



Cours de génie aquacole

Les structures d'élevage

(destiné aux étudiants de 5^{ème} année)

Dr Djamel Eddine ZOUAKH

Février 2016

Génie aquacole

Généralités

On définit l'Aquaculture comme étant « **l'art de multiplier et d'élever les animaux et les plantes aquatiques** ». L'Aquaculture est donc une activité de production de diverses espèces animales et végétales (**poissons, mollusques, crustacés, algues,...**) en systèmes intensifs ou extensifs dans des eaux continentales, côtières et maritimes.

L'aquaculture moderne fait appel au savoir-faire c'est-à-dire au **génie aquacole** et à la **zootechnie aquacole** qui sont des outils indispensables aux professionnels et aux chercheurs.

Génie aquacole : c'est l'ensemble des méthodes, techniques et procédés de construction d'infrastructures, de superstructures et d'ouvrages d'art au bénéfice de l'aquaculture.

Le génie aquacole est en plein essor ; des procédés nouveaux ont vu le jour en matière de contrôle des conditions d'élevage, particulièrement en élevage intensif.

Ces technologies concernent aussi bien la **maîtrise** de la **quantité** et de la **qualité de l'eau** (pompage, aération, filtration, traitement, recyclage,...) que **l'alimentation**, le **contrôle sanitaire** ou la **transformation** et le **conditionnement**.

Le génie aquacole s'intéresse :

- aux **études technico-économiques** : évaluation des coûts et études d'impact ;
- à la réalisation de **structures d'élevage** : mise en place du système d'exploitation en cages flottantes, conception d'écloseries, conception de fermes aquacoles artisanales (en extensif ou semi-extensif), installation de fermes modernes « clé en main »,...
- à la **conception d'ouvrages** : construction de bassins en dur, aménagement des étangs artificiels, digues, structures annexes tels que les dispositifs de reprise de poissons, systèmes de traitement des eaux, circuits fermés,...
- à la **conception de l'appareillage** en rapport avec l'activité aquacole : pompes, filtres, aérateurs, distributeurs automatiques d'aliments, trieuses, calibreuses, conditionneuses, équipements et accessoires divers,...
- aux **mesures et analyses physico-chimiques** du milieu d'élevage (pH, température, oxygène dissous, conductivité, salinité, composés azotés,...) ;
- à la détermination de la **capacité de charge** en poissons d'un milieu, c'est-à-dire la qualité et la quantité de l'ensemencement ;
- et à **l'élaboration des méthodologies** : recherche et développement, conception de programmes et logiciels,...

Zootechnie : c'est l'ensemble des techniques permettant l'**adaptation** d'**animaux** domestiques ou sauvages dans un **environnement donné**.

Les connaissances sur la biologie des espèces animales aquatiques les plus communément élevées en aquaculture (mollusques, crustacés et poissons) ont progressé au cours des deux dernières décennies. Ces espèces ont fait l'objet de développements aquacoles considérables sous divers aspects : physiologique, génétique, pathologique et zootechnique.

En aquaculture, à l'inverse de la pêche, les travaux de recherche se sont concentrés sur un nombre très restreint d'espèces qui sont d'ailleurs devenues des modèles (Truite, Carpe, Catfish ou poisson-chat américain, Tilapia,...).

La **zootechnie aquacole** est complémentaire du génie aquacole puisqu'elle s'intéresse :

- à la **sélection** et à **l'amélioration génétique** des cheptels aquacoles ;
- au **monosexage** et à la **triploïdisation** ;
- à la **maîtrise des techniques** d'élevage et de reproduction ;
- à la **prophylaxie** médicale (vaccination des poissons) ;
- et à la **gestion sanitaire** (désinfection).

Les structures d'élevage

1. Les étangs

Les étangs sont des étendues plus vastes que les mares, avec une ceinture de végétation au bord et parfois au centre où l'eau est dite libre. Favorables pour le Carassin, la tanche, le brochet, le gardon, l'ablette, et les carpes. Les petits étangs ont jusqu'à un mètre de profondeur, la chaleur n'atteint pas directement le fond. Les étangs de plus grande surface sont de plus grande variabilité temporelle. Ils fonctionnent comme des lacs à évolution rapide dont la biomasse est sous la dépendance du necton et des décomposeurs (bactéries).

Le terme étang qui vient de l'ancien français « estanchier » (étancher) est étroitement lié à la gestion piscicole (Otto-Bruc, 2001). Un étang est, selon Balvay (1980), une masse d'eau artificiellement stagnante de faible profondeur, plus ou moins complètement vidangeable à une fréquence variable et destinée à l'élevage du poisson.

Les étangs peuvent résulter de l'accumulation de l'eau : dans des zones de dépressions de terrain ou des zones d'effondrement : étangs naturels.

Comme ils peuvent résulter de l'activité humaine telle que les excavations (exploitations abandonnées de gravières, sablières,...), ou des étangs spécialement conçus pour la pisciculture : étangs piscicoles artificiels.

Cette activité piscicole repose sur un élevage extensif (productivité moyenne de 180 kg/ha/an, Marcel, 1989) de poissons et sur la gestion du milieu récepteur c'est-à-dire de l'étang qui constitue un véritable écosystème. Le poisson peut être ensuite destiné :

- à la pêche de loisir (pêche sportive ou pêche à la ligne) ;
- à la consommation humaine (pêche commercial ou pêche de production) ;
- au repeuplement.

Dans ce cours, on n'abordera que les étangs à gestion piscicole qui représente dans de nombreux pays une activité traditionnelle valorisée comme une voie de diversification pour l'aquaculture et pour l'agriculture et est reconnue pour la qualité de ses produits (Billard, 1995).

En effet, la production piscicole mondiale repose en grande partie sur l'utilisation d'étangs de terre qui contiennent de l'eau douce renouvelée, reçoivent des engrais ou des aliments et permettent le stockage, l'élevage et la récolte du poisson.

La construction des étangs et des ouvrages qui leur sont associés comporte des préparatifs et des travaux appropriés, essentiels au succès de l'exploitation piscicole; en outre, les étangs doivent être peu coûteux à construire, faciles à entretenir et propres à assurer une bonne gestion de l'eau et des poissons.

1.1. Les différents types d'étangs

Les étangs piscicoles d'eau douce diffèrent selon l'origine de l'eau d'alimentation, la façon de les vidanger, les matériaux et procédés de construction et, enfin, les méthodes d'exploitation piscicole. Les particularités du site dans lequel ils sont construits déterminent habituellement leurs caractéristiques.

Les différents types d'étangs peuvent être décrits comme suit:

- Selon leur disposition :
 - *en série* : alimentés par gravité les uns par les autres ;
 - *en parallèle* : alimentés individuellement par une dérivation d'un cours d'eau.

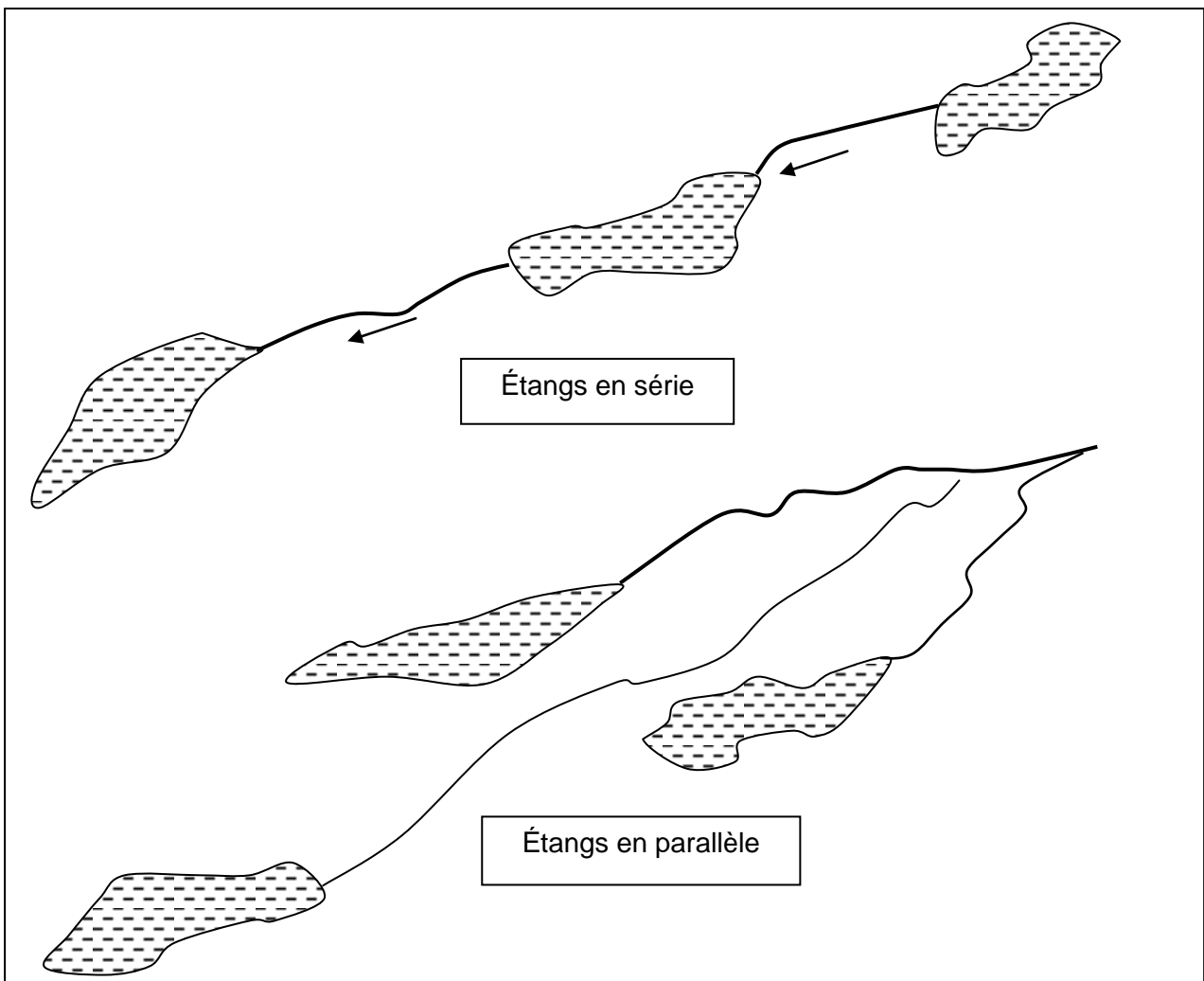


Figure 1 : Disposition des étangs

▪ Selon leur alimentation :

- a) Les *étangs de sources* sont alimentés par des sources situées dans l'étang proprement dit ou à proximité immédiate. L'approvisionnement en eau peut varier durant l'année, mais la qualité de l'eau est habituellement stable.

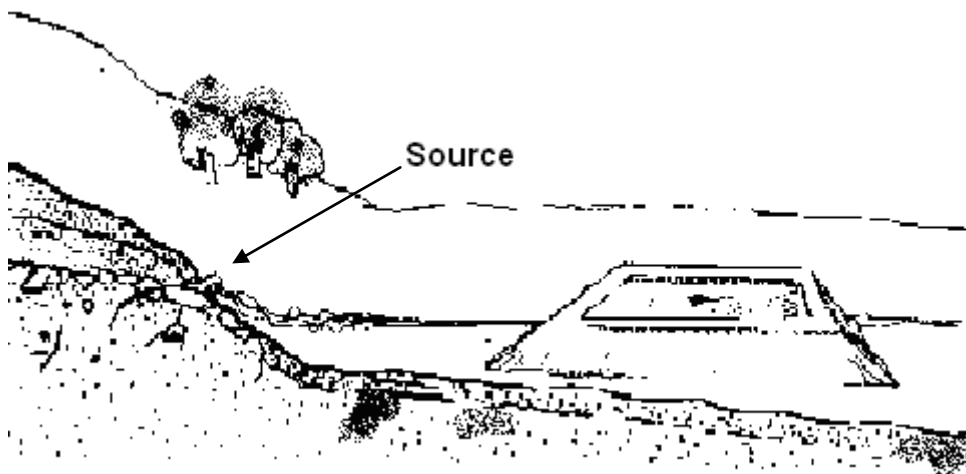


Figure 2 : Étang de source

b) Les *étangs d'infiltration* sont alimentés par la nappe phréatique, par infiltration dans l'étang. Le niveau de l'eau variera avec celui de la nappe phréatique.

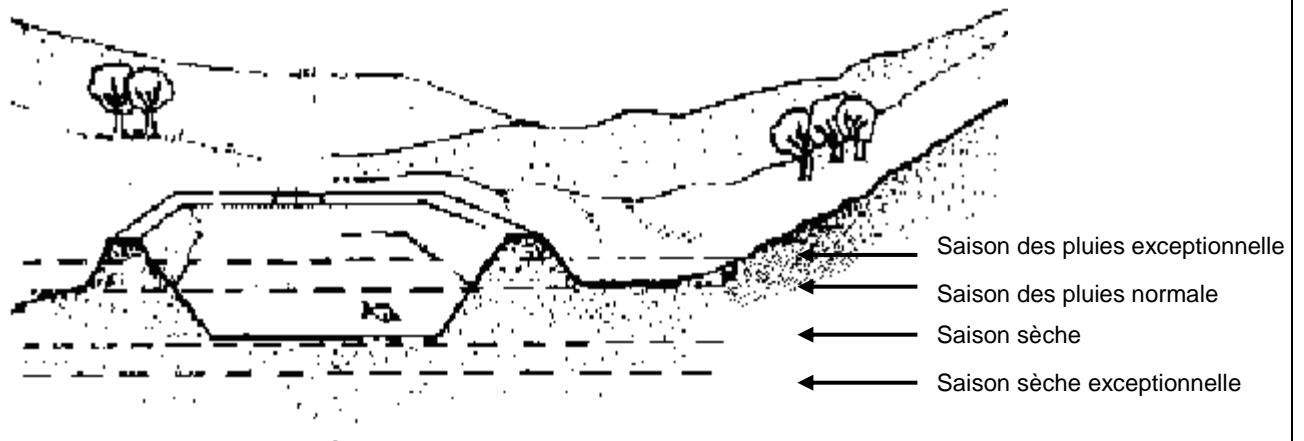


Figure 3 : Étang d'infiltration (nappe phréatique à niveau variable)

c) Les étangs peuvent être alimentés par un plan *d'eau* (rivière, lac, réservoir ou canal d'irrigation). Ils peuvent être alimentés soit *directement* (*étangs de barrage*), par écoulement direct du plan d'eau dans les étangs, soit *indirectement* (*étangs en dérivation*).

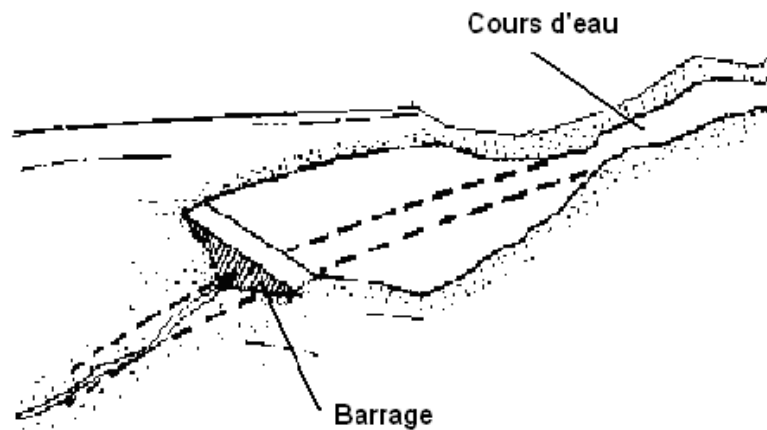


Figure 4 : Étang de barrage, alimenté directement par un cours d'eau

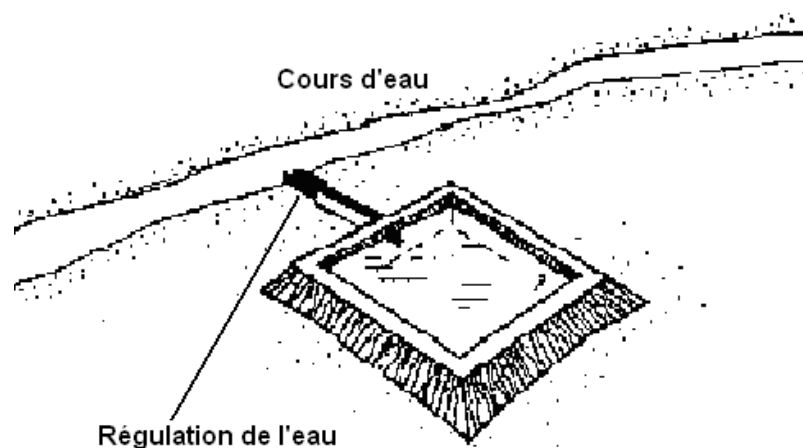


Figure 5 : Étang en dérivation, alimenté indirectement par un cours d'eau

d) Les *étangs d'eaux pluviales* sont alimentés par les eaux de pluie et les eaux de ruissellement et ne reçoivent aucun apport pendant la saison sèche. Ces étangs constituent souvent de petites dépressions dans un sol imperméable, avec une digue construite du côté inférieur pour accroître la quantité d'eau retenue.

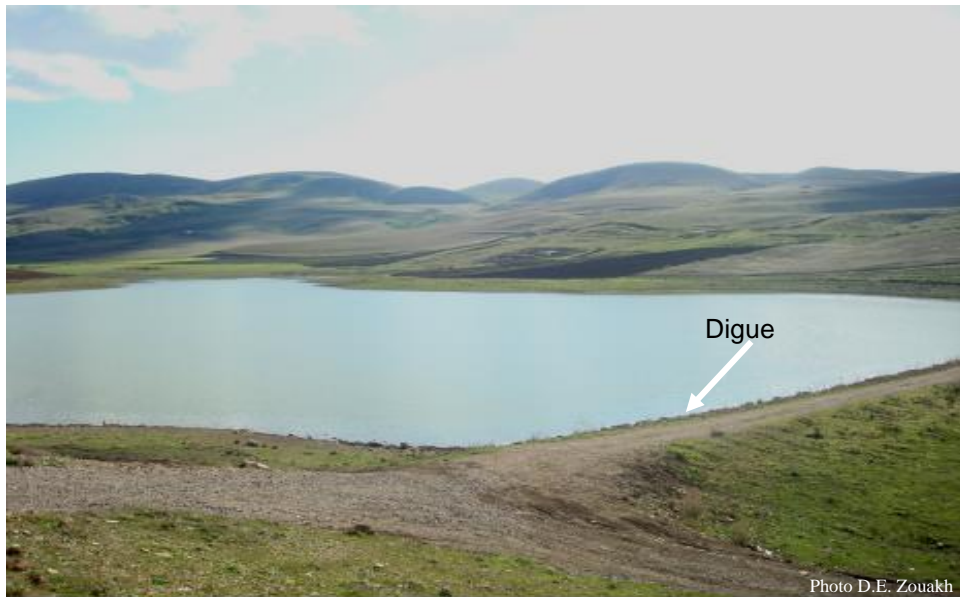


Figure 6 : Étang de Zaïri (W. de Sétif), alimenté par les eaux de pluie et les eaux de ruissellement

1.2. Éléments d'un étang piscicole

Un étang piscicole est défini comme un ouvrage artificiel utilisé pour l'élevage de poissons. Il est rempli d'eau douce, assez peu profond et habituellement sans écoulement.

Bien qu'il existe de nombreux types d'étangs piscicoles, voici les principaux éléments et ouvrages associés à chacun d'eux :

- la *digue*, qui retient l'eau dans l'étang ;
- les *canaux*, qui amènent ou évacuent l'eau de l'étang ;
- les *dispositifs de régulation*, qui contrôlent le niveau de l'eau ou son débit à travers l'étang (moine, vanne,...) ;
- les *chemins et voies de desserte*, qui longent l'étang et permettent d'y accéder ;
- les *installations de récolte* et autres équipements destinés à la gestion de l'eau et des stocks piscicoles : étangs de mise en charge, étangs-gardoirs, étangs-frayères (pour la reproduction), étangs d'hivernage, pêcheurie externe, pêcheurie interne,...

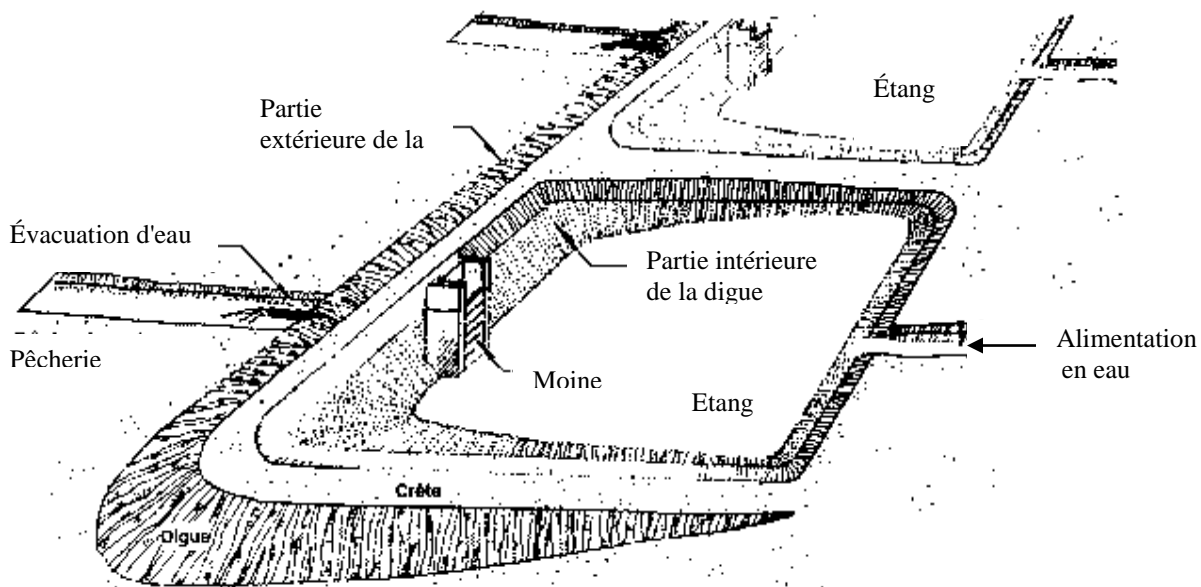


Figure 7 : Principaux éléments d'un étang piscicole

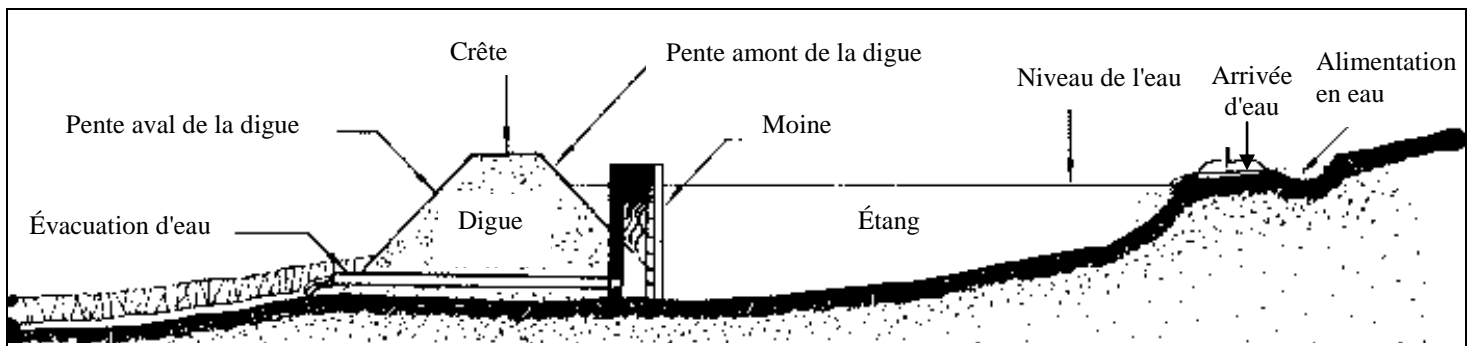


Figure 8 : Vue en coupe des principaux éléments d'un étang

1.3. Conception d'un étang de pisciculture

Les étangs présentent un intérêt particulier pour la pisciculture et c'est pourquoi ils font l'objet d'aménagements appropriés pour cette activité (installation de digues, moines,...) et d'opérations d'entretien (faucardage, entretien des abords, autocurage,...).

De la conception de l'étang et de ses annexes dépend la plus ou moins grande facilité avec laquelle les différentes opérations de récupération du poisson et de tri pourront être effectuées. Une donnée est fondamentale : *le pisciculteur doit pouvoir maîtriser aussi bien l'eau que le poisson*. Cela nécessite la mise en place d'aménagements spécifiques pour un usage piscicole :

- Un système d'alimentation en eau avec un moyen de moduler les entrées d'eau suivant les besoins ;
- Un dispositif de vidange qui donne la possibilité de régler le niveau et d'assécher totalement le plan d'eau ;
- Un système de reprise des poissons permettant aux opérations de pêche de se faire dans de bonnes conditions aussi bien pour le poisson que pour le pisciculteur.

1.3.1. Annexes de l'étang :

❖ La pêcherie :

- La pêcherie est un bassin cimenté et bétonné situé en arrière de la digue et dans lequel aboutit la buse de vidange de l'étang.
- Le diamètre de la buse de vidange doit être de 20 à 30 cm voire plus.
- La buse débouche au-dessus du niveau de l'eau dans la pêcherie.
- Lors de l'ouverture du moine, l'eau et les poissons arrivent dans la pêcherie qui est conçue de façon que ces derniers soient capturés et manipulés aisément.

Avantages de la pêcherie en arrière de la digue (externe) :

- Elle permet de récupérer le poisson sans tirer de filet ni pénétrer dans l'étang. Des épuisettes, une table de tri et des récipients suffisent ;
- Elle facilite les opérations de pêche ;
- Le poisson ne reste pas dans l'eau de vidange chargée de vase.

❖ Les bassins :

- **Bassins de stockage** : Ce sont des bassins en dur qui permettent de conserver quelques tonnes de poissons pour un grossissement ultérieur avant commercialisation ou réempoissonnement.

Remarque: Dans une exploitation piscicole, la surface des bassins de stockage est souvent égale à 1% de la surface des étangs de production.

- **Bassins-frayères** : de petite surface, ces bassins servent à la reproduction contrôlée de certaines espèces (Carpe, Brochet,...).
- **Bassins d'alevinage** : Servent au démarrage des alevins issus d'écloseries pendant une période de 3 à 5 semaines.

❖ Les accès:

Lors de la conception d'un étang ou d'un ensemble d'étangs, il faut prévoir des accès pour véhicules à tous les points importants (chargement près des pêcheries et zones de stockage,...) ainsi que des espaces pour manœuvres et dégagements.

1.3.2. L'alimentation en eau :

- **Origine** : source, ruissellement, cours d'eau, pompage,...
- **Quantité** : Le débit disponible doit permettre de maintenir le niveau d'eau en compensant les pertes par infiltration et par évaporation.
- Le renouvellement de l'eau d'un étang ne doit pas être inférieur à 1 mois pour permettre aux apports fertilisants d'être efficaces.
- **Qualité** : il est indispensable de :
 - Vérifier à l'amont la présence ou non de sources de pollution ou autres élevages,...
 - réaliser des analyses chimiques périodiques (qq. mois d'intervalle).

1.3.3. Évacuation de l'eau :

La vidange des étangs doit pouvoir se faire de façon totale ou partielle. Le système de vide-étang permet :

- de régler le niveau de l'eau de l'étang pendant le remplissage tout en empêchant la fuite des poissons ;
- de régler le débit d'évacuation des eaux à la vidange et la mise à sec progressive du plan d'eau.

1.3.4. Gestion du volume d'eau :

Lorsque les différentes pièces d'eau (étangs ou bassins) sont proches les unes des autres, leur interconnexion grâce à une pompe (fixe ou mobile) permet de gérer l'eau d'un point de vue quantitatif. Lors des vidanges, l'eau est renvoyée vers l'un ou l'autre des étangs, cela permet une économie d'eau.

Inconvénient : *Ce système peut faciliter la dissémination de parasites ou de pathologies à l'ensemble des pièces d'eau.*

2. Autres structures d'élevage

2.1. Raceways :

Bassins de forme rectangulaire très allongés.

Long. : jusqu'à 30 m

Larg. : 1 - 5 m

Prof. : 0.50 - 1.50 m.

Utilisés aussi bien en aquaculture d'eau douce que marine (pisciculture).

Vu les débits importants qui traversent ces bassins, ils doivent être construits en maçonnerie ou en béton.

Il existe des raceways en fibre de verre (munis de système d'alimentation en eau et de vidange).

Pour pallier à certains inconvénients (accumulation d'ammoniac, mauvaise répartition de l'O₂ dissous,...), il y a nécessité d'avoir un débit important de l'eau pour évacuer les déchets ($V = 25-30$ cm/s).



Figure 9 : Raceways en dur tapissés de résine, utilisés en aquaculture marine



Figure 10 : Raceway en fibre de verre et résine (C.N.R.D.P.A.)

2.2. Bassins circulaires :

Dans les bassins circulaires tout comme les bassins carrés à angles arrondis, l'eau est amenée tangentielle et est évacuée par un trop-plein.

Le volume de ces bassins peut dépasser 100 m³. ils sont fabriqués en polyester armé de fibres de verre ou en fibrociment. Ces bassins sont essentiellement destinés à la croissance des alevins.

Le fond est de forme conique pour éviter les dépôts.



Figure 11 : Bassin cylindro-conique destiné à la croissance des alevins (C.N.R.D.P.A.)



Figure 12 : Bassins circulaires utilisés pour la croissance des alevins de Tilapia. Ferme aquacole FATSTEP, Aïn Skhouna (W. de Saïda).

2.3. Cages flottantes (viviers flottants) :

La cage flottante est constituée de 3 parties :

- **Partie émergée:**
 - rigide ou semi-rigide, elle détermine la forme de la cage et doit assurer une flottabilité suffisante ;
 - elle doit pouvoir supporter les efforts de l'ancrage ;
 - elle doit pouvoir supporter l'action des courants et de la houle ;
 - elle doit permettre la circulation de personnes sur des passerelles pour la manutention (tri, pêche,...) ;
 - il est possible d'y prévoir une aire de stockage et de distribution automatique de la nourriture.
- **Partie immergée :** Le plus souvent poche en filet, elle constitue le volume d'élevage. Les premiers essais étaient constitués de grillages métalliques empêchant la fuite des poissons. Les poches en filet sont plus faciles à entretenir, le maillage est adapté à la taille des poissons. Il faudrait avoir le maillage le plus large possible pour favoriser au maximum le renouvellement de l'eau ; les petits maillages peuvent se colmater facilement d'où la nécessité de les remplacer fréquemment. Cette poche est destinée à protéger les poissons élevés contre les prédateurs. Dans certains endroits, il faut se protéger contre les oiseaux prédateurs (cormorans,...) ; dans ce cas, un filet de protection doit être tendu au-dessus de la surface de la cage.
- **Système d'ancrage :** pour fixer la cage dans la zone choisie, il faut l'ancrer au fond. A cet effet, il faut connaître :
 - le poids de la cage flottante ;
 - les endroits où seront fixées les lignes d'ancrage sur la structure ;
 - la hauteur d'eau à pleine mer et à basse mer ;
 - la direction et la vitesse du courant ;
 - l'ampleur des vagues dans les plus mauvaises conditions ;
 - la direction et la force des vents.

Tous ces paramètres permettent de définir les efforts dans les lignes d'ancrage et de disposer les points d'ancrage.

En site protégé, il y a peu de difficultés à réaliser l'ancrage de la cage flottante, généralement il est formé d'une dalle de béton armé posée sur le fond ou en terre.

La technique des cages flottantes est utilisée dans les fermes marines au Japon, France, Norvège,... (élevage du Saumon) ou en d'autres milieux aquatiques : lacs, estuaires, lagunes,... (élevage du Loup, Dorade, Mulet,...). L'utilisation de viviers flottants fournit au poisson les conditions du milieu naturel, l'éleveur n'a pas à se préoccuper des problèmes de renouvellement de l'eau par pompage.

Les investissements ne sont pas très lourds.

Les dépenses d'énergie sont très réduites.

L'aquaculture en cages flottantes peut présenter une activité principale surtout si l'éleveur dispose d'une embarcation (barge) et connaissant bien le milieu marin ainsi que les conditions du site (courant, houle, marée,...).

Les sites exposés à la houle directe sont à exclure pour ce type d'élevage.

Tous les rivages abrités conviennent si la profondeur minimale est de 3 m au moins.

Sites utilisables

Site océanique	Site abrité
Ouvert sur mer, océan	En retrait, à l'intérieur d'une baie
Salinité constante	Salinité : 10 ‰ en hiver ; 35 ‰ en été
Avantage : Faibles écarts de température entre l'été et l'hiver	Eaux riches en plancton
Inconvénients Cages plus exposées à la houle	Grand écart de température entre l'été et l'hiver

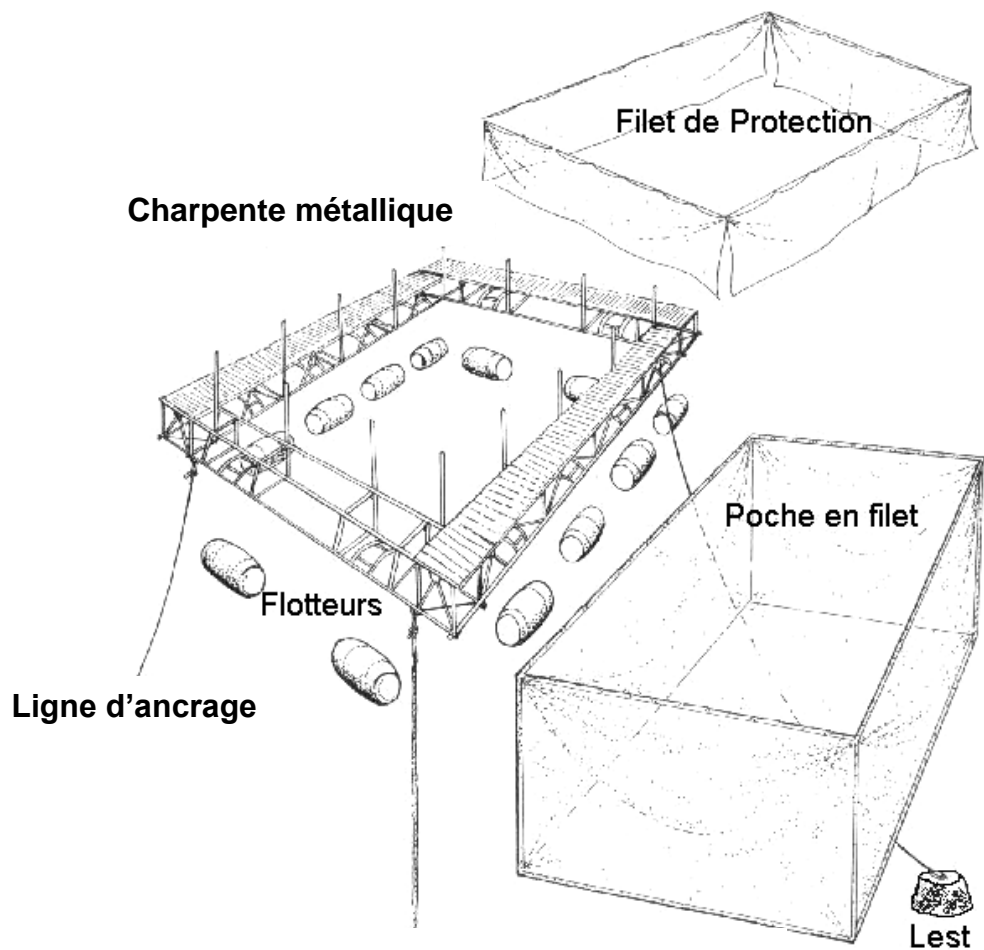


Figure 13: Éléments d'une cage flottante

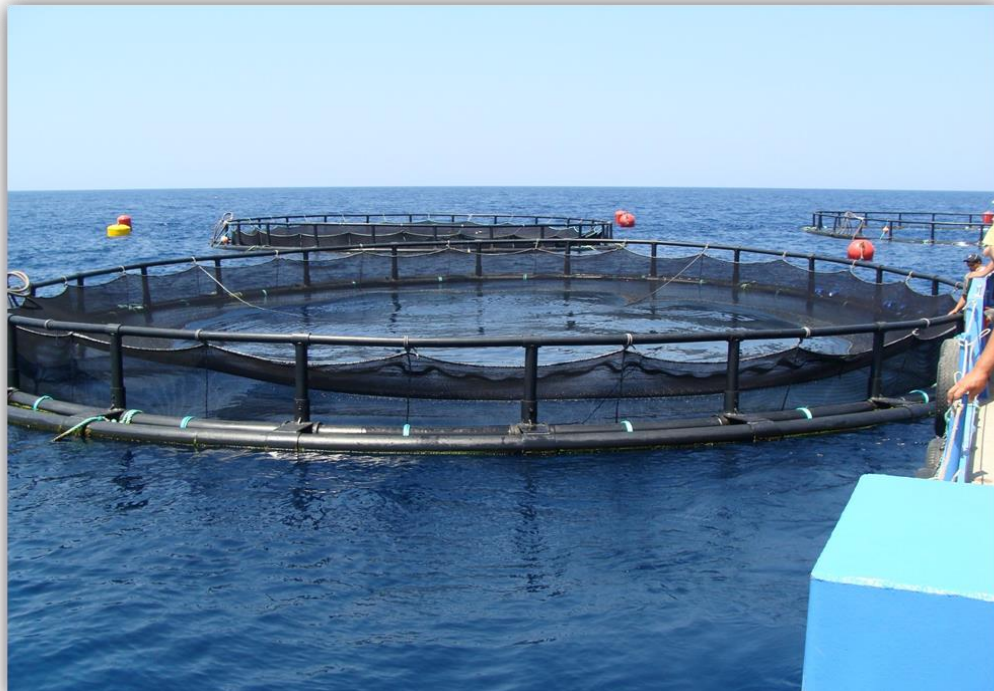


Figure 14 : Cages flottantes, ferme marine d'Azeffoun (Élevage de Loup et Daurade).

Bibliographie

- ARRIGNON J. 1963 – Hydrobiologie appliquée et pisciculture. La Typo-Litho et Jules Carbonel réunis, Alger, 101p.
 ARRIGNON J. 1998 - Aménagement piscicole des eaux douces, 5^{ème} édition, Éd. Lavoisier. 589p.
 F.A.O.: Les étangs et leurs ouvrages. ftp://ftp.fao.org/fi/cdrom/fao_training/FAO_Training/General/x6708f/Index.htm.
 BARNABE G. 1991 - Bases biologiques et écologiques de l'aquaculture. Ed. Tec & Doc, Paris
 SCHLUMBERGER O., 1997 – Mémento de pisciculture d'étang. 3^{ème} édition, Cemagref. 238 p.