

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة حسيبة بن بوعلي الشلف

Université Hassiba Benbouali Chlef

معهد علوم وتقنيات البحر تنس

Institut des Sciences et Techniques de la Mer Ténès



Polycopié de cours

Agrofertilisation et gestion des étangs

Domaine : Science de la nature et de la vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : L3 aquaculture et pisciculture

Présenté par :

Dr. LAAMA Chahinez

Maitre de conférences A

Année universitaire

2024-2025

Préface

Agrofertilisation consiste à la fertilisation des étangs aquacoles et du sol en valorisant les déchets de l'agriculture. Cette discipline traite les fondements liés à l'aquaculture et l'agriculture. En effet, les applications de l'agrofertilisation couvrent l'aménagement des étangs piscicoles et leur entretien ainsi que les différents systèmes de l'aquaculture intégrés à l'agriculture. Le terme étang désigne un plan d'eau artificiel de petite profondeur qui est aménagée par l'homme pour plusieurs vocations à savoir l'étang de culture de plancton, étang d'alevinage, étangs de ponte, étang de grossissement et étang d'incubation, etc... Cependant, l'étang est plus ou moins complètement vidangeable et il peut être en terre ou en dure.

L'étang est un écosystème particulier qui abrite un patrimoine faunistique et floristique très intéressant. En effet, sa gestion est indispensable et il mérite une attention particulière. La pisciculture d'étang demeure une activité traditionnelle qui a dû s'adapter au marché du repeuplement destiné à la pêche de loisir.

Ce présent polycopié de cours de l'agrofertilisation et gestion des étangs est destiné aux étudiants en 3^{ème} année licence aquaculture et pisciculture de l'université Hassiba Benbouali Chlef. Ce cours peut servir également aux étudiants en agronomie et en sciences de la mer.

Le cours agrofertilisation et gestion des étangs est subdivisé en deux principaux chapitres (Figure 1). Le premier chapitre concerne la pisciculture intégrée, les différents systèmes de culture et d'élevage en agriculture intégrée à la pisciculture ainsi que la reproduction des poissons et l'alevinage. Le second chapitre s'intéresse aux différentes opérations de préparation des étangs à savoir la fertilisation et l'amendement, la mise en eau, la culture des rotifères, etc....

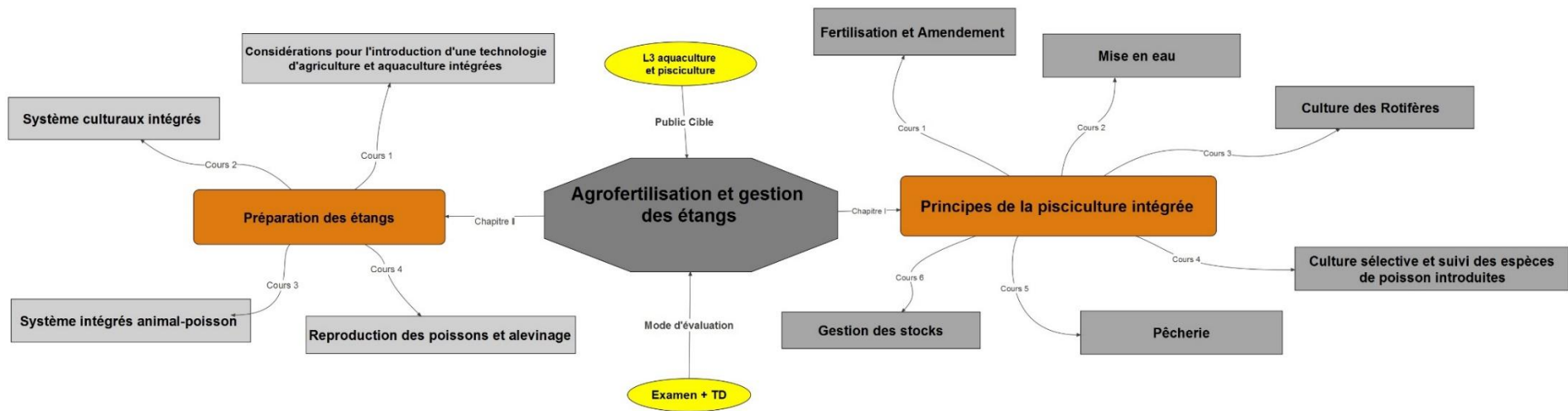


Figure 1 : Carte conceptuelle de module d’agro-fertilisation et gestion des étangs destiné aux étudiants en 3^{ème} année aquaculture et pisciculture.

Sommaire

Préface

Chapitre I. principes de la pisciculture intégrée	3
I.1. Pisciculture intégrée	3
I.2. Considérations pour l'introduction d'une technologie d'agriculture et aquaculture intégrées	6
I.2.1. Avantages de la pisciculture intégrée	6
I.2.2. Typologie des systèmes intégrés	7
I.2.2.1. Systèmes culturaux intégrés.....	7
I.2.2.2. Systèmes intégrés animal-poisson	11
I.2.2.3. Systèmes intégrés mixtes	12
I.2.3. Reproduction des poissons et alevinage	13
a) Reproduction naturelle	13
b) Reproduction naturelle aménagée.....	14
c) Reproduction Semi-naturelle	15
d) Reproduction artificielle.....	16
Chapitre II. Préparation des étangs piscicoles	19
II.1. Fertilisation des étangs piscicoles	19
II.1.1. Définition des fertilisants (engrais)	19
II.1.2. Typologie des engrais	20
II.1.2.1. Engrais organiques	20
II.1.2.2. Engrais minéraux (inorganiques).....	24
II.1.2. Amendement des étangs piscicoles	26
II.1.2.1. Définition du chaulage	27
II.1.2.2. Produits utilisés.....	27
II.1.2.3. Conditions de chaulage	27
II.2. Mise en eau	28
II.3. Culture des Rotifères	30
II.3.1. Généralités sur les rotifères.....	30
II.3.2. Reproduction des rotifères	33
II.3.3. Caractéristiques de la culture des rotifères	34
II.3.4. Protocol détaillé de la culture des rotifères.....	35
II.4. Culture sélective et suivi des espèces de poisson introduites.....	38

II.5. Pêcherie	38
II.6. Gestion des stocks	39
Conclusion	40
Références bibliographiques	43

Liste des tableaux

Tableau 1: Principales espèces d'eau douce élevées dans les plans d'eau et les étangs en Algérie.....	4
Tableau 2 : Avantages et inconvénients de la rizipisciculture.....	8
Tableau 3 : Comparaison entre reproduction artificielle et aménagée	16
Tableau 4 : Importance relative des facteurs environnementaux pour la reproduction des espèces dulcicoles	17
Tableau 5 : Types des engrais organiques.....	20
Tableau 6 : Composition des différents types de l'engrais organique.....	21
Tableau 7 : Différentes méthodes d'application des engrais organiques en étang	22
Tableau 8: Conditions d'application des engrais inorganiques.....	24
Tableau 9 : Comparaison entre engrais organiques et engrais inorganiques.....	25
Tableau 10 : Conditions de chaulage de l'étang en fonction du pH de l'eau	27
Tableau 11 : Méthode d'application de la chaux dans les étangs aquacole	27
Tableau 12: Exemple d'empoisonnement des étangs (en %de biomasse) en polyculture	28
Tableau 14: Conditions écologiques pour les rotifères marins <i>Brachionus plicatilis</i>	33
Tableau 15: Conditions écologiques pour les rotifères d'eau douce <i>Brachionus calyciflorus</i> et <i>Brachionus rubens</i>	33
Tableau 16 : Paramètres zootechniques utilisés pour la gestion des stocks de poissons dans les fermes d'élevage.....	39

Liste des figures

Figure 1 : Carte conceptuelle de module d'agro-fertilisation et gestion des étangs destiné aux étudiants en 3 ^{ème} année aquaculture et pisciculture.....	3
Figure 2 : Relation agriculture-pisciculture.....	3
Figure 3 : Système graminées-poissons	7
Figure 4 : Jacenth d'eau.....	7
Figure 5 : Jacinthe d'eau distribuée aux canards.....	7
Figure 6 : Rizipisciculture	9
Figure 7 : Avantages de système bambo-poisson	9
Figure 8 : Système horticulture –poisson	10
Figure 9 : a) Exemple de l'inégration canard-poisson en étang piscicole appliquée en Algérie b) Interactions du système canardière-pisciculture	10
Figure 10 : Méthodes de disposition des canardières.....	11
Figure 11 : Système VAC	12
Figure 12 : Méthode de reproduction naturelle dans un étang piscicole.....	13
Figure 13 : Exemples de nids utilisés par les poissons.....	13
Figure 14 : Reproduction aménagée de poissons Brochetons.....	14
Figure 15 : Principe de la reproduction semi naturelle dans un étang piscicole	14
Figure 16 : Principe de la reproduction artificielle des poissons	15
Figure 17 : Rôle de la fertilisation dans les étangs piscicoles	18
Figure 18 : Relations entre la densité d'empoissonnement, le taux de croissance instantané (G) et le rendement instantané par unité de surface (Y) avec (pointillé) et sans alimentation complémentaire (trait plein)	28
Figure 19 : Morphologie des rotifères	29
Figure 20 : Morphologie de mal et femelle de <i>Brachionus plicatilis</i>	30
Figure 21 : Anatomie interne des rotifères	30
Figure 22 : <i>Brachionus rotundiformis</i> (S-type) and <i>Brachionus plicatilis</i> (L-type).....	31
Figure 23 : Cycle de reproduction des rotifères	32
Figure 24 : Culture rotifères en bassin	34
Figure 25 : Culture des rotifères en tubes.....	34
Figure 26 : Matériel utilisé pour la récolte des rotifères	35
Figure 27 : Cycle biologique en étang.....	36
Figure 28 : Pêche en amont de la digue à l'aide d'un filet.....	37
Figure 29 : Pêcherie permanente et poêle	38

Chapitre I. principes de la pisciculture intégrée

Ce chapitre aborde le principe de la pisciculture intégrée ainsi les systèmes culturaux végétaux-poissons et les systèmes d'élevage animal-poisson.

I.1. Pisciculture intégrée

D'après la FAO (2003), la pisciculture intégrée se réfère à l'élevage de poisson et à la gestion de l'ensemble d'activité liée à l'aquaculture et à l'agriculture. Cette approche consiste à développer l'agriculture et l'aquaculture parallèlement ou séquentiellement, en bénéficiant des avantages de l'une pour l'autre dans un milieu à vocation agricole [2]. Les systèmes intégrés d'aquaculture reposent essentiellement sur [1] [2] [3] :

- ✓ Recyclage des rejets ou sous-produits de l'exploitation agricole (production végétale ou animale) devenant des intrants de la pisciculture (Figure 2);
- ✓ Une utilisation efficiente de l'espace pour des productions multiples.
- ✓ Réutilisation des eaux d'élevage pour l'irrigation des terres agricoles

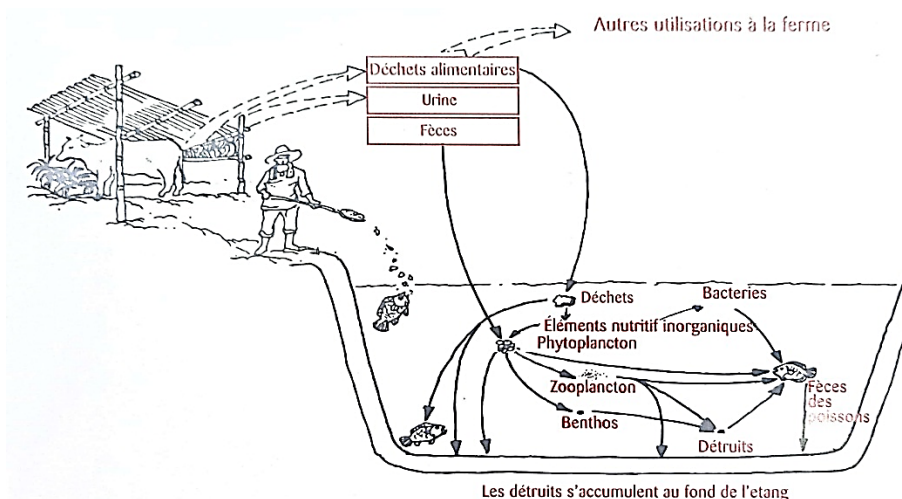


Figure 2 : Relation agriculture-pisciculture [2].

Il existe une grande variété des poissons dulcicoles qui intéressent directement ou indirectement la pisciculture intégrée (Tableau 1). Plusieurs espèces ont fait l'objet d'élevage dans les étangs dont les carpes, barbeaux et autres *Cyprinidés* forment le principal groupe d'espèces en élevage en 2020, il représente environ 18% de la production d'animaux aquatiques [4]. La production mondiale en 2020 est environ 5 791,5 tonnes.

En Algérie, en 2020, la production aquacole continentale totale a été estimée à environ 2 131 tonnes. Cette quantité provient principalement de la pêche des carpes issues du repeuplement

Chapitre I : Principes de la pisciculture intégrée

des lacs de barrage et dans une moindre mesure, de la pisciculture intégrée à l'agriculture [4]. Cette dernière est pratiquée au niveau des petites exploitations agricoles notamment l'élevage de tilapias et de poisson chat nord-africain [4].

Tableau 1: Principales espèces d'eau douce élevées dans les plans d'eau et les étangs en Algérie [5] [4]

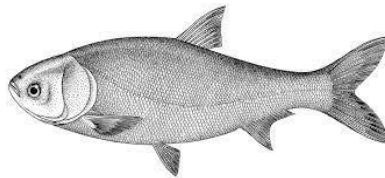
Carpe commune
Cyprinus carpio



Carpe Herbivore
Ctenopharyngodon idella



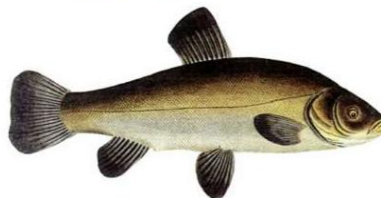
Carpe argentée :
Hypophthalmichthys molitrix



Carpe à grande bouche :
Aristichthys nobilis



Tanche
Tinca tinca



Barbeau commun
Barbus barbus



Silure africain :
Clarias gariepinus



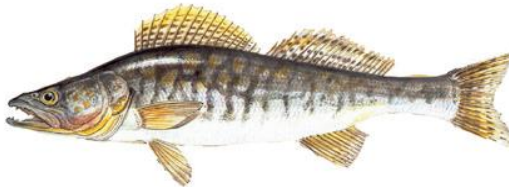
Gardon
Rutilus rutilus



Brochet
Esox lucius



Sandre
Stizostedion lucioperca



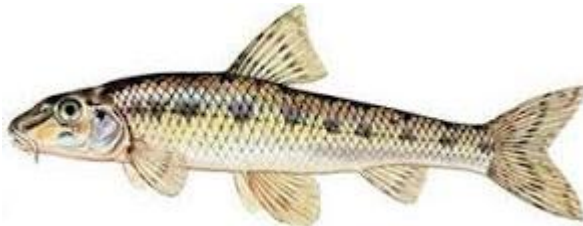
Black bass
Micropeturs salmoides



Perche
Perca fluviatilis



Goujon
Gobio gobio



Tilapia
Oreochromis niloticus



Brème
Abramis brama



I.2. Considérations pour l'introduction d'une technologie d'agriculture et aquaculture intégrées

Les considérations pour l'introduction de la pisciculture à l'agriculture sont nombreuses d'ordre social, cultural, économique et environmental. Ces considérations débouchent de l'intérêt apporté par ces deux activités. En générale, les avantages de chaque activité par rapport

à l'autre sont bien détaillés dans les systèmes culturaux et d'élevage intégrés (*voir la section I.2.2*).

I.2.1. Avantages de la pisciculture intégrée

La pisciculture intégrée à l'agriculture représente de nombreux avantages, nous citons [2] [3]:

- Tirer un revenu supplémentaire en protéine pour la population local ;
- Diversifier les revenus des exploitations agricoles et améliorer le niveau de vie des agriculteurs ;
- Effectuer un meilleur compromis technico-économiques dans le respect de l'environnement (réutilisation des eaux d'élevage pour l'irrigation, recycler les déchets de l'élevage du bétail) ;
- Répondre à la demande du marché national et internationale en protéine animale ;
- Créer un micro écosystème qui permet de recycler les résidus agricoles dans la pisciculture, et vis-versa, tout en réduisant la pollution organique.
- Réduire l'utilisation des engrais chimiques.
- Développer une agriculture bio et durable.
- Valoriser l'utilisation des plans d'eau naturels et artificiels.

I.2.2. Typologie des systèmes intégrés

Il existe deux catégories d'intégration de la pisciculture à l'agriculture, la première est liée à la production végétale et la seconde est celle de la production animale.

I.2.2.1. Systèmes culturaux intégrés

Elle comprend l'élevage des poissons dans des étangs et/ou des bassins d'eau destinés principalement à l'irrigation et en parallèle, les poissons sont nourri des déchets et des résidus issus de l'agriculture [2]. Il existe plusieurs systèmes intégrés à base de végétation.

▪ Système intégré graminées-poissons

Plusieurs catégories de graminées facilement cultivables en agriculture peuvent servir d'aliment de complément de bon marché pour les poissons (Figure 3). Plusieurs espèces de poissons en élevage peuvent se nourrir directement ou indirectement de graminées comme la carpe herbivore, la carpe commune, la carpe marbrée et la carpe argentée [1]. Les graminées les plus utilisées sont le rye-grass, l'herbe du Soudan et l'herbe napier.

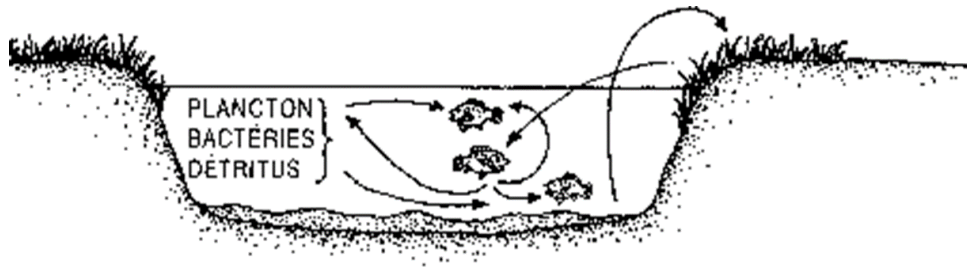


Figure 3: Système graminées-poissons [1]

▪ Système intégré jacinthe d'eau-poisson

La jacinthe d'eau « *Eichhornia crassipes* » est une plante aquatique, flottante qui peut vivre et se reproduire librement dans les rivières, les canaux et les lacs des régions tropicales (Figure 4). Elle est fréquemment utilisée comme aliment de complément en élevage piscicole [1].



Figure 4: Jacinth d'eau [20]

Elle peut être donnée directement ou indirectement aux poissons [1]. Elle est récoltée sans sa racine, hachée en morceaux, moulue, séchée afin de fabriquer un aliment de poisson ou bien hachée et donnée aux canards comme aliment. Les excréments de ces canards servent comme fertilisant organique des étangs piscicoles (Figure 5).



Figure 5 : Jacinthe d'eau distribuée aux canards [1]

De nombreux travaux scientifiques démontrent l'intérêt de l'utilisation de cette plante dans les régimes alimentaires destinés aux poissons [1] [3]. Elle est donnée séchée à des régimes alimentaires pauvres en vitamines, car elle réduit la mortalité et accentue la croissance des alevins du Poisson-chat (*Ictalurus punctatus*) et Tilapia du Nil (*Oreochromis nilotica*).

▪ Système intégré de rizipisciculture

C'est un système de production qui intègre le riz et le poisson. C'est une activité ancienne qui provient des pays asiatiques [3]. Les avantages et les inconvénients de cette pratique sont évoqués dans le tableau 2.

Tableau 2 : Avantages et inconvénients de la rizipisciculture [6]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none">-Favoriser la nourriture pour les poissons-Revenue supplémentaire pour les agricultures-Assurer le contrôle biologique des mollusques et des insectes néfastes pour le riz.- Réduire les risques d'échec résultant de l'intégration des deux cultures.-Maintenir un niveau de l'eau constant- Réduire la croissance des mauvaises herbes.-Améliorer la production du riz par la fertilisation en utilisant les déchets métaboliques des poissons	<ul style="list-style-type: none">- Limiter l'utilisation de pesticides.- Augmentation de la demande en eau.- Réduire de la vitesse de drainage de l'eau suite au creusement des canaux de 40 à 50 cm de profondeur.- Production saisonnière des deux produits (riz et poisson)- Elle nécessite une main d'œuvre plus importante.

D'après FAO (2003), on peut distinguer deux systèmes. le système traditionnel (Système 1) et le système amélioré (Système 2). Les deux systèmes comportent principalement la capture des poissons sauvages pour ensuite les élever en rizières. Les poissons sauvages arrivent dans les canaux d'irrigation, des fossés et des rizières: Par la suite, ils sont capturés durant la saison de croissance du riz et ils grandissent en même temps que celui-ci. Dans le système amélioré, des petits aménagements sont réalisés comme l'ajout des tranchées, l'approfondissement des étangs-refuges et l'amélioration des digues. En plus de la fertilisation et de chaulage. Tout ceci demande des investissements additionnels [1]. Les systèmes riz-poisson peuvent améliorer les fertilisations du sol *via* les excréments des poissons, ce qui permet la réduction de l'usage d'engrais par rapport à la riziculture classique [6] (Figure 6).

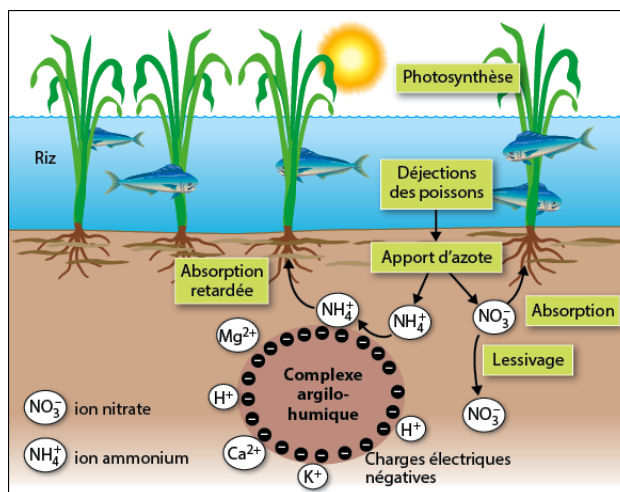


Figure 6: Rizipisciculture [21]

▪ **Système intégré Bambou-étang piscicole**

Ce système présente de nombreux avantages dans les deux sens, d'une part les pousses de bambou servent comme aliment de poisson et les vieilles perches de bambou présentent de nombreuses utilisations à titre exemple bois de chauffage, matériel de construction pour les enclos des animaux, ou encore support pour des plantes grimpantes [1] (Figure 7). D'un autre part, les étangs piscicoles offrent une vase très riche en sels nutritifs nécessaire pour fertiliser les parcelles de bambou. En outre, la vase empêche la prolifération des plantes sauvages et améliore la qualité du sol.

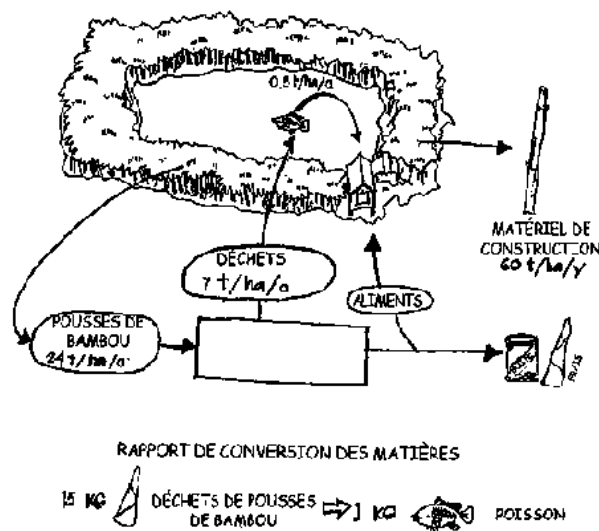


Figure 7 : Avantages de système bambo-poisson [1]

▪ **Intégration horticulture- pisciculture**

L'horticulture est la culture des arbres, des légumes, plantes à fleur, etc...Ce système d'intégration présente plusieurs avantages (figure 8) [1]:

- Elle constitue un revenu supplémentaire pour l'agriculture ;

Chapitre I : Principes de la pisciculture intégrée

- La vase de l'étang, riche en substances nutritives est utilisée pour fertiliser le sol des cultures, éliminant ainsi le coût des engrais organiques.
- L'eau fertilisée de l'étang est utilisée pour arroser les plantes ; il améliore le rendement des productions agricoles ;
- Les sous-produits des fruits et des légumes sont réutilisés comme aliment de complément pour le poisson.
- Les plantes sur les digues de l'étang permettent sa consolidation.

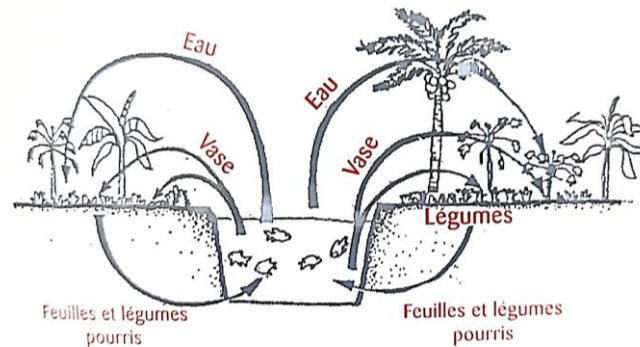


Figure 8: Système horticulture –poisson [2]

I.2.2.2. Systèmes intégrés animal-poisson

Il comprend l'utilisation de déchets issus de la production de bétail et/ou volaille dans l'alimentation de poisson [2]. Il existe plusieurs systèmes qui sont présentés ci-dessous.

▪ Système intégré poisson-canard

Cette pratique permet la valorisation de l'aliment distribué au canard, puisque l'alimentation rejetée directement dans l'étang et non digérée par les canards sert de fertilisant (Figure 9). Ce système permet d'éviter le gaspillage alimentaire, car ce qui n'est pas transformé en « protéine canard » l'est en « protéine poisson » directement ou indirectement [1].

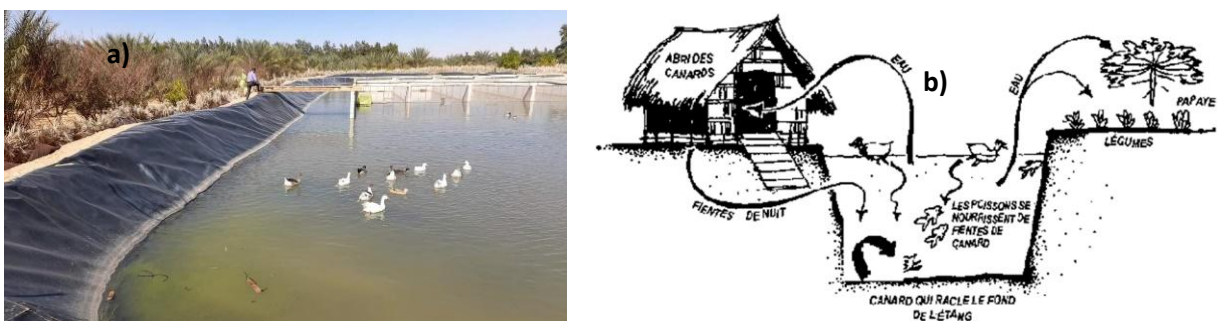


Figure 9: a) Exemple de l'intégration canard-poisson en étang piscicole appliquée en Algérie b) Interactions du système canardière-pisciculture [1].

Dans les pays asiatiques, les canardières sont appliquées en deux manières (Figure 10):

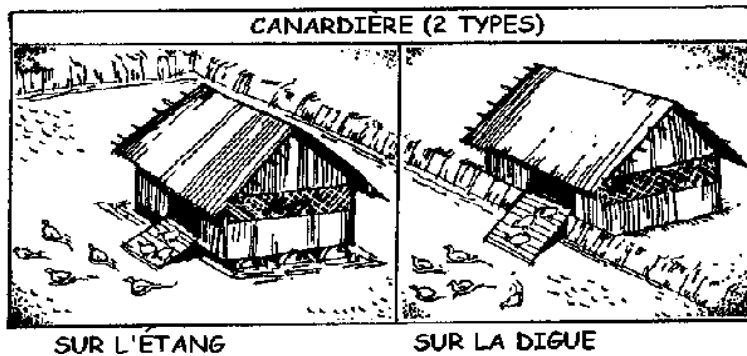


Figure 10: Méthodes de disposition des canardières [1]

▪ Système intégré poules-poisson

La pisciculture peut être intégrée à l'élevage des poules (poulets de chair ou poulets pondeuses), afin de réduire le coût des engrais et des aliments en pisciculture et maximiser les bénéfices [1].

I.2.2.3. Systèmes intégrés mixtes

▪ Système de culture VAC dans le nord du Viet Nam

Le mot VAC signifie (Jardin/étang/enclos pour les animaux). Selon FAO (2003), ce système vise à augmenter et à stabiliser le niveau alimentaire des paysans pauvres, surtout dans les villages isolés des régions montagneuses (Figure 11). Ce système se caractérise par :

- Il est géré au niveau familial, presque toute la main d'œuvre provenant du ménage.
- Les étangs sont construits en premier lieu pour rehausser le terrain pour la maison et le jardin.
- Eau issues de l'élevage piscicole est réutilisée pour les besoins domestiques et pour produire les plantes aquatiques destinées à l'alimentation des porcs.
- Fumier provenant des porcs et des autres animaux est réutilisé pour les cultures, surtout celle de riz.
- Déchets issues de l'élevage des animaux sont utilisés pour la fertilisation des étangs piscicoles.
- La vase de l'étang est prélevée pour fertiliser les arbres ; le fumier du bétail est utilisé pour fertiliser les légumes, et l'eau de l'étang pour irriguer le jardin, en particulier les légumes.

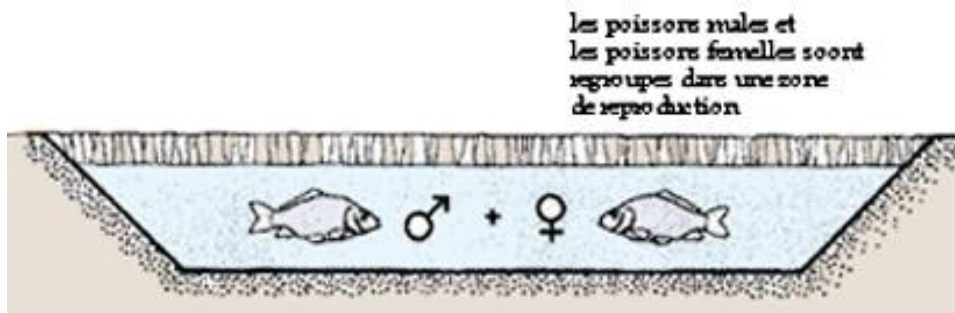


Figure 12: Méthode de reproduction naturelle dans un étang piscicole [23].

b) Reproduction naturelle aménagée

Cette technique constitue une version optimisée de la reproduction naturelle dans les milieux sauvages, car la reproduction réussie de certaines espèces exige parfois des modifications du milieu ambiant à titre d'exemple :

- ✓ Nouvel approvisionnement en eau dans le cas du poisson-chat africain;
- ✓ Présence d'une végétation herbeuse utilisée comme collecteur d'oeufs dans le cas de la carpe commune ;
- ✓ Mise en place de nids artificiels dans le cas des poisson-chat américain et européen (figure 13).



Figure 13: Exemples de nids utilisés par les poissons

Ce mode de reproduction se fait en quatre étapes [5]

- Préparation de l'étang où on doit mettre les géniteurs
- Déposer un support de ponte « un nid ou frayère »
- Vérification de la ponte
- Prendre soin des nouvelles larves (nursérie).

Cette technique de reproduction se fait à l'aide de peu de moyens humains et techniques pour produire des espèces destinés au repeuplement des milieux naturels comme les lacs et les barrages [7]. La reproduction aménagée se pratique dans un milieu semi-naturel favorable à la fraie ainsi qu'à la survie et à la croissance des alevins. Généralement, il s'agit d'étangs vidangeables de faible superficie, pourvus d'une végétation herbacée avec un niveau d'eau

stable. Dans ce type d'étang, on introduit les géniteurs, quelque temps avant le début de la période de reproduction, ainsi que du poisson-fourrage de taille adéquate [8] [9]. La figure 14 illustre les principales étapes de la reproduction aménagée pratiquée en France [9].

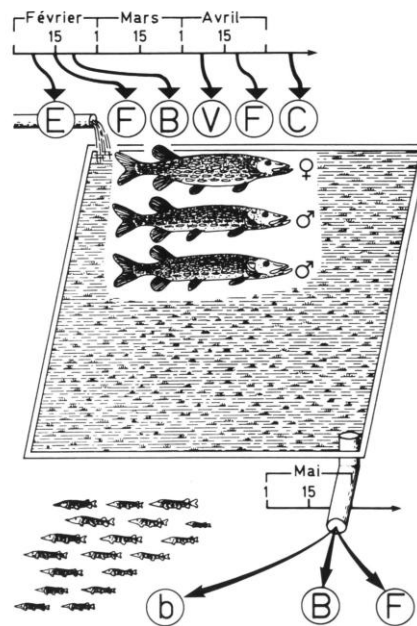


Figure 14 : Reproduction aménagée de poissons Brochetons [9]

E : mise en eau ; F : poisson fourrage ; B : brochets reproducteurs ; V : Vérification de la reproduction ; C : Control de la croissance ; b : Brochets

c) Reproduction Semi-naturelle

En générale, les poissons femelles reçoivent initialement une injection de produits chimiques, par exemple d'extrait de glande pituitaire, qui déclenche le processus de reproduction. Les males et les femelles sont ensuite rassemblés dans une zone de ponte préalablement préparée comme un petit étang herbeux ou un enclos (Figure 15). Les oeufs fertilisés sont généralement recueillis puis élevés dans des conditions privilégiées, naturelles ou artificielles [23].

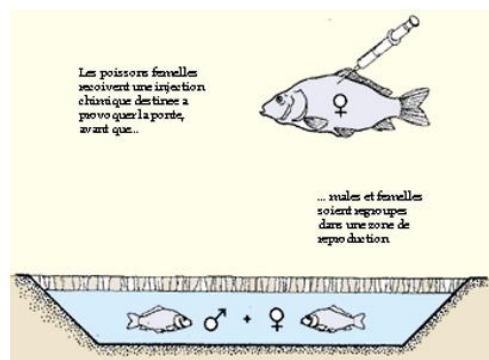


Figure 15: Principe de la reproduction semi naturelle dans un étang piscicole [23]

d) Reproduction artificielle

La reproduction artificielle permet de fournir des grandes quantité d'alevins sur toute l'année et elle rend possible l'introduction de nouvelles espèces [23]. Cette méthode assure à l'incubation et l'éclosion des oeufs ainsi qu'à l'élevage des larves d'excellentes conditions de protection, indépendamment de l'environnement. Les femelles reçoivent une ou plusieurs injections de substances chimiques, destinées à contrôler la maturation finale des œufs au repos dans les ovaires. Dès que ces œufs sont matures, ils sont extraits du corps des femelles. Les males reçoivent aussi habituellement une injection [24]. Les œufs sont fertilisés artificiellement avec le sperme des males et élevés dans des conditions contrôlées (Figure 16).

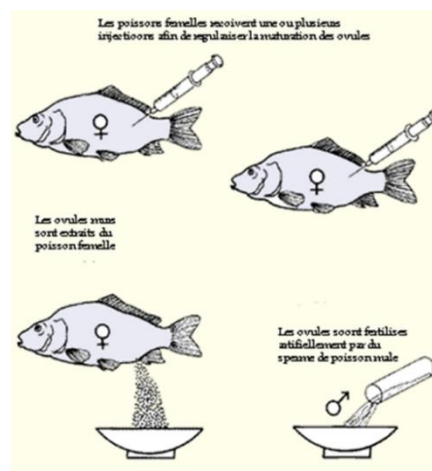


Figure 16: Principe de la reproduction artificielle des poissons [23]

Nous décrivons ci-dessous, les principales étapes de la reproduction artificielle de la carpe [5]

▪ Sélection et conditionnement des géniteurs

Les carpes de 3 à 4 kg , les sexes sont séparés et la distribution d'un aliment complet. En vérifiant la photopériode et la température optimale de la reproduction.

▪ Ovulation

La température est maintenu à 20°C et l'ovulation de la femelle est provoquée par injection hormonale intrapéritonéale.

▪ Hypophysation

Administration de la poudre hypophysaire en deux fois, avec 12h d'intervalle

▪ Récupération des ovules et des spermes

La femelle et le male sont séchées avec un linge pour récupérer les ovules et les spermes respectivement par stripping

Chapitre I : Principes de la pisciculture intégrée

Mélanger à sec les ovules et les spermes. Après 5 minutes, on utilise une solution fécondante pour déclencher les spermatozoïdes.

Utiliser une solution antiadhésive pour éviter que les œufs s'adhèrent entre eux.

▪ Collecte des œufs et incubation

Utilisation de la bouteille de Zoug remplie au tiers par les œufs, maintenue avec une température de 20°C. Cette opération dure 3 jours.

▪ Eclosion

Après éclosion, les vésicules sont récupérées par surverse

Le tableau 3 représente les différences entre les modes de reproduction de poisson [10]

Tableau 3 : Comparaison entre reproduction artificielle et aménagée [10] [11]

Reproduction artificielle	Reproduction naturelle aménagée
<ul style="list-style-type: none"> - Géniteurs marqués et sélectionnés. - Sexes séparés. - Fertilisation des étangs de stockage des géniteurs ; nourrissage au granulé qui contient plus de 40% de protéines et alimentation abondante en eau. - Pas d'étang de pose et d'incubation, car c'est fait au laboratoire. - Température de l'eau en laboratoire est contrôlée (l'hypophysation à la résorption vitelline). - Avec hypophysation - Fécondation artificielle - Incubation en utilisant la bouteille de Zoug - Utilisation d'un traitement contre parasites. - Œufs fertiles éclos : 90 – 95 % - Superficie de l'étang moyenne - Préparation des étangs fertilisés aux fumures organiques et minérale - Utilisation de l'aliment complet 	<ul style="list-style-type: none"> - Géniteurs marqués et sélectionnés. - Sexes séparés. - Fertilisation des étangs de stockage des géniteurs et nourrissage à la provende pulvérulente qui contient 13% de protéines. - Préparation Etangs de pose et étangs d'incubation. - Température de l'eau incontrôlable (Dépend de la température ambiante de l'eau d'alimentation). - Sans hypophysation - Fécondation naturelle - Utilisation des frayères - Aucun traitement contre parasites. - Œufs fertiles éclos : 40 – 60 % - Superficie de l'étang grande - Préparation des étangs fertilisés aux fumures organiques et minérale - Utilisation de l'aliment de complément

Le tableau 4 représente l'importance des facteurs environnementaux en fonction des modes de reproductions.

Tableau 4 : Importance relative des facteurs environnementaux pour la reproduction des espèces dulcicoles [23]

Facteurs	Reproduction naturelle	Reproduction semi-naturelle	Reproduction artificielle
Température de l'eau	Très importante	Très importante	Très importante
Oxygène dissous	Très important	Très important	Très important
Lumière	Moins importante	Faible importance	-
Présence de mâles	Très importante	Importante	-
Présence des végétaux	Faible importance	Importante	-
Injection de substances chimiques	-	Importante	Très importante

Chapitre II. Préparation des étangs piscicoles

Dans ce chapitre, nous présentons les principales méthodes de fertilisation et d'amendement des étangs piscicoles.

II.1. Fertilisation des étangs piscicoles

C'est l'action de fertiliser. Elle vise à apporter des nutriments à travers l'utilisation des engrais pour assurer le développement des plantes (sol) phytoplancton (étang). La fertilisation vise à améliorer la composition minérale du sol ou de l'eau en apportant les sels nutritifs pour avoir une croissance importante de la végétation.

II.1.1. Définition des fertilisants (engrais)

Les fertilisants sont des substances naturelles ou synthétiques utilisées dans les étangs/ sol pour augmenter la production et améliorer les rendements [24]. Dans les étangs piscicoles, les fertilisants sont utilisés pour plusieurs raisons :

- Augmenter la densité des espèces vivantes qui seront par la suite consommées par les poissons. Ces organismes sont notamment le phytoplancton, le zooplancton et les insectes .
- Améliorer la disponibilité des sels nutritifs qui stimulent le développement du phytoplancton et des algues qui servent par la suite comme nourriture de nombreux poissons (Figure 17).
- Favoriser l'élevage des poissons qui se nourrissent d'algues, notamment la carpe argentée chinoise et le tilapia du Nil.

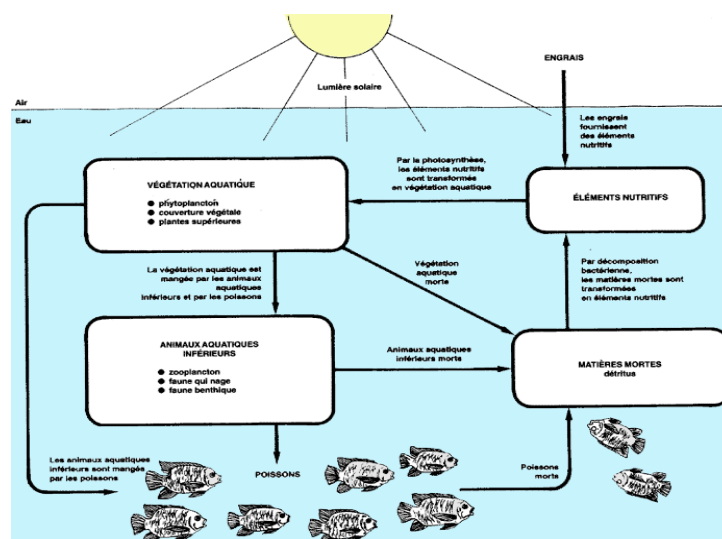


Figure 17: Rôle de la fertilisation dans les étangs piscicoles [24]

II.1.2. Typologie des engrais

Il existe deux types de fertilisant qui sont appliqués dans les étangs piscicoles

II.1.2.1. Engrais organiques

Ils contiennent un mélange de matières organiques et des sels minéraux qui sont générées localement sous forme de déchets provenant d'animaux de ferme ou de déchets agricoles [24]. L'étang est considéré possède une grande capacité pour transformer les déchets organiques non assimilables en protéine de poisson. L'application de ce type d'engrais est plus complexe que les engrais inorganiques, mais elle reste sans aucun cas le procédé le plus efficace pour augmenter la bio-productivité des étangs piscicoles.

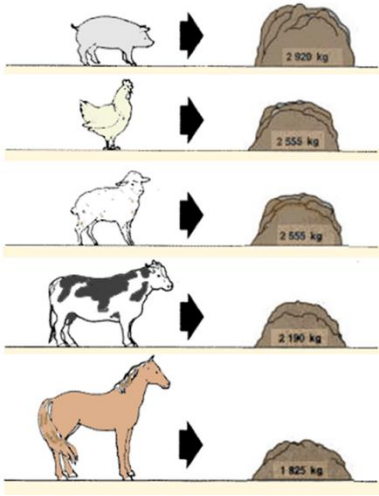

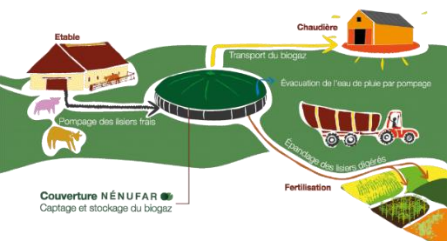


La fertilisation organique des étangs est considérée comme un apport de fumier ou de lisier pour enrichir le milieu en azote et en phosphore issus de leur composition sous l'action de certaines bactéries. Cette fertilisation a un effet plus étalé dans le temps et favorise le développement du zooplancton. Les engrais organiques se décomposent en dégageant de l'azote du phosphore et de potassium qui sont utilisés par le phytoplancton par sa croissance et sa multiplication [24].

Le fumier organique fournit un substrat aux bactéries en consommant de l'oxygène et ils contribuent à la chaîne alimentaire du poisson [12]. Il permet d'apporter de la matière organique décomposée et des bactéries. Ces dernières sont une source d'alimentation directe pour les rotifères et les ciliés. Le fumier et lisier permettent la prolifération de rotifères et des cladocères et n'influent que secondairement sur le phytoplancton par la présence des minéraux comme C, N, P et Potassium.

a) Typologie des fertilisants organiques

D'une manière générale, tous les déchets agricoles peuvent être utilisés comme engrais organiques, il existe différentes sortes d'engrais organiques et les plus courants sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Types des engrais organiques [24]

Engrais organique	Exemple
<ul style="list-style-type: none"> • Fumier est essentiellement solide constitué de déjections et de litière en grande quantité. Il provient le plus souvent des animaux de la ferme volaille, bovins, etc.. • Purin désigne à l'origine les déchets liquides produits par les animaux de la ferme, essentiellement de l'urine. • Lisier est un mélange de déjections d'animaux d'élevage et d'eau dans lequel domine l'élément liquide. 	
<p>Déchets d'abattoir</p>	
<p>Lisier du biogaz</p>	
<p>Fermentation du manioc¹</p>	
<p>Végétation naturelle Jacinthe d'eau</p>	<p>Voir la section I.2.2.1.</p>
<p>Compost Il est constitué par un mélange de diverses sortes de matières organiques.</p>	

La meilleure composition nutritionnelle (azote, phosphore et potassium) est celle du fumier de volaille, suivie, en ordre décroissant, par le fumier de canard et de vache [2].

¹ Manioc est une espèce de plantes dicotylédones de la famille des *Euphorbiaceae*, originaire d'Amérique centrale et d'Amérique du Sud

Les résidus des végétaux ne peuvent pas être directement consommés par les poissons, il peut servir d'engrais après avoir été composté [2].

b) Composition des engrais organiques

Les engrais organiques est un mélange entre les minéraux, matière organique et matière sèche.

Les proportions de chaque matière est variable et elle indiquée dans le tableau 6.

Tableau 6 : Composition des différents types de l'engrais organique [24]

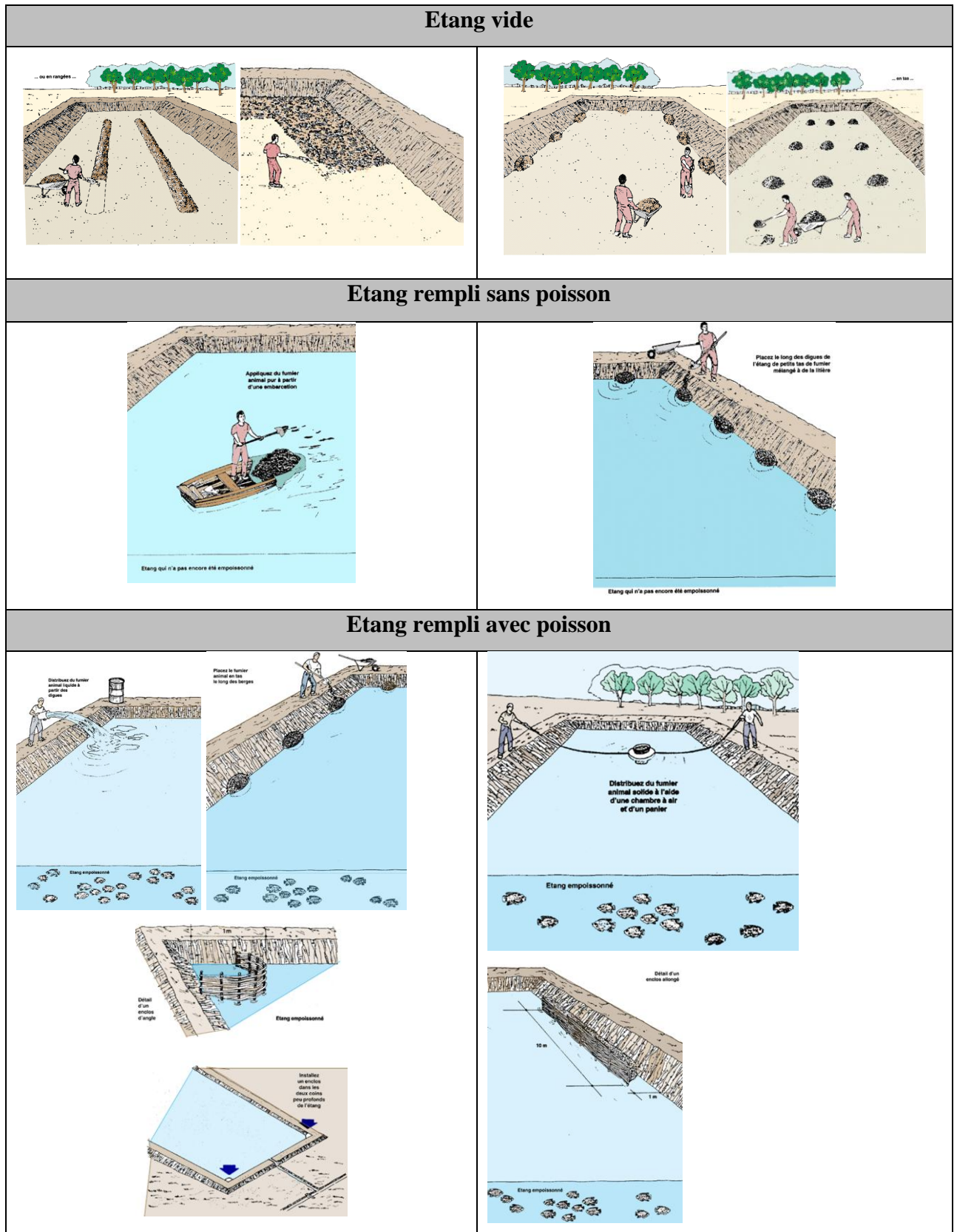
Nature de fertilisant	Espèce	Teneur en minéraux (unité/ t)	Teneur MS (%)	Teneur en MO (%)
Fumier	Bovins	N 5 P ₂ O ₅ 2,7 à 3,5 K ₂ O 8,5	25	19
	Ovins	N 5 à 6 P ₂ O ₅ 4 à 4,5 K ₂ O 11 à 12	28 à 30	21 à 26
	Volaille	N 11,5 P ₂ O ₅ 14 K ₂ O 8	32	-
Lisier	Bovins	N 5 P ₂ O ₅ 3 K ₂ O 2,5	15	-
	Ovins	N 10,5 P ₂ O ₅ 7 K ₂ O 13	15	-
	Volaille	N 30 P ₂ O ₅ 29 K ₂ O 8,5	33	18
Purin bovin		N 1 P ₂ O ₅ 0,2 K ₂ O 3	1	-

c) Méthode et conditions d'application

La fertilisation organique nécessite des mesures préventives afin de protéger l'étang. Donc il faut respecter certaines conditions comme :

- Ne pas fertiliser lorsque la profondeur de Secchi est inférieure à 25 cm [12].
- Première application deux semaines avant le stockage des poissons
- Eviter à fertiliser à intervalle irrégulier
- Les engrais organiques peuvent être associés aux engrais chimiques. Si l'étang est turbide, ajouter du fumier qui précipitera les particules de terre en suspension et augmentera la photosynthèse.

Tableau 7 : Différentes méthodes d'application des engrais organiques en étang [24].



II.1.2.2. Engrais minéraux (inorganiques)

Elle consiste en un apport d'engrais du même type que celui utilisé en agriculture afin d'augmenter la productivité de l'étang. La fertilisation minérale stimule le développement du phytoplancton qui est à la base de la chaîne alimentaire de l'étang. Les engrais riches en phosphore sont particulièrement efficaces pour la production de phytoplancton dans l'étang d'eau douce. L'azote peut être apporté sous forme ammo-nitrates et le phosphore par des superphosphates, mais il est préférable d'apporter simultanément les deux éléments l'azote et le phosphate avec des proportions relativement optimales. Les apports importants en mauvaise période, forte température peuvent provoquer des surproductions de phytoplancton qui peuvent être préjudiciable.

a) Composition chimique des engrais inorganiques

Les engrais inorganiques sont composés en 3 sortes d'élément :

- **Des éléments nutritifs primaires** : azote (N), phosphore (P) et potassium (K);
- **Des éléments nutritifs secondaires** : calcium, magnésium et soufre ;
- **Des oligo-éléments** qui sont présents avec des teneurs faibles comme le manganèse, le zinc, le cuivre et le fer.

b) Typologie des engrais minéraux

Toutefois, ces engrais ne sont désignés qu'en fonction des *éléments nutritifs primaires* qu'ils contiennent.

a) Les engrais qui ne contiennent *qu'un ou parfois deux éléments nutritifs primaires* conservent leur nom chimique, par exemple superphosphate (P) ou phosphate d'ammonium (N + P).

b) Ceux qui comportent *deux ou trois éléments nutritifs primaires*, appelés *engrais mixtes*, sont désignés en fonction de leur *niveau NPK*, c'est-à-dire leur pourcentage en poids des trois éléments nutritifs primaires ;

- *Azote (N)* en tant qu'azote pur ;
- *Phosphore (P)*, en tant qu'équivalent d'acide phosphorique $P_2 O_5$;
- *Potassium (K)*, en tant qu'équivalent de potasse K_2O .

c) Méthodes d'application des engrais inorganiques

Il existe 3 méthodes d'application des engrais inorganiques, deux méthodes (plateforme et sec) sont spécifiques pour les engrais solides et une méthode de dissolution pour les engrais en poudre [12]

▪ Méthode de la plateforme

Elle est utilisée pour les engrais solides. L'engrais est déposé sur une plateforme en bois construite à 30 cm sous la surface de l'eau. Cette méthode ne permet pas une répartition homogène de l'engrais dans tout le volume d'eau de l'étang [12].

▪ Méthode du sac

Elle est utilisée pour les engrais solides. Des sacs en nylon ou en toile remplis d'engrais sont fixés à des pieux sous la surface de l'eau. Cette méthode convient aux petits étangs (moins d'un hectare) [12].

▪ Méthode de dissolution « Engrais liquide »

La quantité d'engrais nécessaire peut être dissoutes dans l'eau et pulvérisée sur la surface de l'étang. Cette méthode permet d'obtenir une action rapide sur le phytoplancton [12].

Des apports trop importants ou à mauvaise période (été) peuvent provoquer des surproductions de phytoplancton qui peuvent être préjudiciable à la ressource en O₂ [12].

Tableau 8 : Conditions d'application des engrais inorganiques [12]

Critères de décision	Quoi et combien ?				Quand et comment ?
	Nature	Quantité totale	Quantité /apport	Fréquence	
Vérifier la Transparence de disque de Secchi	Super phosphate	150 à 200 kg/ha/an	30 à 40 kg	1 fois/mois	Entre avril mai et fin juin plus d'apport à partir de juillet
	18/46/0	60 à 80 kg/ha/an	15 à 20 kg	1 fois/mois	
	14/48/0	40 à 80 l/ha/an	154 l	Toutes les 3 semaines	
	Scories	150 à 300 kg/ha/an	150 à 3000kg	En une fois	
	Ammo-nitrates		25 à 35 kg	1 fois/mois	
	39/0/0		20 à 30 l	Toutes les 3 semaines	

Le tableau 9 représente les principales différences entre les engrais organiques et minéraux selon plusieurs critères.

Tableau 9 : Comparaison entre engrais organiques et engrais inorganiques [24]

Critères	Engrais organiques	Engrais inorganiques
Stockage	Difficile	Facile et pour des longues périodes
Distribution	Difficile	Facile
Teneur en minéraux	Variable et faible	Elevé
Matières organiques	Présente	Absente
Effet sur la structure du sol	Amélioration	Sans effet
Alimentation directe du poisson	Oui	Non
Processus de décomposition	Oui avec consommation d'oxygène	Non
Prix	Bas à moyen	Elevé à très élevé
Fertilisation directe	Possible	Impossible

II.1.2. Amendement des étangs piscicoles

Ce terme désigne le travail et l'amélioration des propriétés physiques, chimiques et biologiques de la terre ou l'eau, en utilisant des produits chimiques [12]. Un amendement comprend aussi des minéraux nécessaires à la croissance des plantes, mais en moindre concentration qu'un engrais. L'amendement peut se faire à travers le chaulage des étangs piscicoles.

II.1.2.1. Définition du chaulage

Il consiste en un apport de calcaire ou de chaux. Ces deux produits apportent sensiblement les mêmes éléments de base. La chaux sera plus concentrée que le calcaire et plus soluble ; elle agit donc rapidement (quelques heures à quelques jours) alors que le calcaire qui se dissout progressivement sera actif sur plusieurs mois [12]. Le chaulage a deux fonctions principales ; Augmenter et stabiliser le pH en apportant des bases et augmenter la productivité de l'étang. Mais, le chaulage possède beaucoup d'autres applications comme [12] :

- Désinfection du sédiment lorsqu'il est apporté sous forme de chaux vive sur un étang sec.
- Traitement de certains parasites cutanés comme le pou de la carpe en pleine eau sous forme de chaux vive à raison de 150kg/ha.
- Eclairer l'eau turbide.
- Réduction de la matière organique contenue dans le sédiment (boue) en stimulant l'activité bactérienne (les bactéries assurant la décomposition de la matière organique sont d'autant plus efficaces que le pH de la vase est proche de la neutralité.

Un chaulage présente un grand intérêt dans la stimulation de la productivité en stabilisant le pH et en favorisant le relargage de nutriments issus de la décomposition de la matière organique. En revanche, deux problèmes se posent lors de la réalisation de cette opération [12] :

- Sa mise en œuvre nécessite des moyens matériels et humains.
- Son cout par rapport au gain de la productivité apporté.

II.1.2.2. Produits utilisés

Trois produits chimiques de base sont utilisés pour chauler les étangs piscicoles [24] :

- ✓ Carbonate de calcium (CaCO_3) ;
- ✓ Hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ou chaux hydratée ;
- ✓ Oxyde de calcium (CaO) ou chaux vive.

II.1.2.3. Conditions de chaulage

Le chaulage des étangs n'est pas toujours nécessaire. Dans certaines conditions, il peut être considérée comme un gaspillage d'argent, mais aussi s'avérer des effets néfastes sur la santé des poissons en élevage. Le chaulage est justifié dans les cas suivant :

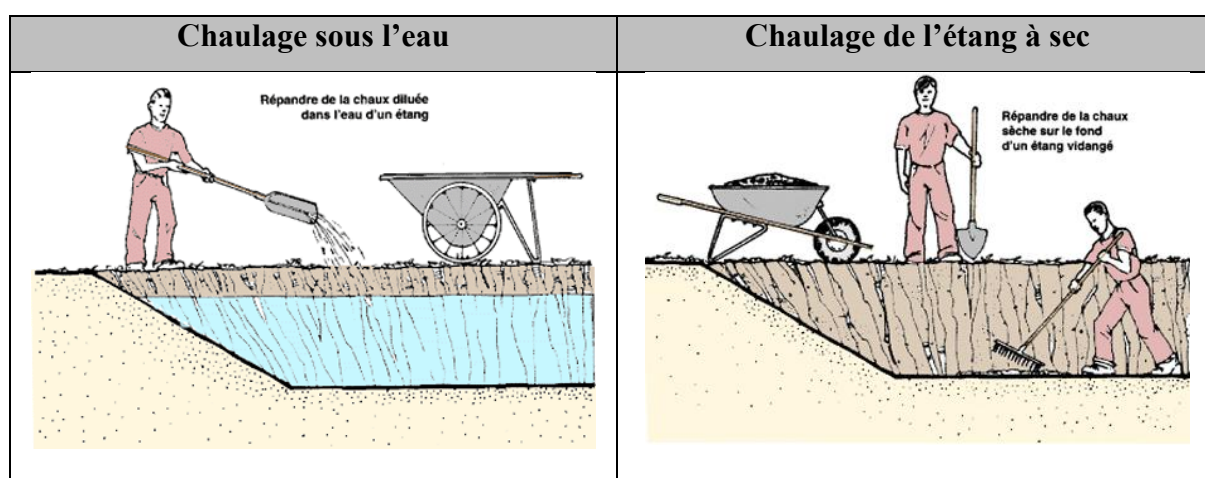
- le pH du fond de l'étang est inférieur à 6,5.
- Le fond de l'étang est très vaseux, le chaulage améliorera les conditions du sédiment du fond.
- Désinfecter l'eau et le fond de l'étang afin d'éviter la propagation des maladies, en particulier dans les étangs vidangés.
- La quantité de matières organiques est trop élevée.
- Alcalinité totale de l'eau est inférieure à 25 mg/l CaCO_3 .
- Lorsque le pH de l'eau de l'étang en fin de journée est faible.

Tableau 10 : Conditions de chaulage de l'étang en fonction du pH de l'eau [24]

pH	Action
< 5,5	Obligatoire
5,5-6,5	Nécessaire pour augmenter le pH et l'alcalinité
6,5-8,5	Eventuellement pour augmenter l'alcalinité
>8,5	Pas de chaulage, car c'est dangereux

Le chaulage de l'étang peut se faire lorsque l'étang est sec ou bien lorsqu'est rempli ou bien l'épandage se fait par la chaux diluée.

Tableau 11 : Méthode d'application de la chaux dans les étangs aquacole [24]



II.2. Mise en eau

L'empoisonnement des étangs prend en considération plusieurs aspects technico-économiques et aussi commerciales. L'empoisonnement dans les étangs peut être mono ou polyculture, mais généralement, la polyculture est encouragé, car elle permet de tirer parti au mieux du potentiel trophique de l'étang. Elle permet également de limiter le risque sur la production , en se basant sur la réussite de plusieurs espèces [5].

Tableau 12: Exemple d'empoisonnement des étangs (en %de biomasse) en polyculture [5]

Petit étang (surface <1ha)	Grand étang (surface >1ha)
50% Goujons de toutes tailles	45% Gardons
50% Gardons de toutes tailles	30% Carpes
	20% tanches
	5% brochets

Les considérations technico-économiques pour l'empoissonnement des étang en polyculture sont les suivants [5]:

- L'empoissonnement doit être réalisé avec des animaux sains.
- Conserver une partie de poisson pour le repeuplement.
- Vérification de la densité de poisson dans l'étang. Elle est en relation avec l'espèce et son comportement. Puis, quand les poissons herbivores arriveront à une taille leur permettant de se reproduire, on mettra quelques prédateurs pour contrôler la reproduction et limiter au possible la présence d'un trop grand nombre d'alevins [12]. La figure 18 démontre la relation entre la densité de poisson et plusieurs facteurs à savoir le taux de croissance, le rendement.

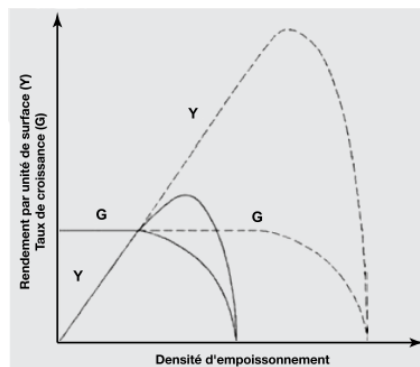


Figure 18: Relations entre la densité d'empoissonnement, le taux de croissance instantané (G) et le rendement instantané par unité de surface (Y) avec (pointillé) et sans alimentation complémentaire (trait plein) [13].

La quantité de mise en charge varie considérablement en fonction de plusieurs critères à savoir la dimension de l'étang, l'alimentation disponible, les espèces considérées pour l'élevage, etc... Plus le potentiel trophique endogène est exogène est important plus la quantité de poissons diversifiée est importante à condition que les poissons introduites utilisent toutes les ressources disponibles. Dans le cas d'un étang à vocation halieutique, la mise en charge peut atteindre 200kg à 500kg/ha. Il faut exploiter les deux principales ressources trophiques de l'étang, à savoir le zooplancton et également le benthos. Donc, on introduit systématiquement au moins un espèce de fond (carpe ou tanche) ainsi que un espèce pélagique (gardon). Cependant, l'élevage des géniteurs en parallèle avec les alevins assure le renouvellement du cheptel et évite les aléas liés à la production d'une catégories de poissons. Généralement, les trois Cyprinidés sont la carpe, la tanche et le gardon constituent environ 90% de l'empoissonnement [24].

Tableau 13 : Caractéristiques des espèces utilisées en polyculture dans les étangs piscicoles [5]

Espèce	Rôle	Valeur économique
Carpe	Herbivore Appelée feuille Son caractère fouisseur permet l'aération de l'étang et la remise en suspension du sédiment	Faible
Tanche	Regime alimentaire comparable que la carpe Substituant important de la carpe	Double que la carpe
Gardon	Poisson fourrage surtout pour le peuplement des carnassiers. Planctonophage Il complète l'élevage de la carpe et le tanche	Faible
Brochet	Il se tiens sur les bordures de l'étang et des abris	Faible
Sandre	Il demande des étangs grands	Grande

II.3. Culture des Rotifères

II.3.1. Généralités sur les rotifères

Les rotifères sont des animaux aquatiques microscopiques du phylum *Rotifera*, généralement plus petits que 1mm (Figure 19). On les retrouve dans n'importe quel plan d'eau, mais aussi dans les mousses, les lichens et le sol. Les rotifères constituent un excellent aliment vivant pour les poissons et autres animaux aquatiques [14]. Le groupe des rotifères comprend environ 1200 espèces. En aquaculture, deux espèces sont considérées comme une alimentation vivante et intéressante ; il s'agit de *Branchionus plicatilis* pour l'élevage marin et *Branchionus calyciflorus* pour l'élevage en eau douce [5]. Du point de vue morphologique, on distingue trois parties ; la tête, le tronc, le pied [15].



Figure 19 : Morphologie des rotifères [25].

- La tête comporte une couronne ciliaire, elle se compose d'une plaque buccale et d'une ceinture. Cet appareil ciliaire sert à la fois à la mobilité de l'animal et à la création de courants véhiculant alimentation vers la bouche [16].
- Le tronc est de nature protéique et non chitineuse. Il est souvent mince et souple mais peut, chez quelques espèces, s'épaissir et former une carapace parfois indéformable. Cette lorica est quelquefois pourvue d'ornementations spécifiques (stries, protubérances, etc....) ou d'appendices cuticulaires (épines, soies...) dont la longueur dépend, le plus souvent, de facteurs écologiques (*Brachionus*) (Figure 20) [16].
- Le pied est un prolongement du tronc qui se termine généralement par deux orteils chez les *Pseudotroques*. Les deux glandes pédieuses sécrètent une substance adhésive permettant à l'animal de se fixer temporairement ou définitivement à un support [16].

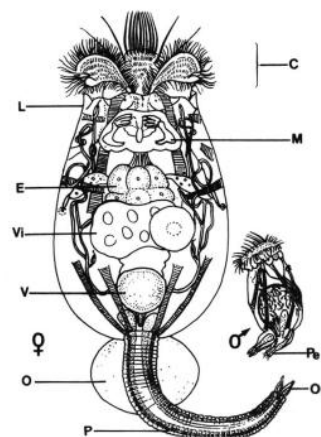


Figure 20: Morphologie de mal et femelle de *Brachionus plicatilis* [16]

C : Couronne, E : Estomac, L : lorica, M : Mastax, O : Œuf, P : Pied, Pe : Pénis, V : vessie, Vi : vitellogène

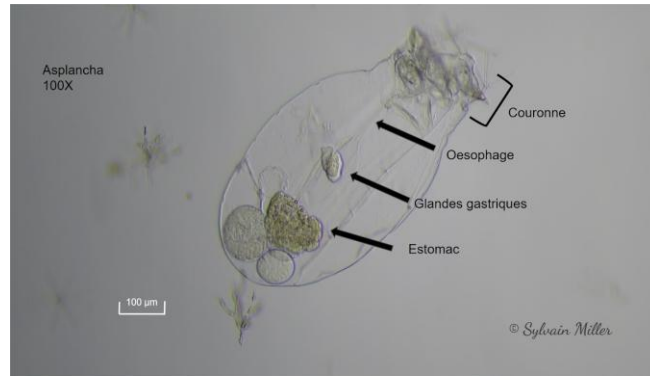


Figure 21: Anatomie interne des rotières [25].

En aquaculture, une classification simple est utilisée, basée sur deux morphotypes différents, à savoir *Brachionus rotundiformis* ou petits rotifères (type S) et *Brachionus plicatilis* ou grands rotifères (type L) [15]. Les différences entre les deux types se distinguent clairement par leurs caractéristiques morphologiques : la longueur de la lorique du type L allant de 130 à 340 µm (moyenne 239 µm) et du type S allant de 100 à 210 µm (moyenne 160 µm). De plus, la lorique du type S présente des épines pointues, tandis que celle du type L présente des épines obtuses (Figure 22).

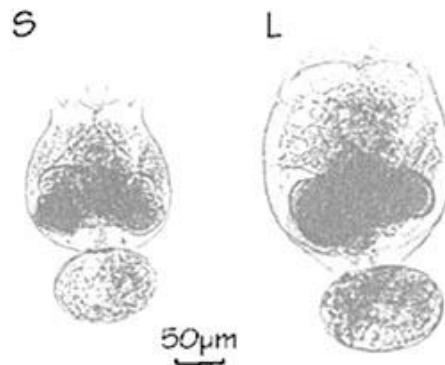


Figure 22: *Brachionus rotundiformis* (S-type) and *Brachionus plicatilis* (L-type) (modifié depuis Fu et al., 1991 in [15])

II.3.2. Reproduction de rotifère

Le cycle de vie de *Brachionus plicatilis* suit deux modes de reproduction (Figure 23) : la reproduction asexuée et la reproduction sexuée [5][15].

a) Reproduction asexuée

- Les femelles se reproduisent par parthénogenèse, c'est-à-dire sans intervention de mâles.

- Une femelle amictique produit des œufs amictiques (œufs non fécondables) par mitose. Ces œufs, à coquille mince et de type diploïde, donnent naissance à d'autres femelles génétiquement identiques (clonage).
- Ce mode de reproduction se développe lorsque les conditions environnementales sont favorables.

b) Reproduction sexuée :

La reproduction sexuée est déclenchée lorsque les conditions sont défavorables (stress environnemental, surpopulation, etc.). Elle implique deux types d'œufs produits par les femelles amictiques [5][15] :

- ✓ Sans fécondation : les œufs mictiques, de type haploïde, se développent par parthénogénèse pour donner naissance à des mâles.
- ✓ Avec fécondation : les œufs mictiques fécondés par les mâles donnent des œufs dormants ou œufs d'hiver (à coquille épaisse, très résistants).

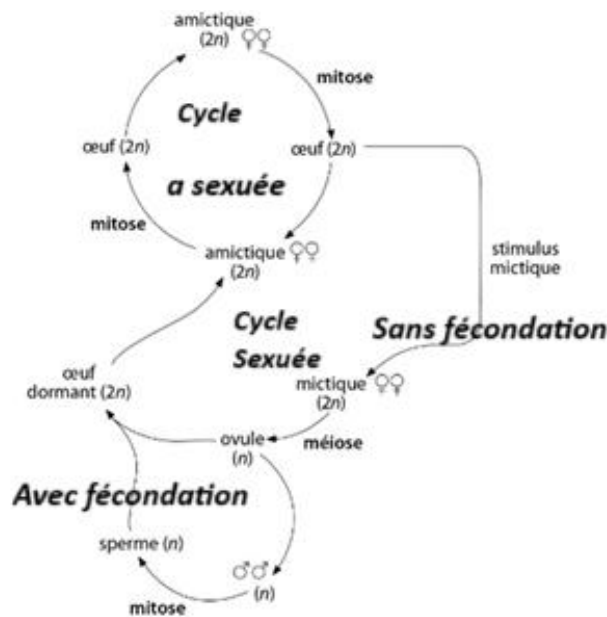


Figure 23 : Cycle de reproduction des rotifères [26].

II.3.3. Caractéristiques de la culture des rotifères

La culture des rotifères est considérée comme facile, car elle permet d'éviter divers problèmes liés à [5]:

- Qualité nutritive , étroitement dépendante de son régime alimentaire ;

Chapitre II : Préparation des étangs piscicoles

- Charge bactérienne associée (*pseudomonas*, *Vibrio*, etc...)
- Deux types de reproduction (sexuée et a sexuée)
- L'enrichissement
- Prophylaxie
- Surdimensionnement

La culture des rotifère est avantageuse pour plusieurs raisons [15] [5]:

- La durée de vie des rotifères a été estimée entre 3,4 et 4,4 jours à 25°C.
- les larves deviennent adultes au bout de 0,5 à 1,5 jours
- les femelles commencent ensuite à pondre environ toutes les quatre heures.
- la durée de vie des femelles est comprise entre 6 et 8 jours
- Adaptation à des grands intervalles d'oxygène, salinité, température d'eau et pH.
- Facilement isolée du milieu naturel.
- Un régime alimentaire varié ; microalgue, bactéries, levure.
- la période la plus productive se situe entre 1 et 4 jours de la vie de la femelle.

Les exigences écologiques des rotifères sont présentées dans le tableau 14 et 15.

Tableau 14: Conditions écologiques pour les rotifères marins *Brachionus plicatilis* [5]

Paramètre	Interval	Condition optimale
Température d'eau (°C)	Type S 25-35	Type L 18-25
Salinité (g/L)	1-60	25-35
Oxygène dissous (mg/l)	2	
pH	5-10	6,5-8,5
Photopériode	16 :8	24 :0
Alimentation	Large gamme Taille : 28µm	
Densité lumineuse (lux)	1000-2000	2000

Tableau 15: Conditions écologiques pour les rotifères d'eau douce cas de *Brachionus calyciflorus* et *Brachionus rubens* [15]

Paramètre	Interval
Température d'eau (°C)	15-31
Salinité (g/L)	
Oxygène dissous (mg/l)	>1,2
pH	6-8
Ammonium (mg/l)	< 5

II.3.4. Protocole détaillé de la culture des rotifères

Il existe deux systèmes de production des rotifères [5] ;

- Semi continu-concentration constante
- Bloom-augmentation de la concentration

Quel que soit le système de production, il faut passer par une mise en route des cultures à partir de souches de rotifère : phase de montée. Cette mise en route doit être faite régulièrement, car :

- Les élevages de rotifères sont assez instables ; mortalité soudaine, explosion bactérienne.
- La production en grand volume en réinoculant toujours avec des bacs récoltés est beaucoup trop risquée. Il est donc fortement conseillé d'avoir :
- Un stock de souche en bon état et prêt à lancer une culture de masse ;
- Deux salles de production, l'une en montée, l'autre en production.

La culture des rotifères peut se faire suivant deux échelles

- *Culture en grande échelle*

Il se fait avec de grands volumes d'eau alimenté par des régimes artificiels. Il s'appuie sur des cultures massives de rotifères pour inoculer de nouveaux réservoirs (Figure 24).

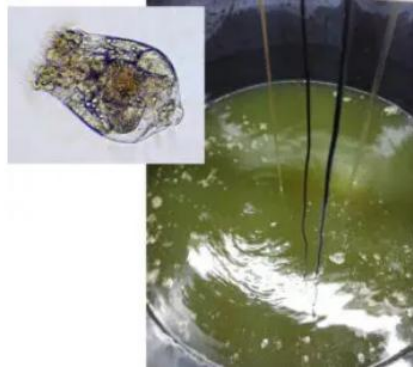


Figure 24 : Culture rotifères en bassin [27].

- **Culture en petite échelle**

Ce système permet de minimiser les risques causés par la culture à grande échelle. En effet, les petites cultures sont généralement conservées dans des flacons fermés dans une pièce isolée pour éviter toute contamination par des bactéries et/ou des ciliés [15] (Figure 25).



Figure 25 : Culture des rotifères en tubes [28].

La culture des rotifères se fait suivant plusieurs opérations qui sont décrites et résumés en quatre étapes :

- ✓ **Entretien des souches**

Les tubes contiennent quelques femelles de rotifère avec des œufs et sont maintenus à 18°C et 25‰. Un apport journalier de *Chlorella* permet leur alimentation. Ces tubes sont régulièrement repiqués et utilisés pour ensemer de plus grands volumes erlenmeyer de 500ml puis ballons de 6 ou 15L [5]. Les rotifères sont sensibles à l'ammoniac et aussi au manque d'aliments. Il faudra donc doser soigneusement la quantité de nourriture distribuée.

- ✓ **Mise en route des cultures (montée + production)**

On utilise deux ballons souches de 6L pour inoculer une poche de 400 L, avec aération, contenant au départ 50L d'eau stérile. On obtient en moyenne une concentration de 200 rot/ml

dans 400 L en un mois [5]. L'apport de nourriture se fait deux fois par jour avec du phytoplancton et la levure boulangère.

L'élevage se poursuit ensuite en grands volume dans des bacs cylindroconique. Il faut environ 1 mois pour obtenir un bac de 4,5 m³. Un suivi journalier des cultures à savoir prélèvement, observation, comptage est nécessaire [5]

✓ **Enrichissement**

Il se fait généralement dans des bacs à part, mais il peut se faire avant la récolte. Sa durée varie de 6 à 24h [5]. Il permet d'obtenir des proies de bonne valeur nutritive. Il peut se faire avec une variété de produit comme

- Phytoplancton
- Huile de foie de morue
- Extraits solubles d'algue
- Acides aminés (méthionine)
- Produits artificiels (protein selco, super selco).

✓ **Récolte**

Le volume récolté quotidiennement peut servir à démarrer une nouvelle culture. Pour récolter les rotifères, on utilise des sacs filtrant d'un maillage de 50 à 70 µm (Figure 26). Si cela n'est pas effectué dans des filtres immergés, les rotifères peuvent être endommagés et entraîner la mort. Il est donc recommandé de récolter les rotifères sous l'eau ; les rinceuses à concentration sont très pratiques à cet effet [15].

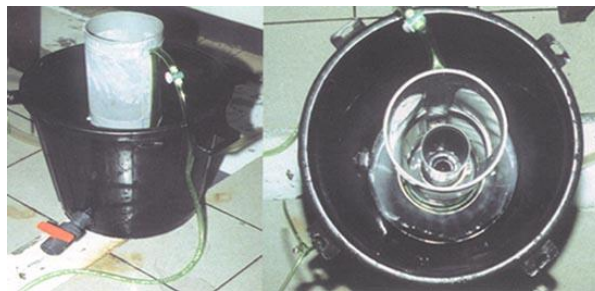


Figure 26: Matériel utilisé pour la récolte des rotifères [29].

II.4. Culture sélective et suivi des espèces de poisson introduites

La pisciculture pratiquée dans les étangs est considérée comme un élevage polyspécifique : les espèces introduites en quantités raisonnables dans le plan d'eau ont des régimes alimentaires complémentaires, en exploitant et valorisant les différentes ressources trophiques disponibles. A titre d'exemple la carpe et le tanche consomment les invertébrés sur le fond, le gardon, omnivore, vit en pleine eau, tandis que le carnivore (brochet ou sandre) présent à faible densité,

consomme une partie des juvéniles des autres espèces... ce qui favorise la croissance de la majorité des poissons chacun avec un régime alimentaire différent de l'autre. Le gestionnaire d'étangs cherche à optimiser et augmenter la production naturelle de son plan d'eau, en intervenant sur différents niveaux de la chaîne alimentaire : sur le plancton végétal, par des apports limités d'azote et de phosphore, sur le plancton animal, par des apports de matières organiques (fumier) ou directement sur le poisson en lui distribuant des aliments plus ou moins élaborés (céréales, plus rarement des granulés). En définitive, un pisciculteur gère un écosystème aquatique pour en récolter le produit final [17]. Cependant, le choix des espèces à introduire dans un étang se fait selon plusieurs critères [5]:

- Règlementaire
- Ecologique
- Exigences de l'espèce
- Type de l'étang : plaine, culture, forêt, altitude
- Commercialisation

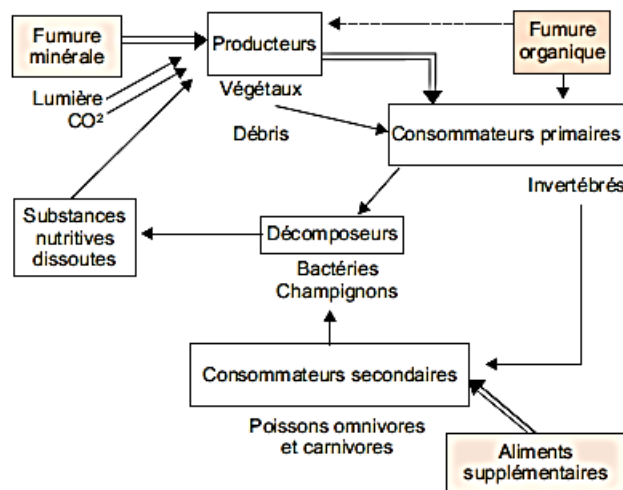


Figure 27 : Cycle biologique en étang [17]

a) Espèces traditionnelles

Il s'agit du choix le plus sage et raisonnable, il se base sur des critères techniques de production et de rentabilité connus à titre d'exemple la carpe, le brochet, le gardon [5]

b) Espèces nouvelles

L'introduction de nouvelles espèces comme écrevisse, la perche et le sandre présente un rôle crucial pour la rentabilisation de cette activité. Cette opération vise à augmenter la productivité des étangs (polyculture) et exploiter différentes niches écologiques (surface, fond, différentes sources alimentaires) [5].

c) Espèces complémentaires

Les espèces complémentaires peuvent être considérées comme les poissons fourrages ou autres afin de réguler le peuplement au niveau des étangs. Cependant, les espèces fourragères dans les étangs piscicoles sont des organismes (souvent des poissons, mais aussi des invertébrés ou des végétaux) utilisés comme nourriture naturelle pour les poissons d'intérêt commercial. Ces poissons sont souvent élevés ou introduits pour servir de nourriture aux espèces carnivores comme le brochet, le sandre ou le silure [5].

II.5. Pêche

Deux méthodes sont employées pour pêcher dans un étang. En effet, il existe des aménagements spécifiques correspondant au mode de récupération du poisson [5]. La pêche de poisson doit se faire soit à l'amont (dans l'étang) soit à l'aval (derrière la digue).

▪ Pêche en amont

Cette pêche amont consiste à récupérer le poisson dans l'étang (Figure 28). La pêche au filet est qualifiée celle de l'amont grâce à une poêle. Le poisson se concentre dans la poêle où le niveau d'eau est réduit. Généralement, le poisson se retrouve dans une zone restreinte appelée ou poêle [5]. Il existe plusieurs techniques de pêche :

- La pêche à la senne
- La pêche à la grille



Figure 28 : Pêche en amont de la digue à l'aide d'un filet [18]

▪ Pêche en aval

Cette pêche aval est réalisée grâce à un ouvrage spécifique (moine) vers la pêcherie lorsque la pêche de filet n'est pas possible. Il faut vider totalement le plan d'eau et récupérer le poisson sous la digue, en utilisant une épuisette (Figure 29). Lorsque les poissons sont rassemblés devant le système d'évacuation, les lâchers d'eau successifs depuis l'ouvrage de vidange

permettent d'évacuer ceux-ci par le tuyau de vidange . Ils arrivent dans le pêcherie aval où un tri grossier peut être réalisé grâce à la présence de plusieurs grilles [5].

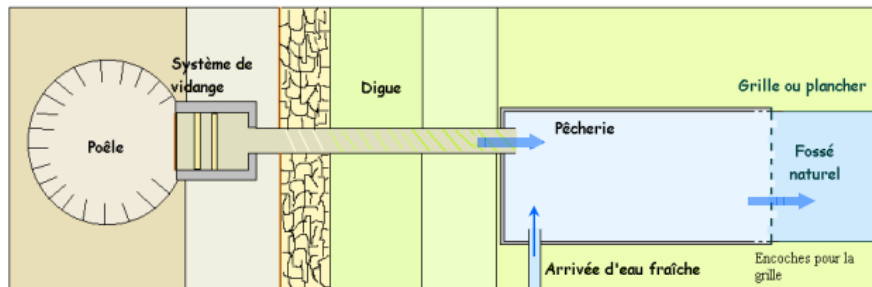


Figure 29 : Pêcherie permanente et poêle [18]

II.6. Gestion des stocks

La gestion des stocks de poissons dans les étangs piscicoles est une composante essentielle pour assurer une production durable, rentable et équilibrée. Elle prend en compte les paramètres zootechniques d'élevage représentée par le tableau 16.

Tableau 16 : Paramètres zootechniques utilisés pour la gestion des stocks de poissons dans les fermes d'élevage

Paramètre zootechnique	Formule	Référence
Biomasse initiale (kg)	$B_i = \text{poids moyen initial} * \text{nombre d'individu}$	[5] [12]
Biomasse finale (kg)	$B_f = \text{poids moyen final} * \text{nombre d'individu}$	[5] [12]
Densité initiale (kg/m ³)	$D_i = \frac{\text{Biomasse initiale}}{\text{Volume de l'étang}}$	[5] [12]
Densité finale (kg/m ³)	$D_f = \frac{\text{Biomasse finale}}{\text{Volume de l'étang}}$	[5] [12]
Indice de conversion alimentaire	$FCR = \frac{\text{quantité totale d'aliment distribué}}{\text{Biomasse finale} - \text{Biomasse initiale}}$	[20] [21]
Taux de croissance spécifique (SGR) (% jour ⁻¹)	$SGR = \frac{\ln \text{poids finale} - \ln \text{poids initiale}}{\text{Durée d'élevage}}$	[22] [23] [24]

Conclusion

Le cours de l'agrofertilisation et gestion des étangs aborde l'univers des étangs à travers différentes approches, il réunit deux intéressantes disciplines à savoir l'agronomie et l'aquaculture. Les étangs d'aquaculture constituent un environnement spécifique nécessitant des connaissances approfondies. Ce polycopié de cours constitue un fondement pour la maîtrise et la réussite de l'aquaculture intégrée en étang afin d'aider l'étudiant à maîtriser une activité aquacole rentable et durable.

Références bibliographiques

- [1] FAO. 2003. Intégration agriculture-aquaculture : Principes de base et exemples. Institut international pour la reconstruction rurale Worldfish centre. FAO document technique sur les pêches 407. Disponible en ligne <https://www.fao.org/3/y1187f/y1187f06.htm#:~:text=Les%20systèmes%20piscicoles%20intégrés%20se,connue%20depuis%20longtemps%20en%20Chine.>
- [2] MPRH. 2009. Pisciculture intégrée à l'agriculture. Ed.MPRH,11p.
- [3] Efole Ewoukem, T. 2011. Optimisation biotechnique de la pisciculture en étang dans le cadre du développement durable des Exploitations Familiales Agricoles au Cameroun. Sciences du Vivant [qbio]. Agrocampus Ouest, Français.
- [4] FAO. 2022. La Situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2022. Vers une transformation bleue. Ed.FAO. Disponible en ligne <https://doi.org/10.4060/cc0461fr>
- [5] Audebert, J.P, Bitaud, G., Borie, F.,Braud, J.P., Bregeon, C., Esbelin, R., Etchandy, C., Feigna, J., Foex, Y., Garsi, P.,Gillet, C., Gleye, D., Griot, P.,Hausard, M., Hourdequin, M., Jacquemonde, F., Lazard, J., Le Guillois, M, Lefèvre, A., Loir, M., Lucas, S., Manache, A., Mriojouls, C., Martin, J.Y., Mimosa, S., Mollo, P. 2008. Aquaculture. Ed. Vuibert, 1264p.
- [6] Bocek, A. 1992. Introduction a la rizipisciculture. International center for aquaculture and aquatic environments. Ed. Auburn university.
- [7] Manelphe, J., Bry, C.1988. Reproduction naturelle aménagée du brochet en petits étangs : aspects économiques de la production de juvéniles. Bulletin Français pour la pêche et la Pisciculture, 45-58p.
- [8] Woynarovich, E., Horváth, L. 1981. La reproduction artificielle des poissons en eau chaude : manuel de vulgarisation. FAO Doc. Tech. Pêches, (201), 191 p. Disponible en ligne <https://www.fao.org/3/AC909F/AC909F01.htm>
- [9] Gourgues Nassans, A.D.A. 1977. Une pisciculture particulière : la production de vifs en étangs.
- [10] Bry, C., Souchon, Y., Neveu, G. Production de brochetons en petits étangs par reproduction naturelle aménagée. Bulletin Français pour la Pisciculture, 59-64p.

- [11] Rabelahatra, A. 1976. À reproduction artificielle de la carpe commune a szazalombatta (hongrie). Rapport de stage. Ed. FAO. Disponible en ligne <https://www.fao.org/3/AC537F/AC537F00.htm#TOC>.
- [12] Cadieu G., Suat, J.F. 2007. Aquaculture continentale : étang mode d'emploi. Educagri, 336p.
- [13] Fermon, Y. 2006. La pisciculture de subsistance en étangs en Afrique : Manuel technique. Association de spécialistes œuvrant pour le développement et l'application des connaissances sur les poissons et les relations Homme-Nature, 274p.
- [14] Chhaba, S. G. 2022. Study on morphology and life cycle of rotifer. Advances in Animal Science Volume I.
- [15] Lavens, P., Sorgeloos, P. 1996. Annual on the production and use of live food for aquaculture. Ed. Laboratory of Aquaculture and Artemia Reference Center University of GhentGhent. Disponible en ligne <https://www.fao.org/3/w3732E/w3732e0h.htm#b1-3.5.1.%20Marine%20rotifers>.
- [16] Roger, P., Francez A.J. 1986. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises. 8 : Rotifères. In : Bulletin mensuel de la Société linnéenne de Lyon, 148-176p. Disponible en ligne https://www.persee.fr/doc/linly_0366-1326_1986_num_55_5_1076.
- [17] Barbe, J., Schlumberger O., Bouretz, N. 2000. Evaluation de la production piscicole potentielle des étangs. Ed. Ingénieries E A T, IRSTEA, 49 – 62p. <hal-00464073>
- [18] Trintignac, P., Bouin, N., Kerleo, V., Le Berre, M. 2013. Guide des bonnes pratiques pour la gestion piscicole des étangs dans les pays de Loire. Ed. Syndicat mixte pour le développement de l'aquaculture et de la pêche en pays de la Loire Smidap, 23p. Disponible en ligne <http://perso.orange.fr/smidap/>.
- [19] Gourgues Nassans, A.D. A. 2003. Une pisciculture particulière : la production de vifs en étang. Thèse doctorat. Ecole vétérinaire de Toulouse, 178p.
- [20] Bavčević, L., Klanjšček, T., Karamarko, V., Aničić, I., Legović, T. 2010. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. Aquaculture., 301: 57-63. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.009>

- [21] Parma, L., Pelusio N. F., Gisbert, E., Esteban, M.A., D'Amico, F., Soverini, M., Candela, M., Dondi, F., Gatta, P.P., Bonaldo, A. 2020. Effects of rearing density on growth, digestive conditions, welfare indicators and gut bacterial community of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L. 1758) fed different fishmeal and fish oil dietary levels. *Aquaculture.*, 518 : 734854. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734854>
- [22] Muller-Feuga, A. 1990. Modélisation de la croissance des poissons en élevage. Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER N° 21. Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00183/29428/27794> (accessed 03 May 2020).
- [23] Magnoni, J.L.; Gonçalves, O.; Cardoso, P. G.; Silva-Brito, F.; Oz'orio, R.O.A.; Mariana Palma, M. and Viegas, I. (2023). Growth performance and quality indicators of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets including refined glycerol. *Aquaculture.*, 569: 739377. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739377>
- [24] Di Marco, P.D., Petochi, T., Marino, G., Priori, A., Finioia, M.G., Tomassetti, P., Porrello, S., Giorgi, G., Lupi, P., Bonelli, A., Parisi, G., Poli, B.M. 2017. Insights into organic farming of European sea bass *Dicentrarchus labrax* and gilthead sea bream *Sparus aurata* through the assessment of environmental impact, growth performance, fish welfare and product quality. *Aquaculture.*, 471: 92–105. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.01.012>

Webographie

- [20] <https://fr.wikipedia.org/>
- [21] <https://www.annabac.com/>
- [23] <https://www.fao.org/4/AC909F/AC909F00.htm>
- [24] https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6709f/x6709f06.htm.
- [25] <https://sites.google.com/view/cielbiologie/invert%C3%A9s/rotif%C3%A8res>
- [26] <https://www.zoologie-uclouvain.be/new/rotiferes.html>
- [27] <https://www.globalseafood.org/advocate/rotifer-enrichment/>
- [28] <https://www.fao.org/3/w3732E/w3732e08.jpg>
- [29] <https://www.fao.org/3/w3732E/w3732e0e.jpg>