

UNE PISCICULTURE PARTICULIERE : LA PRODUCTION DE VIFS EN ETANGS

THESE
pour obtenir le grade de
DOCTEUR VETERINAIRE

DIPLOME D'ETAT

*présentée et soutenue publiquement en 2003
devant l'Université Paul-Sabatier de Toulouse*

par

Alexandre, Daniel, Alain GOURGUES NASSANS
Né, le 5 novembre 1977 à AUCH (Gers)

Directeur de thèse : M. le Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE

JURY

PRESIDENT :

M. Jean-Louis FONVIEILLE

Professeur à l'Université Paul-Sabatier de TOULOUSE

ASSESEUR :

M. Jacques DUCOS de LAHITTE

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

M. Yves LIGNEREUX

Professeur à l'Ecole Nationale Vétérinaire de TOULOUSE

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PÊCHE
ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

Directeur	: M.	P. DESNOYERS
Directeurs honoraires.....	: M.	R. FLORIO
	M.	J. FERNEY
	M.	G. VAN HAVERBEKE
Professeurs honoraires.....	: M.	A. BRIZARD
	M.	L. FALIU
	M.	C. LABIE
	M.	C. PAVAU
	M.	F. LESCURE
	M.	A. RICO
	M.	A. CAZIEUX
	Mme	V. BURGAT
	M.	D. GRIESS

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

- M. **CABANIE Paul**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **CHANTAL Jean**, *Pathologie infectieuse*
- M. **DARRE Roland**, *Productions animales*
- M. **DORCHIES Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **GUELFY Jean-François**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*
- M. **TOUTAIN Pierre-Louis**, *Physiologie et Thérapeutique*

PROFESSEURS 1^{ère} CLASSE

- M. **AUTEFAGE André**, *Pathologie chirurgicale*
- M. **BODIN ROZAT DE MANDRES NEGRE Guy**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **BRAUN Jean-Pierre**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*
- M. **DELVERDIER Maxence**, *Histologie, Anatomie pathologique*
- M. **EECKHOUTTE Michel**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
- M. **EUZEBY Jean**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **FRANC Michel**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*
- M. **MARTINEAU Guy**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*
- M. **MILON Alain**, *Pathologie générale, Microbiologie, Immunologie*
- M. **PETIT Claude**, *Pharmacie et Toxicologie*
- M. **REGNIER Alain**, *Physiopathologie oculaire*
- M. **SAUTET Jean**, *Anatomie*
- M. **SCHELCHER François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

PROFESSEURS 2^e CLASSE

- Mme **BENARD Geneviève**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*
- M. **BERTHELOT Xavier**, *Pathologie de la Reproduction*
- M. **CORPET Denis**, *Science de l'Aliment et Technologies dans les industries agro-alimentaires*
- M. **DUCOS DE LAHITTE Jacques**, *Parasitologie et Maladies parasitaires*
- M. **ENJALBERT Francis**, *Alimentation*
- M. **GUERRE Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*
- Mme **KOLF-CLAUW Martine**, *Pharmacie - Toxicologie*
- M. **LEFEBVRE Hervé**, *Physiologie et Thérapeutique*
- M. **LIGNEREUX Yves**, *Anatomie*
- M. **PICAVET Dominique**, *Pathologie infectieuse*

PROFESSEUR ASSOCIÉ

- M. **HENROTEAUX Marc**, *Médecine des carnivores*

INGÉNIEUR DE RECHERCHES

- M. **TAMZALI Youssef**, *Clinique équine*

PROFESSEURS CERTIFIES DE L'ENSEIGNEMENT AGRICOLE

Mme **MICHAUD Françoise**, *Professeur d'Anglais*

M. **SEVERAC Benoît**, *Professeur d'Anglais*

MAITRE DE CONFERENCES HORS CLASSE

M. **JOUGLAR Jean-Yves**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

MAITRES DE CONFERENCES 1^{ère} CLASSE

M. **ASIMUS Erik**, *Pathologie chirurgicale*

M. **BAILLY Jean-Denis**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*

M. **BERGONIER Dominique**, *Pathologie de la Reproduction*

M. **BERTAGNOLI Stéphane**, *Pathologie infectieuse*

Mme **BOUCRAUT-BARALON Corine**, *Pathologie infectieuse*

Mlle **BOULLIER Séverine**, *Immunologie générale et médicale*

Mme **BOURGES-ABELLA Nathalie**, *Histologie, Anatomie pathologique*

M. **BOUSQUET-MELOU Alain**, *Physiologie et Thérapeutique*

Mme **BRET-BENNIS Lydie**, *Physique et Chimie biologiques et médicales*

M. **BRUGERE Hubert**, *Hygiène et Industrie des Denrées Alimentaires d'Origine Animale*

M. **CONCORDET Didier**, *Mathématiques, Statistiques, Modélisation*

Mlle **DIQUELOU Armelle**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*

M. **DUCOS Alain**, *Zootecnie*

M. **DOSSIN Olivier**, *Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores*

Mme **GAYRARD-TROY Véronique**, *Physiologie de la Reproduction, Endocrinologie*

Mme **HAGEN-PICARD Nicole**, *Pathologie de la Reproduction*

M. **JACQUIET Philippe**, *Parasitologie et Maladies Parasitaires*

M. **JAEG Jean-Philippe**, *Pharmacie et Toxicologie*

M. **LYAZRHI Faouzi**, *Statistiques biologiques et Mathématiques*

M. **MATHON Didier**, *Pathologie chirurgicale*

Mme **MESSUD-PETIT Frédérique**, *Pathologie infectieuse*

M. **MEYER Gilles**, *Pathologie des ruminants*

Mme **PRIYMENKO Nathalie**, *Alimentation*

Mme **RAYMOND-LETRON Isabelle**, *Anatomie pathologique*

M. **SANS Pierre**, *Productions animales*

Mlle **TRUMEL Catherine**, *Pathologie médicale des Equidés et Carnivores*

M. **VALARCHER Jean-François**, *Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour*

M. **VERWAERDE Patrick**, *Anesthésie, Réanimation*

MAITRES DE CONFERENCES 2^e CLASSE

Mlle **CADIERGUES Marie-Christine**, *Dermatologie*

Mme **CAMUS-BOUCLAINVILLE Christelle**, *Biologie cellulaire et moléculaire*

Mme **COLLARD-MEYNAUD Patricia**, *Pathologie chirurgicale*

M. **FOUCRAS Gilles**, *Pathologie du Bétail*

M. **GUERIN Jean-Luc**, *Productions animales*

M. **MARENDA Marc**, *Pathologie de la Reproduction*

MAITRES DE CONFERENCES CONTRACTUELS

M. **DESMAIZIERES Louis-Marie**, *Clinique équine*

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIE

M. **REYNOLDS Brice**, *Pathologie chirurgicale*

ASSISTANTS D'ENSEIGNEMENT ET DE RECHERCHE CONTRACTUELS

Mme **MEYNADIER-TROEGELER Annabelle**, *Alimentation*

M. **MOGICATO Giovanni**, *Anatomie, Imagerie médicale*

M. **MONNEREAU Laurent**, *Anatomie, Embryologie*

A NOTRE JURY DE THESE :

A Monsieur le Professeur FONVIEILLE Jean-Louis

Professeur des Universités
Praticien hospitalier
Parasitologie et Mycologie

Qui nous a fait l'honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse.
Hommage respectueux.

A Monsieur le Professeur DUCOS de LAHITTE Jacques.

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Parasitologie et Maladies parasitaires

Qui a apporté son appui bienveillant et permis par ses conseils l'élaboration de ce travail.

Qu'il trouve ici l'expression de notre sincère gratitude.

A Monsieur le Professeur LIGNEREUX YVES

Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Anatomie

Qui nous a fait l'honneur de participer à notre jury de thèse.
Qu'il veuille bien accepter le témoignage de notre profond respect.

mes parents,

Qui ont toujours été là pour me soutenir et qui ont toujours su respecter mes choix.
Qu'ils trouvent dans ce travail le témoignage de ma profonde reconnaissance.

mon frère,

En espérant que ce travail puisse t'aider dans ton activité professionnelle.
Continuons à être toujours là, l'un pour l'autre.

Sophie,

Pour ton sourire, pour notre complicité, pour tous ces petits riens pourtant si importants
... Et pour tout ce qui reste à venir.

mes grands-parents,

Qui nous ont quitté bien trop tôt.

M et Mme Sarrablo Vicente et Pilar,

Pour tout ce que vous avez fait pour moi depuis mon plus jeune âge.

tout le reste de ma famille.

A Doudou, Hugues et Popaul,

Pour ces quatre années passées sous le même toit, pour votre amitié et pour notre complicité.

Essayons de ne jamais oublier ces bons moments passés ensemble.

Aux Claudettes et aux Tafiols,

Maupom's, Klaire Biener, Van'Out, Coco, Babar, Fick, Julio et Minou,

En souvenir de ces repas et de toutes les choses que nous avons partagées...

A tous les rugbymen du Vêto-rugby-club,

Manimal, Arnaud, Guigui, Le Queen, Yannou...

A tous ces matchs pour lesquels on s'est battu et pour toutes les troisièmes mi-temps que nous avons remportées.

A tous mes autres amis

Claire, Marianne, Anouck, Julien, Aurélie, Doudou, Maria, Céline, Alexis, Miramar...

A Naïade,

Ma fidèle compagne

Table des matières

INTRODUCTION.....	11
1 OBJECTIFS ET ASPECTS RÉGLEMENTAIRES.....	12
1.1 OBJECTIFS DE LA PISCICULTURE	12
1.1.1 Principe de la pêche au vif.....	12
1.1.2 Objectif de production	15
1.1.3 Etude du marché des Cyprinidés utilisés.....	18
1.2 ASPECTS RÉGLEMENTAIRES.....	19
1.2.1 Espèces autorisées pour la pêche au vif.....	19
1.2.2 Aspects réglementaires généraux de la commercialisation du poisson de repeuplement	21
1.2.3 Aspects réglementaires vis à vis de la pêche et de la vidange de lacs	22
1.2.4 Aspects réglementaires vis à vis de la création de ce type de pisciculture.....	23
2 BIOLOGIE DES POISSONS ÉLEVÉS.....	26
2.1 ORIGINE ET DOMESTICATION DES ESPÈCES	26
2.2 DESCRIPTION COMPARATIVE DES DIFFÉRENTS POISSONS UTILISÉS COMME VIF	28
2.2.1 Les blancs.....	28
2.2.2 Les autres espèces	32
2.3 COMPORTEMENT ET MILIEU DE VIE	33
2.3.1 Exigences vis à vis de la qualité des eaux	33
2.3.2 Milieu de vie.....	35
2.3.3 Comportement.....	36
2.3.4 Variations d'activité journalière et saisonnière	37
2.4 RÉGIME ET COMPORTEMENT ALIMENTAIRES	38
2.4.1 Régimes omnivores variés.....	38
2.4.2 Rythmes alimentaires.....	42
2.4.3 Alimentation des larves.....	43
2.5 REPRODUCTION EN CONDITIONS NATURELLES.....	44
2.5.1 Dimorphisme sexuel.....	44
2.5.2 Différentes stratégies de reproduction des cyprinidés	45
2.5.3 Acquisition de la maturité sexuelle	47
2.5.4 Elaboration des gamètes et contrôle interne	48
2.5.5 Une très forte fécondité.....	50
2.5.6 Facteurs externes agissant sur la fonction de reproduction.....	52
2.5.7 Développement des alevins	57
2.5.8 Possibilités d'hybridation	58
2.6 CROISSANCE.....	60
2.6.1 Croissance individuelle.....	60
2.6.2 Performances de croissance.....	63
2.6.3 Croissance démographique des poissons.....	65
3 ASPECTS ZOOTECHNIQUES.....	68
3.1 PRATIQUES D'ÉLEVAGE.....	68
3.1.1 Aménagement des étangs	68
3.1.2 Privilégier l'implantation de végétaux aquatiques	69
3.1.3 Installations et techniques de pêches.....	73
3.1.4 Tri du poisson.....	75
3.1.5 Stockage de la pêche.....	75
3.1.6 Transport et commercialisation.....	76
3.2 PEUPEMENT DES ÉTANGS ET GESTION DE LA REPRODUCTION.....	79
3.2.1 Quelles espèces élever ?	79
3.2.2 Peuplement des étangs.....	81
3.2.3 Gestion de la reproduction.....	83
3.2.4 Association avec d'autres espèces.....	93
3.2.5 Attention particulière à l'introduction d'espèces indésirables ou nuisibles.....	100
3.3 FERTILISATION DES ÉTANGS.....	102

3.3.1	<i>L'écosystème aquatique</i>	103
3.3.2	<i>Facteurs de développement du phytoplancton</i>	107
3.3.3	<i>Fertilisation minérale</i>	111
3.3.4	<i>Fertilisation organique</i>	113
3.4	ALIMENTATION ARTIFICIELLE	118
3.4.1	<i>Quelques éléments physiologiques sur la nutrition des poissons</i>	119
3.4.2	<i>Anatomie et physiologie du tube digestif</i>	120
3.4.3	<i>Digestibilité et besoins en différents nutriments</i>	121
3.4.4	<i>Aliments artificiels utilisables</i>	125
3.4.5	<i>Volumes, fréquence et modes d'administration</i>	127
4	RÉDUCTION DE LA MORTALITÉ	131
4.1	GESTION ET PRÉVENTION DES MALADIES	131
4.1.1	<i>Les principales affections rencontrées chez les cyprinidés</i>	131
4.1.2	<i>Traitement et prévention de ces affections</i>	150
4.2	LIMITATION DE LA PRÉDATION	158
4.2.1	<i>Impact des oiseaux piscivore sur une pisciculture de vifs</i>	159
4.2.2	<i>Méthodes de lutte</i>	165
	CONCLUSION	168
	ANNEXE	169
	BIBLIOGRAPHIE	172

Table des illustrations

Figures :

Fig. 1 : Différents types d'eschage d'un vif: a – montage simple par le maxillaire, b – montage double par le dos et le pédoncule caudal.

Fig. 2 : Deux modes de pêche au « mort posé » à même le fond ou décollé sur les herbiers.

Fig. 3 : Montage d'un vairon de type godille à l'aide d'une aiguille à locher

Fig. 4 : Etat de maturation sexuelle des géniteurs lors de leur passage dans les différents types d'étangs (14).

Fig. 5 : Evolution du rapport gonado-somatique de gardons femelles dans le lac Lemman de septembre à la date du frai (52).

Fig. 6 : Evolution de la fécondité relative de la carpe commune femelle en relation avec l'augmentation du poids corporel (16).

Fig. 7 : Coupe transversale de poisson et répartition des différents types de fibres musculaires chez la truite arc-en-ciel (20).

Fig. 8 : Relations stock-recrutement et évolutions du nombre de recrues par unité de stock en fonction du stock, en absence de régulation, et pour les modèles de Beverton & Holt et de Ricker (22).

Fig. 9 : « Enclos » pour prélèvement périodique de poissons-chats en pleine eau d'après Jansen, 1981 in BILLARD, 1995 (16).

Fig. 10 : Les zones de croissance de reproduction (Zr), de croissance (Zc) et d'hivernage (Zh) dans un étang d'après Voican et al., 1975 (16).

Fig. 11 : Schéma de productions des différents vifs en fonction de leur rythmes de croissance.

Fig. 12 : Modèles de frayères Dubisch et Hofer (23)

Fig. 13 : Tableau permettant de déterminer la production piscicole potentielle d'étangs (kg/ha/an) à partir du groupe de phytoplancton dominant et de la concentration moyenne en chlorophylle a (mg/m^3) pendant la saison de croissance (10).

Fig. 14 : Action de la fertilisation sur le nombre de cellules phytoplanctoniques de décembre 1983 à novembre 1984 d'après Sevrin-Reyssac et Gourmelen, 1985 in BILLARD 1995 (16)

Fig. 15 : Variations quantitatives du nombre de cellules phytoplanctoniques dans un étang fertilisé et non fertilisé en Brenne pendant l'hiver d'après Zimmermann, 1990 in (16).

Tableaux :

Tabl. 1 : Exigences des différents Cyprinidés cultivés en termes de qualité d'eau.

Tabl. 2 : Tableaux simplifiés exprimant les préférences alimentaires de cinq Cyprinidés d'élevage (à partir de Michel).

Tabl. 3 : Caractéristiques des proies vivantes d'alevins de carpes communes (16).

Tabl. 4 : Caractéristiques des alevins et taille des particules lors de la première prise alimentaire.

Tabl. 5 : Fécondité relative ou absolue des différentes espèces de Cyprinidés employées comme vif.

Tabl. 6 : Températures de frai chez les différentes espèces de Cyprinidés.

Tabl. 7 : Possibilités d'hybridation entre espèces de Cyprinidés utilisées comme vifs et caractères des produits hybrides

Tabl. 8 : Croissance des espèces cultivées à différents stades de leur élevage.

Tabl. 9 : Age de première maturité sexuelle chez les Cyprinidés élevés.

Tabl. 11 : Charges conseillées pour le transport de Cyprinidés en sacs plastiques gonflés à température ambiante comprise entre 5 et 10°C d'après Horvath et al. 1982 in (16)

Tabl. 12 : Mise en charge pour des transports de 5 à 20 h pour des carpes ou des tanches à différentes températures d'après Horvath in (16)

Tabl. 13 : Influence de la densité initiale sur la taille des sujets en fin de saison (16)

Tabl. 14 : Evolution du régime alimentaire chez les principales espèces de carnassiers élevés en association avec les Cyprinidés.

Tabl. 15 : Croissance des quatre espèces de carnassiers les plus communément utilisées en association avec les vifs.

Tabl. 16 : Quantités d'amendement calcique en kg/ha à apporter suivant les catégories d'étangs (77).

Tabl. 17 : Composition des principaux engrais de ferme (76).

Tabl. 18 : Activité amylasique chez quelques espèces de poissons en comparaison avec celle du carassin (base 100) (58)

Tabl. 19 : Besoins en acides aminés de la carpe (en % de protéines de l'aliment ou de la farine) par Nose, 1979 (73).

Tabl. 20 : Besoins nutritionnels de diverses espèces de poisson (en % du poids d'aliment).

Tabl. 21 : Exemples d'aliments utilisables couramment pour l'alimentation des Cyprinidés d'étangs.

Tabl. 22 : Coefficients de conversion et gain de poids journaliers obtenus en élevages de carpes en fonction de la composition de l'aliment.

Tabl. 23 : Quantités journalières (kg/ha) d'aliment distribué en étangs de production en fonction de la température et de la production escomptée (Marek, 1975 (73)).

Tabl. 24 : Taux journalier de distribution de céréales et pourcentages moyens de croissance mensuelle en fonction de la température (carpes de 400 à 1200g) (16).

Introduction

La pisciculture en eau douce est une activité ancienne qui mérite qu'on lui accorde un peu plus d'attention en raison de l'épuisement progressif des ressources naturelles marines mais aussi dans un souci de diversification de notre patrimoine rural.

Les Cyprinidés représentent un groupe bien adapté à ce type d'élevage. Dans certains pays comme en Israël, en Indonésie ou dans les pays d'Europe de l'Est, leur production prend des proportions importantes et participe activement à l'alimentation de la population. Des progrès restent donc à faire dans notre pays où ces produits riches en protéines de haute qualité sont encore très mal exploités.

La production de poissons destinés à la pratique de la pêche au vif peut constituer une voie de diversification de cette activité. Elle répond à une demande précise mais ne nécessite pas d'infrastructures massives permettant ainsi une activité d'appoint facile.

Dans un premier temps nous présenterons le cadre juridique et économique dans lequel peut s'inscrire ce type de production. Nous présenterons ensuite les caractères majeurs concernant la biologie, la reproduction et la croissance des espèces de Cyprinidés cultivées de façon à mieux intégrer les différentes pratiques de leur élevage.

Par la suite nous nous consacrerons à un volet plus zootechnique présentant les pratiques de culture générales, les critères de peuplement mais aussi la maîtrise au sens large de l'alimentation des poissons par le biais de la fertilisation des étangs ou plus directement par l'alimentation artificielle.

Enfin, une dernière partie abordant le problème de la mortalité s'avère nécessaire pour assurer un contrôle global de l'état de maladie et réduire l'impact des populations d'oiseaux ichthyophages en essor.

1 Objectifs et aspects réglementaires

1.1 Objectifs de la pisciculture

1.1.1 Principe de la pêche au vif

Cette technique de pêche est utilisée pour la capture de poissons carnassiers : brochets, sandres, perches, black-bass, silures mais aussi truites, anguilles ou chevaines. Le procédé est simple : il consiste à appâter un hameçon à l'aide d'un poisson qui fait office de proie. Le prédateur ne fait que reproduire son comportement naturel, en se nourrissant de ses proies habituelles. Pour les détecter, les prédateurs font appel à plusieurs de leurs sens.

Certains comme le brochet, le black-bass, la perche et la truite sont des « prédateurs visuels ». De part leur mode de chasse, ils apprécient généralement les eaux claires. Les couleurs et les reflets sont particulièrement importants et d'ailleurs largement exploités dans l'élaboration de leurres artificiels. Le sandre présente des capacités visuelles adaptées aux conditions de faibles luminosités grâce à un système de tapis réflecteur riche en porphyropsine (21). En absence de lumière, d'autres sens plus performants prennent le relais : l'ensemble sensoriel « goût-olfaction » et la sensibilité acoustique. La sensibilité aux signaux chimiques permet un repérage de proies grâce à des acides aminés libres présents dans leurs sécrétions épidermiques (21). Certains prédateurs, sandres et silures traquent ainsi leurs proies dans les profondeurs sous des conditions de faible luminosité. Enfin, tous les poissons, prédateurs ou proies, sont sensibles aux stimulations vibratoires qui leur permettent de se repérer dans l'espace et de repérer d'autres individus. Ce sens met en jeu des organes originaux : les otolithes de l'oreille interne et la ligne latérale. Certains prédateurs sont particulièrement performants : brochet, black-bass, silure. Ce sens permet de détecter la présence des proies et intervient bien avant le sens visuel qui permet le plus souvent d'ajuster l'attaque. Les vibrations générées par certains dispositifs de pêche les rendent plus attractif : c'est le principe des leurres artificiels et des cuillers mais aussi celui du maniement du poisson mort.

Deux grandes techniques existent à partir d'appâts de type poissons : celles qui font appel à un appât vivant, on parle de « pêche au vif » et celles qui utilisent un appât mort, on parle alors de « pêche au poisson mort ».

La pêche au vif se pratique surtout pour les espèces de carnassiers de lac et très peu pour les Salmonidés. Elle est généralement réalisée selon des techniques en postes fixes qui dépendent de l'étage de la colonne d'eau que l'on veut prospecter (demi-fond pour le flotteur et le buldo ou fond pour la plombée). Des techniques itinérantes comme le manié ou la tirette sont possibles et confèrent au vif un pouvoir attractif supérieur. Le poisson est alors beaucoup plus sollicité (lancers successifs, accrocs...) et l'action de pêche peut se terminer en « mort manié ».

L'eschage lors de pêche au vif suppose un respect des fonctions vitales du vif de façon à ce qu'il puisse assurer le plus longtemps possible l'action de pêche. Plusieurs montages sont possibles : l'hameçon peut être simplement piqué dans le museau, dans le pédoncule caudal ou sur le dos. Ces montages peu vulnérants pour le vif offrent une grande liberté de nage permettant une bonne prospection de la tranche d'eau. L'eschage tout de même fragile ne supporte pas les lancers appuyés. L'installation du vif peut être renforcée par l'opération de « lochage » : elle se fait à l'aide d'une aiguille adaptée qui permet de glisser le fil sous le tégument dorsal du vif de l'arrière de la tête jusqu'en arrière de la nageoire dorsale. La survie du vif est moins bonne mais le montage très solide.

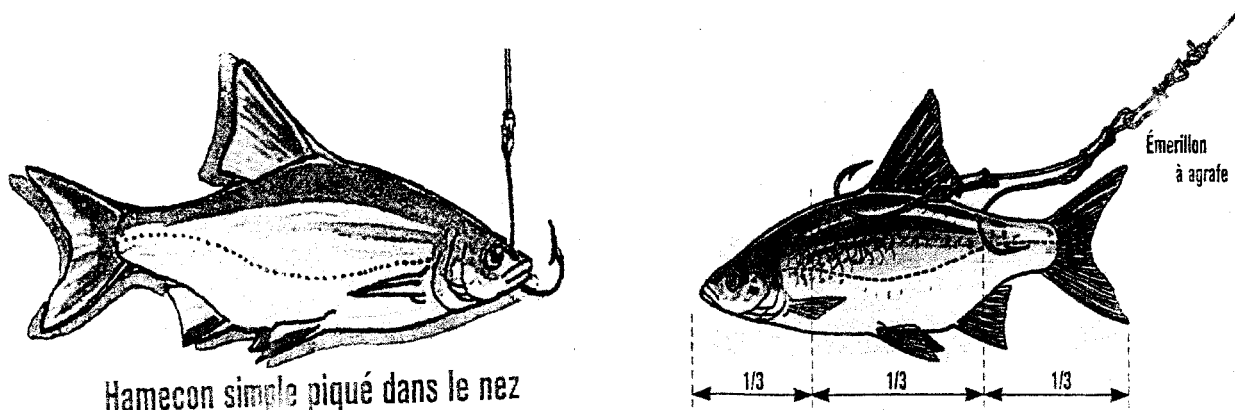


Fig. 1 : Différents types d'eschage d'un vif : a – montage simple par le maxillaire, b – montage double par le dos et le pédoncule caudal.

Le recours à un hameçon double ou triple est possible : elle augmente les chances de « picage » mais aussi les risques d'emmêlement ou d'accrochage. La présentation est nettement moins bonne car le vif est déséquilibré. Les dispositifs volumineux peuvent être détectés par le carnassier et entraîner le rejet du vif par phénomène de « soufflage ». Les montages traumatisants (hameçons multiples ou recours au lochage) ne sont possibles que sur des vifs de grande taille (supérieurs à 12 cm) ou d'espèces résistantes (carpes, carassins) aptes à supporter ce traumatisme.

N.B. : la législation française n'autorise que deux hameçons au maximum par ligne, les hameçons doubles ou triples ne comptant que pour un seul hameçon chacun. La monture au vif ou au poisson mort ne peut donc être équipée que de deux hameçons au plus (article R.236-30 du Code Rural).

La pêche au « mort manié » concerne en premier lieu la truite. L'appât de loin le plus utilisé est le vairon accessoirement le goujon ou l'ablette certainement parce que c'est la seule espèce qui partage couramment le même biotope que la truite. Pour les autres carnassiers, on utilise couramment divers autres Cyprinidés de 14-20 cm pour le brochet, 8-10 cm pour le sandre ou moins pour les autres Percidés.

L'appât peut être utilisé inerte : si on en croit les expériences de pêcheurs, certaines espèces, le brochet et le sandre, en particulier les gros spécimens, pourraient adopter un comportement nécrophage. L'anguille est réputée pour prospecter le fond à la recherche de

sujets malades ou morts. Des montages en plombée sont les plus fréquents pour que le poisson mort se retrouve sur le sol ou mieux légèrement au-dessus permettant un meilleur repérage. Le « décollément » est obtenu à l'aide de composés très légers type polystyrène ou d'insufflation d'air dans la carcasse. L'appât est maintenu de façon variable avec un ou deux hameçons, piqués ou souvent lochés de préférence sur les deux faces du vif assurant une meilleure tenue.

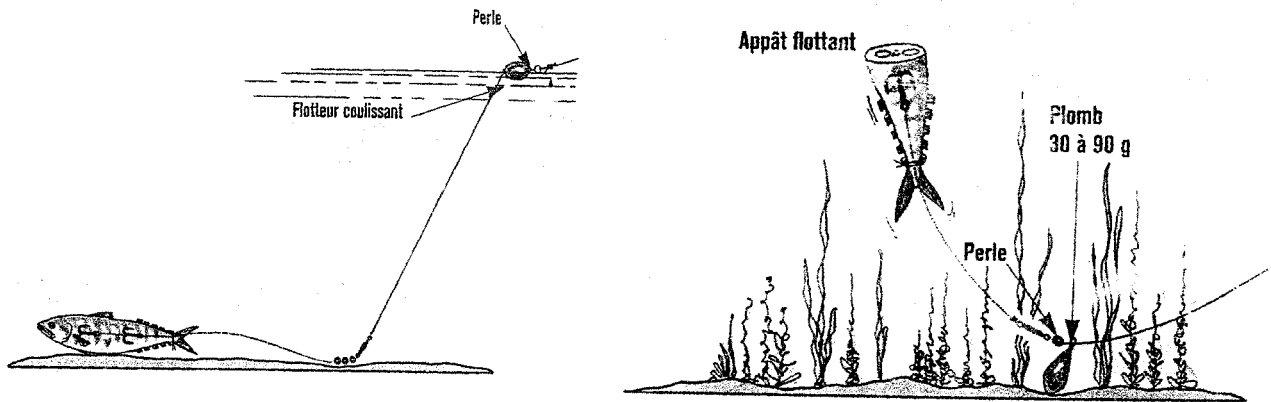


Fig. 2 : Deux modes de pêche au « mort posé » à même le fond ou décollé sur les herbiers.

La plupart du temps, l'appât est mis en mouvement, « à la tirette », selon des techniques de pêches plus dynamiques s'apparentant un peu à la pêche à l'aide de leurres ou cuillers. On parle de « mort manié ». Le but étant de redonner au poisson mort un aspect vivant en mimant une nage désordonnée pouvant correspondre à celle d'un animal blessé ou en fuite. Suivant les dispositifs utilisés, la technique consiste en une succession de tractions et de récupérations de la canne qui donne à la proie une nage saccadée (pêche des Percidés et Salmonidés) ou apparence de chute en feuille morte (pêche au brochet). De nombreux montages sont possibles avec un ou deux hameçons : la donzette, l'ariel, la godille, la monture casquée, la cuiller vaironnée...

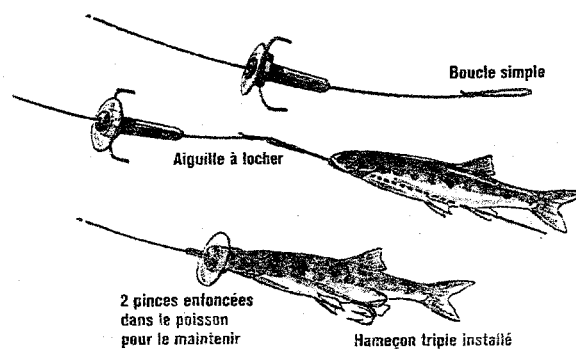


Fig. 3 : Eschage d'un vairon sur un montage de type godille à l'aide d'une aiguille à locher

L'emploi de poissons morts se porte surtout sur des espèces à chair ou peau coriace telles que la perche pour une bonne tenue sur l'hameçon. L'aspect brillant est également recherché pour augmenter les performances de l'appât (ablettes qui ont une forme effilée adaptée à ce type de pêche). Si l'on emploie un poisson mort entier, certains spécialistes préconisent de l'écraser légèrement : l'éviscération partielle libère des substances susceptibles d'attirer les prédateurs sensibles comme le sandre. Pour certains voraces comme le brochet ou le sandre, plusieurs alevins peuvent être eschés à l'aide d'un fil de cuivre sur un même hameçon. Pour augmenter l'efficacité de ces leurres, un traitement spécifique peut être utilisé : colorant, attractant chimique à base le plus souvent d'huiles de poissons.

Même si l'approvisionnement en appâts morts peut être amélioré par leur conservation facile par congélation ou dans le formol, l'utilisation de poissons frais donne de meilleurs résultats : la tenue est augmentée et le caractère appétant bien plus marqué.

1.1.2 Objectif de production

1.1.2.1 Définition et qualité du vif

Le vif est un appât monté sur un hameçon, destiné à attirer l'attention des carnassiers. Il doit correspondre à un certain nombre de critères qui prennent en compte la technique de ce type de pêche mais aussi les préférences des espèces carnassières et des pêcheurs :

1.1.2.1.1 Critères liés au rôle d'appât

✓ **Taille** : les vifs doivent correspondre aux exigences de tailles que les carnassiers consomment. Les amateurs de perches et de black-bass préféreront des vifs de petite taille (environ 7-8 cm) : ces prédateurs sont très friands de jeunes alevins. Les pêcheurs de sandre font de même mais de plus en plus se tournent vers des vifs de plus grande taille (12-15 cm) car ils se rendent compte que la plupart de prédateurs sont des opportunistes qui préfèrent limiter leurs efforts de chasse sur des proies plus conséquentes. L'expression souvent utilisée pour le brochet « à gros vif, grosse prise » semblent se vérifier pour l'ensemble des carnassiers. Le brochet très paresseux excelle dans cette stratégie et est préférentiellement intéressé par les proies de 15-20 cm. La pêche du silure qui peut atteindre des poids énormes de 50 à 60 kg en France demande des appâts adaptés à son gabarit de 300 à 400 g (25-30 cm). La taille moyenne d'un lot de vif chez un détaillant doit avoisiner 10-15 cm pour satisfaire au mieux sa clientèle. Ensuite, l'appréciation est laissée à chaque pêcheur.

✓ **Brillance** : selon les pêcheurs, il s'agit d'un critère capital pour initier l'attaque du prédateur. Il doit être justifié et pour s'en rendre compte, il suffit d'observer les différents leurres et cuillers utilisés pour la pêche au lancer : leurs reflets dorés ou argentés destinés à mimer des proies naturelles ont laissé place à des leurres beaucoup plus artificiels de couleurs vives à fluorescentes. Le succès de ces cuillers auprès des pêcheurs semblent prouver leur efficacité. La vision est en effet une arme incontestable du prédateur pour diriger l'attaque. De plus, la pêche des carnassiers de deuxième catégorie est à l'inverse de celle de la truite,

rarement réalisée en eau très claire : une brillance accrue pallie la turbidité des eaux. Ce critère essentiel explique que les blancs seront élevés en majorité malgré leur moindre résistance. L'ablette est de loin l'espèce privilégiée à ce niveau que ce soit en tant que vif ou mort manié pour les carnassiers d'étang.

✓ **L'espèce proprement dite** : les pêcheurs préfèrent une espèce particulière de vif car ils pensent que le carnassier qu'ils pêchent, la préfère. Par exemple, les Percidés et les black-bass prisent particulièrement la petite blanchaille. Le brochet chasse plus facilement les poissons à activité benthique du fait de son type de chasse à l'affût : les blancs beaucoup plus vifs évitent plus facilement ses attaques. Il faut tout de même réaliser que l'activité d'un poisson épinglé au bout d'un trident est totalement modifiée et un gardon utilisé en vif aura autant d'efficacité car son comportement ressemble à celui d'un individu malade particulièrement recherché par les brochets, chasseurs redoutables mais très fainéants. Les perchettes sont également très prisées des brochets mais aussi des black-bass et des perches elles-mêmes. Les silures recherchent préférentiellement des espèces vivant comme eux près du fond (carpes, tanches, carassins) mais des gros blancs en difficultés agonisant sur le fond semblent également très attractifs.

1.1.2.1.2 Critères liés au mode de pêche lui-même

✓ **La résistance du vif** : la survie du poisson appâté sur un hameçon est difficile. Les pêcheurs préfèrent bien évidemment les espèces les plus résistantes en particulier les carpes et les carassins qui arrivent en première position devant certainement la tanche. En revanche, les espèces les plus fragiles sont sans conteste le goujon, les brèmes et l'ablette. Parmi les deux espèces les plus utilisées, le rotengle semble plus résistant que le gardon. Bien évidemment, la résistance est aussi liée à la qualité du vif (poisson en bon état, état sanitaire et nutritionnel correct...)

✓ **Le comportement du vif au bout du fil** : l'appât doit avoir un certain comportement explorateur au bout du fil. En prospectant les alentours, le vif peut aller à l'encontre du prédateur. La stimulation du prédateur est essentielle et tout comme la brillance, le mouvement constitue un stimulus visuel pour le prédateur. Les espèces fragiles rapidement épuisées manquent d'activité, l'action de pêche est alors mauvaise. D'autres (tanche, grémille et goujon) ont tendance à rester immobiles sur le sol et passent inaperçus aux yeux de la plupart des carnassiers. Paradoxalement, d'autres poissons trop vigoureux tels la carpe ou le carassin ont tendance à être trop remuants et mêlent ainsi le fil à des branches ou des végétaux : l'action de pêche est alors mauvaise et souvent il y a « accrochage » avec perte du bas de ligne et du vif. Ils doivent donc être installés sur des dispositifs flottants qui les empêchent d'atteindre le fond.

✓ **Facilité à monter l'appât sur le dispositif** : l'installation du vif peut parfois être délicate car évidemment, si l'on veut qu'il résiste le plus longtemps possible, il faut veiller à ne pas l'abîmer. Les espèces qui répondent le mieux à ce critère sont les tanches et les carpes, plus particulièrement les variétés miroirs ou cuirs : leur dos épais et l'absence d'écailles coriaces facilitent leur installation. Les carassins et autres carpes sont également aisés à monter. En revanche, les ablettes très effilées et naturellement plus fragiles sont beaucoup plus délicates.

✓ **Tenue de l'appât au niveau du trident** : ce critère est surtout important lors du lancer. Il peut en effet arriver que le vif quitte le montage sous l'impulsion du lancer. L'action de pêche est alors nulle. Les espèces à dos épais, chair coriace et écaillure profonde se révèlent être les meilleures : carassins puis carpes. Le goujon et l'ablette ont le moins de tenues, ils sont suivis par les autres poissons blancs.

Les vifs doivent être disponibles durant toute la période d'ouverture de la pêche aux carnassiers. Les dates d'ouvertures sont différentes en 1^{ère} et 2^{ème} catégorie et fixées chaque année par décret. Les périodes de pêche respectent les périodes de reproduction des différentes espèces. Ainsi, la pêche à la truite est généralement ouverte de mars à septembre et celle des carnassiers de 2^{ème} catégorie d'avril à fin janvier. Le plus gros de la demande en vifs s'étale d'octobre à janvier et d'avril à mai. Pour la truite, le pic d'activité pour la fourniture en vairons ou goujons se situe en mars-avril.

1.1.2.2 Contexte de l'exploitation piscicole

Compte tenu des enjeux économiques et des paramètres biologiques des espèces que nous cultiverons, une exploitation en extensif voire extensif amélioré suffit. Plus l'élevage s'intensifie, plus les investissements sont lourds et les risques de pertes importants : agents pathogènes, gestion de l'alimentation....

A la différence de certaines régions piscicoles comme la Brenne ou la Dombes, il s'agit plutôt dans notre cas de rentabiliser des étendues d'eau beaucoup plus modestes. En général, les plans d'eau n'ont pas été conçus dans l'optique d'une exploitation piscicole et la plupart du temps, il s'agit de lacs artificiels destinés à l'irrigation des cultures.

En effet, de part ses étés chauds et la douceur de son climat, le sud-ouest de la France a vu, depuis une dizaine d'année, son agriculture se modifier de façon importante : la culture de céréales (maïs, protéagineux (soja) ou oléagineux (tournesol) nécessitant des températures relativement chaudes, a trouvé dans cette région, des conditions géo-climatiques idéales. Le seul frein au développement de ces cultures est le risque d'une sécheresse estivale. Les agriculteurs ont donc dû développer leur irrigation et la construction de retenues artificielles a permis ainsi de s'affranchir des aléas climatiques.

A l'inverse des grandes régions piscicoles citées ci-dessus, les plans d'eau exploités ne sont généralement pas de grande surface : généralement moins de 3 à 4 hectares. Leur profondeur est généralement bien supérieure (de 2 à 5 mètres en général) dans l'optique d'un stockage maximal d'eau. On est bien loin des grands étangs à carpes de Dombes ou de Brenne dont la profondeur dépasse rarement 1.5 mètres mais dont l'étendue atteint souvent plusieurs dizaines d'hectares.

Malheureusement, les retenues ne sont pas toujours idéalement conçues pour une éventuelle exploitation piscicole. Certains ne sont pas vidangeables : initialement conçus pour l'irrigation, ils n'ont pas été équipés de vannes de vidange. Dans d'autres cas, la crépine de prise d'eau à l'intérieur du lac est située à 1 mètre au-dessus du fond, pour éviter

l'envasement et la détérioration des systèmes d'irrigation (prises d'eau en pipe). Ces conditions de vidanges partielles ne sont pas idéales car elles empêchent une exploitation optimale des lacs avec subsistance d'une année sur l'autre d'individus ou d'espèces représentants des non-valeurs économiques : vifs ayant dépassé leur taille commerciale (carpes et carassins surtout), espèces nuisibles ou carnassières qui vont se reproduire, et bien souvent prendre le dessus sur les espèces économiquement intéressantes. La population piscicole se dégrade alors rapidement. De plus, l'aménagement du fond de l'étang ou « assiette » est souvent mal conçu et n'est pas suffisamment aplani et incliné pour permettre une vidange complète. Dans certains cas, le fond est même parsemé de dépressions intentionnellement creusées, qui laissent lors de la vidange, des mares impossibles à pêcher. La pêche au filet peut parfois permettre d'améliorer l'extraction de la population piscicole mais bien souvent des talus trop abrupts ou la présence d'obstacles immergés excluent leur utilisation.

Ces retenues artificielles destinées à stocker l'eau, sont généralement très profondes avec des rives abruptes. Ces conditions ne sont optimales ni pour le frai (absence de hauts-fonds pour le développement de la végétation) ni pour la croissance des poissons (réchauffement plus lent des eaux). L'exploitation piscicole étant rarement prioritaire, il arrive fréquemment que lors d'étés très secs, les besoins accrus des cultures poussent les agriculteurs à irriguer abondamment. Les lacs sont asséchés ou atteignent des niveaux tellement bas que les conditions deviennent létales pour les poissons : réchauffement excessif de l'eau, explosion du développement algal parfois toxique, taux d'oxygène insuffisant... Les Cyprinidés s'adaptent à ces conditions mais dans certaines limites.

1.1.3 Etude du marché des Cyprinidés utilisés

Plusieurs espèces ont fait l'objet d'élevage en vue d'une mise en valeur des lacs et plans d'eau. Ainsi, les carpes (carpes communes et chinoises) représentent $\frac{1}{4}$ de la production aquacole mondiale de poissons (21). En France, les productions annuelles respectives de carpes, tanches et gardons de 1986 à 1991 atteignent seulement 5000-6000 t dont 60 % pour le repeuplement (85), 800-1000 t et 2000-2500 t (26). Le tonnage est ridicule devant celui des pays de l'Est (85 % de la production européenne de carpe) et des pays asiatiques. Les prix sont relativement faibles : 6.5-10 F/Kg pour des carpes de trois étés, 12-15 F/Kg pour des carpes de repeuplement plus jeunes (26).

L'élevage des Cyprinidés peut revêtir un certain intérêt pour le repeuplement. Dans les plans d'eau privés, certaines espèces sont recherchées : tanches, goujons ou gardons et rotengles en tant que poisson-fourrage, mais au niveau du système hydrographique national, les déversements de Cyprinidés sont rares : la plupart des espèces présentent un intérêt halieutique réduit et leur capacité de reproduction naturelle est suffisante pour un recrutement correct. Seul, le goujon peut s'avérer intéressant : depuis une dizaine d'année, le conseil de la pêche s'est inquiété de sa raréfaction dans les eaux françaises et a souhaité encourager sa pisciculture à des fins de repeuplement (61). Les prix du goujon de repeuplement variaient en 1996 de 110 à 150 F/kg selon les régions (26). Celui des tanches, des rotengles et des gardons de repeuplement est plus faible mais bien plus intéressant que celui de la carpe : 40-60F/kg.

La production de poissons-appâts est souvent secondaire à d'autres productions comme la carpe de consommation en Dombes ou en Brenne. Pourtant, cette activité peut si elle est bien gérée dégager des revenus intéressants sans engagement d'investissements importants : le prix des vifs est environ de 0.2 euro/unité (environ 1.2 F/unité).

Au niveau alimentaire, les consommateurs français apprécient peu la chair des Cyprinidés d'étangs : l'abondance des arêtes et éventuellement un goût de vase lors de mauvaise préparation avant abattage sont responsables de ce faible succès. Seule, la carpe se détache. Le produit de consommation est la carpe de 2-3 ans (1 à 2 kg). Elle fait peu partie des habitudes alimentaires françaises contrairement à d'autres pays européens comme l'Allemagne : consommation inférieure à 50 g de carpe/français/an (26) et consommation par seulement 5 % de français, concentrée dans certaines régions comme la Dombes ou l'Alsace. Le développement de produits de transformation plus attractifs pour le consommateur moderne, semble constituer un débouché prometteur mais le rendement reste faible : rendement de 60-65 % en carcasse étêtée et 29-33 % lors du filetage (85). Les pertes sont diminuées par le choix de sujets immatures, stériles ou sélectionnés avec des indices de profil (hauteur/épaisseur) élevés. La tanche peut revêtir un certain intérêt local du point de vue gastronomique car sa chair peut s'avérer très savoureuse ; il en est de même pour les fritures de goujons et d'ablettes.

1.2 Aspects réglementaires

1.2.1 Espèces autorisées pour la pêche au vif

La liste des espèces pouvant être utilisées pour la pêche au vif est définie par certains textes de loi : selon l'article R. 236-49 du Code Rural, « il est interdit d'appâter les hameçons, nasses et filets, verveux et autres engins avec les espèces dont la taille minimum est fixée par les articles R.236-23 et R.236-24, des espèces protégées par les dispositions des articles L.211-1, L.211-2 et L.212-1 [C.env, art. L411-1, L.411-2 et L.412-1] et des espèces mentionnées aux 1° et 2° de l'article L.232-10 [C.env., art.432-10]. »

L'alinéa 2 de l'article L.232-10 énonce qu'« il est interdit (...) d'introduire sans autorisation dans les eaux mentionnées par le présent titre des poissons qui n'y sont pas représentés ». La liste des espèces représentées est fixée par le ministre chargé de la pêche en eau douce par l'article 1^{er} de l'arrêté du 17 décembre 1985 présenté en annexe 1. L'emploi d'espèces non représentées sur cette liste est totalement prohibé et certaines y figurant le sont aussi par le biais d'autres textes :

Les articles R.236-23 et R.236-24 excluent les espèces qui font l'objet d'une taille minimale réglementaire de capture, même si les individus utilisés comme appâts ont atteint ou dépassé cette taille :

- Les Acipenseridés avec l'esturgeon *Acipenser sturio*
- Les Clupéidés avec la grande alose et l'alose feinte *Alosa alosa* et *Alosa fallax*
- Les Salmonidés avec le huchon *Hucho hucho*, le saumon atlantique *Salmo salar*, la truite de mer *Salmo trutta fario trutta*, le cristivomer *Salvelinus namaycush*, le corégone *Coregonus sp.*, l'omble ou saumon de fontaine *Salvelinus fontinalis*, l'omble chevalier

Salvelinus alpinus et les autres espèces de truite que sont la truite de rivière ou de lac de l'espèce *Salmo trutta* et la truite arc-en-ciel *Salmo gairdneri*.

- Les Thymallidés avec l'ombre commun *Thymallus thymallus*,
- Les Esocidés avec le brochet *Esox lucius*
- Le mulot : genre *Mugil* et famille des mugilidés en général
- Le sandre *Stizostedion lucioperca* et le black-bass *Micropterus salmoides*
- Les lamproies fluviatiles et marines *Lampetra fluviatilis* et *Petromyzon marinus*
- Et les écrevisses appartenant aux espèces mentionnées à l'article R.236-11 :

Astacus astacus écrevisse à pattes rouges, *Astacus torrentium* écrevisse des torrents, *Austropotamobius pallipes* écrevisse à pattes blanches, *Astacus leptodactylus* écrevisse à pattes grêles.

Le premier alinéa de l'article L.232-10 exclue également « les espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques ». La liste de ces espèces fixée par l'article R.232-3 concerne deux poissons : *Ictalurus melas* poisson-chat et *Lepomis gibbosus* perche-soleil. Parmi les crustacés, l'article concerne tous les crustacés supérieurs non présentés dans l'article R.236-11.

Les articles L.411-1, L.411-2 et L.412-1 excluent un certain nombre d'espèces qui bénéficient d'un statut particulier d'espèces protégées : « Lorsque (...) les nécessités de la préservation du patrimoine biologique justifient la conservation d'espèces animales non domestiques (...), sont interdites : 1° (...) la mutilation, la destruction, la capture ou l'enlèvement (...) d'animaux de ces espèces (...) ». En ce qui concerne le milieu aquatique, plusieurs arrêtés doivent être pris en compte : l'arrêté du 8 décembre 1988 pour les espèces de poissons protégées sur l'ensemble du territoire national (J.O. du 22 décembre 1988), l'arrêté du 21 juillet 1983 relatif à la protection des écrevisses autochtones (J.O. du 19 août 1983), l'arrêté du 22 juillet 1993 fixant la liste des amphibiens et reptiles protégés (J.O. du 9 septembre 1993). L'interdiction doit être appréciée strictement, quel que soit leur degré de protection, que le spécimen soit à l'état mort ou vivant. Outre certaines espèces déjà écartées par les textes précédents (Clupéidés, Thymallidés, Esocidés et certains Salmonidés), les poissons bénéficiant d'une protection particulière et donc interdits pour l'emploi de vifs sont les suivants :

- Petromyzonidés avec les trois espèces de lamproies françaises et notamment la lamproie de Planer *Lampetra planeri* non mentionnée par l'article R.236-23
- Certains Cyprinidés : *Barbus meridionalis* le barbeau méridional, *Leuciscus leuciscus* la vandoise, *Leuciscus idus* l'ide mélanote et *Rhodeus sericeus* la bouvière.
- Certains Cobitidés : *Misgurnus fossilis* la loche d'étang et *Cobitis taenia* la loche de rivière
- Le seul Blennidés de nos eaux douces : *Blennius fluviatilis* la blennie fluviatile
- Un membre de la famille des percidés : *Zingel asper* l'apron

Au niveau réglementaire sont donc autorisées toutes les espèces de poisson présentes dans les eaux françaises (art. 1^{er} de l'arrêté du 17 décembre 1985), non mentionnées par les articles précédents. Toutes les interdictions citées précédemment se rapportent à des appâts morts ou vivants. En pratique, les Cyprinidés d'étang sont de loin les espèces les plus employées : *Cyprinus carpio* la carpe, *Carassius carassius* et *C. auratus* les carassins, *Tinca tinca* la tanche, *Abramis brama* et *Blicca bjoerkna* les brèmes, *Rutilus rutilus* le gardon, *Scardinius erythrophthalmus* le rotengle, *Phoxinus phoxinus* le vairon, *Gobio gobio* le goujon et *Alburnus alburnus* l'ablette. Tous les autres Cyprinidés de rivière non protégés peuvent

cependant être utilisés (chevaine, hotu, barbeau...). Deux autres espèces de la famille des Percidés méritent d'être mentionnées : la perche commune *Perca fluviatilis* et la grémille *Gymnocephalus cernua*. En revanche, l'utilisation de perches en eaux de première catégorie est controversée puisque l'alinéa 3° de l'article L.232-10 mentionne cette espèce parmi celles qu'il est interdit d'introduire dans ces eaux (56).

Les Batraciens et les Crustacés (écrevisses) ne peuvent en aucun cas être utilisés comme appâts que ce soit à l'état mort ou vivant, car toutes les espèces sont soit désignées dans des textes assurant leur protection (espèces autochtones) soit dans l'article R.232-3 les classant comme nuisibles (espèces tropicales).

1.2.2 Aspects réglementaires généraux de la commercialisation du poisson de repeuplement

Comme la production de vifs est généralement incluse dans l'activité de repeuplement, l'obtention d'un agrément par les services sanitaires est obligatoire. La circulaire n° 91-8001 relative à l'agrément des établissements de pisciculture ou d'aquaculture définit les champs d'application de cette obligation : « les établissements (...) concernés sont ceux dont les produits sont destinés, **même partiellement**, à être déversées dans les eaux soumises aux dispositions du code rural relatives à la pêche en eau douce (...) ».

Selon l'article L.432-12, toute opération de repeuplement ne doit porter que sur des poissons provenant d'établissements de pisciculture ou d'aquaculture agréés dans les conditions fixées par décret en conseil d'Etat. Cet agrément est obtenu sur demande de l'exploitant, par décision du préfet où est situé l'établissement. Il donne lieu selon l'article R. 232-11, à inscription sur un registre départemental des établissements agréés. L'agrément constitue une véritable attestation sanitaire du cheptel piscicole. Le numéro d'agrément est attribué par la direction des services vétérinaires.

Selon l'article R.232-12, cet agrément, « est subordonné à l'engagement écrit pris par l'exploitant de respecter les obligations suivantes :

- 1° accompagner toute fourniture d'un document justifiant l'identité de l'exploitant
- 2° ne fournir que des lots de poissons ne présentant pas de vices apparents
- 3° ne fournir des lots de poissons susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques et dont la liste est fixée par l'article R.232-3 qu'au détenteur de l'autorisation mentionnée à l'article L.232-11
- 4° déclarer sans délai au préfet toute mortalité anormale constatée dans son établissement
- 5° accepter toutes les visites effectuées par le directeur des services vétérinaires ou son représentant.

Tout écart à ces obligations peut entraîner le retrait de l'agrément (art. R. 232-13).

Seuls, les pêcheurs professionnels peuvent vendre le produit de leur pêche (art. L.236-13), toute autre personne sera punie d'une amende (art. L.236-14). L'interdiction de vente, de transport ou de commercialisation de poissons prononcée dans l'article L.236-15 pendant le temps où la pêche est interdite, ne s'applique pas aux poissons provenant des eaux mentionnées aux articles L.231-6 et L.231-7, c'est-à-dire aux piscicultures régularisées.

1.2.3 Aspects réglementaires vis à vis de la pêche et de la vidange de lacs

La circulaire du 9 novembre 1993 relative à l'autorisation de vidange des plans d'eau définit cette pratique comme étant l' « opération (..) menée de façon à abaisser le niveau de la retenue au-dessous de sa cote minimale autorisée d'exploitation ou, en l'absence d'une telle cote, au-dessous de la prise d'exploitation la plus basse ou, en l'absence d'une telle prise, au-dessous de la cote minimale correspondant à une exploitation normale ». Les procédures applicables aux vidanges ne sont pas adaptées aux opérations de chasse effectuées en vue d'évacuer les matériaux accumulés en amont des barrages.

Par nature, les vidanges de plans d'eau sont des opérations risquées : les boues entraînées peuvent polluer, des espèces indésirables être introduites dans les eaux libres. C'est pourquoi les vidanges sont soumises à autorisation au titre de la police de la pêche, de la police de l'eau voire des deux. Selon, l'article L.231-4, « les opérations de vidange de plans d'eau destinées exclusivement à la capture du poisson ne constituent pas une mise en communication au sens de l'article L.231-3 ». La vidange d'un plan d'eau, eau close ou eau libre, est soumise à autorisation au titre de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau (cf. art. L.232-9 et R.232-2).

Pour les retenues n'entrant pas dans le cadre de la pisciculture, les vidanges, y compris pour celles classées en eaux closes, « sont soumises à autorisation (...). Ces autorisations déterminent le programme de l'opération et la destination du poisson. » (articles L.432-9 et R.232-2 du Code Rural). Selon la circulaire du 9 novembre 1993, les vidanges périodiques des retenues dont le barrage mesure moins de 10 m de haut ou le cubage est inférieur à 5 000 000 m³, font l'objet d'une autorisation unique valable pendant une durée qui ne peut être supérieure à 30 ans.

De nouveaux textes simplifient la procédure pour les vidanges des petits plans d'eau : les étangs de moins de 0.1 ha ne sont pas soumises à formalité administrative au titre de la loi sur l'eau. La vidange d'étangs ou plans d'eau entre 0.1 et 1 ha en 1^{ère} catégorie piscicole ou entre 0.1 et 3 ha en 2^{ème} catégorie piscicole est soumise à déclaration au titre de la loi sur l'eau. Les vidanges de plans d'eau plus importants sont seules soumises à autorisation.

La demande d'autorisation doit mentionner : les références cadastrales du plan d'eau à vidanger, la surface et le volume approximatif, les espèces élevées et la destination de la pêche dans le cas des eaux closes, la date de vidange, l'exutoire, et les mesures prises pour préserver le milieu récepteur (Circulaire ministérielle DE/SDMAP n° 2087 du 19/10/94 : Vidanges des plans d'eau).

Par rapport à la pollution résultant d'une opération de vidange, l'article 232-2 s'applique pleinement : autorisées ou non, les vidanges qui nuisent au milieu peuvent donner lieu à des procès-verbaux.

1.2.4 Aspects réglementaires vis à vis de la création de ce type de pisciculture

Selon l'article L.231-6, on entend par pisciculture « les exploitations d'élevage de poissons destinés à la consommation ou au repeuplement ou à des fins scientifiques ou expérimentales ou de valorisation touristique. Une pisciculture régulièrement installée doit être équipée de dispositifs permanents empêchant la libre circulation du poisson entre ces exploitations et les eaux avec lesquelles elles communiquent ».

Depuis le 1^{er} janvier 1992, « peuvent seuls bénéficier des dispositions de l'article L.431-7 les titulaires de droits, concessions ou autorisations qui en auront fait la déclaration auprès de l'autorité administrative » (art. L.431-7).

Il ne peut être accordé d'autorisation ou de concession de pisciculture si un inconvénient paraît devoir en résulter pour le peuplement piscicole des eaux avec les quelles cette pisciculture communiquerait, et notamment lorsque sa création aurait pour conséquence l'interruption de la libre circulation des espèces piscicoles dans le cours d'eau, une insuffisance du débit ou une altération de la qualité de l'eau compromettant la vie des espèces » (art. R. 231-8). Le décret n° 93-1172 du 15/10/93 énonce que sauf dans le cas où les piscicultures sont destinées à des fins de valorisation touristique (exemple pêche sportive), l'autorisation ou la concession ne peut être accordée si les modes de récolte du poisson envisagés n'excluent pas la capture à l'aide de lignes.

La procédure de création est organisée par les articles R.231-7 à R.231-10 et R.231-11 à R.231-26. Les étapes les plus importantes sont les suivantes :

La déclaration constitue une obligation prévue par la loi. Les demandes d'autorisation de piscicultures sont adressées au préfet (art. R. 231-12). Les demandes d'autorisations en vue d'aménager en pisciculture une partie d'un cours d'eau, canal ou plan d'eau où le droit de pêche appartient à un propriétaire riverain peuvent être formées par le propriétaire ou une personne cessionnaire du droit de pêche munie d'une autorisation du riverain pour l'aménagement de la pisciculture (art. R. 231-11). Tous les frais sont à la charge du pétitionnaire (art. R. 231-38). Les indications et pièces nécessaires sont mentionnées dans l'article R.231-13 :

- 1° identité ou raison sociale et adresse du pétitionnaire
- 2° dénomination et catégorie piscicole du plan d'eau ainsi qu'un plan de situation au 1/25 000
- 3° justification des titres du pétitionnaire exigés à l'article R. 231-11 (propriétaire ou cessionnaire)
- 4° plan au 1/2 500 de la pisciculture et de ses abords assorti d'une notice préconisant sa surface, ses limites, la désignation cadastrales des terrains concernés, les aménagements projetés, les points de captage et de rejet, le volume du débit prélevé ou le mode d'alimentation en eau ainsi que l'emplacement et la nature des dispositifs permanents de clôture
- 5° objet de la pisciculture
- 6° mémoire exposant la nature et les méthodes d'élevage piscicole envisagées, les espèces choisies, les objectifs de production ou d'expérimentation ainsi que les modes de récolte du poisson
- 7° dispositifs envisagés pour garantir, dans le lit du cours d'eau ou du canal, le maintien d'un débit suffisant, la libre circulation des espèces piscicoles et les mesures

projetées, notamment pour le maintien de la qualité de l'eau, pour ne pas porter atteinte aux peuplements piscicoles

- 8° programme de vidanges prévu
- 9° durée pour laquelle l'autorisation est sollicitée, celle prévue pour réaliser les aménagements nécessaires ainsi qu'une note précisant les capacités financières du pétitionnaire en égard à l'opération projetée.

Le préfet accuse réception dans le mois qui suit l'enregistrement de la demande (art. R.231-14) et dispose de deux mois pour notifier le rejet de la demande ou demander au pétitionnaire de réaliser dans un délai maximum de deux ans, une étude ou une notice d'impact. « Font l'objet d'une étude d'impact, d'une part, les créations de salmonicultures et d'élevages à des fins scientifiques ou expérimentales, d'autre part, les créations de piscicultures dont la production ou la commercialisation annuelle est égale ou supérieure à deux tonnes ou dont la surface en eau est égale ou supérieure à 3 hectares ainsi que les extensions de piscicultures qui ont pour effet de porter leur production et leur commercialisation annuelle ou leur surface en eau à un niveau égal ou supérieur aux seuils ainsi fixés. Font l'objet d'une notice d'impact les créations de piscicultures autres que celles définies à l'alinéa précédent » (art. R.231-16).

Le préfet consulte l'avis de la fédération départementale des associations agréées de la pêche et de la pisciculture et la commission départementale des sites, perspectives et paysages (art. R. 231-19) et lorsqu'une étude d'impact est exigée, ordonne l'ouverture d'une enquête publique (art. R231-17). Dans un délai de 4 mois après l'enquête ou la production de la notice d'impact, le préfet notifie sa décision au pétitionnaire et aux maires des communes concernées (art. R. 231-19). L'exploitation de pisciculture ne peut commencer qu'après notification par le pétitionnaire de l'achèvement des travaux d'aménagements (art. R. 231-21). Toutes modifications de l'objet ou de techniques de la pisciculture doivent être déclarées au préfet qui fait connaître, le cas échéant, son opposition dans les deux mois (art. R. 231-23). Le préfet peut prononcer le retrait de l'autorisation à tout moment sous le couvert de l'article R. 231-8 ou si le permissionnaire ne respecte pas les prescriptions imposées.

L'autorisation délivrée par le préfet détermine selon l'article R. 231-20 :

1° le titulaire de l'autorisation, l'objet, l'emplacement et les limites de la pisciculture, la nature des dispositifs permanents de clôture qui doivent empêcher la circulation du poisson dans les deux sens, les espèces de poissons, les méthodes d'élevage piscicole et les modes de récolte du poisson ;

2° en cas de dérivation d'un cours d'eau ou d'un canal, le débit minimal à réserver pour garantir en permanence, dans ce canal ou ce cours d'eau, la vie et la reproduction des espèces piscicoles, le programme des vidanges et les conditions de leur déclaration préalable, les dispositifs garantissant la libre circulation des peuplements piscicoles sauvages et les mesures nécessaires à la protection des milieux aquatiques;

3° la durée de l'autorisation qui ne peut excéder 30 années et le délai de réalisation des travaux d'aménagement.

Aux termes des articles L.431-6 et R.231-10, « l'introduction de poissons dans les piscicultures est soumise aux dispositions des articles L.232-10, L.232-12 et des articles de la section 4 du chapitre II du présent titre ». De ce fait, ne peuvent faire l'objet que les espèces acclimatées dans les eaux françaises mentionnées dans l'arrêté du 17 décembre 1985 en annexe 1. Les espèces « susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques » sont interdites. Le 3° de l'article L. 232-10 relatif à l'interdiction d'introduction de carnassiers de

2^{ème} catégorie en 1^{ère} catégorie, ne peut trouver application dans les piscicultures et enclos piscicoles : ces structures ne sont pas soumises au classement en catégories piscicoles. En conséquence, l'élevage de ces espèces même en pisciculture installée en dérivation d'un cours de 1^{ère} catégorie ne peut être interdit (56); en revanche, toute fuite de ces poissons vers le milieu naturel constituerait une pollution pénalisable selon l'article L.232-2. Enfin, selon l'article, L.232-12, il est interdit d'aleviner avec « des poissons qui ne proviennent pas d'établissements de pisciculture ou d'aquaculture agréés dans les conditions fixées par décret en conseil d'Etat ». Les nuisances occasionnées aux eaux en aval seront sanctionnées comme dans le cas des vidanges par le biais de l'article L. 232-2.

Lorsque le droit de pêche n'appartient pas au propriétaire riverain mais au domaine privé de l'Etat (plan d'eau classé en 1^{ère} ou 2^{ème} catégorie par exemple), on parlera de concession de pisciculture. Les sites de concessions sont ceux où le droit de pêche appartient à l'Etat et sont définis précisément par l'article L.235-1. Une demande de concession peut être adressée au préfet, la procédure et les contraintes seront sensiblement les mêmes que celles de la fondation d'une pisciculture (art. R. 231-27 à R. 231-34). Généralement, les contraintes légales sont plus sévères et l'activité ne peut commencer qu'après paiement des redevances à l'Etat. Les concessions seront plus facilement accordées en 2^{ème} catégorie. Les cours d'eau et leurs affluents, les canaux et les plans d'eau avec lesquels ils sont en communication, sont classés en deux catégories piscicoles par arrêté ministériel [Art. L.236-5 (10°), R. 236-62 à R.236-66] : 1^{ère} catégorie (salmonidés dominants) et 2^{ème} catégorie (Cyprinidés dominants) (56).

2 Biologie des poissons élevés

Les vifs les plus couramment élevés en étangs appartiennent tous à la famille des Cyprinidés. Il s'agit de l'une des plus vastes familles de poissons d'eau douce avec 28 à 30 genres et 80 à 130 espèces recensés en Europe. La majorité appartient à la catégorie des poissons dits «blancs» caractérisés par un corps entièrement recouvert d'écailles blanches aux reflets lumineux généralement argentés.

Les cyprinidés appartiennent au groupe des Ostariophysaires qui sont dotés d'un système original reliant l'oreille à la vessie gazeuse : l'appareil de Weber. Formé de pièces osseuses dérivées des 4-5 premières vertèbres, il permet une meilleure transmission des vibrations reçues par la vessie gazeuse à l'oreille et ainsi améliore leurs capacités auditives.

Ils ne disposent pas de dents sur les mâchoires mais de dents pharyngiennes leur permettant de broyer leurs aliments. Elles sont généralement caractéristiques d'une espèce (nombre, forme) et permettent de différencier précisément certaines espèces et leurs hybrides (cf. Annexe 2).

2.1 Origine et domestication des espèces

L'origine et le centre de dispersion de la famille des cyprinidés sont localisés en Asie orientale et méridionale. Les cyprinidés européens ont d'ailleurs conservé de nombreuses affinités avec ceux de l'Est-Asiatique. La colonisation de l'Europe date de la période entre l'Oligocène et le Pliocène, avec des régressions glaciaires et des recolonisations postglaciaires au Pléistocène (21). Actuellement, les cyprins ont fait l'objet de multiples introductions à travers le monde.

Les espèces autochtones au continent européen sont le gardon, le rotengle, les brèmes, le goujon et la tanche. Leur aire de répartition est largement étendue à l'ensemble de l'Europe mais selon les espèces, les latitudes nordiques et certaines biotopes insulaires n'ont pas été conquis. De même, dans les pays méditerranéens, certaines espèces sont absentes et laissent la place à des espèces très voisines (21) comme le gardon ibérique *Rutilus arcasii*, le gardon de Dalmatie *R. rubilio*, ou le gardon de la mer noire *R. frisii*, les rotengles grecs *Scardinius graecus* et *S. scardafa*, le goujon méridional, l'ablette italienne *Alburnus albidus* ou *Alburnus alborella* (30)... L'homme a fortement influencé la distribution de ces espèces par le biais d'introductions volontaires ou accidentelles et de modifications du système hydrographique (création de canaux). Cela explique la large diffusion de ces espèces sur quasiment l'ensemble du continent européen à l'exception de ceux situés dans les régions les plus extrêmes. Leur grande capacité à s'adapter à de nouveaux milieux est telle qu'ils s'installent en général facilement là où l'homme les introduit : c'est le cas du gardon dans le sud-est français, du carassin en Espagne, de la tanche en Australie, en Amérique ou en Afrique du sud...

En revanche, certaines espèces ont été implantées dans le continent européen ou en France : les cyprinidés introduits sont la carpe *Cyprinus carpio*, le carassin doré *Carassius auratus*, les carpes chinoises *Hypophthalmichthys molitrix* et *Ctenopharyngodon idella*, le

pseudorasbora Pseudorasbora parva, et le cyprin lippu tacheté *Pachychilon pictus*. Seuls, les deux premiers nous intéressent en tant que vifs : les deux suivants présentent un intérêt piscicole et les deux derniers sont absolument indésirables.

La carpe est probablement la première espèce de poisson ayant fait l'objet de transferts de population : originaire d'Asie, les romains l'ont largement répandu dans toute l'Europe à partir d'individus sauvages prélevés dans le Danube (28). Son élevage commence vraiment au Moyen Age : les moines apprirent à tirer profit de cette ressource alimentaire facile à conserver même en périodes de grandes famines, puis par l'intermédiaire de pèlerinages, les techniques piscicoles diffusèrent dans toute l'Europe. Ce sont les débuts de la domestication de la carpe (65)

Selon les auteurs, la distinction entre *Carassius carassius* et *Carassius auratus* reste encore mal définie et l'existence de *C. auratus* est plus ou moins controversée : certains (33) la considèrent encore comme une sous-espèce de *C. carassius*, mais la tendance actuelle la considère comme une espèce à part entière. Le carassin proprement dit est originaire d'Europe centrale et n'existe à l'état autochtone à l'ouest du Rhin qu'en Belgique et dans le nord-est de la France. De nos jours, il a gagné presque toute la France et l'Espagne. Sa progression semble en déclin et l'espèce tend à disparaître de certaines grandes régions piscicoles comme la Sologne ou la Dombes : les carassins sont systématiquement éliminés car il ne présente aucun intérêt économique pour le repeuplement ou la consommation et concurrence fortement d'autres espèces économiquement plus intéressantes (33). *Carassius auratus*, en revanche, descendrait plutôt de carassins d'origine asiatique (33). Il aurait été introduit en Europe au XVIII^{ème} siècle, à partir de sujets ornementaux élaborés en Asie (65). Leur grande capacité à supporter les conditions climatiques européennes a rapidement permis une propagation de l'espèce à partir de déversements localisés plus ou moins accidentels. La pression de la sélection naturelle a favorisé le retour vers une souche « sauvage » de forme et coloration plus sobres.

On ne peut parler de domestication que pour la carpe et le carassin, les autres espèces sont élevées couramment mais restent très proches du phénotype originel.

La domestication de la carpe s'est justifiée par l'importante ressource alimentaire que peut représenter ce poisson pouvant atteindre plusieurs kilos en quelques années. Au cours du XIX^{ème} siècle, des pisciculteurs d'Europe centrale en grande majorité, ont tiré profit de l'apparition spontanée de nouvelles mutations intéressantes dans des lots de carpes, pour obtenir de nouvelles races aux performances améliorées. A partir de souches « sauvages » à corps allongé et couvert d'écailles, la sélection a permis la création de races présentant de meilleures performances économiques : meilleure conformation, suppression progressive des écailles, meilleure croissance, résistance accrue aux conditions climatiques difficiles...

Dans les pays asiatiques, la domestication de la carpe et du carassin a permis la création de races ornementales répondant aux désirs des traditions locales. La sélection s'est effectuée sur plusieurs plans : en premier lieu la création de couleurs vives (rouge, orange, jaune, blanc, noir, bleu et tous leurs intermédiaires), puis la conformation générale, le port des nageoires, la disposition des écailles, leur implantation, leur brillance et cela toujours dans une optique esthétique. Ainsi sont nés les carpes koïs et de très nombreuses variétés originales de *C. auratus* (queue de voile, comètes, télescopes, têtes de lion). Ces variétés peuvent être intégrées à notre système de culture (cf. 3.2.4.3.).

La divergence évolutive de la physionomie observée dans ces deux exemples montre l'impact que peut avoir l'intervention humaine sur une espèce par le biais de sa domestication.

2.2 Description comparative des différents poissons utilisés comme vif

2.2.1 Les blancs

2.2.1.1 Les petits blancs

De par leur taille réduite et leur corps entièrement recouvert d'écailles, ils correspondent tout à fait au modèle des poissons pour la pêche au vif. Les écailles recouvrent tout le corps mais épargne la tête. Les trois espèces se ressemblent beaucoup et présente une forme effilée caractéristique.

◆ Le gardon : *Rutilus rutilus* (Linné 1758) : le terme *Rutilus*, du latin, rouge ou étincelant, fait certainement allusion à sa livrée brillante et à la couleur rouge de son iris. Par opposition au rotengle, le gardon est souvent appelé gardon blanc (34).

Il présente un corps fusiforme, assez comprimé latéralement. C'est une espèce très polymorphe en fonction de l'âge ou du biotope, avec des variations assez importantes pouvant lui conférer des contours plus massifs semblables à ceux du rotengle. Le ventre arrondi ne présente aucune carène entre les pelviennes et l'anus, à la différence du rotengle.

Le dos est vert foncé et les flancs argentés avec des reflets généralement bleus variant du bleu violacé au vert-jaune en fonction du biotope ou des souches de gardons. Le ventre est bien blanc. La nageoire dorsale débute à l'aplomb de la base des pelviennes. La base des nageoires prend une coloration jaune à orangée plus marquée au niveau des pectorales. Cette coloration évolue avec l'âge : les jeunes de moins d'un an présente des nageoires translucides jaune sale.

La bouche située en position terminale, présente une ouverture horizontale. La lèvre supérieure légèrement protubérante évoque plutôt un poisson s'alimentant sur le fond. L'iris est généralement orangé ou rouge mais certaines variétés décrites par Anjubault dans les eaux calcaires et stagnantes de la Sarthe présentent un iris blanc (34).

◆ Le rotengle : *Scardinius erythrophthalmus* (Linné, 1758) : le terme *Scardinius* dérive de son nom italien «scardola». *Erythrophthalmus* fait allusion à des yeux de couleur rouge, ce qui est erroné, l'iris de l'œil étant doré à la différence de celui du gardon qui est rouge. Dans certaines régions, il est appelé gardon rouge en référence à la coloration vive de ses nageoires et par opposition au gardon (36).

Le corps du rotengle est plus haut que celui du gardon et son dos plus bombé. Le ventre présente une carène entre les nageoires pelviennes et l'anus. Un fort polyphylétisme est retrouvé chez cette espèce qui peut, suivant les conditions du milieu, présenter des formes allongées rappelant le gardon. Le dos est généralement vert brunâtre ou grisâtre ; les flancs argentés présentent des reflets plutôt bronzés à dorés. L'iris est orangé à doré même si son nom latin évoque une coloration rouge plus caractéristique du gardon.

A la différence du gardon, l'implantation de la nageoire dorsale est beaucoup plus postérieure, entre les pelviennes et l'anale. Il se distingue également par ses nageoires rouge vif. La coloration est plus discrète chez les juvéniles, mais la présence d'un liseré translucide, rectiligne, de 1-2 mm de largeur à la base de la nageoire anale constitue un signe particulièrement constant chez le rotengle. A l'inverse, chez le jeune gardon, la teinte orangée est plus intense à la base de la nageoire.

La bouche est caractéristique d'un poisson se nourrissant en surface : la mâchoire inférieure, nettement proéminente l'orienté vers le haut. A la différence du gardon qui n'en possède qu'une seule, le rotengle présente deux rangées de dents pharyngiennes (36). Chez les individus hybrides, la seconde rangée serait incomplète.

◆ L'ablette : *Alburnus alburnus* (Linné 1758) : le nom « *alburnus* » vient du latin *albus* qui signifie blanc en référence avec la brillance de la livrée de cette espèce (30).

L'ablette est un poisson élancé qui se reconnaît facilement à sa brillance. La forme est beaucoup plus mince et profilée que celle des autres blancs, le gardon en particulier avec qui elle se confond facilement. Cet hydrodynamisme parfait confère une grande rapidité de mouvement indispensable pour évoluer dans les cours rapides et éviter les attaques des prédateurs. Une carène abdominale s'étend des nageoires pelviennes à l'anus. La tête est souvent grosse et le diamètre de l'œil très important.

La livrée de l'ablette est particulièrement brillante. Le dos est dans les teintes vertes ou bleues, les flancs et le ventre d'un blanc argenté avec des reflets métalliques particulièrement étincelants : ses écailles délicates sont recouvertes de cristaux de guanine, substance proche du nacre qui entraient, au XIX^{ième} siècle, dans la composition de perles artificielles (essence d'Orient). En conditions naturelles, sa coloration étincelante constitue un bon mimétisme pour ce poisson évoluant dans les reflets de la surface.

La nageoire anale est longue et la dorsale insérée nettement en arrière des pelviennes. Ces deux éléments différencient facilement l'ablette des autres blancs de rivière (chevaine, vandoise...) et du gardon. Les nageoires sont translucides, d'un gris pâle. La caudale est longue et bien échancrée. Le port horizontal des pectorales est également assez particulier.

Quant à la bouche, elle est oblique et plutôt grande pour la taille du poisson. La mâchoire inférieure légèrement saillante l'orienté nettement vers le haut, montrant bien la parfaite aptitude de ce poisson à vivre et se nourrir en surface.

2.2.1.2 Les brèmes

Leur corps aplati latéralement et très haut, leur permet de circuler aisément dans les eaux encombrées (herbiers, roselières...). Le profil dorsal est très bombé. Une carène abdominale sépare l'anus et les pelviennes. La tête est relativement petite. Les deux espèces présentent beaucoup de ressemblances.

◆ La brème commune : *Abramis brama* (Linné 1766) : *Abramis* est un terme grec désignant initialement un poisson marin, repris par Belon pour la brème qu'il nommera *Abramis fluviatilis*. *Brama* proviendrait du vieux français « brasme » ou de l'allemand brachme et brachse. En termes piscicoles, on parle de plaquettes pour les petites brèmes et de plateaux ensuite (38).

Le dos est olivâtre à brun. Ces colorations s'estompent sur les flancs qui sont plus clairs avec des reflets bronzes à verdâtres. L'animal reste d'apparence relativement sombre. Les jeunes sont plus argentés et foncent progressivement avec l'âge. La coloration varie énormément en fonction du biotope. Les nageoires sont généralement très sombres. La nageoire dorsale se situe très en arrière. La caudale presque noire chez l'adulte est très échancrée.

La bouche protractile, relativement petite évoque une ressemblance avec la carpe : l'absence de barbillons l'en distingue aisément. La mâchoire supérieure débordant la mandibule confirme une tendance benthique. Les dents pharyngiennes se répartissent sur un seul rang (5/5) (38).

◆ La brème bordelière : *Blicca bjoerkna* (Linné 1758) : Bjoerkna désignerait une localité suédoise

Le corps est plus fin et leur taille généralement plus réduite : inférieure à 35 cm pour un poids de 500g. Cette espèce est plus brillante que la précédente. Le dos est toutefois très sombre, verdâtre à noirâtre mais les flancs et les parties inférieures sont nettement plus blanc-argenté.

Les jeunes brèmes bordelières et communes sont généralement difficiles à reconnaître. Toutefois, les yeux de la brème commune sont beaucoup plus petits que ceux de sa cousine (23 % de la longueur de la tête contre 29 % (21)).

Les nageoires plus claires, sont souvent translucides pouvant présenter des reflets chair à leur bases (pectorales). La nageoire anale est plus courte avec seulement une vingtaine de rayons.

Le museau plus obtus se termine par une bouche en position moins inférieure. Les dents pharyngiennes se répartissent sur deux rangs (formule : 2-5/5-2) sur des arcs osseux plus massifs que ceux de la brème commune. Les dents sont également plus puissantes en relation avec un type d'évolution plus primitif (21).

2.2.1.3 La carpe commune : *Cyprinus carpio* (Linné 1758)

Cyprinus vient du grec *Cypris* qui fait référence à Aphrodite, déesse grecque de l'amour et de la fécondité, allusion à la grande prolificité des poissons de la famille des Cyprinidés. *Carpio* provient de la latinisation du mot allemand Karpfen. En termes piscicoles, on parle de carpeaux pour les jeunes sujets et plus précisément de feuilles ou seilles pour les individus d'un été et de nourains ou panots à deux ans. Le terme «carpe commune» ne fait référence qu'à l'espèce alors que les diverses appellations (miroir, cuir, écailleuse...) correspondent à des variétés de l'espèce fondamentale.

La carpe présente un corps massif et allongé avec une tête relativement grosse, donnant au poisson une forme de torpille cylindrique, légèrement comprimé latéralement. Cela est surtout vrai pour la forme sauvage puisque la sélection a produit des carpes actuelles beaucoup plus trapues avec un corps haut et épais. Des critères de conformation comme le rapport longueur/hauteur sont utilisés pour évaluer leurs performances de croissance : D'Aubenton considère un rapport L/H de 2-2.6 pour les meilleures races sélectionnées pour le filetage et 3.1-3.6 pour les races dégénérées qui restent tout à fait convenable pour notre production (D'AUBENTON). Il s'agit du plus gros cyprinidé de nos eaux françaises puisqu'il peut peser jusqu'à 35 kg pour une longueur de 1 m.

Les formes à écaillure complète possèdent de grandes écailles cycloïdes solidement implantées sur tout le corps mis à part la tête et les opercules. La coloration du dos est gris-brun, plus ou moins verdâtre ; elle s'estompe rapidement sur les flancs. Ces derniers présentent des reflets argentés plus ou moins mordorés. Le ventre est blanc à blanc crème chez les jeunes sujets et devient ocre-jaune avec l'âge. Trois formes à écaillure incomplète sont couramment rencontrées : la carpe cuir totalement dépourvue d'écaille, la carpe miroir possédant de grosses écailles cycloïdes le long du dos et la carpe « ligne » en possédant en plus le long de la ligne latérale.

La dorsale s'étend très en arrière et les 2 à 3 premiers rayons présentent des crochets indurés. La caudale est bien échancrée. Les nageoires sont généralement sombres tachées d'orangé ou rouge. La bouche protractile, orientée vers le bas présente des lèvres jaune orangé très épaisses. Elle est encadrée par deux paires de barbillons caractéristiques du genre *Cyprinus* : la première assez courte, située vers le milieu du maxillaire supérieur, la seconde, sensiblement plus forte, un peu en arrière et au-dessus de la commissure des lèvres.

2.2.1.4 Les carassins

Carassius provient de la latinisation du mot allemand « Karas ». Les deux espèces se ressemblent : elles présentent un corps court, trapu, très développé en hauteur et comprimé latéralement. Leur forme peut toutefois varier suivant les conditions de vie. Les écailles recouvrent entièrement le corps. Mais, selon d'Aubenton (33), *C. carassius* pourraient présenter des anomalies semblables à celles des carpes donnant lieu à l'existence de carassins miroirs.

◆ Le carassin proprement dit : *Carassius carassius* (Linné 1758) :

La coloration du carassin est d'un brun-verdâtre sur le dos, elle va en s'atténuant sur les flancs. Ces derniers présentent des reflets mordorés parfois verdâtres. Le ventre est blanc-jaune. A la base de la queue, on observe généralement une tache sombre. La présence d'une carène ventrale entre les nageoires pelviennes et l'anus serait plus marquée chez les mâles (89). En Allemagne principalement, existerait une variété ornementale à reflets rouges et dorés, vendue sous le nom de carassin doré et différente du poisson rouge (33).

Chez *C. carassius*, le bord libre de la dorsale est toujours nettement convexe. Le premier de la nageoire dorsale est mou et peu dentelé, à la différence de la carpe.

Au stade juvénile, ils peuvent également être confondus avec la carpe de type souche sauvage : le critère essentiel est l'absence systématique de barbillons chez le carassin, ces derniers apparaissant très tôt chez la carpe. La bouche, située en position terminale, est relativement petite.

◆ Le poisson rouge ou carassin doré : *Carassius auratus* (Linné, 1758) :

Elle comprendrait deux sous-espèces : la carpe prussienne ou gibèle en allemand *C. auratus gibelio* (Bloch, 1782) et le carassin doré asiatique *C. auratus auratus* (Linnaeus 1758).

Les caractéristiques anatomiques et morphologiques du carassin doré et du carassin sont assez proches. Cependant, il s'en distinguerait par (33):

- ✓ Sa nageoire dorsale concave notamment au niveau des premiers rayons rameux. Le profil reste ensuite sensiblement droit jusqu'à l'extrémité postérieure de la nageoire (33),
- ✓ Un corps moins trapu et généralement plus fusiforme,
- ✓ Un nombre plus élevé de branchiospines 37 à 53 contre 22-23 chez le carassin,
- ✓ Un poids généralement inférieur à âge égal,
- ✓ Une coloration plutôt brune et des flancs crème argenté à reflets jaune cuivré et jamais argenté verdâtre. On ne parle pas ici des colorations recherchées en aquariophilie,
- ✓ Un mode d'écaillage différent : chez le carassin doré, les écailles sont de diamètre inférieur et beaucoup moins dures.

Le carassin doré se caractérise également par un fort polymorphisme et polychromatisme fortement exploités en aquariophilie. Tous ces poissons ornementaux beaucoup moins rustiques que leur ancêtre sauvage ne peuvent être utilisés comme vifs, encore que le poisson rouge est utilisé par certains. En revanche, la souche sauvage de coloration brune peut être très facilement utilisée comme vif et présente d'ailleurs certains intérêts zootechniques par rapport au carassin (21).

2.2.2 Les autres espèces

2.2.2.1 La tanche : *Tinca tinca* (Linné 1766)

La tanche est le seul représentant de son genre dans le monde. *Tinca* est le terme latin pour désigner la tanche. L'appellation aiguillon désigne des alevins de tanches, celui de tanchon s'applique à des sujets d'une dizaine de centimètres (31).

Assez différente des autres cyprinidés, la tanche présente un corps trapu et robuste avec une tête relativement grande. Sa robe présente une grande variabilité de teintes pouvant aller du vert olive à l'ocre très pâle suivant le milieu et la turbidité de l'eau. Le dos est généralement vert olive à brun, les flancs jaune-verdâtre avec des reflets cuivrés et le ventre ocre-jaune voire légèrement orangé. Il existe une variété cultivée pour agrément en bassins : la tanche dorée ou tanche de Mongolie. Elle présente une livrée entièrement cuivrée avec quelques taches sombres sur le dos et les flancs.

Toutes les nageoires sont grandes, arrondies et toujours sombres. Le pédoncule caudal est très épais et la queue légèrement concave. Les nageoires pelviennes permettent un dimorphisme sexuel aisé dès l'âge de 1 an : chez le mâle, elles dépassent nettement l'anus et présentent un épaississement marqué du deuxième rayon qui leur confèrent une rigidité et une incurvation caractéristique. Il est accentué au moment du frai par l'apparition de deux épaississements latéraux et symétriques de la paroi musculaire, un peu en arrière du point d'insertion des pelviennes (31).

Le corps est recouvert de nombreuses petites écailles profondément et implantées. Le long de la ligne latérale, on en compte de 95 à 120. Un mucus abondant confère à la tanche son aspect visqueux au toucher. Ce dernier a longtemps été réputé pour ses vertus curatives pour les autres poissons. Certains pisciculteurs continuent encore à ne transporter certains carnassiers qu'en présence de tanches pour limiter les érosions cutanées. Au Moyen Age, ce mucus était réputé contre certains maux comme le mal de tête, le mal de dents ou la jaunisse. On pensait également que certains espèces comme le brochet épargnaient les tanches pour

leurs propriétés curatives malheureusement pour elles, il semblerait que les brochets leur trouvent aussi des qualités gustatives.

La lèvre supérieure est plus grande et protractile, dénotant une adaptation au fouissage de la vase. La bouche est ainsi orientée vers le bas et relativement étroite. Deux barbillons très sensibles pendent aux commissures des lèvres. Les lèvres et les barbillons sont oranges. Les yeux sont petits et l'iris orangé à rouge.

2.2.2.2 Le goujon *Gobio gobio* (Linné 1766)

Ce poisson de petite taille est avec l'ablette et le vairon, le plus petit des cyprinidés utilisés en tant que vif (35).

Il présente, un corps cylindrique à fusiforme. Le dos est brun verdâtre, les teintes s'atténuent sur les flancs pour laisser place à un ventre crème à reflets plutôt dorés. Des taches (6 à 12) sombres, irrégulières et partiellement unies, ornent le dos en s'estompant sur les flancs. Les flancs présentent des reflets bleu-violacé.

Les nageoires translucides sont généralement teintées de jaune et mouchetées de petits points sombres. Les pelviennes s'insèrent légèrement en arrière de la dorsale.

Sont front large, et son museau épais lui confère une tête très forte. La bouche protractile est nettement en position infère de façon à assurer un fouissage et une inspection minutieuse des fonds aquatiques. Les lèvres fines jaune-rosé, portent une paire de barbillons de chaque côté de la commissure buccale.

2.3 Comportement et milieu de vie

2.3.1 Exigences vis à vis de la qualité des eaux

Les Cyprinidés présentent une grande tolérance vis à vis des facteurs environnementaux (température, salinité, courant, concentration en oxygène, milieu proprement dit...) : cela explique leur grand succès de colonisation des milieux les plus divers et leur très large extension géographique. Les adultes tolèrent une large gamme de conditions environnementales mais les pontes et les stades juvéniles se montrent beaucoup plus exigeants du point de vue écologique.

Malgré leur grande tolérance générale, chaque espèce présente un préférendum en ce qui concerne les composantes physico-chimiques de l'eau. Au-delà de certaines limites, les conditions deviennent létales. Le tableau présente pour les différentes espèces ces conditions :

	Température (°C)		pH		O ₂ (mg/l)		Salinité max
	Préférendum	T max	Préférendum	Min-Max	Préférendum	min	
Carpe	30.8°C (27-32°C) (21) 20-28°C (S)	> 34°C (94) à 30°C, arrêt de l'alimentation (94)	6.5-8.5 (86).		A partir de 4-5 mg/l (94) 20 mg/h/kg à 10°C(94) 80 mg/h/kg à 20°C(94)	0.5-0.8 mg/l à 20°C pour la survie (89) (16) 3-5 mg/l à 20°C pour la prise de nourriture (89)	14-15 mg/l (21) 9 g/l (94)
Carassin	15-20°C (21)	>30°C (21)		Min : 4.5 (21)			10 mg/l (21)
Carassin doré		>30°C (78)	6.5-7 (89)			0.5 mg/l (78).	
Gardon	25-27°C (82) (21)	Croissance significative dès 16°C (24).			3-6 (21) 4 cc/l (61).		
Rotengl.							10mg/l (B)
Tanche	26-28°C (21)	35°C (21), (16), (96).	6.5-8 (96).	De 4.5-5 à 10.8 (16), (96).	3-6 mg/l (21) 8.6 mg/kg (autour de 1°C) (96). 143.3 mg/kg à 25°C(96).		
Goujon		25-27°C (61) 27-28°C (25).			5-7 cc/l (61).		
Ablette							
Brème							8-10g/l (21)
B. bord.							10g/l (21)

Tabl. 1 : Exigences des différents Cyprinidés cultivés en terme de qualité d'eau.

Les poissons sont des animaux poïkilothermes et leurs fonctions vitales (nutrition, croissance, reproduction, etc.) sont tributaires du facteur température. On peut distinguer trois zones : la zone physiologique ou de confort correspondant au préférendum thermique, la zone de perturbation à partir de laquelle commencent à apparaître les troubles physiologiques (croissance, reproduction, état de maladie...) et la zone de mortalité. Toutes les espèces, y compris les espèces d'eau vive, sont plutôt thermophiles. Leur maintien en eau trop froide n'est pas idéal et leur reproduction souvent impossible. Les espèces supportant les températures maximales (30-35°C) sont des espèces benthiques capables de s'envaser en période caniculaire : tanche, carpe, carassin, carassin doré...

Le manque en oxygène dissous provoque des problèmes aigus mais le plus souvent chroniques (anoxies légères et périodiques) influençant fortement la prise alimentaire. Les besoins sont diminués lors d'activité métabolique réduite à basse température, ce qui autorise des manipulations beaucoup plus aisées en période hivernale. Certaines espèces sont particulièrement résistantes au manque d'oxygène : carpe, carassin, tanche... Cette adaptation se retrouve logiquement chez les espèces thermophiles : la solubilité de l'oxygène varie en sens inverse avec la température de l'eau (9 mg/l à 5°C et 4 mg/l à 30°C en rivière (94)).

La majorité supporte une large gamme de pH : la tanche et le carassin semblent particulièrement résistants aux variations de pH.

La plupart supporte une certaine salinité de l'eau et certaines espèces peuvent même vivre en eau saumâtre : gardons en mer Baltique, carpes en mer d'Aral et Caspienne, dans le delta du Danube ou les lagunes méditerranéennes, brèmes en mer d'Azov et Aral (21), rotengles, carassin... En revanche, ces conditions sont incompatibles avec la fonction de reproduction et ils sont obligés de pratiquer des migrations vers des eaux plus douces. Cet élément nous confirme l'aptitude des Cyprinidés à bien supporter les traitements préventifs à base de sel lors de leurs transports.

2.3.2 Milieu de vie

Les Cyprinidés affectionnent généralement des eaux tièdes, stagnantes à faiblement courantes. On leur attribue les eaux calmes en aval de la zone cyprinicole généralement appelée zone à brème. Ils peuvent vivre plus en amont dans les zones à barbeau mais ces conditions ne sont pas idéales et souvent incompatibles avec leurs exigences de reproduction : ils se réfugient dans les zones stagnantes : bras morts, estuaires marécageux, zones inondées, à l'écart du lit majeur du cours d'eau. Les Cyprinidés trouvent donc dans les lacs et les étangs, des conditions idéales à leur développement. D'ailleurs, la création de retenues sur le lit de certains cours d'eau (centrales électriques réchauffant les eaux de quelques degrés seulement), illustre bien le phénomène : la création de zones à courant réduit et réchauffement rapide modifie rapidement le peuplement piscicole au profit des Cyprinidés : leur grande faculté à s'adapter à de nouveaux environnements leur permet d'occuper rapidement de nouvelles niches écologiques délaissées par les espèces autochtones plus fragiles.

Leur préférence va pour les eaux peu minéralisées (maximum de 7 à 10 mg/l), mésotrophes et eutrophes : les Cyprinidés sont capables de s'adapter facilement à ces conditions : rustiques et résistants, ils sont considérés comme polluerésistants. Ainsi, profitant, d'un réchauffement général des eaux des régions tempérées et de leur eutrophisation progressive, ils tendent à pulluler dans les eaux de deuxième catégorie et remontent même dans celles de première catégorie ; ils peuvent y atteindre des biomasses de 400 à 700 kg/ha (gardon...).

Certains cyprinidés dits d'eaux vives (goujons, ablettes) se développent naturellement entre les zones salmonicole (zones à ombre) et cyprinicole (zone à barbeau). Ils préfèrent les eaux assez claires et ne supportent pas les eaux trop eutrophiées. Ils ne supportent ni des températures trop fraîches (naturellement absent de la zone à truite au-dessus de 800 à 900 m pour le goujon) ni les excès de température (21). Leurs exigences en terme d'oxygène sont

généralement plus élevées. Comme les précédents, ils témoignent d'une grande capacité d'adaptation qui leur permet de se multiplier dans les lacs et les étangs.

Les cyprinidés benthiques sont sensibles à la nature du sol : fonds vaseux pour ceux des zones à brèmes, sableux pour les goujons. Ces préférences sont liées à leurs habitudes alimentaires par fouissage du substrat. Les espèces plus pélagiques (gardons, rotengles, ablettes) sont plus indifférentes à la qualité du sol, du moment qu'ils arrivent à exploiter suffisamment les ressources du plan d'eau. Les zones littorales jouent souvent un rôle attractif pour les poissons, y compris pour les espèces zooplanctonophage (résultats d'écho-intégration sur le lac d'Annecy pour la couche d'eau 10-15 m) (50).

Tous les cyprinidés manifestent une très nette affinité pour les eaux riches en végétation aquatique (21). Ce comportement dit phytophile est évident pour les espèces de la zone à brème qui s'adaptent facilement aux zones lacustres marécageuses (rotengles et carassins surtout). Il se vérifie aussi chez certains Cyprinidés rhéophiles (21) (vairon *Phoxinus phoxinus* et goujons) ou d'autres espèces au comportement alimentaire proche (*Barbatula barbatula* loche franche) : dans des cours d'eau partiellement envahis par des renoncules aquatiques en Bretagne, les densités estimées dans les herbiers sont 2 à 3 fois supérieures pour les loches (48-50 contre 16-20 ind/100 m²) et 4 à 10 fois pour les vairons (45-50 contre 10-12 ind/100 m²) (87). Cet attachement des cyprinidés à la végétation aquatique est à mettre en relation avec de nombreux éléments : protection vis à vis des prédateurs, habitudes de ponte, microhabitats rapidement réchauffés et eutrophiés et surtout réserve abondante en nourriture. (Cf. 3.1.2.)

2.3.3 Comportement

Les cyprinidés sont tous des poissons grégaires. Ils constituent des bancs plus ou moins grands selon les espèces et leur âge. Chez la plupart des espèces la composition du banc est homogène par rapport à l'âge des sujets ou du moins par rapport à leur taille : on parle souvent de cohortes. Les bancs les plus conséquents sont observés chez le gardon (jusqu'à plusieurs tonnes (50)). Les stades juvéniles constituent des rassemblements numériquement plus importants que ceux des adultes.

L'organisation en bancs se justifie par une tactique de préservation face aux prédateurs : elle accroît la vigilance des espèces-proies et permet même un comportement d'inspection du prédateur. Elle correspond surtout à une stratégie destinée à troubler le prédateur par effet de confusion ou de dilution de rencontre : la surcharge visuelle engendrée empêche le prédateur de sélectionner une cible précise (21). Le banc est un rassemblement bien structuré et la position des individus dans le groupe n'est pas aléatoire : les plus grands poissons se placent en position de leader certainement à cause d'une vitesse de nage supérieure. Les individus en quête de nourriture occupent la périphérie du groupe. Cette position les soumet à un risque de prédation accru par rapport à ceux qui occupent le cœur du banc (21).

Certains ont une activité typiquement benthique : carpe, tanche, goujon, brèmes. Leur conformation corporelle et surtout l'orientation de leur appareil buccal confirme leur capacité à exploiter le fond. La présence de barbillons permettant un meilleur repérage des proies dans

le substrat, est fréquente chez ces espèces. Les autres espèces sont plutôt pélagiques, en particulier les gardons qui exploitent cette niche inoccupée dans les grands lacs (21). Les rotengles et les ablettes sont typiquement profilés pour exploiter la surface (bouche supérieure, yeux grands dirigés vers le haut, hydrodynamisme particulier...). Enfin, les carassins sont des espèces dites de demi-fond capables d'exploiter le benthos ou d'autres strates suivant les ressources du milieu. Les différentes espèces présentent des adaptations plus ou moins fortes pour exploiter une strate du plan d'eau mais leurs capacités d'adaptation sont grandes.

Il s'agit d'espèces sédentaires, non territoriales. Même le goujon qui pour expliquer ses fluctuations démographiques brutales, a longtemps été accusé d'effectuer des migrations massives dans les cours d'eau, s'avère être sédentaire : suite à un marquage effectué en région toulousaine et parisienne, sur 55 sujets récupérés, 53 ont été retrouvés dans les 200 m du site de marquage et seulement 2 avait parcouru entre 3-4.5 km (61). Les quelques écarts à cette règle (brème, goujons, gardons...) sont étroitement liés à la fonction de reproduction et donc limités dans le temps et l'espace (migrations sur quelques kilomètres seulement le long des fleuves).

2.3.4 Variations d'activité journalière et saisonnière

Suivant leur affinité avec la lumière, les différentes espèces ont des rythmes circadiens différents. Les espèces pélagiques se nourrissant à vue, présentent un tropisme plutôt diurne. La prise alimentaire est souvent maximale à l'aube et au crépuscule (6) : en eaux stagnantes, les gardons (21) ou les carassins (19) présentent une activité de nage essentiellement diurne avec des pics au lever et au coucher du jour, tandis que l'activité nocturne est très réduite. Certains auteurs mettent paradoxalement des périodes d'alimentation se prolongeant durant la nuit jusqu'à 24 heures (6). La majorité des espèces semble capable de modifier leur activité au cours du nyctémère en fonction des contraintes environnementales et le goujon par exemple, plutôt actif en journée, peut reporter son activité durant la nuit lors de prédation trop forte (21).

Les espèces benthiques sont quant à elles généralement de mœurs plutôt nocturnes. Leur comportement photophobe les pousse à sélectionner des habitats de faible intensité lumineuse (inférieur 100 lux pour la carpe, activité de la tanche optimale à 40 lux et fortement réduite à partir de 100 lux (21)). Ils se réfugient donc sur les fonds sombres et apprécient particulièrement le couvert végétal (plantes flottantes type nénuphar). Leur pic d'activité reste souvent crépusculaire ou matinal mais peut se prolonger en période nocturne. Ces mœurs sous luminosité réduite peuvent s'expliquer facilement : la prise alimentaire peut se dérouler en l'absence de lumière car les proies sont détectées par sensibilité «gustative-olfactive». Une activité nocturne les soustrait aux attaques des prédateurs aquatiques ou aériens opérant à vue.

En fonction de leur degré d'activité, les Cyprinidés effectuent des mouvements au sein de la masse d'eau : ces translations permettent une économie d'énergie par diminution de l'activité de nage ou une recherche de conditions physico-chimiques de l'eau mieux régulées. Au cours de l'année, l'évolution de la structure thermique des lacs influe directement sur la répartition verticale des bancs de poisson. La position des bancs se situe généralement au niveau de la thermocline (zone entre l'épilimnion et l'hypolimnion où la température de l'eau varie rapidement avec la profondeur). Leur localisation est donc bien plus profonde en hiver qu'à la belle saison (10 m plus profond pour les gardons du lac Léman (50)).

Au cours du nyctémère, l'activité alimentaire rythme les déplacements : ainsi, dans la Spree en Allemagne, des études radio-téléométriques mettent en évidence des déplacements de gardons vers le chenal principal à proximité des rives durant la journée et vers les zones stagnantes la nuit (21). De même, dans les lacs profonds, des déplacements importants sont observés au lever et à la tombée du jour (50). Certaines translations verticales réalisées par des bancs de gardon sur plusieurs dizaines de mètres en quelques heures (échosondage dans le lac de Genève (50) semblent dépendantes de l'activité trophique : conditions de luminosité idéales pour la capture de proies planctoniques ou migration nyctémérale du plancton lui-même. Les mouvements peuvent également être imposés par une forte pression de prédation et conduire à une concentration des poissons dans les zones littorales moins exposées (50).

Enfin, au cours de leur croissance, les stades de Cyprinidés effectuent une migration progressive de la rive vers la pleine eau (21). Les alevins se concentrent en bancs près du bord là où l'eau est chaude et riche en plancton. Ils bénéficient de la protection des herbiers vis à vis des autres poissons. Les bancs d'alevins se dissocient la nuit et se reconstituent au lever du jour, lors de leur reprise d'activité trophique. Les stades adultes en revanche se réfugient plus au large hors de portée de nombreux prédateurs terrestres. Leur comportement peut également évoluer au cours du développement, ainsi si les tanches restent toute leur vie relativement benthiques, les alevins zooplanctonophages de carpes ou de goujons adoptent un comportement plutôt pélagique près de la surface (26).

2.4 Régime et comportement alimentaires

La famille des cyprinidés est très diversifiée notamment au niveau des régimes alimentaires des différentes espèces. La plupart présentent des régimes omnivores mais certains adoptent des régimes plus exclusifs herbivores (carpes herbivores) ou carnivores (aloses). Les espèces qui nous intéressent sont plutôt des espèces généralistes à tendance carnivore même si on croyait auparavant que la plupart, en particulier la carpe était des espèces herbivores.

2.4.1 Régimes omnivores variés

Les prélèvements et l'analyse de contenus digestifs de poissons sont les seuls moyens efficace pour accéder à leur régime alimentaire. Les aliments retrouvés traduisent une préférence de la part du poisson ou une grande disponibilité dans le milieu. Les études présentent les résultats en pourcentages d'occurrence ou en pourcentages de poids ou volume par rapport au contenu stomacal total, ces dernières seront préférentiellement communiquées car plus évocatrices de la ration consommée. On essaiera dans la mesure du possible d'utiliser des données de poissons vivant sous des conditions climatiques proches des nôtres.

Tous nos Cyprinidés adoptent des régimes génériques omnivores mais deux tendances se dégagent : une tendance herbivore et détritivore avec en particulier le gardon (24) et certainement le rotengle et une tendance zooplanctonivore avec la carpe, le goujon, la tanche,

les carassins (78) et les brèmes (79). Chez la carpe par exemple, les proies animales représentent 75 à 95 % de la ration (79).

La majorité des Cyprinidés sont dits euryphages c'est-à-dire capable de varier facilement leur alimentation. Ils s'adaptent aisément aux ressources de l'environnement et modifient leur régime selon les disponibilités du milieu au fil des saisons. Certaines espèces sont particulièrement douées pour cette grande plasticité de régime : carassins en premier lieu (78), gardons (6) (79). Toutes les autres espèces en sont capables. Par exemple, le goujon, espèces rhéophile, carnivore benthique présente en rivière une alimentation exclusivement carnée à base de 60 à 85 % d'Arthropodes (en grande majorité d'Insectes puis de Crustacés) complétée par essentiellement des Mollusques aquatiques (61) (25). En milieu lacustre, il a bien su s'adapter en diversifiant son comportement alimentaire : zooplancton, détritus et végétaux (79). La même évolution se produit chez l'ablette, espèce entomophage pratiquant le gobage d'insectes aériens qui peut adopter un régime exclusivement zooplanctonivore en milieu lacustre (21).

Comme tous ces poissons sont en général élevés ensemble et qu'ils présentent de fortes similitudes dans leur alimentation, on ne va pas passer leur régime en revue mais on va plutôt étudier la participation de chaque groupe alimentaire dans leur régime :

2.4.1.1 Les organismes végétaux

◆ Les végétaux macrophytes : chez les espèces à tendance herbivore ou détritivore, la prépondérance de ces aliments dans certains lacs eutrophiques est reconnue : jusqu'à 70-80% de la ration du gardon (79) (24), consommation prédominante d'élodées en été chez le rotengle (21) (36). Le pourcentage d'occurrence est généralement fort : en moyenne de 50 % en lacs (17) mais pouvant atteindre 100% (79). Chez la plupart des espèces, la consommation de végétaux augmente avec l'âge (gardon (79) (21), brèmes (79) et avec la température (quadruplement de la participation des végétaux dans la ration du gardon entre 12 et 24°C) (21). Les espèces à tendance insectivore en consomment en général peu ou accidentellement en ingérant leurs proies : le pourcentage d'occurrence est élevé (50 à 90 %) mais la quantité ingérée reste faible (moins de 10 % chez la carpe, 7 % chez les brèmes et 1 % chez la tanche (79)). La disponibilité de ces aliments saisonniers se limite à la période chaude estivale. La consommation massive de plante peut être un moyen subtil de se retirer de la concurrence alimentaire très forte concernant les proies animales : dans certaines conditions, certaines espèces en consommant peu modifie radicalement leur régime (cas de tanches pouvant ingérer jusqu'à 30 à 60 % de leur ration en végétaux). Ces ressources végétales représentent cependant des aliments pauvres en énergie qui n'autorise que de faibles croissances. Chez certaines espèces des grains de pollen (rotengle (21)) ou des graines (carpe, rotengle) sont fréquemment retrouvées dans leur estomac (79).

◆ Les algues planctoniques peuvent constituer une source alimentaire intéressante, en particulier les formes les plus grosses comme les Diatomées. Ces dernières peuvent représenter jusqu'à 43 % en numérique de la ration du gardon (79) et 10 % en volume (24). Les algues à développement colonial souvent appelées « algues filamenteuses » sont également exploitées par certaines espèces comme le goujon (plus de 35 % du poids ingéré) ou le gardon (jusqu'à 77 % de la ration) (79). Elles peuvent même devenir chez cette espèce la principale source de nourriture en période estivale.

◆ Les détritiques : ces éléments sont très fréquemment rencontrés notamment chez les espèces à comportement alimentaire benthique. Certains auteurs pensent que leur ingestion est le plus souvent accidentelle lors de la capture d'Arthropodes ou Mollusques sur le substrat. Mais de plus en plus, certains auteurs (16) pensent que cette composante joue un rôle essentiel notamment durant les périodes de pénurie en hiver : elle constituerait une ressource énergétique facilement disponible et exploitable notamment par sa richesse en éléments planctoniques et bactériens sédimentés. Elle n'est sûrement pas constante et constitue une solution d'appoint lors de périodes difficiles. Certaines espèces semblent particulièrement profiter de cette ressource facile : le gardon (jusqu'à 70 % de la ration (79) (21)), la carpe (jusqu'à 40-50 % de sa ration (79)), le carassin doré (près de 50 % (21)).

2.4.1.2 Les proies animales

◆ Les insectes : ils sont surtout disponibles en période estivale. Les larves de chironomidés sont de loin les larves les plus appréciées de tous les Cyprinidés. D'autres larves comme celles de Trichoptères ou Éphéméroptères sont appréciées mais plutôt rattachées aux milieux d'eaux vives et donc peu représentées en eaux closes. Certaines espèces présentent des régimes où les insectes larves ou adultes sont présents en grande majorité : goujon 66 à 97 % de la ration, brème commune 60 à 95 %, carpes 15 à 55 %, 45-50 % chez la tanche (79). Contrairement à la majorité des Cyprinidés, les gardons exploitent peu cette catégorie et seules les larves les plus prisées (chironomidés et trichoptères) sont couramment consommées (79). Les larves de grandes tailles (Odonates) sont rarement consommées par les Cyprinidés, seules les gros spécimens de carpes, tanches ou brèmes s'y aventurent. Certains insectes aériens prennent une part importante chez certaines espèces de surface comme le rotengle ou l'ablette.

◆ Les crustacés planctoniques : ces organismes constituent l'alimentation exclusive des alevins (cf. 2.3.3.), nous ne verrons ici que les stades adultes. Le sevrage reste souvent très progressif et tardif (2^{ème}-3^{ème} année pour la brème (79) (21)), à partir de 21 cm pour la tanche (79)) et certaines espèces continuent à exploiter cette ressource tout au long de leur vie. D'ailleurs le taux d'occurrence reste élevé et souvent de 100 % chez les tanches, carpes et brèmes (79). L'apport semble important au niveau qualitatif mais reste modéré quantitativement : moins de 10 % en moyenne de la ration des brèmes, 5 % pour la carpe et jusqu'à 15 % en poids et 90 % en numérique chez les tanches (79). Leur participation peut être très variable, complètement nulle chez certains gardons par exemple (79) à alimentation majoritaire : gardon (jusqu'à 42 % du contenu stomacal (79)). Ces micro-organismes peu consommés par les goujons en rivières prennent une plus grande importance en lac : augmentation des taux d'occurrence moyens de 7.8 à 23 pour les Cladocères et 8.4 à 13 pour les Copépodes en rivière ou en lac (17)). Certaines espèces benthiques s'intéressent exclusivement aux organismes inféodés au substrat mais les autres, carpes, brèmes, gardons exploitent l'ensemble de la population zooplanctonique.

◆ Les crustacés supérieurs : ces espèces sont généralement peu représentées en étangs mais la plupart des Cyprinidés à tendance insectivore les apprécie en particulier la tanche (jusqu'à 60-70 % de la ration (79)). Les gardons exploitent peu cette catégorie (79).

◆ Les mollusques : les mollusques sont préférentiellement consommés par les stades adultes, certainement en relation avec le développement d'un diamètre buccal suffisant pour les ingérer et broyer leur coquille. Leur consommation commence significativement à partir de 15 cm pour les gardons, 4 ans d'âge pour les brèmes (79). Ils sont retrouvés chez 80 % des brèmes de plus 30 cm (79). C'est en général la ressource animale la plus consommée en période hivernale car les insectes et crustacés se font rares et les poissons se tournent vers cette source protéique facile. Ils sont très appréciés et peuvent représenter la majorité du menu, en particulier chez le gardon (plus de 70 % de la ration (79)), le goujon (jusqu'à 90 % de la ration de septembre à janvier (79)), la carpe (15 à 40 % (79) jusqu'à 60 % de *Dressena polymorpha* notamment (21)) ou la tanche environ 25 % (79)). Le système bucco-pharyngé de la brème bordelière est particulièrement adapté à la consommation de mollusques benthiques (jusqu'à 50 % de la ration de *Dressena polymorpha* (21)) à la différence de la brème commune plutôt entomophage et zooplanctonophage. Ils représentent pour le gardon l'organisme supérieur consommé en premier lieu bien avant les insectes ou les crustacés (79)).

◆ Les oligochètes peuvent participer activement au régime de certains Cyprinidés comme la brème (22 % de la ration) ou la carpe (3-4 % (79)). Ce sont en général les spécimens âgés qui les absorbent.

◆ Les comportements de prédation vis à vis des alevins et des œufs semblent relativement réduits selon les études, mais bien entendu saisonnier et certainement sous-estimés si l'on se réfère aux observations sur le terrain. Certaines espèces ont tout de même été autopsiées avec des alevins dans leur tube digestif : gardons, goujons, carpes, tanches (79).

Gardon	% numérique						% volume					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Total insectes	56.4	71.9	2.3	11.1	8.5	1.4	2.6	4.5	5.5	4.8	13.5	35.6
Chironomidés	16.3	21.9	1.8	0.1			1.7				8.3	0.9
Crustacés supér.	9.3				6.6	3.7	16.6	7.5				
Crustacés planct.	2.2				29.4	32.2	7.9		23	0.4	9	1.2
Mollusques	29.1	18.4	96	20.8			37.8	68			0.2	8.6
Oligochètes												
Macrophytes				3.1	6	10	29.3		20.5	6.6		25.7
Poissons					4.1							
Algues				14.6	5	7			4.6	12.9	77	10
Résidus				7.8	19.6	20.3			40	73.6		5
Diatomées				42.6	19	17	2.9					

	Goujon							Tanche			
	% Numérique							% Numériq.		% Volume	
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4
Total insectes	65.1	74.3	61.9	50.5	78.1	92.6	55.1	2.14	25.6	4.7	46.7
Chironomidés		49.9	23.8		nd	20.7	25	1.6	20.5		18.7
Crustacés supér.	12.2	13	1.6	1.6					54.8	70	
Crustacés planct.		6.1			9.8		11.4	89.3			15
Mollusques	15.1	5.9	33.8		5.6	5.7	22.8	8.2	19.9	24	
Oligochètes	3.7		0.04	9.7	3.7		6.6				
Macrophytes	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd			1	
Poissons	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd				
Algues				35.7							
Résidus											
Diatomées											

	Brème												Carpe					
	% Numérique							% Poids					% Poids					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	
Tot. Insect	54.8	41.5	14.3	50.5	81.9	25.6	65.2	60.4	74	79.7	89.5	94.7	12	17.4	54.5	41.6	50	
Chironom	49.5	24.2	15	47.2	78.9	25.6	61.9	56.9	72.9	63	87.5	91.5	10	nd	25	32.7	23.9	
Crust. sup.		1.1	0.32				7.7	6.9	2.1					11.6		0.6		
Crust. plan.	37.6	42.8	64.7	44.7	13.6	74.3		9.4	7.1	4.7	4.7	0.6	2.4	0.4	15	2.5		
Mollusq.		2.4	0.07		3.2		23.5		9.8	4.7	0.3			19.8	14	24.1	39.2	
Oligoch.		6.9	4.8					18.6	7.6			1.5	3.7	3.1				
Macroph.	0.8	4.2								6.7			17.8	1		14.7	29.7	6
Algues	5.9	8	5.9							0.3		0.6						
Diatom.			2.3															
Résidus	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	53.1	46.1				

Tabl. 2 : Tableaux simplifiés exprimant les préférences alimentaires de cinq Cyprinidés d'élevage (les valeurs d'occurrence n'ont pas été retenues car elles représentent mal la part de chaque aliment dans le régime alimentaire) à partir de Michel, 1995 (79) (nd. = non déterminé).

L'alimentation subit de grosses variations au fil des saisons en raison de la disponibilité du milieu : par exemple chez le gardon, entre 5 et 15°C de nombreux éléments résidus sont ingérés alors qu'entre 15 et 20°C, ils sont remplacés par des végétaux (79) (24).

2.4.2 Rythmes alimentaires

Par suivi de l'évolution du volume de contenus intestinaux sur un cycle de 24 heures, Arias-Gonzales met en évidence deux périodes de prises alimentaires chez le gardon : la première de 7 h à 10 h, la seconde de 15h à 19 h. La première semble moins importante si l'on en croit la quantité totale de l'ingéré (6). La prise alimentaire chez le gardon se déroulerait donc plutôt le jour d'autant plus que les poissons pêchés entre 20 et 23 h présentaient un contenu digestif faible et dans un état de digestion avancé alors que ceux prélevés en pleine

journée présentait des aliments en grande quantité et moins dégradés (6). Cela renforce en grande partie les résultats obtenus par Palomares sur des gardons de la Garonne mettant en évidence deux périodes de 9 à 11 h et de 16 à 24 heures (6). Dans ce cas-ci, ils sont tout de même supposés s'alimenter partiellement en période nocturne. Les pics au crépuscule et à l'aube se retrouvent chez la carpe (18), le carassin doré (19), la brème (94) et certainement les autres Cyprinidés (21). Les espèces benthiques détectant leurs proies par olfaction étalent certainement leur comportement alimentaire plus facilement en période nocturne : 19h-22h30 et 4h30-7h chez la carpe (94). Le carassin est la seule espèce chez qui aucune variation significative de l'activité alimentaire au cours du nyctémère n'a été relevée (19).

Le rythme alimentaire est réduit chez la carpe en dessous de 10°C et l'ingéré fortement réduit en dessous de 5-6°C (79) (breton). Ces observations sont valables chez d'autres espèces (rotengle, gardon), chez qui des tubes digestifs ont été retrouvés presque vides en période hivernale (21). Une activité résiduelle persiste tout de même : Crivelli montre après autopsie de carpes en hiver que plus de la moitié des tubes digestifs ne sont pas vides (94). Billard le confirme chez 148 carpillons entre 3 et 8°C chez qui 70 % des tubes digestifs contiennent des débris divers (16). Cette alimentation semble importante qualitativement. Le goujon se nourrit en revanche toute l'année dans nos régions ((79) (61). CHAPPAZ n'observe que de faibles variations du coefficient de vacuité sur 166 intestins contrôlés dans la retenue de Sainte Croix en Provence : 17 % en septembre, 24 % en janvier et avril et 28 % en mai (25).

La ration journalière de gardons en conditions naturelles dans le lac de Pareloup en Aveyron a été estimée à 2.5 à 3g/j soit 2.3 % du poids frais moyen du poisson dont 1.9 % pour la ration de maintenance (6).

2.4.3 Alimentation des larves

Les premiers aliments de nos poissons dulçaquicoles sont toujours des éléments de petite taille à savoir les rotifères puis les crustacés Copépodes et enfin des petits puis de grandes formes de Cladocères. Les alevins de tanches consomment plutôt des éléments planctoniques de fond, alors que les autres espèces s'intéressent aux formes planctoniques pélagiques (46). Elles se nourrissent d'organismes plus réduits notamment de Cladocères du genre *Moina* alors que les carpes s'intéressent rapidement au genre *Daphnia* beaucoup plus gros (16).

Un alevin de tanche de 8.3 mm âgé de 15 jours est capable de capturer des rotifères de 300-400 µm. A 35 jours (19 mm), il peut ingérer un petit crustacé planctonique *Chydorus sphaericus* de 0.5 mm de diamètre (16).

Age (j)	Principales proies	Temps nécessaire au développement des proies (jours)	Taille des particules (µm)
1-11	Protozoaires, rotifères, petits crustacés	5-7	100-200
11-18	Petits et moyens crustacés, larves d'insectes	10-15	200-400
19-33	Grands Cladocères, larves d'insectes, aliment artificiel	15	400-600

Tabl. 3 : Caractéristiques des proies vivantes pour alevins de carpes communes (16).

	Taille des larves se nourrissant	Taille de la première nourriture (µm)
Carpes	A partir de 130 deg-j (17) 6-7 mm (16).	100-300 µm (16).
Tanches	4.5-5.5 mm (16) (46)	50-100 µm (16). (89).
Carassins dorés	A partir de 130 deg-j (17)	
Gardon		80-120 µm (89)).
Goujon	5-5.5 mm en France (61). 6.1-6.2 mm en Irlande (61).	

Tabl. 4 : Caractéristiques des alevins et taille des particules lors de la première prise alimentaire.

La croissance des larves dépend de trois facteurs primordiaux :

- la taille du plancton en relation avec le diamètre buccal qui limite l'ingestibilité
- la qualité du plancton du point de vue nutritif
- la densité du plancton en liaison avec la facilité de capture
- l'absence de prédation par le plancton (Copépodes).

La disponibilité de tous ces micro-organismes est importante pour assurer l'homogénéité du lot d'alevins. Dans le cas contraire, les alevins épuisent rapidement le stock planctonique et seuls, les plus gros parviennent à ingérer des particules de plus grande taille en abondance car non prélevées par la majorité de la population.

La transition vers le régime adulte se fait à partir du moment où l'effort de capture demande plus d'énergie que n'en apporte la proie. Cette transition vers généralement des insectes benthiques se fait en général vers la taille de 2-3 cm (3-5 semaines) chez la carpe, à partir de 7.5 cm chez la brème et 29-30 mm chez le goujon (21) suivant l'abondance de proies planctoniques. Chez beaucoup d'espèces le « sevrage » n'est pas complet et le plancton persiste dans l'alimentation adulte.

L'étude des régimes alimentaires permet de mieux comprendre les relations notamment celles qui engendrent des compétitions entre les différents poissons cohabitant dans un même plan d'eau.

2.5 Reproduction en conditions naturelles

2.5.1 Dimorphisme sexuel

Peu d'espèces mis à part la tanche, accessoirement les carassins, présentent un dimorphisme sexuel marqué. Dès la seconde ponte, le développement important des ovaires peut modifier la conformation des femelles : abdomen distendu et souple donnant aux femelles un aspect plus globuleux, forme beaucoup plus fusiforme chez les mâles notamment ceux de carpes. Les différences s'accroissent à mesure que l'état de maturité s'avance.

En périodes de frai, un caractère sexuel constant apparaît chez les Cyprinidés mâles : le développement de boutons durs, gris-blanc appelés « boutons de noce ». Ils se localisent sur la tête, les opercules et parfois le dos et les premiers rayons des pectorales. Ils ont la taille d'une tête d'épingle et sont plus ou moins nombreux selon les espèces. Pour les espèces qui ne présentent aucun dimorphisme sexuel, ils constituent le seul critère morphologique pour distinguer le mâle de la femelle – à ce moment précis. Dans certaines espèces, les femelles peuvent en présenter en petits nombres (gardons (34)) et certains jeunes mâles en être dépourvus (Brèmes, rotengles (38), (36)). De même à l'approche de la saison du frai, la papille génitale des femelles devient turgescence : le pore génital apparaît dilaté et les papilles coniques qui le bordent prennent une coloration rougeâtre (86).

Lorsque la température de l'eau reste supérieure à 5-8°C, il est possible de reconnaître les mâles dès l'automne en effectuant une légère pression abdominale : la maturation des spermatozoïdes est précoce et de faibles quantités de sperme peuvent être observées (15). Le même phénomène est possible chez les femelles mais seulement en fin de maturation et donc trop tardivement. Chez les gros sujets (plus de 1.5 kg), l'emploi d'un otoscope introduit dans la papille génitale peut permettre de déceler quelques ovocytes (4) (89). Cette méthode a fait ses preuves dans le sexage des sandres.

2.5.2 Différentes stratégies de reproduction des cyprinidés

La survie de toute espèce dans un environnement saisonnier fluctuant est dépendante de mécanismes qui lui permettent d'ajuster ses fonctions physiologiques aux changements du milieu. La compréhension des mécanismes régissant le succès de la production des jeunes (= recrutement) est un objectif important de l'écologie animale.

Les poissons utilisent deux stratégies majeures pour se reproduire : la stratégie K et la stratégie r. La première apparaît chez des espèces évoluant dans un environnement stable ; elle favorise une maturité tardive, un effort de reproduction faible mais une progéniture de grande taille et une longévité élevée. Le comportement reproducteur permet d'augmenter les chances de survie des œufs et des alevins (comportement nidicole, œufs riches en réserves vitellines, protection des alevins...). Les espèces concernées pondent en pleine eau de façon à assurer à leur descendance une protection efficace. C'est le cas de certains percidés (sandres, black-bass, perche soleil) ou d'autres espèces comme l'épinoche ou la bouvière. Cette dernière est certes un Cyprinidé mais son comportement reproducteur est très original puisqu'elle dissimule ses œufs à l'intérieur de mollusques bivalves d'eau douce : les anodontes. A l'inverse, la stratégie r est développée par des espèces vivant en milieu moins prévisible et favorise une maturité précoce, un effort de reproduction ainsi qu'une fécondité élevée et une vie courte. Leur forte prolificité parvient à assurer un recrutement stable malgré le fort prélèvement par les aléas naturels. Les cyprinidés optent plutôt pour la deuxième stratégie et nombreuses sont les retenues où l'on observe ce comportement chez pratiquement toutes les espèces. Le goujon semble être l'espèce la plus investie dans cette stratégie (61) avec un cycle biologique très court et une maturité sexuelle très précoce.

Ces stratégies sont susceptibles d'être plus ou moins respectées et par exemple Chappaz dans le lac de Sainte Croix en Provence, observe une maturité tardive (3-4 ans), une fécondité faible (10 % seulement de RGS supérieurs à 15 % contre 32 % en moyenne ailleurs) et une longévité augmentée (8 ans) chez le goujon qui semble être le modèle de ce type de stratégie

en rivière tout du moins (25). Cette adaptation est certainement expliquée par un mécanisme de type densité-dépendant dans un environnement devenu relativement stable (25).

Chez les poissons trois modèles de base du développement ovocytaire ont été identifiés en se basant sur une approche dynamique de l'ovogenèse. Cela a une répercussion sur le nombre d'oviposition. On peut ainsi distinguer les espèces à ovogenèse synchrone, partiellement asynchrone et typiquement asynchrone. Dans les deux premiers groupes, se trouvent les poissons à ponte unique, dans le dernier ceux à pontes multiples et échelonnées. Cette différence de stratégie reproductive peut avoir des conséquences sur le recrutement annuel en alevins et donc sur la dynamique des populations : on est en effet en présence de poissons concentrant leur effort de reproduction sur une seule ponte ou de poissons répartissant leur potentiel reproductif sur plusieurs pontes qui sont donc moins soumises aux aléas de l'environnement. La différence entre les trois groupes se fait précisément par l'observation de l'évolution histologique des ovocytes : les ovocytes protoplasmiques sont présents dans les ovaires de toutes les espèces qu'elles soient en période de maturité ou pas, la différence se fait au niveau des autres populations ovocytaires (66) :

- chez les espèces à ovogenèse synchrone, l'ovaire mature ne contient qu'une population ovocytaire supplémentaire : les ovocytes en fin de vitellogenèse qui seront expulsés simultanément lors de l'unique ponte
- chez les espèces groupe synchrone, l'ovaire compte deux populations distinctes : les ovocytes en fin de vitellogenèse qui seront expulsés prochainement et une autre population en prévitellogenèse avancée qui ne participeront pas à la ponte de l'année
- enfin, chez les asynchrones, l'ovaire mature renferme simultanément tous les stades ovocytaires sans prédominance d'une classe particulière. Ils seront expulsés en plusieurs fois à mesure qu'ils atteindront leur maturation complète.

La ponte des espèces synchrones se produit simultanément chez la plupart des poissons du plan d'eau et le frai de l'ensemble de la population se concentre massivement sur quelques jours seulement (moins d'une semaine chez la population de gardon du lac Lemman (52). Les pontes peuvent tout de même être légèrement étalés dans le temps du fait que les jeunes sujets fraient légèrement plus tard (52) (34). Il ne s'agit pas d'une ponte échelonnée mais d'un retard de maturation des sujets les plus jeunes. Le RGS chute brutalement après la ponte (66), (82). Les concentrations en œufs peuvent être considérables chez le gardon (83.2 à 99.7 œufs/cm² (52) à 2 millions d'œufs/m² (68)). Les espèces concernées sont parmi les Cyprinidés : le gardon (34), la vandoise *Leuciscus leuciscus* et le hotu *Chondrostoma nasus*. (66).

Chez les espèces asynchrones, le RGS diminue à l'inverse très progressivement du fait que les pontes s'étalent sur plusieurs semaines et de façon répétée chez une même femelle. Les espèces concernées dans nos régions sont essentiellement des Cyprinidés : le goujon, le vairon, la brème bordelière les ablettes, le rotengle (36), les carassins et la tanche (96) (66). Cet aspect asynchrone de l'ovogenèse est provoqué soit par l'entrée des ovocytes protoplasmiques en prévitellogenèse à des moments différents, soit par une différence dans la vitesse de maturation (66).

Parmi la dernière catégorie dite « groupe synchrone », on ne compte également que des Cyprinidés : la carpe, la brème commune, le barbeau fluviatile *Barbus barbus* et le chevaine *Leuciscus cephalus*. (66) : leur ponte est unique mais les différents individus peuvent également arriver à maturité de façon légèrement échelonnée.

Ce mode de reproduction n'est pas figé et certaines espèces placées en conditions particulières peuvent modifier cette stratégie. Tel est le cas du barbeau qui peut passer d'un développement ovocytaire groupe-synchrone en milieu naturel à une ovogenèse totalement asynchrone en captivité (66). Chez certaines espèces (carpes, carassins et carassins dorés) indépendamment de ce mode d'oviposition, un nouveau cycle de ponte peut survenir à la fin de l'été si la maturation complète des ovocytes du nouveau cycle est terminée à ce moment-là.

2.5.3 Acquisition de la maturité sexuelle

En ce qui concerne l'acquisition de la première maturité sexuelle, deux groupes ont été distingués : ceux à maturité précoce (1 ou 2 ans) comme le gardon, le rotengle, le carassin, l'ablette ou le goujon... et ceux à maturité plus tardive (3 ou 4 ans) tels que la tanche ou la carpe (21). Les espèces suivant une stratégie de type r (goujon, carassins dorés) sont certainement les plus précoces. Dans certains milieux lacustres, les goujons peuvent cependant présenter des maturités très tardives : 54 % des mâles G_3 (83 mm), 67 % des femelles G_3 (85 mm) et 100 % des sujets G_4 (25).

L'âge de première maturité sexuelle est plus lié à la taille du poisson qu'à son âge (cf. plasticité importante de la croissance des poissons) (22).

Les mâles précèdent en général les femelles d'une année.

	Mâles	Femelles
carpe	2-3 ans (25-30cm pour 1 kg) en régions septentrionales (89) (16) (D) 1-2 ans en régions tropicales (89) 6 mois élevées en permanence à 23°C (89) A partir de 0.5 kg en France (15)	4-5 ans dans la Volga (16) 3-4 ans en Pologne (30-40 cm pour 3-5 kg) (16) (D) 2 ans en Camargue (16) 15 mois élevées en permanence à 15°C (16) 12 mois en Israël (16) ou élevées en permanence à 23°C(89) Dès 0.8-1 kg en France (15)
Tanche	2-3 ans (0.4-2.5 kg pour 25-30 cm) (16),	3-4 ans (0.75-3 kg pour 25-30 cm) (16), Dès 300 g (89).
gardon	G_1^+ à partir de 7.4 mm (3.78 g) (lac Volvi en Grèce (81) 40 % des mâles G_1^+ et 100% des G_2^+ (retenue S ^{te} Croix) (24). Immaturité à moins de 2 ans et 74.5 mm (34).	G_2^+ à partir de 10.6 mm (11.7 g) (lac Volvi en Grèce (81) 50 % des femelles G_1^+ et 100 % des G_2^+ (retenue S ^{te} Croix) (24). Dès 9.45 cm (34).
C. carass.	A partir de 11-13 cm ou 85-100g (21).	
C. aurat.	A partir de l'âge 1+ (78).	
Rotengle	2-3 ans (21).	
Ablette	2 ans (21). A partir de 12-15 cm	
Goujon	Stade 1+ dans 50 % des cas (61)	
Brème	A partir de 18-24 cm (tous sexes (21).	
Brm bord.	2-3 ans (tous sexes) (21).	

Tabl. 9 : Age de première maturité sexuelle chez les Cyprinidés élevés.

2.5.4 Elaboration des gamètes et contrôle interne

La gamétogenèse comporte les mêmes grandes étapes de multiplication méiotique et différenciation communes aux Vertébrés. Les phases initiales de multiplication conduisent à un stock de gaméto gonies considérable chez le mâle. La production de spermatozoïdes est généralement élevée : $2 \cdot 10^{12}$ chez une carpe de 1 kg (15). Chez la femelle, cette première phase de multiplication est beaucoup moins intense et contrairement aux Vertébrés supérieurs, peut se dérouler tout au long de la vie sexuelle. La vitellogenèse permet l'accumulation de réserves dans l'ovocyte à partir de précurseurs hépatiques. Lors de l'expulsion, des substances muco-polysaccharidiques entourent la cellule et lui confèrent un caractère poisseux lui conférant ses propriétés adhésives.

Chez les deux sexes de la plupart des espèces, la gamétogenèse redevient active immédiatement après la ponte (cf. fig. 4 chez la carpe (14) et fig.5 : RGS minimal en juillet puis augmentation progressive au cours de l'automne chez les deux sexes chez le gardon (82). Souvent, le processus est quasiment achevé dès l'automne mais les basses températures hivernales bloquent la maturation en vitellogenèse. Leur maturation redémarre avec le retour de conditions propices au printemps.

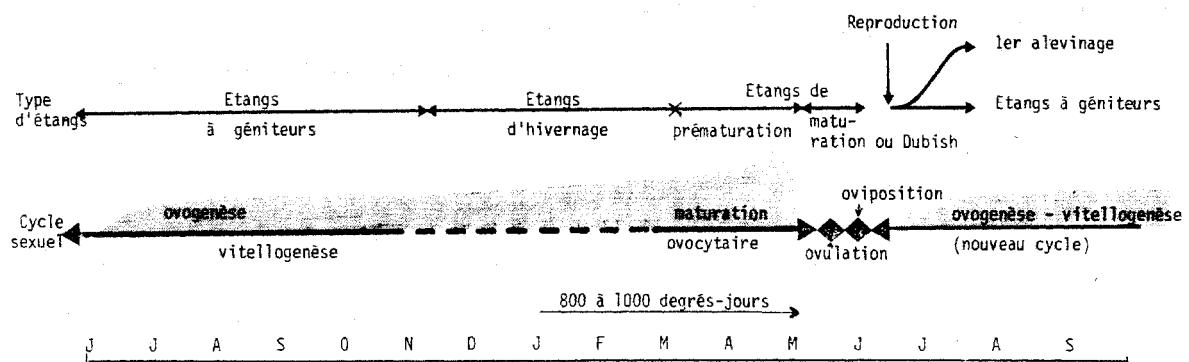


Fig. 4 : Etat de maturation sexuelle des géniteurs lors de leur passage dans les différents types d'étangs (14).

La gamétogenèse est donc fortement dépendante de la température et ne peut se produire en dessous d'un certain seuil thermique : 12°C chez les carpes mâles et femelles (86), 4°C chez le gardon (52) avec une température optimale de $15-17^{\circ}\text{C}$ chez la carpe (86), moins de 14°C et pas plus de 20°C chez le gardon (52). Comme pour l'incubation, on peut quantifier le temps nécessaire au déroulement de la maturation des gamètes en degrés-jours : tout se passe comme si les géniteurs, pour acquérir une maturation complète de leurs gamètes, devaient accumuler une certaine « quantité de chaleur » depuis leur dernière reproduction : un cycle complet demande 1000-1100 DJ à partir du 1^{er} janvier chez la carpe (14), 8 mois ou 1600DJ au total au-dessus de 4°C chez le gardon (52).

Rapport gonadosomatique

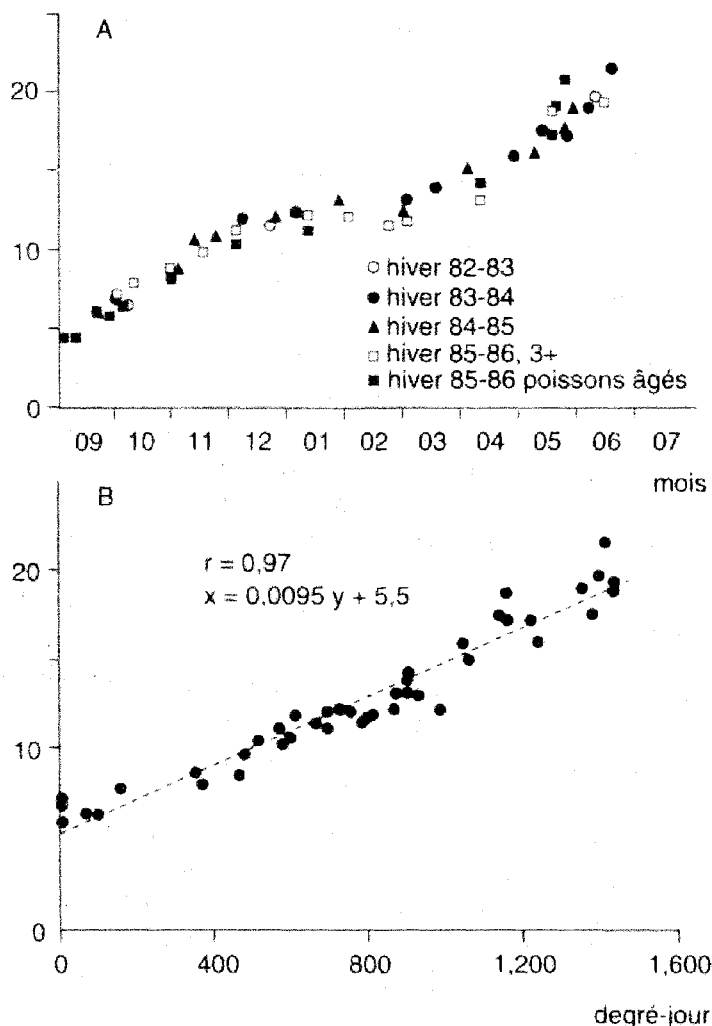


Fig. 5 : Evolution du rapport gonado-somatique de gardons femelles dans le lac Lemman de septembre à la date du frai. A : les dates en abscisse sont exprimées en jour depuis le 01/09. B : les dates sont exprimées en nombre de degrés-jours depuis le 01/09 en sommant les degrés à partir de 4°C, valeur zéro du développement. 850 femelles ont été examinées en 4 ans, chaque point représente une valeur moyenne calculée sur environ une vingtaine de poissons (52).

A côté des espèces asynchrones qui pondent pendant toute la saison favorable, certaines espèces synchrones, comme la carpe, peuvent achever le processus avant l'automne et effectuer une seconde ponte à ce moment (86). En conditions thermorégulées (23°C pour la carpe (86)), on peut même obtenir avec certaines espèces, une gamétogenèse pratiquement continue avec plusieurs pontes successives quelle que soit la saison. Cette solution n'est généralement pas économiquement viable. Par contre, la mise en place temporaire de géniteurs en bassins préchauffés (20-24°C) permet d'achever rapidement leur maturation et d'obtenir facilement des pontes précoces.

La maturation finale et l'ovulation demandent des températures supérieures qui provoquent le frai. Elles sont présentées dans le tableau 6. A partir de ce stade, si l'ovulation n'intervient pas dans les 2-3 semaines, à cause d'une séparation spatiale des sexes par

exemple, il y a atresie des follicules et l'ovulation est évidemment impossible (15). Pour certaines espèces (gardons), une période préalable de basses températures semblent assurer une meilleure maturation finale (89).

En conditions naturelles, les ovocytes en fin de vitellogenèse et les spermatozoïdes restent donc stockés dans les gonades pendant tout l'hiver quasiment prêts à être émis. Des ovocytes de carpes en fin de vitellogenèse peuvent conserver leur intégrité jusqu'à 9 mois dans des ovaires tant que les femelles sont maintenues à moins de 16°C (15) : la gestion des reproducteurs en période hivernale garantit donc le succès de la reproduction.

Comme chez, les autres Vertébrés, la mise en jeu d'un système neuroendocrinienne coordonne les différentes phases du cycle. Le contrôle est assuré le complexe hypothalamo-hypophysaire. Ce déterminisme endocrinien a été particulièrement étudié chez le poisson rouge et la carpe : l'hypothalamus intègre tous les stimuli externes (température, photopériode, qualité de l'eau, facteurs sociaux, composition chimique de l'eau, agressions extérieures diverses) et internes (état d'entretien, pathologies, stress, etc.). En fonction de sa stimulation par des signaux positifs ou négatifs, cet organe sécrète une neurohormone : la gonadolibérine ou GnRH qui va initier le processus. Cette dernière agit sur l'hypophyse qui à son tour va libérer dans la circulation sanguine des hormones gonadotropes : les gonadotropines. Ces dernières vont agir sur les gonades en fonction des signaux intégrés en amont au niveau de l'hypothalamus. Actuellement deux hormones gonadotropes ont été identifiées : GTH-I qui contrôle principalement les premières étapes de la gamétogenèse y compris la vitellogenèse chez les femelles et GTH-II qui intervient principalement sur les phases finales (maturation ovocytaire, ovulation, spermiation) (15). Leur action sur les gonades se fait de manière indirecte via la production de stéroïdes sexuels différents chez les deux sexes. Des régulations rétroactives à plusieurs niveaux permettent une régulation adaptée du mécanisme. Chez les Cyprinidés, il semble exister un mécanisme inhibiteur dû à la dopamine qui viendrait se surimposer au système stimulateur (15). Certaines prostaglandines synthétisées durant la maturation méiotique et des catécholamines interviendraient dans le déclenchement de l'ovulation (86).

Les connaissances acquises dans ce domaine ont permis d'améliorer les performances de reproduction grâce à la mise en œuvre de la reproduction artificielle. Différent maillons de la chaîne sont exploités pour améliorer les phases de maturation, d'ovulation ou de spermiation (inductions hormonales à partir de GnRH, GTH-II ou lever de l'inhibition dopaminergique).

2.5.5 Une très forte fécondité

En raison de la stratégie reproductive adoptée par les cyprinidés, la fécondité est forte de façon à garantir un taux de recrutement suffisant : les pertes qui touchent les œufs mais aussi le alevins sont considérables : jusqu'à 99 % chez la carpe en conditions naturelles (21). En revanche, chez le gardon le taux d'éclosion est très bon et supérieur à 95 % (62) certainement en relation avec la température basse d'ovulation peu propice aux développements bactériens et mycéliens saprophytes. Le tableau suivant illustre la fécondité chez les différentes espèces que nous cultivons :

Espèce	Fécondité	RGS femelle	Taille des œufs (mm)
Carpe	(80 000) 100 000-300 000/kg (86) (15) (16) (21). Prolificité supérieure chez les souches écailleuses (16)	20-30% (21). 2-6 % chez sujets de 1.3-1.7 kg (85)	A la ponte : 1-1.5 (16).1.2-1.86 (21) Hydratés : 2-2.5 (16).
Tanche	80 000 à plus de 300 000/kg (16) voire jusqu'à 600 000/kg (89) (31) (26).		A la ponte : 0.4-0.5 (16) (21) Hydratés : 0.6-0.7 (16).
Carassin	110 000-150 000/kg (16). 150 000-240 000/kg (21).	20% (21).	1-1.5 (21).
Carassin doré	160 000-200 000/kg (sud de la France) (21). 50 000-100-000/kg (78).	30 % (21).	1.5-1.7 (21).
Gardon	20 000-100 000/femelle (16) (33) (26). 100 000 pour 400 g (89). 78 à 196/g soit 9294/femelle (920-32810) (lac Volvi en Grèce (81) 190/g de poids somatique (24). Log fécondité = $\text{Log } 88.10^{-6} + 6.302 \text{ Log } (L_f) *$ (24).	21% (Meuse) (21). 20-21 % (lac Lemman) (52) 13.49 % (7.35-15) (lac Volvi en Grèce (81)	1-1.5 (34) (16) 1.9-2.5 (21).
Rotengl	50 000-200 000/femelle (26) (21) (36).		1.5-1.7 (21).
Ablette	1000-2000/femelle (30) 5 000-7000/femelle (21).	18% Meuse (21).	1.5 (21) (30)
Goujon	500/fem. 1^+ (61). 1500/fem. 2^+ (61) voire 5 000 (16) 3000/fem. 3^+ (61). 4000-5000/fem. 5^+ (61) voire 20 000 (16). Fécondité = $5.6^{2.524L*}$ (signif.0.95 %) (25). 180-849/g de femelle (21).	23-28.6 (21).	1.4-1.8 (1.5) (61).
Brème comm.	30 000-40 000/kg (21) (38).		1.5 (21).
Brèmes bord.	100 000-200 000/femelle (21)	15 % Meuse (21)	1.5 (21)

* L_f = Longueur à la fourche en cm

- L = Longueur totale

Tabl. 5 : Fécondité relative ou absolue des différentes espèces de Cyprinidés employées comme vif.

Les œufs sont adhésifs chez toutes les espèces. Ils sont de teinte jaunâtre chez la grande majorité à l'exception du goujon (œufs blancs translucides (61)) et du rotengle (œufs rougeâtres (21) (36)).

En général, la fécondité absolue augmente régulièrement avec la taille du corps tout au long de la vie de l'animal (20). Ainsi elle est de 78 œufs/g chez des gardons 2+ et 196 œufs/g chez une femelle 12+ (lac Volvi en Grèce (81)). La fécondité relative présente un maximum chez toutes les espèces : 4-5 ans chez la carpe adulte femelle (16), 7 ans chez le gardon femelle (RGS de 15 % constant à partir de 7 ans) et 2 ans chez le mâle (RGS constant 10 % à partir de l'âge 3+) (81)

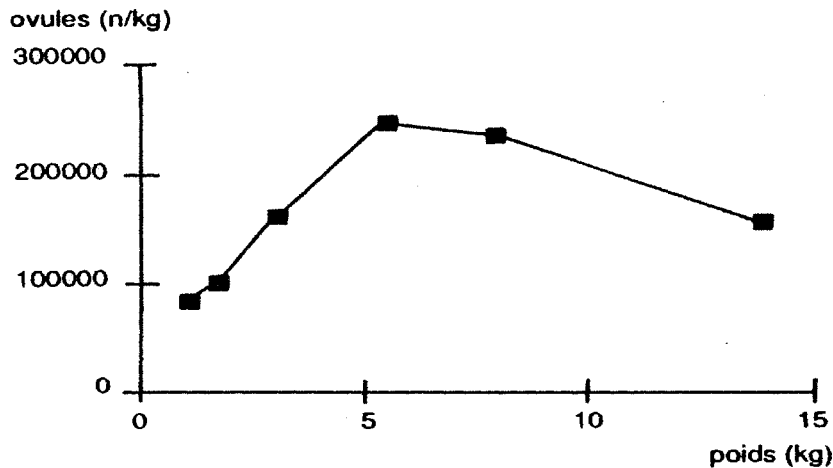


Fig. 6 : Evolution de la fécondité relative de la carpe commune femelle en relation avec l'augmentation du poids corporel.

La fécondation externe doit avoir lieu dans les instants qui suivent l'émission des gamètes car leur survie est brève : dans les dilueurs d'insémination, à 20°C, le pourcentage de spermatozoïdes mobiles se maintient à presque 100 % pendant 30-40 secondes puis décroît rapidement pour atteindre 10-30 % vers 2 minutes (15). La survie des ovules après expulsion n'excède pas 6 heures chez la carpe (15). Leur perte de fécondabilité est également rapide (chute de 20 % en 3 minutes et quasi totale à partir de 4 heures chez la carpe (16)) en relation avec l'épuisement de leur charge énergétique en ATP. La fécondation doit donc intervenir rapidement après l'expulsion des ovocytes. De nombreux facteurs influencent la qualité des ovules et leur fécondabilité : histoire et état physiologique, conditions de stockage, alimentation, oxygénation des géniteurs, température lors des stades finaux de maturation, stade d'avancement de l'ovogenèse... Le pouvoir fécondant du sperme semble bon dès le premier cycle sexuel (86) (14). Les œufs de femelles au cours de leur premier cycle sont deux fois plus petits que ceux de la seconde (14) : la taille moyenne des ovules semblent corrélées avec l'âge des femelles notamment chez la carpe. En revanche, la taille des œufs ne montre pas de corrélation avec la survie embryonnaire (14).

2.5.6 Facteurs externes agissant sur la fonction de reproduction

La fonction de reproduction des Cyprinidés est modulée par de très nombreux facteurs externes provenant de l'environnement dans lequel ils vivent. Ils interviennent à plusieurs niveaux dans le développement des gamètes, de leur maturation à leur expulsion.

• Facteurs physico-chimiques

♦ La température est le facteur prépondérant dans le contrôle du cycle reproducteur des Cyprinidés, particulièrement pour les espèces qui ont des exigences thermiques élevées. Son influence agit sur la stimulation de l'activité du complexe hypothalamo-hypophysaire notamment sur la sécrétion de GTH II maturante (52). La température est le facteur limitant du déclenchement des processus de maturation des gamètes des deux sexes mais aussi de la ponte. Il existe ainsi pour les différentes espèces un palier thermique à partir duquel l'expulsion des gamètes peut être déclenchée. La définition de périodes temporelles reste trop imprécise car si en général le frai a lieu au début du printemps (avril à juin), lors de printemps froid, il peut être différé à l'été. En revanche, la connaissance des seuils thermiques est beaucoup plus efficace pour prédire la survenue du frai même s'il existe une certaine imprécision liée à l'état de maturation des gamètes ou à l'évolution du profil thermique de la masse d'eau :

	Température-seuil
Carpes	A partir de 16°C par Leplay 1989 (30) (16) accessoirement 13°C par D'aubenton 1971, en prairies inondées du cher (30) En général, 18-22 (16), (89), (86), (30) Races « écailles » plus précoces (30)
Tanches	A partir de 18°C par Charpy, 1944 (31), en Angleterre (21) En général, 20-24 (89) (16) A partir de 22°C en étangs réchauffés et lac Lemman (52)
Carassins	15-19 (21) (33).
Carassins dorés	(16) 18-20 (B).
Gardon	A partir de 12°C (34) ou 15 °C (52) (89) (16) A partir de 10 °C en pays nordiques (Norvège) (52) ou dans le lac Volvi en Grèce (81)
Rotengle	18 à 24 (27) par Charpy, 1944 (36) (21) (16).
Ablettes	A partir de 15°C (30) (21). A partir de 20°C dans les lacs Lemman et du Bourget (52)
Goujon	A partir de 12 (Belgique kestemont 90 (89)) (rivière Don (61)). En général, 14-17 (67) (25). (21) (région toulousaine Brunet, 1972 (89))
Brèmes commune	12-16 (21), (17) A partir de 15°C et toujours avant le gardon dans le lac Lemman et en Irlande (52)
Brèmes bord.	

Tabl. 6 : Températures de frai chez les différentes espèces de Cyprinidés.

L'enchaînement successif des pontes des différentes espèces est généralement bien respecté puisque les conditions sont atteintes progressivement au cours de la saison de frai. Ainsi, les gardons, les goujons et les brèmes entament la saison de reproduction suivis par les carpes, les rotengles et les carassins. Les espèces très exigeantes en température comme la tanche ou le carassin doré terminent. Le frai des femelles âgées est en général plus précoce (20) (52 pour le gardon).

Chez les espèces asynchrones, les pontes commencent et se succèdent tant que le seuil thermique est atteint. Des observations sur les populations de tanches dans le lac Lemman et des lacs réchauffés artificiellement montrent que le frai est interrompu en dessous de 22°C et que le rythme des pontes successives augmente avec la température (52). Pour les espèces asynchrones, il existe en général une température-seuil supérieure au-dessus de laquelle les pontes cessent ; elle se situe aux alentours de 28°C chez le rotengle, l'ablette ou les brèmes (30), (36), (38), (52).

Au niveau zootechnique, la maîtrise de la température sera un facteur majeur pour contrôler et améliorer la reproduction.

◆ La photopériode : ses effets sont très marqués chez certaines espèces comme les Salmonidés. En revanche, chez les Cyprinidés, son influence semble beaucoup plus limitée et dans tous les cas inférieure à celle de la température. Des travaux récents lui confèrent tout de même une certaine importance en raison de l'existence de rythmes journaliers dans la sécrétion d'hormones gonadotropes sous l'effet d'oscillation du taux de mélatonine. La photopériode semble simplement avoir un effet facilitant dans la phase finale de maturation ovocytaire et dans le démarrage de la vitellogénèse (86). Ces opérations se déroulent sous photopériode croissante. Des expériences menées sur *Carassius auratus* montrent par le biais de la mesure de l'incorporation de ³H-thymidine, que l'activité des gonades est significativement diminuée chez des sujets de plus de 16 g maintenus dans l'obscurité (97). L'expérience montre également que les animaux les plus âgés sont les plus sensibles à la photopériode (sensibilité des sujets de 15 g à partir de 10 jours d'obscurité, sensibilité de ceux de 11-16 g à partir de 20 jours et aucune sensibilité pour ceux de moins de 5 g). Ces travaux laissent supposer une absence de sensibilité de l'hypophyse chez les jeunes sujets vis à vis des stimuli lumineux (97). Concernant l'expulsion des gamètes, la photopériode semble avoir une certaine influence puisque beaucoup de poissons ont une préférence quant au moment de la journée où s'effectue le frai. Chez la carpe, il commence activement à l'aube mais peut s'étaler durant la journée (23).

◆ La composition chimique de l'eau : son rôle est évident puisqu'il intervient dans le confort et la santé de l'animal : mis à part quelques exceptions, un animal ne se reproduit en général que si ses besoins de base sont satisfaits. Les besoins en oxygène, pH et autres composés sont les mêmes que ceux cités dans la partie qui concerne leur confort, à la seule différence qu'ils sont en général plus exigeants pour leur reproduction. Leur effet négatif sur la reproduction se fait après intégration par le système hypothalamo-hypophysaire ou indirectement par diminution de la prise alimentaire. La gamétogenèse est bloquée pour des concentrations en O₂ dissous inférieures à 3 mg/l (15). Le pH satisfaisant pour la carpe se situe entre 6.5 et 8.5 chez la carpe (14) alors que les tanches apprécient une eau légèrement acide (96). Les effets négatifs de pH extrêmes sont plus importants chez les stades larvaires (valeurs létales chez le brochet : 6 et 10) que sur les stades embryonnés protégés dans l'œuf (valeurs létales 4.5 et 10.5). Dans tous les cas, les performances de nage sont fortement diminuées et le taux de survie faible (46.7 % sur des larves de brochets issues d'œufs exposés

à pH 6, 42.6 % et 29.3 % pour des alevins soumis à un bain à pH 5 et 10) (71). L'influence des pH sub-létaux entraîne également des perturbations du comportement alimentaire, des déficits de croissance, des anomalies squelettiques mais aussi des troubles métaboliques découlant des problèmes d'osmorégulation liés à une hyperproduction de mucus au niveau branchial (71). Chez le gardon, un défaut de calcification entraîne précocement des malformations vertébrales à pH 10.5 (71). La présence de polluants naturels (ammoniac, nitrites, etc.) ou d'origine humaine (métaux, pesticides, etc.) réduit la fécondité des poissons mais aussi le taux de survie des stades embryonnaires et larvaires. Les effets d'un insecticide carbamate : le carbofuran ont été démontrés sur le développement ontogénique et les performances de larves de brochets même à des concentrations sub-létales : les effets biochimiques apparaissent à partir de 10 µg/l et les effets biologiques apparaissent à partir de 50 µg/l (capacités natatoires et de fixation perturbées, diminution de la prise alimentaire, retard de résorption vitelline, baisse du taux de survie et à plus fortes doses déformations squelettiques) (3). Chez des carassins exposés au carbofuran, des modifications de l'activité de nage, des relations sociales et de l'orientation par rapport à un filtrat alimentaire ont été décrites en 1996 (3).

- **Facteurs biologiques**

- ◆ **L'alimentation** : le développement des gonades s'effectuant en partie grâce aux réserves corporelles, un bon état d'entretien et donc une bonne alimentation en quantité et en qualité ne peut qu'améliorer les performances reproductrices. Des expériences sur des jeunes expérimentaux chez les Cyprinidés le confirment : le mécanisme ferait intervenir une baisse notable de la stimulation de l'axe hypothalamo-hypophysaire (86). La satisfaction qualitative des besoins est également invoquée, notamment la richesse de la ration en acides gras essentiels qui serait déterminante pour la qualité des réserves des gamètes (86).

- ◆ **Les facteurs sociaux** : la reproduction fait appel à des interactions entre individus du sexe opposé. Cela suppose l'existence de stimuli visuels, tactiles ou olfactifs qui assurent une parfaite synchronisation dans l'émission des gamètes par les deux sexes. Le rôle des stimulations tactiles semble évident juste avant l'ovulation. L'existence de phéromones produites par l'un des deux sexes et reconnues par l'autre a été démontrée. Ainsi, la présence de femelles ovulantes stimule la spermiation chez les mâles. La mise en place d'individus du sexe opposé dans la même eau mais sans contact direct possible est souvent utilisée pour achever la maturation des reproducteurs. A l'inverse, la séparation spatiale des sexes jusqu'au moment désiré de la reproduction permet assez facilement d'éviter des pontes intempestives trop précoces. La participation de certaines phéromones semblent également impliqués dans la régulation du frai lors de fortes densités : certains de ces facteurs chimiques inhibent le frai au-delà d'une certaine concentration dans l'eau et donc au-delà d'une certaine densité piscicole (86). Ce procédé serait impliqué dans la régulation naturelle des populations (20). La plupart du temps le comportement reproducteur est simple : une (espèces asynchrones) ou plusieurs (espèces synchrones) femelles toujours accompagnées de plusieurs mâles (2 à 5 mâles par femelle (68)) déposent leurs ovules sur les sites qu'elles ont choisis. Certaines espèces peuvent développer des comportements territoriaux : les brèmes mâles de 35-40 cm (> 5 ans) (68) s'attribuent les meilleures frayères. Les jeunes mâles refoulés au large sont privés des sites de pontes. Des territoires de 80 sur 150 cm à 25-50 cm de profondeur sont vaillamment défendus (21). Le moment venu, les femelles traversent les territoires des jeunes

prétendants qui initient leur stimulation et terminent dans les territoires des vieux mâles. En réalité tous les mâles participent à la fécondation y compris ceux qui sont refoulés et qui au dernier moment se mêlent aux ébats du couple dominant dans une grande confusion. Ce même comportement peut se retrouver chez le gardon notamment lors de fortes densités en reproducteurs (52). Le goujon peut développer un comportement territorial : le mâle dégage dans une zone de sable à faible profondeur (30 à 80 cm) une dépression qui accueillera les œufs (21).

◆ La présence de substrats de ponte : des expériences menées chez le poisson rouge ont permis de montrer leur importance dans les stades ultimes de la maturation ovocytaire et sur l'ovulation : en présence ou en absence de supports végétaux, le pourcentage de femelles ovulées peut varier de 100 à 30 % seulement (15). De même, des expériences chez cette même espèce montrent qu'elle se reproduit spontanément à partir de 18°C en aquarium, mais à partir de 12°C si on introduit des substrats favorables à la ponte (14). Les Cyprinidés ont en effet une nette affinité pour les supports végétaux : prairies de graminées inondées lors de crues, racines amphibies de certains arbres et de préférence végétaux amphibies type *Elodea* ou *Myriophyllum* (52). Ce comportement est qualifié de phytophile. Les œufs sont déposés dans les premiers centimètres sous la surface sous au maximum 50 cm d'eau (gardon, ablettes 52) (68)) de façon à leur garantir une meilleure protection : ils seraient beaucoup plus exposés s'ils étaient émis en eaux complètement dégagées. Certains espèces comme les brèmes peuvent pondre plus en profondeur jusqu'à un mètre (52) (68). L'interface terre/eau constitue en outre un micro-habitat où les conditions thermiques sont optimales pour le développement embryonnaire et celui du plancton qui constituera l'aliment essentiel des larves. Les œufs sont particulièrement adaptés à ce mode d'oviposition puis qu'ils sont enduits de substances adhésives. La présence de matières organiques en décomposition sur ces lieux semblerait aussi être un critère de choix pour les géniteurs (brochets (17), ()) : c'est la promesse d'un garde-manger pour les futurs alevins. Cependant, quand la végétation fait défaut, la plupart des Cyprinidés se montrent beaucoup moins exigeants et n'hésitent pas pondre à même le gravier, l'argile ou autres matériaux (gardons, carassins, brèmes...). Certains cyprinidés de rivière tels le goujon ou l'ablette conservent généralement en étang un comportement lithophile ou phyto-lithophile avec une préférence pour les bancs de gravier ou sable. Ce comportement peut se retrouver chez des populations de gardons ou de brèmes (52). Ce facteur doit absolument être pris en compte dans certains techniques de reproduction contrôlée. Le choix du site de frai semble important pour les géniteurs et certaines migrations peuvent être effectuées pour les atteindre : gardons sur 10 km dans la Spree vers un lac en aval (21), brèmes en eaux saumâtres qui remonte vers des affluents (21)... Un certain comportement de « homing » a même été mis en évidence chez plusieurs espèces en particulier l'ablette et le gardon : des expériences de marquage prouvent la fidélité des reproducteurs envers leur zones de frai et les échanges semblent limités (13.5 % pour les gardons dans un lac norvégien (52)).

◆ L'environnement physique : une manipulation ou une maintenance en captivité même limitée à quelques jours peut entraîner une atresie folliculaire réduisant à zéro les efforts de reproduction (cas observés chez des brochets, vairons... (17)). La spermiation survient malgré la captivité mais le volume spermatique est très faible (86). Plus généralement, toute source de stress interfère négativement avec la fonction de reproduction. Certaines variations météorologiques agissent également sur la reproduction, par exemple le

déclenchement du frai chez le gardon s'observe généralement après une période de beau temps en l'absence de vent favorisant le réchauffement rapide de l'épilimnion (52).

♦ *Les pathologies* : bien évidemment un animal affaibli négligera sa fonction de reproduction si son état vital est menacé. Le mécanisme semble mettre en jeu le complexe hypothalamo-hypophysaire, mais dans certains cas les gonades peuvent directement être affectées.

En agissant sur certains de ces facteurs, on peut espérer améliorer ou tout du moins maîtriser partiellement la reproduction de nos poissons.

2.5.7 Développement des alevins

La durée d'incubation est fonction de la température et le taux de survie des embryons est maximal à une certaine température. Ces informations peuvent nous aider en reproduction artificielle où tous les paramètres et la température en particulier sont très bien maîtrisés. Malheureusement, en reproduction plus naturelle, en cas de hausses ou baisses de la température, l'incubation est d'autant accélérée ou retardée. Par conséquent, la prévision de la date de l'éclosion est toujours délicate. L'estimation en degrés-jours, correspondant à la quantité totale de chaleur que doivent recevoir les embryons pour éclore, permet de mieux apprécier le temps d'incubation. Ce facteur reste sensiblement dépendant de la température car les processus d'embryogenèse sont plus rapides à température élevée :

Après leur éclosion, les larves restent fixés pendant quelques jours sur de supports grâce à un organe adhésif situé au niveau de leur front jusqu'à résorption de leur réserves vitellines. Les alevins de tanches sont particulièrement photophobes et présentent une activité réduite en dehors de leur intervalle thermique de confort (20-25°C) (96).

La larve est un organisme très fragile dépourvu de branchies et de bouche, donc disposant seulement d'une respiration cutanée et incapable de s'alimenter dans le milieu : les réserves vitellines constituent l'essentiel de son alimentation pendant les premiers jours. Le stade larve s'achève lors du remplissage de la vessie natatoire qui permet la nage et confère une morphologie de poisson : il devient alors un alevin capable de se déplacer plus facilement et d'absorber une alimentation exogène.

Espèce	Incubation en degrés-jours DJ	Température optimale	Taille à la naissance (mm)	Résorption de la vésicule vitelline
Carpe	108h à 20°C(90DJ) 80h à 22°C (70 DJ) 60h à 24 °C (60 DJ) (89).	20-24 (16).	(4.5)4.8-5 (16) (21).	60-70 DJ (16). (89).
Tanche	36-43 DJ à 25°C- (96). (89). 60-70 DJ à 20°C (96) (89)	22-24 (16) (96) (21).	3.5-4.3 (96), (16).	100-110 DJ (16) (89).
Carassin	5-10 j (33)		4 (21) (33)	
Carassin doré	75-90 DJ (89). (67). 58 DJ à 29°C (89). 150 DJ à 17°C (89).	20-22 (89) (67). 18-25 (78).	4 (3-5) (21). (78).	48h à 24°C (50 DJ) (89). 80-90 (67).
Gardon	100-110 DJ (89). 150 DJ à 16°C (89) (21).	Température supportée par l'œuf : 12-24 (16) (52)	4-6 (34) 5-5.5 (21).	48 heures (89)
Rotengle	7-8 j à 14-15°C (21).		4.5-5.4 (21).	
Ablette	14-21j (21) (30)		2-4 (30) 4-5.5 (21).	
Goujon	91.5 DJ à 23°C (26). 100 à 125 DJ à 20°C (89) 120-125 (61). (67). 212 DJ à 12.5°C (26)	(17) 19-20 (67) (61)..	4-4.7 (4.3) en France (61). 4.68-5.45 en Irlande (61).	80 DJ (61). 60-80 (67).
Brèmes comm.	9 j à 20°C (21). 10 j à 18°C (21).	12.6-18 (17)	4.8 (21).	
Brèmes bord.			5 (21).	

Tabl. 7 : Incubation et caractéristiques des larves à la naissance.

2.5.8 Possibilités d'hybridation

L'hybridation n'est permise qu'entre espèces ayant un patrimoine génétique proche. Ainsi, on distingue deux groupes : blancs-brèmes et carpes-carassins. Ces espèces ont en effet des formules chromosomiques et des teneurs en ADN proches : $2n = 48$ chez la tanche qui ne s'hybride avec aucune espèce, $2n = 50$ chez le gardon, le rotengle, la brème, le chevaie et l'ablette et $2n = 100$ chez les genres *Carassius* et *Cyprinus* (60). Un recouvrement temporel des périodes de pontes et des préférences spatiales communes pour les zones de pontes sont

favorables au phénomène d'hybridation. Les chances sont augmentées chez les espèces à pontes fractionnées : le frai s'étalant sur plusieurs mois, il a plus de risques de se dérouler en même temps que d'autres espèces.

	Cyp carp	Car. caras	Car. aurat	Tinc. tinca	Gob. gob.	Rut. rutil.	Scar. eryth	Abr. Bram	Blic. bjoer	Alb. albur	chev aine	autre
Nb diploïde (2n) (60)	100	100	100	48	50	50	50	50	50 ?	50	50	
Teneur nucléaire en ADN (60)	65.8 +/- 0.88	65.8 +/- 1.02	67.4 +/- 0.68	37.7 +/- 1.01	50.9 +/- 0.89	35.3 +/- 0.58	35.7 +/- 0.67	45.8 +/- 1.05		48 +/- 0.75	47.9 +/- 0.47	
Cyp. Carp		a	n									
C caras	a		b				l					
C aurat	n	b										
T tinca												
G gobio												m
R rutil							j	g	k	c	x	
S eryth		l				j			i	d		
A bram						g			h			
B bjoer						k	i	h		e		
A albur						c	d		e		f	

Tabl. 7 : Possibilités d'hybridation entre espèces de Cyprinidés utilisés comme vifs et caractères des produits hybrides

a - (33). L'hybridation est facile et fréquente. Le croisement donnerait un produit communément appelé carpe de Kollar. Cet hybride ressemble au carassin, mais porte des barbillons plus réduits et en nombre variable (un seul à 4). Le nombre des écailles le long de la ligne latérale, sur 13 individus étudiés, a été de 35 en moyenne. D'après H. W. Wu (1945), les individus appelés, en Europe, carpes de Kollar, proviendraient de croisements entre carassins mâles et carpes femelles : ce seraient les seuls à présenter des barbillons, l'autre croisement ne donnant naissance qu'à des individus dépourvus de barbillons

c, d, e - (30) décrits par Brauer (1909) c- serait fréquent Allemagne e serait très rare

f - (30) les hybrides ablette-chevaisne ont été décrits de façon erronée par certains auteurs notamment en Belgique sous les noms de *Leuciscus dolobratus* et *Squalius aijubaulti*

g - (34) : hybride connu sous le nom de brème de Buggenhagen. (B : les hybrides de 1^{ère} génération semblent fertiles mais les générations suivantes sont rares probablement à cause d'un fitness inférieur.

h- (38) (21). Hybrides ayant des caractères dentaires intermédiaires.

j-(34) (36) : l'hybride certainement la plus fréquent. Les hybrides présentent des caractères intermédiaires, notamment la formule dentaire qui présente tous les intermédiaires entre les deux espèces d'origine (répartition sur un seul ou deux rangs avec la seconde rangée incomplète (34)). Selon Würtz, le caractère rotengle est tout de même souvent dominant. Les hybrides sont féconds (21).

m-Hybrides goujons/barbeaux rencontrés au Portugal différenciables grâce à leurs caractéristiques méristiques dentaires (21).

Tout ces hybrides passent le plus souvent inaperçus car d'une part ils ont été peu étudiés et d'autre part ils ressemblent fortement à leurs parents qui présentent déjà entre eux de fortes ressemblance.

Le nombre d'hybrides ne semble pas augmenter de façon significative. Heureusement, ces croisements donnent souvent des sujets stériles, ce qui permet certainement aux espèces de conserver leur intégrité. Le seul hybride vraiment fécond semble celui rotengle/gardon selon Würtz (1952)(34)

Un mode de reproduction original par gynogenèse aurait été mentionné chez le carassin et le carassin doré dans certaines parties d'Europe : les dénombrements menés par certains auteurs Muus et Dahlström (1968) (33) ne recensèrent que des femelles. Ces dernières s'apparieraient avec des mâles d'autres espèces sans qu'aucune hybridation ne se produise : les spermatozoïdes déclenchent seulement la segmentation de l'œuf sans que le matériel génétique ne participe à l'élaboration de l'œuf. Les mêmes constatations menées sur 44 carassins dorés, tous du sexe femelle, prélevés dans le nord de la Grèce par Economidis (1974) (33) confirment cette hypothèse de reproduction. Idem dans le midi (21).

2.6 Croissance

La croissance est un terme qui peut s'appliquer à un individu ou à une population. Dans le premier cas, elle se réfère au processus métabolique qui permet à l'individu d'accroître sa masse corporelle, dans le second cas elle évoque l'évolution d'une population.

Pour simplifier la désignation des différentes classes d'âge, on a coutume de désigner les différents sujets par une initiale : C (carpe), T (tanche), R (rotengle), G (gardon), A (ablette), Ca (*Carassius auratus*), Cc (*Carassius carassius*) et B (brèmes) suivie d'un chiffre en indice désignant l'âge en années. La présence de signe + en exposant désigne un sujet en fin de saison de croissance à l'automne : une T_0^+ est une tanche de l'année ayant terminé sa croissance, elle deviendra une T_1 le printemps suivant.

2.6.1 Croissance individuelle

La croissance des poissons présente une particularité essentielle par rapport à celle des Vertébrés supérieurs : elle se poursuit à l'état adulte sans s'arrêter à la puberté (20). Le taux de croissance est maximal dans les stades jeunes et diminue progressivement sans jamais s'annuler : le taux de croissance journalier est de 25 % le premier mois d'élevage, 9 % le second et 1-3 % les suivants chez la carpe, (73) (16), 56 mm/an la première année, 16 mm/an la deuxième et 12 mm/an ensuite chez des gardons en Grèce (81). Le ralentissement est à associer avec le développement de la fonction de reproduction : durant la phase de gamétogenèse, le poids de la carcasse peut diminuer lors de la mobilisation de réserves pour le développement des gonades. L'observation de l'évolution du poids corporel et somatique chez des brochets mâles et femelles durant leur 4^{ième} année montre bien l'influence négative du comportement reproducteur sur la croissance (17). Cette inhibition de la croissance est plus marquée chez les espèces ayant un RGS élevé. L'accomplissement du frai est également une source de stress qui se répercute sur la croissance notamment chez les espèces territoriales ou migratrices.

Chez les poissons, la croissance résulte principalement de la synthèse protéique musculaire (82). Le muscle est un tissu non mitotique hautement différencié et organisé en myomères qui représente les unités de contraction. Il existe trois types musculaires chez le poisson, différents histologiquement : les muscles rouges à vitesse de contraction lente, réaction aérobie (métabolisme oxydatif) et fibres de petit diamètre (15 à 80 μm) ; le muscle blanc à vitesse de contraction rapide, réactions anaérobies (métabolisme glycolytique) et à fibres de diamètre supérieur (15-150 μm) ; le muscle rose intermédiaire entre les deux

précédents. Le muscle dit mosaïque représente 95 % des myomères axiaux ; il est essentiellement composé de fibres blanches d'âge et de diamètres variés.

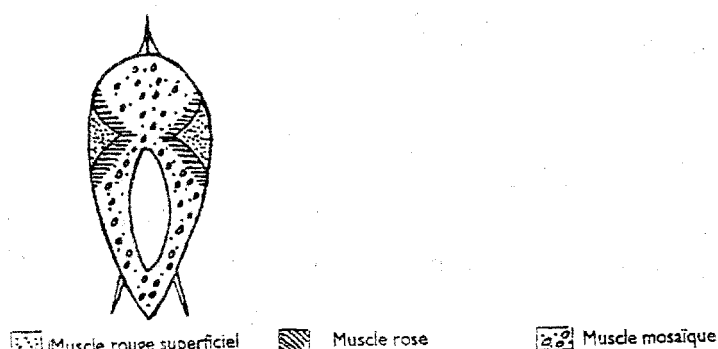


Fig. 7 : Coupe transversale de poisson et répartition des différents types de fibres musculaires chez la truite arc-en-ciel (20).

Les modifications physiques liées à la croissance sont le résultat d'un changement du nombre relatif ou de la taille des cellules du tissu ou de l'organe considéré. En début de croissance, le recrutement de nouvelles fibres semble le facteur majeur du développement musculaire des poissons. Leur diamètre est constant de 15 à 30 μm . Au-delà d'une taille d'environ 20 cm, il semble qu'il y ait toujours apport de nouvelles fibres, mais la croissance musculaire semble en grande partie due à une augmentation du diamètre des fibres d'environ 20 μm à 70 μm voire 100-120 μm pour les individus de plus grande taille. Le recrutement de nouvelles fibres ou leur croissance ne semble pas dépendre de l'âge du poisson mais de la « demande » du taux de croissance (20). Le mode de croissance est ainsi différent selon les espèces : les espèces à croissance rapide continueraient à recruter pendant plusieurs années de nouvelles fibres musculaires jusqu'à obtention d'une taille corporelle importante, alors que chez les espèces à croissance lente, la croissance est essentiellement le fait d'une augmentation du diamètre des fibres musculaires avec arrêt précoce du recrutement (20). La forte diminution du recrutement de nouvelles fibres à partir d'un certain âge explique le ralentissement de la croissance chez les individus âgés.

La croissance relative des différents tissus reste relativement constante dans sa relation avec le poids du corps. Seuls, deux tissus s'écartent de cette règle : la peau qui représente une proportion plus importante chez des poissons élevés à moins de 7°C et la quantité de graisse viscérale étroitement liée à la quantité d'aliment ingéré (20). Au cours de la croissance, on observera chez un poisson, à une taille donnée, toujours les mêmes structures tissulaires quelque soit le temps qu'il ait mis pour atteindre cette taille.

La croissance corporelle des poissons est douée d'une plasticité importante. Ainsi, des tanches prélevées en lacs en Tasmanie et élevées en bassins peuvent atteindre en 2 ans seulement les performances qu'elles auraient atteintes en 4 ans en milieu naturel (20). Papagergiou remarque dans le lac Volvi en Grèce pour des gardons de même longueur totale, un important chevauchement des classes d'âge pouvant couvrir jusqu'à 4 années (81). La taille ne peut donc pas toujours présumer de l'âge. Par contre, la longueur est souvent un bien meilleur indicateur de l'état physiologique du sujet que l'âge en lui-même. Cela est valable à

différents niveaux : transitions alimentaires vers des régimes adultes, acquisition de la maturité sexuelle, besoins alimentaires ou en oxygène... Cette plasticité est liée à l'existence de nombreux facteurs modulant la croissance : la température et la disponibilité en nourriture en premier lieu mais aussi la densité, l'état physiologique et l'état sanitaire. Une équation de modélisation de la croissance corporelle (G) des carpes durant leur première année a été proposée sous des conditions climatiques polonaises :

$$G = 3.723 * 10^{-9} * (\ln T)^{12.3488} * \exp^{0.000012d} * \ln(V)^{0.5695} \text{ lors d'alimentation artificielle}$$

$$\text{et } G = 7.054 * 10^{-9} * (\ln T)^{11.7145} * \exp^{0.00001d} * V^{0.233} \text{ lors de fertilisation}$$

(T est la somme de température accumulée en cours de saison, d la densité et V la valeur alimentaire

V= 10 sans fertilisation

V= 20 avec fertilisation organique

V = 30 avec fertilisation minérale

V = 40 avec les deux

V correspond au taux protéique en % de l'aliment artificiel (91)).

A 25°C, la croissance en g/poisson/jour est égale à $0.025.PC^{0.44}$ où PC est le poids corporel coefficient de conversion (26).

L'application du modèle de Szumiec montre que la croissance est fortement dépendante de la somme de degrés centigrades accumulés au cours de la période de croissance et de la densité. La température reste le facteur essentiel : ainsi la croissance de la carpe cesse en dessous de 8-10°C (73), reste faible à 13°C et augmente rapidement à partir de 18°C (). Chappaz démontre une corrélation positive entre le taux de croissance et la température au-dessus de 16°C chez le gardon (24). Füllner en 1988 définit même le taux de croissance journalier de la carpe comme une fonction affine de la température : $T(\text{en \%}/j) = 0.0031.^{\circ}C + 0.003812^{\circ}C^2 - 0.4464$ (73). Plusieurs critères ont été utilisés pour signaler des croissances maximales en période chaude : taux d'ARN musculaire maximal chez les gardons de la retenue de Pareloup en relation avec une accréation protéique maximale(82), accroissement rapide du nombre de circulis par étude scalimétrique chez les gardons de la retenue de Sainte Croix (24)...

L'apport alimentaire est également déterminant et Demaël a montré sous des conditions d'environnements similaires que selon le régime alimentaire reçu sans différence du taux protéique, la croissance de carpes peut varier d'un facteur 8 (171+-7.1 g à 877+-94 g), ce qui est déjà beaucoup (73). A l'état naturel, l'effet de la sous-alimentation a également été observé : dans la retenue de Pareloup en Aveyron, des prélèvements saisonniers de gardons ont mis en évidence un ralentissement du gain pondéral et un épuisement des réserves lipidiques en pleine période estivale en relation avec une raréfaction du plancton à ce moment (83) (82) (cf. 2.3.1.1. : présence de deux pics printanier et automnal de diatomées en retenues oligotrophes).

La génétique influe également sur la croissance : différence de croissance entre carpes écaillés et miroirs, entre gardons sauvages autochtones et déversés de souche différente en Meuse (Longueur à la fourche de 8.9 cm pour les premiers et 11.4 pour les second à l'âge 1+) (51).

Lors de conditions défavorables, les poissons utilisent leurs propres tissus pour subsister : les lipides et les protéines sont considérés comme les principales sources d'énergie physiologiquement importantes chez les poissons à jeun (29). Les réserves lipidiques viscérales sont utilisées en priorité et suffisent pour des privations de courte à moyenne durée (29). Lors de jeune prolongé, les protéines de différents organes viscéraux (intestin, rein, foie, rate et protéines sanguines comme les albumines) puis de la masse musculaire sont directement sollicitées dans l'apport énergétique (29) : le muscle constitue alors une réserve énergétique importante et le muscle mosaïque est préférentiellement utilisé par rapport au muscle rouge beaucoup plus impliqué dans l'activité de nage continue (20). La mobilisation des protéines musculaires est facilitée par une activité cathepsique intense et se traduit par une diminution du diamètre des fibres musculaires (29). Cette participation des masses musculaires à la fourniture d'énergie est possible car les muscles ont uniquement une fonction de locomotion et très peu de support comme c'est le cas en milieu terrestre (20).

La mobilisation du tissu adipeux peut être totale (94-98 % du stock initial) (20), celles des protéines corporelles restent tout de même impressionnantes : jusqu'à 68 % chez des carpes mortes d'inanition au printemps (29). Les réserves hépatiques en glycogène semblent importantes pour la fonction de reproduction et on observe en période de reproduction chez le gardon une forte mobilisation des réserves hépatiques traduite par une baisse importante du rapport hépato-somatique (82).

De nombreuses expériences de privation ont montré que les poissons consécutivement à une perte de poids due à un jeune prolongé ou à une croissance lente due à des rations faibles, reprennent une croissance normale dès qu'ils sont à nouveau nourris à satiété (20). On parlera de « croissance compensatrice ». Cette capacité existe naturellement chez les populations sauvages et a été observée chez des populations de gardons du lac de Pareloup en Aveyron : malgré un ralentissement ponctuel de la croissance pendant les mois d'été 1989, le retour de conditions favorables en automne a permis à tous les gardons d'atteindre en novembre le poids habituel à cette période (83). Lors de réalimentation d'animaux dénutris, le phénomène de compensatoire est le meilleur avec des régimes riches en protéines alors que les régimes riches en glucides provoquent beaucoup plus de mortalités (29).

2.6.2 Performances de croissance

Chez beaucoup d'espèces, la croissance peut être variable en fonction du sexe et généralement en faveur des femelles : meilleure croissance de 100 % chez les femelles tanches à partir de la 2^{ème} année, (96), carpes, gardons dans la retenue de Sainte Croix dès leur première année (femelles₀⁺ : 6.3 cm, mâles₀⁺ : 5.7 cm) (24). L'observation est valable chez le goujon en milieu lacustre (25) mais dans les conditions où les efforts de reproduction sont accrus, les femelles présentent une croissance inférieure (21). En revanche, en général les espèces ne présentent aucune différence de taille significative mais pour une même taille un poids significativement plus élevé chez les femelles en raison du développement des gonades à partir 9 cm : chez le gardon, longueur (cm) = 0.0356.poids (g)^{3.4} chez les mâles et 0.0215.poids^{3.61} chez les femelles (81)

	Age 0 (4-5 sem)	Age 0 ⁺ : poids (g)/taille (cm)	Poids maximum (kg)
carpe	Europe centrale : à 3 sem : 2-3 cm et 0.2-0.3 g et à 4 sem : 0.75-1.5 g (16). 1 g à 35 j (B) Israël : à 4 sem 1.5-2 g (16).	20 g (10-30 g) (16) () mais souvent bien plus : 70-120 g (16) (89). 17.9 cm en Camargue (21).	31.8 (carpe écaille) (5) 37 (carpe miroir) (5) pour environ 1 m
carassin	160-250 mg à 4 sem (67).		2.56 (5)/ 50 cm (21).
Carassin doré		5 cm (89). 12 cm (78).	38 cm (sud de la France) pour 0.8-1 kg (21).
Brème commune		8-10 cm en Bretagne, dans la Marne (17) en Grande Bretagne (21) 14-18 cm à l'âge 2+ en Bretagne et dans la Marne (17)	5.7 (5)/ 75 cm (21).

	Age 0 ⁺ : poids (g)/taille (cm)	Age 1 ⁺ : poids (g)/taille (cm)	Poids maximum (kg)
Gardon	6-10 cm et 2-8 g en Dordogne (21) (89) 7.4-8.4 cm (lac Lemman) (21). 5.6 +/- 0.2 (lac Volvi en Grèce (81) 7-8 cm en Bretagne (17) 5.7-6.3 (lac S ^{te} Croix (24).	15 cm et 50 g en Dordogne (21) (89) 12.5-13.5 cm (Lemman) (21). 7.6 +/- 2.9 (lac Volvi en Grèce (81) 10.5 cm en Tchécoslovaquie (81) 10-11 cm en Bretagne (17) 15 cm dans le lac S ^{te} Croix (17) 11.1-12.1 (lac S ^{te} Croix) (24). 8.9-11.4 à la fourche en Meuse (51)	2.4 (5)/40-45 cm (21). 22.2 +/-1.2 cm à 12 ans (lac Volvi en Grèce (81)
Rotengl	5-6 (4-8)cm (16),	10 (9-14) cm (16),	1.8 (5)/45 cm (21).
Ablette	4-5 cm (Europe septentrionale) (21),	7.5 cm(Europe septentrionale) (21)	0.265 (5)/20-25 cm
Tanche	5-15 g (96). 3-10 cm (1-10 g) (89).	50-100 g (96) voire 250 g (16), 12-20 cm (30-50 g) (89)	4.45 (5)/65cm
Goujon	65 mm (61). 5-7 cm (1-2 g) (21) (89) 10 cm et 10 g en 220 j (26). 10 g à 23-25°C à 8 mois (89). Age 0 : 13-30 mg à 4 sem (67), 35 mg à 30 j (26), 75-86 mg à 45 j (16) (26) et 185 mg à 60 j (26).	95 mm (61). 8-12 cm (10 g) (89) (21).	0.22 (5)/ 20-25 cm (21).

Tabl. 8 : Croissance des espèces cultivées à différents stades de leur élevage : tableau a pour les espèces à croissance rapide, tableau b pour les espèces à croissance lente.

Les Cyprinidés vivent en général une dizaine d'années voire 20-25 ans pour les carpes. Les goujons en revanche possèdent une longévité courte d'environ 4-5 ans voire 6-7 (61) ou 8 exceptionnellement (25) en relation avec leur stratégie de reproduction

2.6.3 Croissance démographique des poissons

Ce sont maintenant les populations de poissons qui nous intéressent et les effets de la compétition sur la population dans son ensemble et sur les organismes qui la composent.

Weatherley dans BOURSIER définit la compétition comme « l'état existant entre des animaux assurant leur approvisionnement de la même ressource à partir d'une seule région d'un environnement, ce qui aboutit à une interaction qui initie ou provoque réellement certains effets nuisibles sur l'un ou l'autre des animaux ».

Les effets d'une compétition alimentaire se répercutent sur les capacités de reproduction et de croissance. Leur importance dépend de l'intensité de la compétition. La densité est donc un facteur important de la croissance. Une relation directe existe entre taux de croissance et abondance de nourriture disponible et une relation inverse entre taux de croissance et densité de population

Certains comportements agressifs accentuent les effets de la compétition alimentaire : les espèces de haute résistance (carpes, carassins) l'emportent rapidement sur les autres. En outre, l'établissement d'une hiérarchie sociale au sein de la population engendre une hétérogénéité dans la croissance : les individus les plus faibles sont rapidement écartés et leurs chances de survie sérieusement diminuées. Ainsi, une distribution alimentaire disséminée entraîne moins de différences de croissance entre dominants et dominés que lors d'une même distribution localisée, même si l'alimentation est en quantité limitée (20).

Il semblerait que la quantité absolue d'espace disponible influence aussi la croissance des poissons indépendamment de la quantité relative d'espace disponible : Chen a observé que des poissons élevés dans des bassins de tailles différentes à densité identique présentent une meilleure croissance dans les enclos les plus grands (20).

Plusieurs observations ont montré que l'évolution d'une population en système clos à partir d'une population initiale comptant un petit nombre de poissons est toujours sensiblement la même : on observe d'abord une croissance individuelle forte et rapide puis dès le premier frai, l'augmentation numérique puis pondérale prend une allure exponentielle mais rapidement la croissance diminue et s'annule (20). Des mécanismes de régulation naturels existent et font intervenir des relations stock-recrutement qui permettent d'estimer le nombre de recrues en fonction de l'abondance du stock (géniteurs, individus immatures, autres espèces...) (22). Deux modèles de régulation courants existent : celui de Beverton et Holt et celui de Ricker :

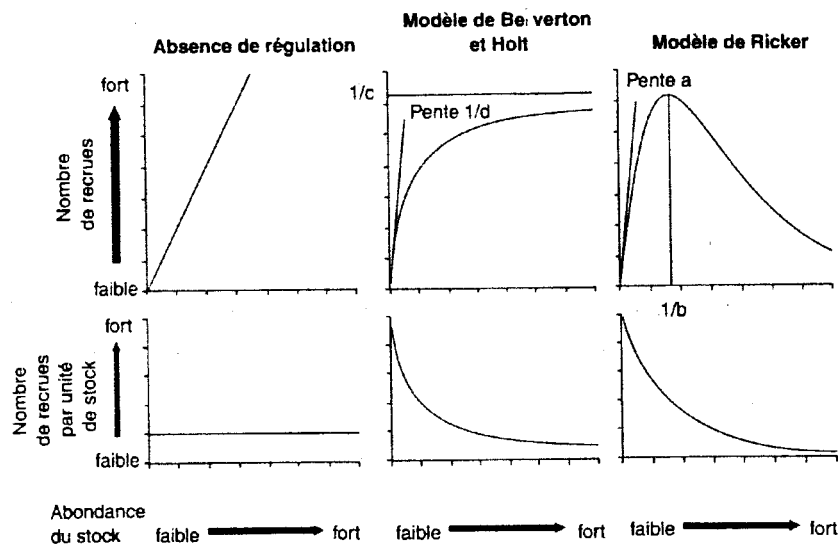


Fig. 8 : Relations stock-recrutement et évolutions du nombre de recrues par unité de stock en fonction du stock, en absence de régulation, et pour les modèles de Beverton & Holt et de Ricker (22).

Le modèle en absence de régulation est idéal pour l'exploitation piscicole, malheureusement, en conditions naturelles, il n'existe pas, en revanche, un prélèvement régulier sur la population par pêches partielles peut permettre d'obtenir des effets proches. Le modèle de Beverton & Holt s'applique dans les situations où le milieu devient le facteur limitant : compétition trop forte pour les larves pour la nourriture, l'espace vital, nombre limité des frayères... Enfin, le modèle de Ricker est obtenu lorsque le stock (adultes de la même espèce ou d'autres espèces) adopte un comportement cannibale sur les œufs, les larves et les juvéniles : plus la densité du stock est importante, plus il inflige une mortalité importante à sa descendance (22).

Certains auteurs suspectent l'existence de phéromones secrétés par les poissons et limitant la croissance et la reproduction. Cela expliquerait que des poissons élevés à densité élevée développent des gamètes en quantité et qualité bien moindre même sans restriction alimentaire.

Les croissances individuelle et globale stagnent voire diminuent dans certains cas (états morbides, parasitismes...), une mortalité élevée et permanente s'installe : l'observation à longs termes de populations inexploitées l'estiment à environ 20%/an (20). On parle de mortalité densité-dépendante ou compensatoire (22). Les facteurs de mortalité agissent surtout sur les plus jeunes individus beaucoup plus fragiles et soumis à une forte compétition (22) mais affectent également les individus les plus gros qui ont du mal à trouver suffisamment de nourriture dans un environnement surexploité : l'espérance de vie peut être réduite de façon marquée (< 2 ans) (21). La population stagne jusqu'à ce qu'un certain nombre d'individus soit éliminé et libère suffisamment de nourriture pour permettre à de nouveaux poissons d'atteindre leur maturité. La sous-alimentation présente un impact très négatif sur la reproduction : diminution de la production et de la qualité des gamètes, augmentation de la prédation sur les œufs et augmentation du cannibalisme sur les alevins

Le profil démographique du plan d'eau évolue alors vers une cohorte homogène de jeunes adultes incapables de croître ou de se reproduire par défaut de nourriture (gardons, rotengles (21), gardons de 10-12 cm dans le lac Volvi en Grèce (81)). Les sujets doués d'une forte plasticité dans leur régime alimentaire sont favorisés : jeunes adultes demeurant planctonophages mais pouvant également profiter des ressources en macro-invertébrés et végétaux divers. Cette tendance à la surpopulation se manifeste rapidement sous des conditions initiales de croissance idéales (eutrophisation, températures chaudes...). La prolificité élevée des Cyprinidés et leur grande faculté d'adaptation expliquent cette facilité à développer ces situations de surpeuplement. Le peuplement naturel peut également laisser la place à une population originale composée de grands adultes cannibales (rotengles, gardons, perches (62)). Cette situation est possible pour certaines espèces ayant des préférences alimentaires marquées selon leur taille et échappant ainsi en partie aux conséquences les plus sévères de la compétition alimentaire (modèle de Ricker). Dans tous les cas, on peut parler de dégénérescence de la population puisque ces conditions de surpeuplement ne conviennent pas pour la production de vifs, les individus restant présentant une taille souvent trop réduite, un mauvais état général et une faible résistance.

La situation s'accélère en l'absence de prédateurs : l'introduction de carnassiers pour limiter les populations de blancs et éliminer les individus affaiblis n'est donc pas une absurdité même en production de vifs. La cohabitation avec des carnassiers permet l'obtention de spécimens plus vigoureux. Des individus élevés dans ces conditions représentent en général de bons reproducteurs.

Inversement, la pratique de pêches partielles soutenues permet une augmentation du taux de croissance des individus restants (20). Le Cren montre dans une étude expérimentale sur des perches que la taille moyenne des individus évolue à l'inverse de la biomasse : alors que la biomasse diminuait de 95 %, le poids moyen des individus était multiplié de 2 à 5 selon les sexes (20). Des pêches régulières permettent donc de rétablir des densités correctes favorables à la croissance et à la fonction de reproduction (avancement de l'âge de première maturité sexuelle, augmentation de la fécondité...) (22). Un prélèvement entraîne donc une réduction de l'effectif mais pas forcément de la biomasse à moyens termes : la capacité de croissance compensatrice permet rapidement à la population restante de profiter des ressources non exploitées. On comprend donc pourquoi en élevage, une mortalité survenant en fin de saison est bien plus pénalisante qu'une mortalité de début de saison (91).

La compétition alimentaire ne se limite pas à l'espèce : elle s'étend au bio-groupe ayant le même comportement trophique. Il faudra donc en tenir compte dans le peuplement des lacs de façon à privilégier les espèces les plus rentables en respectant la notion de niche écologique.

3 Aspects zootechniques

3.1 Pratiques d'élevage

L'aménagement des étangs a déjà fait l'objet de nombreux ouvrages. Il ne me semble donc pas utile d'en rappeler les fondements : seuls, les éléments importants dans le cadre de notre activité seront précisés.

La configuration idéale pour une production maximale de poisson est celle de l'étang défini par Huet comme « une pièce d'eau peu profonde utilisée pour l'élevage contrôlé du poisson et aménagée de telle sorte qu'elle puisse être aisément et entièrement mise à sec ». La conception du plan d'eau et de ses annexes est essentielle pour faciliter les opérations de récupération et de tri de ces poissons de petite taille.

3.1.1 Aménagement des étangs

La configuration de l'étang intervient dans la productivité de l'étang : idéalement, la profondeur sur 70-80 % de la surface ne doit pas excéder 1-1.5 m pour permettre un réchauffement rapide de l'eau. De larges plages de très faible pente favorisent le développement planctonique et végétal à la base de tout l'écosystème. Le dépôt d'une couche de terre végétale pour ameublir le sol augmente leur capacité de fertilité. Près de la vidange, une zone plus profonde est aménagée pour le confort des poissons durant les périodes de froid ou de canicule estivale.

La surverse est un élément de sécurité indispensable permettant d'évacuer l'eau superflue. L'eau éliminée doit être prélevée au fond par des dispositifs appropriés : eau plus froide, très peu oxygénée (proche de 0 mg/l près du fond contre 4 mg/l en surface (94)) et riche en éléments lourds éventuellement toxiques. Le dispositif doit être muni de grilles pour éviter les fuites lors de crues particulièrement pour certaines espèces comme les goujons, les rotengles ou les ablettes.

L'alimentation en eau peut être variable : ruissellement à partir du bassin versant, eau de source, etc. : les prélèvements à partir du réseau hydrographique sont déconseillés pour plus de confort vis à vis de la législation.

Le profillement du fond de l'étang ou « assiette » est très important pour permettre une mise à sec complète et facile : élimination des contre-pentes qui piègent les sujets de petite taille, creusement de rigoles disposées en arêtes de poissons, convergeant vers la poêle. Un aplanissement correct du fond garantit en outre une meilleure pêche au filet à tout moment. La poêle, dépression de 20-30 cm, 10-15 m autour de la vidange doit être bien marquée de façon à piéger au mieux les poissons réticents : les juvéniles, en particulier ceux de certaines espèces comme le goujon remontent aisément les petits filets d'eau de ruissellement. La poêle doit être de préférence cimentée pour limiter les risques d'envasement fréquents chez la plupart des espèces benthiques (tanches, carpes). Le tuyau de vidange débouche 30-40 cm

plus bas que le fond du plan d'eau, soit 10-20 cm au-dessous de la poêle de façon à réaliser une mise à sec et une pêche complète. Le minimum de poissons doit rester à l'intérieur de la retenue : leur mortalité est souvent élevée et la subsistance d'un fond de pêche préjudiciable à la production de l'année suivante.

3.1.2 Privilégier l'implantation de végétaux aquatiques

Contribution des végétaux aquatiques à la productivité

La contribution des végétaux est avec celle du phytoplancton un facteur clef de la productivité d'un étang. D'ailleurs, l'estimation de la productivité biologique (K) par la formule de LEGER-HUET applicable en milieu peu anthropisé, montre que la présence de macrophytes est susceptible de faire varier la production piscicole d'un facteur 10 (10) (89) :

$$K \text{ (en Kg)} = (N \text{ ares}/10).B.k$$

où B, capacité biogénique croit de 1 à 10 en fonction de la densité et de la nature des herbiers (végétation riveraine < émergée < immergée) et k est un coefficient de productivité fonction de la température en grande partie, puis de la qualité de l'eau, de l'espèce ou l'âge des poissons.

La ceinture végétale autour d'un étang est composée de plusieurs espèces de plantes qui se distinguent par leur degré d'intégration au milieu aquatique :

Les héliophytes sont des plantes de milieu humide ; leurs parties végétatives nécessitent un contact aérien et ne supportent l'immersion que temporairement. Leur système racinaire sous forme de rhizomes présentent en général des capacités de multiplication considérable. Ce sont *Phragmites communis* roseaux à balais, *Typha latifolia* ou massettes, les joncs et certains potamots comme *Potamogeton pectinatus* Potamot pectiné qui constitue de véritables gazons sub-aquatiques idéaux pour la ponte.

Les hydrophytes flottants (lentilles d'eau ou *Hydrocharis*) ou à feuilles flottantes (*Nymphaea alba* ou nénuphar blanc, *Trapa natans* ou châtaigne d'eau, *Potamogeton natans* ou potamot nageant) : leur organisation avec développement de feuilles flottantes et enracinement profond, autorise une installation à des profondeurs supérieures et peut permettre un envahissement rapide des plans d'eau de moins de 2.5 m de profondeur.

Les hydrophytes submergés (genres *Myriophyllum*, *Elodea*, *Ceratophyllum*, *Ranunculus*...) se développent intégralement au sein de la masse d'eau. Ils constituent ce que l'on appelle communément les herbiers. Au-delà d'une profondeur de 1.5-2 m, la pénétration de la lumière est trop faible pour permettre leur installation. Le développement planctonique et en général toute autre source de turbidité limitent la pénétration de la lumière et compromettent leur survie. Ces plantes se multiplient facilement par bouturage mais leur tendance à l'envahissement est toujours régulé par la défaut de disponibilité en lumière en profondeur.

Leur contribution est variable selon les différentes catégories :

✓ **Rôle physico-chimique** : avec le phytoplancton, leur activité photosynthétique permet l'apport en oxygène indispensable pour la respiration de nombreux organismes, mais aussi pour de nombreux processus de décomposition et minéralisation de la matière organique morte. Les hydrophytes submergés contribuent pour une grande part à ce phénomène à la différence des autres qui réalisent leurs échanges gazeux avec l'atmosphère. Pendant la nuit, l'activité photosynthétique cesse mais la respiration de l'ensemble de la biomasse vivante continue et au lever du jour, la teneur en oxygène dissous peut atteindre des valeurs critiques pour la vie des poissons. Il est donc recommandé de limiter la couverture à moins de 50 % de la surface en eau.

✓ **Rôles biologiques** :

- *Contribution à l'enrichissement carboné et azoté du milieu* par leur activité photosynthétique. Cette matière organique sera restituée à l'écosystème après décomposition par les organismes détritivores. Les éléments minéraux libérés favoriseront le développement planctonique. L'ensemble des végétaux est concerné en particulier les hydrophytes en raison de leur intégration complète au milieu aquatique.

- *Augmentation de la capacité trophique de l'étang* : la végétation constitue une surface d'accueil considérable pour la faune benthique (Mollusques, larves d'Insectes, Crustacés...) et les micro-organismes du périphyton : à 1 m² de sédiment nu peuvent correspondre selon la nature de la végétation, plus de 20 m² de surface foliaire et racinaire (89) : une étude de l'E.N.S.A.Rennes a recensé sur 0.1 m² seulement de rivière, 3760 invertébrés en présence de renoncules aquatiques contre 290 sur fond vaseux nu. Certains plans d'eau pauvres en plancton (Secchi supérieur à 2m), fournissent cependant des productions piscicoles correctes (jusqu'à 225-300 kg/ha) en raison de la ceinture végétale qui garantit un rapport carbone/azote élevé favorable au bactérioplancton qui sera utilisé directement par le zooplancton (10) (89).

- *Supports de ponte* idéaux pour la plupart des Cyprinidés et constitution de micro-environnements favorables au développement des larves. Valable surtout pour les hydrophytes submergés

- *Protection contre certains prédateurs* comme le cormoran.

- *Compétition forte avec le développement planctonique* : le système foliaire des hydrophytes flottants réduit la pénétration de la lumière et ainsi la production de phytoplancton qui est à la base de tout un écosystème essentiel à la production piscicole.

- *Contribution au régime* de certaines espèces de poissons comme le gardon ou le rotengle en particulier. Toutes les espèces n'y participent pas avec la même fréquence : les lentilles d'eau, les *Myriophyllum*, les *Elodea* et les algues filamenteuses sont les plus appréciées (cf. 2.3.1.).

✓ **Rôle mécanique** : en bordure d'étang, les hélrophytes s'opposent activement à l'action érosive des vagues. Les végétaux riverains à port dressé constituent un obstacle aux turbulences de vent et permettent un réchauffement plus rapide des eaux correctement exposées. Par contre, les hydrophytes et les nénuphars en particulier, sont responsables de l'envasement des plans d'eau (5 t de matière organique/ha/an). Cette situation peut atteindre des proportions dramatiques assez rapidement et il est parfois nécessaire d'agir sur le couvert végétal.

La présence de végétation littorale ou d'arbre peut également s'avérer profitable pour la production piscicole de façon directe (larves et insectes tombés à la surface, graines et pollens appréciée par certaines espèces : rotengle et ablettes) ou indirecte par participation à la

fertilisation de l'étang par apport quotidien de matière organique (feuilles, branches...). La contribution de cette végétation littorale existe mais reste faible. Certains arbres sont reconnus pour avoir un impact négatif sur la productivité par leur toxicité dégagée lors de la décomposition de leurs feuilles, en particulier le peuplier noir, le bouleau et l'aulne. La présence d'arbres sur les digues présente en revanche des risques graves : en vieillissant, le système racinaire constitue dans les berges de véritables couloirs d'infiltration qui nuisent à l'imperméabilité des digues. Les dégâts s'aggravent lors de la mort des arbres ou lors de chutes. L'implantation d'arbres sur les digues est donc à proscrire.

Compte tenu de leur rôle dans l'écosystème, on admet que la couverture végétale ne doit pas être inférieure à 15-20 % (89) de la surface en eau, sans toutefois dépasser les 50 %. Les Hydrophytes submergés génèrent les plus fortes productivités.

Développement de la production végétale

Pour renforcer la croissance végétale, on peut appliquer un certain nombre de pratiques agricoles pour certaines cultures fourragères terrestres. L'aménagement d'un substrat favorable à leur installation doit être pris en compte lors de la conception du plan d'eau (apport de terre végétale sur les zones de faible profondeur). Les deux facteurs limitant sont l'apport minéral et la disponibilité en lumière. Parmi les éléments minéraux, les ressources en azote et phosphate sont comme en milieu terrestres souvent insuffisantes. Des apports réguliers permettent une croissance rapide des organismes planctoniques (cf. 3.3) mais accélèrent également le développement des végétaux supérieurs. La pollution de nombreux cours d'eau, par des effluents issus d'élevages intensifs est d'ailleurs responsable de leur envahissement par certains végétaux aquatiques comme les renoncules aquatiques (exemple de la Scorff en Bretagne évoqué par Roussel (87)).

Le deuxième facteur mais non le moins important est la lumière. Sa diffusion est médiocre dans l'eau : de nombreux éléments en suspension sont susceptibles d'atténuer sa pénétration : particules organiques, sédiments remis en suspension, biomasse planctonique... L'énergie lumineuse est indispensable à l'activité photosynthétique et les hydrophytes immergés y sont les plus sensibles. Ce facteur limite donc leur installation aux zones de faible profondeur (0.5 à 1.5 m selon la turbidité). Malheureusement, il est difficile d'intervenir efficacement à ce niveau.

L'élimination sélective des espèces indésirables, notamment des hydrophytes flottants permet également de favoriser les espèces les plus favorables à la productivité de l'étang.

La mise en place de certaines pratiques simples et peu onéreuses permet une amélioration du développement végétal et indirectement de leur effet sur la production piscicole. A l'opposé, certains plans d'eau sont confrontés à un envahissement par certains végétaux : la production piscicole est alors nettement diminuée et des mesures de régulation du couvert végétal doivent être mises en œuvre.

Régulation de la production végétale

La plupart des auteurs s'accordent pour dire que la couverture végétale d'un plan d'eau ne doit pas dépasser 50 % de la surface en eau sous peine d'être confrontés à certains désagréments : anoxie nocturne, envasement excessif, obstacle à une vidange correcte avec déverse de végétaux dans la pêcherie et persistance de poissons pris au piège dans les herbiers. Le contrôle des végétaux doit être sélectif car les différents types de plantes apportent une contribution différente. Ainsi, les hydrophytes à feuillage flottant doivent être éliminés en priorité car ils sont d'une part responsables des désagréments précédents et d'autre

part présentent peu d'intérêt : piètres supports de pontes et d'accueil pour la microfaune, contribution à l'oxygénation très réduite, écran important à la pénétration de la lumière qui est indispensable au développement planctonique et des hydrophytes immergées ... Plusieurs pratiques peuvent être utilisées pour contrôler leur développement :

- ◆ Mesures préventives : elles commencent par la conception de l'étang en réduisant les zones favorables à leur installation. Ensuite, une bonne gestion de l'étang limite leur prolifération : assecs durables, épandages de chaux vive sur les secteurs envahis, entretien du fond de l'étang par curage, fertilisation précoce qui printemps favorise la croissance du plancton au détriment des macrophytes très exigeants en lumière. Un empoisonnement judicieux des étangs peut limiter leur prolifération : certains poissons fouisseurs type carpes ou tanches, en remettant le sédiment en suspension réduisent la diffusion de la lumière. Par exemple, en bassins d'élevage, l'introduction d'une tanche de 15-20 cm/10 m² prévient le développement d'algues filamenteuses gênantes pour la pêche des alevins (88).

- ◆ Contrôles naturels par introduction d'espèces consommant ces végétaux. Ainsi, les carpes Amours limitent considérablement la prolifération de la plupart des végétaux aquatiques et contribuent à la fertilisation des plans d'eau (cf. 3.3.4.4.). L'efficacité serait conditionnée par la température car ces poissons ne se nourrissent significativement qu'à partir de températures dépassant les 18°C. Des effectifs de 10 à 50 poissons/ha selon la densité végétale et le but recherché (préventif ou curatif) peuvent être déversés. De même, le maintien sur l'étang de quelques spécimens de ragondins peut permettre une régulation efficace de la végétation héliophyte. Leur entretien du couvert végétal participe à la fertilisation du plan d'eau. Leur préférence pour les massettes souvent envahissantes dégage des aires de ponte pour les poissons. Il faut toutefois réguler les effectifs car ces espèces prolifèrent rapidement et sont alors susceptibles d'occasionner de graves dégâts : consommation occasionnelle de poissons, dégâts sur les récoltes environnantes mais surtout risque de perforation des digues. Ces dernières doivent être maintenues propres pour dissuader les animaux d'y établir leurs galeries. Ils se sentent en effet plus à leur aise dans les zones sales envahies par la végétation.

- ◆ Intervention mécanique ou faucardage : dans la mesure du possible, la technique doit privilégier l'arrachage des plantes. L'opération doit être suivie du ramassage des produits de coupe pour deux raisons : d'une part, cette matière organique fournira une meilleure matière fertilisante à sec (cf.3.3.4.4.) et d'autre part, les hydrophytes immergés ont une grande capacité à se multiplier par bouturage et aux longs termes un faucardage mal pratiqué augmente l'envahissement du milieu par les végétaux.

- ◆ Traitements chimiques à partir de produits herbicides. Suivant leur activité racinaire ou foliaire, ils doivent être employés avant ou pendant la période végétative des plantes c'est-à-dire au début ou à la fin du printemps. Ces traitements vont entraîner la décomposition massive de matière organique avec les risques d'anoxie associés. Pour cette raison, il est préférable d'effectuer des traitements par parcelles successives et d'éviter les périodes de temps orageux ou de trop grosses chaleurs. Dans tous les cas, une surveillance du comportement des poissons ou du taux d'oxygène est nécessaire. Cette pratique n'est bien sur possible qu'en eaux closes et totalement interdite dans un lac ayant un statut d'eaux libres. Plusieurs produits sont disponibles :

- Glyphosat (Round UpND) utilisé en aspersion, ne présente aucune toxicité pour les poissons à la dose 4 kg/ha. Ce produit à action foliaire n'agit que sur la végétation émergée, genre roseaux et massettes.

- Fluridone (Sonar P5ND) à la dose de 1 g/m³ agit en 2-3 semaines. Ce produit à action racinaire détruit tous les macrophytes aquatiques mis à part les algues filamenteuses.

- Paraquat et Diquat (RegloneND ou AquacidND) : utilisé à la dose de 0.2-1 mg/m³ dans l'eau, il détruit la végétation submergée. Il présente en outre un effet temporaire sur les algues filamenteuses et phytoplanctoniques.

3.1.3 Installations et techniques de pêches

La pêche intégrale par vidange totale ne peut être réalisée avec succès qu'en saison froide : le ralentissement métabolique du poisson et l'inactivité de la plupart des agents infectieux permet une meilleure survie et une conservation plus durable.

Plusieurs systèmes de vidange sont possibles suivant la configuration et la taille des étangs : moines, vannes, bonde à basculement en PVC... La libération de l'eau doit être progressive pour permettre aux poissons de se dégager des herbiers des fausses-pentes. La vidange doit être interrompue la nuit à mesure que la vidange s'avance, car si les poissons résistent très bien en journée, certaines espèces se laissent entraîner à ce moment-là (tanches, sandres). En fin de vidange, le rythme doit être accéléré pour limiter les risques anoxiques. Les pêcheries en aval sont plus bien confortables pour la récolte de poissons de petite taille : les pêches intérieures sur un fond plus ou moins envasé génèrent de fortes mortalités et suscitent d'importants efforts pour les pêcheurs (difficulté à se mouvoir, digues escarpées, récolte de beaucoup de vase avec les poissons...). Des rainures placées à la sortie permettent de glisser des planchettes pour ajuster le niveau d'eau. La mise en place de deux grilles au moins limite les risques de colmatage et de débordement : la première grossière arrête les plus gros éléments (poissons, feuillages, plantes aquatiques...), la seconde plus fine empêche la fuite d'alevins.

La reprise du poisson doit se faire dans des conditions optimales de façon à limiter le stress généré. Des précautions particulières doivent être prises pour la capture d'alevins notamment en période estivale (alevins de carpes ou carassins de 4-5 semaines en juin). Une taille adaptée de la pêcherie permet un meilleur confort lors de la pêche. Dans les cas où la capacité d'accueil de la pêcherie est trop faible, le poisson doit être immédiatement récupéré et transféré dans des réserves bâchées de 10-15 m², aménagées provisoirement. Une arrivée d'eau propre permanente pour « rincer » les poissons, limite les risques anoxiques souvent fatals à de jeunes poissons : elle agit en apportant de l'oxygène dissous mais aussi en éliminant les matières en suspension qui entraînent rapidement un colmatage des branchies. Le retrait des géniteurs notamment ceux de gros calibre à l'aide d'un filet à grosses mailles, est préférable : en se débattant pour ne pas se laisser entraîner, ils blessent les juvéniles et empêchent leur écoulement correct vers la pêcherie.

Le débit de vidange doit être modéré notamment pour les juvéniles qui ne supportent pas les courants forts et ont tendance à se coller contre les grilles. Un cloisonnement partiel de la pêcherie permet de briser ce courant et fournit des zones de repos aux poissons. La reprise du poisson doit être rapide si les conditions de vidange sont difficiles (débit violent, sujets fragiles, crème de vase...). Compte tenu de l'influence de la température sur le métabolisme du poisson, il est préférable de tenir compte des conditions météorologiques et d'éviter les journées les plus chaudes.

Des systèmes de décantation ralentissant le débit et recueillant les matières en suspension, permettent de limiter les dégâts du rejet de « crème de vase » déversée dans les ruisseaux en aval : colmatage des fonds, destruction des invertébrés, végétaux et des frayères, conditions d'anoxie, irritation par les matières en suspension...

Dans certaines circonstances, des techniques de pêche partielle peuvent être avantageuses : étangs non vidangeable, prélèvements partiels, prélèvement en période chaude où une vidange complète engendrerait des mortalités importantes... La pêche au filet est souvent utilisée en retenues non vidangeable ou avant une vidange complète pour alléger le stock à pêcher. La longueur et la hauteur du filet doivent être 1.5 fois égales à la largeur et la profondeur pêchée de façon à ce que la partie centrale forme une poche bien « pêchante ». Les résultats relèvent beaucoup plus d'un certain savoir-faire que de techniques bien établies. Les prélèvements sont réalisés au niveau des aires de nourrissage qui attirent de fortes concentrations de poissons, en particulier ceux en ayant bien profité. Les poissons deviennent très méfiants et mettent 7 à 14 jours pour retrouver un comportement alimentaire normal, les pêches doivent donc être espacées d'au moins 3 semaines (16). Des techniques de prélèvement périodiques employées chez les poissons-chats aux Etats-Unis peuvent être transposées aux Cyprinidés (16) :

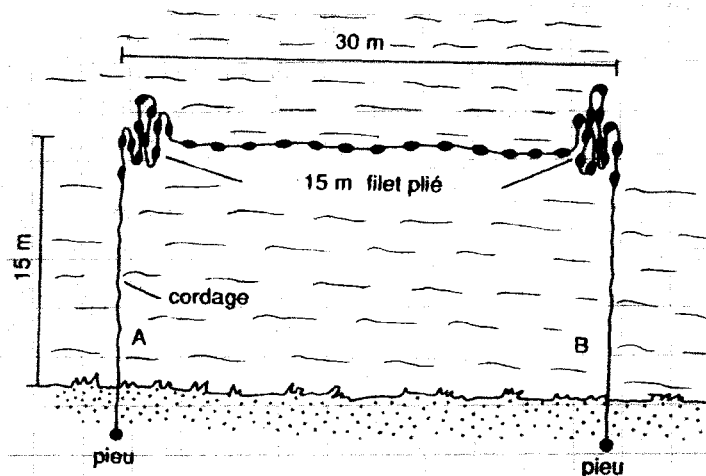


Fig. 9 : « Enclos » pour prélèvement périodique de poissons-chats en pleine eau. Un filet de 60 m reste en place partiellement déployé sur une longueur de 30 m. Lors de la pêche, l'enclos est fermé en tirant les deux cordages en A et B. Ce procédé permet de prélever en une opération 12 % de la biomasse de poissons-chats dans un étangs de 9 ha, 70 % dans un bassin de 0.5 ha (Jansen, 1981) (16).

Le recours à des nasses s'avère intéressant pour réaliser des contrôles de l'évolution de la croissance en cours de saison mais aussi pour prélever des vifs en période estivale. Les dispositifs sont appâtés à l'aide d'aliments couramment distribués, ce qui rend la technique dépendante de la prise alimentaire et donc des conditions climatiques. Des verveux (nasses munies d'une nappe de filet reliée à la berge obligeant les poissons longeant la rive à se diriger vers le piège) disposés perpendiculairement à la rive, permet de meilleurs résultats. Ces pratiques sont particulièrement adaptées pour le retrait de juvéniles des étangs de pose.

Ces méthodes présentent des résultats aléatoires mais sont peu traumatiques (prélèvement et relâcher rapide). Le grillage en matière plastique est moins traumatisant et surtout plus durable par rapport au métal qui s'oxyde rapidement. La dimension de la maille doit être adaptée à la taille des captures désirées : alevins ou vifs. Les mailles rectangulaires

sont préférables par rapport carrées qui provoquent des mortalités par emmâillement des poissons au niveau des ouïes ou des nageoires pectorales : un poisson qui a engagé sa tête doit pouvoir s'engager intégralement et la coupe transversale d'un poisson s'inscrit dans un rectangle et jamais dans un carré. La mortalité est énormément réduite à condition de contrôler quotidiennement les nasses surtout par temps orageux où des mortalités peuvent être observées suite aux variations de température ou de pression atmosphérique (les dépressions entraînent une baisse d'oxygène dissous).

3.1.4 Tri du poisson

Le tri est une étape indispensable avant la commercialisation des vifs dès que plusieurs espèces et différentes gammes de taille sont élevées ensemble. Il est généralement réalisé aussitôt après la pêche mais peut être reporté après l'opération de stockage. Cette dernière solution n'est pas idéale car le stockage est une épreuve difficile pour la plupart des poissons : le stockage d'espèces et de tailles compatibles améliore la survie du stock.

L'opération de triage se fait traditionnellement à la main dans un couloir de tri en matière plastique peu traumatique. Un tri à travers différentes grilles successives, calibrées placées dans des bassins ou à même la pêcherie, est certainement une méthode moins lourde et mieux supportée par les poissons. Les mailles des grilles doivent être rectangulaires et jamais carrées pour ne pas que les poissons se coincent au niveau des ouïes ou des nageoires pectorales. L'instinct grégaire des Cyprinidés réapparaît rapidement et les poissons se rassemblent en cohortes d'espèce ou de taille similaire. La reprise des poissons commence toujours par les gros sujets et se termine par les plus petits qui ont traversé toutes les grilles. Des systèmes de contre-courants améliorent la séparation des poissons : les vifs s'engagent spontanément dans cette arrivée d'eau et se dirigent vers des compartiments permettant un tri partiel. L'efficacité n'est pas totale puisque des facteurs comme l'espèce ou l'âge influence le comportement des poissons.

L'opération de tri peut parfois se réaliser en cours de vidange de façon à éliminer les géniteurs de grande taille qui peuvent écraser leur progéniture : passage de filets à grande maille dans l'étang avant la fin de la vidange, mise en place de grilles à gros calibre en amont de la pêcherie...

3.1.5 Stockage de la pêche

Le stockage est une opération nécessaire pour l'activité de commercialisation mais souvent responsable de fortes mortalités (cf.3.5.1). Des bacs cimentés de 2 à 10 m² et 0.5 à 1 m de profondeur, à proximité de la pêcherie permettent d'y transférer rapidement le produit de la pêche, d'y pratiquer d'éventuels traitements préventifs (Vert de Malachite, NaCl, Formol) ou d'y répartir les poissons triés par espèce et taille. Une alimentation en eau claire (5-10 l/min pour 100kg de poissons) y est indispensable pour l'oxygénation et l'élimination des déchets métaboliques. Le stockage peut atteindre facilement 5-10 voire 15 kg de poissons/m³ (16). La mise en place de filets à l'intérieur des bassins permet de subdiviser de grands volumes, de faciliter la récupération des poissons et de réduire les risques de traumatismes contre les parois. Une protection particulière contre la prise en glace et la prédation aviaire doit être mise en place. En conditions de claustration, aucune alimentation ne doit être

pratiquée en dessous de 7°C : la décomposition des aliments non consommés entraînerait une pollution de l'eau (16). Le stockage doit s'effectuer à faible température pour diminuer le métabolisme des poissons mais aussi de leurs bio-agresseurs et dans l'obscurité si possible (couverture opaque, plaque de polystyrène flottante)...

La plupart des Cyprinidés et en particulier les espèces peu exigeantes en oxygène peuvent être déplacées à sec à condition que la manœuvre ne dure pas plus de 10-15 minutes.

3.1.6 Transport et commercialisation

Avant le transport, certains paramètres doivent être considérés afin que l'opération se déroule pour le mieux. L'état physiologique et sanitaire du poisson est essentiel : les individus en mauvais état ou malades supporteront mal le transport même à faibles densités.

Le transport doit de préférence s'effectuer avec des animaux à jeun : l'activité métabolique et donc les besoins en oxygène sont ainsi réduits. Il en est de même pour les risques de pollution de l'eau de transport par des déchets azotés : l'excrétion ammoniacale est réduite de moitié chez un poisson à jeun depuis 72 h (16). De plus, le stress induit par les manipulations peut engendrer un arrêt du transit digestif et favorise ainsi des fermentations très nocives voire fatales pour les poissons surtout si la température est élevée. Un jeûne de 48-72 h est donc vivement recommandé, surtout au-dessus de 10°C car en dessous les poissons s'alimentent naturellement très peu. Dans le cas contraire, les densités devront être diminuées de moitié.

Lors du chargement mais aussi du déversement, il faut éviter tout choc quant à la composition de l'eau. Les chocs thermiques sont particulièrement dramatiques, en particulier pour les stades juvéniles. Il est préférable de transporter les poissons sous basses températures de façon à réduire leur activité métabolique : en hiver une température de 1-2°C est idéale, en été, il est préférable de ne pas dépasser les 10-12°C. Dans tous les cas, la descente en température ne doit pas excéder 5°C/h (16) pour une variation totale de 12 à 15°C. La transition la plus mal supportée semble celle du passage d'une froide à une eau plus chaude. Les larves vésiculées et les alevins de Cyprinidés et de carpes en particulier sont plus sensibles au niveau des écarts thermiques autorisés : 1°C/h au maximum avec un écart maximal de 6-8°C/j (16). La mise à température doit se faire par apport progressif de l'eau des futurs bassins de stockage ou transport. Elles ne doivent pas être transportées à des températures inférieures à 15-17°C.

Par rapport à la qualité de l'eau, il est préférable de prendre l'eau dans laquelle les poissons étaient stockés à condition que sa qualité et sa température soit acceptable. Il faut particulièrement éviter les eaux riches en particules en suspension qui risquent de perturber la respiration branchiale. En cours de transport, des renouvellements et déversements d'eau à partir de rivières locales sont absolument à éviter pour des raisons sanitaires vis à vis des populations piscicoles locales. Du sel de cuisine utilisé à la dose de 5-6 g/l (16), 3-5 g/l (89) réduit efficacement le choc osmotique : l'osmorégulation au niveau branchial et rénal consomme environ 30 % des besoins énergétiques des poissons (89). D'autres molécules peuvent être employées : tampons, antibiotiques en préventif, anesthésique pour diminuer l'activité et le métabolisme des poissons. Ces dernières molécules représentent un coût discutable.

L'oxygène reste cependant le facteur essentiel au bon déroulement du transport. Son apport permet de prolonger les transports et d'augmenter les densités transportables. Il faut s'assurer que la teneur minimale ne descende pas en dessous de 5 mg/l car les animaux en situation de stress ont des besoins bien supérieurs à la normale. Une suroxygénation susceptible de survenir en cas d'apports d'oxygène liquide, n'a pas d'effets négatifs mais représente un coût supplémentaire inutile. Les besoins varient en fonction (16):

- de la température : ils sont globalement multipliés par 2 entre 10 et 20°C,
- du poids : un gros sujet consomme par unité de poids, moins que de petits poissons,
- de l'espèce : selon leurs besoins en O₂, leur consommation relative par rapport à celle de la carpe (carpe = 1) sont 1.5 pour les gardons, 1.4 pour les brèmes et 0.8 pour les tanches,
- du degré de stress et d'excitation : les besoins sont plus importants dans l'heure qui suit la mise en charge et l'admission d'oxygène doit être doublée pendant la mise en charge et la première heure de transport,
- du pH, de la concentration en CO₂ et en divers produits métaboliques. La production de CO₂ est facilement éliminée par le bullage mais en circuit fermé, il ne peut être éliminé. Sa concentration ne doit pas dépasser 150 ml/l pour les Cyprinidés, l'administration de substances tampons (Tris à raison de 1 à 2 g/l) peut résoudre les problèmes d'acidification de l'eau.

Le transport des poissons peut être réalisé suivant deux modèles distincts :

- **en conteneurs clos autonomes** : par exemple des sacs plastiques fermés contenant environ 1/4 d'eau et 3/4 d'un mélange air-oxygène plus ou moins enrichi suivant la densité de poissons et le temps prévu du transport. La proportion air/gaz doit être respectée car l'eau durant le trajet ne constitue qu'un support alors que l'oxygène est indispensable à la survie des poissons. Ces sacs jetables, faciles d'emploi, allègent le transport. Le film doit être transparent pour surveiller le comportement des poissons. Les plastiques épais de 0.6 mm garantissent un maximum de sécurité face au risque de « crevaison ». Ce procédé est souvent utilisé pour les stades juvéniles mais il s'avère également intéressant pour les livraisons de vifs en petits effectifs aux détaillants d'articles de pêche. L'agitation durant le trajet améliore la solubilisation de l'oxygène. Les sacs peuvent être recouverts d'un drap : l'obscurité réduit le stress du transport. Ils doivent être correctement immobilisés durant le transport pour éviter tout risque de perforation et de fuite (calé dans des cartons ou caisses garnies de polystyrène expansé par exemple). Par temps chaud, une réfrigération est tout à fait possible à l'aide de glace placée autour des sacs. A l'arrivée, les parois du sac doivent toujours être tendues et les poissons présenter un comportement normal. Lors du déversement, il faut éviter tout choc thermique en immergeant quelques minutes le sac dans le volume d'eau de façon à laisser s'établir un équilibre thermique et en ajoutant progressivement de l'eau dans le sac : rien ne presse tant que le taux d'oxygène est suffisant

Taille des poissons		Volume d'eau (l)	Durée de transport					
			8h		12h		24h	
cm	g		Nb	Kg	Nb	Kg	Nb	Kg
3-5	2	16-16.5	1250	2.5	1200	2.4	1000	2
5-7	8	13.5-14.5	600	4.8	600	4.8	500	4
7-10	25	8.5-11	400	10	400	10	300	7.5
10-12	30	9.5-11	300	9	300	9	250	7.5
7-12	27	9-11.5	300-350	8.2-9.6	300	8.2	250	6.9
12-16	50	4-11	300	15	250	12.5	150	7.5
16-20	90	9.5-14	100	9	80	7.2	50	4.5
20-25	250	6-12	40-60	10-12.5	40	10	20-25	5-6.3

Tabl. 11 : Charge conseillées pour le transport de Cyprinidés en sacs plastiques gonflés d'oxygène à raison de 4-16 l d'eau pour 45-50 l d'oxygène, à température ambiante comprise entre 5 et 10°C d'après Horvath et al. 1982 in (16)

En cuves de transports ouvertes où l'apport d'oxygène doit être continu. Il peut être réalisé sous forme liquide ou gazeuse. L'oxygène est distribué à l'aide de diffuseurs qui doivent être répartis sur la totalité de la surface. Le diamètre des bulles doit être minimal. Ce procédé est utilisé pour le transport de gros effectifs ou celui de sujets de grande taille. Certains pisciculteurs préconisent, notamment pour les espèces carnassières, un transport en compagnie de tanches qui limiteraient les risques de blessures.

La mise en charge admissible en cuves de transport avec taux d'oxygène maintenu à saturation, dépend des espèces, de la température et de la taille des sujets :

0-5°C	5-8°C	8-10°C	10-15°C	15-20°C	20-25°C	25-28°C	30°C
700	600	450	400	350	280	220	180

Tabl. 12 : Mise en charge pour des transports de 5 à 20 h pour des carpes ou des tanches à différentes températures d'après Horvath in (16)

Les valeurs sont valables pour des individus dont le poids individuel est de 1 kg. Etant donné que la consommation en oxygène est plus forte chez les petits sujets, au-delà de 1 kg, les quantités admissibles peuvent être majorées de 10-15 %. De même, pour des individus inférieurs les densités doivent être diminuées :

- de 20-30 % pour des sujets de 500-1000 g
- de 30-50 % pour des sujets de 200-500 g
- de 50-60 % pour des sujets inférieurs à 100 g

Enfin, les densités doivent être réduites de 50 % si les poissons ne sont pas à jeun au-dessus d'une température de 8-10°C.

Chez le détaillant, l'exposition aux clients est idéalement réalisée en aquarium avec aération importante de l'eau et sans nourrissage si le stockage n'est que de quelques jours. La présentation en aquarium présente un intérêt double : meilleure surveillance des poissons et bonne présentation aux clients. Les capacités doivent être d'environ 50, 100 et 150 l pour respectivement 20, 40 et 80 à 100 vifs d'environ 12 cm (10 à 30 g/l d'eau).

3.2 Peuplement des étangs et gestion de la reproduction

3.2.1 Quelles espèces élever ?

En plus du cadre réglementaire (cf. 1.2.1.), des contraintes économiques et pratiques influencent le choix des espèces dans nos structures. Certains critères sont fortement dépendants de la demande des pêcheurs (cf. 1.1.2.) : brillance de la livrée, taille de 10 à 15 cm et dans la mesure du possible une certaine rusticité. Cependant, les espèces doivent pouvoir être élevées en étangs, ce qui n'est pas le cas par exemple, du vairon *Phoxinus phoxinus*, très utilisé pour la pêche à la truite.

Les blancs sont les espèces qui conviennent le mieux à la demande de vifs : le gardon et le rotengle s'imposent avec environ 2/3 à 3/4 de la production à eux seuls. Une diversification de la production est souhaitable à partir d'un mélange d'autres espèces pour des marchés accessoires se développant en parallèle : autres Cyprinidés de plus grosse taille pour la pêche du brochet (15-20 cm) ou du silure (25-30 cm), goujon (4-6 cm) pour la truite... Dans tous les cas, la préférence pour des variétés à écaillage totale doit être privilégiée dans un souci de brillance optimale. Les formes miroirs de carpes doivent être abandonnées au profit des souches sauvages plus appréciées. Le choix des pêcheurs se fait également au détriment des conformations trapues et donc des carpes à écaillage incomplète sélectionnées pour leurs meilleures performances de croissance. Il faut cependant savoir que même si le gène «présence d'écaillage» est dominant, des reproducteurs à écaillage totale peuvent ne pas donner une descendance totalement recouverte d'écaillage : on peut obtenir une proportion de carpeaux miroirs qui n'excèdent pas le quart de la production totale (cf. Annexe : déterminisme du mode d'écaillage chez la carpe commune) (89). L'emploi d'appâts de coloration vive en particulier de poissons rouges pourrait être envisagé pour une meilleure action de pêche. Cette pratique auparavant très utilisée semble de nos jours abandonnée en raison d'une crainte vis à vis des autorités.

Ensuite, le choix des espèces doit tenir compte des performances zootechniques propres à chacune. Elle dépend d'abord de leur aptitude à être élevées en eaux closes. La grande faculté des Cyprinidés à s'adapter à divers biotopes leur permet en général de s'affranchir de ces contraintes physiques même pour certains espèces rhéophiles plus délicates comme le goujon et l'ablette.

La productivité des différentes espèces est également à prendre en compte. Deux aspects essentiels sont à prendre en compte : la reproduction et la croissance. Les Cyprinidés sont des espèces naturellement très prolifiques sous nos latitudes et pour les plus délicates, quelques pratiques simples (cf.3.2.3.) amélioreront leurs performances. Les espèces à ponte synchrone sont généralement plus intéressantes car elles fournissent à l'automne un lot de juvéniles bien homogène évitant ainsi un tri fastidieux (avantage du gardon par rapport au rotengle).

Les capacités de croissance (cf. 2.5.) sont également déterminantes pour la rentabilité de la production de vifs : les espèces à croissance rapide (gardons, goujons pour la truite, brèmes, carassins dorés) sont évidemment plus intéressantes au niveau économique mais aussi technique (réduction des manœuvres). Des croissances trop rapides (carpes, carassins) peuvent engendrer un surplus de manipulations afin de ne pas dépasser la taille commerciale (12-15 cm pour ces espèces) en fin de saison d'élevage : des restrictions alimentaires et des contrôles plus fins des densités sont souvent nécessaires. Le dépassement de la taille est très discriminant chez les espèces à forte croissance (carpe, carassins), moins pour les autres espèces plus fines et pouvant être écoulés malgré des tailles de 20-25 cm (gardons, carassins dorés, rotengles). Certaines espèces à croissance lente seront tout de même élevées : meilleure résistance des rotengles par rapport aux gardons notamment en saison estivale, demande permanente de tanches par certains amateurs pour la pêche au brochet, utilisation du goujon de 5-6 cm comme appât de remplacement du vairon pour la pêche à la truite.

La résistance de l'espèce est un caractère important qui va influencer le pisciculteur dans sa préférence pour l'élevage de telle ou telle espèce : résistance face aux maladies, rusticité générale face aux différentes manipulations, capacité à cohabiter avec d'autres espèces (caractère « d'agressivité » chez certaines espèces qui ne subissent peu de compétition par les autres et tendent à prendre rapidement le dessus). Les espèces à croissance rapide (carpes et carassins) sont généralement bien plus résistantes et « agressives » que les autres : sans aucune maîtrise de leur développement, elles tendent envahir les plans d'eau aux détriments des autres espèces. Une grande tolérance vis à vis des faibles teneurs en oxygènes permet un meilleur taux de survie lors des vidanges et constitue une qualité confortable lors des manipulations (tanches, carpes et carassins). Cet aspect est également essentiel pour la tenue en aquarium à forte densité lors de leur commercialisation chez les détaillants d'articles de pêche. Les espèces rhéophiles comme l'ablette, le goujon et la brème se montrent globalement plus fragiles.

Le choix des espèces doit également prendre en compte l'existence éventuelle de débouchés en parallèle pour diversifier la production. Le repeuplement est certainement l'alternative la plus intéressante. Il est fréquent pour la tanche et les blancs souvent utilisés comme poisson-fourrage. En première catégorie, le repeuplement des rivières en goujons est actuellement en essor du fait de sa raréfaction dans certains de ces milieux naturels (61). Pour ce type de production, certaines espèces sont à proscrire (carassins et carassins dorés) ou peu recommandées (carpes, brèmes...) : ces espèces méritent donc une gestion fine de leur stock d'autant plus qu'elles sont généralement agressives envers les autres et que leur prolifération anarchique peut gravement nuire à la rentabilité d'un étang. Avec l'essor de la pêche sportive, un nouveau débouche est en train de voir le jour : celui de spécimens de grande taille dépassant les 15 kg pour la carpe et 2-3 kg pour les tanches. Ces productions nécessitant de nombreuses années d'élevage sont peu rentables.

Les Cyprinidés sont peu appréciés pour leurs qualités gastronomiques : seules les tanches et les fritures de goujons ou d'ablettes peuvent susciter un certain intérêt. Les variétés de carpes utilisées dans notre structure (type sauvage effilé et à écaillage complète) se prêtent peu à une exploitation en vue de la consommation.

3.2.2 Peuplement des étangs

Plusieurs espèces peuvent faire l'objet d'un élevage mais dans le cadre d'une diversification des productions se pose la question du choix de systèmes de culture mono ou polyspécifique.

L'élevage dans un même étang de plusieurs espèces de poissons présentant des régimes alimentaires différents, semble constituer une technique de gestion intéressante permettant une amélioration de la production piscicole (9). Ces associations nécessitent, pour être efficaces, une connaissance de leur biologie respective de manière à favoriser les relations synergiques et à réduire les compétitions s'établissant entre certaines. Dans l'étang, plusieurs niches écologiques différentes peuvent être distinguées en fonction de l'étage occupé (espèces de surface, pélagiques ou benthiques), du régime alimentaire (herbivore, planctonophage, entomophage...) ou du comportement alimentaire des différentes espèces (mœurs diurnes ou nocturnes) (22). Il est capital si l'on veut obtenir une croissance globale optimale de diminuer au maximum les relations de compétition alimentaire même si les poissons supportent un certain niveau de concurrence : croissance compensatrice, régimes généralement omnivores doués d'une grande plasticité, alimentation variable selon l'âge ...

De part la variété des régimes alimentaires et des niches écologiques exploitées préférentiellement, les associations permettent une meilleure utilisation des ressources de l'étang. De nombreux résultats confirment une amélioration des performances des élevages en polyculture au niveau de la productivité totale d'un étang. En particulier, en Europe de l'Est, l'exploitation d'espèce de Cyprinidés phytoplanctonophage (carpes argentés) et macrophytophages (carpes amours) en compléments d'espèces entomophages et zooplantonophages classiques (carpes communes) autorise des rendements impossibles avec ces espèces seules. L'utilisation de ressources non exploitées par nos espèces autochtones permet une amélioration importante de la productivité. Dans notre cas, la production directe de ces nouvelles espèces étant inutile, le système ne peut être copié à l'identique. Mais suivant le même raisonnement, il paraît évident que l'association de 2 à maximum 3 espèces aux régimes et aux mœurs complémentaires doit améliorer de façon notable les rendements. Ainsi, SCHLUMBERGER affirme que 60 kg de gardons tout-venant et 30 kg de tanches T₀ (6cm) élevés en monoculture produisent respectivement 300 et 240 kg brut/ha alors qu'un peuplement avec 60-70 + 30 kg/ha de gardons et tanches produisent ensemble entre 400 et 500 kg/ha, donc bien plus qu'un élevage monospécifique. Une production en monoculture se justifie quand une production à elle seule se révèle très rentable (exemple : sujets à haute valeur comme des sujets de carpes koïs). En revanche, l'énorme inconvénient du système plurispécifique est la nécessité d'un tri après la pêche, cette étape étant souvent longue et coûteuse en main d'œuvre.

La constitution des associations d'espèces devra tenir compte :

- ✓ du prix de vente de chaque espèce
- ✓ des débouchés pour chaque espèce
- ✓ du régime alimentaire de chaque intervenant et de la plasticité des régimes selon les espèces : les espèces sténophages étant plus discriminées que les euryphages,

- ✓ des mœurs alimentaires : espèce benthique, pélagique ou opportuniste, diurne ou nocturne
- ✓ de la compatibilité inter-spécifique : certaines espèces (carpes et carassin) présentant un fort caractère de résilience : reproduction performante, forte croissance, forte plasticité de leur régime..., ont tendance à proliférer aux détriments d'autres. On parle « d'agressivité ». A l'opposé, certaines espèces supportent mal la compétition alimentaire : rotengle, tanche, goujon et ablette et présentent des performances rapidement diminuées : forte mortalité, mauvais état général...
- ✓ des différents rythmes de croissance qui doivent être harmonisés pour le mieux par des associations subtiles qui font se côtoyer des espèces de croissance similaire. On facilite ainsi les pratiques de pêche et de tri,

Le peuplement idéal des étangs doit être approximativement le suivant :

- 60 à 80 % de gardons ou rotengles
- 20 % à 40 % d'autres vifs : tanches, goujons, carpes et / ou carassins

A cette formule de base, il convient d'apporter quelques précisions : concernant les blancs, il est préférable de ne pas mélanger gardon et rotengle pour deux raisons : d'une part ce sont deux espèces très proches susceptibles de s'hybrider et de rentrer en compétition au niveau trophique souvent à la faveur du gardon et d'autre part leur croissance est différente. En pratique au moment de la vidange, on va se retrouver avec deux lots hétérogènes de « blancs » : celui de gardons convenable à la vente et celui de rotengles trop petits. Cela imposera un tri final fastidieux et totalement inutile. Dans les régions où l'ablette se reproduit bien en lacs, on peut l'utiliser à la place du rotengle : certains pêcheurs l'apprécient bien.

En ce qui concerne les autres cyprinidés en accompagnement des blancs, il faut réaliser un choix : il est préférable de ne rajouter qu'une ou deux espèces aux précédentes : le mélange excessif d'espèces impose un tri plus délicat donc plus traumatisant pour les poissons et n'engendre pas forcément de meilleurs résultats : les espèces benthiques entomophages comme la carpe, les carassins, la tanche ou le goujon, développent rapidement entre elles une forte compétition alimentaire qui se fait à la faveur des deux premières beaucoup plus « agressives » (21). La meilleure solution est de faire cohabiter les espèces les plus agressives ou les plus délicates ensemble de façon à réduire les risques d'hétérogénéité de croissance globale. On choisira donc les associations carpe-carassin et tanche-goujon. Ces associations sont d'autant plus heureuses que leur croissance est similaire. En suivant le même raisonnement, il est préférable d'associer rotengle-tanche et/ou goujon et gardon-carpe et/ou carassin. D'autres associations sont cependant possibles : par exemple, rotengle-tanche à laquelle on rajoute l'année suivante la quantité appropriée de carpes ou carassins. Dans tous les cas, il est primordial de bien connaître les capacités trophiques de chaque lac de façon à y réaliser les associations les plus productives. En effet, suivant les conditions certaines espèces se développent plus ou moins vite et les conséquences sur les autres s'en font d'autant ressentir.

Enfin, le dernier élément capital pour le peuplement est la capacité de vidange de la retenue : certaines espèces nécessitant une régulation annuelle ne peuvent être déversées n'importe où. Une vidange annuelle reste idéale afin d'optimiser les rendements (rétablir d'éventuels déséquilibres, diminuer la densité d'alevins souvent très forte, éliminer des espèces indésirables...), y compris pour les espèces à faible croissance. Le peuplement doit être ajusté suivant les fréquences de vidange :

- ✓ les lacs à vidange annuelle, peuvent recevoir toutes les espèces en priorité celles dont le cycle est rapide (gardons, carpes et carassins)
- ✓ les lacs à vidange bisannuelle doivent héberger préférentiellement les associations à base de rotengle, ablette, tanche ou goujon. En revanche, les gardons sont à éviter et les carpes et carassins totalement proscrits car ils auraient atteint une taille incommercialisable.
- ✓ les lacs à vidange occasionnelle ou incertaine doivent être alevinés avec des espèces à croissance très faible qui ne peuvent pas attendre de taille supérieure à 20 cm. Ce sont essentiellement les goujons, les ablettes ou les rotengles. Les tanches et les gardons peuvent être utilisés à condition que les gros spécimens soient éliminés par action de pêche ou par déversement de prédateurs régulant les effectifs.

Les empoissonnements doivent être progressivement adaptés en fonction des résultats obtenus lors de pêches précédentes et des différentes interventions prévues : alimentation artificielle, prélèvement en cours de saison, fertilisation, etc. A titre de comparaison, la production moyenne des étangs de pisciculture en France est d'environ 120 kg/ha/saison avec des variations de productions inférieures à 100 kg/ha (80-90 kg/ha n moyenne en Sologne, 150 kg/ha en Brenne (77)) à 400 en Camargue (76). En Dombes, les productions moyennes atteignent environ 200 kg/ha (181 en 91-92 (280 pêches) et 210 en 92-93 (309 pêches) en moyenne) (47). Dans le sud-ouest des productions de 200kg/ha en moyenne sont aisément obtenues (89). Un objectif de 300 kg/ha/saison sera déjà respectable pour notre type de culture extensive à semi-intensive.

3.2.3 Gestion de la reproduction

Pour mieux comprendre les stratégies de production, il est bon de rappeler une remarque faite par BILLARD : dans les systèmes de reproduction naturels, les phases de reproduction, croissance et hivernage se déroulent dans un même étang, mais dans des zones géographiquement différentes : reproduction, frai et développement des alevins en zones littorales de faible profondeur, hivernage à profondeur maximale et phase de croissance dans l'intégralité du volume d'eau.

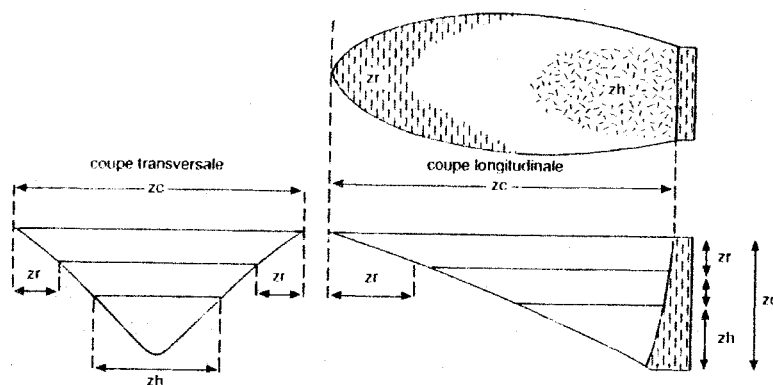


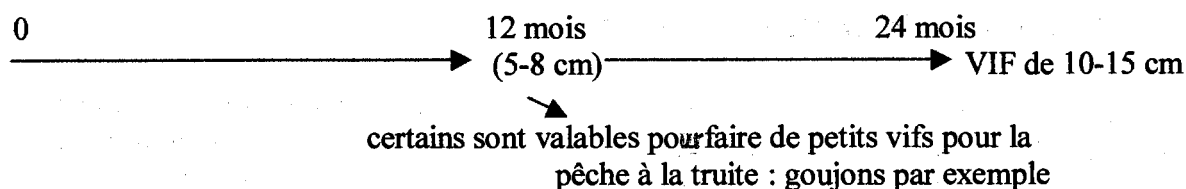
Fig. 10 : Les zones de croissance de reproduction (Zr), de croissance (Zc) et d'hivernage (Zh) dans un étang d'après Voican et al., 1975 (16).

L'élevage sera donc réalisé successivement dans des bassins adaptés à chaque stade. La séparation des classes d'âge dans des étangs est une idée déjà très ancienne qui améliore notablement les performances. Ces pratiques restent limitées dans notre structure où les poissons sont vendus avant l'âge de 1 ou 2 ans.

A la différence des pisciculteurs carpistes de Dombes ou Brenne, dans notre cas, la non-recherche de performances de croissances élevées et une prolificité naturellement élevée ne justifient pas l'emploi de techniques élaborées comme la reproduction artificielle : cette technique n'est parfaitement maîtrisée que chez certaines espèces, la carpe et le carassin surtout. Elle se révèle plus délicate chez les Cyprinidés que chez par exemple les Salmonidés : œufs adhésifs difficiles à conserver et incuber correctement, larves de taille inférieure très exigeantes au niveau de leur première alimentation, ovogenèse asynchrone ne permettant qu'une extraction partielle des ovocytes, manipulation de géniteurs de petite taille (gardons, rotengles, ablettes, goujons). Elle se discute donc autant sur le plan économique que pratique.

Dans notre type de production, les cycles de production assez courts : une à deux saisons d'élevages au maximum au lieu des trois années indispensables à l'obtention de carpes « filetables » pour la consommation en élevages carpistes traditionnels. Suivant les différentes espèces et en particulier leurs performances de croissance, on peut distinguer deux schémas types de production :

Cycle long : tanches, goujons, rotengles : espèces à croissance lente



Cycle court : carpes, brèmes, gardons et carassins : espèces à croissance rapide

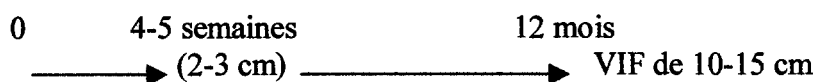


Fig. 11 : Schéma de productions des différents vifs en fonction de leur rythmes de croissance.

En prenant compte de toutes ces considérations, on va présenter les quelques possibilités de reproduction. Suivant le degré d'intervention humaine et en parallèle le niveau de maîtrise sur les facteurs environnementaux, on parle de reproduction naturelle, reproduction semi-contrôlée et reproduction contrôlée.

3.2.3.1 Sélection et gestion des reproducteurs

La sélection de reproducteurs de qualité doit être une mesure rigoureusement appliquée dont dépendant en grande partie le succès de la saison de reproduction. Tous les individus blessés, amaigris et encore pire présentant des signes pathologiques doivent être systématiquement éliminés : évidemment, ils présentent des performances de reproduction amoindrie mais surtout, de par leur réceptivité et sensibilité accrues, ils constituent des foyers d'agents infectieux dangereux. Dès le réchauffement des températures, ces derniers vont se développer et contaminer les autres sujets voire leur progéniture. Des traitements à base de sel de cuisine à raison de 5 g de NaCl/l à chaque manipulation ne sont que bénéfiques (16).

Sous des climats froids continentaux, leur conservation doit se faire en bassins d'hivernage profonds (1.5 à 2.5 m sur toute la surface) de façon à éviter la prise en glace du bassin. Dans tous les cas, l'importance de la masse d'eau et la profondeur garantissent une protection contre les fluctuations thermiques exagérées. Les besoins nutritifs et respiratoires sont réduits en période hivernale mais un débit d'eau en permanence fournit un apport en oxygène constant et prévient la formation d'une couche superficielle de glace. Les densités doivent être minimisées : des densités de 600 individus de 1-4 Kg/1000 m² ou 200 sujets de 150-600 g en bassins 200-500 m² (89) sont avancées pour la carpe. Une alimentation résiduelle en période hivernale (à partir de 6°C chez la carpe (14)) semble très intéressante pour maintenir un bon état du matériel reproducteur et surtout pour prévenir de nombreux processus pathologiques comme la virémie printanière et l'érythrodermatite (89)(94) : une ration à base de céréales enrichies en vitamines ou d'aliment pour porc semblent suffire (89) (43). A l'approche de la reprise de la gamétogenèse un aliment artificiel pour truites, plus riche en protéines et en acides gras essentiels, est plus approprié pour les besoins de reproduction (89).

Lorsque les étangs de reproduction sont libres, il est préférable d'y mettre en place les géniteurs précocement même pour l'hivernage : les conditions de très faibles densités en conditions naturelles garantissent un apport nutritif en quantité et en qualité et limitent les processus pathologiques par dilution des agents dans la masse d'eau. De même, les étangs faiblement peuplés sont généralement épargnés par les oiseaux piscivores.

Il est difficile de parler de réformes pour la plupart des espèces puisqu'en général le choix des géniteurs porte sur des critères morphologiques ou anatomiques reflétant un bon état de santé plutôt que sur l'âge. Cela n'est pas un problème puisque même si la fécondité relative admet un maximum vers 5-10 ans chez la plupart des espèces, la fécondité absolue augmente toute la vie des animaux. En revanche, pour les géniteurs atteignant des proportions importantes (carpes) une réforme plus précoce des sujets notamment des mâles chez les espèces présentant un dimorphisme sexuel facile (tanche) peut se révéler intéressante pour faciliter les manipulations techniques (14). De même, chez les espèces pratiquant fidèlement un mode de reproduction de type r (goujons, carassins), l'utilisation de sujets d'âge 1+ peut s'avérer économiquement intéressante : mortalité forte des adultes, commercialisation des reproducteurs après chaque saison...

A la sortie de l'hiver, on peut pratiquer une prématuration des géniteurs de façon à améliorer leur fécondité. Le facteur essentiel est la température : il faut maintenir les géniteurs à une température permettant le redémarrage de la gamétogenèse (12°C pour les espèces

thermophiles) sans toutefois atteindre le palier thermique déclenchant l'ovulation. On essaie donc de se situer 4 à 6°C en dessous de ce seuil en fonction de la maîtrise que l'on a sur la température des bassins de prématuration. Une séparation des sexes serait idéale pour éviter les pontes intempestives mais malheureusement souvent difficile puisque la plupart des Cyprinidés ne présentent aucun dimorphisme sexuel marqué. L'opération reste délicate et le contrôle de la température essentiel car à partir du seuil thermique déterminant l'ovulation, l'atrésie folliculaire peut se produire si la rencontre avec le sexe opposé ne survient pas dans les 2 semaines qui suivent (16). Les actions pour élever la température peuvent être variées : transfert en étangs moins profonds (40-140 cm (16)), arrêt de l'alimentation en eau fraîche, élimination des eaux fraîches du fond par une surverse adaptée, effet de serre par mise en place de films plastiques à bulle sur une partie de la surface (12). Selon certains auteurs (89) (16), la température de prématuration ne doit pas atteindre le seuil déterminant l'ovulation de façon à créer un léger choc thermique lors du déversement en étangs de pose ou de ponte : l'ovulation surviendrait alors rapidement dans les 48 heures.

La prématuration des géniteurs peut également être retardée de façon à limiter les risques de coups de froid tardifs qui peuvent anéantir les frais précoces. Le recours à des basses températures permet facilement d'empêcher l'entrée en phase de maturation. La manœuvre est facile quand les géniteurs sont stockés en bassin : il suffit de maintenir une arrivée d'eau fraîche et d'éliminer préférentiellement par la surverse l'eau de surface beaucoup plus chaude. Ce retardement est également valable pour les espèces type carpe ou carassin qui tendent à dépasser la taille désirée en fin de saison de culture.

3.2.3.2 Reproduction naturelle en étangs de croissance

Dans ce premier cas, on n'intervient pas sur les modalités de rencontre des géniteurs : le cycle entier court ou long se réalise dans l'étang qui assure également la croissance des juvéniles. Après le frai, une capture des géniteurs (filets, nasses à grande maille) est possible mais souvent difficile en pratique : elle limite la prédation des adultes sur les alevins et pour les espèces à ovogenèse asynchrone, empêche la survenue de nouveaux frais. Cette méthode se révèle très simple et peu coûteuse en investissement et main d'œuvre mais les résultats avec certaines espèces thermophiles sont souvent très aléatoires et parfois réduits à néants. Elle doit donc être réservée à celles qui se multiplient aisément sous nos latitudes (gardons, ablettes, goujons ou rotengles) et peut être tentée dans certains étangs se réchauffant précocement pour les tanches et carassins dorés. En revanche, elle est totalement déconseillée pour les carassins et carpes dont les effectifs doivent être rigoureusement contrôlés.

Les densités de géniteurs ne doivent pas être exagérées, vu leur prolificité naturelle : la reproduction n'est souvent pas meilleure car dans les stades précoces (œufs embryonnés, larves), le prélèvement par les géniteurs n'est pas négligeable par la plupart des espèces (MICHEL). De plus, à mesure que la saison de croissance s'avance, les géniteurs entrent en compétition alimentaire avec les juvéniles. A titre indicatif, voici quelques chiffres :

- ◆ Gardons, rotengles : 80 reproducteurs tout-venant (26) ou mieux 30-50 adultes de 200g/ha (89)
- ◆ Tanches : 20-30 femelles de 300-400g + 30-40 mâles éventuellement plus petits/ha (sex-ratio environ de 2-3/1 en faveur des mâles) (16).

La survie des alevins et le succès du frai peut être optimisé par la mise en pratique de certaines pratiques simples (cf.3.2.3.4) : aménagement de zones de frai bien ensoleillées, abondamment enherbées et stimulation des populations de rotifères et petits cladocères par fumure. Les lacs présentant des conditions idéales pour la reproduction doivent être utilisés en premier lieu, les autres serviront simplement d'étangs de croissance.

3.2.3.3 Reproduction semi-contrôlée en étangs de pose

Ce deuxième mode de reproduction se rapproche de celui réalisé en élevage carpiste durant la première année de production : il comporte une première phase de reproduction en étang de pose puis un déversement des larves prégressées en étangs de croissance (cf.3.2.3.4.). Cette méthode peut s'appliquer aussi bien aux cycles courts (séjour en étangs de pose pendant 4-5 semaines puis déversement en étangs de croissance) qu'en cycle long (séjour d'une saison entière en étang de pose puis transfert pour la seconde année en étang de croissance).

Cette séparation de l'élevage en deux phases s'avère surtout intéressante pour les espèces nécessitant des exigences thermiques élevées pour leur reproduction (tanches, carpes, carassins dorés) : le réchauffement des eaux est plus rapide et la somme des degrés-jours nécessaires à l'achèvement de la gamétogenèse atteinte plus facilement en petits bassins conçus à cet effet (profondeur maximale de 60-80 cm, bonne exposition). La croissance moins exigeante au niveau thermique peut se produire en retenues moins contrôlées. L'aménagement de conditions thermiques favorables augmente fortement le succès de la reproduction en avançant le déclenchement du frai et en améliorant la fécondité des femelles de 40 à 90 % (16). Cela se traduit chez les espèces à ponte fractionnée par un nombre supérieur d'ovipositions : 5-8 pontes/saison au lieu de 3-4 en étangs non réchauffés chez la tanche (16). Les résultats sont améliorés mais restent aléatoires pouvant varier d'un facteur 20 chez la carpe.

Cette stratégie permet en outre de contrôler la mise en charge des étangs de croissance notamment pour une meilleure gestion du stock d'espèces « agressives ». Ainsi les étangs sont alevinés avec un nombre déterminé de jeunes carpes ou carassins correspondant à la demande précise annuelle. Ce procédé évite une dérive négative dans la population de l'étang. Cette méthode permet également de sélectionner les alevins et d'éliminer par exemple les alevins miroirs de carpes qui peuvent représenter 1/4 de la production si les souches de géniteurs écailles ne sont pas homozygotes.

Les densités de reproducteurs sont similaires au cas précédent pour les productions en cycle long et légèrement augmentées en cycle court puisque la pêche survient 3 à 4 à semaines après éclosion :

- ◆ 5-7 poses/10 ares pour la carpe, une pose comprenant 2 mâles et une femelle.
- ◆ 600-800 reproducteurs/ha (78) pour les carassins de préférence Ca_0^+ matures ou Ca_1^+ car au-delà, on observe souvent en bassins une stérilité des sujets de grande taille. On évite également la constitution toujours encombrante d'un stock de géniteurs. Sex-ratio de 1 : 1.5 ou 2 en faveur des mâles (78) (26).

En revanche, cette méthode implique une nouvelle opération lourde et délicate : la pêche des juvéniles. La vidange des étangs de pose impose certaines contraintes liées à la faible taille des sujets, à leur fragilité face aux manipulations physiques et à leurs grande sensibilité aux variations physico-chimiques de l'eau (teneur en oxygène, température, pH...). Cela se

vérifie surtout pour les espèces prégrossies en 4-5 semaines, la vidange se déroulant fin mai-début juin alors que la température commence à être relativement chaude. Dans tous les cas, il convient de prendre des précautions pour limiter les pertes. Les reproducteurs doivent être retirés grâce à des filets à grande maille par exemple, le plus tôt possible après la ponte. Cela se justifie surtout pour les carpes de taille généralement disproportionnée par rapport aux alevins (géniteurs d'au moins 3-4 kg avec des alevins de quelques grammes seulement). Des pêches partielles à l'aide de nasse sont très intéressantes : captures faciles, peu traumatiques (prélèvement et relâcher rapide, peu de manipulations ...), progressives selon la disponibilité des étangs de croissance... La maille du grillage doit être adaptée à la taille des alevins. La pêche peut être plus ou moins tardive en saison de façon à disposer d'alevins plus ou moins gros suivant les capacités trophiques des étangs d'accueil et la taille finale désirée. La pêche au filet peut également être intéressante mais nécessite plus de main d'œuvre. Grâce à ces deux méthodes, on peut se contenter de pêches partielles et utiliser les étangs de pose pour, par exemple, stocker des carnassiers reproducteurs après leur reproduction. De la sorte, les carpeaux en excès sont éliminés comme poisson-fourrage.

Enfin, une vidange totale est possible et souvent plus simple pour les espèces prégrossies en cycle long. Les techniques de vidange sont les mêmes que pour la récupération des vifs mais quelques précautions supplémentaires sont indispensables pour limiter la mortalité : pêcherie bétonnée en aval facile à pêcher, mailles des grilles très fines (1 mm) pour éviter les fuites d'alevins, débit de vidange modéré, faible débit, arrivée d'eau propre en permanence...

NB : la reproduction du goujon est possible en étang de pose (61) : le fond du bassin doit présenter au moins par endroit des lits de gravier et une arrivée d'eau de l'ordre de 5-10 l/s et souhaitable. Les géniteurs doivent être pêchés précocement avant la ponte. La densité de géniteurs mis en place est de 500/1000 m² à raison de 65 % de femelles pour 35 % de mâles (26). La surface du bassin ne doit pas dépasser 2000 m² et la pente du fond doit atteindre de 1 % au moins aux alentours de la vidange pour une bonne récupération des alevins très petits. La mortalité de l'éclosion à 10 g est évaluée à 57 % (26). La survie des géniteurs est variable au cours de leur saison de reproduction : 15-70 % pour les G₃⁺ et 75-90 % pour les G₂⁺. Deux perspectives s'offrent à nous : soit utiliser des géniteurs G₃⁺, favorisant une production plus élevée d'alevins aux dépens d'une mortalité parentale accrue, soit l'utilisation de G₂⁺, permettant un moindre recrutement mais une bonne survie du stock de géniteurs qui seront commercialisés (16).

3.2.3.4 Reproduction contrôlée

Deux méthodes sont couramment utilisées : la reproduction en étangs de ponte tels que les étangs frayères de type Dubisch ou Hofer et le recours à des frayères artificielles.

La première méthode essaie de reproduire au mieux les conditions naturelles d'exigences des espèces pour leur reproduction : le réchauffement est optimisé au maximum grâce à des profondeurs maximales de 30 cm. La dimension du plan d'eau est très faible (1 à 3 ares). La méthode est originaire des pays d'Europe de l'Est qui la pratiquent depuis longtemps (vers 1860) pour la carpe essentiellement :

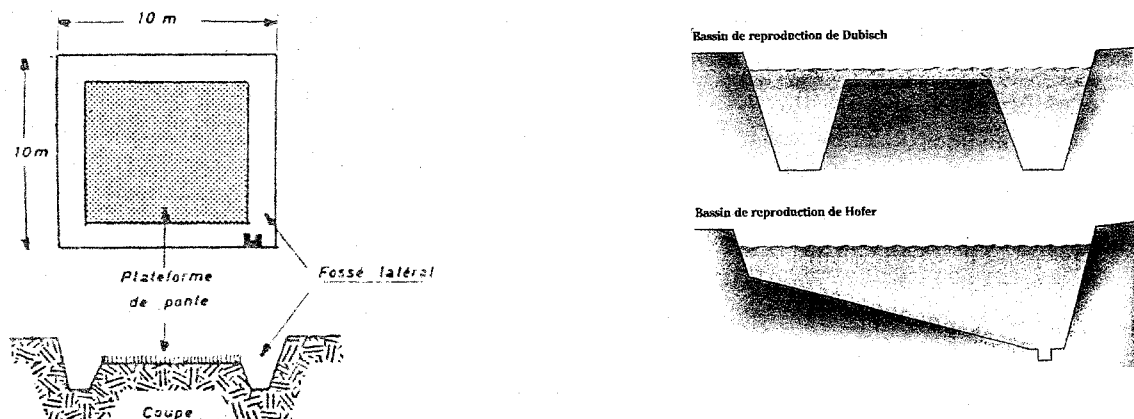


Fig. 12 : Modèles de frayères Dubisch et Hofer (23)

La plate-forme centrale richement enherbée sert de support de ponte, alors que le fossé périphérique profond de 45-60 cm et dépourvu de végétation sert de milieu de vie pour les adultes. Chaque bassin peut recevoir 1 à 3 poses de carpes (86). La température de ces bassins doit être suivie de près pour prévoir avec une certaine confiance le déclenchement de la ponte. Les géniteurs pré-maturés doivent y être déversés dès que leur seuil thermique est atteint ou légèrement dépassé. La ponte survient alors généralement dans les 48 heures (86) et les géniteurs doivent être retirés aussitôt après abaissement bref du niveau d'eau. La séparation précoce des géniteurs évite la destruction du frai. Les résultats sont variables et se situent entre 25 et 50 % d'éclosion (86). Les alevins doivent être transférés rapidement : une semaine après éclosion en général. Cette méthode n'est possible que pour des espèces à croissance rapide dont les alevins sont à cet âge suffisamment développés pour subir ce transfert : elle est régulièrement employée chez les carpes et carassins mais rarement chez la tanche.

La seconde technique est plutôt originaire des pays asiatiques. Son principe est simple et basé sur le fort tropisme des géniteurs pour les supports de ponte. Les étangs ou bassins de dimension similaires aux précédents, légèrement plus profonds (0.6-1 m) doivent être totalement dépourvus de végétation ou autres supports naturels et éventuellement recouverts de bâches noires. La température doit être contrôlée de la même façon et les géniteurs déversés dès que l'optimum thermique désiré est atteint. Les effets d'un choc thermique entre le bassin de prématuration et le bassin de ponte sont communément admis chez la plupart des espèces :

- la tanche (89)
- le poisson rouge chez qui une transition brutale répartie sur quelques heures ($1^{\circ}\text{C}/\text{h}$ (16) de 12 à 22°C provoque la ponte dans les 2-4 semaines (89)
- le gardon : choc de 9 à 16°C (89) pour améliorer l'ovulation
- la carpe : des travaux expérimentaux japonais obtiennent l'ovulation en soumettant les géniteurs à un choc thermique de 16 à 24°C en 6-8 heures débutant en fin de période claire : l'ovulation survient en milieu de la nuit suivante (16).

Les supports de pontes artificiels : carrés en fibre végétale, frayères artificielles en plastique, brosses, cadres grillagés garnis de cordages, de branches de genêts ou cyprès..., sont disposés quelques heures avant le moment présumé de l'ovulation. Les frayères peuvent être disposées sur le bord à 5-25 cm de profondeur ou flottants, le degré de flottabilité étant ajusté à l'aide de bouées ou de matériau tel le polystyrène. A défaut d'autres supports, les géniteurs les utilisent sans problème. Après la ponte, les frayères artificielles sont retirées et transférées en bassins ou étangs d'éclosion qui pourront également servir pour la croissance. Un traitement préventif contre la saprolégniose à base de Vert de Malachite à raison de 5 g/m³ aspergé sur les supports immergés est vivement conseillé (89). Le transfert en incubateur avec thermorégulation et oxygénation à saturation est également possible. La densité de reproducteurs ne doit pas être exagérée pour ne pas engendrer les désagréments caractéristiques de l'élevage intensif : moins de 200 sujets/m² pour le poisson rouge (89).

Ces méthodes exigent une main d'œuvre et des investissements supplémentaires. Les résultats sont beaucoup moins aléatoires et on peut observer précocement un éventuel échec de façon à renouveler l'opération rapidement. Les résultats sont meilleurs qu'avec les méthodes précédentes mais la récolte des larves beaucoup plus délicate. L'amélioration des résultats provient d'une meilleure maîtrise de certains paramètres décisifs comme la température et de la protection des œufs et des larves très vulnérables vis à vis de nombreux bio-agresseurs naturels notamment des insectes aquatiques et des autres poissons, parents y compris : le déversement en étang de croissance de poissons prégressis améliore très nettement le taux de survie global des alevins.

La régularité de la production d'alevins augmente avec ces différentes méthodes mais même si aucune n'atteint les résultats d'une reproduction artificielle avec maturation hormonale des géniteurs et incubation artificielle des œufs, ces techniques restent plus accessibles et économiquement plus viables.

3.2.3.5 Etangs de croissance

La phase de croissance peut se produire à même les lacs où ont lieu les reproductions naturelles et semi-contrôlées. Elle peut toutefois se produire dans des étangs prévus à cet effet. Quelques précautions concernant leur aménagement doivent être prises en comptes pour optimiser les performances de croissance et le taux de survie des larves.

Ce sont des bassins qui doivent privilégier un réchauffement rapide : ces conditions sont favorables au confort des alevins, au développement massif de plancton mais aussi à la reproduction dans les étangs de pose. Leur aménagement doit donc être approprié : taille modeste (< 0.5 ha), profondeur faible (< 1m sur les ¾ de la superficie), bonne exposition à l'ensoleillement et protection vis à vis des vents dominants. Leur rôle est bien plus important dans les cycles courts de reproduction semi-contrôlée qui se rapproche plus d'un système « pseudo-intensif ». La mise en eau doit être précédée d'un assec et d'un chaulage permettant l'élimination de nombreux prédateurs notamment des insectes aquatiques et des poissons envasés. 8-10 jours avant le déversement, un remplissage partiel (1/2 à 2/3) est réalisé après aplanissement correct du fond pour une vidange correcte; l'eau d'alimentation doit de préférence être filtré à l'aide d'une couche de gravier ou d'une grille à maille fine de façon à éviter l'introduction d'insectes prédateurs ou d'autres poissons. Aussitôt, une fertilisation minérale (60 kg/ha de phosphate d'ammoniac 43 % + 30 kg de superphosphate chaque semaine par exemple) et/ou organique (épandage de fumier par exemple) est pratiquée (cf3.3).

Cette pratique est primordiale car le développement bactérien et planctonique est essentiel pour la première alimentation des larves. L'épandage en bordure ou à la surface d'herbe, de foin ou de paille est conseillé (89) (16) pour le développement des rotifères qui constituent le tout premier aliment des larves. L'épandage sous forme de bottes ou gerbes est meilleur car les particules libres notamment celles de paille sont gênantes lors de vidanges précoces. La fumure organique ne doit pas être exagérée car l'excès de matière organique peut avoir des conséquences pathologiques au niveau des branchies très fragiles des alevins. 5-6 jours avant le déversement d'alevins, un traitement à base de Trichlorphon permet encore d'éliminer totalement les macro-Arthropodes et les Copépodes planctoniques prédateurs de larves mais aussi les Cladocères concurrents des rotifères et inconsommables par les premiers stades larvaires. La dose de 0.25-0.3 mg/l (16) préservent intégralement les rotifères. On peut diminuer la quantité de produit en abaissant le niveau d'eau. Idéalement, 48 heures avant déversement des larves la population planctonique doit être intégralement composée de rotifères. Les Cladocères et les Copépodes doivent réapparaître 3-4 jours après déversement alors que les alevins peuvent les ingérer. Le tableau (dans § 2.4.3.) montre avec précision le temps nécessaire au développement des diverses populations planctoniques. Des réensemencements en Cladocères à partir de fosse de lagunage sont possibles et tout à fait bénéfiques. Des contrôles réguliers du peuplement planctonique permettent de pratiquer le déversement au moment opportun et de réaliser éventuellement d'autres interventions culturales. Ces procédés pour adapter la population planctonique à l'optimum consommable pour les larves est d'autant plus valable que les larves sont chétives et petites (tanches) (BIL). Des fertilisations répétées par la suite maintiennent la production du plancton et ainsi améliore la survie et la croissance des alevins. Un nourrissage artificiel des juvéniles peut être essayé à partir du 10^{ième} jour à base de miettes de 0.5 mm à 42 % de protéines chez la carpe (16) et le carassin doré (78). La taille de l'aliment est progressivement augmenté en veillant à ce que les plus petits sujets puissent les consommer et le taux protéique est abaissé à 18-20 % vers l'âge de 2-4 mois.

Le déversement demande également quelques précautions : après la pêche, les alevins doivent de préférence être conservés dans la même eau car à ce stade, ils sont très sensibles aux variations de qualité de l'eau. Selon l'état des animaux, il est conseillé de procéder à un traitement sanitaire à l'aide de sel à raison de bains à 30 g/litres pendant 30 à 40 secondes pour éliminer certains ectoparasites, limiter le stress et prévenir le risque de surinfection de certains micro-traumatismes infligés lors de la vidange. Enfin, les poissons doivent être libérés rapidement dans les lacs de croissance. Les déversements doivent être de préférence dans des zones de confort pour les alevins, plages ensoleillées ou herbiers riches en nourriture par exemple. Il est plus pratique d'utiliser des mesures, passoires en plastique par exemple : il suffit de dénombrer les poissons contenus dans une mesure et d'additionner les mesures pour atteindre l'effectif désiré.

Dans la mesure du possible, il est préférable de relâcher des lots homogènes de façon à avoir une croissance harmonieuse : dans le cas contraire, la compétition alimentaire développe un taux de croissance bien supérieur chez les individus les plus grands et parfois des comportements cannibales notamment chez le carassin doré (67) (78). L'hétérogénéité du lot s'accroît et les performances globales sont diminuées.

Les étangs n'assurant que la croissance des stades avancés demandent moins d'exigences : ils sont généralement plus vastes et les meilleures productivités pour des carpes sont obtenues pour des profondeurs moyennes de 1.5 m (16). La charge dépend de leur richesse en éléments nutritifs, du mode de gestion, du niveau de fertilisation et de la production escomptée : ils doivent produire à l'automne des sujets dont la taille est programmée en jouant sur la densité et le taux d'alimentation. Ils correspondent en général

aux mêmes lacs où les géniteurs de gardons ou rotengles réalisent leur reproduction naturelle. Pour les espèces nécessitant deux années de croissance, il faut se préserver du risque de reproduction non maîtrisé qui peut apparaître. Il ne faut les conserver que deux années au maximum, ce qui ne laisse en général pas le temps aux femelles d'acquérir leur maturité sexuelle. Le tri par sexe est impossible pour la plupart mais envisageable pour l'obtention de tanches de taille plus grande pour la consommation ou la pêche au silure par exemple (96).

Les mises en charges dépendent des capacités trophiques des étangs et de la taille espérée en fin de saison. Les élevages surdensitaires peuvent diminuer la production : ils sont néfastes dans le cas de relation stok-recrutement de type Ricker et inutiles dans le cadre du modèle de Beverton et Holt (mortalité accrue et diminution du taux de survie)(22). La densité est un facteur important qui fait varier considérablement la taille finale des sujets obtenus :

- ◆ Carpes : une mise en charge de 5000 alevins/ha permet une production de 4000 feuilles de 9-12 cm,
- ◆ Tanches : 40 000-60 000 T_0^+ /ha (BIL) en monospécifique,
- ◆ Goujons : la densité optimale pour la croissance semble être de 22 ind/m². Dans de telles conditions la productivité en monoculture peut atteindre les 200 kg/ha (61) et 90-95 kg/ha en polyculture (16).
- ◆ Carassins dorés : jusqu'à 200 000-500 000 Ca_0 /ha en monoculture (78).

Le taux de survie est variable durant la première année : 35-60 % en étangs de pose et 60-80 % en étang de croissance chez la carpe (16), plus de 95 % à 45 jours chez le carassin doré élevé artificiellement à partir de proies vivantes, 87 % chez le goujon dans les mêmes conditions (67). Chez la tanche, il est particulièrement faible : 10-30 % seulement (89). Les déversements à partir de larves vésiculées issues de reproduction contrôlées sont possibles : 40 000 larves de carpes/ha mais beaucoup plus aléatoires

Densité initiale au 2 ^{ème} alevinage (ind/ha)	Poids final C0+
100 000	15-20 g
20 000	50-70 g
10 000	100-150 g

Tabl. 13 : Influence de la densité initiale sur la taille des sujets en fin de saison (16)

Des prélèvements en cours de saison de croissance pour l'approvisionnement en vifs d'été, améliore la performance globale : les individus les plus gros sont prélevés en priorité et leurs cadets peuvent bénéficier du phénomène de croissance compensatrice. Des schémas de productions de juvéniles de carpes de différentes tailles en Israël le confirment : les bassins d'élevage sont tous chargés à la même densité (100 000 alevins de 1-1.5 g/ha) puis cette dernière est diminuée par des pêches partielles de façon à obtenir un large éventail de taille au final variant de 50 à 250 g selon l'intensité du prélèvement (16).

Comme on l'a vu précédemment, la température est un facteur déterminant de la croissance. Pour réduire la période de croissance faible à nulle en hiver, des pisciculteurs tchécoslovaques ont donc eu l'idée d'essayer de réchauffer l'eau par effet de serre en appliquant un film plastique comportant des alvéoles d'air directement sur la surface de l'eau

(BERKA) : un développement algal est rapidement survenu mais les performances au niveau des poissons se révélèrent mauvaises : poids des alevins 3.9 fois moindre et survie 2.6 fois moindre par rapport à un bassin témoin découvert. Des essais positifs semblent en revanche avoir été enregistrés en Allemagne en ne couvrant que la moitié du bassin. L'utilisation d'autres procédés comme des serres généreraient des investissements trop lourds.

3.2.4 Association avec d'autres espèces

La pisciculture de vif n'est absolument pas une culture exclusive. Au contraire, elle est généralement secondaire à d'autres types de production comme celle de la carpe de consommation en Brenne ou en Dombes. Dans le cadre d'une production privilégiant le vif, il est possible de diversifier la production. Les espèces en association ne doivent pas entrer en concurrence avec les espèces utilisées comme vif ou dans une mesure modérée et facilement contrôlable.

3.2.4.1 Les carnassiers

Compte tenu de leur comportement alimentaire, leur production s'accompagne toujours d'une baisse de productions des vifs. L'expérience montre qu'en l'absence de carnassiers, la production de cyprinidés augmente de 20 à 30 % dans la mesure où les ressources alimentaires (zooplancton, macro-invertébrés) ne sont pas limitantes (10). Cela se justifie encore plus dans notre structure où les tailles correspondent à celles que préfèrent les prédateurs. Leur présence modifie toujours le profil de la population cyprinicole, dans certain cas, les résultats peuvent être catastrophiques mais si leur introduction est réfléchie, on peut améliorer la productivité de l'étang par leur action directe sur les Cyprinidés mais aussi par leur propre valeur économique : le phénomène de prédation est une relation d'équilibre qui permet naturellement aux prédateurs et aux proies de subsister (22).

Le pisciculteur doit définir avant alevinage, l'importance biologique du prédateur dans l'équilibre du peuplement et pour cela quelques renseignements sur leur biologie peuvent s'avérer utiles. Les quatre espèces les plus intéressantes au niveau zootechnique et économique sont le brochet, le sandre, le black-bass et la perche. Leur consommation quotidienne moyenne est de l'ordre de 0.5 à 6.5 % de leur poids selon leur activité alimentaire saisonnière (21).

Quelques connaissances concernant la biologie de ces prédateurs pourront permettre de mieux orienter leur utilisation : comportement et régimes alimentaires d'une part, reproduction et croissance d'autre part.

- **régime alimentaire adulte** : le régime du brochet est exclusivement ichtyophage. Les invertébrés ne sont ingérés qu'occasionnellement à défaut d'autre nourriture (1-2 % d'insectes de grande tailles (70), 0.45-0.5% de zooplancton dans certain lacs eutrophiés (93)). A 15-18 cm, le sandre adopte également un régime presque exclusivement ichtyophage (21). Les perches en revanche présentent un comportement alimentaire généraliste avec une large participation d'insectes, de macro-crustacés et de crustacés planctoniques, les poissons ne constituant en moyenne que 50 % de la ration des perches de plus de 25 cm (21). Les pourcentages d'occurrence de ces quatre aliments chez 2522 perches

analysées sont respectivement de 24.1 (larves de chironomes), 30.5 (Isopodes), 26.3 et 28.8 % (79). Des cas de populations perches se nourrissant à 80-99 % d'insectes ou crustacés semblent fréquent en retenues naturelles, y compris chez des sujets âgés (62). Hoestlandt recense seulement 2.6 % de perches piscivores dans son étude portant sur 1188 contenus stomacaux tout âges confondus, en remarquant que les régimes piscivores dépourvus d'arthropodes ne se rencontrent pas en conditions naturelles (62). La situation est la même chez le black-bass qui adopte un régime très éclectique à base d'invertébrés et Crustacés divers notamment d'insectes aériens. Le poisson peut ne constituer que 20 à 50 % de sa ration. (26) (21) (32).

évolution du régime : ce critère est important car l'introduction de prédateurs doit permettre une régulation positive des blancs et en aucun cas engendrer une compétition au niveau alimentaire. Or, comme tous les poissons, leurs alevins se nourrissent d'éléments planctoniques. Leur régime alimentaire évolue selon une séquence constante de trois écophases trophiques : de planctonophage à entomophage puis à ichtyophage. Les transitions sont fonction de la densités en proies en particulier en jeunes alevins de blancs et leur disponibilité peut constituer un important facteur limitant. Le tableau suivant montre l'âge des différentes transitions chez les quatre espèces les plus utilisées :

	Transition planctono-entomophage	Transition entomo-ichtyophage
Brochet	20-30 mm (11-20 jours) (21) (89).	35-40 mm (89). 30-36 jours (21) 642°C-j (26) ou 21-74 mm (21): apparition du cannibalisme
Perche	120 mm (21).	16-18 cm (21) 1-9% de P ₀ ⁺ piscivores même partiellement (62).
Sandre	12-15 mm (21)- (26) (55).	35-40 mm (21) (26) (16) (89). 4-6 sem (89) A 7-8 cm (4 mois) presque ichtyophage exclusif (89)
Black-bass	50 mm (21).	A 12-13 cm : régime exclusif ichtyophage possible (21)

Tabl. 14 : Evolution du régime alimentaire chez les principale espèces de carnassiers élevés en association avec les Cyprinidés.

- **comportement de chasse et sélectivité des proies** : le brochet, doué d'une accélération impressionnante et d'une grande force de propulsion est le chasseur à l'affût par excellence. La capture est une interception et rarement une poursuite. C'est un prédateur solitaire, territorial qui attend que les proies viennent à lui. Il s'agit en outre d'un chasseur opportuniste qui consomment en premier lieu les proies les plus disponibles (70), les plus faibles et les moins défensives. Il limite au maximum ses efforts de chasse en sélectionnant de préférence les proies les plus grosses. Sa gueule est bien adaptée à ce type de capture puisque la taille maximale de ses victimes peut atteindre 1/4 à 1/3 (21) voire la moitié (89) de sa longueur et 30 à 50 % de son poids (26). Face à son mode de chasse les espèces benthiques présentent un « indice de risque » supérieur et les blancs au mode de vie pélagique semble plus épargnés. Les perches et les sandres en revanche aux mœurs plutôt grégaires et peu territoriales constituent des cohortes du même âge particulièrement efficaces pour la chasse en bande : la stratégie accroît l'efficacité des capture dans les bancs de petits blancs. La chasse se

rapproche du principe d'une chasse à courre selon une stratégie de poursuite horizontale. L'activité du sandre est surtout crépusculaire et nocturne. Les proies recherchées par le sandre sont généralement de taille plus réduite que celles du brochet : 6-12 cm (21) correspondant 10-15 % de son poids (26), en raison de l'étroitesse de son gosier (?). Son introduction dans de nombreuses eaux a suscité de vives réactions et a parfois été vécue comme un véritable désastre écologique : raréfaction massive de nombreuses populations autochtones de Cyprinidés tels le gardon ou la brème dans les étangs du Vaccarès, de l'Olivier (21) ou les rivières britanniques ou danoises (28), extinction d'espèces comme deux espèces du genre *Phoxinellus* en Turquie (28). Sans contrôle, un déversement de sandres pourrait donc avoir un impact très négatif sur notre type de production, sans parler de son rôle déterminant dans les graves épizooties de bucéphalose dévastant les Cyprinidés. Son habitude à tuer expressément des proies pour les consommer ensuite était autrefois évoqué (37) mais semble surtout le fait de son comportement reproducteur très agressif. La préférence des perches et black-bass va plutôt sur des sujets de petite taille inférieure à 8-10 cm (89) même si des écarts à la règle sont souvent observés autorisés par la large gueule de ces prédateurs. La préférence semble plutôt la conséquence du comportement de chasse de type « harcelant ». Ce type de chasse commun aux Percidés peut s'avérer négatif sur la production globale de Cyprinidés : des expériences menées en Finlande montrent que des *Carassius auratus* élevés en présence de perches adultes se réfugient sur les bordures pour échapper à la prédation. Ce confinement entraîne une compétition intense pour l'espace et la nourriture et limite fortement la croissance globale de la population. Seuls, les individus de plus de 10 cm échappant à la prédation et rejoignant la pleine eau, se libèrent de cette compétition (croissance beaucoup plus forte et donc hétérogénéité forte du lot) (22). L'association de black-bass avec d'autres prédateurs est envisageable car leur comportement alimentaire est réduit en dessous de 5-7°C (89) et maximal pendant les périodes de chaleur caniculaire, donc totalement en décalé par rapport aux autres prédateurs plutôt amateurs de températures fraîches.

- **reproduction et évolution de la population de prédateurs** : le taux de survie des brochetons en conditions naturelles est très faible (0.5 % (21)). L'impressionnante capacité de régulation du brochet s'étend à sa propre espèce et découle d'un cannibalisme précoce (dès 21 mm c'est-à-dire 3 semaines d'âge (21)) et persistant durant toute la vie de l'animal, les sujets d'âge 2⁺ n'étant pas forcément épargnés (93). Chez la perche, le sandre ou le black-bass, le cannibalisme est présent mais n'engendre pas une régulation des populations suffisante. Cette « invasion démographique » découle d'un fort caractère de résilience présent chez ces espèces : stratégies de reproduction performantes (surveillance rapprochée des œufs et des alevins chez le sandre et le black-bass), forte croissance, niches écologiques libres par raréfaction d'autres espèces carnivores comme le brochet... A l'inverse de ce dernier le taux de survie du sandre après déversement d'alevins dépasse 50 % au bout d'une saison (26) (88). On évoque souvent chez les perches, le phénomène de nanisme induit par développement d'une trop forte concurrence alimentaire intra-spécifique. On se trouve en présence d'une population constituée à 95 % d'individus de moins de 13-18 cm conservant un régime zooplanctonophage ou entomophage en concurrence directe avec les Cyprinidés élevés (21) (62). Les cas répertoriés sont nombreux (21) (62). En réalité, il ne s'agit pas d'un nanisme vrai puisqu'un élevage réalisé à partir d'une ponte de perches considérées comme naines conduit à des performances de croissances normales (62). C'est une évolution démographique naturelle vers une population à classe unique dominante des sujets d'âge inférieur à 2+ avec large prédominance des 0+ (62). Cette situation est favorisée par l'eutrophisation progressive des eaux (abondance en zooplancton (62)) et la clémence de nos climats à la limite sud de l'aire de répartition géographique cette espèce (62). La stratégie de reproduction se rapproche d'une stratégie r avec forte fécondité, croissance faible aux profits d'une maturité précoce (maturité sexuelle de 20 à 90 voire 100 % de mâles 0+ (62) (48)), réduction de la longévité

(62)... Lors de la saison hivernale, le manque de nourriture engendre un état d'inanition des individus de moins de 5-6 cm et se traduit par une très forte mortalité de ces individus jusqu'à 90 % (B). Seuls les individus les plus résistants survivent et assureront la reproduction au printemps suivant. « L'effet groupe », avec éventuellement l'existence de phéromones inhibant la croissance sous fortes densités, semble donc le facteur essentiel de cette situation (62) qui les empêche d'atteindre une taille suffisante pour acquérir un régime ichtyophage leur permettant de réguler leur population. La même situation peut se produire avec les autres Percidés en particulier le black-bass en eau bien chaude mais jamais chez le brochet qui régule parfaitement sa population.

- **Croissance** : ce paramètre est important pour établir la relation taille des proies/taille des prédateurs durant la saison de croissance :

	Taille des juvéniles 0+	Poids des juvéniles 0+ (g)
Brochet	15-20 (8-34) (21) 17.8+/-4.4 à 27.8+/-6.5 en rivière bretonne(70) 21.9 +/- 6.8 en étangs bretons (70) 20-25 (89) (26).	100-200 (21) (89)
Perche	7.7 (6.5-8.6) (21) 7-11 (62)	4-8 (5-8 cm) (89)
Sandre	15-18(21) (26) (88). jusqu'à 23 cm (37) à 30-32 cm (21)	150-180g (89) 100-150 g (4)
Black-bass	10-15 cm (21) 4-6 mais souvent plus jusqu'à 15 cm (89)	20 g (26).

Tabl. 15 : Croissance des quatre espèces de carnassiers les plus communément utilisées en association avec les vifs.

Toutes les espèces présentent une forte hétérogénéité de croissance même à l'intérieur d'une même génération : certains individus dépassent précocement le reste du lot et sont alors capables de consommer des proies inaccessibles pour leurs frères, l'écart se creuse alors rapidement. Chez la perche, des sujets d'âge 3+ peuvent se révéler plus petit que les plus grandes d'âge 1+ du même plan d'eau (62). Ce phénomène est particulièrement marqué chez le sandre ou le brochet (variabilité inter-lots pouvant atteindre un facteur 30 chez le brochet (21)). Les femelles présentent une meilleure croissance chez ces deux espèces (26), significativement chez le brochet à partir de 2 ans (44,2 cm contre 36.4cm (70)).

Le brochet s'impose par sa meilleure aptitude à réguler les populations piscicoles, notamment en sélectionnant les individus les plus faibles. En outre, il est particulièrement efficace dans son rôle épurateur en éliminant les espèces indésirables comme les perches soleil ou les perches (21) même si elles atteignent une taille respectable de 25-30 cm : il suffit de jouer sur la taille des spécimens introduits. Son prix est intéressant : 3.5 F/pièce pour des fingerlings de 6-8 cm, 50-60F/kg pour les adultes (26). Le sandre et le black-bass peuvent être intéressant d'autant plus que leur prix de revente est élevé (7 et 8-10 F/pièce pour des black-bass Bb₀⁺ de 8-10 cm et 12-16 cm (26), 100-150 F/kg au-delà (26), 60-70 F/kg (26) pour le sandre et 4-6 F/pièce pour des alevins de 4-5 cm (26).). A l'inverse, la perche cumule plusieurs inconvénients : comportement piscivore tardif voire absent, concurrence alimentaire forte avec les vifs, tendance rapide à l'envahissement, mauvaise régulation d'espèces indésirables ou seulement sur les alevins, faible prix de revente (25-30F/kg pour des perches

de consommation de 450 g (26), 25-35 F/kg seulement pour des perchettes de repeuplement (26)).

L'introduction de prédateurs peut être intéressante dans plusieurs cas précis selon les rythmes possibles de vidange :

- Lors de vidange annuelle, les alevins de carnassiers peuvent être déversés en accompagnement des alevins de vifs. Leur introduction élimine d'éventuels frais non désirés ou tardifs d'espèces à oviposition fractionnée. De plus, la prédation élimine les individus affaiblis ou présentant des retards de croissance. L'introduction de carnassiers permet ainsi d'obtenir une récolte plus homogène. La vidange annuelle est indispensable car les carnassiers qui ont une croissance supérieure aux Cyprinidés décimeraient le stock de vif durant la saison suivante.

- Dans les étangs de croissance vidangés tous les deux ans où les géniteurs de tanches ou rotengles restent en place, l'introduction de carnassiers, en début de deuxième saison d'élevage élimine la reproduction de la deuxième année : lors de la vidange, la population de blancs sera plus homogène sans cette seconde génération trop petite. Un tri fastidieux est ainsi évité et la productivité est valorisée puisque l'ensemble de la récolte (vifs et carnassiers) est directement commercialisable.

- Dans le cas de retenues vidangées occasionnellement, l'introduction de certains carnassiers permet une régulation efficace des populations de blancs par élimination des excédents et notamment des sujets les plus gros : la qualité des vifs est préservée. Le brochet doit être privilégié car les autres espèces par leur fort pouvoir de résilience tendent à pulluler aux détriments des espèces autochtones.

- Dans certains plans d'eau mal gérés, l'impact des carnassiers peut améliorer la qualité du stock piscicole lorsque l'état du peuplement s'est fortement dégradé : condition de surpopulation des cyprinidés induisant un mauvais état sanitaire de la population de vifs ou le maintien d'une taille inférieure à la taille requise, envahissement d'un plan d'eau par une espèce indésirable ou par des poissons en compétition trop forte avec les vifs. Les carnassiers vont alors valoriser la production en transformant des «protéines de basse valeur» en «protéines de haute valeur». La production de vif sera diminuée mais sa qualité augmentée. Les carnassiers utilisés dans ce cas ne sont pas des alevins mais des individus adultes susceptibles de consommer les poissons jugés indésirables : black-bass dans des stocks de vifs en surpopulation ou contre les alevins de poissons-chats (89), brochet pour éliminer des perches (jusqu'à 20-30 % de la ration (93)) y compris la perche-soleil, carpes ou carassins supérieurs à la taille requise. Malheureusement, la prédation s'effectue sur l'ensemble de la population et jamais spécifiquement sur la sous-population indésirable.

Pour toutes les espèces, il faut calibrer les alevins dans chaque lac aleviné car les différences de croissance augmentent considérablement au cours de la saison de croissance et les risques de pertes par cannibalisme sont importants. Les prédateurs peuvent être déversés selon les densités suivantes, en fonction de l'effet désiré :

- ◆ Brochet : 200 brochetons de 5 sem. /ha pour obtenir en moyenne 100 B₀⁺ de 100-200g (89).
- ◆ Black : 7 (8-10) couples /ha ou 6 kg de reproducteurs de 300-400g (26) (89)
Alevinage black : 500-2000 alevins/ha (26) ou 10-30 larves/m² (26).
- ◆ Perches : 2-10 couple/ha (26) (89)
- ◆ Alevinage sandre : 300-500 ind de 5 sem./ha (26) (4) (88). Des densités plus élevées sont proposées mais le taux de survie est plus faible et la croissance également (poissons de 30-50 g au lieu de 100-150 g (4)). 40-60 vésicules /m² (26) (88)

3.2.4.2 Les carpes chinoises

Ces espèces largement utilisées dans le cadre des systèmes en polyculture en Asie et Europe de l'Est, améliorent considérablement la productivité des étangs par leur comportement alimentaire totalement original. Les ressources exploitées sont totalement délaissées par la majorité des autres Cyprinidés et de ce fait leur élevage permet des rendements nettement plus élevés. En dépit de la variété d'espèces exploitées, en France seules deux semblent s'implanter facilement : la carpe Amour et la carpe argentée. Les introductions ne peuvent se faire qu'en eaux closes puisque ces espèces ne figurent pas dans la listes d'espèces représentées dans les eaux françaises (cf. Annexe 1 : arrêté du 17/12/1985) et après autorisation auprès des autorités administratives compétentes (art. 232-9) (56). Dans notre cas, en dehors de tout débouché pour la production de poissons de consommation, leur élevage en tant que tel ne présente que peu d'intérêt. Seule, leur contribution à améliorer la productivité des autres espèces peut justifier leur introduction.

La carpe amour *Ctenopharyngodon idella* nourrit exclusivement de végétaux supérieurs et d'algues filamenteuses. Cela peut déjà constituer un certain intérêt en tant que faucardeur écologique dans la gestion de la végétation (cf.3.1.2.). La compétition alimentaire est limitée avec nos cyprinidés européens qui ne consomment que de faibles quantités de végétaux et ce surtout quand leur nourriture naturelle fait défaut. En revanche, toute la matière organique consommée est en grande partie restituée au milieu sous une forme bien plus assimilable par le reste de l'écosystème (cf. 3.3.4.3.1.). Leur digestion très incomplète (50 % de la cellulose (26)), explique la richesse de leurs excréments en matière organique recyclable : l'ingestion de 40-50 kg de plantes ne produirait qu'un seul kilo de poids vif, ce qui revient à dire que la capacité fertilisante est élevée (63). Le régime macrophytophage exclusif apparaît dès l'âge de 36-46 jours (4-5 cm) (26). Il serait très sélectif en faveur de jeunes pousses et de plantes pauvres en cellulose (63). Certains auteurs affirment que cette préférence s'atténue avec l'âge : les stades juvéniles consomment de préférence les plantes les plus digestibles et ce n'est qu'à partir de 4 ans qu'elles peuvent consommer les plantes dans leur intégralité (26). La consommation d'aliments artificiels à base de végétaux (luzerne notamment) ou de végétation terrestre fraîche est possible. Leur comportement alimentaire est très réduit aux alentours de 4°C et s'amorce de façon significative à partir de 10-16°C pour devenir optimale entre 21 et 26°C (26). La consommation quotidienne augmente avec la température pouvant atteindre 15 à 20 % de son poids (89). L'élévation de température et donc des besoins rendrait les poissons moins sélectifs vis à vis e leur nourriture.

Certains auteurs émettent quelques réticences quant à ce poisson qui, en l'absence de végétaux supérieurs se tournerait vers les grandes formes de Cladocères et autres invertébrés (16). D'autres soulignent l'importance des invertébrés ingérés en même temps que les végétaux (21). De plus, compte tenu de la contribution active des herbiers à la production piscicole, l'impact des amours doit rester modéré de façon à respecter 20 à 30 % du couvert végétal au cours de toute la saison. Les biomasses déversées doivent donc être réduites et régulièrement adaptée à chaque pêche : une introduction produirait au long terme un effet défavorable aux populations de poisson se reproduisant sur les végétaux (63). L'introduction de cet espèce semble largement bénéfique d'autant plus que les effectifs sont faciles à contrôler car la reproduction nécessite des impératifs de débit d'eau que l'on ne peut rencontrer en étang (reproduction artificielle obligatoire).

La carpe argentée *Hypophthalmichthys molitrix* semble quant à elle présenter un intérêt beaucoup plus limité voire préjudiciable aux cyprinidés européens. Son comportement trophique est particulier puisqu'il s'agit d'un microphage passif de pleine eau : l'organe supra-branchial caractéristique des espèces de ce genre, permet un rythme de filtration de l'ordre de 18-25 l d'eau/h et la récolte passive de particules en suspension retenues par les mailles du filtre (supérieures à 20 µm) : phytoplancton (Cyanophycées et Chlorophycées > 30 µm), détritiques, petites formes de zooplancton de taille avoisinant 0.1-0.15 mm (53). Selon la plupart des auteurs, cette espèce n'aurait aucune action directe sur les grandes formes de cladocères voire un effet légèrement positif (passage de 20-30 Cladocères/l à 90-100 Clad/l en quelques jours après empoisonnement en enceintes expérimentales) (53). En piscicultures israéliennes, il a été montré que les productivités piscicoles sont augmentées lors d'associations carpes herbivores-carpes communes : les carpes herbivores transforment les populations phytoplanctoniques inutilisables par les autres Cyprinidés en aliments consommables directement (une carpe argentée de 5-6 g excrète entre 0.2 et 0.8 g de matière fécale/24 heures) ou par le biais de nombreux Arthropodes benthiques très recherchés par les Cyprinidés (53). D'autres auteurs nuancent ces résultats : la présence de biomasses élevées en carpes argentées (> 350 kg/ha) conduit à des changements dans la structure des communautés zooplanctoniques affectant en priorité les Cladocères de grande taille. A l'inverse, les biomasses faibles (< 200 kg/ha) sont associées à une augmentation de l'abondance zooplanctonique (45). Dans tous les cas, on assiste au développement d'espèces phytoplanctoniques de petite taille inférieure à 20 µm non prélevées par les carpes elles-mêmes ou par les grands Cladocères qui ont disparu (53) (45). Depuis son introduction dans le delta du Danube pour limiter les proliférations algales causées par l'eutrophisation, son développement se fait aux dépens des carpes communes et carassins autochtones (28).

L'emploi de cette espèce est donc discutable et doit dans tous les cas se limiter à de faibles densités de façon à limiter la compétition avec les grandes formes de Cladocères indispensables aux Cyprinidés autochtones.

3.2.4.3 Les espèces ornementales

Avec le développement actuel de l'aquariophilie et des bassins d'extérieur, ces espèces peuvent constituer une source de diversification intéressante. Trois espèces essentiellement peuvent être cultivées en accompagnement des vifs : la tanche dorée, le poisson rouge et la carpe koï. Pour le carassin, l'élevage est très ancien : dynastie des Sung en Chine en 420-470 av. J.C. (78). Leur élevage trouve son équivalent dans les espèces de souche sauvage utilisées en tant que vif : la tanche, le carassin doré et la carpe commune. Ces espèces d'accompagnement constituent une part minoritaire de la demande en vif si bien que l'offre pourraient facilement être bien supérieure. La substitution des espèces sauvages par leurs équivalents ornementaux peut combler ce secteur mal exploitée sans mise en œuvre de moyens supplémentaires. Leur commercialisation est plus tardive que les vifs et se situe majoritairement au printemps lors de la conception des bassins d'extérieur.

Le système de production peut être calqué sur celui de leurs congénères utilisés comme vif en accompagnement de 60-80 % de blancs. En revanche, leur reproduction en conditions naturelles demande des exigences thermiques plus élevées qui imposent une reproduction contrôlée. Cela ne complique pas forcément la pratique d'élevage qui est déjà en œuvre pour les souches sauvages. De plus, la reproduction en bassin de petite surface permet un meilleur contrôle des reproducteurs présents dans un but d'amélioration des résultats par sélection mais

surtout d'exclusion de tout risque d'hybridation avec des souches sauvages. Les espèces ornementales sont plus fragiles que les souches sauvages notamment au niveau de la sensibilité aux bio-agresseurs et de la prédation aviaire : leurs formes et leurs colorations ne constituent pas avantage en milieu naturel. L'élevage de toutes les espèces ne nécessite qu'une seule saison y compris pour les tanches dorées qui peuvent être mises en vente à des tailles bien inférieures que celles demandées pour les vifs.

Pour les poissons rouges, des juvéniles présentent une coloration proche du type sauvage, un tri précoce permet de les éliminer vers la production de vifs. Cependant, il ne faut pas agir trop précocement car la coloration apparaît progressivement : 50 % de juvéniles colorés à 4-5 cm, puis 99 % à trois mois (89). La coloration est plus rapide lorsque la température de l'eau reste au-dessus de 22°C pendant plusieurs semaines (26). Chez les Koïs, le pH de l'eau influence la couleur : les eaux acides sont favorables aux colorations rouges vifs et les alcalines au noir (26).

Cette substitution partielle par des espèces ornementales peut constituer une diversification économiquement très intéressante puisque les sujets se vendent bien plus cher au même âge : 1.5 euro pour une carpe koï de 10 cm, 0.5-1 euro et 1-2 euro pour des poissons rouges de 4-6 cm et 8-10 cm selon leurs performances esthétiques (26). De plus, si l'on en croit la progression permanente du marché de l'aquariophilie en France (5-6 %/an), on peut développer une nouvelle source de revenu. Les espèces d'eau froide représentent 35 % du marché aquariophile dont 75 % pour le poisson rouge et 10 % pour les carpes koïs (26).

3.2.5 Attention particulière à l'introduction d'espèces indésirables ou nuisibles

D'abord, il est préférable de bien définir les termes de nuisible et indésirable : le terme « nuisible » prend une connotation juridique et selon l'article R. 232-3 du code rural, il fait allusion aux « espèces de poissons, de grenouilles et de crustacés susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques (...) et dont l'introduction dans ces eaux est, de ce fait, interdite. ». Les espèces de poissons concernées sont : *Ictalurus melas* poisson-chat et *Lepomis gibbosus* perche soleil, espèces américaines introduites en Europe pour la première fois en 1871 et 1877 en tant que curiosité scientifique (65). Leur colonisation progressive du continent européen par ces deux espèces s'explique par leur fort caractère de résilience: grande tolérance vis à vis de la qualité de l'eau (températures extrêmes, teneur en oxygène, turbidité...), stratégies de reproduction très performantes avec protection du frai et des alevins, stratégies alimentaires très efficaces avec des régimes euryphages opportunistes comportement sociaux développés, forte rusticité, grande plasticité écologique ... Les populations d'*Ictalurus melas* sont stabilisées alors que celles de *Lepomis gibbosus* semblent en régression sur l'ensemble du territoire français (21). Toutes les espèces de crustacés supérieurs autres que les écrevisses *Astacus astacus* écrevisse à pattes rouges, *Astacus torrentium* écrevisse des torrents, *Austropotamobius pallipes* écrevisse à pattes blanches, *Astacus leptodactylus* écrevisse à pattes grêles sont également interdites.

Le terme « indésirable » fait plutôt appel à des critères économiques et désigne des espèces dont l'introduction en pisciculture entraîne une diminution de productivité et donc de la rentabilité de l'exploitation. Les espèces indésirables comprennent :

- les nuisibles,
- des Cyprinidés se prêtant mal à l'usage de vifs ou autre production piscicole (bouvières, ables, et autre espèces d'eaux vives souvent peu résistantes),
- des Cyprinidés d'espèce compatible avec la pêche au vif mais de taille trop importante (carpes et carassins adultes en premier lieu) ou
- des espèces carnassières consommant des Cyprinidés.

Les désagréments occasionnés par ces espèces sont très divers :

✓ **Prédation sur les alevins et les vifs** : toutes les espèces carnassières présentes dans nos eaux sont susceptibles de diminuer fortement les populations de Cyprinidés (10). Les dégâts apparaissent dès leur deuxième année d'âge car leur croissance bien supérieure à celle de la plupart des vifs permet alors de prélever tous les sujets susceptibles d'être utilisés comme vif. Heureusement, la plupart des espèces prédatrices (brochet, sandre, silure, black-bass) ont une certaine valeur économique pour le repeuplement et la consommation. Les problèmes sont plus graves pour les espèces prolifiques et de faible valeur économique (Perches). Les deux espèces nuisibles n'occasionnent pas de gros dégâts à ce plan-là car leur croissance est faible sous nos latitudes (taille maximum de 25-30 cm atteinte à 5 ans pour *I. melas* et 16 cm pour *L. gibbosus* (21)) et leur comportement piscivore tardif (à partir de 15 cm seulement chez *I. melas* (21)).

✓ **Prédation sur les œufs et larves** : toutes les espèces de poissons, y compris les Cyprinidés adultes, sont réputées pour détruire activement les frayères et leurs produits. Les espèces carnassières qui tendent à pulluler et à rester de taille réduite (perches communes et soleil, poissons-chats) sont particulièrement redoutables (21).

✓ **Compétition alimentaire** : l'étang est un système clos dans lequel les ressources alimentaires disponibles sont partagées entre tous les intervenants : le développement de sujets inutiles pénalise forcément la croissance des espèces cultivées. Les espèces « agressives » à croissance rapide (carpes, carassins) ou très prolifique (perches, poissons-chats, perches soleil) deviennent rapidement pénalisante pour une production correcte. Les vifs de grande taille doivent être éliminés si leur fonction de reproduction n'est pas sollicitée. Par leur régime zooplanctonophage et entomophage, les stades juvéniles de carnassiers sont des concurrents importants des vifs. Les ichtyophages précoces comme le sandre et le brochet participent beaucoup moins à ce type de compétition. Les deux espèces nuisibles sont de redoutables compétiteurs à ce niveau : ce sont des zooplanctonophages tardifs et de grands consommateurs de macro-invertébrés benthiques (poissons-chats) et pélagiques (perches soleil) (21).

✓ **Désagréments physiques** : les espèces d'écrevisses nuisibles sont susceptibles d'occasionner des dégâts sévères dans les berges par leurs habitudes à creuser des terriers. Les rayons armés des nageoires de poissons-chats ainsi que ceux des Percidés et des Centrarchidés et les carapaces d'écrevisses sont susceptibles d'occasionner des blessures sévères aux pêcheurs et à aux autres poissons lors des manipulations de pêche

✓ **Déboires juridiques** puisque selon l'article L. 432-10 : « est puni d'une amende de 9000 euro le fait d'introduire dans les eaux mentionnées par le présent titre des poissons appartenant à des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques, et dont la liste est fixée par décret. »

Les introductions accidentelles de poissons-chats ne sont pas rares car les juvéniles ressemblent à s'y méprendre aux aiguillons de tanche et surtout de silures. Ils s'en différencient aisément par certains éléments précis : présence de 4 paires de barbillons contre 2 pour la tanche, présence d'une nageoire adipeuse, peau lisse sans écailles, premiers rayons des nageoires pectorales et dorsales transformés en aiguillon très piquants et bouche horizontale largement fendue. La perche soleil peut se confondre avec l'alevin de black-bass mais se reconnaît en général très bien : forme discoïde, dorsale épineuse caractéristique des Centrarchidés, colorations vives (reflets bleu-vert sur le dos et les flancs, ventre jaune-orange, tache rouge écarlate sur le bord postérieur de l'opercule des mâles...).

L'élimination des espèces indésirables est souvent délicate mais plus facile pour les espèces de grande taille et pélagiques. En revanche, les espèces benthiques et le poisson-chat en premier lieu se révèlent très résistants : forte résistance à l'assec, à des teneurs en O₂ très faibles (2 mg/l), capacité étonnante de résistance par envasement lors de l'hivernage mais aussi lors de sécheresse.... La méthode la plus radicale est sans conteste la vidange totale et l'assec. Dans le cas d'espèces particulièrement résistantes (poissons-chats), la prolongation de l'assec avec éventuellement mise en culture du fond de l'étang ou le recours à des épandages de chaux vive (1-2 t/ha), de roténone ou d'eau de Javel sur les zones restées humides s'avèrent parfois nécessaires. Dans le cas de retenues non vidangeables, des pêches partielles restent la seule méthode utilisable pour limiter l'impact de la compétition : pose régulière de nasses, prélèvement des boules d'alevins de poissons-chats de quelques jours... Le recours à des phéromones sexuelles attractives pour les poissons-chats mâles est utilisé pour comme moyen de lutte biologique pour les piéger dans des nasses sélectives (17). L'introduction de carnassiers adultes (brochet, sandre ou black-bass) peut être un moyen de valoriser des plans d'eau dont la population a totalement dégénéré.

Bien sur, la prévention passe par un contrôle scrupuleux des poissons lors de l'alevinage : ne jamais déverser un « fond de pêche » non trié. Lorsque l'arrivée d'eau est douteuse, la mise en place d'un filtre à gravier ou en grillage empêche les introductions de poissons extérieurs à la structure.

3.3 Fertilisation des étangs

Les organismes végétaux et animaux qui évoluent dans un étang, interagissent les uns sur les autres, directement ou indirectement, et constituent un réseau trophique complexe. L'homme ne valorise cet écosystème que par la production piscicole. Les poissons occupent les maillons supérieurs de la chaîne trophique et dépendent de la présence de nombreux micro-organismes en aval. Une intervention au niveau des premiers maillons de la chaîne permettra des répercussions dans les niveaux supérieurs. Malheureusement, un grosse part d'énergie se perd tout au long de la chaîne.

3.3.1 L'écosystème aquatique

3.3.1.1 Le plancton

Dans le plancton des étangs, on peut distinguer trois groupes principaux dont le rôle est majeur sur la productivité piscicole : le phytoplancton, le zooplancton et le bactérioplancton. Le premier est un producteur essentiel, le second joue le rôle de consommateur primaire qui transforme l'énergie sous une forme accessible au poisson, le dernier dégrade activement les organismes morts et participe activement au recyclage des éléments.

Ces organismes vivent le plus souvent en pleine eau, on parle alors de plancton proprement dit (algues et zooplancton pélagiques). D'autres sont inféodés au sédiment ou associés au substrat, on parle de périphyton. Tous les éléments sont plus ou moins représentés à tous les niveaux mais certains facteurs influent sur leur répartition spatiale : le phytoplancton est surtout sous forme pélagique car doit conserver un accès permanent à la lumière solaire indispensable aux transformations photosynthétiques, les organismes détritivores sont beaucoup plus denses au niveau du fond où s'accumulent tous les organismes morts...

3.3.1.1.1 Le phytoplancton

Il est composé de nombreuses espèces d'algues microscopiques qui lors de leur développement en masse donne une coloration généralement verte à l'eau. En étangs, leur diversité est réduite aux espèces de forte affinité pour les eaux riches en matières organiques. Leur prolifération se fait aux dépens des espèces plus sensibles et les différentes populations algales se succèdent suivant le niveau d'eutrophisation de l'eau et la compétition inter-spécifique. Cette compétition concerne notamment la disponibilité en éléments minéraux azotés ou phosphorés et la lumière. Cinq groupes de phytoplancton selon l'analyse de Wurtz (10) peuvent être retenus. Leur présence est plus ou moins corrélée avec le niveau d'eutrophisation des pièces d'eau :

◆ **Groupe I : Diatomées et Desmidiées** (algues brunes) : petits organismes cellulaires généralement pélagiques, elles sont caractéristiques des milieux oligotrophes pauvres en éléments nutritifs (< 1 mg/l d'azote). L'acquisition d'une fine carapace de silice (Diatomées) ou leur grande taille (Desmidiées) rend ces organismes difficilement consommables par le zooplancton. Leur développement saisonnier en milieu oligotrophe, connaît deux périodes de prédilection : le printemps et l'automne (16). Parmi les éléments phytoplanctoniques subsistant en période hivernale, figurent en premier lieu les Diatomées (46).

◆ **Groupe II : Chrysophicées et Dinophycées** : elles affectionnent les eaux légèrement minéralisées mais riches en matière organique en suspension qui constitue leur source de matière carbonée. La présence d'une coque limite encore la prédation zooplanctonique

◆ **Groupe III : Chlorococcales et Volvocales** (algues vertes ou Chlorophycées) : ces micro-organismes de petite taille sont doués d'une très grande vitesse de multiplication qui leur permet de coloniser rapidement les milieux eutrophes. Leur présence se traduit par une coloration verte de l'eau. Leurs exigences en azote sont importantes d'ailleurs des rapports N/P de 8 à 10 pour leurs besoins sont souvent avancés (16) (10). La plupart sont pélagiques avec une tendance à s'associer en colonies. Ce sont les premiers éléments phytoplanctoniques qui participent activement au développement de la production piscicole.

En effet, elles constituent des sources de nourriture abondante facilement assimilable par le zooplancton.

♦ **Groupe IV : Euglénophycées** : Ces algues unicellulaires mobiles affectionnent les milieux fortement eutrophiés et particulièrement riches en matière organique en suspension : leur caractère hétérotrophe facultatif présente un avantage sélectif par rapport aux groupes précédents en milieu très eutrophié. Leur présence se traduit souvent par la formation d'un film de couleur verte à la surface de l'étang.

♦ **Groupe IV : cyanobactéries ou algues bleues** : elles se développent lorsque la fertilisation minérale est déséquilibrée en faveur des phosphates (rapport P/N > 4). L'azote minéral n'est pas un facteur limitant puisqu'elles sont capables d'utiliser l'azote atmosphérique. Les conditions de déséquilibre en phosphate peuvent survenir à la suite de relargage de phosphore par le sédiment consécutivement à une diminution des concentrations en oxygène près du fond (< 1.5 mgO₂/l). L'intérêt de ce groupe dans la production piscicole est très controversé : même s'il est souvent associé avec les plus fortes productivités piscicoles (10), un développement de Cyanobactéries représente une situation de déséquilibre où les toxines et l'anoxie constituent un risque potentiel permanent de mortalité pour le stock de poisson (désoxygénation suite à la décomposition massive et brutale des algues). De plus, à la différence des algues vertes, les Cyanophycées présentent des qualités trophiques très limitées : leur tendance à s'associer en longs filaments d'où le nom «d'algues filamenteuses» (*Oscillatoria*, *Aphanizomenon*, *Anabaena*) les rend peu consommables par le zooplancton et les transforme en impasse trophique. Enfin, certaines espèces sont responsables de forte toxicité (*Microcystis*) et du goût de vase à la chair du poisson...

Le phytoplancton est un maillon essentiel à la base du développement de la biomasse piscicole en étang mais les différents groupes associés à des niveaux croissants de minéralisation et d'eutrophisation apportent des contributions très variables à cette productivité :

- Contribution importante à l'oxygénation du milieu grâce à leur activité photosynthétique. Elle est corrélée avec la richesse des algues en chlorophylle notamment en chlorophylle a (10) abondante chez les algues des groupes III à V.

- Mobilisation de l'azote minéral (ammoniac, nitrite et surtout nitrate) et conversion en azote organique. Il intervient à la suite des bactéries et participe activement au processus d'auto-épuration de l'étang. L'efficacité à ce niveau découle du mode trophique de chaque groupe. Les algues des groupes III et IV associées à des milieux très eutrophes sont les plus performantes et leurs besoins en azoté souvent limitant à leur prolifération. Les Cyanophycées sont quant à elles totalement inefficaces puisqu'elles utilisent exclusivement l'azote atmosphérique.

- Synthèse de matière organique qui initie les cycles du carbone et de l'azote : en tant que producteurs primaires, ils sont le maillon essentiel de toute une chaîne trophique. Deux critères déterminent leur à la productivité de l'étang : faculté à synthétiser la matière organique et à être utilisées par les maillons ultérieurs de la chaîne alimentaire (10). Le premier est lié à l'activité photosynthétique, le second repose sur leur bonne intégration dans la chaîne alimentaire aboutissant aux poissons : les algues du groupe III et IV sont celles qui sont les plus assimilables par le zooplancton

- Participation directe au régime alimentaire de certains cyprinidés comme le gardon. Des micro-algues benthiques, diatomées et certaines algues filamenteuses type algues

bleues sont fréquemment retrouvées et digérées dans le tube digestif de cette espèce (79) (16). Cette voie directe est la plus rentable au niveau énergétique car les pertes sont limitées par l'absence de consommateurs intermédiaires (8). Les algues unicellulaires interviennent probablement après leur mort dans le régime de certains poissons fouisseurs (carpes, tanches, carassins, gardons) qui les absorbent en même temps que les grumeaux de vase. Des questions subsistent d'ailleurs quant au rôle certainement sous-estimé de l'interface eau-sédiment au niveau trophique notamment en période hivernale (16).

En conclusion, le phytoplancton présente le maillon indispensable à la base de la production piscicole. Les cyanobactéries ont une contribution très variable parfois à l'origine de désagréments importants à la production. Certains auteurs ont d'ailleurs essayé de prédire la production autorisée par la population algale des plans d'eau : BARBE, 1999 propose une prédiction de la productivité des étangs en fonction de la concentration en chlorophylle a et de la composition de la population algale.

Groupe phytoplanctonique

Teneur en chlorophylle-a (mg/m ³)	Groupe phytoplanctonique					Légende
	Groupe I : diatomées et desmidiées	Groupe II : chrysophycées et dinophycées	Groupe III : volvocales et chlorococcales	Groupe IV : euglenophycées	Groupe V : cyanobactéries	
<20 mg/m ³						<150 kg/ha
20-50 mg/m ³						150-250 kg/ha
50-100 mg/m ³						250-500 kg/ha
>100 mg/m ³						>500 kg/ha

Fig. 13 : Grille permettant de déterminer la production piscicole potentielle d'étangs (kg/ha/an) à partir du groupe de phytoplancton dominant et de la concentration moyenne en chlorophylle a (mg/m³) pendant la saison de croissance. Cette méthode a été établie en étangs sans alimentation artificielle avec polyculture classique en présence de carpes, tanches, brochets et gardons ou rotengles (10).

3.3.1.1.2 Le zooplancton

Si on considère le zooplancton sur le plan de son intérêt en pisciculture, on peut simplifier en ne distinguant que deux catégories d'organismes : les grandes formes et les petites.

Les grandes formes (2.5 à 5 mm) sont essentiellement des crustacés de la famille des Cladocères appartenant au genre *Daphnia*. Ces organismes s'alimentent par filtration à partir de particules en suspension : phytoplancton, détritus, bactéries protozoaires... Les grandes formes de cladocères réduisent considérablement la biomasse phytoplanctonique et contribuent ainsi au transfert de la matière organique vers des formes accessibles aux

poissons. Ce sont les consommateurs primaires les plus intéressants au point de vue piscicole. Ils un aliment de haute valeur nutritive de part leur richesse en protéine : 65 % du poids sec pour les daphnies (7). Du fait de leur taille et de leur nage lente, ils constituent les proies privilégiées des Cyprinidés zooplanctonophages adultes. De nombreuses expériences en témoignent : consommation de 80 000 daphnies en 24 h. par une carpe C₃, élimination totale de daphnies (environ 100 ind./l) par des carpes de 300g à la densité de 1 ind./m² en 9 jours, mêmes résultats avec des carpillons de 12 g à la densité de 1 ind./m³ en 19 jours (16).

Les petites formes (moins de 1.5 mm) comprennent d'autres espèces de Cladocères (*Daphnia* de taille plus réduite et surtout *Bosmina*), d'autres crustacés du groupe des Copépodes et de nombreuses espèces de rotifères. La plupart sont comme les grands cladocères des éléments filtreurs mais du fait de leur taille réduite ils ont une action beaucoup plus réduite sur la masse phytoplanctonique. En revanche, les copépodes ne présentent ce type de régime que durant leur stade larvaire (nauplii). A l'état adulte, ils adoptent un régime carnivore et consomment essentiellement des éléments du zooplancton et les formes les plus grandes (jusqu'à 3mm) peuvent s'attaquer aux œufs et larves de poissons (8). Leur nage saccadée et leur taille minuscule réduit la prédation des poissons adultes sur leur population. L'intérêt piscicole des petites formes zooplanctoniques est donc réduit par rapport aux grandes formes. En revanche, leur intérêt est essentiel pour le développement de toutes les larves de Cyprinidés : dès résorption de la vésicule vitelline, les rotifères, puis les Copépodes et les petits cladocères constituent la première alimentation assimilable par les alevins. Leur taux de survie est d'ailleurs corrélé à l'abondance de micro-organismes.

Lors d'un empoisonnement, les grandes formes du zooplancton disparaissent très rapidement au profit des petites formes qui prolifèrent (16) (observations obtenues en Dombes, en région Centre ou en Pologne). Ces dernières ne sont alors plus en compétition avec les grandes formes. Les biomasses de phytoplancton et de petites formes de zooplancton sont donc d'autant plus fortes que la prédation sur les grands cladocères et donc la charge de poisson augmente (16).

3.3.1.1.3 le bactérioplancton

Peu de données se rapportent à la population bactérienne des étangs. Cela explique les grandes lacunes de nos connaissances à son sujet. En fait, la plupart des recherches concernent les bactéries pathogènes pourtant faibles par rapport à la biomasse bactérienne totale. Leur rôle est essentiel dans les processus biochimiques en œuvre dans l'étang à la base du recyclage de la matière vivante et de l'énergie. D'autres nombreux organismes (Protozoaires, champignons, Arthropodes) participent activement à ce recyclage de matière et d'énergie.

Le bactérioplancton participe avec d'autres organismes détritvires plus évolués au recyclage des matières organiques mortes en la transformant en éléments nutritifs assimilables par les organismes végétaux, macrophytes ou bactérioplancton. Dans les étangs, la production de déchets organiques est importante : végétaux supérieurs morts, déjections animales, mais aussi mortalité importante qui affecte l'immense population planctonique. Les bactéries chimiosynthétiques tirent l'énergie de cette matière organique morte et participent activement au cycle naturel de l'azote. Ainsi, comme celles du sol, les bactéries en milieu aquatique transforment l'azote organique en azote minéral : c'est le phénomène de minéralisation. Les différentes transformations sont réalisées par diverses espèces bactériennes et les étapes sont similaires à celles observées dans le sol avec passage successif par l'ammoniac très toxique,

les nitrites extrêmement toxiques et les nitrates assimilable par la plupart des organismes végétaux. Toutes les transformations sont coûteuses en oxygène. Ces réactions sont rapides, et ne laissent pas le temps aux composés intermédiaires toxiques d'agir sur l'environnement. La température augmente l'activité bactérienne et la cinétique de ces transformations.

Le bactérioplancton participe activement à la chaîne alimentaire : le phénomène de chimiosynthèse permet de recycler efficacement des déchets carbonés inexploitable par le reste de la chaîne alimentaire en éléments carbonés et azotés plus nobles utilisables par de nombreux organismes : protozoaires, rotifères et zooplancton filtreur... Très riches en protéines, elles sont certainement utilisées directement par plusieurs espèces de Cyprinidés qui en ingérant des particules organiques mortes ou des grumeaux de vase absorbe également en abondance des bactéries (carpes, carassins, gardons (79)). Leur qualité nutritive est certainement plus intéressante que celle des détritux eux-mêmes.

3.3.1.2 Le benthos

Cette catégorie est constituée de l'ensemble des organismes peuplant la surface et les couches superficielle de vase. Ce sont essentiellement des vers (Tubifex), des mollusques (limnées, physes...), des crustacés (asselles, gammares, Ostracodes...) et des larves d'insectes (chironomidés, trichoptères, éphéméroptères) qui présentent une forte affinité pour les milieux riches en matière organique. Ce sont pour la plupart des organismes détritivores qui facilitent le travail du bactérioplancton (9). On ne développera pas beaucoup ce groupe car leur intérêt en élevage piscicole est limité même lors d'empoissonnement faible. Ce sont pourtant des proies très appréciées par les poissons et qualitativement très riches, malheureusement, leur temps de renouvellement trop lent ne permet pas de maintenir une biomasse suffisante et elles disparaissent rapidement au cours de la saison d'élevage. Ainsi, des étangs expérimentaux de Brenne chargés en carpillons de 15g ne contenaient plus aucun de ces organismes en fin de la période d'élevage alors que dans des étangs témoins dépourvus de poissons, les éléments du benthos atteignaient une densité moyenne de 200 individus/m². (16). Dans tous les cas, leur biomasse est dépendante de celle du plancton et toute pratique améliorant l'une améliore l'autre.

L'ensemble des organismes végétaux et animaux s'intègre dans un vaste réseau trophique dont le fonctionnement va permettre à partir de la production initiale de matière organique végétale, de produire de la matière organique animale variée, qui sera convertie finalement en chair de poisson à l'extrémité de la chaîne alimentaire. Le système entier repose sur la production de phytoplancton et notamment d'algues vertes. Les facteurs de développement de ces micro-organismes sont simples : lumière, température et apport minéral.

La simple transposition de pratiques utilisées en agriculture permettra d'amplifier la chaîne alimentaire. En aquaculture, on parle de fertilisation des étangs. Elle peut être de deux types selon la nature de la matière azotée apportée.

3.3.2 Facteurs de développement du phytoplancton

La température :

Tous les organismes inférieurs sont dépendants des fluctuations thermiques du milieu. D'ailleurs, dans le milieu naturel, les colonies d'algues connaissent une évolution saisonnière qui en témoignent : la biomasse du phytoplancton est marquée par un minimum quantitatif durant la période hivernale et un intense développement à la belle saison. La température agit notamment sur le temps de remplacement des générations. Ainsi, BILLARD fait mention de :

- 1.5 jours à 20°C contre 6 à 10°C pour les rotifères
- 8 jours à 20°C contre 20 à 10°C pour les cladocères (7)
- 23 jours à 20°C contre 45 à 10°C pour les copépodes.

AUDEBERT dans sa culture de daphnies sous serre horticole montre bien que les productions planctoniques sont augmentées grâce à une élévation de température d'environ 5-6°C par rapport à l'extérieur :

- 10-12 mg de MS d'algues/l contre 1.14 mg/l en conditions extérieures
- 150-200 daphnies/l en janvier-février et 1000 indiv/l en mars contre une disparition totale dans le milieu extérieur où les daphnies subsistent sous forme d'œufs sédimentés sur la vase (7).

La température est bien un facteur déterminant du développement planctonique. Son influence explique en grande partie les bien meilleurs résultats obtenus par les pratiques de production aquacoles en Israël ou en Asie par rapport aux pays européens. Malheureusement les interventions humaines à ce niveau sont économiquement limitées. Un aménagement intelligent des berges, des étangs-frayères permet de réunir les conditions favorables au bon démarrage d'une prolifération planctonique. La régulation des flux d'eau peut également dans une certaine mesure permettre un certain contrôle de la température : la surverse doit éliminer l'eau froide et pauvre en oxygène du fond et en aucun cas la couche superficielle plus chaude. Le contrôle l'alimentation d'eau permet de plus ou moins refroidir la température d'un plan d'eau. Le recours à des plastiques à bulles a également été tenté dans certains pays de l'Est (12).

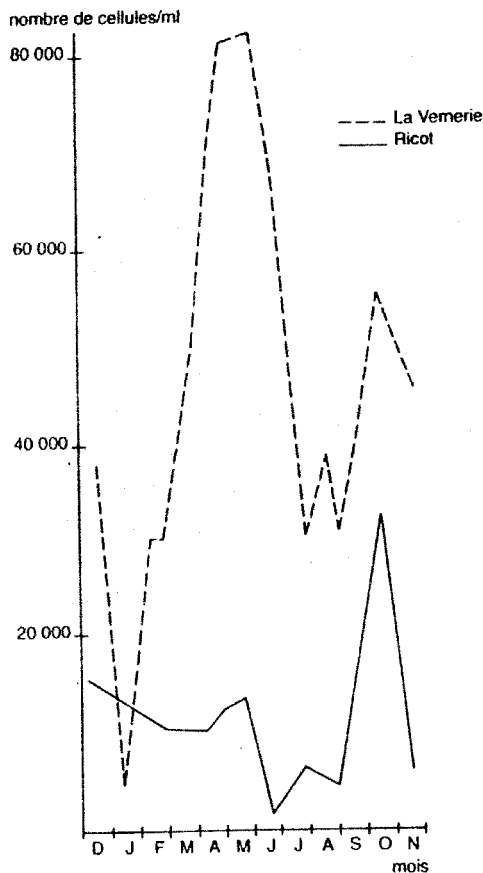
La lumière :

C'est un facteur indispensable pour les producteurs primaires qui peut participer aux fluctuations saisonnières des populations planctoniques et aux meilleures performances piscicoles en milieu tropical. Une intervention à son niveau est impossible en pratique.

L'azote et le phosphore

L'approvisionnement azoté et phosphoré entraîne une augmentation de la productivité de l'étang. Ces éléments sont essentiellement absorbés par les organismes photosynthétiques, planctoniques ou macrophytes. La production phytoplanctonique est multipliée par 10 à 15 en présence de fertilisation minérale (fig. 14). Quant à savoir lequel de ces deux éléments est le plus limitant, les avis sont partagés :

Fig.14 : Action de la fertilisation sur le nombre de cellules phytoplanctoniques de décembre 1983 à novembre 1984. L'étang de la Vernerie (Indre) a reçu une fertilisation organique (34 kg de fumier/ha en 2 épandages) et minérale (230 l de 14/48 en 17 épandages). L'étang Ricot (Indre) ne reçoit aucune fertilisation (d'après Sevrin-Reyssac et Gourmelen, 1985 in BILLARD (16))



L'azote serait le facteur limitant des algues les plus utiles pour la production de zooplancton en particulier des chlorophycées. La disponibilité de cet élément pourrait expliquer l'évolution saisonnière des populations algales : sous des conditions favorables, les algues vertes prolifèrent (blooms algals) jusqu'à épuisement des ressources azotées caractérisé par des mortalités brutales et massives. BILLARD observe que la concentration en azote diminue progressivement au cours de la saison de production, certainement du fait de son utilisation par les organismes photosynthétiques (16). Le phosphate, en revanche, diminue de façon moins spectaculaire voire augmente au cours de cette période. Il semblerait donc que les réserves en azote s'épuisent plus rapidement que celles en phosphate. Le principal facteur limitant semble être l'azote.

Les avis restent partagés sur l'opportunité de réaliser des apports azotés dans les étangs : de nombreux essais réalisés en Europe Centrale, en Israël ou aux USA, montrent que la fertilisation azotée associée au phosphore, n'apporte qu'un supplément de rendement piscicole de 20 à 30 % par rapport à une fertilisation phosphatée seule (76). Le phosphore apparaît donc comme l'élément qui améliorerait le plus la productivité piscicole. Ce déséquilibre en faveur du phosphore favorise la catégorie des Cyanophycées capables de puiser directement l'azote de l'air : ces algues autorisent les plus fortes productivités piscicoles (10). Malheureusement, dans nos systèmes de production, ces populations algales inutilisables par le zooplancton et potentiellement dangereuses préfèrent être évitées.

Sans contester ces observations obtenues dans des contextes de production fort différents des nôtres (climat, espèces phytoplanctonophage), il semblerait que l'apport d'azote constitue le facteur de productivité important dans nos systèmes de production. Le rapport N/P moyen des apports doit s'approcher de 7-10 (N/P de 4 à 15) pour satisfaire la croissance phytoplanctonique (76) (10).

L'assec est une pratique souvent utilisée à des fins sanitaires mais qui apporte beaucoup au niveau trophique : elle permet une minéralisation beaucoup plus efficace de la matière organique accumulée au fond de l'étang et facilite la libération des sels minéraux indispensables à l'ensemble des organismes photosynthétiques à la base du réseau trophique (8).

Le calcium peut être un facteur limitant de la production aquatique : les eaux les plus productives en contiennent plus de 50 mg/l (10) (77). Des apports calciques pour minéraliser l'eau sont souvent indispensables. Les apports peuvent être réalisés sur l'eau de façon fractionnée de façon à éviter des variations brutales de pH. Les quantités à apporter dépendent de la minéralisation naturelle du plan d'eau mais aussi de la nature de la matière première déversée. Le tableau 16 montre les quantités à déverser. Des apports de 1 à 2 t/ha de chaux vives sur le sédiment lors de l'assec sont réservés à des étangs présentant des problèmes sanitaires particuliers (cf. § 4.1.2).

Type d'amendement	Groupe d'étang	Classe de minéralisation initiale de l'eau (mg/l) (Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ en mg/l)				
		< 10	10 à 20	20 à 30	30 à 40	> 40
Chaux vive (90% CaO)	1	1 000	800	500	200	50
	2	2 000	1 600	1 000	400	100
Chaux cendrée (90% CaO)	1	1 400	1 100	700	300	50
	2	2 500	2 100	1 300	600	100
Chaux éteinte (70% CaO)	1	1 300	1 000	600	250	50
	2	2 500	2 000	1 200	500	100
Carbonate de chaux (50% CaO)	1	1 800	1 400	800	400	100
	2	3 500	2 800	1 600	800	200

Tabl. 16 : Quantités d'amendement calcique en kg/ha à apporter suivant les catégories d'étangs (groupe 1 : étangs assez riches ayant un bassin versant plutôt agricole, et un passé cultural satisfaisant, groupe 2 : étangs pauvres recevant un bassin versant boisé et beaucoup d'eau en hiver) (77)

3.3.3 Fertilisation minérale

3.3.3.1 Besoins en azote et phosphore

Le calcul des apports est généralement basé sur le maintien dans l'eau d'une concentration objective en azote et phosphate suffisante pour obtenir une productivité primaire optimale. Ces valeurs variables selon les pays sont comprises :

- entre 0.05 et 0.3 mg/l (76) ou 0.2 et 0.5 (16) (10) pour PO_4^{3-}
- entre 1 et 10 mg/l pour l'azote total (76), entre 0.8 et 4 mg/l (89) (10).

Les valeurs en dessous desquelles on proposera des mesures de fertilisation sont donc variables selon les auteurs :

- moins de 0.2 à 0.3mg/l pour les phosphates (16)
- moins de 1.5 à 2mg/l pour l'azote. En production intensive avec polyculture, on retient des valeurs de 3 à 5mg/l (16).

3.3.3.2 Principe et effets de la fertilisation minérale

Le respect des objectifs précédents suppose des apports de l'ordre de 450 à 650 kg d'ammonitrate 33 %/ha et autant de superphosphate 18 %/ha répartis de mai à juillet tous les 8 à 15 jours. Ces pratiques permettent d'obtenir des productivités piscicoles élevées de l'ordre de 15kg/ha/j en polyculture dans des pays chauds comme Israël. Mais ce genre d'intensification avec les espèces traditionnellement produites en France peut poser de graves problèmes de gestion et reste discutable au niveau économique. Aussi, certains spécialistes d'Europe de l'Ouest pensent qu'un apport supérieur à 50 kg de P_2O_5 /ha (environ égal à 250kg de super 18) semble inutile : 30kg de P_2O_5 entraînerait une augmentation de la productivité piscicole de 50 à 120 kg/ha selon nos conditions climatiques (76). L'apport de phosphate n'interdit pas un apport azoté associé (productivité piscicole multipliée par 7 avec P et par 9 avec P + N) (76). Le rapport N/P d'au moins 4 doit être respecté (76). En pratique la fertilisation azotée doit représenter 30-50 kg/ha soit 90-160 kg/ha d'ammonitrate 33% ou 50-80 l/ha de 39/0/0 et la fertilisation phosphorée, 40-50 kg/ha de phosphate soit 200-250 kg/ha de super 18 ou 80-100 l/ha de 14/48/0

Le suivi pendant quatre ans d'une quarantaine d'étangs en région Centre, montre que les plus fortes productions piscicoles ont été obtenues dans des étangs en gestion « pseudo-intensive raisonnée », sans alimentation exogène, avec des apports de l'ordre de 35 à 50kg de P_2O_5 et 15kg d'azote sous forme soluble (liquide ou solide) apportées au moins 6 fois de mai à la mi-août. Avec cette fertilisation, on peut estimer que la productivité naturelle a été multipliée par 3 à 4 avec des mises en charges de 40 à 50 kg/ha (50 à 60 % carpes C_1 , 30 à 40 % tanches T_2 , 10 à 20 % gardons et quelques carnassiers) pour un rendement piscicole net de 350 à 400 kg/ha. Avec des fertilisations plus importantes, les rendements obtenus qui varient de 200 à 500 (exceptionnel) kg/ha, n'assurent pas forcément un meilleur revenu au pisciculteur (76).

Les engrais liquides sont plus efficaces que les engrais solides car dans le second cas, les éléments sont activement piégés par la vase qui les libèrera ultérieurement. Compte tenu de la vitesse extrêmement rapide d'assimilation du phosphore et de l'azote dans des conditions

thermiques ($>15^{\circ}\text{C}$) et d'ensoleillement idéales, le fractionnement des apports est indispensable à un intervalle maximum de 3-4 semaines (76). Une fréquence hebdomadaire est plus satisfaisante mais conditionnée par des contraintes pratiques. Le fractionnement est également profitable à la production piscicole : 100 l de 14/48 en 3 applications ont donné 200kg de poissons, en 5 fois 300kg et en 7 fois 350kg. (76). La distribution au goutte à goutte d'engrais liquides à partir de bidons flottants reste la méthode la plus prudente et la plus efficace pour assurer un fractionnement idéal sans risque de surdosage (5 bidons de 100l/ha) (76). Les engrais solides peuvent diffuser à partir de cages flottantes (3-5 cages/ha) en évitant tout contact avec le sédiment pour éviter le phénomène de piégeage.

L'introduction d'espèces de poissons phytoplanctonophages reste très souhaitable pour rentabiliser au mieux cette fumure.

3.3.3.3 Gestion de la fertilisation minérale

La fertilisation n'est possible en étang que sous réserve d'un contrôle régulier de certains paramètres. Les concentrations en azote et phosphore peuvent être mesurées de façon à être maintenue dans un intervalle acceptable, malheureusement, ces mesures présentes de fortes variations quotidiennes en fonction de l'activité des organismes photosynthétiques et détritivores. Ainsi, des étangs peuvent présenter des concentrations en ces éléments inférieures à l'optimum d'un facteur 10 alors que la production de plancton et de poisson sont très bonnes (Secchi de 60 cm et production de 500kg/ha) (10). On préfère donc se fier à d'autres paramètres plus empiriques mais plus révélateurs de l'état de santé de l'écosystème :

✓ **Température** qui conditionne l'activité générale de l'écosystème «étang» (mesures réalisées par deux thermomètres mini-maxi immergés à 0.5 et 1.5m de profondeur de façon à bien suivre le profil thermique du plan d'eau).

- à partir de 10°C , les apports d'azote et phosphore deviennent efficaces
- entre 15 et 25, les apports ont un effet rapide
- au-dessus de $25-26^{\circ}\text{C}$, les apports doivent être interrompus ou continués avec extrême précaution, fractionnement important et surveillance du taux d'oxygène dissous le matin (dans le cas de culture intensive)

✓ **pH** : ce paramètre doit être pris à l'écart des zones de végétation car l'activité photosynthétique modifie considérablement le pH de l'eau par le biais de la consommation d'acide carbonique dissous :

- en dessous de 9, les apports sont possibles
- au-dessus de 9 les apports doivent être interrompus car à partir de cette valeur l'ammoniac n'est plus sous forme ionisée (NH_4^+) mais ammoniac NH_3 très toxique pour les poissons et autres organismes.

✓ **concentration en O_2** : ce paramètre est également fortement influencé par l'activité photosynthétique : taux maximal en fin de journée et minimal en début de matinée du fait de l'absence de photosynthèse durant la nuit. Ce paramètre peut être estimé empiriquement par la surveillance du comportement du poisson le matin. Ce sont les minimales qui nous intéressent, les mesures doivent donc être réalisées tôt le matin :

- en dessous de 4mg/l, les apports doivent être interrompus car les phénomènes d'oxydation de l'ammoniac, coûteux en oxygène, risquent de porter préjudice aux poissons.
- au-dessus les apports sont possibles

✓ **Transparence au Secchi** : elle permet d'apprécier l'abondance du plancton. Les résultats sont faussés si le sédiment est remis en suspension par le vent, un ravinement excessif suit à de fortes pluviosités ou le fouissage de poissons ou de canards. Les valeurs correctes sont variables selon les auteurs : environ 30 cm (10), (76) et 50cm (89) (10) :

- profondeur inférieure à 25 cm, le milieu est très eutrophe et la fertilisation est inutile voire dangereuse
- profondeurs entre 25 et 35 cm pour les uns, 30 à 70 pour les autres, les apports peuvent se faire
- profondeur supérieure à 35 cm pour les uns, 50-60 cm pour les autres (16) (89), la fertilisation doit être renforcée : la densité planctonique est trop faible

Une fertilisation excessive peut entraîner des conséquences dramatiques sur la population pisciaire par intoxication ou asphyxie. Il convient donc de réaliser une gestion fine de ce type de pratique, d'autant plus que comme en agriculture, le revenu n'est pas proportionnel à l'augmentation des doses de fertilisants utilisées : il existe un seuil à ne pas dépasser propre à chaque étang et à la technicité de l'entreprise piscicole. Dans certains cas, il est d'ailleurs préférable de gérer les étangs en « extensif raisonné » : les productivités moyennes ne sont alors pas maximales mais assurent un revenu optimum.

3.3.4 Fertilisation organique

La fertilisation organique est d'application plus complexe que les engrais inorganiques mais elle reste sans aucun doute le procédé le plus efficace pour augmenter la productivité des étangs. L'étang, véritable « digesteur », possède une capacité exceptionnelle pour transformer les déchets organiques non assimilables en « protéine poisson ». A la différence de l'apport minéral, cette méthode agit à plusieurs niveaux simultanément : action sur le plancton végétal par apport d'éléments azotés et phosphorés entre autres, et sur le plancton animal par apport de matière organique et bactéries associées. En effet, le zooplancton ne se nourrit pas que de phytoplancton : son comportement filtreur lui permet de tirer profit d'autres éléments comme les bactéries, les protozoaires ou autre matière organique en suspension. Le développement renforcé de l'alimentation naturelle des poissons (biomasse du zooplancton multiplié par 400, des chironomidés par 50, des bactéries par 15) peut expliquer au moins 50 % de la production (76).

3.3.4.1 Principes et effets de la fertilisation organique

Dans certains pays où la fumure organique est traditionnelle, des apports de 100 à 250kg/ha/j de fientes de volailles à 20 % de matière sèche (20 à 50kg de MS/ha/j) ou 800 à 1200 kg/ha/j de lisier de porc à 10 % de matière sèche (80 à 120kg de MS/ha/j) permettent d'atteindre des productions de l'ordre de 15 à 40kg/ha/j. Récemment, des essais en Inde et Hongrie ont permis d'observer une productivité de 18kg/ha/j en polyculture avec une fertilisation exclusivement organique sous forme de lisier de porc, à raison de 40kg de MS/ha/j (76). Bien sûr, les conditions climatiques participent à ses performances mais en France, des expérimentations menées en Brenne, en 1986 confirment ces résultats : des apports de 21kg de MS/ha/j de fientes de volailles pré-diluées ont permis des productivités 17kg/ha/j à partir d'une mise en charge de 800kg/ha composée de 60 % de carpes communes de 550g, 25% de carpes argentées de 80g et 15% de tanches de 30g. Le rendement net en

deux mois a été de 1000kg/ha résultant en grande partie de la bonne croissance des carpes argentées (plus de 250 % contre 10 % pour les carpes communes et 45 % pour les tanches) et de leur faible mortalité (quelques %). Ces résultats laissent penser que des apports de 20 à 30kg de MS/ha/j sous formes de fientes pourraient entraîner en polyculture des productions nette de plus de 2t/ha dans nos régions, sans problème sanitaire particulier, ni aération ou autre apport (76).

On retrouve ici le second atout de réussite de la fertilisation : le système polyculture avec la présence d'espèces phytoplanctonophages pour qui les rendements sont meilleurs puisqu'ils sont des consommateurs primaires. Malheureusement, dans notre production de vifs, ces espèces n'ont pas leur place. Il est donc inutile de les intégrer au système et on va maintenant confirmer que le système porte ses fruits en leur absence même si les résultats sont moins impressionnants : on a déjà vu que la fertilisation avait procuré une bonne croissance chez les tanches (amélioration de la croissance de 45 % (76)). Dans le Morvan, une augmentation de la fertilisation à base de lisier de porc de 2.5 à 15 kg de MS/ha/j améliore les rendements avec des alevins de carpes de 30 jours de 60 % (76).

En Sologne, des rendements de l'ordre de 450kg/ha dont 60 à 70 % de gardons, ont été obtenus en étangs de 5 ha, à la suite d'apports de lisiers de porcs, à raison de 2 m3/ha/15 jours répartis de mai à juillet ou de 2 tonnes de fientes/ha en 4 ou 5 fois (76).

3.3.4.2 Gestion de la fertilisation organique

Les critères décisionnels sont les mêmes que pour la fertilisation minérale : pH, taux d'oxygène, transparence. En ce qui concerne ce dernier, il faut savoir que la fertilisation organique augmente la turbidité des eaux par apport de matières organiques en suspension. Il faut en tenir compte pour interpréter le disque de Secchi surtout si l'on utilise des lisiers.

En ce qui concerne la température, tout ce qui a été dit pour la fertilisation minérale reste vrai, en revanche, on peut rajouter qu'une fertilisation est tout à fait possible voire souhaitable en dessous de 8-10°C (cf.3.3.3.4.).

Cette fertilisation organique est d'usage beaucoup moins délicat et l'éventualité d'accidents liés à cette pratique, beaucoup plus limitée que dans le cas précédent : en effet, les matières organiques et azotées ne sont pas disponibles instantanément et nécessitent certaines biotransformations. On assiste donc rarement à des accidents toxiques liés à certains éléments libérés par l'engrais. La surveillance d'une bonne utilisation des apports est recommandée mais ne nécessite pas autant de rigueur que dans le cas précédent.

Les apports peuvent se faire de différentes manières suivant le degré d'intensification désiré et les apports dont on dispose. On parlera ici uniquement de systèmes extensifs à semi-intensif en absence de carpes argentées ou autre phytoplanctonivore strict. L'apport peut se faire de plusieurs façon selon le cycle hydrologique : si ce dernier présente un assec hivernal ou autre, des apports de fumiers peuvent se faire à ce moment ou après mise en eau à raison de :

- 1.5 à 3 t de fumier ou 0.5 à 1 t de fientes/ha épandus en bordure ou,
- 2 à 8 t de fumier ou 1 à 2 t de fientes/ha en tas de préférence sur des bordures se réchauffant rapidement au printemps. (76).

Ces apports peuvent être poursuivis en cours de saison de croissance en fonction du développement planctonique obtenu.

On peut également procéder à l'épandage de fientes à raison de 1 à 3t ou de lisier de porc à raison de 5 à 20 m³/ha répartis d'avril à août, au rythme de 1fois/15jours directement dans l'étang en eau (76). BILLARD avance des déversements plus importants de l'ordre de 10 à 30kg de MS/ha/j soit 1.4 à 4.2 m³/semaine/ha d'un lisier à 5 % de MS (16).

Le rythme de distribution est variable selon la nature des apports et le degré d'intensification : les épandages de lisiers doivent être plus fractionnés que ceux de fientes et de fumier. Cela est à relier avec la richesse de l'apport en ammoniac. Les qualités fertilisantes des déjections animales varient en effet selon leur origine (poulet > canard > oie > vache > porc) et leur solubilité (lisier > fumier) :

Nature du produit	Espèce	Type d'élevage	Teneur (unités/t ou m ³)			Teneur en MS (% prod. brut)	Teneur en MO % MS	Poids spécifique kg/m ³
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O			
FUMIER	BOVINS		5 à 5,5	2,7 à 3,5	8 à 8,5	25	19	500 à 800
	PORCINS		4,5	4	5,5	25	18	
	OVINS		5 à 6	4 à 4,5	11 - 12	28 à 30	21 à 26	500 à 800
	CAPRINS		6	5	5,5	45	—	—
	VOLAILLES		11,5	14	8	32	—	800 à 950
LISIER	BOVINS	VL lisier en fosse	4,5	2	5,5	13	—	—
		VL aire d'égouttage	6	3	4	18	—	—
		Taurillons	5	3	2,5	15	—	—
		Veaux	3	2	3	2	—	—
	PORCINS	Engraissement	4,3 à 5,5	3,9 à 4,5	3 à 2,6	6 - 7,5 - 5	—	1 à 25
		Truies gestantes	5,5	6,5	2,5	10	—	—
		Porcelets sevrés	6,5	5,5	2	9	—	—
	VOLAILLES	Poules pondeuses	11	10,5	6	25	18	—
		Poulets de chair	30	29	8,5	33	—	—
		Dindes	33	21	7,5	44	36	—
	OVINS		10,5	7	13	15	—	—
LAPINS		8,5	13,5	7,5	26	18	—	
PURIN	BOVINS		1	0,2	3	1	—	—

Tabl. 17 : Composition des principaux engrais de ferme (76).

Ainsi, cela peut aller d'un apport unique à l'assec pour les fumiers à 8 répartis de mai à août pour les lisiers. Dans tous les cas, il est préférable de fractionner au maximum les apports : on limite les risques toxiques et on régularise la production du plancton en limitant les survenues de blooms algals suite à l'apport et de mortalités brutales une fois les éléments nutritifs épuisés. Pour les fertilisants les plus riches (lisier de porc), il est préférable d'opter pour un rythme hebdomadaire ou bihebdomadaire. Dans tous les cas, un étang ne peut supporter un apport isolé de lisier supérieur à 60kg de MS/ha sans risque d'anoxie.

Bien sûr les deux types de fertilisation peuvent être utilisés en complémentarité. Par exemple : fumier à l'assec puis épandage régulier d'engrais minéraux en période estivale. L'apport organique peut aussi se faire de manière directe ou indirecte par le biais de productions en parallèle.

3.3.4.3 Exemples de fertilisations intégrées à d'autres pratiques

3.3.4.3.1 L'utilisation de la biomasse végétale du plan d'eau

La matière organique naturelle de l'étang constitue une réserve inexploitable directement par nos Cyprinidés cultivés. Les végétaux supérieurs contribuent à la production piscicole mais en excès, ils peuvent la diminuer. Dans certains étangs, les biomasses disponibles sont très importantes et peuvent être recyclées avant l'arrêt hivernal de la période végétative. Pour exploiter cette ressource carbonée, deux stratégies peuvent être employées : la première fait appel à l'intervention humaine, la seconde à l'introduction d'espèces consommant ces plantes.

La biomasse végétale peut être assimilée à une matière organique utilisable en fumure. La maîtrise de cet apport passe d'abord par une récolte et une mise à sec des espèces aquatiques. Le broyage et la mise à sec accélère l'activité des organismes saprophytes bien plus efficace en milieu terrestre : c'est l'équivalent d'un compostage qui fait intervenir les micro-organismes saprophytes et détritivores. L'opération peut être menée dès que les stades végétatifs sont avancés c'est-à-dire dès la fin du printemps, on pourra ainsi espérer la reprise d'un nouveau cycle végétatif qui se terminera l'hiver suivant. Ces pratiques doivent respecter au minimum 20 % du couvert végétal et éliminer préférentiellement les espèces dont la contribution à la production piscicole est faible. Cette matière végétale partiellement décomposée sera réintroduite dans l'étang et fera office de fumure organique pour un coût nul. La majorité des déchets végétaux terrestres peut subir le même traitement. Ainsi, l'emploi de bottes de foin ou paille de mauvaise qualité peuvent être employées pour stimuler la production planctonique et notamment de rotifères dans les bassins d'alevinage.

La seconde technique fait intervenir des espèces de poissons consommant les végétaux supérieurs : elles transforment cette matière organique inexploitable par la plupart des poissons en engrais naturel favorable à la croissance planctonique. Seule, la carpe Amour peut sous nos climats effectuer ce recyclage. L'introduction de quelques sujets de carpes herbivores permet sans efforts d'améliorer la productivité d'un étang. (76) estime que cette auto-fertilisation explique l'accroissement systématique de plus de 30 % des rendements en gardons et carpes communes lors de leur association avec cette espèce. Il faut cependant n'introduire ces individus que dans les plans d'eau fortement envahis par la végétation supérieure (> 30 % de la surface) car un « désert aquatique » est incompatible avec une productivité correcte de l'étang. De plus, en l'absence de grands végétaux, les Amours entrent en compétition directe avec les autres cyprinidés en consommant de grandes formes de Cladocères en particulier (16).

3.3.4.3.2 Elevage de canards ou oies in situ

Il me semble intéressant d'évoquer cet aspect car le sud-ouest est aussi un grand centre de production de canard gras. Cette pratique a vu le jour dans les pays de l'Est où avec des densités de canard allant de 300 à 3000 canards/ha (4 lots successifs/an), on atteignait des rendements piscicoles de 1 à plus de 6 t/ha en polyculture. En région Centre, on a estimé que des élevages à raison de 300 à 500 canards/ha induisaient un accroissement des rendements de l'ordre de 15 à 30 % en l'absence de carpes argentées (76). Les Hongrois admettent que

l'élevage d'un canard en carpiculture permet une augmentation de 0.3 % de la production piscicole (8). Cette pratique améliore la valorisation de l'aliment distribué au canard puisque les éléments non digérés rejetés directement dans l'étang servent de fertilisants : ce qui n'est pas transformé en « protéine canard », l'est en « protéine poisson » directement ou indirectement. De même, les effluents de salles de gavage sont des matières fertilisantes idéales riches en matière organique fertilisante mais également en nutriments directement utilisables par les Cyprinidés : éléments de maïs mal digérés, régurgités par les canards ou rejetés dans la fosse lors de mauvaises pratiques du gavage sur des animaux réticents.

3.3.4.4 Intérêts d'une fertilisation organique hivernale

Traditionnellement, la fertilisation des étangs est interrompue pendant l'hiver : elle est jugée inutile. On estimait qu'en dessous de 10°C, les poissons engourdis sur le fond ne s'alimentaient plus. Or, on sait très bien qu'une activité trophique subsiste en période hivernale et qu'elle porte notamment sur le sédiment recouvert de nombreux micro-organismes planctoniques morts (16).

Des essais menés en Brenne montrent qu'une fertilisation organique permet d'augmenter de façon significative la biomasse phytoplanctonique et zooplanctonique :

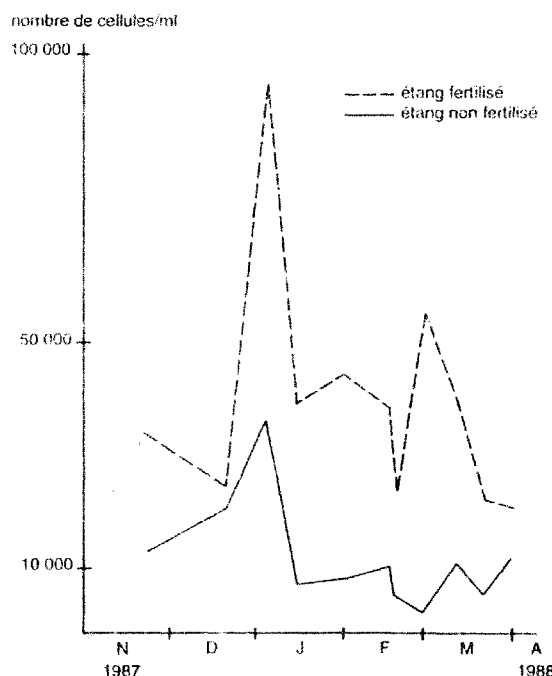


Fig. 15 : Variations quantitatives du nombre de cellules phytoplanctoniques dans un étang fertilisé et non fertilisé en Brenne pendant l'hiver d'après Zimmermann, 1990 in (16).

La réponse phytoplanctonique à une fertilisation organique hivernale est bien meilleure qu'avec un épandage d'engrais minéral (16) : les faibles conditions d'éclairement hivernales désavantagent les organismes exclusivement photosynthétiques. En revanche, les micro-organismes capables d'utiliser directement la matière organique en suspension y sont moins sensibles : algues autotrophes facultatives, organismes zooplanctoniques. Des résultats obtenus en Brenne en petits étangs de 400 m² montrent que les éléments filtreurs sont les plus

favorisés : effectifs moyens multipliés par 5 pour les Cladocères, 2 pour les rotifères par rapport à un étang témoin non fertilisé (16).

D'autres recherches confirment l'effet bénéfique d'une fertilisation organique hivernale sur la population piscicole : en étang, la mortalité de carpes de 1 été a été de 65% en étang témoin et de 27 % seulement en étang fertilisé. De plus, un gain de poids de 12 % a été obtenu en étang fertilisé alors que les poissons provenant du milieu exempt de fumure avaient perdu 9 % de leur poids (16). Comme le supposait les nombreuses observations de contenus stomacaux de carpes riches en éléments planctoniques, il semblerait qu'en période hivernale l'interface eau-sédiment joue un rôle important : la chute des températures entraîne une forte mortalité d'éléments planctoniques qui sédimentent sur le fond. Ils gardent relativement longtemps leurs propriétés nutritionnelles du fait de l'activité bactérienne très réduite par les basses températures. Ils constituent alors une source de nourriture abondante. Une fertilisation organique hivernale stimule une croissance résiduelle des éléments planctoniques et prolonge ce phénomène à l'ensemble de la période difficile.

En conclusion, la fertilisation reste un procédé mal exploité par la plupart des pisciculteurs notamment durant la période hivernale trop souvent négligée en dépit des nombreux apports qu'elle procure. La fertilisation organique est sûrement la plus efficace et sans aucun doute la plus facile à mettre en œuvre sans engendrer de réels risques toxiques pour le plan d'eau et sa population piscicole. Son seul inconvénient est qu'elle nécessite la mobilisation de volumes plus importants que la fertilisation minérale. En revanche, elle présente l'énorme avantage d'intégrer l'élevage à l'étang avec en particulier un meilleur recyclage de ces déchets qui posent souvent problème avec la législation actuelle. Elle permet ainsi une valorisation élégante de ces déjections dans le cadre d'une agriculture plus soucieuse de l'environnement

3.4 Alimentation artificielle

L'alimentation en eau stagnante répond à un certain nombre de stratégies qui ont pour objet principal la couverture des besoins nutritionnels des animaux à des moments délicats de leur cycle vital : l'alimentation doit donc être complémentaire à la pratique de fertilisation. En effet, la fertilisation organique peut améliorer de 50 % le coefficient de transformation de l'alimentation artificielle (76). Cette dernière survient quand le manque de nourriture se fait sentir en hiver mais également en plein été lorsque l'on désire augmenter la production. L'alimentation artificielle permet de raccourcir les périodes d'arrêt de croissance lors de raréfactions temporaires du plancton en plein été (83) (16) mais aussi d'assurer une meilleure survie hivernale. Dans tous les cas, utilisée en complément de la nourriture alimentaire, elle apporte un complément énergétique permettant une épargne des protéines de très bonne qualité issues de l'alimentation naturelle. En effet, sans alimentation artificielle, 60 à 70 % du taux de protéines animales présentes dans les invertébrés divers, est utilisé pour les besoins énergétiques (73).

Toute intervention (supplémentation ou alimentation artificielle) nécessite de mieux connaître les particularités de la nutrition des espèces considérées dans le but de les exploiter

3.4.1 Quelques éléments physiologiques sur la nutrition des poissons

Parmi la grande variété d'espèces de poisson présentant un degré d'évolution variable et adaptées à des biotopes différents, seul un tout petit nombre a fait l'objet d'études de nutrition. Chez les Cyprinidés, seule, l'alimentation de la carpe et du carassin doré ont été explorées. Les données sur des espèces marines ou trop éloignées au niveau phylogénétique et écologique (espèces amphihalines) ne peuvent être prises en compte (anguille, esturgeon). En eau douce, une famille s'est révélée particulièrement adaptée à l'élevage intensif : les Salmonidés. Des enjeux économiques énormes ont motivé des recherches dans leur domaine. Pour des raisons économiques et écologiques, leur régime exclusivement carnivore évolue vers une substitution partielle des farines de poissons par des farines végétales. La similitude de régimes des deux familles peut permettre avec une certaine fiabilité une transposition de certains principes utilisés en salmoniculture à l'élevage cyprinicole. Enfin, l'extrapolation de travaux concernant des espèces exotiques comme le tilapia ou les carpes asiatiques est possible en gardant toutefois à l'esprit que les conditions d'élevage et leurs régimes alimentaires ne sont absolument pas les mêmes, en particulier la température qui autorise sous ces climats, des croissances beaucoup plus importantes.

Même si des analogies par rapport aux quelques espèces étudiées sont tentantes, il convient de garder la plus grande prudence et de ne pas extrapoler abusivement, du moins dans tous les domaines.

Avant d'entamer ce chapitre, il faut bien réaliser les difficultés rencontrées par les nutritionnistes et les physiologistes dans le domaine des animaux aquatiques. En effet, compte tenu du milieu de vie, il est difficile de mesurer l'ingéré et donc d'effectuer un bilan nutritionnel sur un poisson. Le niveau de difficulté augmente encore quand on veut contrôler l'alimentation des alevins. Chez les Cyprinidés, la physiologie des larves présente encore de très nombreux points obscurs. La persistance du stade larvaire constitue un frein important au développement de l'aquaculture, et dans certain cas, il vaut mieux laisser la nature agir seule pour le développement des stades primitifs.

Le milieu dans lequel évoluent les poissons influent sur la fonction de nutrition : de faibles pressions partielles en oxygène et la densité élevée de l'eau expliquent le coût élevé de la ventilation chez ces animaux. Cela amène ces organismes à recourir à des métabolismes particuliers : recours fréquent à l'anaérobiose et hypertrophie des masses musculaires blanches à métabolisme anaérobie. La grande viscosité du milieu associé au système de flottaison (rôle de la vessie natatoire) assure en revanche une économie en énergie par un allègement du métabolisme de base. L'importance réduite du squelette des poissons à relier à la forte densité du milieu diminue les besoins en calcium et phosphore par rapport à ceux des vertébrés terrestres. A l'inverse des animaux terrestres, les êtres aquatiques se procurent une partie de certains éléments minéraux directement dans le milieu par des mécanismes simples. A l'inverse, du fait de la viscosité supérieure du milieu, les molécules dissoute, diffusent beaucoup plus lentement. De ce fait, les attractants alimentaires permettant le repérage des particules alimentaires, ont un rôle plus important que sur terre et ce surtout pour les stades larvaires.

Enfin, Contrairement aux espèces terrestres de production animale, la quasi-majorité des poissons occupe dans leur chaîne trophique, une position haute de prédateurs. Ils exploitent préférentiellement les ressources lipidiques et protéiques du milieu alors que l'utilisation des glucides (amidon, cellulose...) est beaucoup plus limitée (57). Cela se traduit par des particularités métaboliques propres aux poissons chez qui le catabolisme des acides aminés

est quantitativement important pour la fourniture énergétique. La situation s'accroît en période de jeune (29).

Enfin, deux particularités associées à un métabolisme d'espèces primitives méritent d'être évoquées :

- ◆ Le système d'élimination par ammoniotélie. Il s'agit d'un mécanisme simple d'élimination des déchets propre aux organismes primitifs. Il est étroitement lié à l'importante utilisation des ressources protéiques par les poissons. La majeure partie des déchets azotés est rejetée sous forme d'ammoniac (60-70 % d'ammoniac et 10-20 % seulement d'urée chez la carpe) (29). Ce phénomène influence la valeur énergétique nette des protéines : l'utilisation nette de l'énergie des protéines est ainsi plus élevée. Il influe aussi sur la pollution du milieu par l'abondance des rejets azotés des poissons. Cette pollution dans nos systèmes semi-extensif prend certes peu d'importance par rapport aux piscicultures intensives.
- ◆ L'ectothermie ou poïkilothermie représente un phénomène essentiel sur la physiologie des poissons : leurs systèmes enzymatiques et métaboliques doivent s'adapter en permanence aux fluctuations environnementales. L'influence de la température sur la dynamique des fonctions digestive explique les fluctuations alimentaires des poissons sous nos climats tempérés : la prise alimentaire est forte en saison chaude et très réduite durant l'hiver. L'activité enzymatique est nettement accélérée par la température. La température influe également sur la vitesse de transit et à 25°C, on estime que la température est responsable à 90 % de la vitesse du transit intestinal (73). Au niveau métabolique, l'organisme des poissons est bien adapté puisque l'ectothermie influence en même temps les besoins énergétiques. Ainsi, même à 15°C, l'utilisation du glucose chez la tanche reste faible (44). Ensuite, la vie n'est possible que dans certaines conditions de fluidité des membranes cellulaires. Les poissons y sont bien adaptés grâce à la forte fluidité de leurs membranes. Ces conditions sont permises par l'incorporation massive d'acides gras poly-insaturés dont le point de fusion relativement bas permet des échanges à basses températures. Enfin, les températures corporelles plus basses moins stables que celles des homéothermes n'accordent qu'un rôle limité à la flore intestinale.

3.4.2 Anatomie et physiologie du tube digestif.

Malgré une grande variabilité au niveau de l'anatomie digestive et ce même à l'intérieur de certaines familles relativement homogènes du point de leur anatomie extérieure, quelques éléments constants se dégagent :

Durant leur vie larvaire, les poissons ont un tube digestif rectiligne, extrêmement simple, rappelant celui des crustacés, sans organes différenciés ni glandes annexes. Au cours de la métamorphose, les organes se différencient (57)

Le fonctionnement de la bouche est rendu complexe par sa participation simultanée dans la respiration et l'ingestion d'aliments. Elle constitue un organe de préhension permettant la capture de grosses proies ou la filtration de particules. Son diamètre détermine la taille maximale des aliments ingestibles, notamment au stade larvaire (20). La mastication est toujours rudimentaire mais les Cyprinidés présentent des dents pharyngiennes masticatrices.

Ce dispositif semble être une adaptation à un régime herbivore. De nombreuses papilles sensibles interviennent activement dans la prospection de proies : certaines expériences de comportements alimentaires montrent que les papilles buccales interviennent dans un stade ultérieur du comportement alimentaire : arrêt ou renforcement de l'ingestion alors que les chémoréceptrices externes permettent le repérage des attractants.

Les cyprinidés sont dépourvus d'estomac. Les espèces agastres sont pourtant généralement des herbivores ou des microphages (58) (20). Il est cependant remplacé par une dilatation duodénale appelée «bulbe». Il stocke temporairement les aliments mais à la différence d'un estomac vrai, reçoit le canal cholédoque et est totalement dépourvu de sécrétions acides et d'activité pepsique. L'absence d'estomac ne semble guère influencer la digestion globale des protéines mais pourrait influencer la disponibilité des minéraux notamment ceux qui restent insolubles à pH neutre ou alcalin.

A la différence des vertébrés supérieurs, il est difficile de séparer l'intestin des poissons en différentes régions (duodénum, jéjunum, iléon...), la séparation entre intestin grêle et gros intestin étant déjà controversée. Suivant le régime alimentaire la longueur de l'intestin est variable, les herbivores stricts ayant un système plus long de façon à augmenter le temps de transit et de ce fait la capacité de digestion de leur ration peu digestible (20) (57). Les cyprinidés ne disposent jamais de cæcums.

Le taux d'ingestion et d'évacuation est fonction de la température, de la taille corporelle, de la taille des particules ingérées mais aussi de la fréquence d'alimentation. Ils sont donc variables au cours des saisons. Le taux d'évacuations chez une population sauvage de gardon a été estimé à 0.02g/h (6). Chez la carpe, le transit dure 48 h à 15°C (94).

Les sécrétions enzymatiques ne sont connues que de façon très imparfaite mais semblent proches de celles des autres : enzymes d'origine pancréatique, enzymes membranaires entérocytaires du glycocalyx avec une différence majeure : aucune enzyme n'intervient au niveau buccal. L'équipement enzymatique est assez proche de celui des Vertébrés supérieurs (57). Les poissons sont dépourvus de cellulases endogènes et le rôle de la flore toujours réduit (11).

L'absorption de nutriments se fait par deux processus simples relevant de la diffusion simple, de la diffusion facilitée ou du transfert actif. Ils concernent les molécules issues de l'hydrolyse enzymatique : acides gras, peptides, acides aminés, sucres... en revanche, un caractère archaïque persiste chez les poissons : l'absorption directe de macromolécules sans recours aux phénomènes de digestion évoqués ci-dessus. L'endocytose a lieu au niveau de l'intestin médial et permet le transit de macromolécules protéiques intactes dans le cytoplasme. Ce mécanisme connu chez les Mammifères nouveau-nés, permet l'acquisition d'anticorps maternels, par le jeune allaité durant les premiers jours de vie. Chez les poissons, ce mécanisme primitif subsiste toute la vie. Ce type d'absorption difficile à quantifier semble ne concerner qu'une faible fraction des protéines alimentaires de l'ordre de 1 à 6 % (57).

En aquaculture, il est important de bien connaître les capacités de digestibilité des aliments utilisés : meilleure utilisation des matières premières, amélioration de leur utilisation et enfin diminution des déchets d'origine alimentaire permettant de limiter l'impact des élevages aquacoles sur l'environnement.

3.4.3 Digestibilité et besoins en différents nutriments

Pour déterminer la digestibilité d'un aliment, on peut utiliser le coefficient d'utilisation digestive réel ou apparent selon que l'on tient compte (CUDr) ou non (CUDa) de la présence éventuelle d'une fraction d'origine endogène. En routine, on se sert du CUDa beaucoup plus simple

▪ Digestibilité des protéines (58). : Les poissons digèrent généralement les protéines avec des CUD dépassant 90 %. La digestibilité des protéines varie assez peu d'une espèce à l'autre et augmente légèrement avec la taille du poisson. Elle est pratiquement indépendante du niveau d'ingestion et de la température. Elle n'est également pas affectée par la présence de lipides dans la ration, même à forte dose.

En revanche, la digestibilité est fonction de la nature même et des sources des protéines. Ainsi, les protéines d'origine animale sont, en général, plus digestibles que celles d'origine végétale. De plus, certains traitements technologiques appliqués en particulier aux protéines végétales influent sur la digestibilité en détruisant la plupart des facteurs anti-nutritionnels. Ainsi, la cuisson du soja graine entière entraîne une augmentation du CUD qui passe de 70 à 85 %. Enfin, la fragmentation des particules alimentaires autorise une amélioration sensible du CUD.

▪ Digestibilité des lipides (58) : leur digestibilité est corrélée à leur degré d'insaturation. Cela est lié au phénomène d'ectothermie : les acides gras très saturés à longue chaîne (suif par exemple) présente des points de fusion élevés, et à température ambiante l'état solide rend l'émulsion de ces lipides difficile. Leur CUD est assez faible surtout à basse température. Les lipides à bas point de fusion sont en revanche, bien utilisés (CUD > 95 % chez les carpes), quelle que soit leur origine, animale ou végétal (73) (57). Chez les Salmonidés, le CUD du saindoux (point de fusion entre 28 et 48°C) passe de 70 à 78 % quand la température s'élève de 5 à 15°C, alors que dans les mêmes conditions, celui des huiles de point de fusion inférieur à 0°C reste pratiquement inchangé (90 à 93 %). La carpe tolère bien des taux de graisses d'origine végétales ou animales, relativement élevés : 16-24 % (73). Certains auteurs prévoient un maximum de rétention protéique pour des teneurs respectives en lipides et protéines de 11-17 et 26 % (20).

▪ Digestibilité des glucides (58) : bien que la digestibilité des sucres simples (glucose, saccharose) soit proche de 100 %, c'est avec les glucides que les pertes fécales sont les plus importantes : les fèces de carpes contiennent 15 % de protéines, 4 % de lipides et 40 % de glucides (BERGOT), ce qui souligne leur mauvaise utilisation. En effet, la digestibilité de l'amidon, est souvent de l'ordre de 70 à 80 % mais peut dans certains cas être inférieure à 50 % (90 % pour l'amidon de maïs chez la carpe (73)). Ce sont pourtant les seules sources de glucides susceptibles d'être incorporés au plan économique dans la ration des poissons. Le CUD varie aussi avec l'activité amylasique propre à l'espèce :

Espèce	Activité relative
Carassin	100
Carpe herbivore	84
Tilapia	44
Carpe commune	35
Carpe argentée	31
Truite	8
Anguille	1

Tabl. 18 : Activité amylasique chez quelques espèces de poissons en comparaison avec celle du carassin (base 100) (58.)

On voit ici que les espèces carnivores ont des activités amylasiques plus faibles que les espèces omnivores. Le CUD des glucides est également fonction de la température et d'une façon générale, il est plus élevé chez les espèces tropicales que chez celles des zones tempérées. Chez ces dernières, une élévation de la température permet d'ailleurs d'améliorer la digestibilité de l'amidon (cas de la truite entre autres).

Mais la digestibilité de l'amidon dépend avant tout de la taille et de l'intégrité de l'amidon ainsi que de sa nature même (proportion amylose/amylopectine) : le CUD de l'amidon diminue quand la taille du grain ou la proportion en amylose augmente. Ainsi, les grains d'amidon de tubercules ou de protéagineux sont moins digestibles que ceux de céréales : Schwarz (1991) note chez la carpe une moins bonne digestibilité d'aliments complétés avec de l'amidon de pomme de terre ou de manioc (85 %) qu'avec du maïs ou du blé (environ 90 %) (90).

Enfin, tout traitement thermique ou hydrothermique altérant la structure du grain augmente le CUD de l'amidon. Par exemple, la digestibilité de l'amidon du pois passe de valeurs quasiment nulles à 90 % après extrusion (74).

En relation avec l'absence de cellulases endogènes, les fibres sont très mal digérées (< 65 % chez la carpe (73)) même chez des espèces exclusivement herbivores (50 % seulement chez la carpe Amour (26)). De nombreux travaux soulignent l'incapacité de la carpe à dégrader la cellulose y compris la cellulose délignifiée (CUD nul ou toujours inférieurs à 5 %). L'activité cellulolytique est maximale mais tout de même très faible) chez des espèces herbivores comme le gardon ou le rotengle (11).

Dans ce qui suit sera seulement évoqué l'aspect quantitatif des effets de l'alimentation et en aucun cas on ne tiendra compte de l'aspect qualitatif : la composition musculaire nous importe peu puisque ces poissons ne sont pas destinés à la consommation.

Les besoins protéiques des Cyprinidés sont inférieurs à ceux de certaines espèces exclusivement carnivores. Ils sont toujours plus importants chez les jeunes sujets et les sujets de petite taille dont le métabolisme est plus élevé (30-40 % en moyenne pour des carassins juvéniles puis à partir d'une taille de 4-5 cm 20-30 % seulement (89), idem pour la carpe (16). Les besoins protéiques ne peuvent être considérés indépendamment du besoin en énergie métabolisable et même chez les espèces herbivores, les poissons utilisent une part des protéines de leur ration pour satisfaire leurs besoins énergétiques. En alimentation artificielle, on va chercher à diminuer ce gaspillage protéique par substitution par des glucides ou des lipides bien meilleurs marchés. Dans ces conditions, une part supérieure de protéines pourra être fixée par l'organisme pour sa croissance. De plus, une alimentation riche en matières

azotées engendre une excrétion importante d'ammoniac dégradant rapidement l'environnement du poisson. Le rôle des protéines consisterait alors surtout à apporter les acides aminés nécessaires à la croissance optimale, en particulier en acides aminés essentiels. Bien qu'il existe des différences interspécifiques, il semble qu'il n'y ait pas beaucoup de différences dans la nature et les besoins en acides aminés essentiels pour tous les poissons d'eau douce. La liste est présentée dans le tableau 17. Lors de périodes difficiles, des mécanismes d'adaptation permettent une économie de ces acides aminés et lors de jeûnes, on observe une augmentation relative de leurs concentrations par rapport à l'ensemble du pool d'acides aminés (82) (29). De nombreux travaux ont démontré une corrélation étroite entre la composition corporelle et la composition de l'aliment en acides aminés au niveau quantitatif et qualitatif (73). Cela fait de la farine de poisson l'aliment ayant la meilleure valeur biologique.

	carpes
Arginine	4.3
Cystéine	5.2
Histidine	2.1
Isoleucine	2.5
Lysine	3.3
Leucine	5.7
Méthionine	2.1
Phénylalanine	3.4
Thréonine	3.9
Tyrosine	2.6
Tryptophane	0.8
Valine	3.6

Tabl. 19 : Besoins en acides aminés de la carpe (en % de protéines de l'aliment ou de la farine) par Nose, 1979 (73).

Les besoins lipidiques sont généralement faibles mais leur incorporation permet une épargne en protéines qui seront alors préférentiellement utilisées pour la croissance. On compte certains acides gras essentiels : 18 : 2 n – 6 et 18 : 3 n – 3 chez la carpe (73). Leur rôle est démontré dans le maintien des défenses immunitaires, la croissance et la reproduction. Comme pour les acides aminés, la composition corporelle en acide gras est le reflet du régime lipidique qu'elle reçoit.

Les apports glucidiques sont très faibles si l'on se réfère à leur part dans leur alimentation naturelle, mais comme pour les lipides, leur incorporation permettra une épargne protéique intéressante. Les besoins alimentaires généraux visés sont présentés dans le tableau suivant :

	protéines	Glucides	Lipides	Auteurs
carpe	22-45	50-60	15-20	Ogino et Saito, 1970 (73).
Tanche	> 35			DE PEDRO, 2001(41)

Tabl. 20 : Besoins nutritionnels de diverses espèces de poisson (en % du poids d'aliment) (73)

Les apports vitaminiques sont complexes, peu documentés mais non essentiels tant que les poissons continuent bénéficier d'une nourriture naturelle. Elles interviennent activement dans les processus métaboliques, mais aussi dans la croissance ou la reproduction. Quant aux minéraux, la sobriété du squelette n'exige pas de besoins phosphocalciques importants. En milieu semi-extensif, la majorité des éléments est disponible facilement directement par diffusion ou par l'alimentation naturelle (carapaces d'insectes et coquilles de mollusques).

3.4.4 Aliments artificiels utilisables

Des régimes riches en carbohydrates sont habituellement distribués en aquaculture d'étang en raison de leur bonne digestibilité par les espèces considérées, notamment si des traitements technologiques ont été pratiqués. Des travaux divers montrent leur très bonne utilisation chez des espèces comme la carpe (90). Leur rôle devient alors important dans la couverture des besoins énergétiques, permettant une épargne protéique intéressante. Chez certaines espèces, les rations riches en glucides ne semblent pas compatibles avec des croissances correctes : chez la tanche, une alimentation enrichie en amidon engendre une croissance négative : - 0.23 %/j soit -14.1 % en deux mois chez des individus pesant initialement 5.26 g alors que les rations enrichies en protéines génèrent des croissances bien meilleures : + 13.3 % soit + 0.19 %/j (41). Cela rejoint les habitudes plutôt carnivores de la plupart des Cyprinidés d'étang qui éprouve une certaine difficulté à métaboliser les glucides de leur ration.

La dégradation des glucides étant meilleure avec une baisse de températures, une utilisation en période froide semble idéale pour assurer à bas prix une alimentation « conservatoire » en période hivernale (73). Le maïs (digestibilité des protéines de 70 % (42)) et l'orge ne semblent pas être les meilleures sources (73). Pourtant, Demaël montre un taux de survie et un maintien du poids identique entre des carpes hivernantes nourries à raison de 1.7%/j jusqu'au mois de mars avec de l'orge broyée ou un aliment du commerce à 44 % de protéines et 8 % de lipides (43). Des travaux antérieurs montrent qu'une ration exclusive de farine d'orge à raison de 2.2%/j permet à des carpes de multiplier par 18 leur poids en 6 mois d'élevage (43). Le blé en revanche, conduit à des performances de croissance intéressantes et l'inhibition de l'activité amyliase qu'il provoque chez la carpe est compensé par une plus grande sécrétion d'amylases (73). Shwartz (1991) obtient chez la carpe des résultats légèrement meilleurs avec des rations de base complétées en blé par rapport à celles complétées en maïs (digestibilité d'environ 90 % pour les deux, taux de croissance de 3.2 à 3.4 pour le blé et 2.8 à 3.2 pour le maïs) (90). En raison de sa forte teneur en acides aminés, l'avoine pourrait être la céréale la plus appropriée pour le nourrissage des poissons (42). Les glucides simples (sucres) ne montrent pas de meilleures performances de croissance que l'amidon (90).

Les aliments du commerce type truite peuvent être utilisés facilement mais reviennent chers. Le taux protéique doit être adapté à la phase de croissance considérée. Une substitution partielle par des céréales est possible et est avantageuse.

Les farines de poisson entraînent en grande partie dans la composition d'aliments piscicoles mais pour des raisons économiques et écologiques, leur incorporation est de plus en plus discutée et deux nouvelles tendances se dessinent : substitution par des protéines d'origine végétale ou supplémentation en acides aminés essentiels de régimes protéoprives. Certaines espèces comme la tanche semble sensible à des taux élevés de protéines pour une croissance optimale (41).

Plusieurs aliments de base ont été étudiés : le soja semble être un produit particulièrement intéressant : des travaux de substitutions de l'apport protéique chez des carpes de 12 g montrent que le tourteau de soja présente une valeur biologique correcte (47.2 %) et une digestibilité apparente plutôt bonne (70.1 %) légèrement inférieures à la farine de poisson (VB : 53.7 % et CUD : 71.9 %) (54). Une substitution complète de farines de poissons par d'un mélange extrudé pois/colza (25.2 % PB, 19.8 % amidon, 8.1 % lipides) ou de tourteau de soja (25.7 % PB, 23.2 % amidon, 9.5 % lipides) ont permis des performances identiques chez des carpes de 75 à 125 g en comparaison avec un aliment commercial (26.9 % PB, 28.8 % amidon, 7.4 % lipides) : digestibilité supérieure à 90 % pour les lipides, glucides et protéines constitutives, croissance multipliée par 10-11 (1355 à 1428 g), taux de survie excellents atteignant 91.5 %, taux de croissance de 1.26 à 1.95 %/j et coefficient de conversion de 1.69 à 2.55 (74). Le sorgho semble également intéressant (73). Des travaux réalisés chez la truite arc-en-ciel ont montré qu'une substitution partielle des farines de poissons par du tourteau ou des amandes dépelliculées de colza 00, à raison de 20 % de la ration, n'affecte pas les performances de croissance chez cette espèce strictement carnivore (1). Les protéines végétales moins chères et productibles sur l'exploitation agricole peuvent donc remplacer les protéines animales sans affecter la croissance et la survie des carpes.

L'alimentation avec cette catégorie d'aliments est souvent confrontée à des problèmes de digestibilité à cause de facteurs anti-nutritionnels comme le glucosinolate ou l'acide érucique dans le colza, alcaloïdes dans le lupin, facteurs antitrypsiques dans le pois. Le développement de traitements technologiques détruisant ces facteurs anti-nutritionnels ou la sélection de variétés pauvres en ces composés (colza 00) permettent de s'affranchir de ces inconvénients.

De nombreux essais montrent que certains acides aminés essentiels comme la méthionine, l'arginine ou la lysine améliorent notablement la rétention azotée. La méthionine et la cystéine pourraient être incorporées à un régime protéoprive à base d'orge : au bout de 10 mois d'élevage, Demaël obtient chez des carpes de 10-12 g nourries à 1.7 %/j, une croissance deux fois supérieure par rapport à un régime commercial à 31 % de protéines et 8 % de lipides à l'aide d'une ration de farine d'orge complétementée en méthionine et cystéine à raison de 2.6g/Kg et 4 g/Kg. Il observe également que la croissance débute plus précocement avec la farine d'orge complétementée (43). Des carpes nourries à 3 %/j avec de la farine de soja (30 % de protéines) enrichie en L-méthionine (0.39 %) présentent par rapport à un lot témoin nourri avec du soja non complétementé, une prise de poids supérieure de 25 % en 3 semaines et 60 % en 6 semaines (42). L'addition d'acides aminés libres est donc une méthode facile pour valoriser des matières premières bon marché comme les farines de céréales ou de légumineuses. La complémentation doit se faire de façon à se rapprocher au mieux de la valeur biologique des farines de poisson.

Le rôle de ces acides aminés libres est encore à préciser : rôle d'attractant favorisant la prise de nourriture, rôle facilitateur sur la digestion lipidique ? Des tests par olfactométrie sur des extraits de vers Tubifex, démontrent la sensibilité de certains poissons comme le carpe vis à vis de certains acides aminés qui joueraient un rôle majeur de stimulant alimentaire (21).

En revanche, un excès d'acides aminés par rapport aux besoins peut conduire à une inhibition de la croissance par des processus complexes de saturation de récepteurs (73). Ainsi, la croissance est nulle chez des carpes recevant une ration dont les protéines alimentaires sont intégralement remplacées par une mixture d'acides aminés de même valeur biologique (20).

Voici quelques types d'aliment types pouvant être utilisés :

	Blé/soja 18 % PB	Blé/soja 25 % PB	Blé/farine de poisson	Pois/colza	Soja
Auteur	Hepher, 1981 (73).	Hepher, 1981 (73).	Viola, 1981 (73).	(74).	(74).
Farine poisson	5-10	15	25		
Farine soja	5-10	15-25	20	6.5	9.7+42.5 sous forme graines traitées
Maïs					29.5
Blé	80-90	60-70	55(ou sorgho)	3.6	5.9
Tourteau colza				16.7	
Mélange pois- colza (70/30) (grains aplatis)				62.9	
Autre		Huiles : 3.4		Lactosérum : 5 Vitamines et calcium	Lactosérum : 5 Huiles végétales : 1 Méthionine : 3.7 vitamines et calcium

Tabl. 21: Exemples d'aliments utilisables couramment pour l'alimentation des Cyprinidés d'étangs.

3.4.5 Volumes, fréquence et modes d'administration

La plupart des paramètres portant sur la distribution, la prise alimentaire ou le taux de conversion restent difficiles à programmer et étroitement dépendants des facteurs de l'environnement.

Le taux de nourrissage est étroitement corrélé à la température de l'eau et au potentiel de croissance. En conditions naturelles, des études menées sur des gardons dans le lac de Pareloup en Aveyron estiment que 1 % de la ration fraîche quotidienne est transformée en production (6). La carpe semble capable d'ingérer 4.09 % de son poids par jour à 26.5°C (73). En pratique la quantité distribuée est ajustée par observation de l'ingéré au niveau de la zone de nourrissage : la ration du lendemain est réduite en conséquence si des refus sont observés 3-4 h après distribution. Dans le cas contraire, la ration du lendemain est augmentée conformément à la croissance moyenne projetée de la population. L'observation régulière d'indicateurs (prélèvement à la nasse) pour vérifier la croissance et détecter précocement l'épuisement nutritif du milieu permet également d'ajuster la supplémentation. En pratique en carpiculture française, le taux de nourrissage descend à 0.5 %/j en période de faible croissance de décembre à mars et atteint 3-4 %/j en période de forte croissance estivale en juillet-août ; entre les deux, il est progressivement ajusté en fonction du profil thermique à raison d'environ 0.5 % chaque mois selon le tableau suivant :

Température (°C)	Taux de nourrissage (%/j)	Croissance (%/mois)
10-12	1	14.6
14	1.5	22.6
16	2	30.9
18	2.5	39.8
20	3	49
22	3.25	53.8
24	3.5	58.6

Tabl. 22 : Taux journalier de distribution de céréales et pourcentages moyens de croissance mensuels en fonction de la température (basé sur un coefficient de conversion moyen de 2) (carpes de 400 à 1200g) (16).

Chez le carassin doré, la ration oscille entre 4 et 8 % durant les deux premiers mois de vie et descend à 3-4 % ensuite en période de croissance estivale (78). Chez les autres espèces, des taux de 1-2% semblent suffisant pour assurer une croissance correcte, en particulier chez la tanche (41). Les rations optimales et maximales de nourrissage de goujons sont données approximativement par les formules suivantes : $Q = 4.43 \cdot PC^{-0.05}$ et $6.37 \cdot PC^{-0.045}$ où PC est le poids corporel coefficient de conversion. Pour la carpe la ration quotidienne varie en fonction de l'objectif final fixé :

Production (Kg/ha)	Températures		
	18-20°C	20-25°C	> 25°C
800	10	18	26
1000	12	20	30
2000	22	30	44
3000	32	40	54

Tabl. 23 : Quantités journalières (kg/ha) d'aliment distribué en étangs de production en fonction de la température et de production escomptée (Marek, 1975 (73)).

Le coefficient de conversion alimentaire (poids aliments distribué/poids de poisson récoltés) est influencé par de nombreux facteurs : espèce, âge, sexe, reproduction, densité, facteurs environnementaux, fréquences et heure d'alimentation. La nature et le pourcentage des protéines dans l'aliment présentent également une importance comme le montre le tableau suivant :

Aliment	Coeff. de conversion	Gain de poids (%/j)	Auteurs
25 % protéines + orge	2.2	1.29	Viola, 1988 (73)).
25 % protéines + blé	2.01	1.38	
25 % protéines + maïs	2.03	1.37	
25 % protéines + sorgho	2.05	1.35	
38 % protéines	1.8	1.22	O'Grady, 1987 (73)).
38 % protéines + orge	3.5	1.45	
40 % protéines	2.01	1.78	
100% céréales	3-5		(16).

Tabl. 24 : Coefficients de conversion et gain de poids journaliers obtenus en élevages de carpes en fonction de la composition de l'aliment.

Chez le carassin doré, le taux de conversion semble meilleur : 0.97-0.99 à 24°C chez des juvéniles (26).

La température améliore l'efficacité des processus digestifs et diminue ainsi le coefficient de conversion, ce qui explique qu'en régions chaudes, il est souvent inférieur (1.5 en Israël contre 2.3 à 2.5 en Allemagne (73)).

La fréquence de distribution peut influencer significativement sur le taux de survie surtout pour les stades larvaires mais aussi sur la croissance. En pratique, la distribution peut se faire selon plusieurs rythmes : distribution journalière programmée pendant 15-30 minutes, une distribution pratiquement en continu ou une distribution à la demande en self-service.

Des rythmes circadiens avec prédominance de phases alimentaires à l'aube et au crépuscule ont été mis en évidence en conditions naturelles (6) (cf.2.3.2.). Il semble que ces rythmes soit conservés chez les animaux nourris artificiellement en permanence (19) : le profil nyctéméral de la demande d'aliments en self-service par 39 carpillons de 20 g sous photopériode artificielle montre également deux pics d'activité alimentaire correspondant à l'aube et au crépuscule artificiels reproduits (18). Le rythme nyctéméral semble intervenir comme synchronisateur essentiel de la fonction d'alimentation (19).

L'heure et le rythme de distribution semblent interférer notablement sur les performances de croissance : modification de l'ingéré volontaire, utilisation métabolique... Ainsi, des truites nourries à minuit présentent dès la 6^{ème} semaine une croissance significativement inférieure par rapport à une alimentation diurne (19). Noeske (1981) rapporte que les performances de croissance du carassin doré sont meilleures lorsqu'il est nourri à l'aube (8h), par rapport à un nourrissage nocturne (0h et 4 h), et surtout par rapport à un nourrissage diurne (12h, 20h et enfin 16h). Les mesures de l'ingéré suivent le même profil (80). Si l'on prend en compte ce facteur qui semble important, les systèmes d'alimentation à la demande apparaissent bien meilleurs : ils permettent de respecter les rythmes alimentaires de chaque espèce, garantissent des taux de croissance optimaux et surtout évitent tous les désagréments que devrait présenter une nourriture manuelle réalisée au moment le plus propice.

Les aliments artificiels sous forme de granulés semblent bien, acceptés par nombreux Cyprinidés : la carpe et les carassins dorés sont souvent nourris de la sorte et des observations ponctuelles semblent montrer les mêmes comportements pour les autres espèces : tanches (96). Des liants tels le gluten de blé peuvent être incorporés pour assurer une meilleure stabilité dans l'eau. Certains aliments extrudés flottants plus coûteux peuvent être intéressants pour suivre le comportement alimentaire.

La distribution manuelle est la technique la plus simple, permettant en outre un contrôle visuel instantané de la consommation volontaire des poissons. En revanche, elle est extrêmement contraignante au niveau de la main d'œuvre et ne permet pas forcément les meilleurs taux de conversion puisque les rythmes biologiques des poissons ne sont pas forcément respectés. Les distributions ponctuelles entraînent rapidement la formation de dépressions par action de fouille des poissons, ce qui peut devenir gênant lors des vidanges. Les distributions en self-service par actionnement d'une tige-pendule par les poissons eux-mêmes permettent une satisfaction optimale de la demande par le poisson. Certains inconvénients peuvent survenir : nécessité d'apprentissage, appropriation par certains individus dominants, déclenchement involontaire par le clapotis (protection dans un tube

PVC) ou des oiseaux aquatiques (protection par un grillage). Certains dispositifs informatisés permettent d'éviter certains gaspillages en ajustant les possibilités de nourrissage maximum en fonction de l'heure, de la température ou du taux d'oxygénation de l'eau (18)..

Comme pour la fertilisation, la pratique d'un nourrissage résiduel en période hivernale semble être indispensable : les lots nourris présentent un meilleur taux de survie et conservent leur poids même si la croissance cesse en dessous de 8-10°C. En période hivernale, il ne semble pas nécessaire de donner une alimentation riche en protéines car une part importante de celles-ci n'est pas assimilée : deux lots de carpes recevant une supplémentation à raison de 1.7 %/j sous forme de granulés contenant 44 % de protéines et 8 % de lipides ou sous forme de farine d'orge non complétementée (10 % de protéines et 2% de lipides) ne présentent après trois mois aucune différence de mortalité ou de poids (43).

4 Réduction de la mortalité

4.1 Gestion et prévention des maladies

Durant leur cycle de croissance, les poissons sont susceptibles de contracter différents processus pathologiques qui interfèrent avec leur croissance et leur santé

4.1.1 Les principales affections rencontrées chez les cyprinidés

La survie des poissons en élevage extensif est souvent le reflet de l'équilibre entre les poissons, les bio-agresseurs et le milieu avec ses trois composantes chimiques, physiques et biologiques. Si l'équilibre est maintenu, le confort des poissons est respecté et le taux de survie et leur croissance sont satisfaisants. Par contre, lors de rupture de cet équilibre, les conditions deviennent défavorables et la mortalité commence. La recherche des causes de mortalité passe par la revue des facteurs de déséquilibre entre poissons, bio-agresseurs et milieu. Les agents biologiques sont généralement les facteurs déclenchant des affections, mais leur développement est souvent associé à une conjoncture d'évènements qui aboutissent à leur développement : ce sont les facteurs favorisants.

4.1.1.1 Facteurs favorisants

4.1.1.1.1 . Agressions physiques

La couche de mucus sur le tégument présente chez toutes les espèces mais particulièrement abondante chez les tanches constitue un facteur de protection important de l'intégrité de la peau : protection physique par lubrification, résistance contre l'abrasion, protection chimique contre d'éventuels éléments caustiques, rôles bactériostatiques et antiparasitaires... (17). En réponse à une acidification du milieu (pH 5.4), le tégument de la tanche répond en moins de 24 heures par une hyperproduction de mucus. Le mucus précipite dans l'eau mais protège le tégument de l'agressivité du milieu. Cette hypersécrétion ne peut se prolonger très longtemps et diminue 2 semaines plus tard (44).

Cette couche protectrice intervient aussi dans des processus métaboliques comme la respiration cutanée importante en conditions extrêmes comme la mise à sec mais aussi l'osmorégulation (17).

Beaucoup de parasites participent activement à la fragilisation du tégument et potentialisent ainsi d'autres affections souvent plus graves. Les parasites vulnérants (Lernées, sangsues...) constituent de véritables portes d'entrées, alors que les parasites itinérants argules, sangsues...) participent à leur large dissémination.

4.1.1.1.2 . Facteurs zootechniques

Un poisson en bon état est capable de subir un certain niveau d'agressions diverses générées par son entourage. Tant que ses fonctions d'alarme et de défenses sont suffisantes, l'équilibre est maintenu, au-delà l'équilibre est rompu et les processus pathologiques interviennent. Le niveau supportable est variable en fonction de l'état de l'animal. En étang, il n'est pas toujours possible d'apprécier les conséquences d'un stress et il n'est jamais possible d'y remédier a posteriori. Il faut donc faire en sorte que les poissons soient les plus aptes à supporter les différents stress qui peuvent les agresser, d'autant plus que certains sont naturels et indépendants de l'action humaine : facteurs météorologiques... Il faut donc fournir aux poissons les conditions idéales pour limiter l'installation d'états morbides. En fait, tout repose sur son bon état physiologique et en particulier la satisfaction des besoins alimentaires et respiratoires : un poisson disposant d'une nourriture riche développera des défenses adaptées qui lui permettront de réagir correctement aux diverses agressions qui surviennent durant la phase entière d'élevage. Cela est particulièrement vrai chez les stades juvéniles qui ne disposent que de peu de réserve et doivent donc recevoir une alimentation plus régulièrement.

Certaines périodes ou stades sont plus délicats en particulier la phase suivant le frai ou la forte croissance estivale.

4.1.1.1.3 . Affections liées aux qualités physico-chimiques de l'eau

La température et en particulier sa stabilité est un facteur d'autant plus important que les sujets sont jeunes. Toute fluctuation thermique doit être évitée au maximum. Des écarts de 5-8°C sont létaux pour les juvéniles de carpes (16) et la mort survient rapidement avec des symptômes de paralysie respiratoire et cardiaque. Les risques sont augmentés lorsque les animaux ont reçu une alimentation auparavant (arrêt des fonctions digestives et fermentation bactériennes souvent fatales). Elle agit également sur l'oxygénation de l'eau.

L'oxygénation est un facteur essentiel à la survie des poissons et même si la plupart de nos Cyprinidés se montrent relativement tolérants face à des concentrations faibles en oxygène, il est évident que des conditions d'anoxie chronique induisent un stress favorable à des déséquilibres pathologiques. En relation avec l'évolution des besoins selon le profil thermique de la masse d'eau, les problèmes de désoxygénation restent limités en dessous de 12-15°C mais au-dessus, les risques augmentent rapidement. Les symptômes de l'anoxie sont caractéristiques : animaux tous en surface venant « piper » l'oxygène atmosphérique, mortalité rapide et massive avec des cadavres décolorés, les ouïes écartées et la bouche ouverte. Les individus de grande taille y sont plus sensibles car leurs besoins totaux sont bien plus importants. Les situations d'anoxie chronique ne sont pas rares en conditions naturelles. Elles surviennent après épuisement du milieu en cet élément suite à des processus biologiques respiratoires (anoxie matinale dans les étangs envahis par la végétation) ou biochimiques exagérés (fumure mal gérée, décomposition massive suite à la mortalité subite d'un bloom algal). Elles peuvent également être liées à des phénomènes naturels météorologiques (élévation de la température, chute brutale de la pression atmosphérique) ou physiques (« colmatage » des branchies par accumulation de particules en suspension). Les animaux deviennent alors léthargiques et cessent de s'alimenter devenant ainsi des proies beaucoup plus faciles pour les bio-agresseurs potentiels présents dans le plan d'eau.

Le CO₂ en excès peut être préjudiciable à la survie des stades larvaires : il engendre des désordres au niveau des échanges respiratoires branchiaux et un état d'acidose métabolique souvent fatal pour les alevins. En condition naturelle et même intensive, ce paramètre ne pose pratiquement jamais problème : la seule circonstance qui peut engendrer des taux de CO₂

létaux demande des conditions de vie en milieu étanche, desquels ce gaz ne peut être éliminé (transport en sacs plastiques notamment).

Les déchets azotés excrétés par les animaux par voie rénale mais surtout branchiale peuvent dégrader considérablement l'environnement. Il s'agit d'un problème majeur des élevages intensifs de poissons à régime à prédominance carnée (Salmonidés, Cyprinidés....). Ces produits sont très irritants pour le revêtement cutané et surtout les branchies où l'épithélium est naturellement fin pour permettre les échanges gazeux. Cette agression épithéliale augmente la réceptivité face à des agents pénétrant par voie cutanée. Des teneurs anormalement élevées en ammoniac peuvent engendrer des mortalités élevées et dans tous les cas réduisent la résistance et les performances de croissance des poissons. Des valeurs de 0.14 à 0.4 mg/l d'ammoniac peuvent être dangereuses pour des alevins de carpes (16).

Le pH est un des derniers facteurs agissant sur l'intégrité tégumentaire et branchiale. Les poissons supportent en général une gamme large de pH, en revanche, ils tolèrent mal les changements brusques qui ne laissent pas le temps au tégument de s'adapter. Ces conditions peuvent survenir naturellement sous l'influence de la photosynthèse et du cycle du CO₂ dans les étangs envahis par la végétation. Les pH acides entraînent chez la tanche une situation de stress chronique responsables au niveau métabolique d'une augmentation du métabolisme basal avec accroissement des dépenses énergiques pour maintenir l'équilibre acido-basique, la balance ionique et les échanges gazeux respiratoires (44).

Les chocs osmotiques et ioniques sont également importants pour les stades juvéniles.

Bien entendu, toutes substances toxiques (chlore, pesticides désherbant, toxines algales, etc.) sont susceptibles de dégrader le tégument et les branchies favorisant l'intervention des agents pathogènes ou provoquant directement la mort suivant la dose.

4.1.1.1.4 . Effet de la température

Ce paramètre mérite d'être traité à part car son influence est capitale dans les relations poissons-agents pathogènes :

Elle exerce une énorme influence sur le fonctionnement du système immunitaire des poissons. Au-dessous de 18°C (16), leurs défenses immunitaires sont au repos. De la même manière, lors d'une élévation de la température de plusieurs degrés, les poissons ont besoin d'une semaine environ pour activer leur système immunitaire. Dans les conditions naturelles, les poissons sont protégés de ces écarts brusques de température par l'effet tampon de la masse totale d'eau dans laquelle ils évoluent. Mais en conditions artificielles, ces perturbations ne sont pas rares : stockage en petits volumes se réchauffant rapidement, déversements tardifs au printemps, etc.

Les agents infectieux réagissent très rapidement à une hausse de température. Les défenses des poissons quant à elles sont beaucoup plus lentes à se mettre en place. Cette faculté leur permet de se multiplier rapidement alors que leurs hôtes ne sont pas encore en mesure de réagir pour s'en débarrasser. Les agents à développement rapide (parasites à cycle rapide, bactéries et virus) profitent notamment du redoux printanier pour se développer avant la réactivation du système immunitaire des poissons : les poissons peu actifs et fragilisés par la sous-alimentation hivernale constituent alors des cibles idéales. Beaucoup de maladies (VPC,

érythrodermatite, ichthyophthiriose, Saprolegniose, protozoose cutanées) connaissent des pics épidémiologiques à la sortie de l'hiver dès que l'eau se réchauffe de quelques degrés.

4.1.1.1.5 . Le stress

Il est difficile de parler de pathologie chez les poissons sans faire allusion au stress. Il s'agit de la somme des réponses physiologiques d'un organisme cherchant à maintenir ou rétablir son équilibre métabolique à la suite d'une modification anormale, le plus souvent brutale, du milieu où il vit. Brett (94) a donné une définition qui convient parfaitement aux états pathologiques propres des poissons : « un état engendré par un facteur lié ou non à l'environnement qui force les réactions d'adaptation de l'animal à s'étendre au-delà de leurs limites de variations normales, ou qui trouble ses fonctions normales dans une mesure telle que ses chances de survie sont dangereusement amenuisées. »

Les troubles qui surviennent en réponse au stress d'environnement constituent le « Syndrome d'adaptation générale ». Il se traduit par un abaissement du seuil de résistance favorisant l'apparition de l'état de maladie.

Les origines de cet état sont très diverses : elles peuvent être totalement naturelles ou technologiques (tri, transport...). Elles sont d'ordre

- physico-chimique : elles découlent alors de la qualité de l'eau (anoxie, concentrations excessives en éléments toxiques, en substances azotées, pH hors de l'intervalle de température, températures trop élevées, écarts de températures brusques...)
- biologiques : elles font appels aux relations sociales qui existent entre les différents espèces ou individus. L'accomplissement du comportement de reproduction, la compétition alimentaire, la peur du prédateur sont autant de facteurs qui agissent négativement sur le métabolisme du poisson lui-même. Les conditions d'élevage à densité élevées en présence d'un grand nombre d'individu représente une situation artificielle pour beaucoup d'espèce et donc une source de stress.
- Purement physiques : elles se rencontrent principalement en élevage : vie en espace confiné, manipulations répétées, transport, vidange et passage en milieu aérien...

Chez les poissons, le stress va provoquer des réactions à courts et longs termes, les deux étant initiées par l'hypothalamus qui perçoit les stimulations extérieures :

- Dès le début du stress et pendant toute sa durée, il y a une réponse organique sous le contrôle du système nerveux sympathique : des sécrétions de catécholamines (épinéphrine norépinéphrine) entraînent des effets immédiats sur le métabolisme : augmentation des besoins en oxygène, accroissement des rythmes cardiaque et respiratoire, mobilisation des réserves énergétiques (glycogène hépatique en particulier) et augmentation du glucose sanguin rapidement disponible. Le transit digestif est arrêté. Ces réactions ont pour but de faciliter la survie du poisson face à une situation difficile. C'est la phase d'alarme. Dès l'arrêt du stimulus, l'activation par voie nerveuse est levée et le retour à un métabolisme basal se fait en quelques heures.

- La stimulation de la voie endocrine (hypophyse antérieure) entraîne la sécrétion de cortisol par le rein antérieur. Les effets de cette voie sont différés par rapport au début du stress et peuvent se prolonger pendant de longues périodes même après la fin du stress. La production maximale de cortisol n'est atteinte qu'après plusieurs dizaines de

minutes même si la cause du stress a disparu. C'est la phase de résistance qui a pour but de maintenir le métabolisme mais qui peut épuiser les ressources de l'organisme. Les effets retardés vont perdurer pendant quelques heures : dégradation de protéines musculaires (néoglucogenèse) afin de maintenir les réserves énergétiques, déminéralisation de l'organisme due à l'augmentation de la perméabilité cellulaire par déficience des mécanismes assurant l'osmorégulation. La sécrétion de cortisol a également un effet dépresseur sur les défenses immunitaires, ce qui augmente la sensibilité des sujets face aux divers agents pathogènes. Toutes ces réactions ont un effet globalement négatif sur l'intégrité physique du poisson et sa survie. L'élimination du cortisol étant progressive, ces effets peuvent durer 1 à 3 semaines après le stress

4.1.1.2 Facteurs déterminants

Les différentes pathologies ne seront pas vues en détail : on se contentera d'un passage en revue des différentes affections qui touchent nos différentes espèces de Cyprinidés. La symptomatologie sera évoquée mais les lésions souvent peu spécifiques ne seront citées qu'en présence de critères pathognomoniques.

4.1.1.2.1 . Affections virales

Les virus des poissons d'étangs sont relativement peu connus ; celui de la virémie printanière de la carpe a été le plus étudié. La pathologie virale est peu spécifique et dominée par l'entité « rhabdovirus » : la plupart des espèces dulçaquicoles semblent sensibles à une espèce de ce genre : Rhabdovirus de la perche, du brochet, Iridovirus du poisson-chat et du silure. A l'inverse des productions intensives, l'élevage extensif ne semble pas favorable à l'expression d'affections virales.

✓ Virémie printanière de la carpe :

Il s'agit de la forme virale de ce qui était appelé autrefois le syndrome hydropisie infectieuse de la carpe avec l'érythrodermatite d'origine bactérienne. Fijan en 1972 fut l'un des premiers à suggérer la séparation de ce syndrome en deux entités distinctes (27). Certains auteurs considèrent que cette affection recouvre également l'inflammation de la vessie natatoire, les deux virus responsables étant actuellement difficiles à séparer.

Cette pathologie survient comme son nom le suggère fréquemment au printemps avec le redoux des températures. Le virus semble inhibé par les températures supérieures à 20°C (27). La mortalité maximale s'observe entre 13.5 et 15.5°C (23). Un stress lors de manipulations et de mauvaises conditions de stockage en période d'hivernage (sous-alimentation, densités trop élevées, oxygénation insuffisante, etc.) augmentent significativement la réceptivité des poissons face à cette pathologie.

La mortalité est rapide et souvent importante (jusqu'à 40 % en Europe centrale selon). Elle se traduit généralement par un épisode bref de mortalité sans lésions apparentes, ni symptômes, puis la mortalité augmente et se stabilise.

Les symptômes généraux sont peu spécifiques et parfois absents notamment dans les stades précoces : ascite et exophtalmie associés à des signes cutanés de type mélanose et hémorragies notamment sur les flancs, le pourtour anal et les nageoires. Les branchies présentent un aspect anormal : anémie et parfois hémorragiques. Les animaux présentent une adynamie marquée et une perte d'appétit importante : ils se maintiennent près de la surface et se laissent aller dans le courant vers la surverse. Dans la phase terminale, des signes « nerveux » apparaissent sous forme d'alternance d'excitation et d'apathie.

Les lésions internes sont peu spécifiques : ascite, décoloration hépatique, hypertrophie et congestion splénique et rénale, hémorragies au niveau de la vessie natatoire.

Elle affecte principalement la carpe mais peut concerner également le carassin doré (27). Tous les âges semblent sensibles et les réinfestations impossibles (27). Les poissons survivants deviennent des porteurs latents. Certains parasites (argules, sangsues) sont des vecteurs efficaces dans la propagation de la maladie. D'autres espèces de poissons comme la tanche pourraient être des porteurs de virus (96).

Un rhabdovirus équivalent sévissant chez le brochet a été isolé chez plusieurs espèces de Cyprinidés : la tanche, la brème bordelière et le gardon mais les sujets ne présentaient aucun signes cliniques (59).

Traitement inexistant

Prophylaxie : élimination des lots contaminés en intégralité du fait du portage asymptomatique et assec rigoureux avec désinfection et chaulage.

4.1.1.2.2 . Affections bactériennes

On peut distinguer les affections spécifiques pour lesquelles les germes ne se retrouvent que chez l'hôte colonisé et des affections non spécifiques dont les germes sont ubiquistes :

✓ Affection spécifique : l'Erythrodermatite

La bactérie responsable de cette affection se rapproche au niveau taxonomique d'*Aeromonas salmonicida* agent de la furonculose des Salmonidés. Elle en serait une forme atypique : la sous-espèce *A. salmonicida* var. *nova* est directement responsable de l'érythrodermatite alors que *A. salmonicida* var. *salmonicida* est l'agent spécifique de la furonculose des Salmonidés. Une autre variante *A. salmonicida* var. *achromogenes* est impliqué dans la maladie des ulcères chez le poisson rouge et les Salmonidés. La variante *nova* n'a pu être isolée dans la nature que chez la carpe, mais semble affecter la tanche et le gardon (94). Selon certains auteurs (16), il pourrait s'agir de souches spécifiques pour certaines espèces en particulier le gardon. Elle semble très spécialisée et incapable de survivre ou se multiplier en dehors des poissons. Certains poissons ou autres vecteurs animaux font probablement office de réservoir. Des isollements d'*Aeromonas salmonicida* var. *salmonicida* ont été réalisés à partir de téguments de tanches de 3 ans en Allemagne. D'ailleurs, une inoculation intramusculaire de cette forme chez des tanches juvéniles entraîne de fortes mortalités pouvant atteindre 100 % (13).

L'importance économique semble réelle pour cette affection : même si l'évaluation des pertes causées par des bactérioses en pisciculture est souvent difficile du fait de la complexité des interactions entre les différents agents étiologiques mis en jeu, concernant l'érythrodermatite, on sait grâce à des dépistages sérologiques qu'elle est très largement répandue partout là où la pisciculture en étang est pratiquée. Les mortalités ne sont pas élevées mais les effets sur la croissance et la résistance des poissons sont beaucoup plus alarmants.

Comme la VPC, cette affection survient généralement à la sortie de l'hiver dès que les températures atteignent 15°C. Ce n'est qu'à partir de cette température que des injections intradermiques reproduisent expérimentalement la maladie. En dessous, l'infection se traduit par un simple portage (94). Selon SCHLUMBERGER, les premiers signes apparaissent dès 8-10°C (89). Un mauvais stockage hivernal et des manipulations génératrices de stress et d'érosions cutanées sont les facteurs favorisants essentiels.

Cette maladie cosmopolite et inoculable est peu contagieuse. Sa transmission suit un modèle horizontal et la voie de pénétration essentiellement représentée par des érosions cutanées. Certains parasites crustacés du genre *Argulus* ou d'Annélides Achètes jouent un rôle important de vecteurs. Elle affecte de nombreuses espèces en particulier la carpe, la tanche, les autres Cyprinidés, la truite *Oncorhynchus mykiss* ou la perche commune. Les survivants et certains individus porteurs asymptomatiques assurent un portage permanent. La tanche semble jouer un rôle de premier plan comme espèce-réservoir. (96)

L'état pathogène est lié à la multiplication bactérienne mais surtout à une exotoxine protéique qui persiste longtemps dans l'organisme. L'incubation varie de 3 à 20 jours. La maladie peut se manifester sous des formes aiguës avec mort en 2-3 jours ou chronique d'évolution plus lente. Les symptômes sont en général : pétéchies cutanées notamment au point d'inoculation, assombrissement tégumentaire, plaques hémorragiques cutanées évoluant en ulcères profonds et anfractueux. La généralisation se produit rarement, on observe alors : exophtalmie, ascite et vésicules cutanées. La mortalité est alors élevée (50 % (94)). Dans tous les cas, les poissons présentent une adynamie sévère : difficulté à nager du fait de lésions des nageoires, perte d'appétit...

Les lésions sont encore peu spécifiques : en plus de pétéchies cutanées et d'ulcères fortement infiltrés de macrophages, on peut observer : congestion et hypertrophie splénique, pétéchies sur le péritoine et d'autres organes... En revanche, la sérologie est un moyen efficace mais doit tenir compte des germes de surinfection (*Aeromonas hydrophila* et *Pseudomonas sp.*)

✓ Affections non spécifiques

Les germes ubiquistes sont naturellement présents dans l'environnement des poissons : sédiment, eau chargée en matières organique, débris alimentaires... *Aeromonas hydrophila* est même un commensal du tégument du poisson. Les individus porteurs latents, malades ou morts sont généralement de meilleures sources de germes que l'environnement. La survie en milieu extérieur est généralement bonne dans une large gamme de température, pH ou dureté de l'eau. Plusieurs germes peuvent se développer simultanément, notamment *A. hydrophila* et *Pseudomonas sp.* Le développement de ces affections est généralement lié à une dégradation des conditions environnementales : pollution de l'eau par accumulation de déchets métaboliques, gaspillage alimentaire... Les stress physiques (manipulations, densités trop élevées, écarts de températures...) ou chimiques (eau de mauvaise qualité, anoxie chronique...) sont autant de facteurs favorisant le développement de ces germes opportunistes. Leur transmission horizontale est facilitée par la présence d'érosions tégumentaires : blessures, autres infections, parasitismes type *Argulus*, *Lerneae* ou sangsues.

Presque toutes les espèces de poissons y sont sensibles : Cyprinidés, Salmonidés, espèces tropicales d'élevage (tilapia) ou d'aquarium, espèces marines (bar)... Parmi les Cyprinidés qui nous concernent les trois bactéries qui vont suivre ont été retrouvés chez la carpe, le carassin, le gardon, la tanche (94) (13) et le carassin doré (26), le rotengle (92).

- L'Aéromonose à *Aeromonas hydrophila*

Cette maladie très polymorphe est certainement la plus importante des bactérioses non spécifiques des Cyprinidés : elle peut provoquer d'importantes pertes morbides et mortelles. Il s'agit en outre d'une zoonose.

Le développement des bactéries est optimal entre 22 et 28°C (94) mais à partir de 15°C voire en dessous, la maladie peut se développer. ()

L'expression de cette affection peut être très polymorphe : les lésions cutanées prédominent aux cotés de lésions viscérales peu spécifiques. Dans les formes chroniques, elles se limitent à des hémorragies à la base des nageoires et des ulcères pouvant concerner la masse musculaire. Ces bactéries sont également associées au syndrome « pourriture des nageoires ». Des réactions œdémateuses sévères décollant les écailles (aspect en pomme de pin) et colorant la peau en jaunâtre sont plus caractéristiques des formes aiguës. L'œdème fait place à des phénomènes de nécrose qui libèrent un exsudat nécrotique notamment au centre. Les lésions viscérales se traduisent par une congestion, des pétéchies et des foyers de nécroses affectant la plupart des organes abdominaux. Un syndrome de « variole des poissons blancs » affectant le gardon en premier lieu, mettant en jeu des bactéries des genres *Aeromonas* ou *Pseudomonas* présente la même symptomatologie et se rapproche beaucoup de cette affection (89).

Le diagnostic est encore une fois subtil mais toute présence d'ulcères ou hémorragies tégumentaires doit mener à une suspicion d'aéromonose. La confirmation se fait au laboratoire par isolement. L'association fréquente d'*A. hydrophila* et *Pseudomonas* rend toutefois difficile le diagnostic de certitude.

- Septicémie à *Pseudomonas fluorescens*

La forme septicémique est caractéristique des Cyprinidés. Dans cette famille, la carpe semble être de loin l'espèce la plus sensible (94).

De fortes mortalités peuvent se manifester notamment au-dessus de 20°C, l'optimum thermique du germe se situant entre 22 et 25°C. (94)

Chez la carpe, le tableau clinique prend généralement une forme septicémique avec larges lésions hémorragiques cutanées, congestion des viscères abdominaux et ascite. Des formes chroniques avec ulcération progressive de la peau et péritonite fibrineuse sont moins caractéristiques de l'affection chez les Cyprinidés.

En vue du diagnostic, l'isolement du germe en laboratoire se fait sur milieu contenant du cétrimide.

- La columnariose ou flexibactériose à *Flexibacter columnaris* (= *Cytophagales* anciennement appelées Myxobactéries)

Cette maladie cosmopolite décrite en France par Michel en 1985 est particulièrement dangereuses pour les stades juvéniles.

Le réchauffement des eaux au-dessus de 20°C est favorable à son apparition ; l'optimum de croissance de *Flexibacter columnaris* se situe à 25°C (94). L'affinité pour les tissus épithéliaux (peau et branchies) est forte. L'incubation fortement dépendante de la température peut varier de 1 jour à 20°C à 10 à 12°C (94).

Selon Billard, ces bactéries dégradent la matière organique inerte au fond des étangs mais peuvent s'installer sur les téguments fragilisés développant un mucus anormalement abondant (parasitisme externe important, déficit nutritionnel, milieux riches en substances agressives...). Elles commencent par dégrader le mucus et s'attaquent ensuite aux tissus vivants sous-jacents. Elles peuvent se développer sur la peau ou les branchies. La maladie peut se manifester sous forme chronique ou aiguë. Cette dernière forme avec mortalité brutale par septicémie sans symptômes reste encore mal expliquée. Lors de formes chroniques, les lésions prennent la forme d'un feutrage blanchâtre entouré d'auréoles hyperhémiques évoluant en ulcères nécrotiques larges et profonds. Ils apparaissent généralement au niveau des nageoires ou de la cavité buccale, zones facilement fragilisées, puis s'étendent sur la tête et le dos. Les ulcères peuvent concerner le muscle sous-jacent. Au

niveau branchial, les lésions progressent à partir du bout des filaments. Elles prennent alors une coloration jaunâtre et les animaux présentent une difficulté respiratoire sévère.

Le diagnostic clinique est difficile et seul, un examen bactériologique permet de le confirmer : à l'état frais, on peut observer le déplacement lent caractéristique des *Flexibacters*, après coloration au Bleu de Toluidine, les colonies bactériennes présentent un aspect de cheveux entrelacés cloisonnés.

D'autres bactéries moins fréquentes telles que *Edwardsiella ictaluri*, *Pasteurella piscicida* ou *Yersinia ruckeri* ont été isolées chez des rotengles croates présentant des signes cliniques associés notamment en période hivernale (92).

4.1.1.2.3 . Affections parasitaires

L'objet de cette partie n'est pas de dresser une liste exhaustive des parasites qui peuvent affecter nos Cyprinidés ; il consiste simplement à présenter succinctement ceux qui sont susceptibles d'être rencontrés dans nos régions tempérées. Nous présenterons simultanément les parasites du revêtement cutané et des branchies car les parasites stricts du tégument sont rares : ils s'attaquent aux régions épidermiques les plus fragiles, les branchies en particulier..

4.1.1.2.3.1 Parasites du revêtement cutané et des branchies :

La plupart des infestations cutanées se traduisent par une réaction inflammatoire sous forme d'hypersécrétion de mucus blanc-bleuté désignée par certains par syndrome d'hyperviscosité tégumentaire. Un autre syndrome assez constant est celui du prurit : l'irritation se traduit par une agitation et des tentatives de rejet des parasites. Les sujets parasités se frottent activement contre des objets. Certaines espèces sautent hors de l'eau. Les frottements qui sont souvent improductifs génèrent souvent des blessures qui facilitent l'action des parasites et favorisent la surinfection des tissus sous-jacents. Des comportements de marsouinage sont également observés fréquemment surtout lors de parasitisme branchial.

✓ Les protozoaires

- *Ichthyophthirus multifiditis* :

Ce Cilié de la famille des Ophryoglenidés est l'agent de l'ichthyophthirose, plus communément désigné par le terme de maladie des points blancs. Le corps cellulaire circulaire ou ovoïde, de grande taille (0.5 à 1 mm de diamètre) présente un macronucléus volumineux en forme de fer à cheval à proximité du micronucléus.

Le cycle est rapide et simple : le parasite adulte se fixe sur la peau ou les branchies puis pénètre dans le derme et s'enkyste, provoquant l'apparition d'un point blanc. Le protozoaire mature quitte ensuite le tégument du poisson et sédimente sur le fond de l'étang. Il s'est activement divisé en 1000 à 2000 cellules filles qui sont libérées en pleine eau. Ces « tomîtes » munies d'une ciliature disposent de 2 à 3 jours pour trouver un nouvel hôte (47). La maladie est très contagieuse et gagne rapidement l'ensemble de la population d'un étang. L'épisode commence au printemps (92) : l'évolution du cycle s'accélère avec la température et devient très rapide à partir de 20°C (16)(5 semaine à 11°C, 2 semaines à 16°C)(47).

Le parasite adulte est hématophage et provoque des irritations locales. Les lésions avec perte de substance peuvent suivant le niveau d'infestation compromettre la survie de l'hôte. Elles sont souvent sujettes à des complications bactériennes ou mycosiques. Des mortalités peuvent survenir sans développement de points blancs. Ces affections sont redoutables pour les jeunes sujets et les individus affaiblis. Les poissons survivants semblent partiellement immunisés

contre cette affection et les adultes sont en général porteurs sains (89). En milieu contaminé (poissons adultes présents), l'introduction d'un nouveau stock de jeunes poissons entraîne rapidement une explosion de cette maladie. Toutes les espèces d'eau douce sans exception sont susceptibles de contracter la maladie (tanche(96), carpes (28.2 % sont porteuses en Dombes)(47), rotengles (92).

Les traitements ne détruisent que les formes libres et sont totalement inefficaces contre les formes parasites protégées sous l'épiderme.

- **Parasites des genres *Trichodina*, *Trichodinella* et *Tripartiella***

Ces parasites de l'ordre des *Péritriches* et de la famille des *Urceolariidae* présentent une forme de soucoupe. Ils sont caractérisés par la présence d'une frange spiralée et une formation squelettique annulaire en forme de roue pourvue de denticules. Le macronucléus présente une forme en fer à cheval, le micronucleus est rond. Les espèces du genre *Trichodina* sont plus grandes que les autres : 50 à 75 µm contre 25 à 40. L'action de ces derniers se limite aux branchies alors que les *Trichodina* très mobiles colonisent l'ensemble du tégument, les branchies et parfois la vessie. Elles se déplacent aisément par vibration de leur ciliature.

La multiplication se fait par division transverse ou simple conjugaison.

L'effet pathogène est beaucoup plus marqué chez les stades juvéniles : les lésions branchiales (hémorragies par pénétration en profondeur dans les tissus, hypersécrétion de mucus) génèrent une gêne respiratoire pouvant entraîner la mort par asphyxie lors d'infestation massive. Au niveau cutané, *Trichodina* se manifeste par de taches blanc-bleuté irrégulières sur la tête, le dos et les nageoires qui peuvent se déchiqueter (hypersécrétion de mucus). Ces parasites se retrouvent chez toutes les espèces (carpes (47), rotengles (92) et à des taux souvent élevés (46.8 % des carpes en Dombes pour *Trichodina* et 28.6 % pour *Trichodinella* (47)).

- **Parasites de la famille des Scyphiidés : genres *Glossatella* ou *Apiosoma*, *Scyphidia* et *Epistylis***

Ces parasites Ciliés de l'ordre des *Péritriches* ne sont pas des parasites au sens strict du terme et dans les conditions physiologiques ils participent à la composition de la flore commensale de la peau (8 % des téguments de carpes en Dombes sont positifs (47)). Leur longueur avoisine les 110 µm. Ce sont des espèces sédentaires en forme de coupe à champagne ou entonnoir fixées sur un support grâce à une sole de fixation. Leur bouche est bordée d'une rangée de cils qui filtrent les micro-organismes et les ramènent vers le centre de la coupe : bactéries, matière organique en suspension, autres protozoaires...

Ces organismes ont tendance à former des colonies importantes qui se développent rapidement si les conditions trophiques leur conviennent. Leur mode de reproduction et s'effectue généralement par division binaire. Ils s'installent en particulier sur le tégument et les nageoires des poissons à proximité des ulcères ou blessures riches en bactéries. Des infestations massives peuvent devenir nuisibles à la survie de jeunes poissons. Leur présence se traduit pas de minuscules tâches blanches souvent teintées de vert par envahissement des colonies par des algues vertes.

- ***Chilidonella* sp en particulier *C.cyprini* :**

Ce Cilié de l'ordre des *Holotriches* et de la famille des *Chlamyodontidés* mesurent environ 50 µm de diamètre. Ces parasites fortement aplatis dorso-ventralement colonisent le tégument. Ils se nourrissent de cellules épithéliales.

Les *Chilidonella* se multiplient principalement par division binaire même si certains auteurs ont observé des reproductions par conjugaison. Ils ne semblent actifs qu'à partir de 15-16°C (47).

L'infestation par *Chilidonella* se traduit par un syndrome d'irritation et une hypersécrétion de mucus qui apparaît gris-bleuté nettement visible sur la face dorsale de la tête. En présence, d'infestations sévères, elles peuvent provoquer la mort de jeunes sujets par perturbation de la respiration cutanée. Ces parasites sont fréquents dans le mucus de tanches (96) mais se retrouvent aussi chez les carpes (14.5 % des carpes en Dombes (47)).

- ***Trichophrya sp* (ou *Phagobanchium sp.*)**

Ces parasites Ciliés de l'ordre des *Suctorida* sont caractéristiques des Centrarchidés américains mais sont parfois retrouvés sur des carpes. Ils parasitent essentiellement les branchies et possèdent des tentacules suceurs leur permettant de se nourrir directement du cytoplasme cellulaire par effraction des membranes cytoplasmiques. Ces organismes de 40 µm au maximum présentent une reproduction de type asexuée par bourgeonnement.

- ***Oodinium sp.* (*Oodinium pillularis*):**

Ces parasites de la classe des *Phytomastigophora* et de l'ordre des *Dinoflagellida*, sont caractérisés par la présence de deux flagelles, dont un disparaît lors de la fixation à l'hôte. Ces parasites de 15 à 150 µm de longueur présentent une forme ovoïde ou piriforme.

La reproduction est de type asexué : les parasites adultes tombent sur le fond et se multiplient activement en 32 ou 64 cellules qui nageront jusqu'à d'autres hôtes grâce à leurs flagelles.

Ces espèces sont fortement pathogènes : elles se fixent sur la peau ou les branchies et sont capables de s'enfoncer profondément dans l'épiderme. Elles sont responsables de la maladie du velours encore appelée maladie de la rouille. Chez les poissons fortement parasités, la peau perd son brillant et paraît couverte d'un voile jaune-brun. La mortalité peut être importante.

- ***Costia necatrix* (ou *Ichtyobodo necator*):**

Ce parasite flagellé de la classe des *zoomastigophora* et de la famille des Bodonidés ne mesure que 8 à 15 µm de long. Il présente un aspect piriforme avec un net rétrécissement antérieur. Sa multiplication se fait par division longitudinale. Il supporte une large gamme de température : de 2 à 29°C et résisterait même à des températures beaucoup plus élevées (38°C) (23)

Le parasite se nourrirait de cellules épithéliales mortes ou vivantes et de bactéries commensales de la peau. L'action pathogène de *Costia necatrix* s'exerce essentiellement sur les jeunes sujets préférentiellement à température chaude. L'infestation se traduit par une hypersécrétion de mucus sous forme de plaques numulaires bilatérales bleuâtres, un prurit important et un aspect dilacéré des nageoires. Lors d'infestations massives, les parasites peuvent coloniser les branchies et engendrer des troubles asphyxiques graves. Les carpes (36.3 % des carpes en Dombes (47)) et les tanches (96) semblent être les hôtes les plus fréquents

- ***Cryptobia branchialis* :**

Ce parasite de la même famille que le précédent mesure entre 14 et 23 µm de longueur. Il possède un flagelle antérieur et un postérieur. Il se multiplie par division longitudinale.

Il s'attaque directement aux filaments branchiaux. Les branchies prennent alors une coloration anormalement rouge. La mortalité par asphyxie peut être importante chez de jeunes sujets, mais certains auteurs parlent plus de portage que de parasitisme grave. Au niveau tégumentaire, l'infestation est marquée par une hyperproduction de mucus et un assombrissement.

✓ Les Trématodes monogènes

Ces helminthes ne présentent aucun hôte intermédiaire. Ils se fixent sur la peau ou les branchies grâce à des crochets semblables à des grappins. Ils sont tous hermaphrodites et le genre *Gyrodactylus* est vivipare.

- ***Gyrodactylus* sp. (*G. elegans*, *G. medius*, *G. cyprini*, *G. sprostonae* chez la carpe)**

Appartenant à l'ordre des *Monopisthocotylea*, ils ne possèdent qu'un seul testicule. Ils sont caractérisés par la présence d'une paire de prohaptateurs et d'un opisthaptateur muni d'une paire de grands crochets médians et 15-16 crochets marginaux. L'extrémité antérieure avec la bouche en position ventrale, est nettement échancrée. Leur longueur peut atteindre 1 mm.

Ces parasites s'attaquent à la peau, aux branchies, nageoires et cavités nasales. Une infestation massive se traduit par l'apparition d'enduits bleutés sur la peau, des troubles asphyxiques, une dilacération des nageoires et la formation d'ulcères souvent l'objet d'infections secondaires. Les infestations sont souvent massives : 48.3 % de carpes parasitées en Dombes (47) et atteignent presque toutes les espèces : rotengles (92).

- ***Dactylogyrus* sp.**

Ils appartiennent au même ordre que les *Gyrodactylus*. Toutes les espèces du genre *Dactylogyrus* sont parasites des branchies mais seules *D. vastator* et *D. extensus* sont potentiellement pathogènes. Ils sont caractérisés par la présence d'un prohaptateur pourvu de glandes céphaliques et d'un opisthaptateur avec une ou deux paires de crochets médians. Ces appendices permettent la fixation aux lamelles branchiales. ; le déplacement fréquent des crochets génère de fortes irritations locales. Leur taille maximale est de 1.1 mm.

Les espèces parasitées sont les carpes (21.3 % des carpes en Dombes (47)), brèmes, rotengles (39 % des parasites recensés chez des rotengles en Croatie (92)) et gardons, la tanche y étant particulièrement sensible (96). Le parasite s'installe à l'extrémité des lames branchiales mais lors d'infestations massives, la population parasitaire peut s'étendre le long des lamelles et sur la peau autour des ouïes. Les parasites sont hématophages et histophages.

Les poissons parasités souffrent de troubles asphyxiques, sont agités et se rassemblent aux arrivées d'eau. Les branchies sont pâles et couvertes d'une hyperproduction de mucus. 160 parasites suffiraient pour tuer un poisson de 4 cm de long (47).

Ces espèces apprécient les températures chaudes et *D. vastator* ne se reproduit pas en dessous de 5°C (47). Les œufs libérés dans le courant générés par les branchies sont abandonnés sur le fond des pièces d'eau. La larve peut nager durant 24 h à 28-29°C mais ne reste réellement infestante que durant 4-5 h à ces températures (47).

- **Les Diplozoïdæ :**

Cette famille est caractérisée par un opisthaptateur rectangulaire ou bilobé avec une paire de ventouses dans la cavité buccale, une paire de crochets éventuellement et surtout un accouplement permanent des adultes. *Diplozoon paradoxum* est l'espèce la plus fréquente chez nos carpes. Le genre *Diplozoon* sévit chez les carpes (16.5 % des carpes en Dombes (47), le gardon (prévalence de 2/22 (64).

Les deux individus accouplés en permanence, disposés en X, sont réciproquement unis par leur ventouse génitale. L'ensemble mesure de 4 à 11 mm. L'association des deux partenaires est nécessaire à l'accomplissement du cycle évolutif, dès le stade larvaire. Toute larve seule est perdue. *D. paradoxum* se fixe sur les branchies par son opisthaptateur. Le parasite est hématophage et histophage. La gêne respiratoire (œdème et adhésions des lamelles branchiales) peut être sévère chez certains poissons fortement parasités. Les lésions sont similaires à celle du groupe précédent

✓ Les Mollusques

Les larves de certaines espèces de bivalves dulçaquicoles : unios, anodontes sont des parasites obligatoires des branchies des poissons : les larves glochidiiums se fixent sur les nageoires ou préférentiellement au niveau des filaments branchiaux. La réaction locale se traduit par la formation de nodules locaux qui en grande quantité peuvent provoquer des troubles respiratoires graves et des surinfections bactériennes ou mycéliennes sévères (8).

✓ Les Crustacés

Comme tous les crustacés, les espèces parasites présentent plusieurs stades au cours de leur développement. Les stades adultes et les derniers stades larvaires sont généralement parasitaires alors que les premiers stades larvaires nauplius ou métanauplius, ne sont que des éléments planctoniques non parasites

- *Argulus foliaceus*

Ces parasites encore couramment appelés « poux de la carpe », ont une forme adaptée à leur mode de vie : leur corps aplati évoque un bouclier muni de 4 paires de pattes permettant la nage et d'une petite queue faisant office de gouvernail. Leur taille varie de 5 mm pour les mâles à 7 mm pour les femelles. En région antérieure, deux ventouses chitineuses permettent la fixation sur la peau de victimes. Leurs pièces buccales en forme de stylet piqueur (proboscis) sont adaptées à leur régime hémaphage. Les argules sont d'excellents nageurs au comportement harcelant : après leur repas, ils se détachent et nagent librement à la recherche d'autres hôtes. Leur capacité de jeûne entre deux repas peut s'étendre 2-3 semaines. Ils se fixent préférentiellement sur les zones à peau fine : base des nageoires, région ventrale, tour de la bouche et de l'anus... De ce fait, les variétés miroirs sont plus sensibles. Les argules n'ont pas de spécificité stricte d'hôtes mais les individus affaiblis sont préférentiellement spoliés et rapidement recouverts de poux. 15.5 % des carpes en Dombes sont parasités au jour de la pêche (47)).

La pathogénicité des argules est étroitement liée à leur nutrition : l'absorption de sang se fait grâce au proboscis qui perce aisément le tégument. Les sécrétions buccales auraient une action toxique non négligeable. La piqûre entraîne une inflammation parfois marquée. Une infestation d'environ 100 sujets suffit à tuer une carpe de 2 ans (47). Le danger qu'ils représentent est également lié à leur rôle important de vecteurs d'infections bactériennes secondaires, de trypanosomes et trypanoplasmes ou de virus comme celui de la virémie printanière. La propagation de ces affections est amplifiée par le comportement non sédentaire des argules qui visitent successivement plusieurs poissons pour satisfaire leurs besoins alimentaires.

- *Ergasilus* sp. (ordre des Cyclopoidea) : *E. sieboldi* et *E. briani*

Les derniers stades larvaires et les femelles qui peuvent vivre durant 3 années sont principalement responsables du rôle pathogène. Les mâles non-parasites ne vivent qu'environ 2 semaines et meurent après accouplement. Le parasitisme s'effectue essentiellement au niveau des branchies. Les parasites se fixent sur les lamelles branchiales grâce à des crochets proéminents appropriés

Les femelles mesurent de 0.7 à 1.5 mm; leur corps allongé est plus large en partie antérieure. A partir de 14°C, elles développent deux sacs ovigères importants en partie postérieure.

Les *Ergasilus* sont histophages et hémaphages au niveau des branchies. Les tanches et les brèmes sont leurs hôtes préférentiels (47)(96).. En cas de forte infestation, de la mortalité peut être observée.

- *Lerne* sp. (Ordre des *Cyclopoidea*)

Les différentes espèces sont toutes des parasites stricts du tégument. L'appellation traditionnelle « ver à ancre » désigne essentiellement des parasites adultes du sexe femelle ; elle décrit bien leur organisation anatomique : la partie vermiforme extérieure au tégument est constituée du corps translucide et de deux sacs ovigères blancs souvent très volumineux, le tout pouvant mesurer jusqu'à 2 cm. La partie antérieure avec les pièces buccales est transformée en dispositif de fixation sous forme de harpon ramifié solidement ancré dans le derme de la victime. Le parasite se nourrit en injectant des sucs protéolytiques et en réaspirant les tissus partiellement digérés.

Les derniers stades larvaires sont des parasites des branchies. Arrivé à maturité, les vers s'accouplent, les mâles cessent leur mode de vie parasitaire et les femelles se fixent sur le tégument de poissons notamment dans des zones fines (base des nageoires, pourtour anal, lèvres...). Leur cycle de développement complet compte 17 à 33 jours en fonction de la température (25 jours à 20°C)(23). En dessous de 15°C, il est fortement inhibé (23).

Aucune espèce dulçaquicole n'est à l'abri mais certaines espèces sont préférentiellement atteintes, en particulier le rotengle par rapport aux gardons et aux autres espèces en général.

Ces parasites sédentaires et très vulnérants localement constituent des portes d'entrées pour beaucoup de pathogènes bactériens ou mycosiques.

✓ Les sangsues

Ces Annélides de la classe des Achètes, présentent deux ventouses, une à chaque extrémité de leurs corps : les deux participent à la locomotion, l'antérieur intervient en outre dans les fonctions de nutrition : fixation et spoliation. Elles se déplacent par des mouvements de contractions et extensions successifs. En France, on compte essentiellement deux espèces : *Piscicola geometra* au corps cylindrique de 2-3.5 cm de long particulièrement abondante en Dombes et *Hemiclepsys marginata* au corps plus aplati, de 2-4 cm de long et plus sporadique.

Ce ne sont absolument pas des parasites sédentaires : elles peuvent changer d'hôte ou retourner dans le milieu aquatique notamment dans les herbiers. Quand elles éprouvent le besoin de se nourrir, elles se tiennent dressées et attendent le passage d'un poisson sur lequel elles se fixeront grâce à leurs ventouses. Leur régime hématophage peut affaiblir considérablement les sujets fortement parasités. L'intervention de substances anticoagulantes (hirudiné) et vasodilatatrice (histamine) sécrétés par leurs glandes salivaires, accentue le risque anémique.

Les sangsues sont susceptibles de parasiter toutes les espèces de poissons vivant dans leur milieu. Leur présence sur le tégument entraîne une irritation et des lésions souvent compliquées d'affections bactériennes ou mycosiques. Les sangsues se déplacent sur le corps de leurs hôtes et choisissent de préférence les zones à peau fine. Le passage de sangsues d'un poisson à un autre, facilite la propagation de certains pathogènes bactériens (*Aeromonas*), parasitaires (trypanosomes et trypanoplasmes) et même viraux (vecteur de la virémie printanière de la carpe).

Les œufs adhérents à la végétation ou aux sols s'avèrent très résistants.

✓ Mycoses externes : les saprolégnioses.

Deux genres de la classe des Phycomycètes sont couramment impliqués : *Saprolegnia* avec notamment *S. ferax* et *Achlya*.

Ces parasites se développent rapidement sur les œufs et peuvent rapidement anéantir un frai entier. Ils sont d'ailleurs très redoutés dans les écloséries. Ils s'attaquent également aux poissons adultes et sont alors toujours secondaires à une baisse importante de l'état général ou des lésions primaires : blessures, lésions d'origine bactérienne ou parasitaire... Dans un

premier temps, le champignon se développe superficiellement au niveau des tissus lésés ou mortifiés.. A partir de la lésion, le mycélium s'étend aux régions saines et lyse les tissus par le biais d'enzymes protéolytiques. Ainsi, le mycélium s'enfonce progressivement dans le tissu conjonctif, les muscles et enfin les organes vitaux. Tous les tissus externes sont susceptibles d'être touchés mais les régions fragiles souvent sollicitées comme les branchies, nageoires ou l'épithélium buccal sont les plus exposées.

L'infestation se traduit par l'apparition de taches de mousse d'aspect cotonneux. Parallèlement, on observe un décollement et une dégénérescence musculaire progressifs liés à la progression mycélienne. Les poissons s'affaiblissent, ne peuvent plus se déplacer ou s'alimenter et meurent, le cadavre constitue alors un véritable milieu de culture.

La transmission de la maladie se fait par colonisation de zoospores de deuxième génération libérés dans l'eau et qui germent sur les parties réceptives des poissons.

Cette parasitose secondaire est favorisée par un stress, une baisse de l'état général et surtout un confinement qui favorise la multiplication et la colonisation des spores : fortes densités, anoxie chronique, sous-alimentation, écarts de températures, non récolte des cadavres...

4.1.1.2.3.2 Les parasites internes

✓ Parasites de l'œil

Ce sont essentiellement des métacercaires de Trématodes digéniens : on parle de trématodose oculaire. En Europe, *Diplostomum spathacum* est principalement incriminé. Il s'agit d'un Diplostomatidé de l'ordre des *Strigeoidea*. Il mesure de 3 à 4 mm de long et moins de 1 mm de large.

Le cycle comporte un hôte définitif : l'oiseau et deux hôtes intermédiaires : une limnée et un poisson. Le ver adulte se développe dans l'intestin d'oiseaux aquatiques : Laridés, Ardéidés, *Phalacrocorax carbo* (grand cormoran) ou Anatidés du genre *Mergus* (harles). Les œufs rejetés avec les fientes d'oiseaux, éclosent dans l'eau et libèrent une larve de type miracidium. Cette dernière poursuit le cycle dans l'organisme de la limnée au niveau de la sphère hépatique. De nombreuses multiplications asexuées aboutissent à la libération de cercaires en grand nombre. L'infestation du poisson par ces dernières s'accomplit par voie percutanée ou branchiale. La pénétration par la cornée est aussi possible. Dans tous les cas, aux termes d'une migration plus ou moins longue, les métacercaires s'enkystent dans le cristallin. Plusieurs dizaines de larves peuvent cohabiter dans un même œil (de 4 à 23.7 larves/gardon en moyenne sur plusieurs stations de la Seine (64)). L'affection est souvent unilatérale et les parasites s'accumulent avec l'âge (64). L'opacification et la déformation engendrées perturbent le mimétisme (teinte claire fréquente) et diminuent les capacités visuelles jusqu'à cécité totale. Le poisson aveugle, s'affaiblit suite à ses difficultés à s'alimenter et devient moins méfiant vis à vis des prédateurs aériens : le cycle est bouclé. Les espèces benthiques faisant davantage appel à leur sens tactile et gustatif pour la recherche de nourriture résistent mieux à cette infestation. Cette affection atteint la carpe (31.5 % en Dombes avec une prévalence plus forte chez les femelles (47) mais surtout le gardon avec des prévalences élevées : 168/201, 41/42, 18/22 ou 35/41 (64),).

Une espèce voisine *Tylodelphis clavata* (= *Diplostomum clavatum*) présente un cycle similaire, les mollusques hôtes n'étant pas connus. Les métacercaires s'installent plutôt dans la chambre postérieure des yeux des poissons mais aboutissent aux mêmes résultats : cécité et action de pêche facilitée pour les oiseaux. Elle sévit chez 13.8 % des carpes en Dombes (47)).

✓ Parasites digestifs

- Protozoaires

Eimeria carpelli est avec *E. subepithelialis*, l'une des coccidies pisciaires les plus répandues. De la classe des *Sporozoa* et de l'ordre des *Coccidia*, elle parasite l'épithélium intestinal des carpes. Leur morphologie est celle d'une coccidie classique.

La maladie se manifeste surtout en saison chaude. Elle peut toucher toutes les classes d'âge mais reste surtout dangereuse pour les jeunes carpes ; de la mortalité peut alors être observée. La réinfestation serait permanente. Seule une infestation massive se traduit par des signes cliniques graves : anorexie, léthargie, amaigrissement, abdomen distendu et mou, filets muqueux blanchâtres au niveau de l'anus.

L'incubation varie de 7 à 14 jours en fonction de la température de l'eau (47).

Les oocystes sont capables de résister 20 jours dans une eau à 15-20°C (47).

Les lésions sont celles d'une entérite hémorragique avec érosion et ulcères de la muqueuse dans le cas de *E. carpelli* et d'une entérite nodulaire dans le cas de *E. subepithelialis*.

Un autre protozoaire de la classe des *Zoomastigophora* et de la classe des *Diplomonadida* est susceptible de parasiter le tube digestif des carpes. Il s'agit d'*Hexamita intestinalis* : il se nourrit de chyme intestinal, se déplace aisément grâce à la possession de huit flagelles. Il ne semble pas avoir de rôle pathogène important et se retrouve chez 6 % des carpes femelles uniquement en Dombes (47).

- Helminthes

- ◆ Nématodes : les plus fréquents du genre *Capillaria* de l'ordre des *Trichuroïdea* présente un corps fin et cylindrique. De nombreuses espèces ont été recensées en Europe et sont toutes originaires d'Amérique du sud. *Capillaria pterophylli* et *C. piscicola* sont les plus répandues. Ce sont des parasites des portions terminales du tube digestif. Leur cycle et mode de transmission restent encore mal connus. Certaines espèces de *Cyclops* et *Tubifex* sont soupçonnées d'être hôtes intermédiaires. Leur rôle pathogène semble discret même si de très jeunes poissons peuvent souffrir de leur infestation massive en raison d'ulcérations de la muqueuse intestinale. 11.2 % des carpes en Dombes sont parasitées par le genre *Capillaria* (47)).

D'autres Nématodes parasitent les poissons : après ingestion et traversée de la paroi intestinale, ils peuvent s'enkyster dans les organes génitaux, la musculature, la cavité générale... Ce parasitisme est rarement fatal pour les poissons et de ce fait souvent méconnu (8) : seules les phases migratoires sont dangereuses (fibroses, péritonites, hémorragies, portes d'entrée à des germes...). Les stades larvaires parasitent les poissons alors que les adultes vivent dans le tube digestif d'oiseaux. En Dombes, 97% des cormorans sont porteurs de l'un d'entre eux : *Contracaecum spiculigerum* (95). Certaines espèces des genres *Philometra* et *Rhabdochona* ont été retrouvées occasionnellement chez quelques gardons de la Seine (64).

- ◆ Acanthocéphales (genres *Acanthocephalus*, *Echinorhynchus*, *Pomphorhynchus*, etc...). Ces parasites ne sont pas très fréquents et se retrouvent surtout dans des lacs restés en eau durant plusieurs années consécutives. Ils mesurent en général plus d'un cm et sont fréquemment colorés. Les poissons s'infestent en ingérant des Crustacés de type gammare, hôtes intermédiaires de ces parasites.

Ils se nourrissent de chyme intestinal par absorption tégumentaire et se tiennent en général en région pylorique ou en aval. Ils sont généralement bien supportés par les

poissons même lors d'infestations massives. On les retrouve chez le gardon (*A. anguillae* (1/22), *lucii* (1/22))(64)

◆ *Caryophyllaeidae* : (*Caryophyllaeus fimbriceps* le plus répandu, *C. laticeps*, *Khawia sinensis*...). Ces Plathelminthes non segmentés, parasites de l'intestin, fréquentent généralement les portions antérieures du tube digestif des carpes. Ils mesurent de 15 à 25 mm de long et présentent une large tête festonnée, *Khawia* sp. est plus long (5 cm environ).

Le cycle de développement comporte des hôtes intermédiaires des genres *Tubifex* et *Psammorictes*. Ces derniers se contaminent par ingestion d'œufs contenant une larve coracidium. Les procercoïdes chez les hôtes intermédiaires deviennent infestantes au bout de 3.5 à 4 mois et le demeurent pendant 2 ans. L'infestation des poissons se fait par ingestion des hôtes intermédiaires et peut durer 2 ans. Les cycles sont long et durent 1 an chez le genre *Khawia*. Des épizooties de *Caryophylleus* sont fréquentes chez des poissons de 2 ans de mai à juin, on peut alors observer de véritables pelotes de parasites dans l'intestin des poissons qui souffrent alors de retards de croissance mais dont la mortalité reste faible. Les parasites du genre *Khawia* semblent en revanche beaucoup plus pathogènes puisque 45 de ces vers suffisent à tuer une carpe de 3 ans (47). La prévalence de ces espèces atteint 25.5 % des carpes en Dombes (47).

◆ *Bothriocephalidae* (*Bothriocephalus acheilognathi* et *B. gowkongensis*) : Cestodes à corps mince d'une vingtaine de cm et nettement segmenté. Le scolex est étroit.

Le cycle évolutif compte un hôte intermédiaire : Crustacé Copépode du genre *Cyclops* et un hôte définitif : un poisson. Les œufs sensibles à la dessiccation et au gel libèrent une larve coracidium ciliée qui va infester le cyclops. Le poisson s'infeste par ingestion du crustacé. L'infestation est dangereuse pour les carpes de moins de un an, la mortalité pouvant atteindre 90 % : les parasites en grand nombre peuvent obstruer l'intestin et perturber totalement la fonction digestive. Les carpes plus âgées sont souvent porteuses. Le cycle de développement entier est approximativement de 1 an (47). La prévalence semble faible : 1.7 % des carpes en Dombes (47).

◆ *Gryporhynchus cheilancristrotus*. Ce parasite digène vit au stade adulte dans l'intestin d'oiseaux piscivores, Ardéidés notamment. Les larves cysticercoïdes vivent dans la lumière des canaux biliaires et sont capables de se déplacer aisément. Leur rôle pathogène semble quasiment nul chez la carpe, uniquement réduit à une légère réaction inflammatoire. 8.7 % des carpes en Dombes sont parasitées (47)).

✓ Parasites du sang et de l'appareil circulatoire

- Les Protozoaires :

◆ *Trypanoplasma* sp. et *Trypanosoma* sp. : ces deux protozoaires zooflagellés de l'ordre des *Kinetoplastida* sont morphologiquement et biologiquement très proches. Ces organismes cellulaires de 20 µm présentent un gros noyau légèrement volumineux. *Trypanosoma* possède un seul flagelle et une membrane ondulante, *Trypanoplasma* en possède un supplémentaire difficile à voir à l'examen microscopique. Ce sont des parasites extracellulaires du sang. Cette parasitose souvent mortelle (90 % selon (47)) est communément appelée « maladie de langueur des carpes ». D'autres auteurs (16) la considèrent peu pathogène. Elle se traduit par de l'abattement marqué et une anémie pouvant affecter les 2/3 des hématies.

La transmission de ces protozoaires peut se faire selon un modèle direct essentiellement en période frai ou indirect par le biais de sangsues qui font office de vecteurs et d'hôtes réservoirs. La tanche semble particulièrement sensible à la trypanoplasmosse (96), les carpes sont également réceptives : 9.3 % des carpes en Dombes sont positives (47).

- ◆ *Shaerospora renicola* : ce protozoaire parasite de la classe des Myxosporidia fut décrit pour la première fois en Tchécoslovaquie en 1982. Il se présente sous la forme de spores relativement sphériques de 7.2 µm de diamètre avec 2 capsules polaires de taille identique. Les stades présporogoniques se développent dans la paroi de la vessie natatoire, et sont accusés par certains auteurs d'être des agents du syndrome d'inflammation de la vessie natatoire qui n'a d'ailleurs encore jamais été rapporté en France (16). Le parasite rejoint ensuite les glomérules et les tubules rénaux via la circulation sanguine. A ce niveau, chaque élément parasitaire achève ses transformations et produit deux spores de *S. renicola*. L'accumulation de parasites dans la lumière des tubules rénaux peut conduire à leur nécrose. *S. renicola* peut être considéré comme un parasite assez pathogène, la mort de carpes infectées n'étant pas rares, chez les jeunes sujets en particulier. Sa prévalence atteint 5.3 % des carpes en Dombes et les infestations sont toujours massives(47).
- ◆ *Haemogregarina* sp. Ces parasites Apicomplexa de l'ordre des Eucoccidia sont des parasites intra-érythrocytaires monoxènes ou hétéroxènes. Leur schizogonie est intra-érythrocytaire tandis que leur phase sporogonique se déroule dans l'intestin de sangsues

- Les champignons du genre *Branchiomyces* : *Branchiomyces sanguinis* : Ces parasites de la classe des Phycomycètes et assez proche des *Saprolegnia*, sont responsables de mycoses vasculaires branchiales. Contrairement aux *Saprolegnia*, *Branchiomyces* génèrent des infections d'origine endogène : les spores, dont le mode de pénétration reste encore inconnu, possèdent un tropisme pour l'oxygène : elles gagnent les branchies par voie sanguine et s'embolisent à ce niveau. Le mycélium prolifère à partir de ce foyer d'embolisation, pouvant coloniser l'intégralité de la branchie. Macroscopiquement, l'affection se traduit par des lésions ischémiques blanchâtres ou hémorragiques donnant aux branchies un aspect marbré. Des surinfections bactériennes ou mycosiques sont fréquentes et le diagnostic de cette affection reste souvent hypothétique. La maladie est malheureusement grave avec des mortalités pouvant atteindre 50 % en 2 à 4 jours chez la carpe (47). Elle se révèle sévère également chez la tanche (8). Cette affection semble favorisée par la richesse de l'eau en matières organiques en suspension, particules alimentaires notamment, les températures élevées, les fortes densités, les manipulations et stress de toutes sortes...

- Trématode de la classe des Strigeata : *Sanguinicola inermis*

Cet helminthe digénien est un parasite imaginal du système circulatoire. Sa présence en France, notamment en Dombes (47) semble relativement récente. Ce parasite de longueur inférieure à 1 mm est dépourvu de ventouses. Le parasite adulte logé dans le cœur pond dans le flux sanguin et les œufs s'embolisent dans les capillaires branchiaux ou rénaux. La larve miracidium contenue dans l'œuf, rejoint le milieu aquatique après effraction des tissus branchiaux fragilisés par les lésions d'embolies vasculaires. Elle poursuit son cycle chez un hôte intermédiaire Gastéropodes de la famille des *Limnaeidae* (*Radix auricularia*, *R. ovata*, *Limnea stagnalis*...). La larve termine ses transformations et se multiplie. La cercaire libérée dans le milieu aquatique résiste 48 h à 11°C (47) et doit impérativement rejoindre le système circulatoire d'un poisson. La pénétration chez l'hôte définitif se fait au niveau des filaments branchiaux. Les carpes s'infestent durant la saison chaude et les jeunes sujets sont plus sensibles (4.6 % des carpes en Dombes (47)) : chez eux, l'atteinte est essentiellement branchiale, donc sévère et souvent fatale. Les carpes plus âgées, en revanche, développent

plutôt une forme rénale plus chronique et rarement fatale. Les lésions observées découlent des deux types d'atteinte : destruction des filaments branchiaux qui deviennent pâles et marbrés, atteinte rénale souvent accompagnée d'ascite.

D'autres trématodoses larvaires existent chez les poissons. Les cercaires libérées dans l'eau se fixent sur les poissons et migrent à travers le tégument pour s'enkyster plus ou moins profondément selon les espèces au niveau du tégument, de branchies ou de la cavité générale. Ces kystes peuvent s'accumuler mais sans grande incidence notable sur le poisson : des tanches dans le Volga ont été examinées avec 1344 métacercaires d'*Hysteromorpha triloba* dans leur musculature sans interférences négatives sur la fonction musculaire (95). En Dombes, les populations de cormorans se révèlent très infestées par des adultes des espèces *Paryphostomum radiatum* (95.5 %), *Petasiger exaeretus* (91 %) ou *Hysteromorpha triloba* (83.6 %) (95)

✓ Parasites de la cavité générale : *Ligula intestinalis*

Les Cyprinidés peuvent héberger dans leur cavité générale des larves pléroceroïdes de Cestodes de l'ordre des *Pseudophyllidea* et de la famille des *Diphyllobothriidae*. Le cycle complexe comporte 2 hôtes intermédiaires : un Crustacé des genre *Cyclops* ou *Diaptomus* (46) et un poisson. L'adulte vit sans rôle pathogène grave dans l'intestin d'oiseaux piscivores (Gavidés, Podicepedidés, Phalacrocoracidés, Ardéidés, Laridés, Alcédinidés et Anatidés piscivore en particulier le genre *Mergus*): la transmission du parasite se fait par ingestion de poissons infestés. Certains de ces oiseaux seraient des impasses biologiques, en particulier le cormoran chez qui l'infestation est généralement très faible (1-1.5 % en Dombes) (95). Les adultes matures après 2-5 jours après ingestion (16), libèrent des œufs qui seront éliminés avec les excréments. Les premiers stades larvaires (coracidium) sont libres pendant 1-2 jours à 2-3 mois (46) et éventuellement consommés par un Copépode planctonique. L'évolution en larve procercoïde se déroule dans la cavité générale du cyclops et demande 10-15 jours (16), 3 semaines (46). Elle mesure déjà 0.4 mm alors que le crustacé dépasse rarement les 0.5 mm. Le poisson va se contaminer en consommant le crustacé affaibli et la larve évoluera en larve pleroceroïde. Elle est blanche et ne présente aucune segmentation apparente. Elle mesure de 10 à 20 cm de long pour 0.7 à 1.6 cm de large. L'infestation peut durer plus de 14 mois (16) (46). Les poissons parasités présentent une croissance ralentie (croissance inférieure de 29.5 % chez des rotengles polonais ligulés) (69). Les larves compriment et perturbent les organes internes (ascite, inhibition de la maturation des gonades...). L'abdomen devient distendu avec une protubérance souvent marquée (« bouton du pêcheur »). Lors d'infestations massives, la paroi abdominale peut se déchirer en région périnéale, laissant apparaître les larves dans l'abdomen. On a déjà pu observer la mort de poissons de 500 g suite à une infestation par 3 larves de 4-6 cm (47).

Toutes les espèces de Cyprinidés sont sensibles mais certaines le sont plus que d'autres : tanches (en premier lieu 46), rotengles (8 % des sujets en Pologne) (69) et brèmes par rapport aux carpes par exemple. FAYE explique ce phénomène par la superposition durant le mois de juin des périodes de forte contamination des *Cyclops* par *Ligula* et celle de réceptivité maximale des espèces : les alevins de tanches naissent plus tard, leur orifice buccal est très réduit, leur croissance est plus lente et elles consomment donc plus longtemps des Copépodes. En outre, les alevins de tanches se nourrissent essentiellement sur le fond alors que les carpes ont un comportement alimentaire plus pélagique. Or, les crustacés parasités affaiblis et certainement plus lourds doivent évoluer sur le fond (46). Les poissons de moins d'un an semblent les plus réceptifs à *Ligula* (46) et pourtant il n'existe pas de protection contre les réinfestations ultérieures : l'explication tient certainement au fait que les stades adultes

consomment peu de zooplancton. Les poissons se contamineraient donc massivement au stade alevin au moment où le zooplancton constitue la majorité de leur régime (46).

Il semblerait cependant que cette parasitose disparaisse progressivement des étangs cultivés, notamment dans certaines régions comme la Dombes. Cela est à relier avec le cycle de développement long du parasite et un mode d'exploitation des étangs avec des cycles courts suivis de périodes d'assez éliminant les hôtes intermédiaires.

Un autre Cestode *Paradilepis scolescina* est possible : les éléments infestants sont ingérés et traversent la paroi digestive puis migrent et s'enkystent dans l'organisme. Les effets sur les poissons sont moindres mais le taux d'infestation des cormorans en Dombes est préoccupant (92.5 %) (95).

✓ Parasites systémiques

- Mycoses systémiques : de nombreux genres et espèces de champignons sont responsables de mycoses profondes : *Ichthyochitrium*, *Penicillium*, *Phoma*, *Ochronis*, *Dermocystidium*, *Fusarium* et surtout *Ichthyophonus*. Ce dernier est le genre le plus répandu et surtout le plus pathogène. L'infestation se traduit chez l'hôte par des réactions chroniques de type granulome pouvant atteindre la taille d'une tête d'épingle. Ces nodules correspondent à des réactions d'enkystement autour de formes végétatives représentant des filaments mycéliens en développement. Ils sont particulièrement abondant au niveau du foie et du tégument

Dans le cas de l'ichthyophonose due à *Ichthyophonus hoferi*, les symptômes se traduisent par une mortalité régulière continue et sans rémission sur des poissons ayant une nage désordonnée jusqu'à immobilisation totale sur le fond. Au niveau lésionnel, la peau semble piqueté de points de rouille. L'examen microscopique des nodules blancs ou jaunâtres de 1 à 2 mm de diamètre met en évidence des cellules géantes caractéristiques.

La transmission de l'ichthyophonose se fait par voie orale par ingestion de muscles ou de viscères de poissons atteints et morts. L'ingestion de Copépodes porteurs est également évoquée.

Ces mycoses profondes restent rares en piscicultures extensives et par exemple l'ichthyophonose ne semble pas avoir été décrite chez les carpes en Dombes (47). En revanche, elle est retrouvée chez la tanche (96).

- Protozoaires à localisation systémique : Tous les organes peuvent être atteints par une espèce précise de ces parasites. Ils appartiennent à deux classes : celle des Microsporea avec les genres *Myxobolus* (parasite des branchies, muscles reins, cerveau...), *Hoferellus* (parasite des reins), *Thelohanellus* avec *T. nickoslkii* récemment introduit en France, *Myxidium*, *Wardia*, *Sphaerospora*, *Palliatus*, ... et celle des Myxosporea avec les genres *Pleistophora* (parasites des muscles, des branchies, de la peau et du tissu sous-cutané), *Glugea* (parasite de la peau et du tissu sous-cutané) et *Thelohania*. De nombreuses espèces sévissent dans nos étangs. Par exemple, les genres *Myxobolus* et *Thelohanellus* ont été retrouvés en étangs dombistes (47). Le cycle parasitaire n'est pas encore bien connu. Selon leur localisation spécifique sur des organes vitaux ou non, leur pouvoir pathogène est variable. Ils sont particulièrement incriminés chez les poissons souffrant de troubles nerveux ou malformations musculo-squelettiques (*Myxobolus encephalica*). Mais des investigations menées sur ces spécimens en Dombes se sont avérées négatives, privilégiant plutôt une origine génétique (47).

4.1.2 Traitement et prévention de ces affections

Les états pathologiques sont généralement la conséquence d'un déséquilibre entre les poissons, leur environnement et les bio-agresseurs. Toutes les affections virales ou bactériennes surviennent généralement après un stress soit technologique (tri, transfert...) soit naturel (changement de température, de pression atmosphérique, passage de particules en suspension...). Les risques de déséquilibre augmentent au fur et à mesure que l'on intensifie le schéma de production

L'étang est un milieu naturel et les bio-agresseurs font partie intégrante de sa biocénose. Beaucoup de parasites sont fréquemment rencontrés mais bien tolérés tant qu'ils sont en nombre compatible avec les capacités de défenses des poissons. De même, beaucoup de poissons sont porteurs de bactéries ou protozoaires mais l'état de maladie ne se déclare que suite à des circonstances particulières : abaissement des défenses, stress, blessures...

En tant que système ouvert intégré à son environnement, l'étang ne peut s'opposer à la venue d'agents pathologiques. L'eau est bien sur le principal vecteur de ces agents : suivant son origine, les risques sont plus ou moins grands, les eaux de source ou de ruissellement étant moins dangereuses que les eaux d'alimentation à partir de cours d'eau ou fossés en parallèle et surtout d'autres étangs. Mais même si la source d'eau est sûre, les risques de contamination sont loin d'être nuls. En premier lieu, le statut sanitaire des géniteurs ou alevins déversés ne peut garantir une absence totale d'éléments pathologiques. De plus, de nombreux intervenants extérieurs inféodés au milieu aquatique sont susceptibles d'introduire les bio-agresseurs : mammifères et batraciens aquatiques, insectes aériens dépendants du milieu aquatique et surtout les oiseaux aquatiques qui sont en général de grands migrateurs et donc de larges propagateurs d'éléments infectieux. L'équilibre est donc précaire et tout doit être mis en œuvre de façon à tenir compte de ces contraintes naturelles.

La survenue de différents bio-agresseurs est favorisée par la sensibilité des individus, et la qualité de leur environnement et de leur alimentation. Par conséquent devant tout signes pathologiques, il faut toujours s'intéresser aux conditions environnementales avant de traiter la pathologie infectieuse proprement dite.

La grande majorité des bio-agresseurs connus font partie intégrante du milieu et donc lors d'apparition de phénomène pathologique, il est nécessaire de rechercher les facteurs susceptibles d'expliquer le développement d'un pathogène donné. L'intervention d'un agent pathogène dépend de son pouvoir pathogène propre, de la densité d'agents infectieux et du degré de réceptivité du poisson qui est étroitement corrélé à son état physiologique. Une enquête épidémiologique pour comprendre le défaut du système est plus important sur le long terme que le traitement du lot affecté. Deux hypothèses sont à envisager : soit un bio-agresseur nouveau a été introduit en quantité suffisamment importante pour déclencher des phénomènes morbides, soit les conditions environnementales se sont dégradées rendant les poissons plus réceptifs aux organismes pathogènes normalement régulés.

Les moyens à mettre en œuvre sont avant tout des moyens technologiques qui doivent offrir un confort optimal et un maximum de sécurité vis à vis du stress et des autres agressions. Les mesures que l'on va développer maintenant sont avant tout préventives :

◆ Améliorer les conditions du milieu car beaucoup de parasites ne sont pas des pathogènes authentiques mais des organismes opportunistes qui tirent profit des fragilités de leurs hôtes pour se développer à leurs dépens:

- disposer d'une eau de bonne qualité et en surveiller les principaux paramètres et éventuellement, la minéraliser pour en augmenter le pouvoir tampon
 - éviter le gaspillage alimentaire susceptible de dégrader rapidement la qualité de l'eau et favoriser le développement de germes bactériens opportunistes
- ◆ Diminuer la réceptivité et la sensibilité des poissons :
- disposer de matériel de transport, de vidange, etc. adapté à la taille des individus. On fait en partie allusion à ...
 - un séjour en eau additionné de sel à raison de 3-5 g/l après une manipulation permet de limiter les effets délétères du stress, notamment de réduire les dépenses énergétiques d'osmorégulation (89). De même, une eau bien minéralisée permettra un bien meilleur rétablissement (> 50 mg/l de Ca) : le calcium a non seulement un effet inhibiteur vis à vis de la sécrétion de cortisol mais également un effet détoxifiant par rapport à l'ammoniac. Les difficultés rencontrées pour le transport ou le stockage de certaines espèces comme le sandre semble essentiellement dues à une mauvaise gestion du stress par une mauvaise qualité de l'eau souvent trop pauvre en calcium et autres éléments minéraux
 - assurer un taux optimal d'oxygénation (6-8 mg/l) et un taux minimal d'ammoniac par un renouvellement adéquat de l'eau. Cela est surtout valable pour les périodes de stockage en bassins clos.
 - Les densités des bacs mais aussi des lacs doivent être compatibles avec un la taille des alevins et la disponibilité de la nourriture
 - garantir une alimentation naturelle de qualité et en cas de période de pénurie, disposer d'un aliment artificiel de qualité. L'apparition de l'ensemble VPC/érythrodermatite peut être totalement évité en pratiquent un nourrissage hivernal complémentaire (89)
 - surveiller l'état des poissons au cours de la saison de croissance de façon à détecter précocement d'éventuels déséquilibres ou déficiences en particulier au niveau nutritionnel (pêches partielles en nasses, cages témoins...).
 - Limiter au maximum tous les stress en particulier les manipulations inutiles
 - Maintenir les animaux à la diète avant chaque manipulation.
- ◆ Limiter la dissémination et l'introduction d'agents pathogènes
- géniteurs déparasités et en bon état sanitaire
 - contrôler l'origine des poissons ne pas mélanger les lots de poissons d'origines différentes dans la mesure du possible
 - ne pas mélanger les espèces car certaines peuvent servir de réservoir pour certains agents (exemple tanche pour l'érythrodermatite)
 - ne pas mélanger les différentes classes d'âge car pour de nombreuses maladies (érythrodermatite, VPC, ichthyophthiriose et tous les parasites protozoaires cutanés à cycles directs) les animaux âgés sont souvent des porteurs sains
 - désinfection du matériel utilisé pour pêcher des exploitations différentes : bottes, épuisettes... à l'aide d'ammonium quaternaires, d'iodophores ou d'eau de Javel. Il faut tout de même rester prudents dans l'emploi de ces produits dangereux pour l'environnement en aval.
 - des mesures contre les parasites à cycles complexes peuvent permettre d'interrompre le cycle biologique en éliminant les hôtes intermédiaires (oiseaux, zooplancton, mollusques) : elles sont toujours difficiles à mettre en œuvre en particulier pour les oiseaux qui sont pour la grande majorité protégés et difficile à éloigner. Certaines pratiques peuvent interférer avec la production comme par exemple la destruction du plancton ou de mollusques qui participent en grande

partie à l'alimentation des poissons d'étangs. Leur difficulté d'application et leur résultat aléatoires les rendent anecdotiques.

- Elimination biologique des poissons porteurs : l'élevage en présence de carnassiers peut réduire la population de poissons parasités ou faibles. Certains auteurs ont ainsi pu constater une diminution de la ligulose chez des gardons dans l'étang de Créteil suite à une introduction de sandres (46).

◆ Détruire les agents pathogènes

- traitements préventifs après chaque manipulation de façon à réduire la population d'agents pathogènes susceptibles de se développer après le stress engendré
- pratiquer des vides sanitaires efficaces après les périodes de pêche : assec prolongé destinés à éliminer tous les stades de développement (œufs, larves ou adultes), les vecteurs et tous les organismes pouvant héberger certains de ces stades (poissons envasés, crustacés, mollusques...). La dessiccation, les rayons UV ou le gel sont autant de facteurs qui garantissent l'assainissement de l'étang. La manœuvre est particulièrement efficace pour les agents survivant peu de temps hors du corps des poissons (érythrodermatite, *Ichthyoptirius*...) et pour tous les parasites à cycle complexe : les hôtes intermédiaires infestés sont généralement peu résistants (*Ligula*). En revanche, pour les germes résistants facilement dans le milieu, soit comme saprophyte (bactéries, *Saprolegnia*...) soit grâce à des formes de résistance (spores, œufs bien protégés...), la mesure peut être améliorée par épandage de chaux vive (CaO) sur le fond de l'étang à raison de 100 à 200kg de chaux pulvérulente (vive ou éteinte)/ha au moins un mois avant la remise en eau (89). L'hypochlorite de calcium (Ca(OCl)₂ ou la cyanamide calcique contenant 60-70% de chaux vive et 18-22% d'azote peuvent également être employés notamment pour les parasites résistants (FAYE). Les zones qui doivent être traitée en priorité sont celles qui ne s'assèchent pas totalement et qui peuvent constituer des foyers localisés de survie pour les pathogènes. Dans certains systèmes d'élevage, une période de mise en culture du fond de l'étang pendant une saison, permet bien entendu un assainissement total de la parcelle.
- Elimination directe des parasites de grande taille lors de la pêche (*Lernea*, *Argulus*...) ou des poissons parasités directement (poissons ligulés).

Conditions particulières liées aux conditions de stockage

Les conditions de vie en bassins de stockage se rapprochent de celles de production intensive mis à part que le temps de séjour est généralement beaucoup plus court. Les contraintes liées au facteur poisson sont les mêmes que celles exposées ci-dessus et dépendent fortement des antécédents vécus en étangs (état d'entretien, portage de différents agents pathogènes, intensité de l'infestation, etc.). L'intensification apporte de nombreuses contraintes qui potentialise l'expression des pathogènes :

- **effet milieu** : le nouveau milieu est totalement différent du milieu naturel et la transition en général rapide. Les nouvelles conditions physico-chimiques sont souvent mal maîtrisées : écarts de températures, accumulation de déchets azotés en particulier, oxygénation plus ou moins bien assurée.... De plus, il s'agit d'un milieu agressif souvent à l'origine de nombreuses érosions cutanées au niveau des zones de contact (museau, tête, nageoires). Les surfaces doivent être bien lisses sans aspérités ni angles vulnérants de façon à

réduire les risques traumatiques très fréquents quand les poissons paniqués s'agitent frénétiquement.

- **effet poisson** : suite au changement brusque de milieu, les poissons sont soumis à un stress maximal. Leur sensibilité et leur réceptivité sont maximales : manipulations traumatiques, effondrement des défenses suite au stress... Les densités toujours élevées génèrent un stress supplémentaire lié aux relations sociales entre poissons, notamment au niveau de la prise alimentaire

- **effet agent infectieux** : l'intensification est un facteur favorable à l'évolution des bio-agresseurs : températures généralement plus chaudes, accumulation de matières organiques riches en bactéries opportunistes... La promiscuité garantit également une meilleure diffusion des pathogènes d'un individu à l'autre. Les affections virales et bactériennes trouvent des conditions idéales de d'évolution et de diffusion. Les infections à germes opportunistes profitent en général des nombreuses blessures et des qualités médiocres des eaux de stockage pour se développer. En revanche pour les parasites, la situation est différente selon leur cycle de développement : ceux à cycles complexes et longs peuvent terminer leur évolution mais ne se disséminent pas du fait de l'absence d'hôtes intermédiaires. Les parasitoses trop invasives entraînent des mortalités rapides dès les débuts de la vie en claustration. Les parasites à cycle direct et rapide sont largement favorisés et profitent de ces conditions optimales pour se développer. Ce sont surtout les parasites protozoaires cutanés avec en premier lieu *Ichthyophorus* et les agents mycosiques saprophytes type *Saprolegnia*.

Etant donné le pouvoir infestant de certains de ces parasites et leur pouvoir pathogène, il est essentiel de pratiquer des mesures prophylactiques avant déversement en bassin de stockage : bains systématiques.

Les traitements peuvent être systématiques lors de périodes à risques, ils sont alors un but préventif ou survenir après déclaration d'un épisode pathologique. Il faut alors bien retenir que ce traitement curatif signe un échec technologique. Vu les coûts engendrés, le traitement doit être adapté pour assurer une efficacité maximale. Il est donc nécessaire de réaliser un diagnostic précis avant toute intervention thérapeutique en faisant appel à la microscopie (examens de lamelles branchiales, raclages cutanés, coloration...) ou à des moyens plus sophistiqués (sérologie pour l'érythrodermatite, etc.). Sur le plan économique, la manœuvre est souvent déconseillée pour plusieurs raisons :

- ◆ la valeur du lot atteint ne justifie pas le recours à des principes actifs coûteux utilisés en grande quantité vu le volume d'eau à traiter. Les rythmes et les doses nécessaires sont généralement bien plus importantes que lors d'un traitement préventif. De plus, le stockage supplémentaire de préférence à faible densité jusqu'à rétablissement mobilise des surfaces en eau non exploitables pour d'autres opérations qui seraient certainement plus profitables
- ◆ les traitements manquent en général d'efficacité car le processus pathologique est décelé beaucoup trop tardivement à partir du moment où ils sont bien installés. Les résultats sont généralement aléatoires et le rendement du lot compromis : les pertes restant élevées et les sujets sauvagés de qualité médiocre
- ◆ les moyens mis en œuvre sont importants en particulier les traitements par balnéation qui s'accompagnent de mortalités importantes liées aux manipulations. Il ne faut pas oublier que ces traitements doivent être répétés plusieurs fois en fonction du principe actif utilisé pour se révéler efficaces
- ◆ difficulté d'administration en système extensif : la voie systémique est totalement impossible sur nos animaux de taille trop réduite. La voie orale est difficilement utilisable en pratique si les animaux ne sont pas habitués à recevoir une alimentation artificielle. De

plus, les sujets atteints deviennent dès les stades précoces des processus pathologiques apathique et anorexique, laissant peu d'efficacité au traitement par le biais d'un aliment médicamenteux

- ◆ risque de contagiosité et de portage asymptomatique : le stockage de lots malades constitue un foyer infectieux dangereux pour les autres poissons de l'exploitation mais également pour la population pisciaire des cours d'eau en aval. Il faut donc isoler au maximum les étangs renfermant ces populations à risques.

Suivant l'importance du lot contaminé et la valeur des espèces, il est en général plus avantageux d'éliminer le lot atteint en intégralité avant que les agents pathogènes ne se propagent.

Concernant les doses thérapeutiques, l'efficacité et la toxicité sont fortement modulées par la qualité de l'eau (température, pH, dureté...). Des essais doivent donc être réalisés pour définir dans chaque structure, la dose optimale en fonction de la pathologie en question mais aussi de la saison et de l'espèce de poisson cultivée.

Lors de traitements par baignade, il faut bien surveiller le comportement des individus en cours de traitement afin d'intervenir immédiatement si les poissons manifestent des signes de souffrance ou de détresse.

Les traitements antibiotiques préventifs peuvent induire des résistances bactériennes graves pour la maîtrise de certaines pathologies non seulement piscicoles mais également humaines. La résistance ne concerne pas nécessairement une espèce pathogène directement, il peut s'agir d'une bactérie totalement inoffensive du bactérioplancton qui pourra transmettre ultérieurement et aléatoirement cette résistance par transfert plasmidique à une espèce beaucoup plus pathogène.

La mise en place de ces mesures préventives est essentielle car elles luttent contre toutes les affections, ce qui semble important face à l'augmentation conséquente de la liste d'agents pathogènes en rapport avec le développement des espèces aviaires migratrices et la progression des déversements piscicoles à longue distance qui introduisent avec eux de nouveaux parasites mais aussi les hôtes intermédiaires de leur cycles.

Les mortalités peuvent être le fait d'un agent infectieux, mais elles sont en général le reflet d'une erreur technologique ou d'une omission d'une mesure prophylactique. Le traitement spécifique s'impose après précision du diagnostic mais son efficacité n'est assurée que si en parallèle, il est porté remède aux déficiences techniques de l'élevage.

Metriphonate : Dipterex 80, Neguvon	0.2-0.5 ou 0.5-1 g/m ³ (en bassins)	Sangsues, <i>Lernea</i> , <i>Argulus</i> , <i>Ergasilus</i>	Détruit simultanément tout le plancton et les arthropodes Biodégradation en 3-5 j à 20°C Déconseillés chez les carnivores d'étangs Il est préférable de répéter 2f/sem.
	20-25 g/l (bain de 5-10 min)	<i>Ergasilus</i> , (<i>Dactylogyrus</i> et <i>Diplozoon</i> chez silures)	
	0.5 g/m ³ (2 fois/sem) 5g/m ³ (26).	<i>Gyrodactylus</i>	
	0.5 g/m ³ (bassin)	<i>Dactylogyrus</i> , <i>Diplozoon</i>	
Vert de Malachite	1g/m ³ (bain 2 f/sem)	<i>Trichodina</i>	
	1 g/m ³ (en bassin 2 f/sem)	<i>Ichthyophthirius</i> (stades infectieux)	
	(0.1 ou) 1 g/m ³ (bain de 15 min pour alevins ou 1 h pour les adultes 2f/sem)	<i>Ichthyophthirius</i> (stades infectieux)	
	3g/m ³ (bain 2-3f/j)	<i>Saprolegnia</i>	
	0.1g/m ³ (bassin 2f/sem)	<i>Saprolegnia</i>	
Formol (formulation du commerce à 30-40 %)	0.25-0.5 l/m ³ (bains de 10-15 min 2 f/sem)	<i>Costia</i> et autres protozoaires cutanés	Peu efficace en bassin car trop gros volumes à traiter (25-40 ml/m ³) Surveiller l'oxygène dissous pendant 48 h Ne pas utiliser simultanément à la chloramine T
	0.25 l/m ³ (bains de 10- 15 min)	Sangsues, <i>Lernea</i> , <i>Argulus</i> , <i>Ergasilus</i> , <i>Dactylogyrus</i> , <i>Diplozoon</i>	
	0.25 l/m ³ (bains de 1 h 2f/sem) 100ml/m ³ (26).	<i>Trichodina</i> , <i>Costia</i>	
	1 l/m ³ (bains de 15 min)	<i>Gyrodactylus</i>	
	0.25 l/m ³ (bain de 10-60 min)	<i>Ichthyophthirius</i> formes libres	
	0.02 l/m ³ (bassin 2f/sem)	<i>Ichthyophthirius</i> formes libres	
Formol + vert de malachite	25 ml/m ³ (bassin)	<i>Ichthyophthirius</i>	Association polyvalente recommandée en préventif lors de manipulations Solution mère : 1l de formol+ 4g de vert de Malachite
NaCl	15 g/l (bains de 15 min ou plus) ou 25-30 g/l (bain éclair)	Sangsues, <i>Argulus</i> , <i>Ergasilus</i> , <i>Dactylogyrus</i> , <i>Diplozoon</i>	
	3 g/l (bain de 30 h)	<i>Lernea</i>	
	50 g/l (bain de 2-3 min)	<i>Trichodina</i> , <i>Costia</i>	
Trypaflavine	20g/m ³ (bain de 1h)	<i>Costia</i>	
Permanganate de potassium ou bichromate de potassium	10 g/m ³ (bains de 30 min)	<i>Costia</i>	Toxique pour le poisson : préférer le bichromate Dose efficace proche de la dose toxique
	6-10 g/m ³ (bains de 60- 90 min)	<i>Saprolegnia</i>	

	10 g/100 l (bains de 10-15min)	<i>Ergasilus</i>		
	2-3 g/m ³ pendant 12 h en eau propre	Bactérioses externes		
bromex	0.1 g/m ³ (bains)	<i>Lernea</i> adultes		
Di-n-Laurate d'étain (46)	250 mg/kg de poids vif dans un aliment supplémenté à 2.5 % et distribué à 1 % du poids vif (25 g/kg d'aliment)	Cestodoses intestinales (<i>Bothriocephalus, Ligula</i>)		
Niclosamide (46)	50-100mg/kg de poids vif dans un aliment supplémenté à 1 % (10g/kg) distribué à raison de 1 % du poids vif pendant 2-3 j	<i>Ligula, Acanthocephales</i>		
Praziquantel	Injection ou VO (46)			
Lévamisole	10mg/l (bain de 12-24h)	Nématodes intestin. (23)		
Sulfate de cuivre)	1g/10l ou bain éclair avec 1g/2l	Mycoses, parasites externes, bactéries		

ATB	Dose en bain (durée)	Dose orale (kg de poids corporel)	
Oxytétracycline	10-20 g/m ³ (bain de 1 h) 20 mg/l	50-80mg (26).	Thérapeutique d'attente
Fluméquine	2-5 g/m ³ (bain)	100 (26).	
Acide oxolinique			
Chloramine T	2.5-25 g/m ³		Adaptation de la dose selon la dureté de l'eau Ne jamais utiliser simultanément au formol ou dans des récipients métalliques
Chloramini T + vert de Malachite	1l/m ³		Solution mère : 1 l d'eau + 20 g chloramine + 4 g vert de Malachite Désinfection générale
Ampicilline		80mg	Sujets de haute valeur
Kanamycine	20mg/l		aquariophilie
Chloramphénicol	20mg/l	75-80mg (.)	
érythromycine	2mg/l	80mg	
sulfamides		200mg	Thérapeutique d'attente
Nitrofuranes	0.1mg/l	10mg	Infections branchiales

Bien évidemment, il est préférable de traiter les sujets dans des bacs bétonnés ou plastifiés plutôt que dans des bassins en terre. De même, les poissons doivent être concentrés au maximum de façon à diminuer le volume d'eau à traiter et donc la quantité de principe actif à utiliser (abaissement du niveau d'eau, pêche partielle au filet...). Dès les premiers signes de souffrance, on libère les poissons ou on augmente l'arrivée d'eau neuve.

Certaines maladies sont totalement incurables par traitement (protozoaires systémiques, VPC) et la meilleure solution reste l'élimination et la destruction (chaux vive) des poissons malades. Dans notre cycle d'élevage court, les parasites à cycle long tendent naturellement à disparaître.

4.2 Limitation de la prédation

Une attention particulière sera portée à ce chapitre car le vif, en tant que poisson de taille inférieure 15 cm, constitue une proie idéale pour la majorité des oiseaux piscivores. De plus, la prédation est permanente de sa naissance jusqu'au moment de sa vente. L'impact économique doit donc être supérieur à celui fréquemment estimé dans d'autres productions, en productions carpistes par exemple où la grande majorité des sujets dépassent la taille recherchée par les oiseaux.

De nombreuses espèces d'oiseau sont inféodées au milieu aquatique. Beaucoup ne pratiquent qu'une prédation légère sur les alevins, les œufs ou les individus affaiblis : *Fulica atra* : foulque macroule, *Gallinula chloropus* : poule d'eau, canard de surface : *Anas platyrhynchos* : colvert essentiellement...). En revanche, d'autres espèces consomment quotidiennement du poisson. Ils appartiennent à différentes familles :

Podicipédidés	<i>Podiceps cristatus</i> : grèbe huppé <i>Podiceps nigricollis</i> : grèbe à cou noir <i>Tachybaptus ruficollis</i> : grèbe castagneux
Phalacrocoracidés	une seule espèce : <i>Phalacrocorax carbo</i> : grand cormoran
Ardéidés	<i>Ardea cinerea</i> : grand héron cendré <i>Ardea purpurea</i> : héron pourpré <i>Egretta alba</i> grande aigrette <i>Egretta garzetta</i> : aigrette garzette <i>Bubulcus ibis</i> : héron garde-bœuf <i>Nycticorax nycticorax</i> : héron bihoreau
Laridés	<i>Larus ridibundus</i> : mouette rieuse <i>Larus argentatus</i> : goéland argenté
Anatidés : canards plongeurs (occasionnels)	Genres <i>Aythya</i> (fuligules), <i>Netta</i> (nettes) et <i>Mergus</i> (harles)
Alcédinidés	<i>Alcedo atthis</i> : martin-pêcheur

Ces oiseaux peuvent causer des pertes variables sur nos piscicultures. Les petites espèces, celles présentes en faibles densités et sans regroupements hivernaux sont peu dangereuses. A l'inverse, le héron cendré et le grand cormoran sont les deux espèces les plus incriminés. Dans cette dernière espèce, sont distinguées deux populations : *P. carbo carbo* et *P. carbo sinensis*. La première aux mœurs littorales et peu migratrices, est constituée par des colonies de reproducteurs sur les côtes de la Manche. La seconde n'est présente en France que sous la forme d'une population originaire d'Europe du Nord hivernant sous nos latitudes. Ces oiseaux recherchent les conditions les plus clémentes et ont progressivement colonisé l'intérieur des terres pour s'installer à proximité des grands centres piscicoles. C'est donc essentiellement la sous-espèce *sinensis* qui pose problème aux pisciculteurs français.

D'autres espèces : mouettes, grèbes, martins-pêcheurs, et autres Ardéidés prélèvent des quantités de poissons non négligeables. Dans notre type de pisciculture, ils vont trouver la catégorie de taille de proie qu'ils recherchent.

4.2.1 Impact des oiseaux piscivore sur une pisciculture de vifs

L'impact n'a réellement été estimé que pour les deux espèces précédemment accusées à savoir le héron cendré et le grand cormoran. La prédation sur nos étangs dépend de nombreux facteurs comme l'effectif d'oiseaux présents, leur régime plus ou moins exclusif, leur ration quotidienne, leur technique et l'intensité de pêche...

4.2.1.1 Densités d'oiseaux

4.2.1.1.1 Effectifs

En 1920, le grand cormoran est encore classé espèce nuisible en France comme dans beaucoup de pays européens. Il devient «gibier» en 1921, s'amorce alors une timide progression des effectifs. Un premier recensement sérieux en France, en 1959 ne fait état que de 74 couples nicheurs sur les côtes de la Manche et de quelques cas erratiques à l'intérieur des terres. Des réductions d'effectifs furent pratiquées jusqu'en 1965 en Allemagne de l'Est et aux Pays bas et 1970 au Danemark. La protection du grand cormoran en France en 1972 a été étendue à l'ensemble de l'Europe en 1979 par la convention de Bonn. La croissance timidement amorcée vers 1920 reçut alors une vigoureuse impulsion. Les effectifs de couples nicheurs du nord de l'Europe passèrent de 15 000 en 1982 à plus de 42 000 en 1988. Par voie de conséquence, le nombre des migrateurs, et donc des hivernants, s'accrut partout, y compris à l'intérieur des terres, passant en France de 4 000 au début des années 1970 à 14 000 individus en 1983 pour atteindre 66 000 en 1992 dont 55 % à l'intérieur des terres (2)

Concernant le héron cendré, l'évolution des populations est assez proche : largement détruit jusqu'au début du 20^{ième} siècle, la population de héron n'a cessé de décroître. Il faut attendre sa protection intégrale en 1975 pour qu'une progression ne s'amorce : croissance annuelle de 12% jusqu'en 1981, 10 % jusqu'en 1989 et 6 % jusqu'en 1994. Ainsi, notre pays comptait 26700 couples en 1994 alors qu'il n'y en avait que 10000 en 1981 selon Marion (2).

Cette évolution démographique favorable retrouvée chez d'autres espèces résulte du changement d'attitude de l'homme à leur égard : leur protection totale a eu un impact majeur sur la croissance démographique. D'autres facteurs secondaires ont renforcé l'extension de ces espèces : accroissement du nombre de retenues artificielles, réserves naturelles et réserves de chasses. La pollution et l'eutrophisation progressives des cours d'eau favorisant la

prolifération des cyprinidés leur fournissent également des ressources alimentaires supplémentaires. Certaines espèces comme le balbuzard *Pandion haliaetus* sont très rares malgré une sévère protection.

4.2.1.1.2 Variations saisonnières

La prédation par le cormoran *P .c. sinensis* n'est ressentie qu'en hiver. En Dombes, (2) ne note une présence de cormorans significative qu'à partir du mois de novembre. Le séjour est de 6 mois en moyenne avec des pics en décembre et février et un départ en mars ou avril (72). Malheureusement, les prélèvements hivernaux sont les plus pénalisants pour la pisciculture. Les comportements migratoires ont évolué vers une très large diffusion des populations vers tous les types de milieux aquatiques : baies, estuaires, étangs, lacs, cours d'eau... En premier lieu ils occupent les nappes lacustres les plus vastes permettant un séjour prolongé d'un nombre croissant de sujets. Ils y installent généralement leur dortoir puis quand une saturation se dessine, des explorations périphériques aboutissent à une colonisation des étendues moins importantes et le système investit progressivement tout le réseau hydrographique exploitable, ne négligeant que ses secteurs trop pauvres ou d'accès rebutants. Le contexte végétal terrestre leur importe peu mis à part les lacs en milieu forestier qui constituent des paysages trop fermés. La disponibilité de la nourriture semble majoritairement les guider dans leur choix.

La population de héron cendré, de grèbes semblent constituées en grande partie d'individus sédentaires même si certaines régions accueilleraient des populations hivernantes de hérons originaires de contrées nordiques : bassin d'Arcachon (49), Dombes (2).

Beaucoup de petites espèces (bihoreaux, aigrettes, hérons pourprés) sont migratrices et ne passent que leur saison de nidification sous nos latitudes. De ce fait, leur prédation n'est pas dramatique car elle survient au moment où une croissance compensatrice des poissons est encore possible (maximum en période de reproduction au printemps).

4.2.1.1.3 Variations dans la fréquentation des sites

Les cormorans adoptent un comportement grégaire et opèrent en groupe d'effectifs limités (moins de 20 oiseaux) ou important (150 à 200 individus) sur quelques étangs seulement. Le héron en revanche adopte un comportement territorial, opère en solitaire mais fréquente la plupart des étangs : 10 % des étangs seulement ont été observés sans hérons contre 93 % pour les cormorans (2). La densité moyenne de fréquentation sur 73 étangs dombistes, a été estimée à 10.6/10 ha pour le héron et 1.1/10 ha pour le cormoran. En revanche, les effectifs maximaux sont atteints par le cormoran : rassemblement de 200 individus (2). Le caractère opportuniste des hérons face à des concentrations importantes de proies module toutefois leur comportement territorial et explique certains effectifs élevés de l'ordre de 130 sujets/lac ou des densités de 6 hérons/ha. Le comportement territorial ne semble s'appliquer qu'aux animaux sédentaires en particulier en période de reproduction (densité inférieure à 1 héron / 20 ha) et s'estompent pendant la période d'hivernage.

En revanche, la préférence pour les étangs en vidange est très marquée chez le héron (densités de 4-15 individus/10 ha en étangs en vidange contre 1-2 en étangs pleins) et plus modérée chez le cormoran : la baisse du niveau d'eau offre au héron des conditions de pêche idéales avec concentration des proies et dégagement de vastes plages de faible profondeur favorables à une pêche à découvert. En revanche, le cormoran qui pêche en plongeant, n'a pas de peine à se nourrir dans un étang plein. La vidange lui apporte simplement une plus forte

densité de proies. Un niveau de 40 à 50 % du niveau maximal attire le plus les hérons : en dessous, la proximité de l'activité humaine proche de la vidange dérange les oiseaux.

Les hérons préfèrent les étangs de superficie moyenne (< 15 hectares) (2). Ils leur offrent le meilleur compromis entre concentration de proies disponibles et sécurité, les grands espaces découverts permettant une meilleure appréhension d'éventuels dangers.

4.2.1.1.4 Variation selon la densité piscicole

Les oiseaux présentent une grande capacité à localiser de nouvelles sources de nourriture. GENARD fait allusion à une véritable « ruée » d'oiseaux après empoisonnement d'un bassin : le taux de fréquentation passe de 6 minutes-cormoran et 10 min-héron avant alevinage à 406 min-cormoran et 223 min-héron dès le lendemain. Les oiseaux chassent de préférence dans les sites poissonneux : les densités élevées de proies minimisent les efforts de pêche. (2) observe des densités des hérons corrélées aux résultats de pêche des étangs : ceux qui produisent plus de 250kg/ha hébergerait les effectifs les plus importants.

4.2.1.2 Régime alimentaire

On distingue parmi les oiseaux piscivores des espèces sténophages, euryphages ou opportunistes.

Dans la première catégorie, le cormoran se détache nettement : à partir de 60 contenus stomacaux analysés, VENTARD E. rapporte un régime alimentaire exclusivement ichtyophage. Aucune préférence quant à l'espèce de poissons n'apparaît significativement et l'oiseau se contente de capturer au moindre effort les espèces présentes dans l'étang : les proportions prélevées par les grands cormorans sont sensiblement les mêmes que les proportions disponibles dans la biomasse des étangs. La prédation est plus forte sur les proies de 10 à 20 cm (80 % de l'effectif total) (95) (84). Plus précisément 71 et 80 % des tanches et carpes consommées mesurent 10 à 25 cm et 93 % des gardons et rotengles entre 5 et 15 cm (95). Les proies inférieures (5-7 cm) ne sont consommées que lors de pénuries (84). La situation en étang à vifs est donc idéale pour eux. A partir de 20 cm, la taille gêne la déglutition surtout pour les espèces trapues : les tailles maximales ingérées sont respectivement 30, 30, 35 et 40 cm pour la carpe, le gardon, la tanche et le brochet en relation avec leur conformation plus ou moins effilée.

Le balbuzard fluviatile est l'espèce qui prélève les spécimens les plus gros de 200 à 600 g pouvant atteindre 1.8 kg (84). Le martin-pêcheur à l'inverse s'en prend à des sujets plus petits de 5-7 cm (10 cm maximum) et les espèces lucifuges et craintives occupent une faible proportion par rapport aux Cyprinidés pélagiques (84) (72) (8).

Les autres espèces ont un régime assez spécialisé (hérons du genre *Ardea*) ou complètement éclectiques (petits grèbes, autres ardéidés). Le régime des Ardéidés est loin d'être exclusivement ichtyophage : la part des poissons dans la ration est supérieure chez les grandes espèces du genre *Ardea* (48.6 à 71 % chez le héron cendré et 58 à 68.3 % chez le héron pourpre (84) (8)) et bien inférieure chez les autres : 21 % chez le héron bihoreau, 25 % chez le héron crabier et 34 % chez l'aigrette garzette (84). Le reste du menu est constitué d'invertébrés et d'autres vertébrés aquatiques mais aussi terrestres. Leur régime peut varier selon les saisons et devenir opportuniste, notamment en période hivernale. Les hérons cendrés profitent souvent des ressources importantes de proies dans les étangs en vidange : dès que les

autres proies se font rares, le poisson constitue une part plus importante de leur menu. Les petites espèces de grèbes sont en général de grands consommateurs d'Arthropodes aquatiques.

Les Ardéidés consomment en moyenne des sujets de petite taille : sur 9979 proies analysées consommées par des hérons cendrés en Dombes, 96,2 % mesurent moins de 5 cm et 98.6 moins de 10 cm (2). La masse moyenne des proies n'est que de 4 g chez cette espèce. d'autres auteurs référencent des tailles supérieures de l'ordre de 10-15 cm (84) (72). Les autres Ardéidés consomment des proies inférieures : 2-5 cm chez l'aigrette garzette (84). Les aiguillons de tanches et blancs sont les plus menacés. Malgré une nette préférence pour les petits sujets, de grosses proies peuvent être consommées par le héron cendré après avoir été fragmentées sur la berge : carpe, tanche et brochet atteignant 30, 40 et 50 cm (2). Elles sont nettement inférieures chez le héron pourpré : brochets de 35 cm, gardons de 25 cm (84).

Chez les autres espèces, les tailles des proies sont en général petites : 4-20 cm chez le grèbe huppé (84), inférieures à 15 cm chez les petits grèbes (84). Ce sont malheureusement toujours des dimensions représentées dans la population des étangs à vifs mais le cormoran avec sa préférence pour des individus de 15-20 cm semble le plus dangereux.

Les Laridés, certains corvidés et certains rapaces (milans) sont en général de simples opportunistes qui ne prélèvent que des sujets morts ou affaiblis.

4.2.1.3 Méthode de pêche

On distingue deux techniques de chasse majeures : des traques sous l'eau chez le cormoran et les Podicipédidés et des chasses à l'affût chez les Ardéidés et les Alcédinidés.

Le cormoran traque ses proies jusqu'à plusieurs mètres de profondeur, ses pattes palmées et ses ailes assurant la propulsion sous l'eau. L'immersion dure en général 20 à 45 secondes par 1 à 4 mètres de profondeur mais parfois bien plus (20 à 30 mètres). Les conditions de pêche sont donc très aisées en étangs piscicoles. Le poisson est saisi sous l'eau mais consommé en surface. Les cormorans pêchent souvent en bandes et une certaine coopération pourrait exister entre congénères à moins que le regroupement d'oiseaux observés n'aient été déterminés par une concentration des proies.

La chasse à l'affût peut être pratiquée par prospection à partir du bord (Ardéidés) ou après prospection et piquée aérienne (Alcédinidé). La capture des proies par le héron n'est possible qu'en eau peu profonde de 30 à 40 cm maximum.

Les sites de pêche recherchés par les oiseaux sont donc différents selon leur mode de chasse : GENARD M (49) a établi une répartition spatiale des pêches dans un enclos surveillé et confirme que les hérons se concentrent dans les zones de faible profondeur (prof = 30-40 cm) alors que les cormorans pêchent en pleine eau (prof = 1.5 m). Il a également fait allusion à une certaine coopération entre espèces : les Ardéidés profitent de l'affolement des poissons poursuivis par les cormorans et n'ont qu'à récolter les proies réfugiées en eau peu profonde voire échouées. On parle de commensalisme.

4.2.1.4 Ration journalière

Ce facteur influence directement l'impact sur les pertes car on comprend très bien qu'à effectif égal, la prédation d'un martin-pêcheur par exemple est bien ridicule par rapport à celle d'un cormoran.

La ration journalière du cormoran varierait entre 17 et 20 % du poids de l'oiseau. Ainsi suivant le sexe, le mâle étant plus lourd que la femelle, la ration est comprise entre 340 et 540 grammes (72). VENTARD E. après examen de 60 estomacs l'évalue à 444 g (443.6 +/- 245.5

grammes) (95). Ces résultats sont certainement sous-estimés car ils portent sur des poids moyens de contenus stomacaux qui peuvent être à un stade de digestion avancé ou partiellement régurgités lors de l'abattage. La consommation varie fortement en fonction de l'activité de l'oiseau avec deux pics en période de reproduction et de migration : 500 g en avril-mai, 250 g en fin de saison de reproduction et 430 g au mois de novembre aux Pays Bas.

La consommation quotidienne d'un héron cendré est estimée entre 270 et 370 g toutes proies confondues (72) (84) (8), mais peut atteindre 730 g (2) en conditions idéales (étang en vidange). En réel opportuniste, la consommation du héron semble proportionnelle à la disponibilité du milieu : consommations moyennes de 288, 449 et 860g sur des bassins de densités respectives : 100 à 5000unités/ha, 10000 à 80000 u/ha et plus de 100000 u/ha). Les autres Ardéidés ont des rations inférieures : 200g/j pour le héron pourpré, 45g/j pour le bihoreau (84) (8).

La ration des autres oiseaux est inférieures : 150-200g/individu soit 15-18 % du poids vif chez le grèbe huppé (84), jusqu'à 300g/j chez la mouette rieuse (8).

4.2.1.5 Rythme et intensité de pêche

4.2.1.5.1 Activité et efficacité de pêche

Selon Hafner en Camargue, le cormoran passerait de 56 minutes à 1h40 sur l'eau chaque jour. Le cormoran se révèle être un pêcheur très efficace capable de prélever sa nourriture quotidienne en un temps très court (20 % de la photopériode). Leur rythme de pêche est très élevé comme en témoigne le cas de deux oiseaux observés par IM et Hafner sur l'étang de l'Etourneau qui ont pris chacun 8 carpillons estimés à 400 grammes au total, en dix plongées, en l'espace de 5 minutes. GENARD M suspecte même les cormorans de réussir plusieurs pêches en une seule plongée ; cela sous-estimerait de nombreux résultats qui ne comptabilisent qu des proies ingérées en surface (49).

L'activité de pêche du héron peut représenter de 60 (49) à 67 %.(2) de la photopériode.

Sur une période de 11 jours, GENARD M comptabilise un nombre total d'attaques par le cormoran 24 fois plus important que chez le héron (2.3 attaques/min contre 0.1 seulement chez le héron). Après deux saisons hivernales d'observations, ALEX I. estime que le héron réalise environ 3.1-4.7 tentatives de pêche/5 min et consomme environ 2.3-2.9 poissons/5 min de pêche. La prise alimentaire est évaluée en moyenne à 2 g par minute de pêche (2).

Le taux de réussite (nombre de proies consommées / nombre de tentatives) du héron est estimé de 62 à 72 % selon l'état de vidange (49) (2), variant selon Carss de 37 à 67 % selon l'âge des individus (2).

4.2.1.5.2 Estimation du prélèvement

La plupart des travaux d'impact réalisés en élevages carpistes sont souvent biaisés car la consommation des oiseaux est estimée en biomasse : dans ces conditions d'élevages différentes des nôtres, les carpes de plus de 500 g qui représentent 60-80 % de la production ne présentent aucun intérêt pour les oiseaux. A l'inverse, les espèces qui nous intéressent (gardons et rotengles) y sont secondaires et donc certainement sous-estimées. Les estimations pondérales sont donc délicates d'interprétation dans des systèmes de production différents. La prise en compte de pertes en effectifs semble plus approchée de notre réalité.

L'impact du cormoran est variable mais peut être très forte en relation avec son mode de fréquentation des sites. Le prélèvement peut atteindre des niveaux impressionnant 64 % à 97 % (49). GENARD M. obtient une disparition complète en moins de 6 jours, d'un stock piscicole constitué de 73.8 kilos de mulets (*Chelon labrosus* et *Liza ramada*) de 12 à 29 cm à

la densité de 82 kg/ha ou 1229 unités/ha. Le grand cormoran donc susceptible de réduire de façon importante un stock de poisson dans un bassin d'environ 1 ha.

L'impact direct du héron semble plus faible : 2.3 à 3 % (49) (2) voire 8 % (72). Sous certaines conditions extrêmes (étang en vidange avec forte densité de hérons), il peut atteindre 20 % de la biomasse (2). En conditions intensives de stockage, le prélèvement est plus important : 35 % en 8 mois sur un élevage de gardons (72), 1.4 % des individus en 15 jours en bassin d'alevinage (2). La consommation annuelle moyenne d'un couple de héron et de leur descendance en Dombes est estimée à 270 kg chez *Ardea cinerea*, 80 kg chez *Ardea purpurea*, 38 kg chez *Nycticorax nycticorax* et 25 kg chez *Egretta garzetta* (8).

Malgré les dommages causés, il faut tout de même souligner que les oiseaux piscivores (Alcédinidés, Grèbes, petits Ardéidés) consomment de préférence des poissons de plus petite taille et de nombreuses espèces indésirables dont la taille reste relativement faible : perches-soleils, poissons-chats, *Pseudorasbora parva*, écrevisses, grémilles, perches... (2). De plus, les espèces chassant à l'affût prélèvent en priorité les poissons de mauvais état sanitaire qui évoluent près de la surface en marge des bancs de poissons. Ils participent ainsi au contrôle sanitaire du milieu (8). Cela se vérifie beaucoup moins pour le cormoran qui a accès à l'ensemble de la population piscicole. De plus, la plupart des oiseaux euryphages prélèvent de nombreux autres organismes parmi lesquels des prédateurs ou des compétiteurs de poissons : batraciens, reptiles, larves carnassières, espèces indésirables... (8).

4.2.1.5.3 Mortalité due aux effets indirects de la prédation

Les effets indirects de la prédation sont souvent difficiles à estimer mais certainement importants. Outre la consommation directe des proies, la prédation par les oiseaux peut entraîner de nombreux autres préjudices : dévaluation des poissons blessés, déficit de croissance, accidents survenant à des poissons paniqués s'agglomérant dans les tuyaux de vidange (mort par anoxie) ou remontant dans des fossés non compatibles avec leur survie... Il est intéressant d'évaluer l'impact des blessures, qui en ouvrant la porte aux agents infectieux, entraînent la mort de poissons notamment lors du stockage.

Les blessures infligées par les cormorans sont toujours plus traumatisantes que celles des Ardéidés du fait de la présence d'un crochet sur la mandibule supérieure. Les blessures sur le stock de poisson peuvent atteindre 3 % de la biomasse et 6 % des individus (2). Elles sont principalement dues au héron (1.9% contre 0.4 pour le cormoran) et se retrouvent alors dans pratiquement tous les étangs avec une occurrence dépassant rarement 5 % et toujours inférieur à 15-20 %. Le cormoran peut ponctuellement blesser jusqu'à 60 voire 80 % de la biomasse d'une pièce d'eau (2). Les oiseaux blessent surtout des proies plus grosses que celles qu'ils ont l'habitude de consommer.

Les pertes liées au stress et aux accidents divers sont bien supérieures chez le cormoran qui traque ses proies partout dans la masse d'eau. L'importance des dégâts causés par cette espèce a déjà été soulignée par plusieurs auteurs (49). Les espèces chassant à l'affût sont quasiment inoffensives à ce niveau.

Un dernier effet indirect probablement très important mais difficile à estimer est attribué aux différentes espèces ichtyophages : leur rôle de vecteurs dans de nombreuses affections parasitaires (*Ligula*, *Diphyllobotrium*, *Diplostomum*...) mais certainement dans bien d'autres notamment des affections virales ou bactériennes. Le comportement migratoire de la plupart des espèces participe activement à l'extension rapide des parasites (8).

4.2.2 Méthodes de lutte

Des mesures de protection s'imposent pour faire face à l'accroissement des populations d'oiseaux piscivores proche d'une exploitation à vocation piscicole. Avant d'employer des mesures radicales, diverses méthodes d'effarouchement peuvent être employées.

4.2.2.1 Méthodes d'effarouchement

- ◆ Effarouchement sonore :
 - L'utilisation de pétards, fusées éclairantes ou de tirs à blanc engagent peu de frais et obtiennent de bons résultats les premiers temps. La méthode nécessite en revanche une surveillance régulière des plans d'eau. La surveillance doit être renforcée aux heures de fréquentation maximale par le cormoran et le héron, mises en évidence par certains auteurs du lever du soleil à 10 h et dans l'après-midi de 14h à 15h30 (49).
 - Le canon à détonation fonctionnant au propane évite surveillance permanente puisque la fréquence des déflagrations est programmable. Le coût généré par le carburant et l'acquisition de l'appareil reste limité. En revanche, les nuisances sonores préjudiciables à la faune locale et surtout aux voisins sont inévitables. Un canon assure la protection de 30 à 50 ha (89).
 - L'émission de cris de détresse s'avère efficace pour les Ardéidés (72) mais accessoire pour le grand cormoran qui n'émet aucune alarme en cas de dérangement. L'utilisation de cris d'alarmes de héron cendré ou de jeunes cormorans permet des résultats satisfaisants. Le phénomène d'accoutumance est généralement rapide et le prix dissuasif.

◆ Effarouchement visuel : l'emploi d'épouvantails pour éloigner les oiseaux piscivores est une méthode fréquemment utilisée. Ils peuvent prendre des formes très diverses : simples banderoles suspendues, épouvantails de forme humaine, silhouettes de cormorans suspendues la tête en bas... Les dispositifs mobiles sous l'effet du vent ou dérivant à la surface du lac semblent plus efficaces. Leur coût dérisoire justifie leur emploi en préventif.

Toutes ces méthodes sont contraignantes (surveillance rapprochée) ou victimes d'une accoutumance plus ou moins rapide. Leur efficacité se limite aux populations migratrices qui n'ont guère le temps de s'y habituer mais qui se révèlent être les plus dangereuses (cormorans). Dans tous les cas, ces dispositifs ne sont pas sélectifs par rapport au reste de la faune aquatique

◆ Emission de faisceaux lasers : Ce dispositif encore à l'état de prototype s'installe facilement sur un fusil de chasse équipé d'une lunette de visée. L'efficacité est réduite à nulle par forte luminosité mais dès le coucher du soleil, les oiseaux se montrent très sensibles au procédé et l'envol est immédiat. Il ne semble pas y avoir de phénomène d'accoutumance. Le procédé appliqué par les autorités compétentes suite aux plaintes des pisciculteurs serait intéressant pour éloigner les oiseaux proches des exploitations. Ce dispositif semble prometteur concernant une action sur les dortoirs de cormorans à partir desquels les oiseaux exploitent les eaux alentours jusqu'à 60 km de distance : le dortoir assure la cohésion de la colonie et le repos nocturne, toute perturbation entraîne son abandon ou son déplacement.

Avec ce procédé, il est aisé d'éloigner les cormorans sans aucune nuisance sonore ou esthétique pour les autres oiseaux.

Ces techniques d'effarouchement intéressantes pour les populations migratrices ne fournit aucune solution à long terme car le rayon d'action des oiseaux et des cormorans en particulier est important : ces pratiques ne font que déplacer le problème.

4.2.2.2 Méthodes d'évitement

4.2.2.2.1 Création de refuges pour les poissons

Cet aspect semble capital pour la protection des poissons contre les cormorans : du fait de leur mode de pêche, les poissons ne bénéficient d'aucun répit et le stress subi par toute la population peut être néfaste à la production. Les cormorans semblent naturellement délaissier les plans d'eau où les conditions de pêche ne sont pas faciles : avortement de leurs tentatives de chasse ou rendement moyen inférieur ?

Naturellement, la végétation offre une protection face aux oiseaux qui rechignent s'aventurer dans l'entrelacement des tiges. Les hydrophytes type nénuphar ou myriophylles protègent les poissons sur les sites de pêche des cormorans et loin des territoires de chasse des hérons.

Quand le couvert végétal fait défaut, il est possible de rajouter des abris artificiels : buses en ciment que les poissons traversent aisément, gros volumes de branchages arrimés sur le fond du lac. Les branches issues de coupe de bois ne représentent aucune valeur économique. Ce procédé fournit un abri plus profondément que ne le permet la végétation. Il faut tout de même veiller à ne pas encombrer les alentours de la vidange. L'encombrement artificiel engendre souvent une nette diminution des gros effectifs de cormorans :

4.2.2.2.2 Diminution de l'accessibilité aux étangs

- ✓ L'utilisation de filets pour recouvrir les plans d'eau est un procédé efficace à 100 % même si les mailles sont de 50 cm pour les grandes espèces mais nulle pour le martin-pêcheur par exemple. Malheureusement en pratique, l'installation n'est possible que sur des bassins de petite taille notamment en bassins de stockage où les fortes densités attirent rapidement les oiseaux.
- ✓ L'installation de fils tendus à environ 1-1.5 mètres au-dessus de la surface, tous les 20 mètres limiterait fortement la fréquentation des cormorans. En effet, le décollage du cormoran est laborieux et nécessite un espace dégagé de 8-10 mètres, voire 2 à 3 fois plus après son repas. De tels essais conduits en Camargue et au Pays Bas signalent une chute brutale de la fréquentation par les cormorans et surtout un départ définitif des grosses volées. Malheureusement, des individus isolés reviennent progressivement et se montrent capables de décoller à la verticale. Cette méthode onéreuse et lourde d'installation ne s'adresse qu'aux cormorans.
- ✓ La modification de la configuration des abords de l'étang peut limiter la fréquentation des oiseaux et réduire leur efficacité de chasse. La suppression de perchoirs (éventuels arbres morts, piquets...) faisant office de perchoir pour les hérons ou les cormorans après leur pêche diminuerait l'attrait de ces plans d'eau pour l'avifaune. Malheureusement, ce genre

de pratiques n'est pas toujours concluant (essais en Brenne notamment (95)). Les éventuels postes de guet des martins-pêcheurs doivent être supprimés. L'aménagement des berges peut être dissuasif pour les Ardéidés qui ne peuvent pêcher dès que la profondeur excède 50 cm (72)

4.2.2.2.3 Modification dans la gestion de l'étang

Comme aucune protection simple et efficace ne semble exister pour se protéger des oiseaux piscivores, il faut essayer d'en limiter l'impact en modifiant la gestion de l'exploitation : la majorité des pertes surviennent à partir de l'automne dès l'arrivée des cormorans et quelques Ardéidés en migration. Le prélèvement à ce moment-là est très pénalisant : les densités en poissons sont maximales du fait de leur croissance et de la baisse des niveaux des lacs suite aux chaleurs estivales et à l'irrigation des cultures. De plus, à l'entrée de l'hiver, on ne peut en effet plus bénéficier d'une éventuelle « croissance compensatoire ».

Pour ces raisons, il est préférable de procéder à une vidange des plans d'eau avant l'arrivée des populations migratrices. Les poissons aptes à la vente sont alors stockés dans des bassins où des mesures de protection plus rapprochées seront plus rentables : bassin de stockage proche d'habitations, couverture totale par des filets... Il est également préférable de retarder l'alevinage des lacs après le départ des oiseaux c'est-à-dire mars-avril. Cela ne se justifie pas toujours car les faibles densités (quelques reproducteurs à l'hectare) ou les faibles tailles (alevins de quelques centimètres) dissuadent les oiseaux : les oiseaux minimisent leurs efforts de pêche et préféreront d'autres sites plus riches.

4.2.2.3 Destruction des oiseaux

Seules certaines espèces (poules d'eau, foulques, la plupart des anatidés), peuvent faire l'objet de prélèvement par action de chasse. L'opération doit respecter les règles légales s'appliquant à ces espèces et ne peut être réalisée qu'aux périodes d'ouverture de la chasse.

Le cormoran en raison des ravages qu'il peut causer peut être détruit par dérogation. Ces aménagements légaux font suite aux demandes de plus en plus pressantes des pisciculteurs inquiets devant les effectifs croissants de cormorans. Un arrêté du 2 novembre 1992 inclue la sous-espèce *sinensis* parmi une liste d'oiseaux dont les modalités de destruction peuvent être fixées par le ministère chargé de la protection de la nature afin d'assurer le maintien des équilibres biologiques. Les modalités de prélèvement sont fixées par les instructions NP/92 n°92/8 du Ministre de l'Environnement du 5 novembre 1992 et la circulaire du 6 novembre 1992 du ministre de l'Environnement aux préfets (89) (95). En France, des tirs sont donc tolérés sur autorisations ministérielles depuis 1992 mais ce n'est que depuis 1994 que des prélèvements ont été réalisés. Actuellement, 10 % des oiseaux peuvent être prélevés. La sous-espèce *carbo* reste strictement protégée. Ailleurs en Europe le statut de cet oiseau est variable : sans protection en Suisse, Roumanie et Pologne, gibier en Autriche et Suède, destructible sous autorisation à proximité des piscicultures dans le cas de dommages constatés en Bulgarie, Finlande, Irlande, Italie, Pays Bas et Royaume Uni ou sans autorisation au Danemark (95).

Toutes les autres espèces sont strictement protégées.

Conclusion

Les Cyprinidés s'imposent dans l'élevage de vifs d'étangs : leur aptitude à supporter une large gamme de températures et de fortes fluctuations d'oxygène, ainsi que leur faculté à s'alimenter à différents niveaux de la chaîne trophique, leur confèrent de nombreux avantages pour leur élevage.

La production de Cyprinidés d'étang repose sur la disponibilité en alevins : des méthodes simples permettent la plupart du temps d'assurer un recrutement correct mais quelques possibilités d'amélioration de ce type de production permettent de mieux s'affranchir des aléas climatiques. Les techniques consistent à soustraire les jeunes alevins du milieu naturel lorsque les conditions sont défavorables ; on procède alors à un élevage en condition contrôlée pendant une courte période puis à un relâcher dans le milieu lorsque les conditions sont devenues favorables et les sujets plus résistants. On prend également soin de leur fournir des conditions optimales pour leur développement (milieux réchauffés, riches en zooplancton grâce à la fertilisation, etc.).

Une bonne maîtrise du peuplement des étangs est capitale de façon à ne pas se retrouver dans des situations peu favorables à la croissance ou à la reproduction (surpopulation, mauvaises associations d'espèces, mauvaise alimentation, etc.).

Certaines pratiques simples comme la fertilisation puis l'alimentation artificielle apportent une amélioration nette à la production : elles permettent une meilleure valorisation de matières premières de coût faible (fumiers, céréales, protéagineux...) en produits économiquement plus intéressants. La fertilisation organique permet en outre une meilleure intégration de certaines structures d'élevages accusées de pollutions massives dans un concept général plus soucieux de l'environnement.

Une poursuite de la fertilisation organique et de l'alimentation artificielle en période hivernale permet en outre un maintien du poids des stocks mais surtout une amélioration nette du taux de survie des poissons.

L'appréhension des facteurs de mortalité des stocks de vifs passe par deux facteurs essentiels : le contrôle global de l'état de maladie et la prévention de la prédation aviaire.

Cette activité qui ne peut recouvrir une dimension intensive peut se révéler intéressante dans le cadre d'une exploitation agricole désirant diversifier ses activités. Elle peut permettre une valorisation régulière de nombreuses retenues collinaires vidangeables sans investissements supplémentaires.

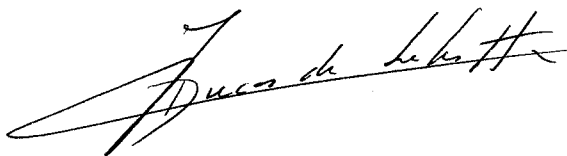
AGREMENT ADMINISTRATIF

Je soussigné, P. DESNOYERS, Directeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, certifie que
M. GOURGUES NASSANS Alexandre, Daniel, Alain
a été admis(e) sur concours en : 1997
a obtenu son certificat de fin de scolarité le : 8 juillet 2002
n'a plus aucun stage, ni enseignement optionnel à valider.

AGREMENT SCIENTIFIQUE

Je soussigné, J. DUCOS de LAHITTE, Professeur de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse,
autorise la soutenance de la thèse de :
M. GOURGUES NASSANS Alexandre, Daniel, Alain
intitulée :
« Une pisciculture particulière : la production de vifs en étang »

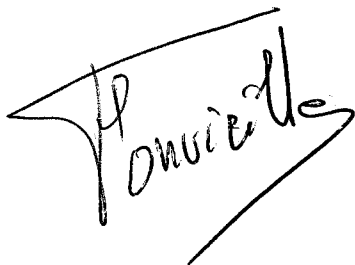
**Le Professeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Professeur Jacques DUCOS de LAHITTE**



**Vu :
Le Directeur
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse
Docteur Pierre DESNOYERS**



**Vu :
Le Président de la thèse :
Professeur Jean-Louis FONVIEILLE**



**Vu le :
Le Président 31 DEC. 2002
de l'Université Paul Sabatier
Jean-François SAUTEREAU**



Annexe 1

Extrait de l'arrêté du 17 décembre 1985 fixant la liste des espèces de poissons représentées dans les eaux françaises.

Art. 1^{er} - En application de l'article L. 232-10 (2°) du Code rural il est interdit d'introduire sans autorisation dans les eaux visées à cet article des poissons, grenouilles et crustacés appartenant à des espèces qui n'y sont pas représentées. La liste des espèces représentées dans ces eaux est fixée comme suit :

Poissons

Famille des Acipenséridés :

Acipenser sturio : esturgeon.

Famille des Clupéidés :

Alosa alosa : grande alose ;

Alosa fallax ; alose feinte.

Famille des Salmonidés :

Salmo salar : saumon atlantique ;

Salmo trutta f. fario : truite de rivière ;

Salmo trutta f. trutta : truite de mer ;

Salmo trutta f. lacustris : truite de lac ;

Salmo trutta macrostigma : truite à grosses taches ;

Salmo gairdneri : truite arc-en-ciel ;

Hucho hucho : huchon ;

Salvelinus alpinus : omble chevalier ;

Salvelinus fontinalis : omble de fontaine (saumon de fontaine) ;

Salvelinus namaycush : cristivoimer ;

Thymallus thymalus : ombre commun ;

Coregonus spp : corégones.

Famille des Esocidés :

Esox lucius : brochet.

Famille des Umbridés :

Umbra pygmaea : ombre pygmé.

Famille des Cyprinidés :

Cyprinus carpio : carpe ;

Carassius carassius : carassin ;

Carassius auratus : carassin doré ;

Barbus barbus : barbeau fluviatile ;

Barbus meridionalis : barbeau méridional ;

Gobio gobio : goujon ;

Tinca tinca : tanche ;

Chondrostoma nasus : hotu ;

Chondrostoma toxostoma : toxostome ;

Abramis brama : brème ;

Blicca bjoerkna : brème bordelière ;

Rutilus rutilus : gardon ;

Scardinius erythrophthalmus : rotengle ;

Rhodeus sericeus : bouvière ;

Alburnoides bipunctatus : spirilin ;

Alburnus alburnus : ablette ;

Leucaspis delineatus : able de Heckel ;

Leuciscus cephalus : chevaine ;

Leuciscus cephalus cabeda : chevaine cabeda ;

Leuciscus leuciscus : vandoise ;

Leuciscus leuciscus burdigalensis : vandoise rostrée ;

Leuciscus (Telestes) soufia : blageon ;

Leuciscus (Idus) idus : ide melanote ;

Phoxinus phoxinus : vairon.

Famille des Cobitidés :

Misgurnus fossilis : loche d'étang ;

Nemacheilus barbatulus : loche franche ;

Cobitis taenia : loche de rivière.

Famille des Siluridés :

Silurus glanis : silure glane.

Famille des Ictaluridés :

Ictalurus melas : poisson chat.

Famille des Anguillidés :

Anguilla anguilla : anguille.

Famille des Gasterosteidés :

Gasterosteus aculeatus : épinoche ;

Pungitius pungitius : épinochette.

Famille des Cyprinodontidés :

Aphanius iberus : aphanus d'Espagne ;

Valencia hispanica : cyprinodonte de Valence.

Famille des Poeciliidés :

Gambusia affinis : gambusie.

Famille des Mugilidés :

Mugil cephalus : mullet cabot ;

Liza ramada : mullet porc ;

Liza aurata : mullet doré ;

Chelon labrosus : mullet à grosses lèvres.

Famille des Atherinidés :

Atherina boyeri : athérine ;

Atherina presbyter : prêtre.

Famille des Gadidés :

Lota lota : lote de rivière.

Famille des Centrarchidés :

Lepomis gibbosus : perche soleil ;

Ambloplites rupestris : crapet des roches ;

Micropterus salmoides : black-bass à grande bouche ;

Micropterus dolomieu : black-bass à petite bouche.

Famille des Percidés :

Gymnocephalus cernua : grémille ;

Perca fluviatilis : perche ;

Stizostedion lucioperca : sandre ;

Zingel asper : apron.

Famille des Blenniidés :

Blennius fluviatilis : blennie.

Famille des Cottidés :

Cottus gobio : chabot.

Famille des Pleuronectidés :

Platichthys flesus : flet.

Famille des Serranidés :

Dicentrarchus labrax : loup ou bar.

Famille des Osméridés :

Osmerus eperlanus : éperlan.

Famille des Cyclostomes :

Lampetra fluviatilis : lamproie fluviatile ;

Lampetra planeri : lamproie de Planer ;

Petromyzon marinus : lamproie marine.

Annexe 2

Caractères méristiques permettant la reconnaissance des différents cyprinidés utilisés

	Dorsale	Anale	Ligne latérale (nb écailles)	branchiospi nes	Formule dentaire	Vertèbres
Gardon	12-14 (75) III/9-11 (21)	12-14 (75) II/9-11 (21)	40-45 (48) (21) 42-45 (39-48) (75)	9-12 (21)	5/5 ou 6/5 (34)	
Rotengle	10-12 (75) III/8-9 (21)	12-14. (75) III/10-12 (21)	40-43 (75) 39-40 (45) (21)	10-11 (12) (21)	(5-3/3-5) (36)	
Ablette	III/7-8 (30) 11-12 (75) III/8-9 (21)	III/16-20 (30) III/ (13) 16-20 (21) 18-23 (75)	48-55 (58) (30) (42) 48-55 (21)	18-23 (30) 17-23 (21)	5-2/2-5 (30)	41-44 (30)
Brème Commune	12 (75) III/8-10 (21)	III/23-28 (38) III/23-32 (21) 26-31 (75)	50-58 (75) 49-60, (21)	20-28. (21)	5/5 (38)	
Brème Bordelière	11(75) III/7-9 (21)	22-26 (75) III/18-19 (21)	44-50 (75) 43-49 (21)		2-5/5-2 (21)	
Carpe	III-V/17-22 (D)	II-III/5-6 (D)	33-40 (D)	21-28 (D) 14-21 (21).	1-1-3 / 3-1-1. (D)	
Carassin	17-25 (75) III-IV/14-20 (33) 14-21 (21)	8-11 (75) III/5-6 (33) II-III/6-8 (21)	(31) 32-33 (35) (33) (23) 31-35 (21)	27-33 (33) 22-23 (21)	4/4 (33)	32 (33)
Poisson rouge	III-IV/15-19 (21) 17-25 (75)	II-III/5-6 (21) 8-11 (75)	27-31 (21) 26-28 (75)	37-53 (21) 40-53 (75)	un seul rang (75)	
Tanche	12-13 (75) III/8 (21) I-IV/ 8-9 (31)	III/6-8 (21) III-IV/(6)7-8, (31) 9-11 (75)	95-100 (75) 95-120 (21) (90) 95-110 (120) (31)	12-15 (21) 12-13 (16) (31)	4/5 ou 4/5 (31)	(37)39-41(31)
Goujon	9-10 () III/5-7, (21)	8-9 (75) III/6-8 (21)	40-42 (75)	36-44 (21)	sur 2 rangs	

Annexe 3

Déterminisme du mode d'écaillage chez la carpe commune

Deux gènes sont connus à ce jour pour le déterminisme du mode d'écaillage (89) :

- Le gène S qui contrôle l'écaillage et qui présente 2 allèles :
 - S dominant \Rightarrow carpe à écailles (SS ou Ss)
 - s récessif \Rightarrow carpe à écaillage incomplète (ss)

- Le gène N qui modifie l'écaillage induite par S par défaut : phénomène d'épistasie dominante avec également 2 allèles :
 - N dominant qui atténue l'expression du gène précédent (Nn). L'homozygotie au niveau de ce locus est létale et les alevins NN ne sont pas viables.
 - n récessif n'a pas d'influence sur le mode d'écaillage déterminé par le gène S

Ainsi, à partir des 9 génotypes possibles, seuls 6 sont viables et correspondent à des phénotypes précis. Les allèles se transmettent selon déterminisme simple :

	NN	Nn	nn
SS	SS NN (létal)	SS Nn (ligne)	SS nn (écaillage)
Ss	Ss NN (létal)	Ss Nn (ligne)	Ss nn (écaillage)
ss	ss NN (létal)	ss Nn (cuir)	ss nn (miroir)

Suivant les accouplements réalisés, on obtient différents phénotypes prédictibles. En ce qui nous concerne, le croisement « écaillage » X « écaillage » peut donner les résultats suivants :

SS nn X SS nn \Rightarrow 100 % SSnn (écaillage)

SS nn X Ss nn \Rightarrow 75% SS nn + 25 % Ss nn = 100 % écaillage

Ss nn X Ss nn \Rightarrow 50 % Ss nn + 25 % SS nn + 25 % ss nn = 75 % écaillage + 25 % miroir

Le croisement « miroir » X « miroir » donne 100 % « miroir ».

Bibliographie

1. ABDOU DADE B., AGUIRRE P., BLANC D. et KAUSHIK S.J. Incorporation du colza00 sous forme de tourteau ou d'amendes dans les aliments de la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*) : performances zootechniques et digestibilité. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture.1990, **317**, 50-57.
2. ALLEX I. Contribution à l'étude de l'incidence de la prédation, notamment celle du héron cendré (*Ardea cinerea* L.), sur la production piscicole des étangs de Dombes. Th : Med. Vet. : Lyon, université Claude Bernard de Lyon I : 1999 ; 6. 104 pages.
3. AMBLARD G., BRY C., TOUTANT J.P. et AROAGAUS M. Effets de l'exposition à un insecticide, le carbofuran, sur les performances de jeunes stades de brochet (*Esox lucius* L., 1758) : résultats préliminaires. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 1998, **350-351**, 529-534.
4. ANONYME. Sandre : des efforts encore sur reproduction et élevage larvaire. Aquarevue, avril-mai 1993, **47**, 23-26.
5. ANONYME. Tableau des records de « La Pêche et les poissons ». La Pêche et les poissons », juillet 1997, **626**, p9.
6. ARIAS-GONZALEZ E., RICHEUX C. et TOURENQ J. N. Evaluation de la ration journalière et de la consommation de nourriture pour une population de gardons (*Rutilus rutilus*) du lac de Pareloup (Aveyron, France). Cybium, 1993, **17**, 1, 45-54.
7. AUDEBERT J. P., SEVRIN-REYSSAV J. Elevages intensifs de zooplancton sous une serre horticole au lycée professionnel agricole de Château-Gontier (Mayenne). La pisciculture française, 1^{er} trimestre 1997, **127**, 33-37
8. BALVAY G. La biocénose aquatique et ses incidences sur le peuplement piscicole. La pisciculture française, 4^{ième} trimestre 1985, **82**, 15-31.
9. BALVAY G. Les ressources alimentaires naturelles des poissons d'étangs. La pisciculture française, 4^{ième} 1984, **78**, 20-78.
10. BARBE J., SCHLUMBERGER O. et BOURETZ N. Utilisation du phytoplancton pour estimer la production piscicole potentielle des étangs. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 1999, **355**, 387-402
11. BERGOT F. Etude de l'utilisation digestive d'une cellulose purifiée chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) et la carpe commune (*Cyprinus carpio*). Reproduction Nutrition Development, 1981, **21**, 1, 83-93.
12. BERKA R. Implantation de films plastiques ou de serres au-dessus des étangs pour limiter les déperditions thermiques, in BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages. 163-164.

13. BERNOTH E.M. et KORTING W. Identification of a Cyprinid fish, the tench *Tinca tinca* L., as a carrier of the bacterium *Aeromonas salmonicida*, causative agent of furunculosis in salmonids. Journal of Veterinary Medicine- series B, 1992, **39**, 585-594.
14. BILLARD R. et MARCEL J. Quelques techniques de production de poissons d'étangs. La pisciculture française, 1^{er} trimestre 1980, **59**, 9-12.
15. BILLARD R. La reproduction de la carpe. La pisciculture française, 3^{ième} trimestre 1998, **133**, p 61.
16. BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages.
17. BILLARD R. Les Poissons d'eau douce des rivières de France. Lausanne : éditions Delachaux et Niestlé, 1997, 192 pages.
18. BOUJARD T. et MARCEL J. La distribution pour poissons en grossissement in BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages. 275-280.
19. BOUJARD T. Les rythmes alimentaires : importance et conséquences en pisciculture. La pisciculture française, 3^{ième} trimestre 1994, **117**, 4-10.
20. BOURSIER E. La croissance des poissons. Th : Med. Vet. : Nantes, faculté de médecine de Nantes : 1992 ; 74. 73 pages
21. BRUSLE, J., QUIGNARD, J.P. Biologie des poissons d'eau douce européens. Paris : éditions Technique et documentation, 2001, 625 pages
22. CARANHAC F. Impact des relations intraspécifiques et interspécifiques sur l'abondance des populations in Gestion piscicole des grands plans d'eau. Paris : éditions INRA, 2001, 458 pages. 293-309
23. CHANTECLER G. le guide de la carpe koï. Edition Lavoisier, 1996 135 pages.
24. CHAPPAZ R., BRUN G. et OLIVARI G. Les facteurs de développement du gardon, *Rutilus rutilus* (L.), introduit dans une retenue oligotrophe récente : analyse des paramètres mésologiques (températures) et biologiques. Comptes rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Série III, 1990, **310**, 2, 27-33.
25. CHAPPAZ R., BRUN G. et OLIVARI G. Stratégie de développement du goujon *Gobio gobio* (L.) dans un lac oligotrophe : la retenue de Sainte-Croix (Provence, France). Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris Série III, 1988, **307**, 8, 493-497.
26. CHINZI D., ENITA de Bordeaux. Références aquaculture. Bordeaux : éditions TEC & DOC Lavoisier, 1998, 310 pages.
27. COSTA ALEXANDRINO A., TAVARES RANZANI-PAIVA M.J. et ROMANO L.M. Identificación de viremia primaveral de la carpa (VPC) *Carassius auratus* en San Pablo, Brasil. Revista Ceres, 1998, **45**, 258, 125-137.

28. COWX I. G. L'introduction d'espèces de poissons dans les eaux douces européennes : succès économiques ou désastres écologiques ? Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 1997, **344/345**, 57-77.
29. CREAMER Y. et SERFATY A. Le jeûne et la réalimentation chez la carpe (*Cyprinus carpio* L.). Journal de physiologie, Paris, 1974, **68**, 3, 245-260.
30. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. L'ablette *Alburnus alburnus*. La pisciculture française, 3^{ième} trimestre 1976, **47**, 17-18.
31. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. La tanche *Tinca tinca* (Linné) 1758. La pisciculture française, 1^{er} trimestre 1976, **45**, 53-54.
32. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. Le Black-bass *Micropterus salmoides* (Lacépède, 1802). La pisciculture française, 4^{ième} trimestre 1979, **58**, 29-30.
33. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. Le carassin *Carassius carassius*. La pisciculture française, 4^{ième} trimestre 1976, **48**, 17-18.
34. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. Le gardon *Rutilus rutilus*. La pisciculture française, 1^{er} trimestre 1973, **33**, 19-20.
35. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. Le goujon *Gobio gobio*. La pisciculture française, 3^{ième} trimestre 1975, **43**, 47-48.
36. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. Le rotengle *Scardinius erythrophthalmus*. La pisciculture française, 3^{ième} trimestre 1975, **43**, 51-52.
37. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. Le sandre *Stizostedion lucioperca* Linné (1758) (*Lucioperca lucioperca* Berg 1916). La pisciculture française, 4^{ième} trimestre 1975, **44**, 33-34.
38. D'AUBENTON, F., SPILLMANN, C.J. La brème *Abramis brama*. La pisciculture française, 3^{ième} trimestre 1976, **47**, 21-22.
39. DE KINKELIN P., MICHEL C et GHITTINO P. Précis de pathologie des poissons. INRA Editions : Paris, 1985. 348 pages.
40. DE KINKELIN P. Les maladies des poissons : aspects étio-épidémiologiques et possibilités d'intervention. La pisciculture française, 2^{ième} trimestre 1988, **92**, 17-29.
41. DE PEDRO N., GUIJARRO A.I., DELGADO M.J., LOPEZ-PATIGNO M.A., PINILLOS M.L. et ALONSO-BEDATE M. Influence of dietary composition on growth and energy reserves in tench (*Tinca tinca*). Journal of applied ichthyology, 2001, **17**, 25-29.
42. DEMAEL A. Alimentation complémentaire in BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages. 194- 202

43. DEMAEL A., CHARPENTIER F. et BRICHON G. Essai d'une complémentation en acides aminés sur la croissance de la carpe (*Cyprinus carpio*) et sur la composition du foie et du muscle. *Ichthyologica acta*, 1991, **14**, 57-68.
44. DEMAEL A., LEPOT D. et GARIN D. Influence d'une baisse sévère du pH de l'eau sur l'utilisation du D-glucose U¹⁴C par un poisson Cyprinidé (*Tinca tinca* L.). *Ichthyophysiological Acta*, 1985, **9**, 79-87.
45. DOMAIZON I., DEVAUX J. Impact of moderate silver carp biomass gradient on zooplankton communities in a eutrophic reservoir. Consequences for the use of silver carp in biomanipulation. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de la vie*, 1999, **7**, **322**, 621-628
46. FAYE F. Etude de la ligulose de la tanche (*Tinca tinca*) dans le Forez. Th : Med. Vet. : Lyon, université Claude Bernard de Lyon I : 1990 ; 26. 87p.
47. FOEX M. Contribution à l'étude du parasitisme de la carpe en élevage dombiste. Th : Med. Vet. : Lyon, université Claude Bernard de Lyon I : 1994 ; 83. 114 pages
48. FONTAINE P., SULISTYO I., CAPDEVILE B. et KESTEMONT P. Avancées récentes concernant la biologie et le contrôle de la reproduction de la perche eurasiennne *Perca fluviatilis*. *La pisciculture française*, 3^{ième} trimestre 1998, **133**, 27-33.
49. GENARD M., MASSE J. et RIGAUD C. Approche expérimentale de l'impact des oiseaux piscivores sur une pisciculture extensive littorale. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*. 1993, **329**, 231-243
50. GERDEAUX D. Détection acoustique des organismes pélagiques en lac : détection du poison et mise en évidence du comportement du plancton. *Océanis*, 1990, **16**, 2, 117-124.
51. GILLET A., MICHA J.C., REYDAMS A. et MEURISSE M. Incidence des repeuplements dans la population de gardons (*Rutilus rutilus* (L.)) en Meuse. *Cybium*, 1984, **8**, 3, 51-61.
52. GILLET C. Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres in *Gestion piscicole des grands plans d'eau*. Paris : éditions INRA, 2001, 458 pages. 241-281.
53. GIRAUD J.P., SEVRIN-REYSSAC J. et BILLARD R. La carpe argentée, *Hypohthalmichthys molitrix*. *La pisciculture française*, 4^{ième} trimestre 1996, **126**, 15-26
54. GONGNET G.P., MEYER-BURGDORFF K.H., BECKER K. et GUNTHER K.D. Influence des différentes sources de protéines sur la digestibilité et la valeur biologique des protéines chez la carpe miroir (*Cyprinus carpio*, L.) en croissance. *Revue de médecine vétérinaire*, 1996, **147**, 1, 63-68.
55. GOUBIER V. Reproduction et élevage larvaire de la perche (*Perca fluviatilis*). *Aqua revue*, juin-juillet 1990, **31**, 13-18.
56. GUEVEL B. La « loi pêche » (Code Rural) et l'introduction des espèces piscicoles. *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, 1997, **344/345**, 43-51.

57. GUILLAUME, J. Aperçu sur le tube digestif des poissons. La pisciculture française, 1994, **117**, 11-17
58. GUILLAUME, J., KAUSSEK, S., BERGOT, P., METAILLER, R. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés, Paris : éditions INRA IFREMER, 1999, 491 pages
59. HAENEN O.L.M. et DAVIDSE A. Isolation of pike fry rhabdovirus from roach (*Rutilus rutilus*). Bulletin of the european association of fish pathologists, 1989, **9**, 5, p 116.
60. HAFEZ R., LABAT R. et QUILLIER R. Teneurs nucléaires en ADN et relations évolutives sans la famille des Cyprinidés (*TELEOSTEI*). Bulletin de la société d'histoire naturelle de Toulouse, 1^{er} et 2^{ième} trimestre 1978, **114**, 1-2, p. 71.
61. HOESTLANDT H. et BRUNET R. Le goujon : biologie et pisciculture. La pisciculture française, 3^{ième} trimestre 1973, **35**, 31-34.
62. HOESTLANDT H. La perche en France : biologie et nanisme. La pisciculture française, 2^{ième} trimestre 1980, **60**, 39-48.
63. HRISTIC G. Introductions de carpes chinoises (*Ctenopharyngodon idella* VAL.) dans les canaux d'irrigation. leur influence sur les plantes aquatiques et certaines espèces de poissons. Rev. Trav. Inst. Pêches marit, 1976, 3-4, **40**, p608.
64. HUBERT V., JUSTINE J. L. Etude préliminaire des parasites des poissons de la région parisienne. Bulletin de la Société Française de Parasitologie, 1990, **8**, 2, 283-288.
65. KEITH P. et ALLARDI J. Bilan des introductions de poissons d'eau douce en France. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 1997, **344/345**, 181-191.
66. KESTEMONT P. et PHILIPPART J.C. Considérations sur la croissance ovocytaire chez les poissons à ovogenèse synchrone et asynchrone. Belgian Journal of Zoology, 1991, **121**, issue 1, 87-98.
67. KESTEMONT P. L'élevage en étangs des espèces de poissons autres que la carpe, in BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages. 335-343
68. KOZLOVSKIY S.V. Observations of the spawning behavior of roach and bream in Saratovskoye Reservoir. Journal of Ichthyology, 1992, **32**, 3, 134-136.
69. KWIATKOWSKI S. et POKORA Z. Ligulosis in two-years-old rudd in the prezecyce retention reservoir. Medycyna Weterynaryjna, 1995, **51**, 12, p. 751.
70. LE LOUARN H. et BAGLINIERE J.L. Quelques éléments de la biologie du brochet (*Esox lucius* L. 1758) sur une rivière à Salmonidés : le Scorff. Cybium, 1985, **9** : 1, 75-87.
71. LE LOUARN H. et WEBB D.J. Effets négatifs de pH extrêmes sur le développement embryonnaire et larvaire du brochet *Esox lucius* L. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 1998, **350-351**, 325-336.

72. LE LOUARN H. La prédation due aux oiseaux piscivores et les mesures de protection in BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages. 234-242.
73. MARCEL J. L'alimentation des poissons en eau stagnante : stratégies et méthodes. 1^{er} trimestre 1990, **99**, 19-29.
74. MARCEL J., MEDALE F., VERZIER J., GATEL F. et EVRARD J. Influence d'une alimentation à base de protéines végétales sur la croissance et la qualité de la chair de carpe. 4^{ème} trimestre 1996, **126**, 27-37.
75. MARIANI, M., BIANCHI, I. Bien connaître les poissons d'eau douce : De Vecchi.
76. MARTIN J.F. La fertilisation des étangs (2^{ème} partie). Aqua revue. Avril-mai 1987, **12**, 35-4.
77. MARTIN J.F. Pour une meilleure gestion des étangs en région Centre. La pisciculture française, 1^{er} trimestre 1986, **83**, 56-61.
78. MELOTTI P. et NATALI M. L'élevage des Cyprinidés d'ornement en étang in BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages.343-348.
79. MICHEL P., OBERDORFF T. Feeding habits of fourteen european freshwater fish species. Cybium, 1995, **19** (1), 5-46.
80. NOESKE T.A., ERICKSON D.A. et SPIELER R.E. The time-of-day goldfish receive a single daily meal affect growth. Journal of the world Mariculture Society, 1981, **12**, 2, 73-77.
81. PAPAGEORGIU N. K. The lenth-weith relationship, age, growth and reproduction of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in Lake Volvi. Journal of fish biology, 1979, **14**, 6, 529-538.
82. PARENT J.P., CAMINADE V. et VELLAS F. Evaluation de l'état nutritionnel du gardon et de la perche capturés dans la retenue de Pareloup – Etude préliminaire. Ichtyophysiologica Acta, 1985, **9**, 202-221.
83. PARENT J.P., FERRONI J.M., BAU F. et VELLAS F. Variations quantitatives des protéines, lipides et cendres somatiques chez le gardon capturé, à différentes saisons dans une retenue mésotrophe. Fish nutrition in practice, Biarritz (France) : Editions INRA, Paris 1993 (Les Colloques), 24-27 juin 1991, 307-312.
84. PECHOUX J. Le poisson dans l'alimentation des oiseaux sauvages. Th : Med. Vet. : Paris, faculté de médecine de Créteil : 1977 ; 80. 222 pages
85. PEREIRA V., VALLOD D., FAUCONNEAU B. et BOUVET Y. Comparaison de populations de carpe commune (*Cyprinus carpio*) à taille commerciale : intérêt d'une approche globale. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 1999, **355**, 403-420.

86. RENARD-LEFOL I. La reproduction contrôlée de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) : application à l'aquaculture moderne. Th : Med. Vet. : Maisons-Alfort, université de médecine de Créteil : 1990 ; 106. 89 pages.
87. ROUSSEL J.M., BARDONNET A., HAURY J., BAGLINIERE J.L., PREVOST E. Végétation aquatique et peuplement pisciaire : approche expérimentale de l'enlèvement des macrophytes dans les radiers d'un cours d'eau breton. Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 1998, **350-351**, 693-709.
88. SCHLUMBERGER O. et PROTEAU J.P. Production de juvéniles de sandres (*Stizostedion lucioperca*). Aqua revue, avril-mai 1991, **36**, 25-28.
89. SCHLUMBERGER, O. Mémento de pisciculture, 3^{ième} édition. Paris : CEMAGREF éditions, 1997, 238 pages.
90. SCHWARTZ F.J. et KIRCHGESSNER M. Influence of different carbohydrates on digestibility, growth and carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). Fish nutrition in practice, Biarritz (France) : Editions INRA, Paris 1993 (Les Colloques n°61), 24-27 juin 1991, 475-478.
91. SZUMIEC M. La modélisation de la croissance de carpe en étang in BILLARD R. Les carpes, biologie et élevage. Paris : éditions INRA, 1995, 389 pages. 216-226.
92. TOPIC POPOVIC N., HACMANJEK M. et TESKEREDZIC E. Health status of rudd (*Scardinius erythrophthalmus hesperidicus* H.) in Lake Vrana on the Island of Cres, Croatia. Journal of applied ichthyology, 2001, **17**, 43-45.
93. TREASURER J. et OWEN R. Food and growth of pike, *Esox lucius*, in simple fish communities in lakes of different trophic status. Aquatic living resources, 1991, **4**, 289-292.
94. VALBRUN J. Pathologie bactérienne de la carpe (*Cyprinus carpio*). Etude cinétique et recherche de résidus de la fluméquine utilisée dans les traitements de ses bactérioses. Th : Med. Vet. : Nantes, Faculté de médecine de Nantes : 1994 ; 26. 128 pages.
95. VENTARD E. Contribution à l'étude du régime alimentaire et des parasites intestinaux du grand cormoran (*Phalacrocorax carbo sinensis* L.) hivernant en Dombes. Th : Med. Vet. : Lyon, université Claude Bernard de Lyon I : 1997 ; 38. 165 pages.
96. VON LUKOWICZ M. et PROSKE C. Production et reproduction de la tanche. La pisciculture française, 1^{er} trimestre 1980, **59**, 5-7.
97. YADAV M. et DIANA OOI H.S. Effect of photoperiod on the incorporation of ³H-thymidine into the gonads of *Carassius auratus*. Journal of biology, 1977, **11**, 409-416.

Toulouse, 2003.

NOM : GOURGUES NASSANS

PRENOM : ALEXANDRE

TITRE : Une pisciculture particulière : la production de vifs en étang.

RESUME : La production de poissons destinés à la pêche au vif peut permettre une valorisation intéressante de certaines retenues d'eau. Ce type d'activité piscicole s'inscrit dans un contexte réglementaire qui définit précisément les espèces utilisables mais régissant également les conditions de vidange des plans d'eau et d'élevage de ces espèces. Les cyprinidés sont les espèces qui s'imposent dans ce type de production : leur grande tolérance vis à vis des paramètres physico-chimiques de l'eau (teneur en oxygène, écarts de température, pH, turbidité...), leur forte prolificité, leur régime alimentaire très modulable et leur grande résistance générale permettent un élevage sans trop de contraintes. La rentabilité de l'entreprise repose sur un empoisonnement judicieux et une gestion correcte de la reproduction avec idéalement séparation des phases de reproduction et croissance (étangs de pose, de ponte et de croissance). La prise en compte de certains facteurs zootechniques comme la fertilisation ou l'alimentation artificielle est essentielle pour permettre des productivités optimales. Enfin, pour palier la mortalité naturellement élevée qui frappe ces espèces, une prise en compte globale de l'état de maladie et de la prédation notamment par les espèces aviaires permet de réduire efficacement les pertes.

MOTS CLEFS : pisciculture, Cyprinidés, pêche au vif, *Cyprinus carpio*, *Tinca tinca*, *Rutilus rutilus*.

TITLE : An original pisciculture : the production of fish baits in ponds.

Abstract : The production of fishes meant for fishing with live baits can allow an interesting valorization of some ponds. This piscicultural activity is regulated by several law which specify the permitted species and the conditions of ponds sewage and fish breeding. Cyprinids are the best adapted species for this production : their high tolerance to chemical water composition (oxygen content, temperature variations, pH, turbidity...), their high prolificity, their flexible diet and their important general resistance allow a quite easy breeding. The profitability of this activity depend to the good stocking pond and the correct management of the reproductive function with separation between reproductive ponds and growth ponds. Several zootechnic factors like fertilization or artificial nutrition are essential for higher productions. Finally, the fish farmer must take into account a global consideration of illness status and fowl predation to mitigate the naturally high mortality level.

KEYWORDS : pisciculture, fish breeding, Cyprinids, fishing with live baits, *Cyprinus carpio*, *Tinca tinca*, *Rutilus rutilus*.