120-123.
- KESTEMONT P. et MELART CH., 1990. "About the culture of a small european Cyprinid, the Gudjon (*Gobio gobio*)". Eur. Aquacult. Soc. Quarterly Newsletter 56, 39-41.

- KESTEMONT P., 1985. "Etude des potentialités d'élevage intensif du Goujon (*Gobio gobio*) ; comparaison de plusieurs types d'aliments". Bull. Fr. Pêche Piscic. 1985 (297), 48-54.
- KESTEMONT P., 1989. "Hormonal induction of the ovulation and spermiation of the Gudgeon *Gobio gobio* L." in : de PAUW E., JASPERS E., ACKEFORS H. et WILKINS N. edit. : "Aquaculture : a biotechnology in progress", 527-536. Europ. Aquacult. Soc.
- KHAN H.A., GUPTA S.D., REDDY P.V.G.K. et SAHOO S.K., 1986. "Use of milk, urea, sodium sulfite and human urine for degumming fertilized eggs of common Carp (*Cyprinus carpio* L.)". Aquacultura Hungarica (Szarvas) 5, 47-54.
- KLEIN - BRETELER J.G.P., 1979. "First experiments concerning controlled reproduction and rearing of fry and fingerlings of Rudd (*Scardinius erythrophthalmus*)". in : HUISMAN et HOGENDOORN Edit., "EIFAC Workshop on massrearing of fry and fingerling of freshwater fish", 184-187. EIFAC Techn. Paper 35/1.
- KLEIN L.J.K. et VERRETH J., 1986. "The effect of "DIPTEREX" on the growth, feeding and survival of pike-perch larvae (*Stizostedion lucioperca*) in nursing pond". in BILLARD R. et MARCEL J. edit. : "Aquaculture of Cyprinids", 238. INRA publ., Paris.
- KLUPP R., 1987. "Über das Wachstum russischer Karpfen in Oberfranken". Fischer und Teichwirt, 8. 259.
- KOURIL J. et LINHART O., 1992. "Kunstliche Vermehrung des Welses (*Silurus glanis*)". Fischer und Teichwirt 6/92, 212-214.
- Laboratoire d'Ichtyologie Appliquée, 1982. "Pathologie des poissons de plaine et de moyenne altitude", E.N.S.A. Toulouse, 89 p.
- LE LOUARN H., 1983. "Production de Brochet. Amélioration de la production naturelle ou repeuplement". in : BILLARD R. édit., "Le Brochet", 305-318. I.N.R.A. Publ., Paris.
- LEGENDRE M. et ALBARET J.J., 1991. "Maximum observed length (MOL) as an indicator of growth rate in tropical fishes". Aquaculture, 94, 327-341.
- LEJOLIVET C., 1988. "Contribution à l'étude du recrutement des poissons du barrage de Pareloup (Aveyron)". Thèse Doctorat 3ème cycle, INP Toulouse, 290 p. + annexes.
- LEWKOWICZ S. et WROBEL S., 1971. "Some chemical factors and primary production of phytoplankton in fingerlings ponds". Pol. Arch. Hydrobiol.T. 18, fasc. 2, pp. 189-201.

- LINHART O., 1984. "Evolution of Pike and Wels sperm". (en tchèque). Bull. VÜRH Vodnany. 2/1984. 22-33.
- LUQUET P. et KAUSHIK S.J., 1980. in : "Nutrition des poissons". 171-183. CNRS Paris.
- MARCEL J., 1980. "Préparation et utilisation de broyats hypophysaires pour l'induction de la reproduction des poissons". in : BILLARD R. édité., "La Pisciculture en Etang", 163-172. I.N.R.A. Publ., Paris.
- MARCEL J., 1992. "L'élevage du Black-bass aux Etats-Unis". Echo-Système 21. 5-8.
- MARCEL J., de MONTALEMBERT G. et BILLARD R., 1983. "Données expérimentales sur la gestion et l'insémination artificielle des gamètes de Brochet (*Esox lucius*)". in : BILLARD R. édité.: "Le Brochet", 133-151. I.N.R.A. Publ., Paris.
- MELOTTI P., 1986. "Goldfish (*Carassius auratus*) farming in Italy". in : BILLARD R. édité. : "Pisciculture of Cyprinids", 369-376. I.N.R.A. Publ., Paris.
- MESKE C., 1985. "Fish aquaculture. Technology and experiments". Pergamon Press. 235 p.
- MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DPN, 1989. "Guide pratique de l'Agent Préleveur". DPN/CSP/CEMAGREF, 116 p.
- NEVEU G. et BRY C., 1983. "Ovulation spontanée de femelles Brochets en petits étangs de maturation". in : BILLARD R. édité., "Le Brochet", 77-84. I.N.R.A. Publ., Paris.
- NOSE T., 1979. "Summary report on the requirements of essential aminoacids for Carp". Proc. World Symp. on Finfish Nutr. Fishfeed Technol., Vol. 1, pp. 145-156.
- PECHA O., 1983. "Méthodes de production d'oeufs embryonnés et alevins à vésicule résorbée de Brochet à l'écloserie de Tabor en Tchécoslovaquie". In : BILLARD R. édité., "Le Brochet", 153-161. I.N.R.A. Publ., Paris.
- PERES C., 1983 a. "Reproduction contrôlée de poissons d'étang en écloserie". CEMAGREF Montpellier, 112 p.
- PERES C., 1983 b. "Le Carassin doré. Introduction à l'élevage". CEMAGREF Montpellier, 32 p.
- PETIT J., 1986. "L'approvisionnement en eau. Le traitement de l'eau et le recyclage en aquaculture", in : BARNABE G. (Coed) "Aquaculture" 45-180, 1ère ed. Tech. et Doc. Diffusion.

- PICKERING A.D., 1991. "Stress and Fish". Academic Press.
- PIONNIER E. et KIRSCH R., 1986. "Respiration". in : C.R. expérimentations du groupe de travail Silure - Labo. Zoologie et Embryologie Expérimentale, Strasbourg.
- POJOGA I., 1977. "Piscicultura moderna in apele interioare". 3ème édition. Ed.Ceres Bucarest, 365 p.
- POURRIOT R., CAPBLANC J., CHAMP P. et MEYER J.A., 1982. "Ecologie du plancton des eaux Continentales". Coll. Ecologie n° 16. MASSON 195 p.
- PROTEAU J.P. et THOLLOT T., 1988. "Elevage intensif du Silure glane en eau chaude". Aqua Revue n° 21/1988. 22-26.
- PROTEAU J.P., et HENNEQUART V., 1992. "Reproduction artificielle du Silure glane". C.R. d'expérimentations. CEMAGREF Montpellier-ADARC.
- PROTEAU J.P., HENNEQUART V. et MARTIN J.F., 1991. "Elevage intensif du Silure glane en bassins". (*Développement d'une filière de production du Silure glane en Région Centre*). Compte rendu des expérimentations 1991, CEMAGREF-ADARC, 14 p.
- PROTEAU J.P., LINHART O. et HENNEQUART V., 1990. "Reproduction du Silure glane" (*Développement d'une filière de production de Silure glane en Région Centre*). Compte rendu des expérimentations 1990, CEMAGREF-USEERC, 23 p.
- REICHLE et OBERMEIER, 1987. "Warum Kalken ?". Fischer und Teichwirt 5/87.
- ROQUEPLO C., 1986. "La reproduction des Sandres (*Lucioperca lucioperca*) dans le lac de Cazaux Sanguinet. Compte-rendu, CEMAGREF Bordeaux, 12 p.
- SAAD A., HOLLEBECQ M.G., BILLARD R., PIONNIER E. et HEYMANN A., 1988. "Production spermatogénétique, dilution et conservation du sperme du Silure européen (*Silurus glanis*)". Asociacion española de acuicultura, Univ. Complutense : C.R. Simposio sobre cultivo intensivo de peces continentales ; Madrid.
- SALMINEN M. et RUUHIJARVI J., 1991. "Production of Pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) fry ; procedures and devices". in LAVENS P., SORGELOOS P., JASPERS E. et OLLEVIER F. edit. : "LARVI '91 ; Fish and Crustacean Larviculture Symposium", 287-289. EAS Special publication N° 15, Gent, Belgium.

- SCHLUMBERGER O. et BACOU PHARIS G., 1982. "Ecloserie artisanale en circuit fermé thermorégulé". D.D.A. des Bouches-du-Rhône/ANVAR Marseille/SICA des Aquaculteurs de Camargue, 14 p.
- SCHLUMBERGER O. et PROTEAU J.P., 1991. "Production de juvéniles de Sandre (*Stizostedion lucioperca*)". Aqua Revue 36, 25-28.
- SCHLUMBERGER O. et PROTEAU J.P., 1992. "Etude pour le développement de la pisciculture du Sandre ; programme 1992". CEMAGREF Montpellier/Min. Agric./ARAC. 10 p.
- SCHLUMBERGER O., 1978. "Alimentation de la Carpe à partir de déchets industriels". Thèse 3ème cycle, Laboratoire d'Ichtyologie Appliquée ; E.N.S.A. Toulouse, 85 p.
- SCHLUMBERGER O., 1980 a. "Rapport préliminaire sur l'élevage de la Carpe en Camargue". D.D.A. Bouches-du-Rhône/CEMAGREF Montpellier/ Assoc. des Aquaculteurs de Camargue, 32 p.
- SCHLUMBERGER O., 1980 b. "L'élevage de la Carpe en Camargue". D.D.A. Bouches-du-Rhône/CEMAGREF Montpellier/ Assoc. des Aquaculteurs de Camargue, 80 p.
- SCHLUMBERGER O., 1981 a. "La pisciculture d'étang en Camargue. Elevage de la Carpe". D.D.A. des Bouches-du-Rhône/CEMAGREF Montpellier/SICA des Aquaculteurs de Camargue, 40 p.
- SCHLUMBERGER O., 1981 b. "Rapport de mission en Hongrie". D.D.A. Bouches-du-Rhône/CEMAGREF Montpellier, 25 p. + annexes.
- SEDLAR J., 1987. "Kenntnis des Alters und Wachstums des Welses". Fischer und Teichwirt 9/87, 286-288.
- SMITH L., 1982. "Introduction to fish physiology". TFH Publ. 346 p.
- STICKNEY R., 1988. "Culture of non Salmonid freshwater fishes". CRC Press. 188 p.
- STREBLE H. et KRAUTER D., 1985. "Das Leben im Wassertropfen". Frank'sche Verlagshandlung, Stuttgart. 370 p.
- STREBLE H. et KRAUTER D., 1987, (édition espagnole) "Atlas de los micro-organismos de agua dulce". Ediciones Omega, Barcelone. 370 p.
- TAVE D., 1986. "Genetics for fish hatchery managers". AVI Publ. 300 p.
- TAVE D., 1992. "Family selection". Aquaculture Magazine, juillet-août 1992. 79-82.

- TAVE D., 1992. "Family selection". *Aquaculture Magazine*, juillet-août 1992, 79-82 p.
- THOMAS P., 1990. "Molecular and biochemical responses of fish to stressors and their potential use in environmental monitoring". in : ADAMS S. : "Biological indicators of stress in fish", 1-8. American Fisheries Society, Symposium 8.
- TREMOLIERES M. et CARBIENER R., 1985. "Quelques aspects des interactions entre litières forestières et écosystèmes aquatiques ou terrestres". *Rev. Ecol. (Terre et Vie)*, vol. 40, 435-449.
- VALDEYRON A., 1988. "La fertilisation des eaux d'étangs : les apports de matières organiques". "Etangs" N°7 (Publication de l'USEERC).
- VALLOD D., 1984. "Suivis physico-chimiques et biologiques d'étangs de Dombes. Application à la gestion piscicole". Thèse 3ème cycle, Univ. Lyon I, 83 p. + annexes.
- VALLOD D., 1987. "Le Silure (*Silurus glanis*)". Publication Association pour le Développement de l'Aquaculture ADA n° 16. 70 p. + annexes.
- VOLNY P., 1967. "Fertilization of warm-water fishponds in Europe". in : C.R. Fish Tep., 44,3, pp. 64-81.
- von LUKOWICZ M., 1983. "Production et élevage du Brochet en République Fédérale d'Allemagne". in : BILLARD R. édité., "Le Brochet". 225-234. I.N.R.A. Publ., Paris.
- von LUKOWICZ M., TAMAS G. et HORVATH L., 1986. "Aquaculture of Tench", in BILLARD R. et MARCEL J. edit.: "Aquaculture of Cyprinids", 357-367.
- VOSTRADOVSKY J., 1983. "Techniques et méthodes d'aménagement et d'élevages du Brochet en Tchécoslovaquie". in : BILLARD R. édité., "Le Brochet", 271-281. I.N.R.A. Publ., Paris.
- WOYNAROVICH E. et HORVATH L., 1981. "La reproduction artificielle des poissons d'eau chaude. Manuel de vulgarisation". F.A.O. Fish. Techn. Paper 201, 183 p.
- WOYNAROVICH E., 1968. "New systems and new fishes for culture in Europe". F.A.O. Fish. Report 44, vol. 5.
- WURTZ A., 1962. "Mesures physico-chimiques ou chimiques dans la vase et dans l'eau des étangs", 247-267. *Ann. Stat. Cent. Hydrol. Appl.* 9.

ANNEXES

ANNEXE 1

ESTIMATION DE LA CAPACITE BIOLOGIQUE D'UN PLAN D'EAU : FORMULE DE LEGER-HUET.

(dans ARRIGNON, 1976)

N'est utilisable que dans le cas de milieux où l'intervention humaine est peu importante (faible anthropisation).

$$K = (N \text{ ares} / 10) \times B \times k$$

avec **K** = Productivité (kg) sur l'ensemble de la superficie considérée,
B = capacité biogénique, cotée de I à X suivant les milieux.
k = coefficient de productivité, produit des coefficients $k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4$.

Cette formule peut s'écrire sous la forme :

$$P \text{ (kg/ha)} = 10 \times B \times k$$

Cotation de la capacité biogénique B

- **Eaux pauvres** : couverture biologique peu développée ; végétaux supérieurs rares ; eaux acides, pauvres en Calcium. Faune invertébrée peu abondante. Environnement de forêt ou tourbière.

Cotes : I à III.

- **Eaux moyennes** : végétaux supérieurs (émergés et semi-submergés) bien développés le long des rives. Végétation immergée peu abondante.

Cotes : IV à VI.

- **Eaux riches** : végétation submergée abondante (nombreux herbiers), sans excès ; végétation émergée (roseaux) le long des berges. Environnement de prairies.

Cotes : VII à X.

Valeur du coefficient k

Température moyenne annuelle		Qualité de l'eau		Espèces de poissons		Age des poissons	
T °C	k1		k2		k3		k4
10 °C	1	Eaux		Salmo-		Plus de	
16 °C	2	acides	1	nidés	1	6 mois	1
22 °C	3	Eaux		Autres	2	Moins de	
25 °C	3,5	alcalines	1.5			6 mois	1,5

De façon générale, pour les étangs à Cyprinidés d'Europe Occidentale, la valeur du coefficient de productivité k varie de 2 (cas d'eaux acides) à 3 (cas d'eaux alcalines) (HUET, 1970).

En Camarque, la production naturelle correspond à un coefficient $k = 4,5$ ($1,5 \times 1,5 \times 2 \times 1$) et à une capacité biogénique B égale à VII ou VIII suivant les sites.

PRODUCTIONS NATURELLES EN ETANG RELEVES EN FRANCE

Limousin :	environ 50 kg/ha
Lorraine (Moselle) :	environ 150 kg/ha
Brenne :	120-150 kg/ha
Camargue :	300-400 kg/ha
Sologne :	120 kg/ha
Dombes :	200 kg/ha
Sud-Ouest :	environ 200 kg/ha

ANNEXE 2

NORMES DE QUALITE DES EAUX POUR LES POISSONS.

(Ministère de l'Environnement - DPN).

<u>PARAMETRES</u>	<u>VALEURS POUR VIE PISCICOLE (eau douce)</u>	<u>QUALITE EAUX CYPRINICOLES</u>	
Température		de 3 à 28°C	
pH	de 6 à 8,5	de 6 à 9	
Conductivité	< 700 μ S/cm		
MES	< 30	< 25 (G)	G : valeur guide
DBO	< 4	< 6 (G)	
DCO	< 30		
O2 dissous	> 6	> 4 (I)	I : valeur impérative
Calcium Ca	150		
Ammonium NH4	< 0,30	< 0,2 (G) ; < 1 (I)	
Nitrites NO2	< 0,20	< 0,003 (G) ; < 0,3 (I)	
Nitrates NO3	< 0,20		
Phosphates PO4	< 0,30	< 4 (G)	
Carbonate CO3	< 5		
Sulfates SO4	< 100		
Chlorures Cl	< 50		
H2S	< 0,05		Tanche : < 10 mg/l
Fer total Fe	< 0,30		
Magnésium Mg	de 5 à 10 (30)		
Sodium Na	< 0,30		
Potassium K	< 10		
Manganèse Mn	< 0,10		
Aluminium Al	< 0,08		
Argent Ag			
Cadmium Cd	< 0,005		
Chrome total Cr	< 0,005		
Cobalt Co	< 0,02		
Cuivre Cu	< 0,002		Carpe : < 0,35 mg/l
Mercure Hg	< 0,001		
Molybdène Mo			
Chlore Cl	< 0,02		Vie aquatique : < 0,15 mg

UNITES : mg/l

EQUIVALENCE ENTRE LES UNITES DE MESURES DE LA DURETE DE L'EAU

<u>CORRESPONDANCES</u>	1 SBV	1 degré anglais	1 degré allemand (dH)	1 degré français (TH)	1 méq./l. (milliéquivalent/l.)
mg Ca + + /l.	20	5,7	2,24	4	20
mg. CaO /l.	28	8	10	5,6	28
mg. CaCO3 /l.	50	14,3	17,8	10	50
méq./l.	1	0,286	0,35	0,2	1
degré français (TH)	5	1,43	1,78	1	5
degré allemand (dH)	2,8	0,8	1	0,56	2,8
degré anglais	3,49	1	1,25	0,7	3,49
SBV	1	0,286	0,35	0,2	1

ANNEXE 3

DISSOLUTION DE L'OXYGENE DANS L'EAU.

T° de l'eau °C	Quantité d'oxygène dissous		T° de l'eau °C	Quantité d'oxygène dissous	
	cm³/l	mg/l		cm³/l	mg/l
0	10,19	14,56	16	6,89	9,85
1	9,91	14,16	17	6,75	9,65
2	9,64	13,78	18	6,61	9,45
3	9,39	13,42	19	6,48	9,26
4	9,14	13,66	20	6,36	9,09
5	8,91	12,73	21	6,24	8,90
6	8,68	12,41	22	6,11	8,73
7	8,47	12,11	23	6,00	8,58
8	8,26	11,81	24	5,89	8,42
9	8,06	11,52	25	5,78	8,26
10	7,87	11,25	26	5,67	8,11
11	7,67	10,90	27	5,50	7,95
12	7,52	10,75	28	5,46	7,81
13	7,35	10,50	29	5,36	7,67
14	7,19	10,28	30	5,26	7,52
15	7,04	10,06	—	—	—

- Pression atmosphérique : 760 mm Hg
- Air saturé en vapeur d'eau

ANNEXE 4

TAUX DE DISSOCIATION DE L'AMMONIAQUE SUIVANT LA TEMPERATURE ET LE PH.

(d'après BOYD, 1982)

Les formes ioniques NH_4^+ et non ioniques NH_3 de l'ammoniaque sont présentes dans l'eau dans des proportions relatives variables, suivant le pH et la température du milieu. Les mesures effectués indiquent les teneurs globales ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3$) alors qu'il est utile de connaître les concentrations en NH_3 , molécule toxique car pouvant franchir les membranes branchiales des poissons.

pH	Temperature (°C)						
	8	12	16	20	24	28	32
7.0	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.7	1.0
8.0	1.6	2.1	2.9	3.8	5.0	6.6	8.8
8.2	2.5	3.3	4.5	5.9	7.7	10.0	13.2
8.4	3.9	5.2	6.9	9.1	11.6	15.0	19.5
8.6	6.0	7.9	10.6	13.7	17.3	21.8	27.7
8.8	9.2	12.0	15.8	20.1	24.9	30.7	37.8
9.0	13.8	17.8	22.9	28.5	34.4	41.2	49.0
9.2	20.4	25.8	32.0	38.7	45.4	52.6	60.4
9.4	30.0	35.5	42.7	50.0	56.9	63.8	70.7
9.6	39.2	46.5	54.1	61.3	67.6	73.6	79.3
9.8	50.5	58.1	65.2	71.5	76.8	81.6	85.8
10.0	61.7	68.5	74.8	79.9	84.0	87.5	90.6
10.2	71.9	77.5	82.4	86.3	89.3	91.8	93.8

ANNEXE 5

COMPOSITION DE QUELQUES ENGRAIS ORGANIQUES

(d'après POJOGA, 1977 ; BOYD, 1982)

ESPECES	Qté. PRODUITE (Kg / an / animal)	% EAU	AZOTE (% du P. frais)	P2O5 (% du P. frais)	K2O (% du P. frais)
VOLAILLES	40 kg = 20kg MS	72	1,2	1,3	0,6
Poules pondeuses	"	"	4,7	4,3	-2,6
CANARDS	55-75 kg =24-32 kg MS	66,4	0,08	0,12	-0,5
MOUTONS	800 kg = 290 kg MS	77	1,4	0,5	1,2
PORCS *fumier	3 t. = 800 kg MS	82	0,5	0,3	0,4
* lisier			0,4	0,7	8,4
BOVINS *fumier	6 t. = 1,2 t. MS	85	0,7	0,5	0,5
* lisier			0,6	-	4,9

ANNEXE 6

MISE EN CHARGE D'UN ETANG : EXEMPLE DE CALCUL D'EMPOISSONNEMENT.

Valable pour les étangs de grossissement avec élevage polypécifique et vidange annuelle. Cette méthode permet à un éleveur de débiter une production sur un étang en l'absence de références préalables. Les empoissonnements seront progressivement adaptés en fonction des résultats obtenus lors des pêches (croissance, survie), des interventions prévues (fertilisation plus importante, par exemple) et de la demande existant localement.

Il faut fixer l'objectif de production, par exemple :

production nette globale = 300 kg/ha

sachant que :

production nette = Nombre de poissons pêchés x gain de poids moyen

production brute = Nombre de poissons pêchés x poids moyen

A titre de comparaison, la production moyenne des étangs de pisciculture en France est d'environ 120 kg/ha par saison. Cela varie de 50 kg/ha sur certains étangs du Limousin non fertilisés, à 400 kg/ha en Camargue.

La mise en charge équivaut à : Nbre. poissons pêchés + mortalités

donc le nombre de poissons à introduire est égal à :

(Production nette / gain de poids moyen) + mortalités

Ceci doit être calculé pour chaque espèce, suivant leurs proportions relatives. A défaut de pratique préalable, on peut se baser sur le gain de poids escompté pour chacune des espèces.

a) A partir de la production nette (300 kg/ha), il faut déterminer les proportions relatives des différentes espèces, en poids, lors de la vidange.

Par exemple, compte tenu de la typologie de l'étang (peu profond, 1,50 m en moyenne, avec fond de vase) et du choix d'une production de Carpe prédominante :

part de production

Carpes : 40 % de 300 kg	120 kg/ha
Tanches : 30 % "	90 kg/ha
Gardons : 20 % "	60 kg/ha
Carnivore : 10 % "	30 kg/ha
<u>Total : 300 kg/ha</u>	

b) On estime ensuite le gain de poids moyen individuel, pour chaque espèce (variable suivant les sites et la fertilisation du plan d'eau)

Poissons de 2 étés :	Carpes : 200 g. > 1200g.	G. poids = 1 kg
Poissons de 1 été :	Tanches : 5 g. > 30 g.	G. poids = 25 g
	Gardons : 5 g. > 20 g.	G. poids = 15 g
Juvéniles 5 semaines :	Carnivores : 3 g. > 200 g.	G. poids = 200 g

c) Détermination des quantités à empoissonner en début de saison

- Nombre de têtes à l'hectare en tenant compte des mortalités en cours de saison :

Carpes (mortalité=20 %) :	120 kg/ha / 1 kg = 120 p./ha x (100/80)	= 150 p./ha
Tanches (m=30 %) :	90 kg/ha / 0,025 kg = 3600 p./ha x (100/70)	= 5142 p./ha
Gardons (m=30 %) :	60 kg/ha / 0,015 kg = 4000 p./ha x (100/50)	= 5714 p./ha
Carnivores (m=50 %) :	30 kg/ha / 0,200 kg = 150 p./ha x (100/50)	= 300p./ha

- Equivalent en poids :

Carpes :	150 p./ha x 0,200 kg/p. =	30 kg/ha
Tanches :	5142 p./ha x 0,005 kg/p. =	25,7 kg/ha
Gardons :	5714 p./ha x 0,005 kg/p. =	28,5 kg/ha
Carnivores :	300 p./ha x 0,003 kg/p. =	0,9 kg/ha

Remarques :

1- il faut prévoir que pendant leur première année de croissance, les Carnivores vont consommer environ 3 fois leur poids en poissons-fourrage (ici du Gardon) ; on en tient compte dans l'empoissonnement en rajoutant **20 à 30 kg de reproducteurs de Gardons par hectare**. Leur reproduction naturelle dans l'étang fournira des proies aux Carnassiers. Une autre solution consiste à ne déverser que des reproducteurs de Gardons (50 kg par hectare) ; les jeunes non consommés par les carnivores assureront la production escomptée à la vidange.

2- l'empoissonnement de la seconde saison sera réajusté en fonction des résultats effectifs de la pêche (croissance, survie) et des apports de fertilisants prévus.

Si la fertilisation de l'étang est correcte, et en présence d'herbiers pour leur reproduction, 50 kg de géniteurs de Gardons assurent une production de 100 kg de jeunes voire plus, même en présence de Carnivores de 1ère année.

Autres exemples d'empoissonnements :

* cas d'un étang profond (4 m à la bonde), sablonneux avec peu de vase et quelques herbiers (Dordogne).

Pour 1 ha :

	<u>mise en charge</u>	<u>production nette</u>
Tanches de 2-3 étés :	1000 p. = 35 kg	)
Tanches reproducteurs :	45 p. = 10 kg	)150 kg de Tanches au total
Gardons reproducteurs :	50 kg	100 kg
Sandres 5 semaines :	350 p.	50 kg (170 p. x 0,3 kg)

* cas d'un étang sableux (2,5 m à la vanne), à fond de vase, sans végétation (Allier) :

Pour 1 ha :

	<u>mise en charge</u>	<u>production nette</u>
Carpes de 1 été :	(200 p.) 25 kg	100 kg (0,8 à 1 kg/p.)
Gardons tout venant :	55 kg	220 kg
Goujons tout venant :	5 kg	15 kg ou plus
Black-bass :	5-6 couples	env. 15 kg de juvéniles
ou :		
Brochetons 5 semaines :	150 p.	env. 16 kg (0,2 kg/p.)
ou		
Sandres 5 semaines :	300 p.	env. 30 kg (0,2 kg/p.)

A titre indicatif, croissance de quelques espèces en étang (sans nourrissage) :

	<u>1 été</u>	<u>2 étés</u>
* Carpe : :	30 - 80 g.	200 - 500 g.
* Tanche :	3 - 5 g.	10 - 30 g.
* Gardon :	3 - 5 g	10 - 30 g.
* Brochet et Sandre :	100 - 300 g	plus de 600 g.

(si les ressources en poisson fourrage sont correctes).

Densité d'alevinage des Carnivores (juvéniles de 5 semaines) :

* Brochet : 150 - 300 p./ha , à déverser impérativement
à intervalles réguliers le long de la berge
(espèce territoriale).

* Sandre : 300 - 400 p./ha

Rappel : tout poisson, avant son déversement dans un bassin de stockage ou dans un étang de grossissement, doit être débarrassé des parasites qu'il peut transporter. Un bain de 10-15 minutes dans une solution de formol + vert de malachite est efficace (préparation : 1 litre de formol + 4 g de vert de malachite pour 1 m³ d'eau).

ANNEXE 7

MATERIEL DE BASE POUR LE SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU

Les marques sont données à titre indicatif.

* Matériel de dosage (Oxygène, pH, Ammoniaque, Nitrites, Nitrates, Phosphates, Calcium) :

voir tests TETRA pour aquariophilie,

ou tests de type *Aquamerck* ou *Aquaquant*, plus précis (MERCK, F 94736 Nogent sur Marne) ; environ 500 F par test pour 50 à 100 mesures.

ou colorimètre type HACH (distribué par Prolabo ; service central : BP 369, F 75526 Paris Cedex). Matériel de laboratoire portable, valeur : de 7 à 15000 F suivant modèles, avec produits d'analyse.

* Thermomètres mini-maxi

* Disque de Secchi (diamètre 25 cm, présentant 4 secteurs alternativement noirs et blancs) avec cordelette graduée.

* Filets à plancton : maille de 28 microns pour le phytoplancton, 80 microns pour le zooplancton; modèle CEMAGREF, par U.G.B., BP 2, F 42360 Panissières). Le modèle pour zooplancton est terminé par un petit flacon transparent, et adaptable sur un manche.

Eventuellement :

- loupe de terrain (x 30) marque "CREASEL biscope" avec support, pour identification rapide du plancton (environ 400 F ; Editions CEDIM, 10 rue de Marignan, F 75008 Paris ; ou : Aquaculture Supply, 5 Chemin des Aulx, CH 1228 Plan les Ouates-Genève ; voir également : Bioblock Scientific, BP 11, F 67403 Illkirch CEDEX).

- microscope-microloupe "LENSMAN" (x 80 et 200) mieux adapté pour le phytoplancton (environ 1500 F ; dans le Sud de la France : "Le Scarabée d'Or", 64 rue de L'Aiguillerie, F 34000 Montpellier)

- oxymètre (à partir de 3000 F).

- pH mètre (à partir de 3000 F).

Pour du matériel de pisciculture, voir par exemple :

- AQUALOR (Pisciculture de Torcheville 57670 ALBERSTROFF),

- CO.F.A.(Coopérative Française de l'Aquaculture, 11, rue Milton, 75005 PARIS).

ANNEXE 8

ECLOSERIE RUSTIQUE AVEC RECIRCULATION D'EAU

1 - REGLES GENERALES POUR LA CONCEPTION D'INSTALLATIONS EN CIRCUIT FERME

L'installation comprend :

- une partie "filtration-épuration" où se fait la minéralisation des matières organiques provenant de l'élément "élevage". Cette nitrification de l'ammoniaque et autres déchets azotés est réalisée par des bactéries *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* colonisant un support placé dans les bacs des filtres ;
- une pompe qui assure la circulation de l'eau (voir schéma ci-après). Le taux de recirculation est horaire : la pompe a un débit horaire équivalent au volume total de l'installation. Le volume des filtres représente 25 à 30 % du volume total (cas des filtres à lit bactérien submergé). La surface des filtres de ce type est de l'ordre de 1 m² pour 2 m³ de volume total de l'installation.

2 - MATERIEL NECESSAIRE

Tous les éléments sont en fibre de verre ou en métal pour rendre l'ensemble modulable en fonction des besoins.

Les récipients en fibre de verre doivent avoir une surface intérieure parfaitement lisse ; leur fabrication doit se réaliser sur un moule mâle.

Les bacs en métal sont protégés par une peinture de qualité "alimentaire", non toxique pour les poissons.

Les données suivantes concernent une éclosérie type d'un volume total de 10 m³. Conçue pour la Carpe miroir, sa production potentielle est supérieure à 5 millions de larves à vésicule résorbée sur une période de 4 semaines. Elle est utilisable pour toutes les espèces de poisson d'étang. Surface au sol : 100 m² (SCHLUMBERGER et BACOU PHARIS, 1982).

- Bacs de stabulation des géniteurs : 2 bacs, ou mieux 2 x 2 bacs rectangulaires, assez profonds, avec couvercle. Peuvent être de couleur sombre.

Stockage simultané de 30 kg de femelles de Carpe (6-8 individus) et 15 kg de mâles (6-8 individus). Volume nécessaire : environ $4,5 \text{ m}^3$. Densité : 10 kg/m^3 . Débit nécessaire : 1 litre/min/kg de poisson stocké (valable pour toute espèce).

- Bouteilles de Zoug - Cônes d'incubation : volume unitaire : 5-7 litres (1-1,5 litre d'oeufs de Carpe). Total : 10-12 bouteilles ou cônes.

Remarques

- Pour des bouteilles d'incubation, voir par exemple la CO.F.A..

Dans le cas d'installations de petite taille, il est possible de recycler des bouteilles d'eau minérale. La meilleure forme est celle qui présente un évasement progressif à partir du goulot.

- Cuves cylindro-côniques pour résorption : volume unitaire : 50 à 100 litres. Capacité : jusqu'à 500 000 larves de Carpe/cuve. Total : 5 à 10 cuves.

Auges pour résorption : forme rectangulaire allongée (3 m x 0,70 m). Profondeur : 0,30 m. Nécessaires pour Brochet, Silure, puis éventuellement pour le démarrage des larves en milieu protégé. Total : 4-5 auges.

- Cuve de mise en charge hydraulique : placée à 2 mètres du sol. Volume : $0,5 \text{ m}^3$. Arrivée d'eau provenant de la pompe. Départ des rampes de distribution gravitaire. Trop-plein en retour vers les filtres. Egalement, arrivée d'eau chaude provenant du système de chauffage.

- Filtres : 2 bacs de 2,5 x 1 m, raccordés entre eux. Contiennent une couche de mousse de polyéther (épaisseur : 30 cm) reposant sur un ensemble de traverses et longerons en tube de PVC. Des coquilles d'huître (ou du maërl) sont disposées au fond de ces bacs pour tamponner le pH qui a tendance à s'acidifier. L'eau provenant de la partie "élevage" percole à travers la mousse (support des bactéries) et ressort par le fond du bac d'où elle est reprise par la pompe. Les filtres sont recouverts par un film de polyéthylène noir : l'obscurité évite la prolifération d'algues pouvant colmater le matériau filtrant.

- Tuyaux de distribution : à partir de la bache hydraulique : PVC rigide ou en Polyéthylène, facilitant la réutilisation des éléments; diamètre : 50-60 mm.

- Tuyaux d'évacuation : vers les filtres ; plastique souple. Diamètre : 50-60 mm.

- Pompe : type pompe submergée. Son débit horaire, à la hauteur manométrique considérée (environ 2 m) doit être équivalent au volume total de l'installation (point à vérifier sur le graphe débit/hauteur de refoulement fourni par le constructeur). Des pompes non submersibles sont également utilisables, moyennant des passe-cloisons et des raccordements supplémentaires. Pour des petites installations (jusqu'à 5 m^3 de volume total), des pompes pour aquarium genre EHEIM ou similaire font l'affaire. Il s'est avéré

que certains modèles à turbine métallique et entraînement direct provoquaient un réchauffement non maîtrisable de l'eau.

- Chauffage : plus ou moins puissant suivant l'importance du refroidissement de l'eau le long du circuit. Il est beaucoup plus efficace de réchauffer directement l'eau plutôt que d'augmenter la température de l'air. L'arrivée d'eau chaude se situe dans la bache supérieure.

Exemple : perte de température dans le circuit : $t^{\circ} = 2^{\circ}\text{C}$.

Puissance du chauffage pour un débit Q de $10\text{ m}^3/\text{heure} =$

$$Q \times t^{\circ} = 10 \times 2 = 20 \text{ Kcal/heure.}$$

$$\text{Ou} \quad = 20 \times 1,16 = 23,2 \text{ KW.}$$

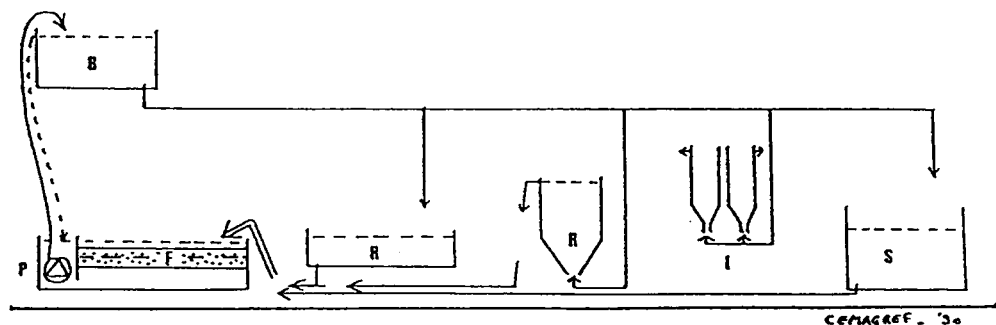
Matériel : chaudières de chauffage central, électriques ou au fuel.

Remarque

Dans de petites installations ($1 - 2\text{ m}^3$) placées dans un local isolé thermiquement, il est possible d'employer des thermoplongeurs ou des résistances pour aquarium.

Note : l'expérience tendant à prouver que les pannes se produisent toujours au plus mauvais moment, il est nécessaire de prévoir dans l'installation, une alarme. Celle-ci se déclenche lorsque le niveau de l'eau dans la bache de mise en charge hydraulique est trop faible (panne de pompe). En outre, une pompe de secours disponible immédiatement augmente la sécurité de fonctionnement de l'écloserie.

ECLOSERIE RUSTIQUE



Légende

F = filtre bactérien submergé *submersed bio-filter (polyether foam)*

Vol. filtres = $1/4$ Vol. total

Surf. filtres = $1\text{ m}^2/2\text{ m}^3$.

P = pompe

Q/heure = $1 \times$ Volume total

submersed pump

B = bac de mise en charge hydraulique

tank for hydraulical head.

S = bacs de stabulation des géniteurs

tanks to stabulate breeders.

I = système pour incubation

Zoug jars

R = Systèmes pour résorption

resorption troughs/conical vats

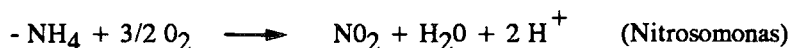
3 - MISE EN SERVICE DE L'INSTALLATION

Comme dans toute installation analogue neuve (aquarium avec filtration, ou élevage-pilote en circuit fermé), la mise en service se fait de façon progressive.

En effet, la capacité d'épuration du filtre augmente parallèlement à la colonisation bactérienne du support (bactéries des genres *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*, essentiellement). Il faut donc prendre garde à ce que la charge polluante (matières organiques dissoutes, déchets d'aliments...) produite par l'élément "élevage" ne sature pas la capacité du filtre.

La "montée de puissance" de l'installation se déroule sur une période de 3-4 semaines pendant lesquelles les différents groupes de bactéries se développent progressivement et se répartissent à la fois en nombre et en proportions tel que la dégradation de la matière organique soit optimale. La "maturation" à proprement parler du système nécessite quelques semaines de plus, et aboutit à un système "conditionné".

La nitrification se fait en deux étapes, avec consommation d'Oxygène :



Par production corrélative d'ions H^+ , il y a tendance à l'acidification du milieu. D'où l'importance du tampon calcique que constituent les coquilles d'huître.

En pratique, le circuit est rempli et mis en route ; quelques poissons sont introduits dans les bacs de stabulation où ils reçoivent régulièrement de la nourriture (aliment pour truites). Il y a donc production de déchets organiques ; simultanément, les bactéries présentes dans l'eau et le tube digestif des poissons vont coloniser progressivement le support placé dans les filtres.

En effectuant quotidiennement un contrôle de la qualité de l'eau (surtout N-NH_4 , NO_2 et NO_3) avec des tests TETRA pour aquariums (par exemple), on constate :

- une augmentation progressive de la teneur en ammoniacque dissous,
- puis une augmentation des concentrations en nitrites, tandis que celles de l'ammoniacque diminuent,
- enfin, après une vingtaine de jours, les teneurs en nitrites baissent et se stabilisent, tandis que l'ammoniacque se maintient à de faibles valeurs ; N-NH_3 et N-NO_2 restent inférieures à leurs seuils de toxicité. Simultanément, les concentrations en nitrates, non toxiques, augmentent progressivement.

A partir de ce stade, il devient possible d'accroître la "charge" de l'installation : mise en stabulation d'un lot de géniteurs et début des opérations de reproduction.

Remarques

- Il est indispensable de surveiller régulièrement la qualité de l'eau dans le circuit (Ammoniaque, Nitrites, Nitrates, et pH)
- Pour faciliter la colonisation des filtres par les bactéries, on peut utiliser des produits spéciaux pour les fosses septiques pour les "ensemencer".

- La présence de bactéries en pleine activité est indispensable au bon fonctionnement de l'installation en circuit fermé, et interdit l'emploi de certaines substances pour un éventuel traitement sanitaire des poissons stockés (antibiotiques, en particulier). Formol et Vert de malachite peuvent être utilisés sans risques. Tout lot de poissons doit passer par un traitement sanitaire préventif avant d'être transféré dans le circuit fermé.

- Enfin, l'installation d'une éclosérie n'est pleinement justifiée que si elle peut jouer son rôle majeur : régulariser la production de juvéniles grâce à la proximité immédiate de bassins d'alevinage. Relâcher les alevins produits directement dans des étangs où se trouvent d'autres poissons, revient, en, taux de survie, à perdre d'un côté ce qui avait été gagné de l'autre, dans l'éclosérie.

Pour une installation analogue à celle présentée ici (5 millions de larves de Carpe sur une période de 2-3 semaines) il faudrait disposer à côté d'environ 10 000 m² en bassins d'alevinage. La proximité d'implantation éclosérie/bassins d'alevinage est souhaitable : réduction des temps de transport, très stressants pour les alevins, et facilité de coordination entre les opérations de reproduction et la préparation des bassins (densité maximale de plancton au moment où des lots de larves sont prêtes à être déversées). Une qualité d'eau identique (température, minéralisation surtout) entre les bassins de maturation des géniteurs, l'éclosérie et les bassins d'alevinage est un atout supplémentaire.

ANNEXE 9

ALIMENT POUR ALEVINS

OEUF ENTIER MICROENCAPSULE (CHOW, 1980)

Il est courant de distribuer du jaune d'oeuf cuit tamisé aux jeunes larves de poisson à titre de première nourriture. Ce type d'aliment a toutefois l'inconvénient de salir fortement l'eau des bacs par les particules non consommées, et de favoriser un développement bactérien. Riche en protéines (32,8 % la M.S.) mais surtout très énergétique (5 700 Kcal/kg), on peut craindre que cette nourriture n'entraîne une sous-alimentation protéique des alevins ; ceux-ci cesseraient de s'alimenter quand leurs besoins énergétiques sont couverts, alors que leurs besoins en protéines ne le sont pas encore.

L'aliment à partir d'oeuf entier proposé ici évite ces différents inconvénients :

- le jaune, relativement instable, est encapsulé dans l'albumine, plus résistante,
- les teneurs en protéines (48,8 % de la M.S.) et en énergie métabolisable (4 810 Kcal/kg) permettent d'avoir un meilleur rapport énergie/protéines qu'en employant le jaune seul.

L'avidine, inhibiteur de croissance contenu dans l'oeuf, est détruite par la chaleur.

Méthode de préparation

- Les oeufs sont cassés et battus énergiquement (fourchette ou mixer). On obtient une émulsion de gouttelettes de jaune dans le blanc.
- On verse rapidement de l'eau bouillante (150 ml/oeuf) tout en remuant. Il se forme une suspension opalescente : l'albumine s'est coagulée autour des particules de jaune.
- Amener au volume désiré : 50 g d'oeuf équivaut à 12 g de M.S.

L'aliment peut être distribué directement aux alevins par cuillère ou louche, voire par pulvérisateur sur de grandes surfaces.

La conservation se fait au frais ; la congélation est possible après filtration pour éliminer l'eau.

Pour un emploi à titre d'aliment unique pendant une période de plus de quelques jours, il est préférable de compléter cette nourriture avec des vitamines hydrosolubles (vitamine C en particulier) lors de la deuxième étape de la préparation.

ANNEXE 10

REPARTITION DES BESOINS ENERGETIQUES ET ALIMENTATION CHEZ LES POISSONS

A. Répartition des besoins énergétiques

Celle-ci est exprimée par l'équation d'Alexander (in SMITH, 1982) :

$$\mu F = g (G + H) + R + S$$

- où :
- F = énergie brute de l'aliment consommé
 - G = croissance (formation de nouveaux tissus)
 - H = gonades
 - R = métabolisme de base
 - S = activité physique (nage)

Le coefficient μ est habituellement égal à 0,8 pour tenir compte que seulement 80% de la nourriture ingérée est assimilée. Les 20% restants consistent en fèces, urine, ammoniac (excrété par les branchies).

Le coefficient g est égal à 2, car il faut pratiquement 2 fois plus d'énergie pour synthétiser de nouveaux tissus (croissance et gamètes) que pour entretenir ceux qui existent.

Des valeurs habituelles de ces différents paramètres donnent le résultat suivant :

$$\begin{aligned} 0,8 \times F &= 2 (5 + 1) + 34 + 34 \\ \Rightarrow F &= 100 \end{aligned}$$

Cela met en évidence l'influence qu'ont sur la reproduction, facteur le moins prioritaire énergétiquement après la croissance, de faibles variations de l'un des autres facteurs.

Par exemple :

- si la quantité d'énergie ingérée (F) passe à 101 (+ 1%), l'énergie disponible pour la production de gamètes (H) augmente de 40% (de 1 à 1,4).
- si la même quantité d'énergie ingérée peut être capturée avec une dépense énergétique de nage (S) réduite de 5%, l'énergie pour la production de gamètes (H) augmente de 100%, passant de 1 à 2.

ANNEXE 11

TRANSPORT DU POISSON AVEC OXYGENATION

(d'après HORVATH et coll., 1984 ; pour plus de détails, voir BERKA, 1984)

Espèces (individus de 1 kg)	Densité pour 1 000 l d'eau							
	0-5°C	5-8°C	8-10°C	10-15°C	15-20°C	20-25°C	25-28°C	30°C
C. miroir-Tanche	700	600	450	400	350	280	220	180
C. Amour	750	650	500	450	400	310	250	200
C. argentée	300	250	200	150	100	80	-	-
C. marbrée	700	650	500	450	400	300	220	180
Silure	800	700	600	500	400	320	250	200
Sandre	250	200	150	120	100	80	-	-
Poissons à jeûn								

Pour transport de 5 à 20 heures.

- Si le poids individuel est compris entre 1 kg et 1,7 kg, la densité peut être augmentée de 10 - 15 %.

- Si le poids individuel	< 100 g,	diminuer la densité de	70-80 %
	100- 200 g,	"	50-60 %
	200- 500 g,	"	30-50 %
	500-1000 g,	"	20-30 %

Pour éviter des blessures aux sandres, les transporter avec les tanches.

ANNEXE 12

BASES DE GESTION GENETIQUE D'UN STOCK DE REPRODUCTEURS DE POISSONS

(d'après GJEDREM, 1985 ; TAVE, 1986 ; 1992 ; CHEVASSUS, 1989)

Une gestion génétique n'est envisageable que pour les espèces qui peuvent être maintenues en pisciculture. Deux cas sont possibles :

* on souhaite **maintenir les performances** d'un lot de poissons, dont la descendance est destinée, par exemple, à être relâchée en milieu naturel (restauration d'une population en déclin). Il faut donc faire en sorte de réduire le moins possible la diversité (variabilité) des caractères de la descendance par rapport à celle de la population initiale. Dans ce cas, on pratiquera une "non sélection", ce qui est différent de "pas de sélection", qui est souvent une sélection inconsciente (emploi des gros géniteurs,...).

* on souhaite **améliorer les performances** d'élevage d'une espèce, à partir d'un lot de géniteurs. Par exemple : taille ou poids plus élevés à un âge donné, fécondité plus importante, résistance à une maladie,... Il faudra donc sélectionner dans chaque génération, les "meilleurs" individus vis à vis du ou des caractère(s) retenu(s).

Méthodes

* "Non sélection".

On s'efforce de ne sélectionner aucun caractère, même de manière inconsciente. Les géniteurs stockés sont représentatifs (tailles, poids, âges,...) de l'ensemble de la population. Cela implique que l'on dispose de données fiables sur leurs performances initiales, et de les contrôler à chaque génération pour vérifier l'absence de "dérive".

En pratique décloserie, inconsciemment, on a tendance à utiliser les plus gros géniteurs, ceux qui sont matures à la "bonne période" (du point de vue du pisciculteur), qui fournissent le plus d'oeufs, dont les éventuels caractères sexuels secondaires sont les plus évidents (facilité d'identification dans les bassins de stockage).

En outre, les techniques d'écloserie elles-mêmes tendent à réaliser une sélection non intentionnelle (= domestication) : géniteurs se reproduisant en conditions standardisées, juvéniles ayant de bonnes performances en milieu artificiel (bacs, nourriture,...).

Or des individus donnant des résultats médiocres en élevage peuvent être ceux qui survivraient le mieux en milieu naturel.

Il faut donc :

- utiliser des géniteurs de toutes les tailles (des gros géniteurs sont souvent des géniteurs âgés),
- assurer des opérations de ponte pendant toute la durée de la saison de reproduction,
- obtenir le plus de pontes possibles, quitte à ne conserver qu'une fraction des alevins de chacune d'elles.

*** Sélection orientée :**

On souhaite améliorer les performances zootechniques (= la productivité) d'une espèce en orientant la sélection vers un ou plusieurs caractères jugés intéressants.

Principe : à chaque génération, on retient les meilleurs individus par rapport au(x) caractère(s) sélectionné(s).

Il faut définir des buts (=caractères retenus) et des moyens techniques pour y parvenir, en évitant de choisir un caractère dépendant fortement de l'environnement.

Il faut savoir quoi mesurer : des longueurs corporelles sont plus précises que des poids (estomac plus ou moins plein, eau,...).

Il faut décider quand mesurer le caractère sélectionné ; s'il s'agit d'un taux de croissance, le mesurer à un âge donné (ce taux n'est pas constant au cours de la vie du poisson), et savoir que ce paramètre peut varier suivant le sexe des individus.

Entre 2 populations ayant, pour un caractère donné, une valeur moyenne identique (par ex.: même poids moyen à un âge donné), la sélection sur ce caractère sera plus efficace en partant de la population qui présente la plus grande variation autour de la moyenne.

En définissant une valeur limite pour sélectionner un caractère sans tenir compte du sexe, on risque d'aboutir à terme à une population monosexue.

*** Sélection massale :**

C'est la méthode la plus facile. A chaque génération, on retient comme reproducteurs les individus ayant le -ou les- caractère(s) sélectionné(s) le(s) plus marqué(s) par rapport à l'ensemble du stock. Par exemple : taille, poids à un âge donné,... C'est donc une sélection en fonction du phénotype : "meilleur" individu / moyenne de la population.

Méthode intéressante si le caractère sélectionné a une forte héritabilité ($> 0,25$).

Pour les Cyprinidés, cette méthode atteint rapidement ses limites : l'héritabilité des caractères est faible dans ce groupe de Poissons, à l'exception peut-être de la Tanche.

Cette méthode permet d'obtenir des souches formées d'individus consanguins ayant des caractères stables. En croisant 2 souches (hybridation intraspécifique), on obtient des hybrides dont les performances moyennes sont supérieures à celles de chacune des parents. C'est l'effet d'hétérosis (= "vigueur hybride"). Dans ce cas, seule la génération hybride est commercialisée.

***Sélection inter-familiale**

On sélectionne les "meilleures" familles dans un ensemble de familles en comparant des moyennes familiales entre elles et non plus des moyennes individuelles. Dans chaque famille qui présente un caractère "intéressant", on retient un échantillon représentatif, pris au hasard, d'individus que l'on souhaite conserver. Ces moyennes familiales peuvent être quantitatives ou qualitatives, relevées sur des individus de la famille qui ont été sacrifiés. Par exemple : rendement en filet d'un lot de poissons pris au hasard dans la même famille, ou autre caractère phénotypique non mesurable sur des individus vivants.

***Sélection intra-familiale**

Chaque famille est considérée comme une sous-population de l'ensemble du stock. A l'intérieur de chaque famille, les individus sont retenus ou non après comparaison à la moyenne de leur propre famille.

***Sélection sur la descendance**

On juge la qualité des géniteurs (couple par couple) en tant que tels, en fonction de tels ou tels caractères de leurs descendants.

* Ces méthodes de sélection familiales permettent d'éliminer l'influence de l'environnement sur le phénotype, qui reflète mieux alors les variations d'origine génotypiques. Par exemple : sélection de souches précoces ou tardives par rapport à la date moyenne de ponte du stock.

* En contre-partie, elles entraînent de grosses contraintes pour le stockage séparé de chaque famille, du moins tant qu'un marquage individuel ne peut pas être pratiqué.

En conditions d'élevage intensif, si le critère de sélection est la croissance à un âge donné, il faut s'assurer que les individus ainsi retenus ont réellement une capacité de croissance ou d'assimilation de l'aliment supérieure à la moyenne. Leur meilleure croissance peut être due simplement à un comportement agressif vis à vis de leurs congénères, écartés du point d'alimentation.

***Manipulations génétiques**

Ces techniques sont peu pratiquées en pisciculture d'étang en France, où la demande est faible.

Individus triploïdes, obtenus par choc thermique ou de pression après la fécondation des oeufs (fréquent en salmoniculture).

Gynogenèse, par fécondation d'ovules avec du sperme irradié. On obtient une population monosexue femelle, ayant une taille plus importante au moment de leur maturation.

Inversion sexuelle : les juvéniles reçoivent de l'aliment contenant de la méthyl-testostérone pour obtenir une population monosexue mâle (produits interdits à la consommation en France). En pisciculture tropicale, pratique courante pour l'élevage du Tilapia.

Remarques

* Des essais réalisés pour comparer les performances des meilleures souches de Carpes miroir allemandes par rapport à des souches sélectionnées en Israël ou en Russie (GELDHAUSER et coll., 1987 ; KLUPP, 1987) ont montré que chacune de celles-ci n'exprimait pleinement son potentiel que lorsqu'elle se trouvait dans son milieu d'origine avec les conditions d'élevage appliquées sur les sites de sélection.

* Pour simplifier un tant soit peu la gestion de ces nombreux stocks, il est nécessaire de marquer de façon fiable les poissons. L'un des meilleurs moyens est l'emploi de marques internes magnétiques ("P. I. T. tags" des anglo-saxons).

LOUIS - JEAN
avenue d'Embrun, 05003 GAP cedex
Tél. : 92.53.17.00
Dépot légal : 174 — Février 1993
Imprimé en France



"Etudes" du CEMAGREF, série Ressources en eau n° 7, Mémento de pisciculture d'étang - Olivier SCHLUMBERGER- 1993, 1^{re} édition, ISBN 2-85362-326-2, ISSN 1158-9914. Dépôt légal 2^e trimestre 1993 - Coordonnateur de la série : Luc-André Leclerc, chef de département - Photo de couverture : CEMAGREF - Impression et façonnage : imprimerie Louis Jean, BP 87, 05003 Gap - Edition et diffusion : CEMAGREF-DICOVA, BP 22, 92162 Antony Cedex, tél. : (1) 40 96 61 32 et CEMAGREF Montpellier, 361 rue J.-F. Breton, BP 5095, 34033 Montpellier Cedex 1, Tél. : 67 04 63 00 - Diffusion aux libraires : TEC et DOC, 14, rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. : (1) 47 40 67 00 - **Prix : 150 F TTC**