



UNIVERSITE CHADLI BENDJEDID D'EL-TARF
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département Sciences de la Mer



Polycopie de cours rédigé par :

BENSAFIA Nabila

Maître de Conférence « A »

COURS D'AQUACULTURE GENERALE



Conforme au canevas – 3^{ème} année Licence
Aquaculture & Pisciculture

Avant propos

Ce polycopie s'adresse aux étudiants inscrits en 3^{ème} année Licence Aquaculture et Pisciculture, son contenu est conforme au canevas officiel de la matière enseigné en 3^{ème} année de Licence, spécialité Aquaculture et Pisciculture ; filière d'Hydrobiologie marine et domaine des Sciences de la Nature et de la Vie. Il est rédigé dans le but de permettre d'avoir un outil de travail et de référence recouvrant les connaissances qui leur sont demandées.

Le manuscrit contient quatre chapitres dans les quels l'intérêt et l'historique de l'aquaculture, les types d'aquaculture, les techniques d'exploitation, les modes de grossissement (extensif, semi-intensif, intensif) et les organismes élevés (pisciculture, conchyliculture, carcinoculture) sont étudiés ainsi qu'un aperçu général sur l'aquaculture dans le monde et en Algérie est abordé.

Sommaire

Chapitre I: Généralité

1- Définition :	2
2- Terminologie :	3
2- Histoire de l'aquaculture (Tab 1) :	4
3- Intérêt de l'aquaculture :	5
4- Défis environnementaux majeurs posés par l'aquaculture et solutions possibles.	6

Chapitre II : Les différents Types d'aquaculture

I- Les étapes d'élevage aquacoles :	12
1-1- L'obtention des juvéniles :	12
1-2- Le grossissement :	17
1-2-1- L'élevage extensif :	17
1-2-2- L'élevage semi intensif ou semi extensif :	18
1-2-3- L'élevage intensif :	19
1-3- L'affinage :	19
2- Les différentes formes de l'aquaculture :	20
2-1- Aquaculture de repeuplement :	20
2-2- Aquaculture d'aménagement :	22
2-3- Aquaculture de production intensive :	22
II- La pisciculture en eau douce	23
1- Particularité de la production biologique en étang :	24
1-1- Caractères physiques :	26
1-2- Fertilisation :	26
1-3- Production primaire :	28
1-4- Production secondaire :	28
2- Autres méthodes piscicoles :	28

2-1- Culture en cage :	28
2-2- Les enclos :	30
III- La polyculture	33
1. Définition et principe de la polyculture.....	33
2. Principe de répartition des espèces en polyculture	33
3. Exemples de systèmes de polyculture.....	33
4. Avantages de la polyculture.	34
5. Dimensions et caractéristiques des étangs de polyculture.....	34
IV- L'aquaculture intégrée	35
1- Avantage de la pisciculture intégrée à l'agriculture :	35
2- Type de pisciculture intégrée :	35
2-1- La pisciculture intégrée à la production végétale :	35
2-2- La pisciculture intégrée à la production animale :	36
3- Caractéristiques de l'élevage piscicole :	37
4- Alimentation du cheptel de poisson :	38
4-1- Application de l'engrais :	38
4-2- Alimentation végétale :	38
5- Autre forme de l'aquaculture intégrée :	38
5-2- L'aquaponie :	39
5-2-1. Historique de l'aquaponie.	40
5-2-2- principe et fonctionnement de l'aquaponie :	41
5-2-3. Les types de systèmes d'aquaponie.	44
5-2-4. Avantages et contraintes :	46
V- L'aquaculture en mer ouverte.....	52
VI- L'aquariophilie et l'aquariologie.....	57
1-Définition:	57
2- Rapport et différence :	58
3- Aquaculture des poissons d'ornement :	59
VII- La carcinoculture (Elevage des crustacés) :	63

1- Intérêt économique :.....	63
2- Elément éco-biologique des crevettes péneïdés :.....	64
3 – Elevage :.....	65
3-1- L'élevage extensif :.....	65
3-2- L'élevage semi-intensif :.....	65
3-3- Elevage intensif :.....	67
4- Obtention des œufs :.....	68
4-1- La méthode japonaise :.....	68
4-2- La pédonculectomie :.....	69
4-3- Stimulation extrinsèque:.....	70
5- Alimentation et nutrition :.....	71
5-1- Besoin nutritionnel qualitatif :.....	71
5-2- Besoin nutritionnel quantitatif :.....	71
5-3- Aliments composés ou granulés :.....	71
6- Problèmes de nutrition dans les élevages :.....	72
6-1- L'alimentation dans les élevages semi-intensifs :.....	72
6-2- L'alimentation dans les élevages intensifs :.....	73
VIII- La conchyliculture.....	74
2- Technique d'élevage :.....	76
2-1- Culture sur bouchot :.....	76
2-2- Culture en suspension :.....	78
a) Table d'élevage : (installation fixe)	78
b) Les radeaux : (installation flottante).....	79
2-3- Culture à plat :.....	79
2-4- Elevage en pleine eau :.....	80
3- Ennemie biologique :.....	82
4- L'écloserie :.....	84
4-1- Aspect technologique :.....	84
4-2- Sélection de site :.....	85

4-3- Les principaux problèmes des écloséries :	85
5- Historique de la conchyliculture en Algérie.....	86
6- Les types les plus courants de conchyliculture.....	87
6-1- La mytiliculture.	87
IX- Fécondité des poissons.....	91
1- Fécondité des poissons.	91
1-2- Induction de la ponte.	91
2- Préparation des géniteurs en vue de la ponte :	92
2-1- Obtention de géniteurs.....	92
2-2- Choix de géniteurs appropriés	93
3- Hormones utilisées pour induire la ponte chez les poissons:	93
3-1- Utilisation d'extraits de glande hypophyse (Avant 1970)	93
3-2- Utilisation de l'H.C.G (1970-1985) :	94
3-3- Utilisation de L.H.R.H:	94

Chapitre III : L'Aquaculture dans le monde

1- Aperçu sur l'aquaculture au niveau mondial.....	96
2- Production et croissance.	98
3- Répartition de la production aquacole et principaux producteurs.....	98
4- Développement de l'aquaculture dans certains pays	98
4-1- L'aquaculture en Asie.....	98
4-2- L'aquaculture en Europe	99
4-3- L'aquaculture en Afrique : Egypte.....	103
5- l'aquaculture en Amérique du Nord (aquariophilie) et Sud (Brésil).....	104

Chapitre IV : L'Aquaculture en Algérie

1- Introduction :	107
2- Contexte magrébin	107
3- Historique.....	107
4- Perspectives de développement	109
4-1- Potentialités hydriques	109

<i>4-2-Potentiel biologique :</i>	<i>109</i>
<i>4-3-Types d'élevage :</i>	<i>110</i>
<i>4-4- Contraintes affectant le développement de l'aquaculture en Algérie :</i>	<i>110</i>
<i>4-5- Objectifs (PNDA) :</i>	<i>110</i>
<i>5-L 'aquaculture au Sud</i>	<i>112</i>
<i>Références Bibliographiques</i>	<i>114</i>

Chapitre I: Généralité

1- Définition :

Le terme **aquaculture** (ou aquiculture, en usage au début de XXème siècle et préconisé par l'Académie française) est défini comme " l'Art de multiplier et d'élever les animaux aquatiques".

- **Amanieu (1974) :** Le terme aquaculture désigne toutes les activités humaines relatives aux problèmes d'élevage d'animaux et, plus rarement, de culture de végétaux aquatiques.
- **Barnabé (1989) :** Ce terme recouvre toutes les activités ayant pour objet la production, la transformation (conditionnement) et la commercialisation des espèces aquatiques, qu'il s'agit de plante ou d'animaux d'eau douce, saumâtre ou salée sous des conditions contrôlées ou semi-contrôlées par l'homme.
- **F.A.O (1995):** "Food and Agriculture Organisation"

L'aquaculture est l'élevage des organismes aquatiques y compris : poissons, crustacés, mollusques et plantes aquatiques, avec deux conditions :

- ❖ Une intervention humaine dans le processus d'augmentation de la production ex : mise en charge régulière, alimentation, protection...etc.
- ❖ Une propriété individuelle ou juridique du stock en élevage. Du point de vue des statistiques, les organismes aquatiques récoltés par un individu ou une personne juridique les ayant eus en propriété au long de leur période d'élevage sont donc les produits de l'aquaculture. Par contre, les organismes aquatiques exploités publiquement en tant que ressource commune avec ou sans licence approprié sont à considérer comme des produits de la pêche.

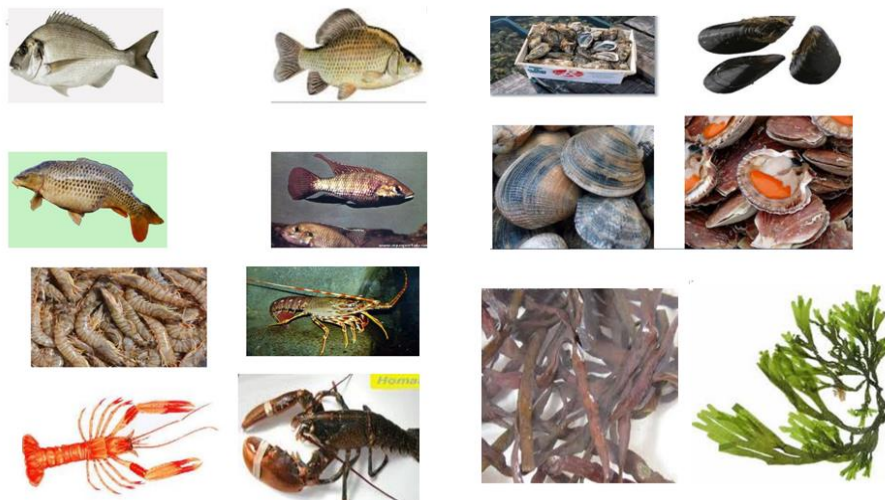


Figure 1. Différents organismes aquatiques qui font l'objet d'un élevage aquacole.

Remarque : Elevage ou culture ?

La distinction entre culture et élevage ne consacre pas, comme elle le fait sur terre, une séparation entre règne animal et végétal, mais un niveau différent de contraintes et de soins engendrés par la spécificité d'un sujet d'élevage. Si l'engraissement des poissons à haute densité présente toutes les caractéristiques d'un élevage, la production des moules et des huîtres s'apparente d'avantage à une culture.

2- Terminologie :

On sépare parfois dans le vaste domaine de l'aquaculture les problèmes liés à un milieu ou à des espèces différentes. C'est ainsi qu'on parlera de **Thalassoculture** pour les cultures en eau de mer, ou plus précisément de **Mariculture** pour désigner les activités ayant pour cadre la zone intertidale de balancement des marées, de **Potamoculture**, terme peu employé, pour désigner les élevages en eau douce.

La **Pisciculture** qui est l'élevage des poissons prend le nom de **Trutticulture** lorsqu'il s'agit de la truite, de **Salmoniculture** pour les salmonidés, de **Cypriniculture** pour les espèces de la famille des Cyprinidés et de **carpiculture** pour l'élevage des carpes.

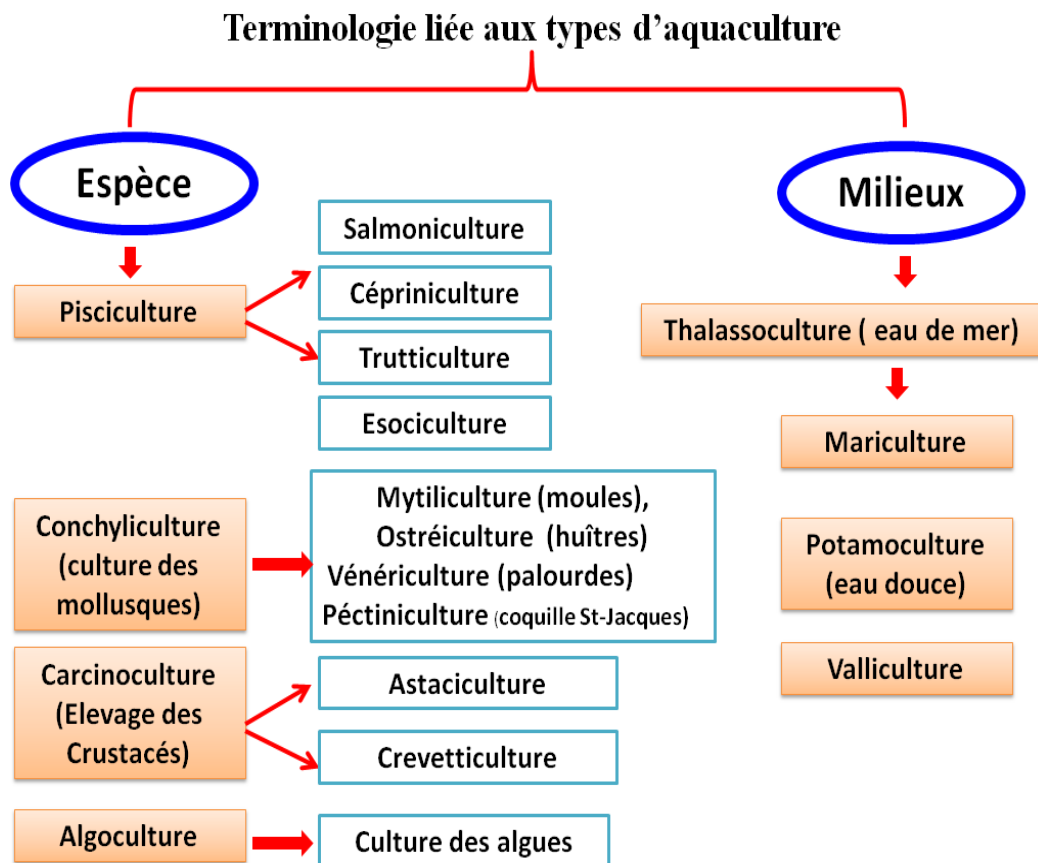


Figure 2. Terminologie liée aux différents types d'aquaculture

2- Histoire de l'aquaculture (Tab 1) :

L'aquaculture est une activité ancienne. Elle apparaît en Egypte et en Chine au 2^{ème} millénaire avant J-C. Elle pouvait concerner des espèces élevées pour l'alimentation ou pour d'autres raisons (poissons d'apparat tel que la carpe Koï, élevage alimentaire de carpe et de tilapia, ou encore de plantes aquatiques ex : le lotus, châtaigne d'eau, l'ipomée...).

Les romains élevaient des poissons en viviers. En Europe, le développement de l'aquaculture en étang accompagne en moyen-âge celui des abeilles. Au 17^{ème} siècle, des poissons capturés lors de leur remonter vers les eaux saumâtres sont maintenus dans des bassins. Des viviers marins parfois en forme de navire ou de "ponton" ont existé où l'on pouvait conserver ou engraisser des poissons ou des crustacés (langoustes notamment).

La 1^{ère} **écloserie** de truite semble daté de **1741**, créée par **Stephen Jacobi** au quel on attribue toutefois les 1^{er} essais d'élevage et qui a réussi les 1^{ère} fécondations artificielles des Salmonidés en 1763. Il faut ensuite attendre plus d'un siècle pour que la 1^{ère} écloserie des Etats-Unis soit ouverte en 1853 et du Japon en 1877. La truite Arc-en-ciel est importée des États-Unis en Europe de 1925 à 1930 (avant de connaître des problèmes d'épidémies dans les élevages).

À la fin XX^{ème} siècle au début de 21^{ème} siècle, avec la reproduction artificielle (ponte induite par injection d'hormone ou hypophisation), les productions aquacoles augmentent de façon spectaculaire, plus vite que toute autre production de denrée alimentaire, notamment pour les saumons et les truites, pour les crustacés et les moules, les palourdes et les ormeaux dans les années 2000. Alors que la production mondiale représente moins de million de tonne en 1950, elle plus de 110 millions de tonnes en 2016.

Tableau 1 : Historique de l'aquaculture.

-2000 avant J.C.	pisciculture rudimentaire	Carpe en Chine Tilapia en Egypte
- 600	parcage d'huîtres valliculture	Grèce
XV ^{ème}	(maintien en enceinte close des poissons capturés lors de leur remontée vers les eaux saumâtres)	Italie
XVIII ^{ème}	découverte de la fécondation artificielle application aux salmonidés	
XIX ^{ème}	transplantation appliquée aux salmonidés développement de l'ostréiculture	Europe
1950	élevage de l'anguille	Japon
1960	explosion de la production de la truite Arc en Ciel (TAC)	Europe

	ranching ou pacage marin
1970	avec l'aquaculture de la Sériole, du Poisson-chat et des Pectinidés
1980	"nouvelle aquaculture" avec la production des Saumons, des Crevettes, du Bar, de la Daurade
1990	émergence du Turbot, des Esturgeons, et d'espèces tropicales comme le Mérou, le Loup tropical ou l'Ombrine
2000	embouche du Thon

Source Ifremer / Yves Harache

3- Intérêt de l'aquaculture :

L'aquaculture est une des réponses pour concilier la demande de poissons, autrement dit les besoins en protéines animales ;

- Amélioration du ratio-alimentaire pour les populations ayant difficilement accès aux produits aquacoles (régions subsahariennes) et les plus pauvres, c.-à-d. **" du poisson pour tous "**.
- Moyen de subsistance à faible niveau d'investissement.
- Accès aux protéines animales riches en acides gras bénéfiques pour la santé humaines (oméga 3 et 6).

L'aquaculture est parfois utilisée pour d'autres motifs que la consommation alimentaire, par exemple :

- En Europe via de nombreuses stations piscicoles, dans les Alpes notamment, pour fournir du "poisson de repoissonnement" (ou repeuplement) de rivière ou d'étangs de pêche, pour la pêche de loisir, les concours de pêche...etc.
- Ou au Japon pour réintroduction dans l'environnement les crevettes ou des ormeaux, là où ces animaux ont été surexploités ou ont disparu pour d'autres causes (pollution...).

Sur le plan économique :

- L'aquaculture a produit 110,2 millions de tonnes de poissons et plantes aquatiques en 2016, dont 80 millions de tonnes de poissons, alors qu'au début des années 1950 la production mondiale ne dépassait pas le million de tonne.

La part de l'aquaculture dans la production totale de poisson était en 2016 plus de 50% contre 30% en 2002, 8% en 1980 et 4% en 1970. La Chine représente 71% du marché

- L'aquaculture permet la consommation de protéines animales à moindre coût.

- Création d'emploi ; en 2016, l'aquaculture employait environ 19,3 millions de personnes dans le monde contre 10.800.000 personnes en 2008 dont un peu moins de la moitié en Chine.
- L'aquaculture est devenue une activité de substitution pour les pays ayant connu des crises du secteur de la pêche et possédant des potentialités hydriques importantes.
- Utilisation multiples et valorisation de l'eau : intégration de l'aquaculture à l'agriculture.
- Promotion de l'écotourisme (pêche de loisir dans les lacs, visites guidées des exploitations).
- Possibilité d'une valeur ajoutée aux produits aquacoles (valorisation des déchets de production : peau, squelette, cuticule...).

4- Défis environnementaux majeurs posés par l'aquaculture et solutions possibles.

Nous avons vu précédemment que l'aquaculture joue un rôle crucial dans la sécurité alimentaire mondiale et la production de protéines animales. Cependant, son développement intensif peut entraîner des impacts environnementaux significatifs.

➤ Défis environnementaux de l'aquaculture.

L'aquaculture intensive peut avoir plusieurs conséquences négatives sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. Parmi les problèmes majeurs, on distingue :

a) Pollution des eaux due aux rejets organiques et aux excès de nourriture

- Les rejets de déchets organiques (excréments des poissons, restes de nourriture non consommée) enrichissent l'eau en matières organiques et en nutriments (azote et phosphore).

- Ces apports excessifs peuvent provoquer l'eutrophisation des milieux aquatiques, favorisant la prolifération d'algues nuisibles et une diminution de l'oxygène dissous, ce qui nuit aux organismes aquatiques.

b) Introduction d'espèces exotiques et impacts sur la biodiversité locale

- L'introduction d'espèces non indigènes dans un nouvel environnement peut entraîner des compétitions écologiques avec les espèces locales.

- Certaines espèces exotiques peuvent devenir envahissantes, modifiant les chaînes alimentaires et menaçant la biodiversité locale.

- Les évasions accidentelles de poissons d'élevage peuvent entraîner des croisements avec les populations sauvages et altérer la variabilité génétique.

c) Utilisation excessive des ressources naturelles (eau, poissons fourrage).

- L'aquaculture consomme une grande quantité d'eau, en particulier dans les systèmes intensifs utilisant des bassins ou des cages en mer.

- Les poissons carnivores d'élevage (ex. saumon, thon) sont souvent nourris avec des farines et huiles de poisson issues de la pêche de poissons fourrage (anchois, sardines, harengs).

- Cette pression sur les stocks halieutiques contribue à la surpêche et perturbe les écosystèmes marins.

➤ **Solutions pour une aquaculture durable.**

Pour limiter ces impacts, plusieurs stratégies ont été développées afin de rendre l'aquaculture plus respectueuse de l'environnement :

a) Réduction de la pollution des eaux

- Mise en place de **systèmes de recirculation aquacole (RAS)** qui filtrent et recyclent l'eau, réduisant ainsi les rejets polluants (Voir module Génie aquacole).

- Optimisation de l'alimentation des poissons pour minimiser les pertes alimentaires et l'accumulation de déchets.

- Utilisation de biofiltres et de zones de végétation aquatique pour absorber les nutriments excédentaires.

b) Protection de la biodiversité locale

- Privilégier l'élevage d'espèces locales afin de réduire les risques d'invasion biologique.
- Renforcer la surveillance et la réglementation pour éviter les évasions de poissons d'élevage dans le milieu naturel.

- Développer des pratiques de sélection génétique pour produire des poissons stériles, empêchant leur reproduction en cas de fuite.

c) Optimisation de l'utilisation des ressources naturelles

- **Aquaculture multi-trophique intégrée (IMTA)**: association de plusieurs espèces ayant des rôles écologiques complémentaires (ex. poissons, concombres de mer, mollusques et algues) pour recycler les déchets organiques.

- **Aquaponie**: système combinant l'élevage de poissons et la culture de plantes en hydroponie, où les déchets des poissons servent d'engrais pour les plantes.

- Substitution des farines de poisson par des sources alternatives de protéines (ex. farines végétales, insectes, microalgues).

En conclusion :

Aujourd'hui, l'aquaculture identifie l'ensemble des activités humaines, distincte de la pêche, finalisées à l'élevage des poissons, des mollusques, des crustacés et d'algues.

Il s'agit en effet d'une activité en mesure de satisfaire la demande croissante en produits aquatiques de qualité, sûrs et contrôlés à des coûts contenus et dans le respect de l'environnement.

Le développement durable de l'aquaculture repose sur une gestion équilibrée entre production et préservation de l'environnement. L'adoption de systèmes innovants comme l'aquaponie et l'IMTA, associée à une meilleure régulation, permettra de réduire les impacts écologiques tout en garantissant une production durable de ressources aquatiques.

Université Chadli Bendjedid-El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la mer

Travaux Dirigés n°1 : Pour ou contre l'aquaculture

➤ **Objectif du TD d'Aquaponie :** Ce TD vise à :

1. Analyser de manière critique les impacts de l'aquaculture.
2. Développer des compétences en argumentation scientifique.
3. Comprendre les enjeux économiques, environnementaux et sociaux de l'aquaculture.
4. Encourager l'esprit critique et le débat constructif.

➤ **Déroulement du TD :**

1) Introduction :

- Présentation du sujet et des objectifs du TD.
- Explication des règles du débat et de la méthodologie à suivre.

2) Phase de recherche et de préparation :

- Répartition des étudiants en deux groupes : **Pour** et **Contre**.
- Chaque groupe effectue une recherche documentaire à partir des ressources fournies et de leurs connaissances personnelles.
- Élaboration d'arguments en faveur ou contre l'aquaculture (aspects environnementaux, économiques, sociaux, sanitaires).
- Préparation des interventions pour le débat.

3) Débat structuré :

- Chaque groupe expose ses arguments principaux.
- Discussion et contre-arguments.

4) Synthèse et conclusion :

- Résumé des arguments principaux de chaque camp.
- Identification des points de consensus et des divergences majeures.
- Discussion sur les perspectives d'évolution durable de l'aquaculture.

➤ **Ressources suggérées :**

- Articles scientifiques et rapports de la FAO sur l'aquaculture.
- Études de cas sur l'impact environnemental et économique.
- Extraits de documentaires et d'articles de presse spécialisés.

➤ **Conclusion attendue**

L'objectif de ce TD est de permettre aux étudiants de mieux comprendre les enjeux de l'aquaculture et de se forger une opinion basée sur des faits scientifiques et économiques, tout en développant leurs compétences en communication et en débat.

Chapitre II : Les différents Types d'aquaculture

I- Les étapes d'élevage aquacoles :

Malgré la diversité du matériel et des méthodes, on peut reconnaître dans les conduites des élevages 3 étapes fondamentales : l'obtention des juvéniles, le grossissement et l'affinage.

1-1- L'obtention des juvéniles :

La disponibilité en juvéniles (naissains de mollusques, post-larve de crustacés et alevins des poissons) est évidemment le point de départ de toute activité aquacole.

Dans la majorité des cas, la pratique professionnelle se limite encore à récolter les juvéniles dans la nature puis les livrer au grossissement. C'est la règle pour la conchyliculture traditionnelle qui procède au captage des naissains d'huîtres et de moule en milieu naturel.

Pour le poisson, les italiens pêchent en Méditerranée, depuis la Turquie jusqu'au Maroc, des juvéniles de muges, de daurade et de loup qui seront mis en grossissement dans les vallées (bassin naturel alimenté par l'eau de mer).

À terme, de tels apports apparaissent cependant insuffisant, soit qu'ils soient trop incertains, soit que les juvéniles, souvent fragiles, supportent mal la capture ou le transport, enfin que les conditions de leur récolte, date ou lieu, soient incompatibles avec la mise en route d'une production programmée.

Ce sont donc les écloseries et les nurseries qui sont considérées comme les structures de base de toute aquaculture. Elles doivent assurer la maintenance des reproducteurs ; leur maturation et leur ponte, mais aussi la fourniture de nourriture qui, après éclosion des œufs fécondés, sera nécessaire aux larves pour atteindre le stade juvénile.

❖ **L'écloserie** : c'est l'ensemble des bassins qui permet d'obtenir des alevins. Cet ensemble est composé de :

- **Bassin de stabulation** : où on offre aux géniteurs des conditions optimales pour favoriser le développement des gonades et garantir une reproduction efficace, avec des œufs bien fécondés. Ces conditions incluent des facteurs externes, comme la température et la photopériode, ainsi que des facteurs internes qui varient selon les saisons. Dans les bassins de stabulation on met 1 femelle plus 2 mâles (sex-ratio).

Remarque : la sex-ratio est la proportion du mâle par rapport aux femelles (mal/femelle).

La plupart des espèces élevées sont à sexes séparés, sauf des exceptions comme la dorade, qui commence sa vie en tant que mâle et devient femelle (espèce hermaphrodite). Avant la reproduction, les gonades (testicules et ovaires) peuvent atteindre 20 à 25 % du poids corporel.

Dans un bassin de 1 000 m², on peut maintenir entre 20 et 50 géniteurs pesant environ 150 à 250 kg. Avec une bonne technique de propagation, environ 50 à 150 géniteurs (40 % de femelles et 60 % de mâles) suffisent pour produire entre 2 et 3 millions d'alevins âgés de 20 à 30 jours.



Figure 1. Bassin de stabulation des géniteurs (Ifremer, 2012).

- **Bassin de ponte** : dans ce bassin on met les poissons matures et le rapport sex-ratio est de 2 femelles plus 1 mâle pour assurer la fécondation.

La température de l'eau et la durée de l'éclairage sont contrôlées, permettant de constituer plusieurs saisons de reproduction décalées dans le temps afin d'assurer une production d'œufs à différentes périodes de l'année.

La reproduction est caractérisée par l'expulsion des gamètes (spermatozoïdes et ovules) émis simultanément dans l'eau ; la fécondation est effective après quelques secondes en raison d'une mobilité des spermatozoïdes limitée dans le temps.

L'émission des gamètes est libre ou peut être provoquée par une induction hormonale ou environnementale. Pour le turbot par exemple, la fécondation artificielle est nécessaire ; les produits génitaux sont obtenus séparément par pressions abdominales, puis sont réunis dans un volume réduit d'eau de mer pour la fécondation.

En période de reproduction, les œufs flottants (œufs hyponeustoniques qui montent à la surface) sont évacués du bassin des animaux reproducteurs par sur-verse et récupérés dans un collecteur d'œufs. La ponte d'une femelle peut assurer plusieurs centaines de milliers d'œufs de petit diamètre (0.9 à 1.2 mm suivant les espèces). La période de ponte s'étale sur 2 à 3 mois.



Figure 2. Récolte des ovules par pression abdominale chez une femelle de turbot à gauche et la laitance en appuyant sur les organes génitaux chez un mâle. (Ifremer, 2012)

- **Bassin d'incubation :** Après la collecte, les œufs viables sont dénombrés puis placés dans un bac d'incubation (Fig. 3).



Figure 3. Un incubateur qui peut accueillir 50 000 œufs de saumon (Ifremer, 2012).

Cette phase correspond à la période du développement de l'embryon (embryogénèse) à l'intérieur des membranes de l'œuf ; elle se termine à l'éclosion d'une larve vésiculée nageante (Fig. 4).

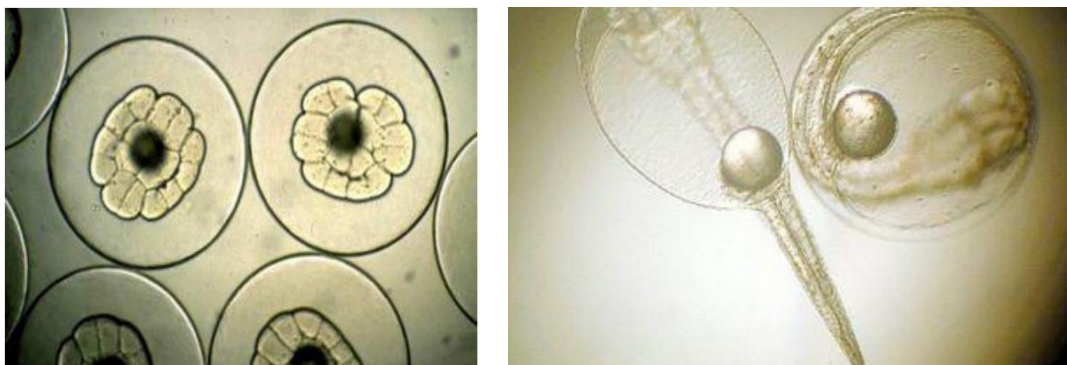


Figure 4. Embryon de larve de Bar à gauche et œuf et larve d'Ombrine à droite (Ifremer, 2012).

La durée de l'embryogénèse est spécifique à chaque espèce. Elle est également dépendante de la température du milieu d'élevage dans un intervalle également spécifique à chaque espèce. Ainsi, la durée de l'incubation de l'œuf du turbot, espèce marine tempérée, est de 4 jours à une température de 10°C et de seulement 24 heures pour l'ombrine ocellée dont les œufs se développent dans une eau de mer comprise entre 25 et 30°C.

Au cours du développement embryonnaire, les besoins en oxygène des œufs augmentent, les débits d'eau circulant dans le système d'incubation doivent donc être ajustés en conséquence. D'autre part, pendant cette période, les œufs sont très sensibles aux contaminations fongique, parasitaire et bactérienne, il est donc nécessaire, au cours de l'incubation, de procéder fréquemment à des traitements préventifs.

Pour assurer un taux de survie élevé à l'éclosion, une structure adaptée à cette phase d'élevage, une densité optimale d'œufs par unité de volume (de 1 000 à 5 000 œufs par litre) et une qualité irréprochable de l'eau sont nécessaires.

❖ **La nurserie :** est une phase et un espace spécifiques destinés à l'élevage des jeunes poissons, crustacés ou mollusques après leur éclosion (stade larvaire) jusqu'à ce qu'ils atteignent une taille suffisante pour être transférés vers des unités d'engraissement ou des systèmes de production en pleine eau. La nurserie offre un environnement contrôlé où les conditions de croissance (température, salinité, alimentation et densité) sont optimisées pour favoriser la survie et le développement des larves.

La durée de la phase larvaire des animaux aquatiques ne représente que quelques jours à quelques semaines du cycle biologique total de l'animal (selon les espèces). Cette période est caractérisée par une rapide évolution morphologique et physiologique de la larve.

La vie trophique de la larve est caractérisée par deux étapes importantes intimement liées à l'évolution de ses fonctions physiologiques :

- La première correspond à l'alimentation endogène à partir des réserves vitellines de l'œuf. A ce stade, la bouche n'est pas fonctionnelle ; la croissance enregistrée lors de cette phase est donc corrélée à la quantité et à la qualité de vitellus, principalement composé de protéines et de lipides.
- Après quelques jours, les yeux, la bouche, ainsi qu'une partie du système digestif, sont fonctionnels. Les réserves vitellines sont en cours de résorption, la larve doit évoluer rapidement vers une alimentation exclusivement exogène. Elle a, en effet, quelques jours pour acquérir un comportement de chasse efficace qui va lui permettre la capture de proies vivantes.

En élevage, la difficulté consiste à créer les conditions de vie optimale pour que cette transition alimentaire soit effective avant l'épuisement des réserves vitellines. Si la réussite de cette étape critique n'est pas assurée, la larve s'épuise et meurt rapidement.

En effet, les jeunes animaux ne quittent leur nourricerie que lorsqu'ils ont atteint un poids de quelques grammes. Ils sont, à ce stade, robustes et résistants.

Prenant l'**exemple** des larves de poissons marins qui sont des planctophages dans le milieu naturel. La nécessité de maîtriser cette alimentation spécifique a longtemps été un point de blocage à une production significative de juvéniles. Le zooplancton du milieu marin, source naturelle de leur alimentation, semblait approprié. Des essais de collecte ou de culture de différentes espèces ont été menés sans succès probants. **Ito réussit en 1960 l'élevage en masse du rotifère *Brachionus plicatilis*** (50-150 µm) en eau de mer ; l'utilisation de cette proie comme aliment vivant pour les larves va permettre pour la première fois la production de milliers de juvéniles. La chaîne alimentaire, algues unicellulaires, rotifères et crustacés branchiopodes *Artemia salina*, correspond aujourd'hui encore à une alimentation type en élevage, bien que ces proies ne soient pas présentes dans l'alimentation des larves de poissons marins dans le milieu naturel. Elles sont distribuées vivantes dans le bac d'élevage, manuellement ou à l'aide d'un automate, de manière continue et contrôlée dans le temps afin de répondre efficacement aux besoins alimentaires exponentiels des larves. Après 10 à 20 jours d'élevage suivant l'espèce, la faible taille du plancton devient un paramètre limitant pour calmer l'insatiable appétit des larves en cours de développement.



Algues unicellulaires
cultivées (taille - 4 µm)



Rotifère (de 50 à 150 µm)



Cystes, éclosion et nauplius
d'artémies

Figure 5. Aliments vivants utilisés pour les larves des animaux marins aquatiques (Ifremer Martinique, 2012).

En plus, de nombreuses recherches, qui ont été menées pour définir précisément les besoins nutritionnels des larves de poissons, ont montré que les proies vivantes cultivées ne recouvraient pas complètement les besoins essentiels pour assurer le développement des larves en élevage.

Le **sevrage** alimentaire est alors une nécessité nutritionnelle et économique. Il correspond au passage progressif à une alimentation exclusive en particules inertes d'aliment composé. Celles-ci ont pour avantages une formulation nutritive maîtrisée et une fragmentation adaptée à la taille de la bouche des jeunes poissons. La séquence de sevrage classique en écloserie se déroule sur une période de 8 à 15 jours selon l'espèce en élevage. Pendant les premiers jours, des proies vivantes et des particules inertes sont distribuées simultanément de manière continue aux larves ; puis, très progressivement, l'apport des proies vivantes diminue pour définitivement s'arrêter au terme de cette période cruciale de l'élevage.



Figure 6. Juvéniles d'ombrine au 40^{ème} jour d'élevage : alimentation avec particules d'aliment composé - poids moyen 2 g (Ifremer Martinique, 2012).

1-2- Le grossissement :

Le grossissement vise à conduire les animaux en élevage de stade juvénile jusqu'au stade de commercialisation. Il est réalisé selon 3 méthodes : extensive, semi-intensive (ou semi-extensive) et intensive.

1-2-1- L'élevage extensif :

Il est conduit sans fertilisation ni apport de nourriture ; il vise donc au maintien d'un équilibre écologique naturel et stable mais dirigé au profit de l'homme.

Dans ce cas, Les produits d'élevage sont disséminés au stade juvénile dans des lagunes ou des étangs côtiers et ils grandissent avec une alimentation naturelle, en utilisant donc les ressources fournies par l'environnement.

Exemple : De nombreux poissons et crustacés marins remontent la côte pour frayer, les jeunes (sensibles à une certaine dessalure) s'installent dans les eaux littorales et lagunaires où se constituent les nurseries. Ces dernières sont aménagées en étangs de grossissement ; un

////////////////////////////////////

.....

système de vanne permettant la pénétration des jeunes lors de la montée, des grilles empêchent le retour. C'est le cas des valli des côtes italiennes et des lagunes Nord-africaines.

La production est limitée par les capacités naturelles du site, elle est de l'ordre de 70 à 150 kg/ha/an.

1-2-2- L'élevage semi intensif ou semi extensif :

On considère comme semi-intensif les exploitations dans lesquelles les bassins de grossissement sont enrichis soit en fertilisants organiques et/ou minéral (fumure et engrais) qui favorisent la poussée végétale utile aux herbivores, soit directement en nourriture consommée par les animaux. On distingue donc suivant les cas : les élevages semi-intensifs fertilisés et les élevages semi-intensifs complémentés. Les deux modalités pouvant être d'ailleurs associées.

La fertilisation doit viser non seulement à favoriser la poussée algale, mais encore à la diriger sélectivement. C'est ainsi que si l'abondance du phytoplancton est un indice de haute productivité, la poussée des algues vertes, signe d'eutrophisation, annonce l'installation d'un équilibre écologique fragile dont la rupture s'accompagne d'une chute rapide de la teneur en O₂ suivi de la putréfaction des algues et de mortalité animale parfois massive.

La complémentation offre des possibilités différentes car elle permet en particulier un rendement élevé de la production de carnivores mais il est nécessaire de contrôler exactement la ration alimentaire fournie. En cas d'excès, la nourriture non consommée contribue à la pollution des étangs.

Les rendements de ce type d'élevage sont très variables de l'ordre de 1/2 tonne à 30 tonnes/ha /an.



Figure 7. Exemple d'un élevage semi-intensif complémenté à gauche et fertilisé à droite.

1-2-3- L'élevage intensif :

Les espèces sont élevées dans des bassins artificiels d'eau douce, saumâtre ou salée où toute est contrôlée par l'aquaculteur (T°C, O₂ , lumière...) et où elles sont alimentées par un régime d'alimentation artificiel formulé pour être adapter à chaque espèce élevée.

Les élevages semi-intensifs complémentés conduisent naturellement aux élevages intensifs purs où la totalité de nourriture est fournie artificiellement.

Dans les élevages extensifs ou semi-intensifs, l'aquaculteur se préoccupe constamment de maintenir un équilibre favorable à l'espèce exploitée (ciblée), mais encore, tels que les déchets, fèces, surplus alimentaire et cadavres, soient totalement minéralisés.

Au contraire, en aquaculture intensive, il n'est recherché qu'un rendement métabolique maximal sans aucun souci de maintien d'un équilibre écologique du milieu. La circulation de l'eau assure l'évacuation des déchets et l'apport d'O₂.

Ce type d'élevage, le plus évolué techniquement, concerne en général les espèces à intérêt commercial en raison des investissements parfois énormes pour lesquelles les rendements sont calculés par unité de volume et non plus, comme précédemment, par unité de surface. Exemple : le grossissement de certains poissons, en particulier tilapia et la carpe commune, la production atteint 420 Kg/m³/an en Allemagne.

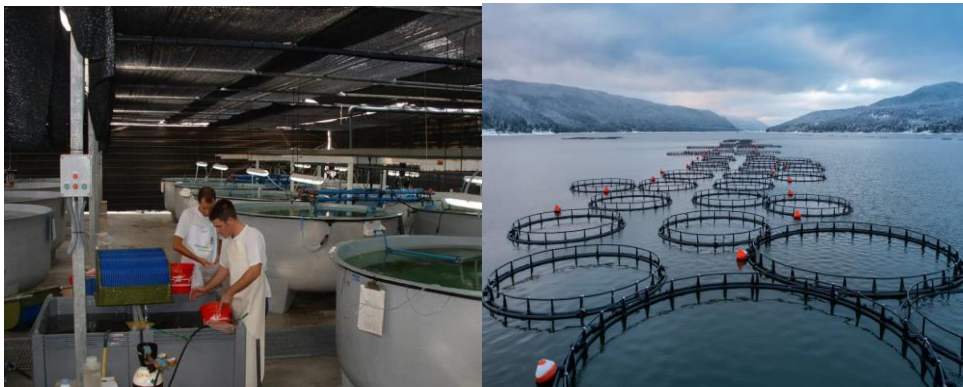


Figure 8. Exemple d'élevage intensif en cage flottante à droite et en bassin à gauche.

1-3- L'affinage :

L'affinage vise à préparer le produit fabriqué en vue d'augmenter sa valeur marchande. Il n'est encore appliqué qu'à un nombre limité de fabrication. il consiste généralement à une modification des dernières étapes de grossissement (changement de régime alimentaire, passage en milieu de salinité différente...) destinée à modifier la pigmentation ou le goût du produit destiné à la consommation (saumonification en pisciculture, verdissement en ostréiculture..).

////////////////////////////////////

Remarque : Saumonification ; c'est donné la couleur perdue pendant l'élevage.

2- Les différentes formes de l'aquaculture :

Nous les ramenons à 3 formes fondamentales : aquaculture de repeuplement, aquaculture d'aménagement et aquaculture de production intensive.

2-1- Aquaculture de repeuplement :

Elle consiste à introduire dans les milieux peu productifs, soit pour des causes géologiques, soit par l'action antérieure maladroite de l'homme (pollution, surpêche), des espèces susceptibles de reconstituer la richesse naturelle ou potentielle de ces milieux.

L'aquaculture de repeuplement peut prendre des formes variées dont nous donnerons 2 exemples démonstratifs :

- Le 1^{er} concerne des récifs artificiels par l'immersion de matériaux divers qui, installés sur des fonds détritiques (meubles) pauvre, à peuplement dispersé, attirent un grand nombre d'espèces de poissons (rascasses, pageots, congres), de crustacés (cigales et langoustes) et mollusques (moules, huître, coquille St-Jacques...).

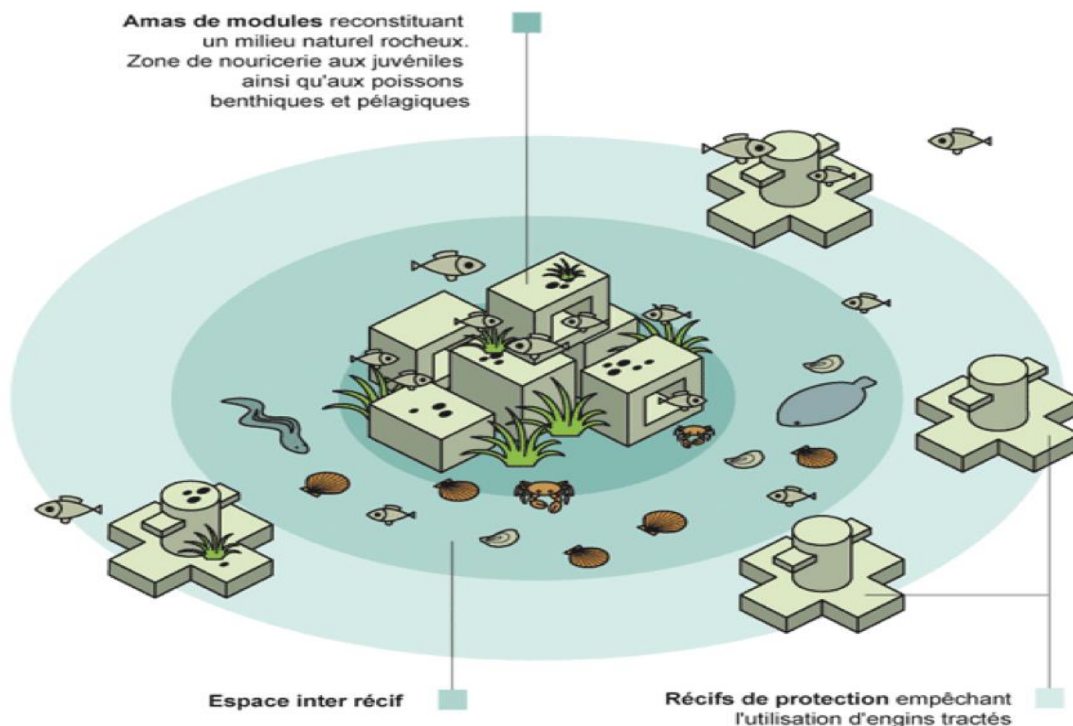


Figure 9. Présentation schématique de l'organisation des récifs artificiels Schéma et

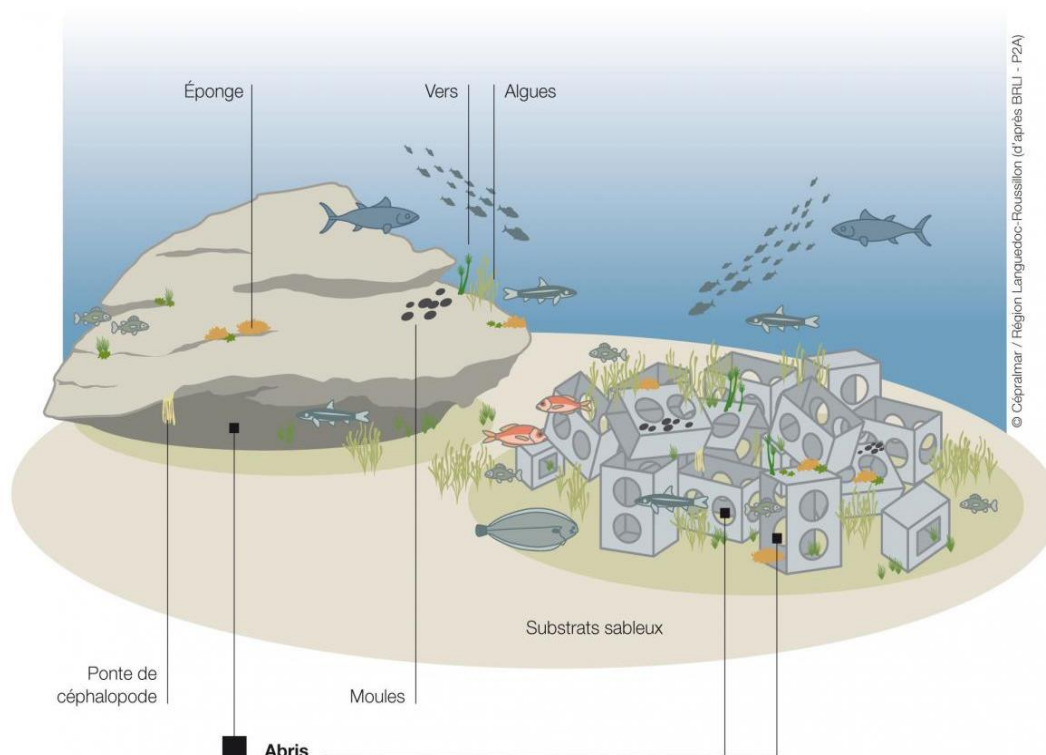


Figure 10. Fonctionnement du récif artificiel avec son environnement.

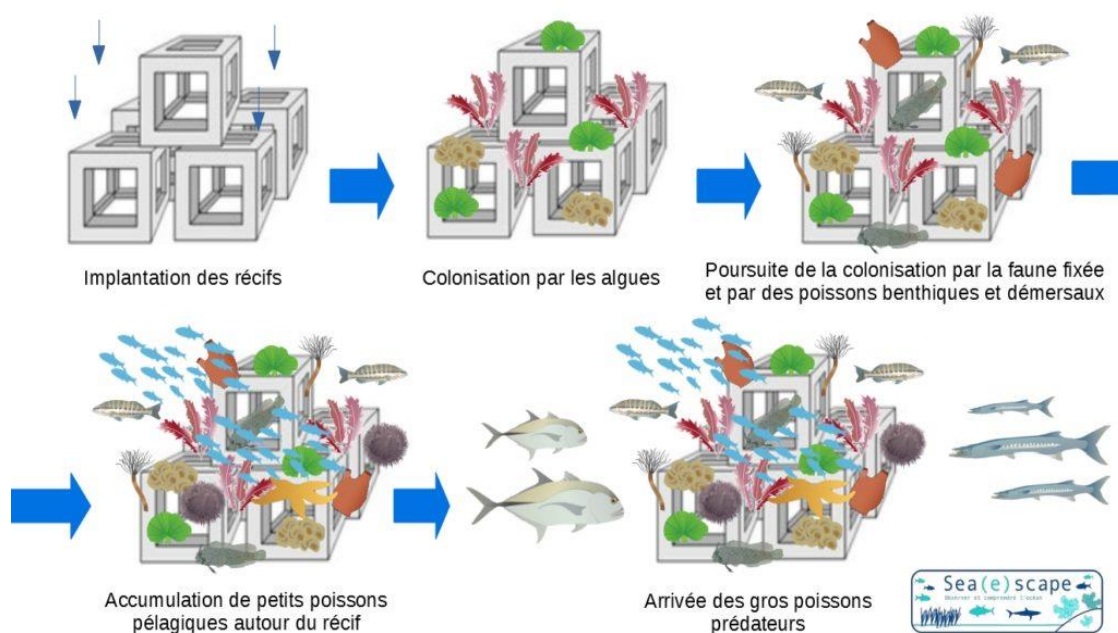


Figure 11. Etape de colonisation des récifs artificiels par les organismes marins.

Selon la définition d'IFREMER (2000) « Les récifs artificiels représentent des structures immergées volontairement dans le but de créer, protéger, ou restaurer un écosystème riche et diversifié. Ces structures (modules) peuvent induire chez les animaux des réponses d'attraction,

de concentration, de protection et dans certains cas une augmentation de la biomasse de certaines espèces ».

Les récifs artificiels peuvent être construits avec différents matériaux tels que des carcasses de voitures, épave, des anciens navires, jar, des structures métalliques, des pierres ou du béton (de loin le plus utilisé). L'apparence de ces structures est très variable, indifféremment. D'une manière générale, sauf dans le cas des récifs se composant d'épaves ou des plates-formes pétrolières, un récif artificiel est une structure modulaire composée de plusieurs unités élémentaires de petite taille plus faciles à transporter et à mettre en œuvre; ces modules peuvent être assemblés avec soin (habituellement en pyramides), disposées en piles aléatoires ou dispersés sur de grandes zones de surfaces inférieures. Souvent, les modules ont des formes complexes, riches en cavités et des saillies adaptées pour agir comme repaires ou supports pour les coraux durs ou autres organismes sessiles.



Figure 11. quelques formes des récifs artificiels.

- Le 2^{ème} concerne la possibilité d'augmenter la production des étangs littoraux en poissons juvéniles. Afin d'apprécier cette opportunité, il faut d'abord connaître la densité de peuplement actuel et estimer ensuite si cette densité est suffisante ou excessive.

2-2- Aquaculture d'aménagement :

Elle consiste à valoriser, par des méthodes extensives, les régions à haute productivité naturelle (estuaires, lagunes, hauts fonds littoraux...) dont les équilibres écologiques spontanés conduisent à la constitution des biomasses surtout algales inutilisables par l'homme.

2-3- Aquaculture de production intensive :

Elle consiste à fabriquer de protéines commercialisables à partir d'élevage aquatique et dans les conditions économiques les plus favorables pour l'exploitant. Il s'agit donc d'une activité de type industriel.

II- La pisciculture en eau douce

La pisciculture est une branche de l'aquaculture qui désigne l'élevage des poissons en eau douce, saumâtre ou salée. Cet élevage s'effectue dans des espaces entièrement ou partiellement clos (bassins en béton ou en plastique, nasses ou cages flottantes, étangs...) suivant les espèces.

Cette aquaculture est pratiquée essentiellement en eau douce → continentale (85%). C'est surtout une aquaculture vivrière, qui permettra de fournir localement des protéines animales. Les carpes (Asie) sont de loin les 1^{ères} espèces élevées (carpe commune, carpe herbivore, carpe argentée, carpe marbrée) pour plus de 20 millions de tonnes (= 70%) en 2008. Puis les Cichlidés (Tilapia) ; 2,8 millions de tonnes. Les Salmonidés : 2,25 millions de tonnes, avec deux grands producteurs : la Norvège suivi du Chili. Leur 1^{ère} phase d'élevage s'effectue en douce, suivi de grossissement en eau marine. Enfin viennent les Silures (poisson chat), les anguilles. Les rendements vont de 100Kg/ha en extensif à 100Kg/m³ en intensif.

Il existe une aquaculture en eau saline alcaline pour des espèces qui s'y prêtent, dans des zones où la composition des sols et les propriétés chimiques de l'eau disponible ne sont pas propices aux activités plus classiques que sont la culture de grains ou l'élevage en pâturages. Les étangs en terre demeurent le type d'installation le plus répandu dans le secteur de l'aquaculture continentale, bien que les bassins de type raceway, les réservoirs hors-sol, les enclos et les cages soient aussi couramment utilisés lorsque les conditions locales le permettent. La rizipisciculture est certes importante dans les zones où elle est traditionnellement pratiquée mais elle se diffuse rapidement, en particulier en Asie.

En 2016, l'aquaculture continentale a produit 51,4 millions de tonnes de poisson de consommation, soit 64,2 % de la production mondiale de poisson d'élevage destiné à la consommation, contre 57,9 % en 2000. L'élevage de poissons continue de dominer l'aquaculture continentale, avec 92,5 % (47,5 millions de tonnes) de la production totale. Cependant, sa part s'élevait à 97,2 % en 2000. Cette baisse s'explique par un développement relativement soutenu de l'élevage d'autres groupes d'espèces, en particulier les crustacés produits par l'aquaculture continentale en Asie, y compris les crevettes, les écrevisses et les crabes. La production de l'aquaculture continentale comprend certaines espèces de crevettes marines, telles que la crevette pattes blanches, qui peuvent être élevées en eau douce ou en eau continentale saline alcaline après acclimatation.

En eau douce, la majeure partie des poissons sont cultivés en étang, ceci nous incite à consacrer une partie qui se limite à donner des informations sur les caractéristiques principales de ces derniers.

Le terme étang, qui vient de l'ancien français « estanchier » (étancher, barrer), est étroitement lié à la gestion piscicole. C'est un plan d'eau artificiel de faible profondeur initialement aménagé par l'homme pour l'élevage de poisson et plus ou moins complètement vidangeable. L'étang doit avoir un certain nombre de caractéristiques liées à la gestion piscicole (système de vidange, faible profondeur moyenne, pente assez douce). Ces caractéristiques font qu'en général, ces écosystèmes abritent un patrimoine faunistique et floristique très intéressant.



Figure 1. Étangs d'élevage : à gauche : les juvéniles de tilapias sont élevés en cage, à droite : l'étang vient d'être vidangé, et les derniers poissons enfouis dans la vase sont récoltés à la main. (IRD/C. Lévêque)

1- Particularité de la production biologique en étang :

Les espèces élevées en milieu continental (eau douce) présentent différents régimes alimentaires :

- Certains poissons tirent leur nourriture exclusivement du plancton. Ce sont des planctonophages (ex : carpe argentée → phytoplancton, carpe marbrée → zooplancton).
- La carpe commune est ainsi un brouteur du fond efficace (se nourrit du zooplancton et du matériel se trouvant au fond → benthophage détritivore). Quelques poissons, tel que la carpe herbivore indienne, consomment de grandes quantités de plantes aquatiques ou d'herbes aquatiques (→ macrophytophages).

Les modalités de la production dans les étangs de pisciculture peu profonds suivent des processus analogues, avec cependant quelques particularités essentiellement celle de la production autotrophe (phytoplancton et macrophyte) qui est très importante dans toute la

couche d'eau (faible profondeur) d'où l'orientation d'élevage d'espèce phytophage : la faible épaisseur de la couche d'eau (de l'étang) permet la photosynthèse dans toute la colonne d'eau ; phytoplancton, diverses algues macrophytes ou des phanérogames sont les producteurs primaires qui entre en compétition pour colonisé le milieu. A la différence des immenses milieux naturels, l'intervention de l'homme va permettre d'orienter la production de ces milieux fermés, d'étendue limitée (de quelques ha à quelques dizaines d'ha) vers l'espèce utile à l'homme.



Figure 2. Schéma des compartiments d'un étang intervenant dans la production de poisson (Schumberger et Elie, 2012)

1-1- Caractères physiques :

Leur profondeur moyenne va de 1,5m à 3 à 4m au maximum, leur surface de quelques centaines de m² à plusieurs hectares (10 à 100 ha). Les petits étangs sont généralement utilisés pour le frayage et la production des juvéniles. Les étangs supérieurs à 10 ha sont difficiles à gérer et ne sont pas très appréciés par la plus part des éleveurs. Les étangs sont généralement situés sur des pentes douces. Généralement leur forme est carré ou rectangulaire. On rencontre en principe une zone sableuse près du bord et une zone boueuse au centre. Ils sont vidangeables et font l'objet d'une pêche annuelle. La température de l'eau suit celle de l'air, mais il y a une stratification en été avec chute de l'oxygène au niveau du fond et accumulation de phosphate et d'ammoniaque. En fin d'été un mélange des eaux de surface et des eaux du fond survient, même sans vent, par refroidissement nocturne des eaux superficielles. En conditions normales, un étang doit avoir un taux d'oxygène > 3.5mg/l et une teneur en ammoniaque < 0.02mg/l. Remarquant que les poissons élevés en étang sont le plus souvent des Cyprinidés dont les exigences en O₂ sont peu élevées.

1-2- Fertilisation :

L'introduction des fertilisants consiste à augmenter intentionnellement la production autotrophe des étangs (eutrophisation intentionnelle). Elle peut se faire par déversement direct d'engrais minéral ou organique. En général, on préconise des apports annuels de N et P : de 15-20 kg/ha/an de P₂O₅ (acide phosphorique).

L'emploi d'engrais azotés reste rare et limité de 5 à 10 kg/ha/an d'azote.

Pour les engrais organiques, les volumes employés sont :

- En fiente (la crotte) fraîche : 1 à 3 tonnes/ha/an.
- En fumier déshydraté : 100 à 300 kg/ha/an.

En outre, la fertilisation du milieu est améliorée partiellement par d'une part les pertes provenant de la nourriture additionnelle inerte des poissons non consommée et, d'une autre part, par les matières fécales des animaux qui seront recyclés et utilisés par les producteurs primaires mais aussi par le zoobenthose et les bactéries.

Les apports exogènes de fumure organique et minérale permettent de restituer au milieu les éléments perdus au moment de l'exploitation de la matière vivante produite (poissons pêchés, perte du plancton au moment des accès), donc de rétablir la dynamique des sels nutritifs de l'étang.

Remarque : L'engrais organique ne doit pas être directement répandu dans l'étang, surtout dans le cas d'un étang non vidangeable, car une quantité importante de fumier pourrait

////////////////////////////////////

causer la détérioration des conditions physico-chimiques du fond de l'étang et entraîner son vieillissement. Pour cette raison, il est possible d'utiliser plusieurs méthodes de fertilisation mais la plus recommandée est celle du sac de jute (Fig. 9) qui consiste à mettre le fumier dans un sac et à le plonger dans l'eau, suspendu à un pieu. Cette méthode est la meilleure car elle ne coûte pas cher et est facile à pratiquer. Le sac de fumier est renouvelé une fois toutes les deux semaines.



Figure 3. Méthode du fumier dans un sac de jute pour fertilisation d'un étang

L'intervalle de temps entre le début de la fertilisation et le déversement des alevins dans l'étang est généralement de 7 à 10 jours, car il faut attendre la décomposition complète des matières organiques et la production des ressources alimentaires naturelles. Si l'intervalle de temps est trop court, la production des ressources alimentaires naturelles sera insuffisante.

Après l'introduction des alevins, il faut poursuivre la fertilisation jusqu'à la récolte des poissons, à moins que l'eau soit trop trouble. La prolifération du phytoplancton est appréciée grâce à la transparence et à la couleur de l'eau. La transparence, quant à elle, est mesurée avec le disque de Secchi (Fig. 4), mais on peut également utiliser la paume de la main.

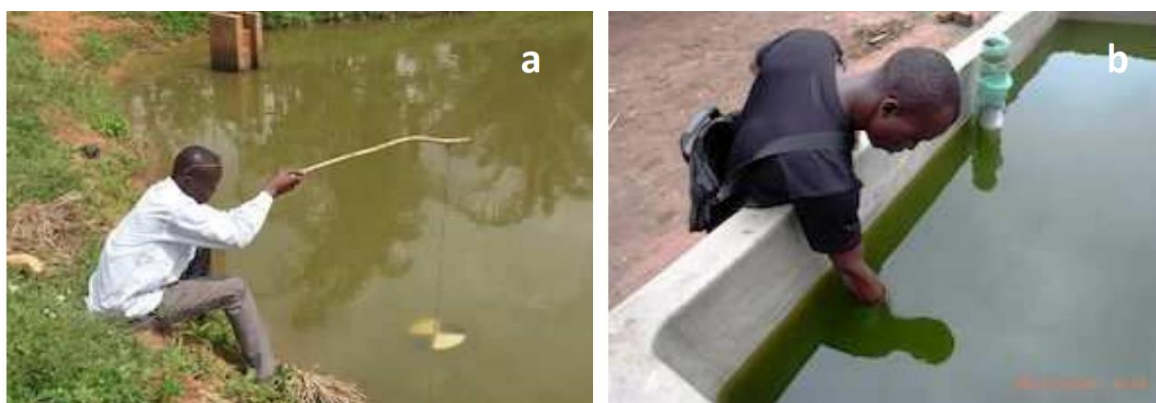


Figure 4. Evaluation de la transparence de l'eau au moyen du disque de Secchi (a), avec la paume de la main (b).

La décision de fertiliser ou non l'étang dépend de la transparence de l'eau. Par exemple, si la transparence de l'eau est en dessous de 30 cm, il faut arrêter de fertiliser ; si la transparence est au-dessus de 40 cm, on peut continuer la fertilisation avec une à deux semaines d'intervalle. La couleur adéquate de l'eau pour l'élevage de poissons est le vert clair.

1-3- Production primaire :

L'activité photosynthétique des étangs montre d'importante variation de la teneur en O₂ dissous qui en fin de journée (jours ensoleillé) atteint des valeurs supérieures à 10mg/l, avec un minimum (1 à 3mg/l) dû à une respiration intense de la biomasse qui peut engendrer une anoxie et des signes de mortalité. Les oscillations (balancements) qualitatives du peuplement phytoplanctonique sont liées non seulement aux saisons (dominance de certains groupes) mais surtout à la dynamique des sels nutritifs dans l'étang. Ex : elles deviennent responsables de vieillissement du milieu en créant de l'ombre et leur décomposition aura un effet négatif. En pratique, la production phytoplanctonique est estimée à partir de la teneur en chlorophylle a (de l'ordre de 1 à 100µg/l en général). Quant à la production d'O₂ nette, elle est appréciée par la différence entre la concentration en O₂ dans une bouteille transparente et dans une bouteille noire exposées à un temps t et une profondeur P.

1-4- Production secondaire :

La production zooplanctonique dépend du peuplement ichthyologique prédateur. Si ce dernier est faible, il y a dominance des cladocères (Daphnie) constituant jusqu'à 95% de la biomasse (moyenne de 100ind/l). Les autres taxons sont représentés par les copépodes ainsi que les rotifères. Lorsque la densité des poissons est assez élevée, les formes larvaires (nauplie et copépodite) sont plus abondantes que les adultes qui sont consommés. Pour les cladocères, 50% de la population sont de taille < à 2mm. Concernant le zoobenthos, on rencontre surtout des oligochètes, des mollusques et aussi des crustacés.

2- Autres méthodes piscicoles :

Bien que la pisciculture en étang soit la méthode d'élevage la plus courante, certaines autres méthodes sont utilisées aux endroits où la construction d'étang est impossible.

2-1- Culture en cage :

Dans des nombreux pays du monde, la seule eau disponible est l'eau courante ou celle de grande pièce d'eau qu'il est impossible de dévier vers un étang. Dans ces eaux, les poissons

////////////////////////////////////

peuvent être élevés dans des petites cages. La culture en cage peut également être pratiquée dans les zones marécageuses.

Il s'agit d'une technique, plus sophistiquée, d'élevage intensif pratiqué dans le milieu naturel. Au Niger, par exemple, les poissons sont élevés dans des cages immergées dans le fleuve (Fig. 2).



Figure : Station d'élevage de *Oreochromis niloticus* en cages flottantes sur le Niger à Kokomani.

Les cages sont des boîtes rectangulaires, des cylindres en bambou ou tout autre récipient pouvant être dans un cours d'eau de façon que l'eau passe à travers (voir figure). Les cages peuvent également être faites en treillis métalliques, en tulle, en bois ...etc. Elles doivent être ancrées afin de ne pas être emportées par le courant.

Ce sont des structures semi-mobiles que l'on installe en eau libre ou près des rives des cours d'eau et des retenues naturelles ou artificielles. Elles sont maintenues à la surface de l'eau par des bouées ou flotteurs divers ou posées sur le fond grâce à des pieds.

Ce sont des constructions relativement simples. Les flotteurs parfois constitués de bidons de réemploi sont remplacés progressivement dans les installations modernes par des flotteurs en plastique. Suivant la grandeur des mailles, la nature du fil ou du grillage, les parois des cages sont plus ou moins rapidement colmatées par des algues et organismes divers. Il est donc nécessaire de les nettoyer régulièrement

La culture en cage donne de bons résultats dans les pays où l'eau est très fertile. Dans certains cas, il faut donner une nourriture complémentaire. Le meilleur endroit où placer une cage est un endroit ensoleillé, proche de votre habitation, dans une eau profonde où des courants et des vents légers amènent de l'eau propre dans la cage.

Les cages sont également utilisées dans les étangs pour garder les poissons entre la récolte et la vente. Elles sont parfois utilisées comme bassin de reproduction.

❖ **Avantages d'élevage en cage :**

- Les cages sont faciles à construire.
- Les poissons en cage sont faciles à mettre en charge et à nourrir.
- Les cages sont faciles à récolter.

2-2- Les enclos :

Certaines espèces ne supportent pas les étangs d'élevage. Lorsque les conditions le permettent (faible profondeur, eau de bonne qualité et bien oxygénée), l'élevage en enclos en milieu naturel est une alternative à l'élevage contrôlé en étang.

Le principe de l'enclos est simple : sur des piquets de bambou ou bois enfoncés dans le sédiment, on tend des filets qui laissent passer l'eau et les organismes planctoniques, mais retiennent les poissons. La hauteur de filet doit dépasser le niveau de l'eau en cas de variation de celle-ci. Ce dispositif est installé dans des endroits peu profonds (1 à 2 m de profondeur) à l'abri des vents violents. La surface des enclos varie entre 0,5 à 1 ha. Les filets sont entrés à 50 cm dans la vase ou lestés par le bas avec du poids ou du plomb pour éviter la fuite des poissons.

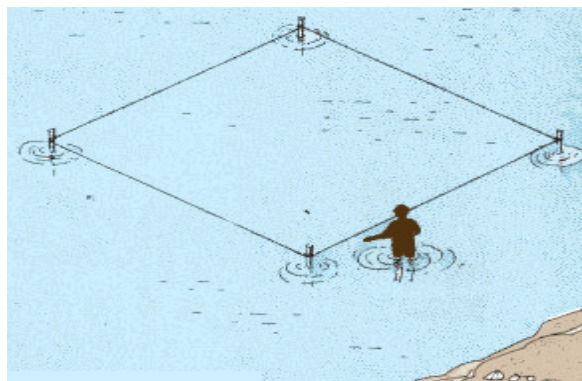
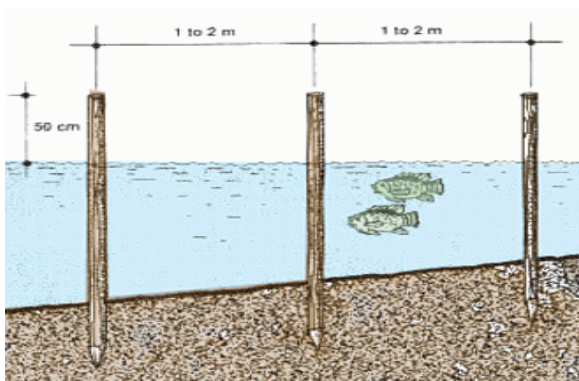
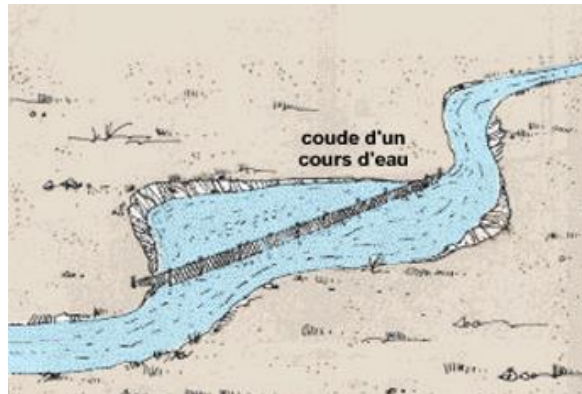
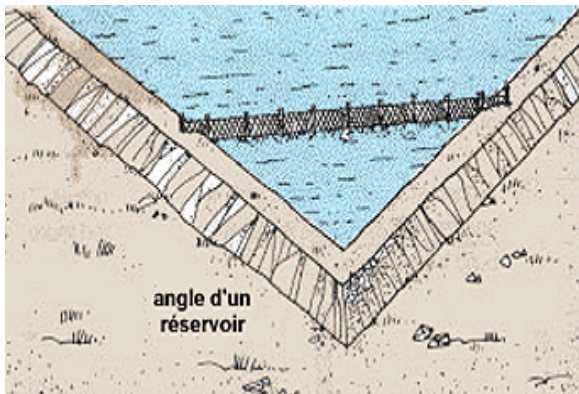


Figure 3. Enclos d'élevage de mâchoiron à la station de pisciculture de Layo. Lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. (IRD/C. Lévêque).

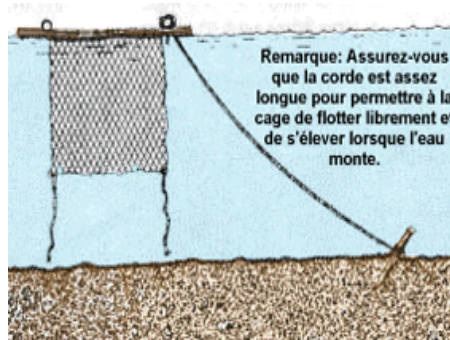
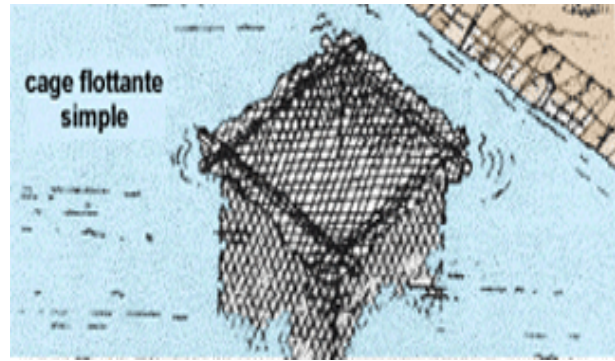
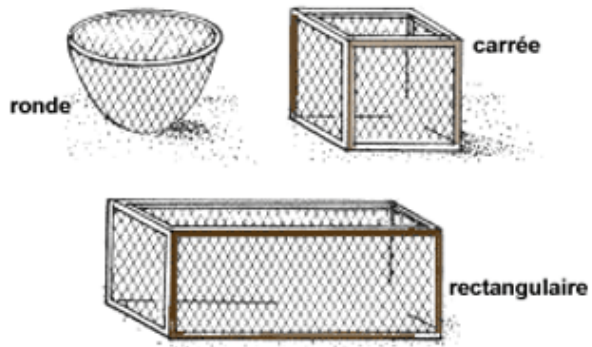
Placés dans des lacs fertiles, les enclos donnent une haute production de poisson. Ils ne nécessitent aucun apport d'aliment ou d'engrais et très peu d'entretien. Les poissons sont récoltés à la fin de la saison de croissance. Dans les endroits les moins fertiles, il peut être nécessaire d'apporter de la nourriture dans les enclos.

❖ **Inconvénients des enclos :**

- Leur construction est coûteuse.
- Ils résistent 3 à 5 ans dans l'eau.
- Les enclos sont généralement construits dans les zones peu profondes d'un lac où ils prennent la place qu'ont besoin les espèces naturelles pour se nourrir ou se reproduire ; cela réduit la production naturelle de ces milieux.
- Les déchets des poissons et la nourriture non consommée polluent le lac (vrai aussi pour les cages).
- Les poissons en enclos peuvent facilement être volés (vrai aussi pour les cages).



Des images d'enclos



Images de cage flottante.

III- La polyculture

1. Définition et principe de la polyculture

La polyculture est une technique d'élevage aquacole qui consiste à cultiver plusieurs espèces de poissons dans un même plan d'eau (étang, bassin, lagune, etc.). Cette approche repose sur l'exploitation optimale des ressources alimentaires naturelles, notamment en tirant parti des différents niveaux trophiques présents dans l'écosystème aquatique.

Contrairement à la monoculture, où une seule espèce est élevée dans un milieu donné, la polyculture vise à maximiser la productivité en répartissant différentes espèces ayant des habitudes alimentaires et des comportements complémentaires dans la colonne d'eau.

2. Principe de répartition des espèces en polyculture

Chaque espèce occupe une zone spécifique du plan d'eau en fonction de son mode de vie et de son régime alimentaire :

- Les espèces benthiques (du fond) : Elles vivent au fond de l'étang et se nourrissent principalement de débris organiques, de vase et de petits invertébrés présents dans le substrat. Exemple : la carpe de vase.
- Les espèces pélagiques (de pleine eau) : Elles occupent la colonne d'eau et consomment principalement du plancton, des algues et parfois des petites particules organiques. Exemple : le tilapia, qui peut être herbivore, planctonophage ou omnivore selon l'espèce.
- Les espèces phytophages (herbivores) : Elles consomment des plantes aquatiques ou des algues flottantes. Exemple : la carpe herbivore.
- Les espèces zooplanctonophages : Elles se nourrissent essentiellement de zooplancton, jouant un rôle clé dans la régulation des populations de petits crustacés aquatiques. Exemple : la carpe à grosse tête.

Grâce à cette complémentarité alimentaire et écologique, les poissons ne rentrent pas en compétition directe pour la nourriture et exploitent différentes ressources naturelles disponibles dans l'étang, ce qui permet une meilleure conversion alimentaire et une productivité accrue.

3. Exemples de systèmes de polyculture

La polyculture est une technique utilisée dans plusieurs régions du monde, notamment en Asie (Chine, Inde, Bangladesh), où elle est pratiquée depuis des siècles.

a) La polyculture chinoise des carpes.

En Chine, l'un des systèmes les plus courants associe trois espèces de carpes aux régimes alimentaires distincts :

- Carpe argentée : se nourrit principalement de phytoplancton (algues microscopiques).
- Carpe à grosse tête : consomme surtout du zooplancton.
- Carpe herbivore : se nourrit de plantes aquatiques.

Grâce à cette combinaison, les ressources alimentaires naturelles sont exploitées sans compétition entre les espèces, et l'étang est autonettoyé de manière naturelle (moins d'accumulation d'algues et de matière organique).

b) La polyculture tilapia-carpe.

Un autre exemple répandu est la polyculture de tilapia et de carpe commune:

- Le tilapia consomme principalement du phytoplancton.
- La carpe commune, quant à elle, se nourrit de zooplancton et de matière organique présente au fond de l'étang.

Cette association permet d'augmenter la productivité globale de l'étang.

4. Avantages de la polyculture.

- Optimisation des ressources alimentaires: chaque espèce exploite une source différente de nourriture, ce qui évite la compétition et maximise la production.
- Amélioration de la qualité de l'eau : en régulant le phytoplancton, le zooplancton et les matières organiques, la polyculture réduit l'eutrophisation et maintient un équilibre écologique.
- Diversification des revenus: en produisant plusieurs espèces, le pisciculteur réduit les risques économiques liés aux fluctuations du marché.
- Réduction des coûts d'alimentation : en utilisant principalement des ressources naturelles, les besoins en aliments artificiels sont moindres.

5. Dimensions et caractéristiques des étangs de polyculture

- Les étangs de polyculture sont généralement de taille modeste afin de faciliter la gestion, le contrôle et la vidange.
- En Chine, une surface de 6000 m² est considérée comme optimale pour assurer une bonne productivité tout en permettant une gestion efficace.
- La profondeur est comprise entre 2 et 2,5 m car moins profond, il produit moins.

IV- L'aquaculture intégrée

On désigne sous ce terme l'intégration ou l'introduction d'élevage, généralement du poisson (pisciculture intégrée), dans un milieu à vocation agricole. Le procédé consiste à développer les deux activités, parallèlement ou séquentiellement, en bénéficiant des avantages de l'une pour l'autre. En général, la pisciculture intégrée est plus préconisée dans les zones rurales, notamment au niveau des exploitations agricoles moyennes et petites.

Mais il en existe d'autres formes d'aquaculture intégrée : l'épuration des eaux usées est un exemple d'aquaculture intégrée.

1- Avantage de la pisciculture intégrée à l'agriculture :

L'intégration de la pisciculture à l'agriculture permet de :

- Garantir un apport supplémentaire en protéine.
- Diversifier les revenus de l'exploitation agricole.
- Valoriser l'utilisation des plans d'eau, naturels ou artificiels → l'eau des étangs ou bassins peut servir à la fois à l'arrosage des cultures et des jardins voisins ainsi comme un milieu d'élevage.
- Créer un micro écosystème qui permet de recycler les résidus agricoles dans la pisciculture.
- Diminuer l'utilisation des engrais chimiques → la boue accumulée au fond de l'étang peut périodiquement être retirée pour fertiliser les cultures voisines.
- Accroître les rendements agricoles de l'exploitation.
- Développer une agriculture bio et durable. (voir figure).

2- Type de pisciculture intégrée :

Il existe deux types d'intégration de la pisciculture à l'agriculture, il s'agit de :

2-1- La pisciculture intégrée à la production végétale :

Consiste généralement à élever des poissons dans des étangs et /ou des bassins d'eau destinés à l'irrigation, en utilisant cette eau très riche en éléments nutritifs pour irriguer les cultures agricoles. Dans ce cas, les poissons sont nourris des déchets et des résidus des cultures agricoles produites par l'exploitation.

Exemple d'un système intégré végétaux- poisson.

→ Systèmes cultureux intégrés graminées-poisson en Chine: La pisciculture intégrée est connue depuis longtemps en Chine depuis le premier et au deuxième siècle av. J.-C.

En Chine, les systèmes piscicoles intégrés sont courants et utilisent des graminées et des plantes aquatiques comme compléments alimentaires pour les poissons. Les agriculteurs cultivent diverses espèces de graminées sur leurs exploitations (champs, parcelles non utilisées, digues, étangs asséchés) et les distribuent directement aux poissons. Ils utilisent également les rivières, lacs, fossés et mares pour cultiver des plantes aquatiques comme aliment. Ces graminées, faciles à produire sur place, sont un complément peu coûteux pour les poissons d'élevage, tels que la carpe herbivore, la carpe argentée, la carpe marbrée et la carpe commune.

Ce modèle fonctionne bien en Chine pour les raisons suivantes:

- Faible concurrence pour les graminées : En Chine, il y a peu d'animaux herbivores en pâturage qui pourraient consommer les graminées. Cela signifie que ces ressources restent largement disponibles pour l'alimentation des poissons, sans compétition avec d'autres animaux.
- Disponibilité d'alevins de carpe herbivore : Les alevins de carpe herbivore sont facilement accessibles. Ces poissons, une fois intégrés dans le système, se nourrissent des graminées, ce qui réduit les coûts d'alimentation pour les pisciculteurs.
- Utilisation des déchets dans la polyculture: En pisciculture, la polyculture consiste à élever plusieurs espèces de poissons ensemble. Les déchets produits par la carpe herbivore peuvent servir de nourriture ou de ressources pour d'autres espèces de poissons. Cela optimise l'utilisation des ressources et contribue à l'efficacité globale du système.

Ces facteurs rendent ce modèle rentable et bien adapté à la production piscicole en Chine.

2-2- La pisciculture intégrée à la production animale :

L'élevage de poulets, des canards, de porcs, vaches en bordure d'étang ou sur des claies au-dessus de l'étang pour les petit animaux permet :

- d'une part, le recyclage direct de leurs excréments dans l'écosystème aquatique. Pour que ce recyclage soit efficace, il faut une harmonie entre la quantité d'animaux élevés et la capacité des divers maillons trophiques de l'étang à incorporer ces matières à l'écosystème.
- et d'autre part, l'utilisation directe ou indirecte (être transformés avant utilisation) de leurs déchets, qui comprennent le fumier et l'urine, dans l'alimentation du poisson, permettant l'obtention de produits bio.

Exemple d'un système intégré animal- poisson.

→ Élevage intégré poisson-canard : L'élevage de canards sur des étangs complète parfaitement la polyculture piscicole, car les canards cohabitent très bien avec les poissons d'élevage. Ce système offre plusieurs avantages :

- Les fientes des canards fertilisent naturellement l'étang lorsqu'ils y évoluent librement, éliminant les coûts liés aux engrais et aliments complémentaires. C'est pourquoi on les appelle parfois des "machines à engrais".
- Les canards limitent la croissance des plantes aquatiques envahissantes.
- En se nourrissant au fond de l'étang, ils ameublissent le sol et libèrent les nutriments, ce qui augmente la productivité de l'étang.
- En nageant, ils oxygènent l'eau, ce qui leur vaut le surnom de "aérateurs biologiques".
- Les abris des canards peuvent être construits en bordure de l'étang, ne nécessitant pas de terrain supplémentaire.
- Les canards trouvent presque toute leur nourriture dans l'étang (herbes aquatiques, insectes, vers), réduisant le besoin d'aliments supplémentaires.
- Ils n'ont pas besoin d'abris sophistiqués car ils passent la majeure partie de la journée dans l'eau. Environ 30 canards suffisent pour fertiliser un étang de 1 000 m².

3- Caractéristiques de l'élevage piscicole :

- Mode d'élevage : extensif ou semi –intensif.
- Enceinte d'élevage : étang / bassin d'irrigation.
- Dimensions recommandées :
 - Superficie : 100 à 500 m²
 - Profondeur : 1 à 3m
 - Nature du fond : argileux ou membrane plastique légèrement inclinée
- Mise en charge de poisson : de 2 à 3 alevins par m²
- Production moyenne : 60 à 100 kg/m²
- Durée de l'élevage : varie selon l'espèce, le milieu et les conditions.
- Renouvellement de l'eau : laisser l'eau jusqu'à verdissement afin d'irriguer les cultures agricoles.

4- Alimentation du cheptel de poisson :

4-1- Application de l'engrais :

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

- Quantité d'engrais distribué : 1 kg de fumier sec par 100 m²/jour ou 2,5 kg de fumier frais de volaille ou du canard, ou 6 kg de fumier frais de vache.
- Fréquence de distribution : une fois par jour répandue sur toute la surface de l'étang.

4-2- Alimentation végétale :

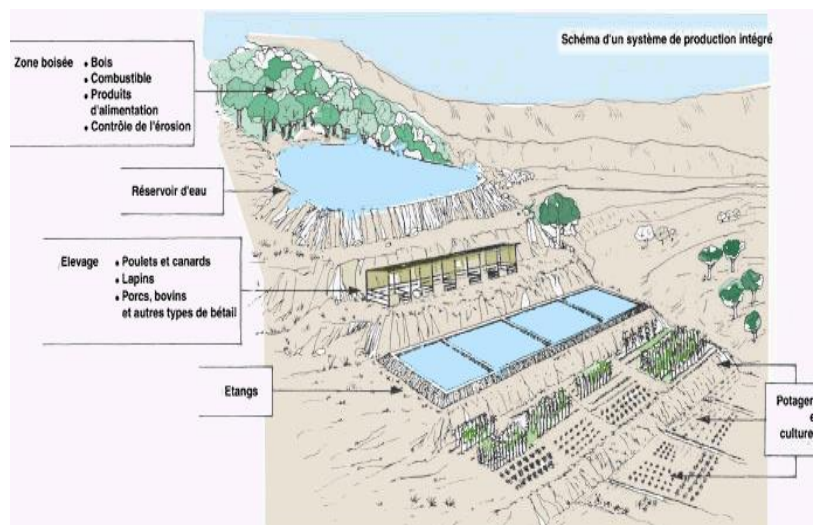
Les résidus ou les sous-produits des cultures des champs ainsi que les plantes aquatiques peuvent servir de nourriture des espèces herbivores comme la carpe herbivore et aux espèces omnivores comme la plus part des espèces de tilapia, de poisson chat et de la carpe commune.

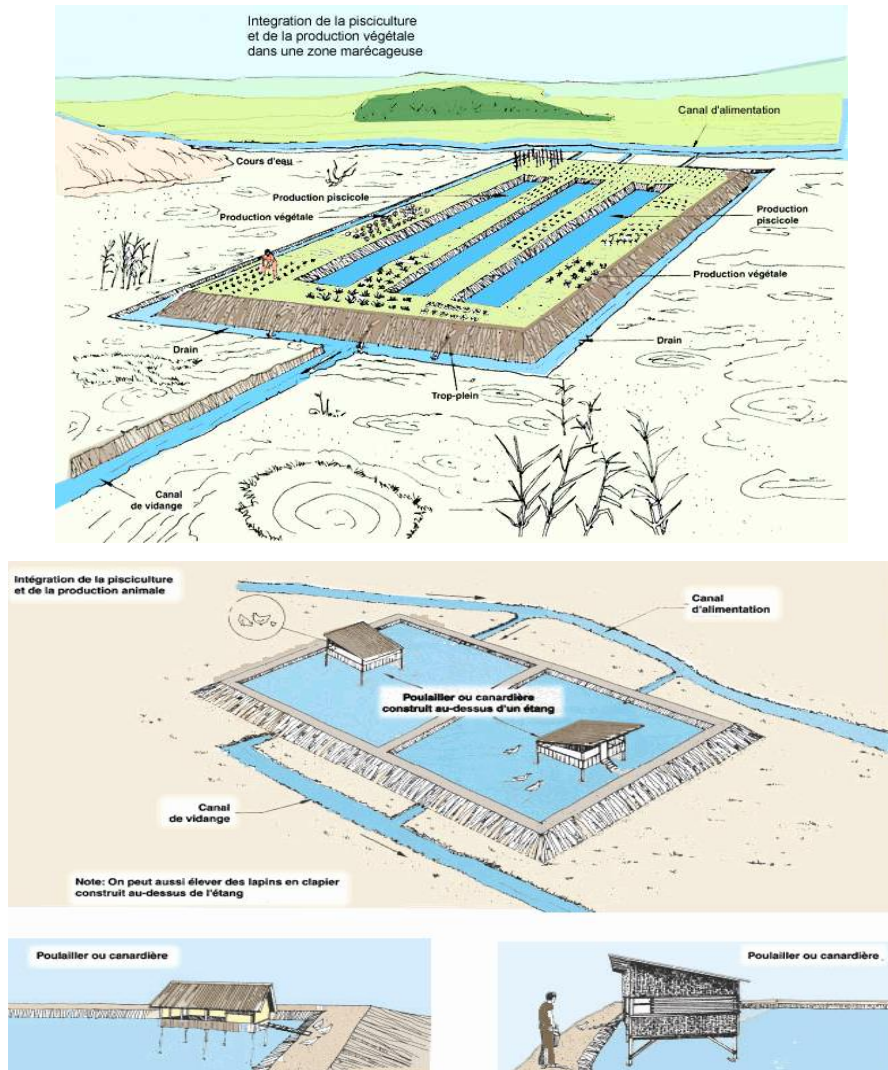
Si le résidu végétal ne peut pas être directement consommé par les poissons, il peut servir d'engrais.

5- Autre forme de l'aquaculture intégrée :

L'épuration des eaux usées est un exemple d'aquaculture intégrée.

Des eaux usées domestiques (eaux d'égout) chlorées ont été testées pour alimenter des bassins d'élevage de tilapia en Afrique de Sud : sans autre nourriture, la production s'est située entre 3.9 et 8.1 tonnes/ha pour une durée d'expérience de 210 à 226 jours.





5-2- L'aquaponie :

Aquaponie = aquaculture + hydroponie
(élevage de poissons + culture de légumes hors-sol)

L'aquaponie est une forme d'aquaculture intégrée qui associe une culture de végétaux en « symbiose » avec l'élevage de poissons. Ce sont les déjections des poissons qui servent d'engrais pour le végétal cultivé.

Le mot « aquaponie », traduction de l'anglais *aquaponics*, est un mot-valise formé par la fusion des mots aquaculture (élevage des poissons ou autres organismes aquatiques) et hydroponie (culture de plantes hors-sol).

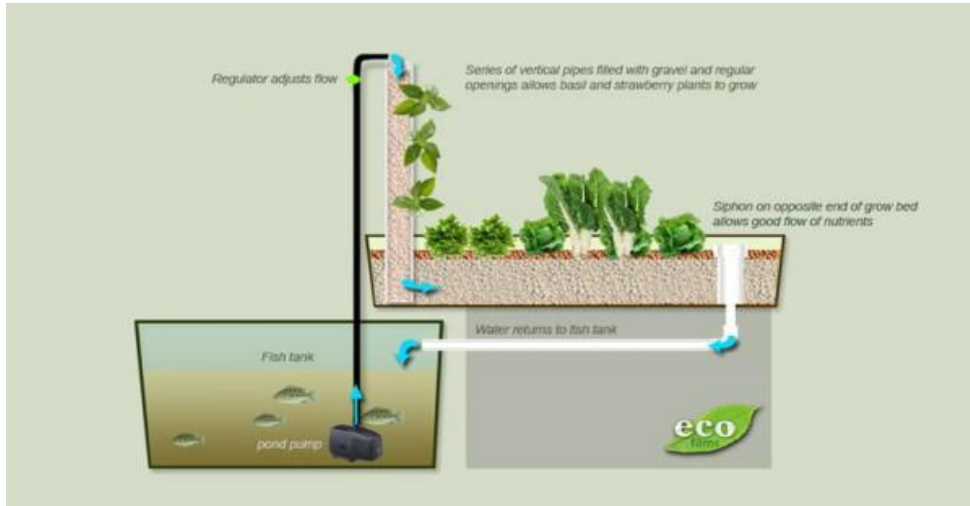


Figure 1 : système d'aquaponie

5-2-1. Historique de l'aquaponie.

L'aquaponie est une technique ancestrale, différentes formes ont été utilisées depuis une haute antiquité, peut-être pas toujours consciemment, dont dans les chinampas mésoaméricaines (hortillonnages sur lesquels étaient déposés les boues des canaux, chargés entre autres d'excréments de poisson) et dans les rizières asiatiques (figure. 2).

L'aquaponie est encore pratiquée en Asie. Elle fait l'objet d'un regain d'intérêt en occident, notamment pour nourrir des populations isolées (sur des îles notamment, par exemple à Saint-Pierre-et-Miquelon).

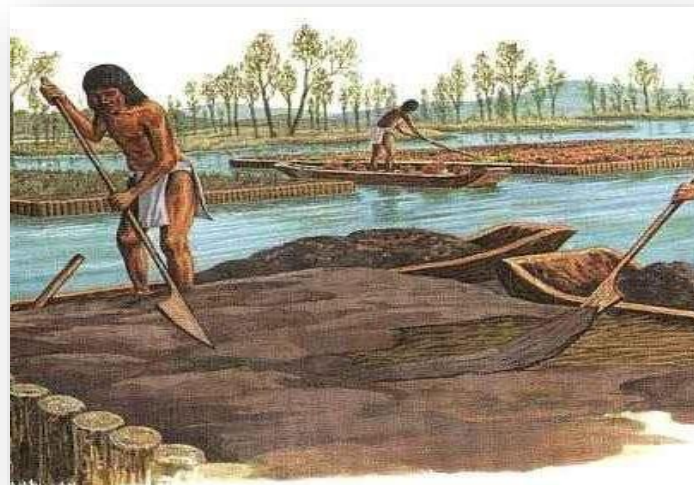


Figure 2 : Chinampas amérindien. (Source : aquaponic_plant_production.jpg)

L'aquaponie a été initiée dans les années 70 sans attirer l'intérêt des filières professionnelles. La raison réside probablement dans le fait que la prise en compte de la ressource en eau du point de vue qualitatif et quantitatif ne présentait pas à l'époque une priorité pour les activités agricoles.

Le besoin alimentaire humain croissant de protéine animal que la pêche a échoué de le faire sans saccager les stocks biologique des mers et des océans, l'aquaponie présente une solution a ce problème vu son potentiel écologique qui est très économique en eau.

Ce n'est que depuis les années 2000 que ce mode de production a remobilisé des instituts de recherche et initié des démarches à différentes échelles de par le monde. Aujourd'hui, l'Aquaponie fait l'objet d'une activité économique significative au Canada, au Québec, aux USA, en Australie, en Hollande et induit de nombreuses démarches de particuliers initiés par de nombreux supports média : vidéos, articles.

5-2-2- principe et fonctionnement de l'aquaponie :

Il s'agit en fait d'un écosystème dans lequel interviennent trois types d'organismes vivants dans un cycle écologique:

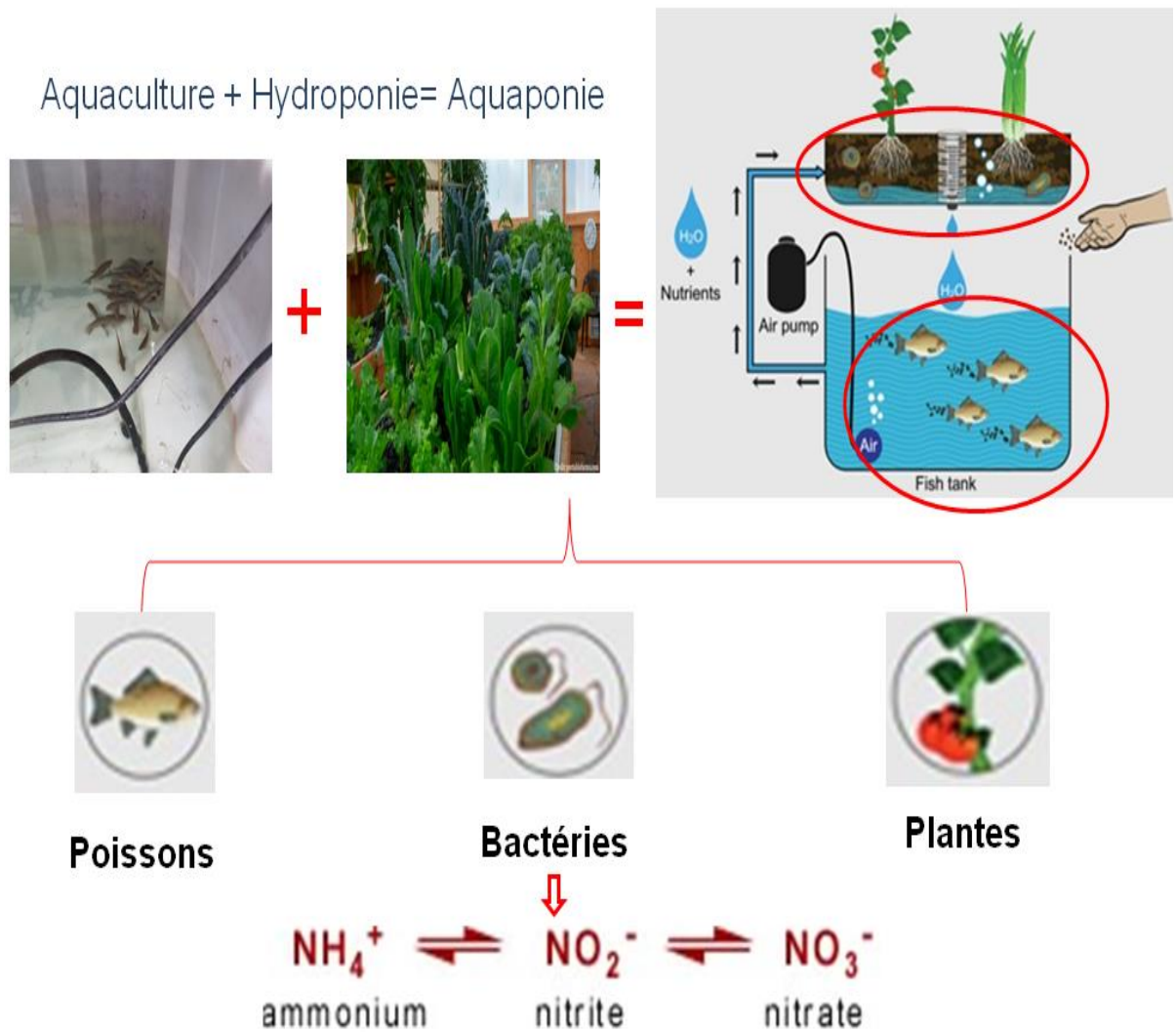


Figure 3. Fonctionnement du système aquaponique.

➡ L'eau transporte les déchets organiques des poissons (déjections riches en azote, ammonium et urée, et en phosphore et potassium) vers les plantes (A).

➡ Grâce à des bactéries bénéfiques, ces déchets organiques (ammoniaque/ammonium et l'urée) sont transformés en nitrites puis en nitrates (engrais naturel) assimilables par les plantes sous forme minérale. Elles permettent de jouer le rôle de filtre biologique (B).

➡ En se nourrissant, les plantes filtrent l'eau qui est alors purifiée et rendue propre pour les poissons (C).

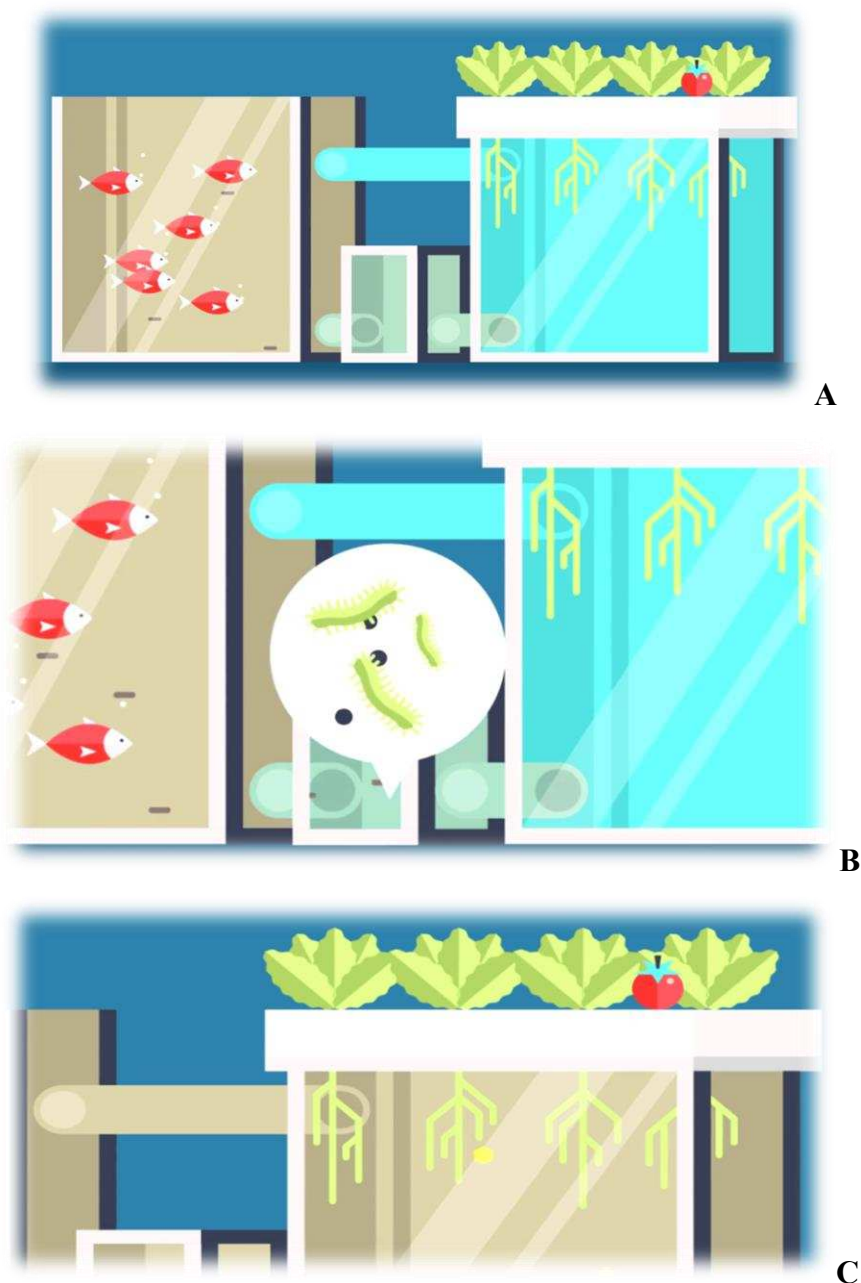


Figure 4 : A, B et C : principe d'aquaponie (Future Mag 2014)

L'efficacité d'un système aquaponiques repose sur sa capacité à éliminer les formes toxiques d'azote et une partie des éléments nutritifs provenant du bac à poisson. Pour cela, un bon dimensionnement est la clé pour équilibrer la production d'éléments nutritifs provenant de la pisciculture et leur absorption par les plantes.

Les systèmes aquaponiques se présentent sous diverses configurations. Ils disposent tous d'un lit de culture, d'un bac à poisson et d'un biofiltre. A ces composantes sont reliés les filtres (mécaniques et biologiques), l'oxygénateur d'eau, la pompe pour la recirculation de l'eau. Tous les systèmes utilisent l'énergie pour faire circuler l'eau à travers les tuyaux et la plomberie et pour son aération.

5-2-3. Les types de systèmes d'aquaponie.

Il existe trois principaux types de systèmes d'aquaponie :

➤ **Les systèmes de culture en eaux profondes (DWC).**

Ce système de culture encore appelé culture sur radeau, utilise une plateforme flottante ou suspendue avec des trous pour soutenir les plantes et permettre aux racines d'être submergées dans l'eau. Les isolants en polystyrène sont généralement utilisés comme radier et des pots en plastique pour soutenir les plantes. Les radeaux offrent de nombreux avantages, notamment la facilité d'utilisation, la mobilité, un nettoyage simple et un risque moins élevé de mortalité des plantes lors de pannes de courant. Les plantes d'une unité de culture en eau profonde peuvent survivre jusqu'à deux semaines sans écoulement d'eau ou aération, par rapport aux heures ou aux jours d'autres systèmes. La culture sur radeau est la technique la plus utilisée dans le commerce en raison de sa simplicité et de sa fiabilité (Fig. 5).



Figure.5 : Culture en eau profond (Somerville *et al.*, 2014)

////////////////////////////////////

➤ **Les systèmes de lits de culture (Media Bed).**

Les unités de lit de culture sont la conception la plus populaire pour l'aquaponie à petite échelle car elles sont efficaces en termes d'espace, ont un coût relativement faible et conviennent aux débutants en raison de leur conception très simple. Dans les unités de lit de culture, le substrat utilisé pour soutenir les racines des plantes agit également comme moyen de filtration. Cette double fonction est la principale raison pour laquelle les unités de lit de culture sont les plus simples (Fig. 6).



Figure. 6 : Système de lit de culture (Hounsa, 2019)

➤ **La technique du film nutritif (NFT)**

La technique du film nutritif (NFT) nécessite l'utilisation de tuyaux en plastique disposés horizontalement pour faire pousser les légumes. L'eau est pompée dans chacun des tuyaux hydroponiques depuis le filtre biologique, en un petit débit régulier qui crée un flux d'eau aquaponique peu profonde riche en nutriments et qui ruisselle au fond du bassin. Sur le dessus, le tube est percé d'un certain nombre de trous dans lesquels sont placées les plantes pour croître (Fig. 7).



Figure. 7 : Technique de culture sur film nutritif (www.jardiboutique.com).

5-2-4. Avantages et contraintes :

En pratiquant cette activité, on peut distinguer rapidement les nombreux avantages qu'elle présente tels que :

1. Une installation aquaponique **permet de produire plus de nourriture au mètre carré** qu'un jardin en pleine terre, il est donc possible de produire votre nourriture, même dans de petits espaces!
2. Cultiver avec l'aquaponie est un moyen idéal pour produire sa nourriture avec **beaucoup moins d'efforts et moins de temps**.
3. Pour les pays où l'eau potable devient rare, l'aquaponie permet de produire avec **une économie d'eau**.
4. L'aquaponie produit à la fois des poissons et des légumes sans additifs chimiques ou biologiques **ce qui donne des produit Bio**.

En outre, ce système n'induit pas que des avantages :

- cette activité n'est pas aussi simple à réaliser car elle demande un certain niveau de compétence et de connaissance sur le plan biologique et technique (construction et installation).
- Les températures optimales pour les poissons et les végétaux ne concordent pas toujours. Le système est énergivore surtout si la température de l'eau n'est pas optimale pour les poissons ou pour les végétaux.

- Des connaissances plus étendues (poissons, végétaux, bactéries, physicochimie, etc.) sont indispensables.
- Il est difficile d'appliquer des traitements destinés aux poissons ou aux plantes sans affecter la survie des bactéries présentes dans le biofiltre ou sans nuire à la productivité de l'élevage ou de la culture.
- Problème des carences en éléments nutritifs (Voir Fig. 8).
- Spécifique aux plantes sans racine
- investissement et coût de construction important
- pompage d'eau 24h/24h

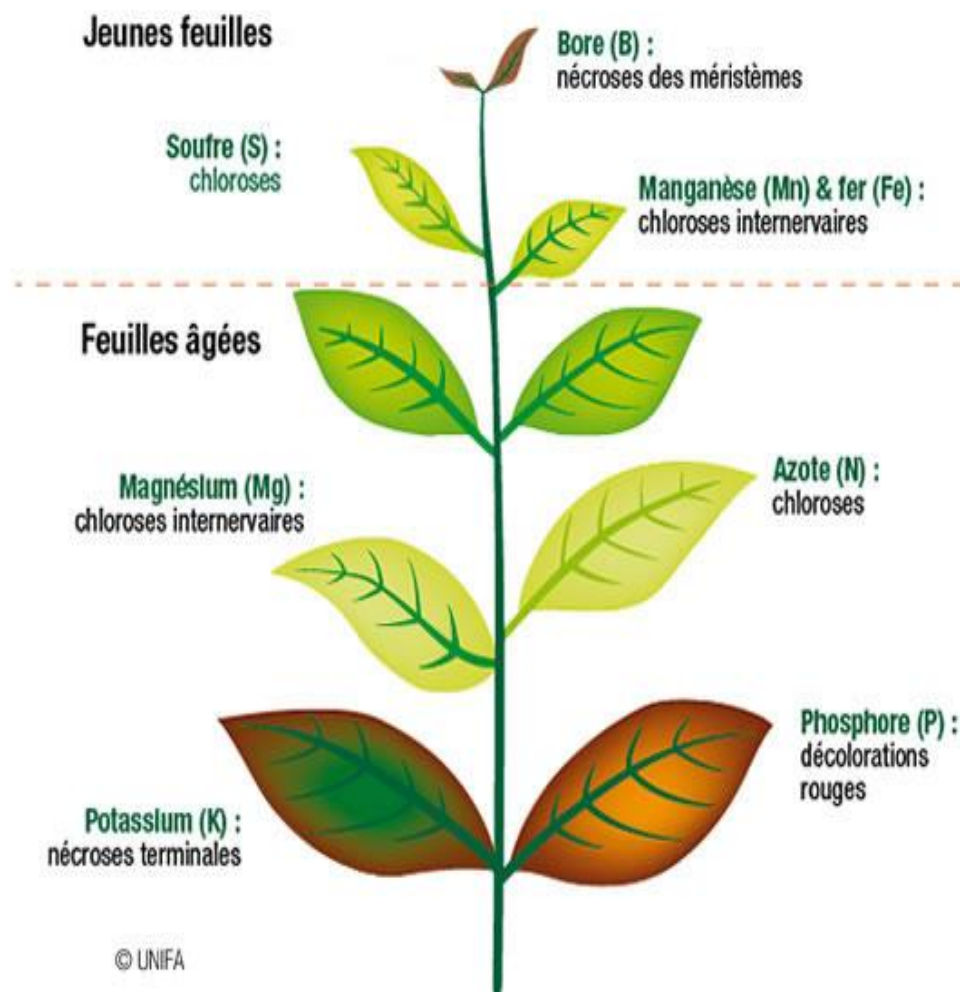


Figure 8. Diagnostic des feuilles par UNIFA.



Figure 9 : ferme aquaponique de Chicago (Farmed here). (Future- Mag, 2014)



Figure 10 : Les bassins des poissons de la ferme (5200 L) (Future Mag, 2014)

Université Chadli Bendjedid-El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la mer

Travaux Dirigés n°2 : Aquaponie et Sandponics : Optimisation des Systèmes Aquacoles Intégrés

Objectif du TD d'Aquaponie : Ce TD vise à :

1. Comprendre les principes de l'aquaponie en tant que méthode d'aquaculture intégrée.
2. Identifier les défis nutritionnels dans les systèmes aquaponiques et explorer la sandponics comme solution.
3. Concevoir un modèle d'aquaponie optimisé, en intégrant le sable pour améliorer la rétention des nutriments essentiels.

1^{ère} partie: Étudier la gestion des carences nutritionnelles en aquaponie et explorer les solutions adaptées.

Solutions aux Carences en Éléments Nutritifs en Aquaponie

1. Compléments nutritifs externes :

- Ajout de minéraux spécifiques: On peut ajouter des engrais liquides naturels ou des minéraux individuels (fer, calcium, potassium) directement dans le système pour compenser les carences spécifiques sans perturber les poissons.
- Utilisation de produits organiques: Le thé de compost ou des extraits d'algues peuvent apporter des nutriments manquants de façon plus douce.

2. Gestion de la densité de poissons:

- Ajuster la population de poissons pour augmenter ou réduire la quantité de nutriments générés. Plus de poissons produisent plus de déchets, donc plus de nutriments pour les plantes. Attention cependant à ne pas surcharger le système.

3. Optimisation de l'alimentation des poissons:

- Enrichir l'alimentation des poissons avec des nutriments qui manquent dans le système, ce qui, par le biais des déchets, enrichira aussi l'eau en éléments essentiels pour les plantes.

4. Utilisation de plantes adaptées:

- Choisir des plantes qui ont des besoins nutritifs compatibles avec les niveaux disponibles dans un système aquaponique. Par exemple, les plantes à faible besoin en nutriments, comme la laitue et les herbes aromatiques, sont souvent mieux adaptées.

2^{ème} partie : Sandponics : Une Solution aux Carences en Aquaponie

La Sandponics est l'élevage de poissons et de plantes dans un système sableux en circulation dans un circuit fermé. Les déchets de poisson deviennent des nutriments pour les plantes, Les plantes, à leur tour, éliminent ces nutriments de l'eau et les filtrent pour les poissons. De cette manière, les déchets de poisson sont utilisés pour cultiver des cultures maraîchères qui deviennent une deuxième source de revenus à faible coût.

L'utilisation de technologies modernes dans ce système permet le contrôle optimal de la production, maximisant les économies d'énergie et minimisant les erreurs humaines dans le cycle de production.

Très pratiquée sous les tropiques, cette méthode d'aquaponie est très prometteuse et a déjà fait ses preuves puisque cette technique a été **inventée par Dr Mark R. McMurtry en 1984** dans le cadre de ses recherches pour une agriculture nouvelle.

Vous savez que l'aquaponie peut coûter parfois cher et dans le cas d'un système Sandponics, les coûts sont très limités et se réduisent au strict minimum soit l'achat de bâches EPDM, de sable de rivière, d'un minuteur, d'une pompe à air, de quelques accessoires en PVC pour réaliser une pompe avec un bulleur.

Au delà des économies réalisables, le plus de cette méthode est qu'elle apporte des minéraux grâce au sable, mais surtout, qu'elle **permet d'y cultiver tout type de fruits et légumes, même les légumes racines** : les radis, carottes, et autres cultures difficiles en aquaponie classique.



Image d'une ferme sandponics.

Fonctionnement de la technique Sandponics

La technique est très simple et repose sur le principe de l'aquaponie, seulement ici le sable remplace le substrat ou les bio médias et il n'y a plus d'histoire de filtration car le sable fait office de bio-filtre mais aussi de filtre mécanique. Le coût de construction est ainsi réduit.

Un minuteur permet d'allumer une pompe le temps d'un remplissage et de saturation du sable en eau, puis la pompe s'éteint, les frais de pompage sont ainsi réduits. Le sable s'égoutte et l'eau retourne limpide et filtrée aux poissons. Les plantes sont repiquées ou directement semées dans le sable.

Le sable fait office de biofiltre mais aussi de filtre mécanique.

Avantage du système Sandponics

- Il n'a pas besoin d'un système de filtration d'eau supplémentaire
- Il est considéré comme un système économique en eau par rapport à la pisciculture intensive (consomme que 3% de l'eau de l'étang piscicole par jour).
- C'est un système bio dans lequel aucun pesticide ou engrais chimique n'est utilisé, ce qui fournit des produits (légumes et poissons) à 100% bio et naturels.
- la capacité de la production du système est équivalente à celle de la production de la pisciculture intensive et de l'agriculture moderne en termes de quantité, avec une excellente qualité.

V- L'aquaculture en mer ouverte

L'aquaculture en mer ouverte ou mariculture est une activité récente qui inclut la production des poissons, des mollusques, des crustacés et même d'algues dans les eaux marines et au large.

Le secteur de l'aquaculture marine est un secteur en pleine évolution à l'échelle mondiale du fait que sa production s'est multipliée par 6 passant de 9 millions de tonnes en 1990 à 22 millions de tonnes en 2000 pour atteindre près de 57 millions de tonnes en 2015. Par région, plus de 91% du total de la production aquacole marine en volume, est issue de la région d'Asie (notamment la Chine et l'Indonésie), tandis que 4,4% vient d'Europe (essentiellement la Norvège), 3,9 % de l'Amérique (surtout le Chili) et les 0,8 % restants venant de l'Océanie (0,4%) et de l'Afrique (0,4%).

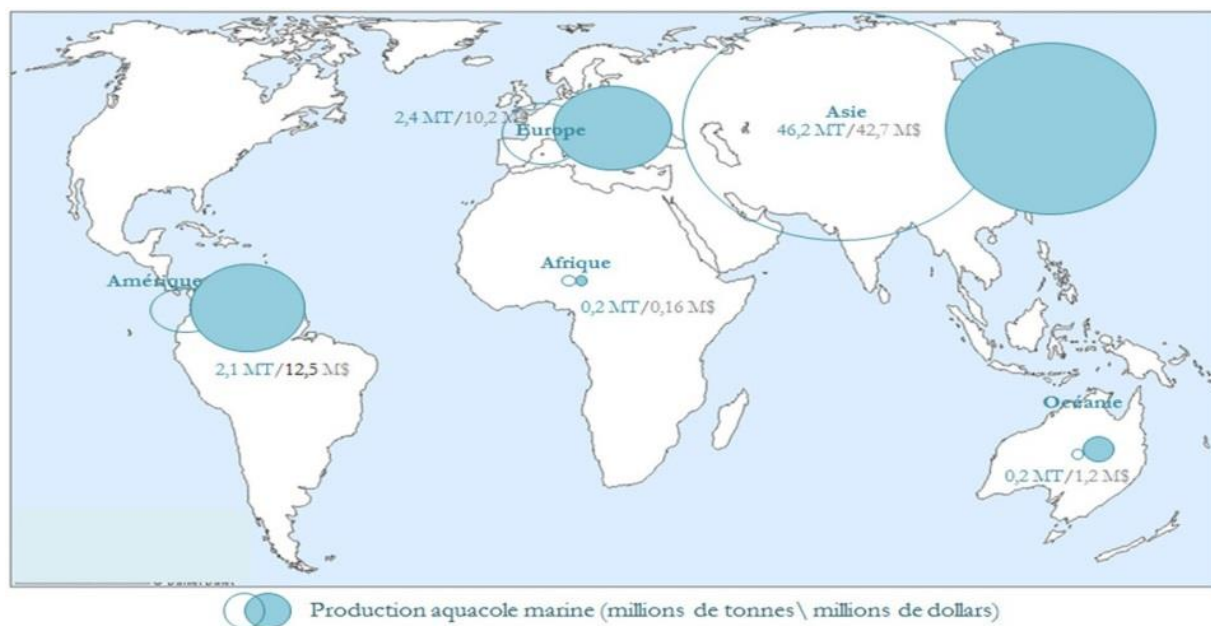


Figure 1 : Production aquacole marine par continent (moyenne sur 2011-2015)

Tableau 1 : Premiers pays producteurs de l'aquaculture marine dans le monde (en tonnes)

Continent	1990	1995	2000	2005	2010	2015	Part dans le total de la production mondiale de l'aquaculture
Asie	7 923 507	15 769 913	20 298 589	28 270 866	36 996 829	52 024 132	91%
Chine	3 493 532	10 610 673	15 241 803	20 236 677	24 276 897	30 833 115	
Indonésie	387 003	463 247	630 616	1 533 842	4 944 615	12 688 203	
Philippines	589 211	842 955	988 869	1 696 957	2 237 672	1 066 820	
Corée	772 729	996 889	654 440	1 042 481	1 355 000	1 652 566	
Japon	1 272 901	1 314 553	1 230 783	1 211 988	1 111 338	2 044 959	
Europe	900 793	1 147 055	1 601 880	1 675 146	2 079 101	2 502 415	4,4%
Norvège	150 583	277 615	491 329	661 811	1 019 714	1 380 804	
Espagne	182 865	201 741	275 684	192 715	234 423	273 179	
France	209 998	221 256	212 590	202 586	183 330	160 800	
Italie	112 444	159 545	167 775	147 535	114 854	113 894	
Royaumes unis	36 126	77 221	142 287	161 339	188 370	196 001	
Amérique	286 241	570 938	847 590	1 443 817	1 617 000	2 204 065	3,9%
Chili	66 836	203 636	424 403	729 177	677 003	1 057 094	
Ecuador	764 20	105 597	52 004	118 500	223 315	403 008	
Canada	33 939	59 810	114 934	137 094	153 942	178 217	
Brésil	1 830	5 420	38 375	78 035	85 788	403 008	
Afrique	12 816	47 816	59 779	95 328	151 085	219 409	0,4%
Zanzibar	8 080	39 170	49 910	73 620	125 157	13 220	
Madagascar	10	1 535	5 500	7 626	8 006	18 854	
Tunisie	874	521	719	1 542	4 280	13 220	
Tanzania	1 000	1 000	1 000	3 002	7 130	7 228	
Océanie	51 634	97 305	134 869	161 356	201 768	203 243	0,4%
Total aquaculture marine	9 174 991	17 633 027	22 942 707	31 646 513	41 045 784	57 153 264	

L'évolution de la production des principales espèces marines élevées au niveau mondial a été caractérisée par une forte croissance de la production des plantes aquatiques (algues ex : la laminaire japonaise), depuis la fin des années 90 (48% du total de la production aquacole marine en moyenne sur la période 2011-2015), et dans une moindre mesure des mollusques qui ont occupé le 2ème rang (31%), suivis par les poissons (12%) et en dernier les crustacées (8%).

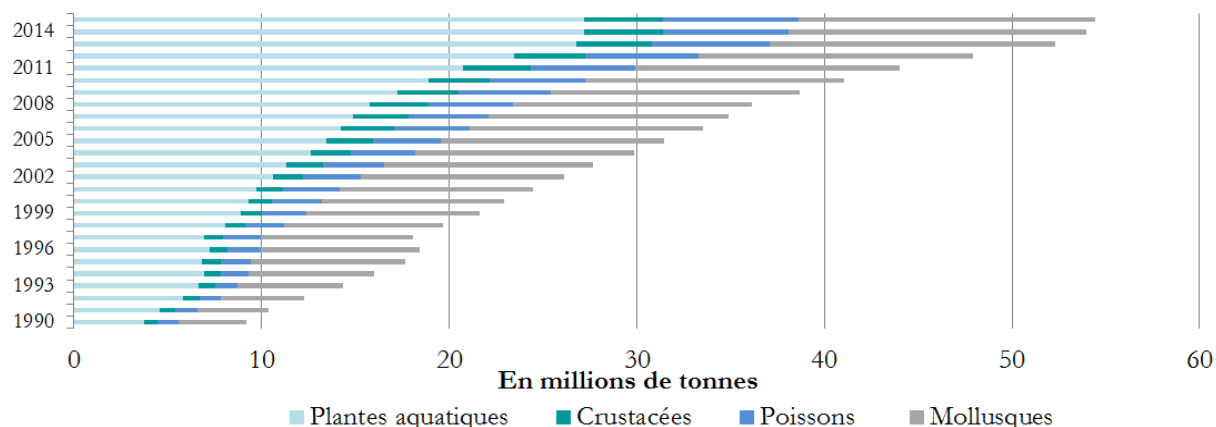


Figure 2 : Evolution de la production mondiale de l'aquaculture marine par groupe d'espèce (période 1990-2015)

La production de mollusques est majoritairement constituée d'huîtres et de palourdes dont les parts moyennes enregistrées sur la période 2010-2014 ont été respectivement de 33% et 34% suivis de moules (12%). Quant à la pisciculture, le saumon constitue une bonne part de la production (40%). Les Sérioles « carangidés » (élevées au Japon) ont une reproduction quasi-constante depuis 1980 (environ 160.000 tonnes). Par contre, l'ensemble des autres espèces voit une augmentation considérable de la production avec une diversification de plus en plus importante : en 1980, le nombre d'espèces élevées était 17, en 2008 ; il est supérieur à 75. Les principales espèces produites sont : outre la sériole au Japon, la dorade royale associée au bar européen, le bar du Japon le poisson lait, la dorade japonaise, le turbot, le maigre, l'ombrine et récemment le grossissement du thon rouge. Pour les crustacées, 92% de la production est composée de crevettes péneidés.

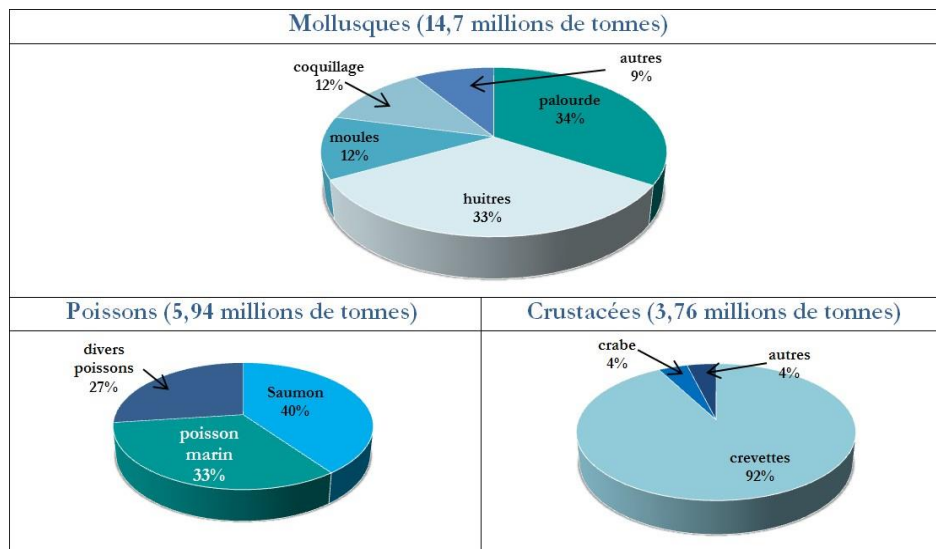


Figure 3: Structure de la production mondiale de l'aquaculture marine par espèce (moyenne sur la période 2011-2015)

Pour les structures d'élevage (Voir chapitre 4, module Ingénierie aquacole):

Les 1^{er} essais de l'aquaculture marine avaient recours à des installations simples et des sites très abrités et faciles d'accès (bassin à marée, littorale protégé). Les inconvénients de ces choix sont vite apparus : manques de renouvellement d'eau, proximité des apports terrigènes...etc., entraînant des mauvaises performances d'élevage et des potentialités limitées.

Depuis, l'amélioration des connaissances et le perfectionnement constant du matériel et des techniques tendent à rationaliser les options. Actuellement, selon les espèces élevées et les sites on distingue plusieurs structures d'élevages en mer ouverte telles que :

- Des structures flottantes portant des cages en filet sont ancrées directement en mer. Dans le monde, l'élevage en cages flottantes assure 80% de la production piscicole intensive en mer.



Figure 4. Pisciculture marine en cage flottante.

- Des bassins de ciment ; ce système d'élevage requiert des installations fixes à terre, avec des bâtiments, des circuits d'eau alimentés par pompage, d'O₂ liquide. Il offre, par contre, des possibilités de contrôler le milieu d'élevage et les espèces élevées. Les coûts de pompe limitent l'implantation.



Figure 5. Ferme aquacole marine.

- Les bouchots, les tables d'élevage et les radeaux pour l'élevage des mollusques.



Figure 6. Elevage conchylicole en suspension à droite et en pieux à gauche.

Chez les animaux marins, les œufs sont de très petite taille (de l'ordre de 1 mm pour les poissons et 1/10 de mm pour les mollusques) et donnent naissance à des animalcules fragiles et très différents des adultes. Cette petite taille et leurs exigences alimentaires expliquent que la maîtrise de leur élevage soit récente et incomplète.

Aujourd'hui la mariculture est un type d'élevage intensif qui se répand à grande vitesse dans toutes les zones marines et surtout dans le bassin méditerranéen et il représente une parfaite union entre la technologie avancée et une aquaculture responsable et durable.

VI- L'aquariophilie et l'aquariologie

1-Définition:

La définition de ces deux termes est encore confuse.

La terminaison**philie** signifie passion, collection ; l'aquariophilie est donc une activité d'amateurs, souvent spécialisés, qui atteint parfois le professionnalisme, et obtient des résultats exceptionnels.

La terminaison**logie** : science est employée dans de nombreuses disciplines : biologie, écologie, zoologie....etc. Mais l'aquariologie est-elle réellement une science ? Nous dirons plus simplement une technique au service des sciences biologiques que sont la zoologie et l'écologie. L'élevage en aquarium a permis de nombreuses découvertes scientifiques.

Remarque :

Un aquarium est un réservoir rempli d'eau dans lequel vivent des animaux et/ou des plantes aquatiques par exemple des poissons, des mollusques, des crustacés, des tortues aquatiques, ou des coraux ainsi que des plantes aquatiques, mais aussi de nombreux microorganismes invisibles à l'œil nu.



Figure 1. Image d'un aquarium.

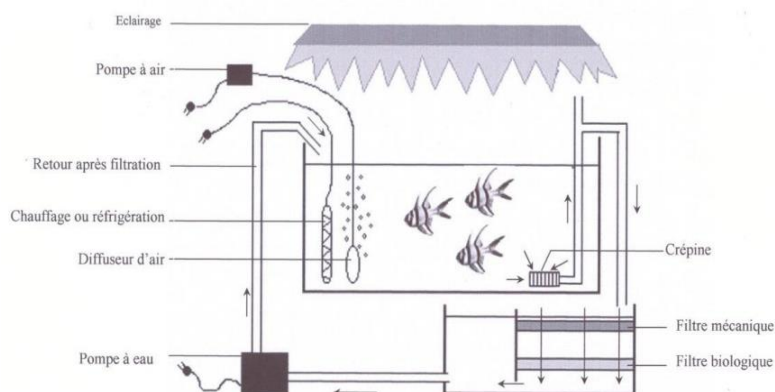


Figure 2. L'équipement d'un aquarium.

L'aquariophilie donne lieu à diverses activités sociales et culturelles (les associations, les clubs, les fédérations aquariophiliques) ainsi qu'à des activités commerciales (capture en milieu naturel, exportation, importation, commerce de gros et de détail, pisciculture, etc.)

Les Chinois sont parmi les premiers à élever des poissons d'ornement (poissons rouges) dès 960 après J.C. En Europe, au 19^{ème} siècle, l'aquariophilie se développe avec la création d'aquariums domestiques. Le premier aquarium public ouvre en 1853 à Londres.

De nos jours, l'aquariophilie s'étend à l'aquaculture, la recherche scientifique, et la conservation d'espèces.

2- Rapport et différence :

En fait, l'aquariologie peut être considérée comme étant à l'origine de l'aquaculture puisque les 1^{ers} poissons élevés en captivité en Chine ont probablement été des poissons d'ornement ex : carpe koi, poissons rouges (*Carassius auratus*). D'autres espèces d'eau douce ont été choisies dans la nature en fonction de leur beauté pour être reproduites et améliorées en captivité ex *Gambusia affinis*.

Certaines d'entre elles ont été élevées pour être utilisées par l'homme : Guppy dans la lutte contre les moustiques, carpe pour l'alimentation...etc, d'abord de façon empirique puis contrôlée, l'aquaculture est née.

Depuis la fin de 19^{ème} siècle, les études développées dans les laboratoires marins, qui comprenaient tous une salle d'expérimentation équipée d'aquarium, ont permis de réaliser la reproduction de nombreuses espèces marines, d'étudier leur développement larvaire, leur croissance...etc. C'était un réservoir d'information dans lequel l'aquaculture naissante des années 60 a puisé pour développer les techniques d'élevage industrielle. Ces études fondamentales se poursuivent actuellement dans les laboratoires et aquariums et des nouvelles espèces ont été reproduites : rascasse, seiche, poulpe, mérou, hippocampe..., certaines entre elles seront peut-être les espèces de l'aquaculture de l'avenir.

Les élevages en aquarium, reconstituant un milieu en réduction, permettent des études spécifiques sur l'alimentation des espèces, l'assimilation des aliments, la toxicité de certains produits. La pathologie des espèces, étudiée d'abord en aquarium, a permis la description des parasites et la mise en point de traitements spécifiques utilisés maintenant en aquaculture. Ces études se poursuivent et beaucoup de produits nouveaux : antibiotiques, antifongiques, continuent à être testés en aquarium.

Certes des différences existent : l'aquariologie travaille sur un nombre réduit d'individus et sur des petits volumes d'eau ; les résultats obtenus nécessitent donc interprétation et adaptation avant de pouvoir être utilisés à grande échelle par l'aquaculture.

3- Aquaculture des poissons d'ornement :

Le poisson d'ornement présente une activité économique considérable. Ce type d'activité est bien développé dans le Sud-Est asiatique : Singapour, Philippines, qui produit actuellement près de 80% de poissons d'ornement d'eau douce vendus dans le monde. Ces poissons sont élevés dans des bassins en plein air.

À l'U.S.A, cette activité s'est bien développée, surtout en Floride où plus de 4 millions de poissons sont produits chaque semaine. Les fermes sont constituées de bassins creusés dans le sol, assimilables à des petits étangs. Les superficies sont d'une dizaine d'hectares fractionnées en nombreux petits bassins de 200 m² et 2 m de profondeur. Certains sont recouverts d'une serre pour surmonter les mortalités hivernales dues aux intempéries et aux basses températures. La gestion est identique à celle des étangs : les espèces élevées sont stockées en bassins de terre fertilisés, la reproduction n'est pas contrôlée et se fait naturellement en bassins, mais il y a un ajout de nourriture et contrôle des macrophytes et des prédateurs.

En ce qui concerne l'eau de mer, la totalité des poissons vendus provient de prélèvement dans le milieu naturel, mais de nombreux travaux et de recherches sur la production et la croissance de ces espèces marines sont en cours pour permettre la mise au point des techniques de leur élevage.

➤ Espèces populaires.

Les espèces de poissons d'ornement les plus courantes en aquaculture d'eau douce incluent les guppys, les poissons combattants (ou bettas) et les carpes koi. En eau de mer, le poisson-clown est très prisé des aquariophiles. Ces espèces sont populaires pour leurs couleurs vives, leurs formes variées et leur adaptation à l'aquarium.



Poisson combattant



Poisson guppy



Carpe koï,



Poisson clown

➤ **Défis de l'élevage.**

Élever des poissons d'ornement comporte des défis importants. Il est crucial de maintenir une bonne qualité de l'eau pour éviter le stress et les maladies chez les poissons. Les éleveurs doivent aussi surveiller les paramètres environnementaux, comme la température, le pH et l'oxygène dissous, qui doivent rester constants pour la santé des poissons. La gestion des maladies est essentielle, car certaines infections bactériennes et parasitaires se propagent rapidement dans les bassins.

➤ **Écologie et durabilité.**

Pour les poissons d'eau de mer, la majorité provient encore de prélèvements dans la nature, ce qui peut réduire les populations sauvages et perturber les écosystèmes. Les chercheurs travaillent sur des techniques d'aquaculture pour reproduire ces poissons en captivité, afin de réduire la pression sur les milieux naturels et de proposer une alternative durable aux prélèvements.

➤ **Technologies et innovation.**

Les fermes de poissons d'ornement modernes utilisent des technologies avancées pour améliorer la gestion de l'eau et des bassins. Les systèmes de recirculation (voir chapitre 2, module ingénierie aquacole) permettent de filtrer et de réutiliser l'eau, ce qui réduit la consommation d'eau et stabilise les conditions d'élevage. Dans certains cas, des aquariums à haute technologie sont utilisés pour les espèces les plus sensibles, permettant de maintenir les paramètres de l'eau dans une fourchette idéale et d'offrir un environnement contrôlé.

➤ **Marché global.**

Le marché des poissons d'ornement est en croissance dans de nombreuses régions, pas seulement en Asie du Sud-Est et aux États-Unis, mais aussi en Europe, au Japon et au Moyen-Orient. Cette demande croissante a un impact direct sur le développement de nouvelles fermes et sur la recherche de pratiques durables pour répondre aux besoins des aquariophiles tout en protégeant les ressources naturelles.

Université Chadli Bendjedid-El Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la mer

Travaux Dirigés n°3 : Aquariophilie

Objectifs des TD :

Ces travaux dirigés ont pour but de :

1. Initier les étudiants aux fondamentaux de l'aquariophilie.
2. Apprendre à gérer les paramètres de l'eau et à choisir les espèces adaptées.
3. Développer des compétences pratiques pour installer et maintenir un aquarium en bonne santé.

Contenu des Séances de TD :

1. Introduction à l'aquariophilie

- Histoire et évolutions
- Types d'aquariums : eau douce, eau salée, biotopes spécifiques
- Choix des espèces (poissons, invertébrés, plantes).

2. Écologie de l'aquarium

- Cycle de l'azote et équilibre biologique
- Paramètres physico-chimiques de l'eau (pH, dureté « mesure de la concentration des minéraux dissous, principalement les ions de calcium et de magnésium », température)
- Lumière et photosynthèse dans les aquariums plantés

3. Techniques de mise en place et d'entretien

- Installation d'un aquarium : choix du substrat, filtration, chauffage, éclairage
- Techniques de maintenance (changements d'eau, nettoyage, alimentation).

4. Problématiques de santé et pathologies des poissons.

- Maladies courantes et prévention
- Gestion des traitements et des protocoles d'hygiène

5. Conception d'un projet personnel d'aquarium

- Planification d'un aquarium spécifique : matériel, espèces, budget
- Mise en place d'un mini-écosystème stable.

VII- La carcinoculture (Elevage des crustacés) :

Crevettes péneidés

1- Intérêt économique :

Les crustacés constituent, avec les mollusques, une des principales ressources offertes par les invertébrés aquatiques.

Les crustacés exploités intensivement à l'échelle mondiale (Thaïlande, l'Indonésie, la Chine essentiellement), appartiennent essentiellement à l'ordre des Décapodes, qui fournit à lui seul plus de 95% des captures mondiales au cours de ces dernières années. Les espèces produites proviennent pour 77 % des zones marines, le reste est issu du milieu continental (lacs, rivières) et de structure d'élevage terrestre (23%). La production dulcicole stagnait autour de 100.000 tonnes jusqu'à l'entrée en jeu de la Chine dont les possibilités font que l'élevage mondial a subi une accélération rapide.

L'élevage des crevettes marines concerne surtout les péneidés (90% de la production mondiale). Cette activité a démarré au cours des années 1980 et se pratique surtout en milieu tropical notamment pour les crevettes *Penaeus* et *Metapenaeus* (90%). Cette aquaculture tropicale, pratiquée en bassins sur plus d'un million d'hectares, a produit en 2008 près de 3270 millions de tonnes. En progression régulière depuis 20 ans, l'année 2008 est marquée par une certaine stabilité de la production, qui se situe principalement en Asie (86%).

1- Les principales espèces ciblées sont:

Penaeus vannamei (57%), *P. monodon* (29%), *P. merguensis* (3%), *P. japonicus* (2%) [Période 2000 à 2005].

Remarque : *P. herathurus*, la seule espèce présente dans la lagune El-Mellah, se disperse au fur et à mesure qu'on se rapproche vers l'Atlantique.

2- Pourquoi Péneidés et n'en pas une autre espèce (langouste, homard) ?

→ Problème de la maîtrise de larviculture.

→ la production reste faible à cause la croissance lente de ces espèces.

→ **Intérêt économique :**

- Haute qualité nutritive (plus riche en protéines que les poissons)
- Sa valeur marchande.

→ **Intérêt en élevage :**

- Pas de cannibalisme.
- Qualité gustative.

- Musculature importante.
- Croissance rapide (6mois → 200g → taille commerciale).
- Possibilité d'obtenir deux production par an (2 fois / an).

2- Élément éco-biologique des crevettes péneidés :

Du fait de l'intérêt économique et de leur répartition géographique, les crevettes péneidés ont fait l'objet de nombreux travaux concernant leur écologie, physiologie et leur cycle biologique. Il est connu aujourd'hui que la majorité des espèces effectuent des migrations entre milieux de salinité différentes pour des raisons trophiques et génétiques essentiellement (liées à la reproduction et au développement embryonnaire). La tolérance des péneidés côtiers aux variations de la salinité ($10\text{ ‰} < S < 45\text{ ‰}$: régulation hyper-osmotique en milieu dilué et hypo-osmotique en milieu concentré) et de température ($8^{\circ}\text{C} < T^{\circ}\text{C} < 40^{\circ}\text{C}$) constitue un about majeur pour la réussite de leur élevage. La teneur en Oxygène est $\geq 1\text{mg/l}$ à l'inter mue et $\geq 4\text{mg/l}$ pendant la mue. Pour la teneur en Nitrates-nitrites, ils survivent à plusieurs mg/l sauf pendant la mue ($\leq 1\text{mg/l}$).

Ils peuvent atteindre une taille maximale de 22 cm en Méditerranée. Ce sont des espèces démersales, côtières marine et saumâtre qui préfèrent les fonds meubles (sablonneux et vaseux). Les péneidés sont généralement gonochoriques et se reproduisent en été une seule fois par an (monocyclique). La ponte a lieu en mer sur des fonds de quelques dizaines de mètres de profondeurs.

L'éclosion des œufs, d'environ $220\mu\text{m}$ de diamètre, s'effectue après 12-18h d'incubation (durée d'incubation variable en fonction de la température de l'eau) et donne naissance à des nauplii ($250\mu\text{m}$). Les différents stades larvaires (zoé, mysis) se succèdent tout en se rapprochant progressivement de la côte. Après la métamorphose, les post-larves, très semblables aux adultes, gagnent le fond et acquièrent un comportement benthique. Celles-ci remontent la côte pour s'engraisser en se laissant entrainer par le flot à l'intérieur de l'estuaire et les lagunes d'eau saumâtre où a lieu la croissance. Certaines espèces s'enfouissent activement pendant le jour (phototropisme négatif acquis progressivement). Après un séjour de 3 à 4 mois dans ces milieux lagunaires où la production biologique est élevée, les jeunes crevettes (sub-adultes), qui mesure 8 à 12 cm, quittent les eaux saumâtres pour retrouver la mer pour accomplir leur reproduction et leur vie adulte jusqu'à la mort.

Remarque : la taille de la maturité sexuelle est vers 8g pour les mâles et 15g pour les femelles en milieu naturel, et 15g pour les mâles et 20g pour les femelles en captivité. La femelle pond 50 000 à 200 000 œufs.

////////////////////////////////////

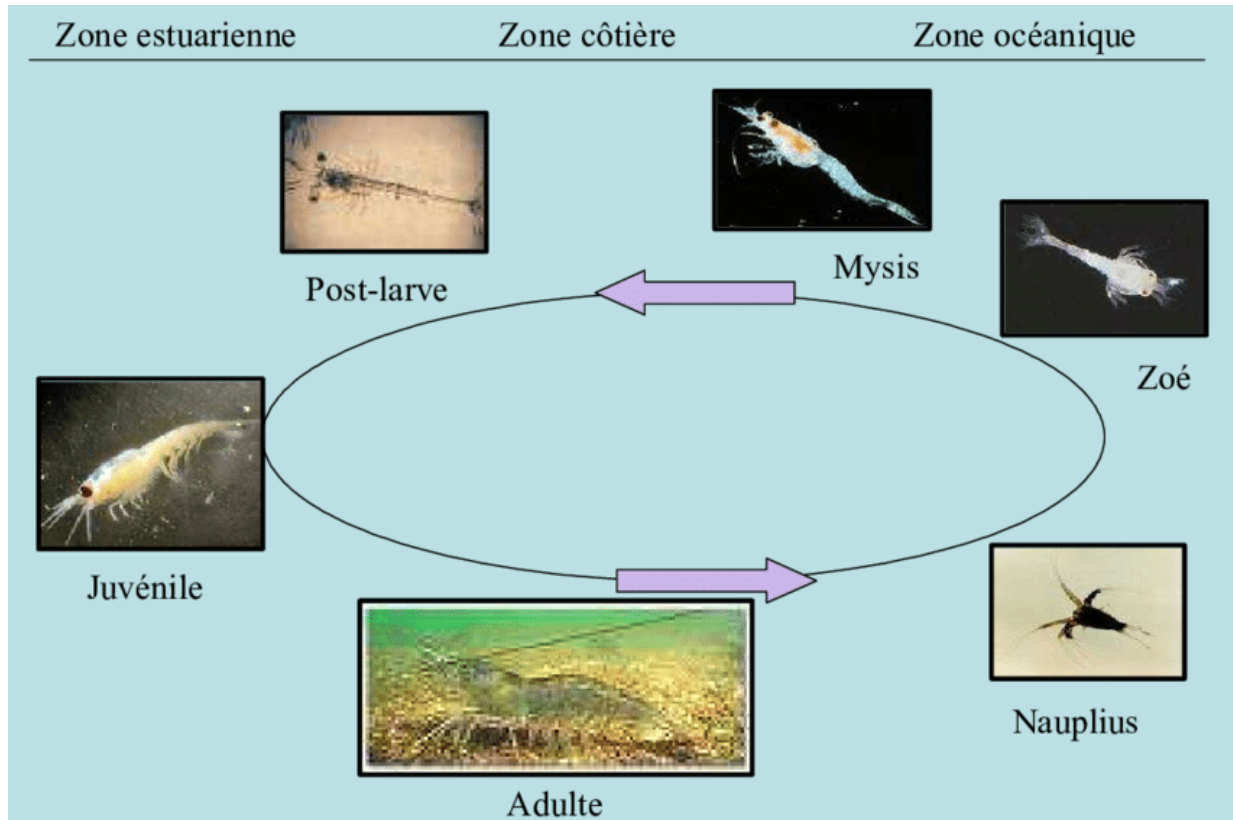


Figure1. cycle biologique des crevettes.

3 – Elevage :

L'homme peut intervenir à différents niveaux du cycle biologique ou maîtriser le cycle entier (l'éclosion). Globalement, on distingue les types d'élevage suivants :

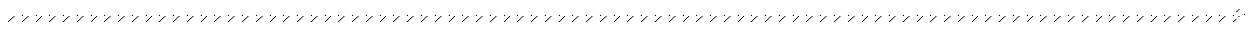
3-1- L'élevage extensif :

Concerne surtout les élevages traditionnels rencontrés notamment en Asie de Sud-est (Indonésie, Thaïlande, Malaisie, Chine, Philippines). Ils sont représentés par des lagunes naturelles aménagées, appelées en Indonésie « les tambaks ». Elles sont généralement non protégées et dans lesquelles on introduit des larves ou post-larves capturées dans le milieu naturel lors de leurs migrations dans les estuaires ou provenant des éclosiers. Le milieu d'élevage est parfois enrichi en fertilisants (organique ou minéral) pour accroître la production biologique du milieu. D'une manière générale, la production demeure faible mais meilleure qu'en milieu naturel (rendement : 100 à 400 kg/ ha/ an).

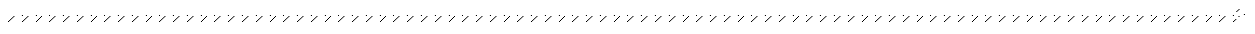
3-2- L'élevage semi-intensif :

La technique semi-intensive a été mise au point à partir de l'observation des viviers traditionnels au Japon.

////////////////////////////////////



////////////////////////////////////



////////////////////////////////////

////////////////////////////////////

Après un mois de pré-grossissement dans les enceintes, les post-larves mesurant 1,5cm et pesant 25g sont transférées à raison de 30 à 35 ind/m² dans des bassins de grossissement.

Dans ce type d'élevage, les bassins sont enrichis avec des aliments naturels (chair de mollusques broyée, mysidacés congelés, petits crustacés...) et aussi des granulés sous forme de microparticule (farine de calamar, farine de poisson blanc). Ce complément d'aliment artificiel a pour objectif d'améliorer la croissance des crevettes en élevage.

L'exploitation des crevettes, ayant atteint la taille commerciale, débute en Novembre et se poursuit jusqu'en Décembre où la croissance se ralentit avant de s'interrompre à des basses températures (< 18°C). Pour permettre aux crevettes de poursuivre leur croissance, il est possible de réchauffer l'eau à partir de centrales thermiques ou nucléaires implantées au voisinage (sur la côte ex : Japon). La production est de 40 à 500 g/m² → 400 kg à 5 tonnes/ha/an.

3-3- Elevage intensif :

C'est encore au Japon que cette technique est développée connue sous le nom de Kagoshima.

L'élevage est totalement réalisé dans des bacs en béton équipés d'un double fond, de 25 m de diamètre et une capacité de 1000 m³ d'eau de mer. Chaque bac est alimenté par une installation de pompage capable de renouveler le volume total de l'eau de mer 5 à 6 fois/24h. Au dessus de double fond, sur un filet de plastique à maille fine, est déposée la couche de sédiment sableux avec une légère pente du centre du bassin vers le périphérique (destinée à empêcher le transport des particules de sables par le courant vers la partie centrale du bassin). L'eau de mer circule constamment à travers cette couche de sédiment, tout en fournissant pendant le jour aux animaux enfouis la quantité d'oxygène indisponible à leur métabolisme. Cette circulation d'eau est assurée par d'exhausteurs à air.

L'arrivée d'eau de mer fraîche se fait par jet d'eau tangentiel par l'intermédiaire d'un tuyau provoquant l'apparition d'un courant général circulaire lent, qui a pour effet d'accumuler au fond du bassin les déchets figurés (excréments des crevettes, aliments non consommés, exuvies), point où s'effectue l'évacuation de l'eau par sur-verse. Chaque matin on procède en quelque minute à une chasse centrale des déchets ou à une aspiration, au moment où les crevettes sont enfouies dans le sédiment. Le rendement de ces unités est de 20 à 25 tonnes/ ha/ bassin.



Figure . Bac circulaire en béton pour l'élevage des crevettes.

4- Obtention des œufs :

Il existe 3 méthodes d'induction de la ponte chez les crustacés :

4-1- La méthode japonaise :

Cette méthode initiée par les japonais entre 1933 et 1960 (mise au point pour l'espèce *P.japonicus* puis appliquée à d'autres espèces des régions intertropicales et tempérée chaude) repose fondamentalement sur la capture des femelles gravides (porteuses des œufs mûrs), reconnaissables à travers la carapace à leurs gonades foncées et développées (fig. 1). Ces femelles, triées lors de leur capture (à bord du chalutier), sont transportées dans des viviers ou des conteneurs jusqu'à l'écloserie où elles seront immédiatement placées dans des pondoirs (bac de ponte), et soumise à une intervention stressante (choc thermique ou halin). Cette intervention induit, chez les espèces à thélycum fermé, une ponte au cours de 2 à 3 nuits suivantes dans des bassins où elles seront ensuite retirées.

- Ces interventions stressantes provoqueraient un déséquilibre physiologique surtout au moment de la ponte (régression des ovaires → régression des stocks)
- Les résultats sont satisfaisants puisque une femelle sur deux arrive à pondre normalement avec un taux d'éclosion supérieur à 50%.
- La disponibilité des femelles gravides reste bien inférieure à la demande ce qui augmente leur coût.



Figure 5. Maturité d'une femelle en haut et crevette immature en bas.

4-2- La pédonculectomie :

Cette méthode consiste à transférer des femelles gravides dans des pondoires où elles subiront une pédonculèctomie unilatérale. Cette épédonculation a pour but principal de lever l'inhibition de la maturation des gonades, produite par une neurohormone sécrétée par le complexe organe y- glande de sinus (complexe pédonculaire → pédoncule oculaire).

Suivant les expérimentateurs, la technique d'ablation unilatérale est différente : écrasement, ligature et cautérisation (on sectionne avec ciseau stérilisé), cette dernière méthode est la moins traumatisante et donne de meilleurs résultats. Les deux premières méthodes provoquent souvent des lésions cervicales, diminuant la fécondité et le taux d'éclosion et dégradation ovocytaires des femelles et parfois la mortalité.

Par ailleurs, il est intéressant de constater qu'il n'y a pas de compensation par pédoncule oculaire subsistant (restant). Les mêmes résultats pratiques sont obtenus par l'épédonculation bilatérale.



Figure 6. Technique d'épédonculation d'un géniteur

4-3- Stimulation extrinsèque:

Cette technique mise au point dès 1975 sur *P.japonicus* repose sur le contrôle éco-physiologique de la maturation ovarienne et de la ponte. Les femelles soumises à une température de 20°C sont placées sous contrôle de la photopériode : au début 9 à 10h d'éclairement, après on augmente la photopériode à 12h et la ponte a lieu à 16h d'éclairement journalier. Ainsi, le rythme de la reproduction sous ces conditions favorables se trouve perturber (boulever) et les géniteurs se mettent à pondre sans interruption.

Grace à ce changement de photopériode programmer la ponte et inverser même le cycle sexuel sans endommager l'animal. Donc on peut obtenir des taux d'éclosion proche de 100%. Mais cette technique prend beaucoup de temps et valable pour les espèces des régions tempérées car les espèces équatoriales supportent des variations de photo-phase de 1 à 2h maximum.

Remarque : Généralement, les conditions de maintien en captivité des reproducteurs sont comme suit :

- Température : 18 à 27 °C.
- Salinité : 25 à 37 ‰.
- Photo phase : 14 à 16h.
- Densité : 0.5 kg / m².

5- Alimentation et nutrition :

5-1- Besoin nutritionnel qualitatif :

- À l'éclosion, les nauplii utilisent leur réserves vitellines jusqu'à la métamorphose en stade zoé.
- Au stade zoé, les larves deviennent filtreurs et se nourrissent de phytoflagellés et diatomées.
- Les mysis, bien que pouvant se nourrir de μ -algues, sont des prédateurs et préfèrent les proies vivantes représentées essentiellement par l'artémia. Ce comportement s'accroît chez les larves les plus âgées où elles peuvent se nourrir de métanauplii de 2 et 3 jours.

5-2- Besoin nutritionnel quantitatif :

Dépend des paramètres suivants :

a) **Le taux de filtration** : définie comme indicateur de l'activité alimentaire des différents stades larvaires filtreurs (zoé et mysis) et varie selon la concentration algale dans le milieu.

b) **Le taux d'ingestion** : c'est-à-dire la quantité de nourriture ingérée par individu, varie selon le stade de développement et la concentration d'aliment dans le milieu.

c) **Le taux d'assimilation** : définie comme étant la quantité de la nourriture consommée moins les déchets métaboliques (fèces, produits d'excrétion, reste d'exuvie), varie en fonction de la nourriture et la consommation d'aliment.

D'une manière générale, lorsque la concentration augmente, le taux d'ingestion aussi mais le taux d'assimilation chute.

5-3- Aliments composés ou granulés :

Actuellement, deux types d'aliments ont été mis au point :

- a) **Aliments purifiés** : dans le but de préciser les besoins en différent composant (ac.aminés, ac.gras, stérols...etc.) → composition chimique connue.
- b) **Les aliments non purifiés** : dans le but de fournir un aliment de substitution près à remplacer les proies vivantes (Artémia, Rotifères)

Le mode de préparation est différent. Il existe sous différentes formes : capsules, gelées, pâte humide et granulés sec sous forme de microparticules. Ces derniers sont les plus utilisés pour alimenter les différents stades larvaires (zoé : 50-125 μ m, mysis : 125-250 μ m, post-larve : 200-300 μ m).

La composition de base des aliments purifiés est la suivante :

- | | |
|-------------------------|-------------------------------|
| - Caséine (50%) | - Glucosamines Hcl (0.8%) |
| - DL-Méthionine (1%) | - Citrate de Sodium (0.3%) |
| - DL-tryptophane (0.5%) | - Huile de foie de morue (8%) |
| - Glucose (5.5%) | - Phospholipide de soja (3%) |
| - Sucrose (10%) | - Cholestérol (0.5%) |
| - Amidon (4%) | - Mélange minéral (5.4%) |
| - Cellulose (2.1%) | |

Les aliments composés non purifiés, de moindres qualités, composées au départ de tourteau de soja ou de broyats de mollusques et d'œuf de poules, ne permettraient la survie que de quelques stades larvaires. Actuellement, dans certains pays (Japon, France), des mélanges plus raffinés (ou plus élaborés) de farine de poissons, de crustacés, de céphalopodes, de mélanges vitaminiques et minéraux dont les proportions restent confidentielles, ont été mis au point.

6- Problèmes de nutrition dans les élevages :

L'alimentation des crevettes pose des problèmes très différents selon l'espèce élevée et surtout selon le mode de culture :

6-1- L'alimentation dans les élevages semi-intensifs :

Lorsque les crevettes, dont la biomasse reste souvent mal connue, disposent à la fois de nourriture naturelle et de granulés, il est difficile d'estimer la quantité d'aliments composés à distribuer. Il est encore plus compliqué de déterminer la composition théorique adéquate de l'aliment inerte substitué à l'aliment naturel. Les expériences faites jusqu'aujourd'hui ont montré une meilleure croissance des crevettes mais on ignore par contre si l'aliment composé a été directement consommé par les animaux élevés ou s'il a été décomposé par l'activité bactérienne.

Pour la quantification, la méthode classique de l'analyse stomacale reste peu fiable en raison du broyage rapide de l'aliment au niveau du moulin gastrique, proventriculaire, et donne que des résultats instantanés. La technique du C₁₂ et C₁₃ offre l'avantage de quantifier la nourriture naturelle de l'artificielle.

6-2- L'alimentation dans les élevages intensifs :

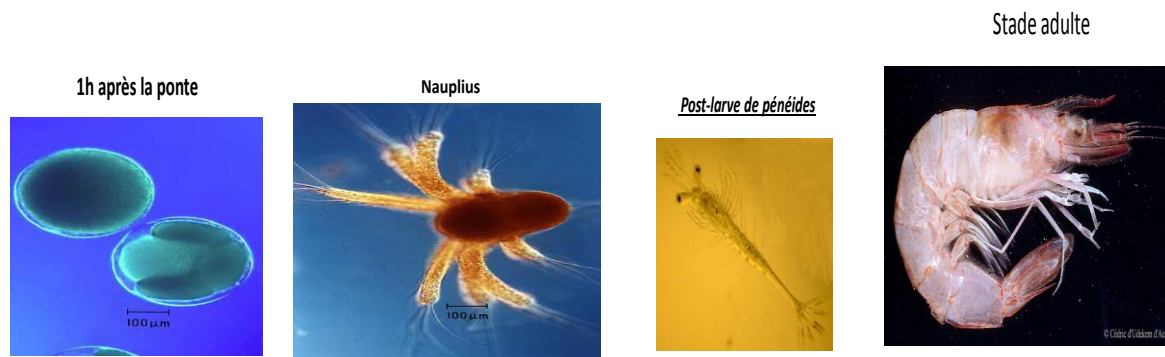
Le problème à résoudre au niveau des élevages intensifs et celui de l'appétence ou de l'accoutumance des chémorécepteurs à l'aliment inerte et surtout de la stabilité à l'eau des granulés distribués aux crevettes, c'est-à-dire perte par dissolution de la nature des composants hydrosolubles (ex : vitamine, oligo-élément...). Voir la dégradation partielle ou totale des granulés. Pour éviter cela, il faut essayer d'adapter le rythme de distribuer de l'aliment à celui de la prise de nourriture par les animaux.

Dans le cas par exemple de *P. Japonicus*, dont l'activité est nocturne, la nourriture doit être distribuée à la tombée de la nuit et dans des endroits bien localisés facilitant la récupération des restes non consommés durant la nuit précédente.

Pour faciliter la détection de l'aliment par les chéméoreceptions, des phagostimulants (Ac. Aminés purifiés, extrait soluble de calamar...) sont introduits, ce qui permet de supposer que les animaux sont plus vite attirés.

D'autre part, pour minimiser les pertes par dissolution, les fabricants utilisent soit des liants (gélatine, agar, amidon...) soit des procédés d'agglomération des microparticules (cuisant-extrusion)

En outre, on a un autre problème sur le plan physiologique : les crevettes sont capables de synthétiser certaines vitamines (A, D) à partir de caroténoïdes et de cholestérol d'origine exogène (alimentation) mais sont incapables de synthétiser de novo ce dernier composé. Ce stérol est probablement un précurseur des hormones sexuelles, de la maturation et de la croissance. Donc l'apport direct en cholestérol en milieu intensif est indispensable. Son absence dans l'aliment purifié entraîne surtout chez les formes larvaires une forte mortalité et une croissance médiocre. Sa présence est donc indispensable dans la confection de l'aliment inerte.



VIII- La conchyliculture

L'aquaculture des mollusques concerne principalement l'élevage des coquillages ou conchyliculture. Ce terme est récent et date du milieu de 20^{ème} siècle.

C'est une aquaculture essentiellement marine. C'est également une activité vivrière principalement développée en Asie. Parmi les espèces les plus élevées on trouve : des Ostréidés (huîtres), des Mytilidés (moules), des Pécinidés (coquille St-Jacques), des Vénéridés (palourdes...).

Depuis quelques années, une conchyliculture d'eau douce apparaît en Chine avec la culture d'escargot d'eau douce (*Cipangopaludina chinensis*), de cygne (*Anodonta cygnea*) et de clam d'Asie (*Corbicula fluminea*). La production 2010 pour ces espèces est de 278 000 tonnes.

Cette activité est liée au cycle biologique des mollusques (fig. 1) : l'approvisionnement en naissains repose pour la plus part des espèces élevées sur le captage naturel. Les larves subissent une métamorphose et à ce stade ont besoin de se fixer. La mise en place des collecteurs permet de leur offrir un support préférentiel qui permettra à l'éleveur d'obtenir le naissain. Celui-ci sera placé dans des structures adaptées à l'espèce (ex : poches pour les huîtres) ou sera semée. Les écloseries peuvent également, grâce à la maîtrise de la reproduction de quelques espèces, assurer une production du naissain.

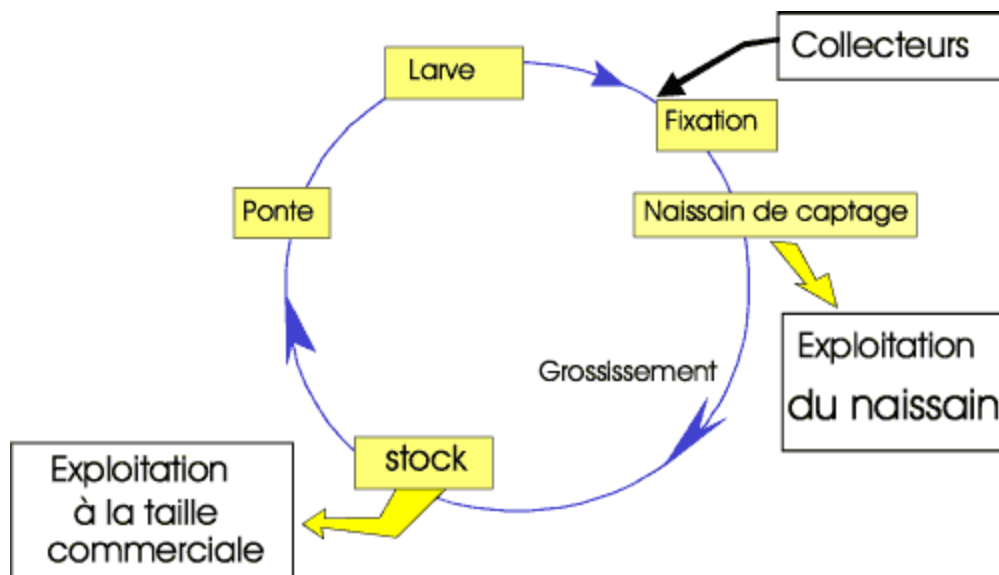


Figure 1. Cycle de vie des mollusques

Les espèces élevées sont des gastéropodes brouteurs ou des bivalves filtreurs. Pour ces derniers, dans le milieu naturel, la nourriture est fournie par le premier maillon de la chaîne alimentaire: le phytoplancton.

Une conchyliculture existe, non pas pour obtenir des protéines seulement, mais des sous produits : c'est le cas des huîtres perlières. Une autre activité se développe, la culture des coquillages décoratifs qui vivant, décoreront des aquariums, et morts agrémenteront les collections.

En 2010, la conchyliculture mondiale produit 14.2 millions de tonnes pour un chiffre d'affaire de 14,4 milliards d'US \$.

La conchyliculture est essentiellement asiatique, mais est présente sur les autres continents, à l'exception de l'Afrique (pour des productions significatives).

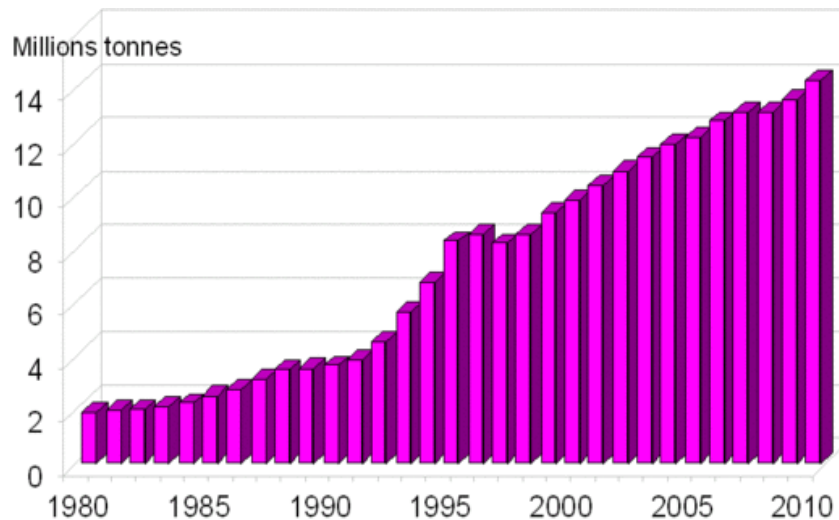


Figure 1 : Évolution de la production mondiale de mollusques

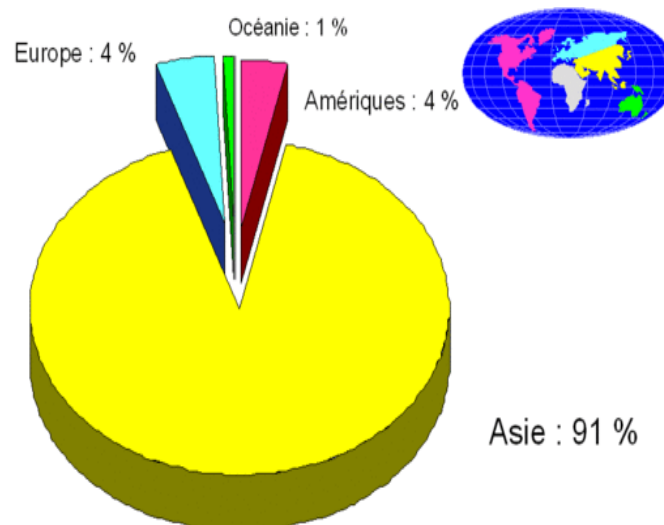


Figure 2 : Évolution de la production mondiale de mollusques par continent.

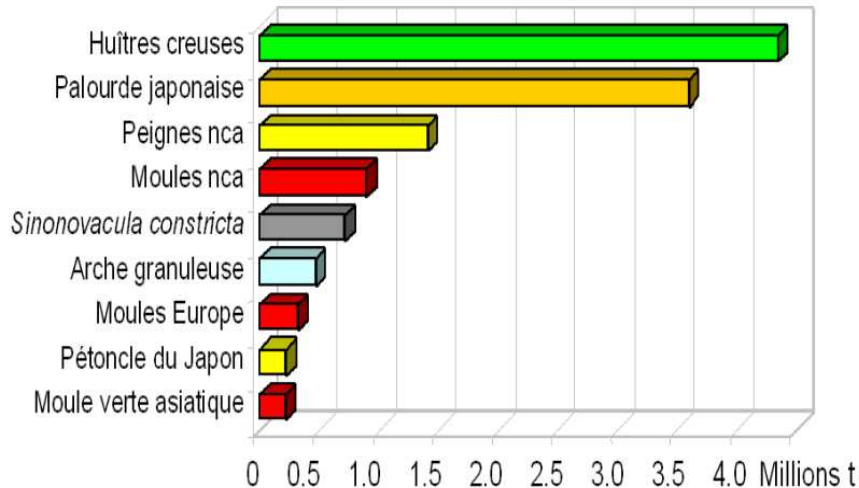


Figure 3. Principale espèces élevées.

2- Technique d'élevage :

Les méthodes d'élevage varient selon les régions, les traditions et l'espèce élevée :

2-1- Culture sur bouchot :

Initiée par l'irlandais Patrick Walton : bout = clôture, chot = en bois.

Le principe de cette technique c'est l'implantation à proximité de la côte et en ligne des pieux en bois (le chêne) dont le nombre et les dimensions varient : largeur du bouchot : 50-100 m réparties sur 1 à 2 rangées. Le nombre des pieux, dont la largeur oscille entre 4 à 7 m, varie entre 120 à 180. Le diamètre de pieu varie : 12 à 25 cm.

La distance, la disposition et l'écartement des lignes des pieux dépendent des conditions hydrodynamiques et sédimentaires (nature de substrat, direction du courant, jeu de marée).

La mise en place des pieux s'effectuent 3 mois avant la fixation des naissains. Pour le captage des naissains, selon le plan d'eau et ses caractéristiques géomorphologiques et hydrodynamiques, on utilise des cordes disposées soit horizontalement, verticalement ou en position mixte, sur des pieux neufs ou utilisés. Les cordes présentent l'avantage d'être transportées pour alimenter d'autres régions en naissains (ex : régions dont les conditions sont défavorables pour la reproduction...).

Dans l'élevage, les jeunes bivalves sont mis dans des filets tubulaires ($\Phi = 12$ cm) qu'on enroule autour des pieux (opération de boudinage). Selon la période d'activité et métabolisme des animaux, la nature de filet diffère :

- En été, on utilise des filets en coton qui sont putrescibles (qui se dégradent rapidement) (maille = 22mm).

- En période plus froide où les bivalves poussent peu (fixation fragile) et ne tourne plus autour de pieu, le boudinage s'effectue au moyen de filets en nylon ou en plastique, plus onéreux mais imputrescibles.

Par le jeu des marées les bivalves se retrouvent régulièrement immergées

L'opération de boudinage se fait selon le niveau de la mer (on garnie la partie supérieure ou inférieure du pieu). La partie basale (à 50 cm du fond) est à proscrire, elle est réservée aux dispositifs d'obstacle contre les prédateurs (ex : on utilise un plastique effrangé).

Remarque :

- En général il faut 3 à 5 m de boudin pour un pieu de 2 à 3 m (boudin de 2 cm de maillage et de 12 à 15 cm de Ø).
- Une corde de 4 m garnie de naissain de moule de 1 cm peut donner 7 à 8 mois plus tard 30 kg de moules pré-grossies.



Image de bouchot à gauche et opération de boudinage à droite.
(www.aquaporail.com)



Corde verticale à droite et horizontale à gauche (www.aquaporail.com)

2-2- Culture en suspension :

Le principe de la culture en suspension consiste à immerger constamment des cordes d'élevage après l'opération de captage du naissain sans contact direct avec le substrat. On distingue deux types de culture en suspension : les installations fixes (ex: tables) et les installations flottantes (souples ex : radeaux).

a) Table d'élevage : (installation fixe)

Très répandu dans les pays méditerranéens (France). Chaque table d'élevage (mesure généralement 50m sur 12) est composée de 3 rangées de 11 pieux (rail de chemin de fer) espacés de 4 ou 5m sur lesquels sont fixés des madriers en bois ou métalliques. Des perches (10 à 12m de longueur), portant des cordes d'élevage et distantes d'eau mois 1m, sont posées sur les madriers. Les tables sont situées dans des eaux peu profondes (3 à 10m) où l'amplitude de marée est faible. Les pieux, enfoncés sur des fonds meubles ou plus durs, doivent émergés à 1,5m environ.

En élevage : le naissain est transféré dans des filets ou pochons (22 à 25 cm) dont la maille dépend de leur taille. La préparation des cordes d'élevage se fait comme suit : le filet est fixé sur table et recouvert d'une bande de papier sur le quel on met les bivalves grappés. Le filet est ensuite fermé à l'aide d'un fil de nylon. La mise en place du papier permet dans un temps très court la fixation des animaux entre eux (grâce à leur byssus). On procède alors à la mise en place de filet de cati-nage. Les cordes, une fois prêtes, sont suspendues aux perches par des filins. Elles sont immergées à 50 cm de surface et ne doivent pas toucher le fond.

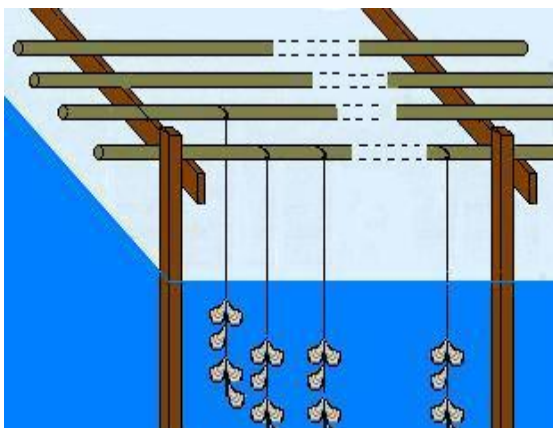


Image d'une table d'élevage (www.aquaporail.com)

b) Les radeaux : (installation flottante)

Le principe consiste à l'immersion constante des moules ou huîtres à plusieurs niveaux dans des zones abritées. Ils ont une dimension de 12m sur 6 et sont portés par 6 gros flotteurs synthétiques. Cette technique est très onéreuse malgré les avantages qu'elle présente (croissance rapide, mécanisation réduite, contact avec les prédateurs sédentaires restreints).

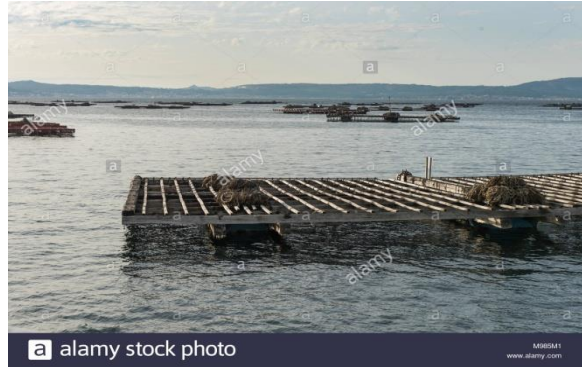


Image radeau

Remarque : Les installations flottantes ont été utilisées pour la 1^{ère} fois en Méditerranée en 1984. Cet élevage se pratique en mer ouverte, il nécessite des tranches d'eau plus profondes de 10, 15 jusqu'à 30m. Le choix des sites d'implantations doit tenir compte de l'hydrodynamisme ambiant. Cette technique permet aux bivalves de bénéficier de conditions trophiques idéales à leur croissance (croissance plus rapide). Aussi, l'absence de contact avec le fond empêche les prédateurs de grimper le long des cordes et les bivalve d'être souillées par le sédiment.

2-3- Culture à plat :

Principale technique utilisée dans les pays d'Europe du nord. Elle se fait au contact avec le sol sur estran (*partie du littoral périodiquement recouverte par la marée*), sur des endroits très abrités et pas très profonds (1m max). Les sites sont exploités par dragage.

Le principe de la culture à plat consiste à recueillir des naissains des gisements naturels et de les transférer dans les zones où les conditions d'élevage sont plus favorables. Après avoir préparé le sol (aplanissement, durcissement) les jeunes bivalves sont semés à une densité de 25 à 30 tonnes/ha et durant le grossissement ils sont suivis (ex : dégager le sédiment qui vient les couvrir, lutter contre les prédateurs et les végétaux qui viennent coloniser les parcs d'élevage...) et la récolte se fait à la fourche ou plus souvent à la drague.



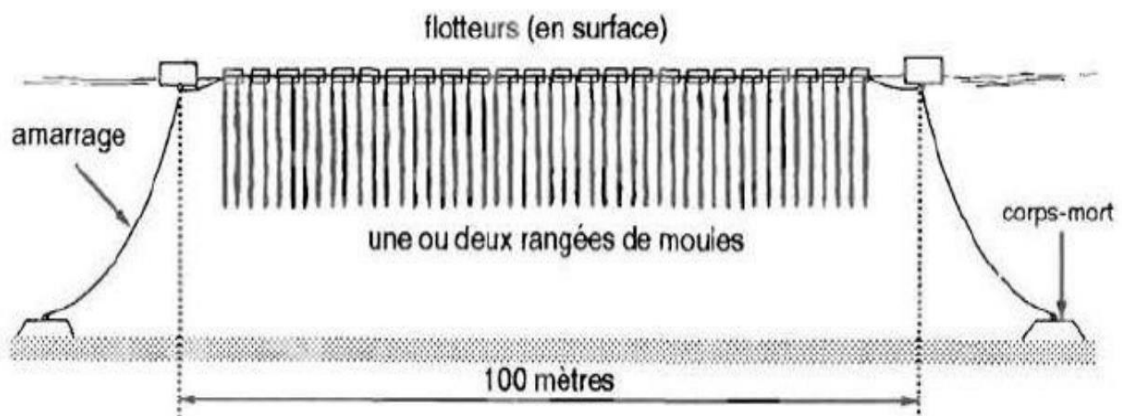
Image d'une section régionale de conchyliculture de Bretagne Sud.

2-4- Elevage en pleine eau :

Utilisé dans la plupart des pays qui exploitent les zones côtières à l'abri des intempéries au moyen de filières. Ces dernières sont constituées d'un support linéaire longitudinal attaché sur le fond (filière de fond), en pleine eau (filière sub-surface), ou en surface (filière flottante ou de surface). Sur ce support sont attachés les éléments d'élevage (cordes, capteurs, etc...), sustentés et maintenus à l'aide de flotteurs synthétiques de volume variable.

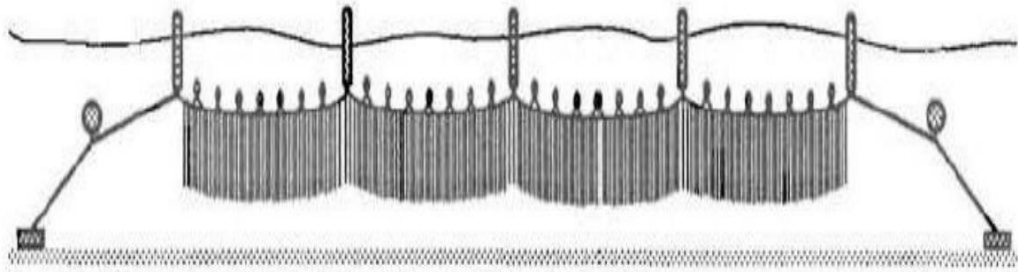
En méditerranée, la législation impose l'immersion des sujets d'élevage à une profondeur supérieure à 5m en raison des contraintes qu'ils subissent (gêne la navigation côtière, destruction des filières flottantes par les mouvements d'eau).

- **Les filières de surface** : Réalisées en 1988 en Algérie; elles sont utilisées dans des zones abritées et composées d'une corde principale « aussière maitresse » située en surface et maintenue flottante par des flotteurs. Le système d'élevage constitué de cordes de 7 à 10m de long disposées à 1 ou à 2m d'intervalle le long de la maitresse.



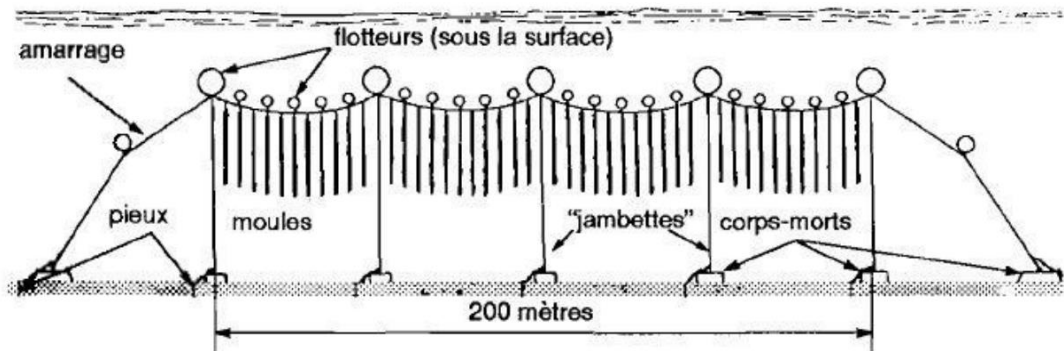
Exemple de filière de surface (Bompais, 1991).

- **Les filières de sub-surface** : Réalisée en 1987 en Algérie, Elle est positionnée entre les deux eaux à 5m de profondeur afin de ne pas gêner la circulation maritime (navigation) et éviter la houle de surface et les courants. Seules les extrémités sont signalées en surface.



Exemple de filière de sub-flottante (Bompais, 1991).

- **Les filières de fond** : Elle est immergée à une profondeur de 20 mètres et constituée dans sa partie porteuse d'une chaîne métallique lourde, fixée à ses deux extrémités par des pieux plantés en oblique. Elle comporte des ralingues d'élevages tout comme la filière de surface mais placées à l'envers. La fixation se situe sur la chaîne, posées sur le fond. Les cordages étaient maintenus verticalement grâce à des flotteurs situés à 5m de surface.



Exemple de filière de sub-flottante (Bompais, 1991).

Remarque :

La mise en place des installations conchylicoles devaient répondre aux critères suivants:

- Que les structures demeurent stables même en forte tempête.
- Que les mollusques eux aussi demeurent en place sur la structure par mauvais temps.
- Que les opérations proprement conchylicoles puissent se faire d'une façon relativement facile.
- Que le coût (fonctionnement- investissement) donne un bilan économique positif.

3- Ennemie biologique :

- Crustacés marcheurs (ex : crabes ; araignée de mer) qui peuvent grimper sur les cordes et les pieux ainsi que les étoiles de mer et certains poissons (dorade, raie,...).
- Certains oiseaux marins peuvent détruire des quantités considérables de moule ou de naissains.

→ Pour la lutte contre les crustacés, on fixe au pied du pieu une bande de plastique effrangée à sa partie inférieure.

→ Pour les étoiles de mer, le seul moyen de lutte efficace demeure le ramassage.

→ Pour la lutte contre les oiseaux, on recouvre la tête de pieu chargé de naissains avec des poches-filets en plastique.

➤ D'autres ennemies de la conchyliculture : les **balane** qui se fixent sur les coquilles, les **pinnothères** qui vivent dans la moule et provoquent des lésions branchiales, les **Trématodes digéniques** (vers plats) peuvent causer un amaigrissement du mollusque, voire de sa mort,. **les tarets** (des mollusques) en forant des galeries dans les pieux, ils réduisent la longévité de ces derniers. Aussi, **des algues microscopiques**, dans ce cas la cueillette est interdite par ce que ces mollusques contiennent une forte concentration de mytilotoxine, produite par la prolifération de minuscules algues à l'origine des célèbres " marées rouges ".



Les Balanes (Crustacés)



Les pinnothères (crabe petit pois) (parasite)



Taret commun dans du bois immergé (ancien pieu de bouchot) , corps très allongé, en forme de ver, protégé par un tube calcaire qu'il secrète autour de lui, à son extrémité se trouve une petite coquille (1cm) composée de 2 valves.

❖ **Autre causes de mortalité :**

Des modifications importantes du milieu où vivent habituellement les moules peuvent entraîner leur mort : température trop basse ou trop élevée, salinité trop faible ou trop forte, teneur en oxygène dissous inférieure à un certain seuil, quantité importante de matières organiques en décomposition, présence de substances toxiques (insecticides, herbicides, rejets d'usine) ,... etc.

❖ **La qualité microbiologique des eaux.**

Les zones d'élevage situées à proximité de la côte sont exposées aux pollutions, le suivi microbiologique du littoral permet son classement en quatre zones: A, B, C et D Les élevages situés dans la zone A peuvent commercialiser directement leurs produits. En zone B une purification en bassin est obligatoire.

Tableau 1 : Exigences réglementaires du classement de zone conchylicole (Source : DDASS de Charente maritime).

Seuils	Zone A	Zone B	Zone C	Zone D
90% d'échantillons*	< 230 E- Coli	< 4 600 E- Coli	< 46 000 E- Coli	Au delà
Aucun dépassement à*	1 000 E- Coli	46 000 E- Coli		
Mercure **	< 0,5 mg	< 0,5 mg	< 0,5 mg	Au delà
Plomb**	< 2 mg	< 2 mg	< 2 mg	
Cadmium**	< 2 mg	< 2 mg	< 2 mg	

* Pour 100 g de chair et de liquide intervalvaire.

** Par kg de chair humide

- Zone A : récolte et consommation humaine directe
- Zone B : récolte possible, mise sur le marché après un temps suffisant de purification et/ou de **reparcage** (parc d'élevage et aussi une zone de salubrité adéquate où sont transférés des coquillages récoltés pour leur laisser le temps nécessaire à la réduction des contaminants jusqu'à un niveau acceptable pour la consommation humaines).
- Zone C : mise sur le marché après reparcage de longue durée.
- Zone D : pas de récolte, ni pour la consommation humaine directe, ni pour le reparcage, ni pour la purification.

4- L'écloserie :

Dans les écloseries, où les techniques sont développées depuis quelques années, l'objectif c'est d'assurer une reproduction contrôlée des animaux pendant la majeure partie de l'année : c'est-à-dire en dehors des périodes de reproduction naturelle, il faut donc conditionner les animaux à la ponte et celle-ci s'obtient en les maintenant à une température élevée (20°C) et les nourrissant abondamment.

- Pour déclencher la ponte, on provoque un choc thermique (passage de 20 à 28°C) ou chimique (passage de l'eau aux rayons U.V).
- Les œufs fécondés donnent des larves qui sont élevées en eau de mer filtrée et réchauffée (20 à 25°C) et qui se nourrissent à partir de micro-algues spécifiques.
- Après 10 à 20 jours d'élevage larvaire, intervient la métamorphose : les larves cessent de nager et cherchent un support pour s'y fixer définitivement (huître) ou temporairement (palourde). Certaines écloseries décollent les larves dès leur fixation, d'autres les laissent grandir un certains temps (sur des feuilles de matière plastique). Certaines vendent seulement les larves prêtes à se fixer : le client se charge de la fixation chez lui.
- Jusqu'à qu'il atteigne une taille de quelques mm, le naissain doit être maintenu dans un environnement contrôlé (milieu chauffé et enrichi de nourriture).
- A la taille de 2mm, le naissain peut quitter l'écloserie, mais il est encore d'une taille trop petite pour pouvoir être utilisé par la majorité des professionnels. Il séjourne encore quelques mois dans une installation transitoire, nurserie, dans laquelle la nourriture est celle que se trouve naturellement dans l'eau de mer et la protection contre les prédateurs est plus facile.

4-1- Aspect technologique :

L'écloserie conchylicole doit être située loin des activités anthropiques à proximité d'un lac ou de la mer de telle manière à minimiser la distance de pompage et diminuer l'entretien de grandes longueurs de canalisations, le point de pompage devra être positionné en profondeur (- 20 m) afin de stabiliser les valeurs de température et de salinité et permet d'éviter les principales floraisons phytoplanctoniques dont certains peuvent être néfastes pour les larves de bivalves. L'eau peut nécessiter aussi une oxygénation préalable avant son utilisation.

L'eau pompée directement de la mer doit passer à travers des filtres à sable, qui suppriment la majorité de la MES. La désinfection de l'eau de mer peut s'effectuer soit en utilisant les rayons UV soit les produits oxydants (ozone : O₃).

D'une manière générale, une écloserie dispose de plusieurs salles toutes indépendantes.

On y trouve :

- Une salle de culture de micro-algues (voir module élevage annexe chapitre Algoculture).
- Une salle de conditionnement et de reproduction des géniteurs.
- Une salle d'élevage larvaire.
- Une salle pour culture des juvéniles ou naissains.

4-2- Sélection de site :

Sélectionner un site adéquat pour une écloserie de bivalves est la mesure la plus importante à considérer au moment de sa conception. Le site doit présenter certains abouts :

- La proximité de site à la mer.
- La nature géologique de site.
- L'éloignement des activités anthropiques (source de pollution).
- Vérification de la qualité d'eau.
- Accessibilité à l'électricité, à terre ferme.
- Facilité de transport par différents voies (terrestre en particulier).

4-3- Les principaux problèmes des écloseries :

- Les sites disponibles sur le littoral pour l'installation d'une éventuelle écloserie sont peu nombreux. Certains sont bien protégés mais la qualité d'eau est exposée à des variations importantes. D'autres ont une eau de qualité régulière mais connaissent de grosses difficultés de pompage et de filtration lors du mauvais-temps.
- Nécessite d'associer des compétences très diverses ex : électricité, mécanique, biologie, plomberie...etc, pour concevoir et entretenir des installations spécifiques qui n'existent pas " préfabriquées " sur le marché.
- Méconnaissance générale des phénomènes biologiques de certaines espèces.

5- Historique de la conchyliculture en Algérie.

- L'aquaculture est de pratique ancienne en Algérie; elle a démarrée en 1880 par des essais d'ostréiculture menés à Marsa El Kabîr (Oran) et à l'Oued Sebaou (Tizi Ouzou).
- Une station expérimentale pour l'aquaculture et la pêche est construite à Bou Ismail pour déterminer les meilleures techniques et les meilleurs sites pour l'élevage des moules et des huîtres, en 1921.
- L'exploitation en 1940 du Lac Mellah est considérée particulièrement appropriée pour l'élevage des coquillages.
- A partir de 1969, l'Algérie s'est lancée dans des actions de valorisation telles que la valorisation et l'exploitation des Lacs Mellah, Oubeira et Tonga.
- Dans les années 70, un programme de coopération avec la FAO, pour la réintroduction de la moule et de l'huître ainsi que l'implantation de tables conchylicoles a été réalisé. Des résultats encourageants ont été obtenus jusqu'à la fin des années 80.
- En 1987 , Installation de la première filière Sub-Surface expérimentale de production de moule au niveau des Ilots Sandja en par l'ITPA. Une seconde filière de Surface type bretonne a été installée en 1988 dans la baie de Bou Ismail où des résultats très concluants ont pu être obtenus après plus d'une année d'observation et de suivie.
- A partir de 1991, trois professionnels privés algériens se sont lancés dans la mytiliculture en mer ouverte.
- Un professionnel privé lance un élevage d'huître en mer à Ain Taya (Alger).
- En 1999, après une décimation des huîtres et des moules au Lac Mellah, à cause du réchauffement de l'eau du Lac due aux incendies de l'Eté 1992, il y a eu une opération de réintroduction de la moule et de l'huître creuse provenant du Sud de la France.
- En 2004, projet de réalisation d'un Centre Pilote de Conchyliculture au CNRDPA pour subvenir aux attentes des professionnels qui veulent se lancer dans ce domaine d'activité.
- Le 06 février 2013: inauguration du centre – pilote de conchyliculture.

Les espèces élevées en Algérie sont les suivantes :

- **Moule** : *Mytilus galloprovincialis* (lac Mellah et en mer ouverte).
- **Palourde** : *Ruditapes decussatus* (lac Mellah).
- **Huître creuse** : *Crassostrea gigas* (lac Mellah et en mer ouverte).
- **Coque** : *Céraste dermaglacicum* (lac Mellah).

6- Les types les plus courants de conchyliculture

6-1- La mytiliculture.

La mytiliculture, ou culture des moules, est une pratique largement répandue dans le monde. Plusieurs espèces marines appartenant à la famille des Mytilidés sont cultivées. En Chine, il existe également des cultures de moules d'eau douce appartenant à la famille des Unionidés. En Europe, deux espèces sont cultivées *Mytilus edulis* (Atlantique, Mer du Nord) et *Mytilus galloprovincialis* (Atlantique, Méditerranée) (fig. 5).



Figure 5. *Mytilus edulis* (Blue mussel, moule commune) à gauche et *Mytilus galloprovincialis* à droite.

- **Caractéristiques :** La tolérance thermique des moules est large : de 0 à 26°C. Des mortalités en été observées à une température supérieure à 24°C (100% après 21 jours d'exposition à une température de 30°C). La tolérance vis-à-vis de la salinité est large aussi: 4 - 5‰ à plus de 40‰. La croissance et la teneur en chair sont très différentes selon l'endroit où elle vit. Dans les hauts niveaux, la croissance est très lente, et l'animal est maigre. Au fur et à mesure que l'on descend dans les niveaux, on trouve un produit à croissance plus rapide et en meilleure condition. Elle peut atteindre 7 cm en sa première année. La taille commune est de 5 à 8 cm avec un maximum de 15 cm. La taille commerciale minimale en Algérie est de 4 cm.
- **Distribution géographique :** Extrêmement répandu dans le monde, elle est rencontrée depuis les régions tropicales jusqu'à dans les mers polaires et en ce qui concerne la

zonation, depuis la limite supérieure des hautes mers jusqu'à 6 - 9 mètres de profondeur plus rarement à 17 mètres (la mer du Nord) et même à 30 - 40m (mer Baltique).

- **Reproduction :** Chez les moules, la maturité sexuelle est atteinte à l'âge d'un an. Les sexes sont séparés, et la fécondation, externe, donne lieu à un développement larvaire entièrement planctonique qui dure de 10 à 40 jours, selon les conditions du milieu. En Algérie, la ponte chez *Mytilus galloprovincialis* a lieu lorsque la température de l'eau est comprise entre 10°C et 20°C. Une femelle de 33 mm peut produire environ un million d'œufs. Chez *Perna perna*, la température idéale pour la ponte se situe entre 16°C et 25°C.

En Méditerranée, les pontes se déroulent tout au long de l'année, avec des pics au printemps et à l'automne. Les œufs fécondés donnent naissance à une larve trochophore, qui évolue ensuite en larve véligère bivalve ciliée. Ces larves planctoniques se fixent sur un substrat, préférant les surfaces rugueuses aux surfaces lisses. Après fixation, elles se métamorphosent en jeunes moules et atteignent leur taille adulte au bout de deux ans.

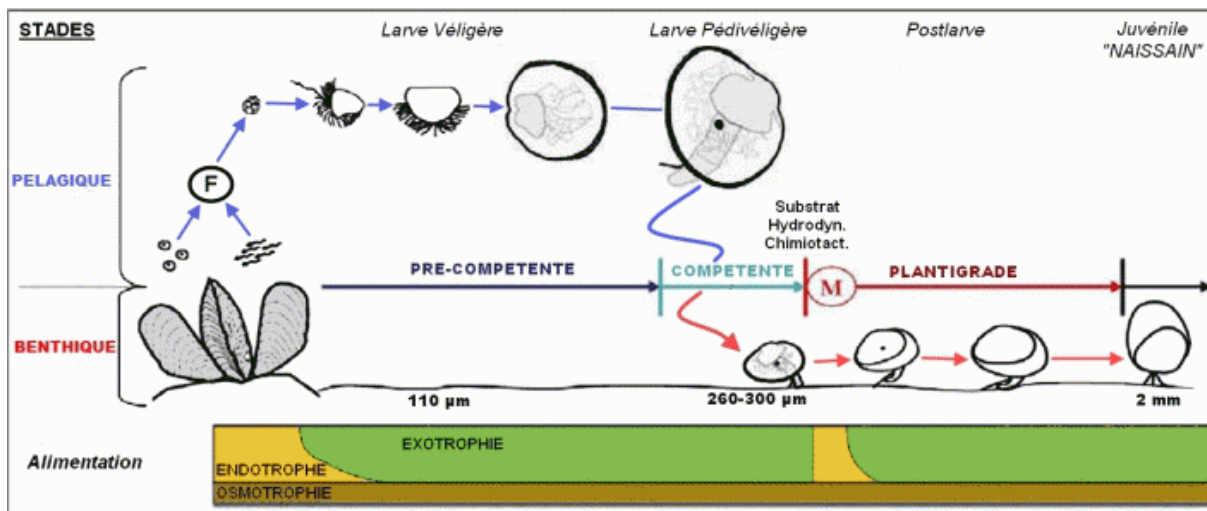


Schéma des stades de la vie larvaire de *Mytilus Edulis* (Source N. Toupoint) ©Ifremer.

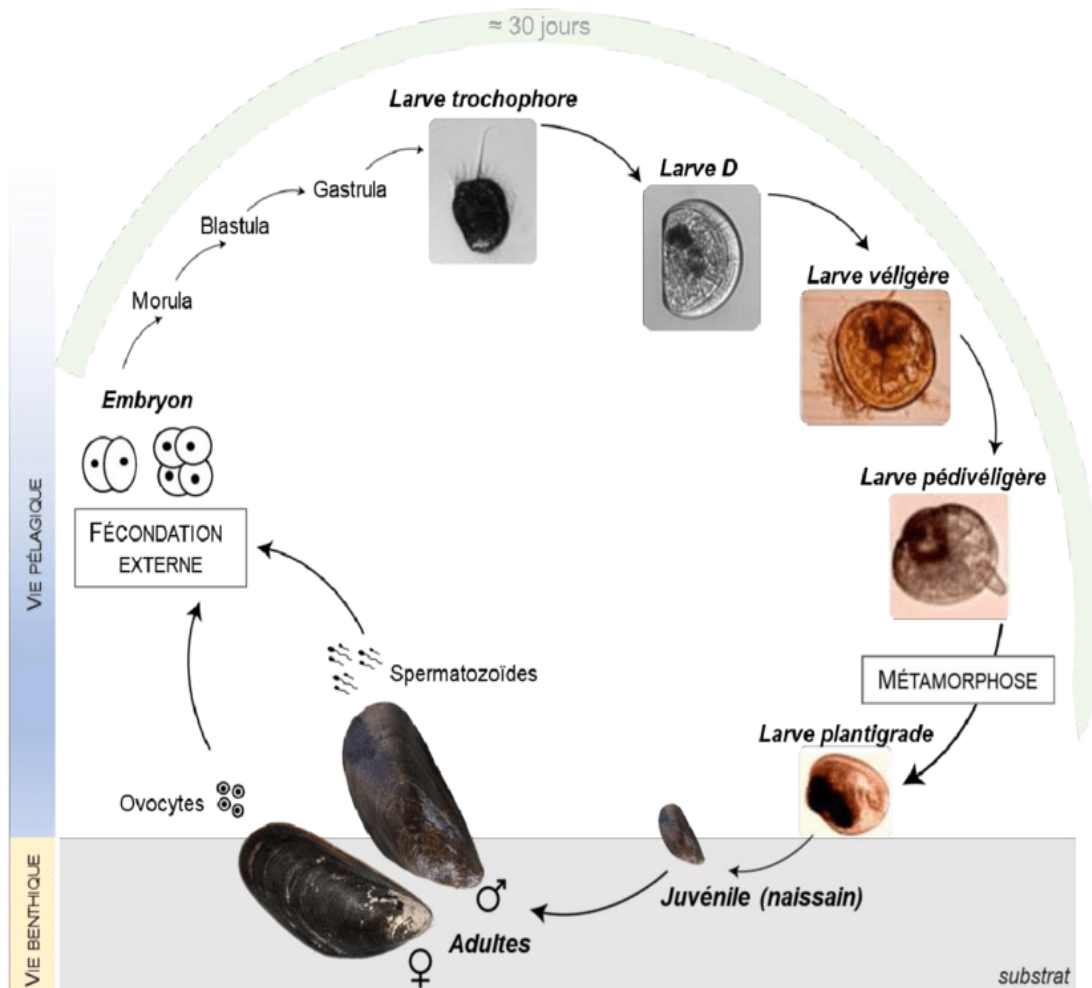


Figure 6 : Cycle biologique des moules (Jahangard et al. (2010) et Ventura et al. (2016).

➤ **Différents facteurs influençant sur la vie des larves :**

- 1) La température: elle agit sur l'évolution de l'œuf et celle de la larve. La vitesse de croissance augmente avec la température (de 15 à 20°C°), au dessus elle diminue et une forte mortalité apparaît.
- 2) Les courants: peuvent les entrainer loin des zones de fixation.
- 3) Substances chimiques: présentes dans le milieu peuvent tuer les larves à faible dose.
- 4) Les animaux planctonophages: qui se nourrissent de larves.

➤ **Mode de culture :** Il existe plusieurs modes de culture des moules : culture à plat, culture sur bouchot, culture suspendue, culture sur filière

➤ **Récolte :** La période de récolte se situe à l'automne et en hiver, au moment où l'animal présente le maximum de réserves qui sont destinées à être transformées au printemps en produits sexuels.

Après détachement des boudins de la structure d'élevage (filière, table,.. etc), Les moules sorties de l'eau sont récupérées sur le quai et acheminées au niveau de l'espace de traitement

pour subir le premier lavage et être débarrassé des bio-salissures. A cet effet une série d'opérations est nécessaire :

- Dégrappage : se fait à l'aide d'une dégrappeuse.
 - brossage : se fait à l'aide d'une brosseuse
 - lavage se fait avec une laveuse.
 - Les moules qui ont subi un premier lavage passent à la station de purification pour séjourner 24h à 48 heures dans les zones classées « B ».
- **Conditionnement et sockage :** Cette étape nécessite l'utilisation de trois appareils : un chargeur, brosseuse, une calibreuse. Les appareils sont alignés en série avec un espace autour pour permettre le déplacement des travailleurs. À la fin le produit est mis dans des caisses en plastique qui sont stockées dans une chambre froide, La durée de stockage ne doit pas dépasser une semaine.



Crible virant à moule

Brosseuse à moule

Chargeur

Figure 7: Conditionnement des moules après récolte.

IX- Fécondité des poissons.

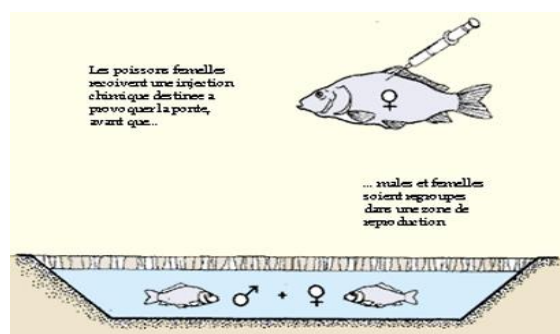
1- Fécondité des poissons.

La fécondité peut être définie sommairement, selon les termes de Roule (1940), comme étant la "capacité féconde" ou la "puissance prolifique" qui permet aux poissons de "pulluler". Il est apparu rapidement que la manière la plus commode d'apprécier ce pouvoir reproducteur des poissons est d'évaluer l'importance quantitative des ovocytes, c'est à dire le "nombre d'ovocytes destinés à la ponte". Selon Bagenal (1966), la fécondité absolue est "le nombre d'œuf murissant chez une femelle juste avant la ponte". Aboussouan et Lahaye (1979) la définissent comme étant "le nombre d'ovocytes destinés à la ponte".

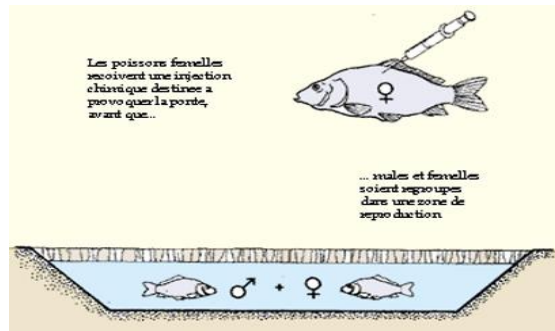
1-2- Induction de la ponte.

Il existe plusieurs méthodes de reproduction des poissons d'élevage. Leur choix est en fonction de la biologie de la reproduction des espèces considérées, des conditions ambiantes locales et des installations disponibles. Ces méthodes peuvent être classées en trois catégories: reproduction **naturelle**; reproduction **semi-naturelle**; reproduction **artificielle**.

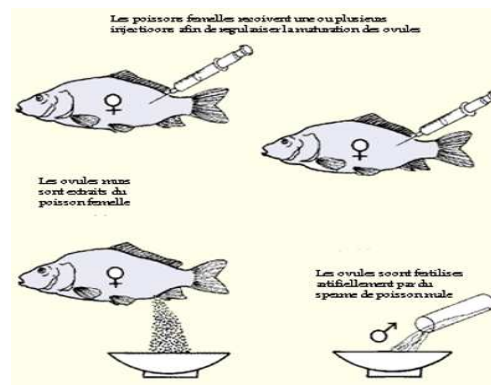
Dans le cas de la reproduction naturelle, les poissons mâles et les poissons femelles sont placés ensemble dans une zone de ponte, par exemple un petit étang ou un enclos où ils pondent naturellement. Cette méthode est utilisée d'ordinaire pour assurer par exemple une production à bon marché de tilapias.



En ce qui concerne la reproduction semi-naturelle, les poissons (en général seulement les femelles) reçoivent initialement une injection de produits chimiques, par exemple d'extrait de glande pituitaire, qui déclenche le processus de reproduction. Mâles et femelles sont ensuite rassemblés dans une zone de ponte spécialement préparée, par exemple un petit étang herbeux ou un enclos où la ponte a lieu. Les œufs fertilisés sont généralement recueillis puis élevés dans des conditions privilégiées, naturelles ou artificielles.



Dans le cas de la reproduction artificielle, 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 parvenus à maturité, ils sont extraits du corps des femelles. Les mâles reçoivent aussi habituellement une injection. Les œufs sont fertilisés artificiellement avec le sperme des mâles et élevés dans des conditions contrôlées.



2- Préparation des géniteurs en vue de la ponte :

2-1- Obtention de géniteurs

Le succès de la propagation de vos poissons exige pour les deux sexes des individus sains et parvenus à maturité sexuelle → il s'agit de votre stock géniteurs.

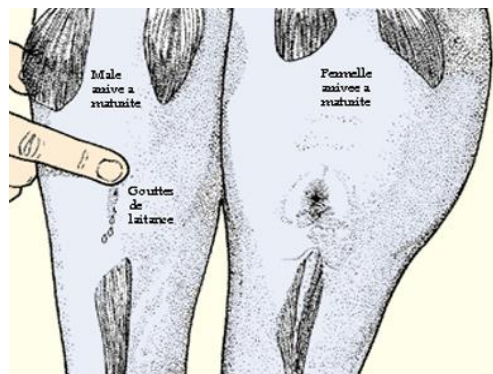
Il existe deux méthodes pour obtenir de tels géniteurs :

- Capture de poisson en milieu naturel ➡ transport des poissons vivants jusqu'à la ferme piscicole (les stockés dans des étangs de géniteurs jusqu'à ce qu'ils aient atteint maturité sexuelle ou dans des étangs de stabulation s'ils ont été capturés pendant la saison de ponte et s'ils sont déjà parvenus à maturité).
- Elevage à la ferme proprement dite de géniteurs ce qui facilite l'amélioration progressive du stock grâce à une gestion soignée.

2-2- Choix de géniteurs appropriés

Lorsque la saison de reproduction arrive, les géniteurs doivent être soigneusement choisis. Seuls les poissons prêts à la ponte doivent être utilisés. Il convient de choisir les poissons présentant les caractéristiques ci-après.

- a) L'abdomen des mâles doit libérer quelques gouttes de laitance lorsqu'il est légèrement comprimé.
- b) L'orifice génital des femelles doit être gonflé et protubérant, de couleur rose/rougeâtre; leur abdomen doit être arrondi et mou, dénotant ainsi la présence de gonades arrivées au stade dormant.



3- Hormones utilisées pour induire la ponte chez les poissons:

3-1- Utilisation d'extraits de glande hypophyse (Avant 1970)

Si vous utiliser des méthodes de reproduction semi-artificielles ou artificielles, vous devez vous procurer des substances chimiques (ou hormones) qui jouent un rôle décisif dans l'ovulation, c'est-à-dire la maturité finale des œufs dormants. Ces substances chimiques, les gonadotropines, sont produites, accumulées et emmagasinées dans la glande pituitaire du poisson, appelée hypophyse, pendant leur passage au stade de la maturité sexuelle.

- Il est particulièrement important de recueillir les glandes pituitaires sur des poissons convenablement choisis, pour être sûr que ces glandes contiennent suffisamment de gonadotropines pour être efficaces. Il y a lieu de choisir les poissons présentant les caractéristiques suivantes:
 - *maturité sexuelle;*
 - *poisson de préférence vivant ou tué récemment;*
 - *taille appropriée.*

Note: La plupart des glandes pituitaires récoltées commercialement ont été prélevées sur des poissons de taille importante, par exemple des *carpes communes* et des *saumons*. Elles peuvent aussi servir à la propagation d'autres espèces.

3-2- Utilisation de l'H.C.G (1970-1985) :

Utilisation de l'H.C.G (hormone chorionique gonadotrope) qui se trouve dans les urines de la femme enceinte, la dose est de 800 à 1000µm / kg ♀.

3-3- Utilisation de L.H.R.H:

Luteinizing Hormone Releasing Hormone, synthétique, formé industriellement.

Chapitre III : L'Aquaculture dans le monde

À l'échelle internationale, l'aquaculture est perçue comme un secteur d'avenir et constitue un des secteurs alimentaires à forte croissance. D'après la FAO, plus de la moitié des poissons commercialisés dans le monde proviennent de l'aquaculture et cette part devrait atteindre 75% à l'horizon 2030. Étant donné la stagnation des pêches, l'essor de l'activité aquacole a constitué pour plusieurs pays un moteur principal de création d'emplois, une alternative incontournable pour assurer la sécurité alimentaire et une solution fiable pour la dynamisation des échanges internationaux et le développement économique et social.

1- Aperçu sur l'aquaculture au niveau mondial

La production aquacole se développe de plus en plus à travers le monde et se positionne depuis plusieurs années comme une alternative viable à l'épuisement des ressources de la pêche de capture. Elle a ainsi enregistré une croissance soutenue au cours des dernières années, passant d'une production de moins de 20 millions de tonnes au début des années 90 à près de 40 millions de tonnes en 2000, pour ensuite atteindre un niveau de 106 millions de tonnes en 2016.

Cette production, composée de poissons d'élevage et de plantes aquatiques cultivées, a dépassé celle des pêches de capture et sa contribution au total de la production halieutique mondiale est passée de seulement 18% en 1990 à 30% en 2000 puis à 49% en 2012 avant d'atteindre le pic de 54% en 2015.

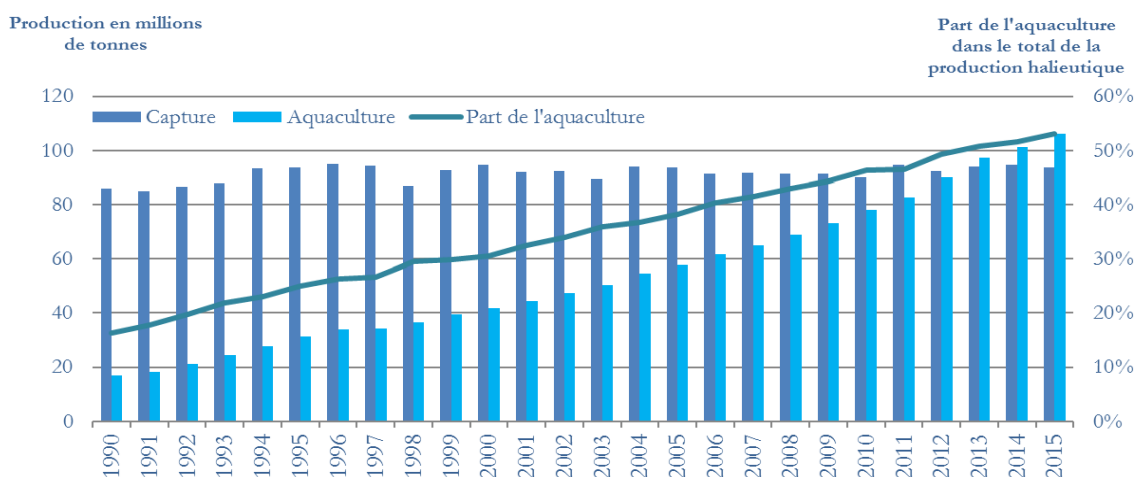


Figure 1 : Evolution de la production mondiale de la pêche et de l'aquaculture

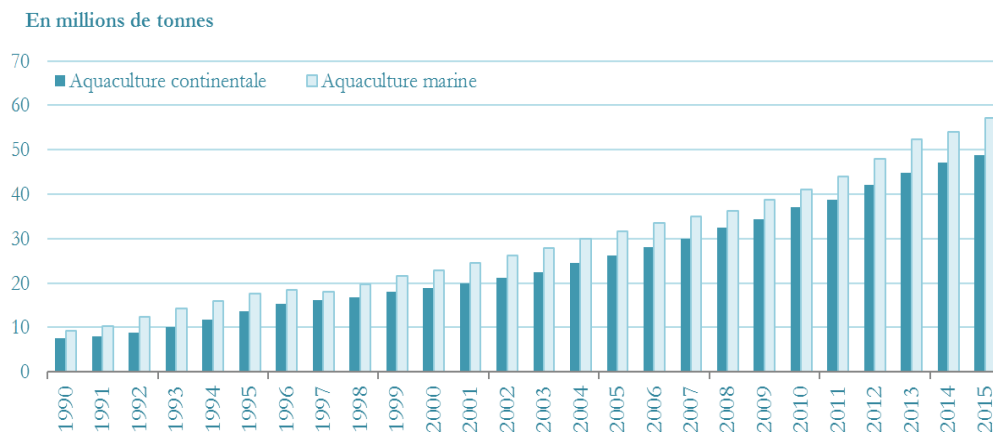


Figure 2 : Evolution de la production aquacole mondiale par milieu de culture

En outre, plus de la moitié (53%) de la production globale d'aquaculture dans le monde vient des eaux marines. Cette structure de la production aquacole se maintient depuis les années 1990 jusqu'à aujourd'hui.

Concernant les principaux producteurs, la Chine s'accapare, à elle seule, plus de la moitié de la production aquacole mondiale aussi bien au niveau des eaux douce (63%) que des eaux marines (54%), suivie d'autres pays d'Asie comme les Philippines, l'Indonésie, le Vietnam et l'Inde.

Tableau 1 : Principaux producteurs aquacoles dans le monde par milieu de culture (année 2015)

Pays	Production en milliers de tonnes
Aquaculture continentale (48 851)	
Chine	30.703
Inde	4.631
Indonésie	2.961
Vietnam	2.431
Bangladesh	1.879
Egypte	1.174
Myanmar	944
Aquaculture marine (57 153)	
Chine	30.833
Indonésie	12.688
Philippines	2.044
Corée	1.380
Japon	1.066
Norvège	1.057
Chili	1.019

2- Production et croissance.

En 2016, la production aquacole mondiale (y compris la culture de plantes aquatiques) s'élevait à 110,2 millions de tonnes, pour une valeur à la première vente estimée à 243,5 milliards d'USD. La valeur à la première vente, réévaluée à l'aune des nouvelles informations disponibles pour certains des principaux pays producteurs, est largement supérieure aux estimations antérieures.

La production totale se décomposait comme suit: 80,0 millions de tonnes de poisson de consommation (231,6 milliards d'USD), 30,1 millions de tonnes de plantes aquatiques (11,7 milliards d'USD) (figure 5) et 37 900 tonnes de produits non alimentaires (214,6 millions d'USD). La production de poisson d'élevage destiné à la consommation englobait le poisson proprement dit (54,1 millions de tonnes, 138,5 milliards d'USD) mais aussi les mollusques (17,1 millions de tonnes, 29,2 milliards d'USD), les crustacés (7,9 millions de tonnes, 57,1 milliards d'USD) et d'autres animaux aquatiques, tels que les tortues, les oursins, les grenouilles et les méduses comestibles (938 500 tonnes, 6,8 milliards d'USD). La culture de plantes aquatiques concernait principalement les algues et, dans une proportion beaucoup plus modeste, les micro-algues. Les produits non alimentaires se limitaient aux coquillages d'ornement et aux perles.

3- Répartition de la production aquacole et principaux producteurs

L'Asie a contribué à hauteur de 89 % environ à la production aquacole mondiale au cours des 20 dernières années. Sur la même période, l'Afrique et les Amériques ont vu leurs parts respectives de la production mondiale augmenter, tandis que celles de l'Europe et de l'Océanie ont légèrement diminué. Parmi les principaux pays producteurs, l'Égypte, le Nigéria, le Chili, l'Inde, l'Indonésie, le Viet Nam, le Bangladesh et la Norvège ont accru leur part de la production régionale ou mondiale, dans différentes mesures, au cours des 20 dernières années. En revanche, la part de la Chine dans la production mondiale a baissé progressivement, passant de 65 % en 1995 à moins de 62 % en 2016.

4- Développement de l'aquaculture dans certains pays

4-1- L'aquaculture en Asie

La production aquacole a augmenté très rapidement en Asie, surtout dans les 15 dernières années. La production totale (plantes aquatiques comprises) est passée de moins de deux millions en 1990 à plus de sept millions de tonnes en 2005. Depuis, le rythme d'expansion

////////////////////////////////////

de la région s'est encore accéléré. De 2000 à 2006, les taux moyens de croissance annuelle de la production ont été plus du double de ceux de 1990 à 2000.

Pourquoi s'est-elle tant développée en Asie en comparaison du reste du monde ? L'Asie dispose de beaucoup d'eau, tout spécialement en Asie tropicale mais aussi en Asie tempérée. C'est une des raisons. Une autre tient aux espèces présentes. L'Asie dispose d'une immense biodiversité de carpes, qui se nourrissent de végétaux et de plancton. Dans les océans et les zones côtières, il y a aussi le milkfish qui est également herbivore et les alevins et les jeunes adultes de ces espèces étaient facilement disponibles, car capturés dans les grands fleuves chinois ou dans les eaux côtières des Philippines ou de l'Indonésie. Des surfaces immenses de mangrove ont ainsi été converties en étangs de pisciculture, alors que dans les plaines inondables des régions continentales, c'est dans les rizières que le poisson était élevé, voire directement en étangs. Ce sont les principales raisons pour lesquelles l'Asie a une telle avance sur le reste du monde.

Par le passé, avant les avancées scientifiques en nutrition et production d'aliments granulés, les fermiers utilisaient les matériaux disponibles localement pour nourrir les poissons. Il s'agissait par exemple des déjections animales, des sous-produits agricoles ou même de l'herbe pour nourrir les carpes herbivores. C'est ça l'aquaculture traditionnelle. Mais au cours des 30 dernières années, des aliments formulés modernes ont été développés par la recherche scientifique et l'agro-industrie, et ils ont eu un impact majeur sur la pisciculture. Ça n'est pas de l'aquaculture traditionnelle contrairement à une opinion répandue, même si en Chine aujourd'hui, la majeure partie du poisson est élevé l'est en ayant recours à des aliments formulés. Ils ne sont plus produits en utilisant la fertilisation, que ce soit avec des déjections humaines, pratique qui a d'ailleurs quasiment disparu, ou avec des déjections animales, porcs, poulets, comme cela existe encore dans une certaine mesure, mais avec une importance qui est aujourd'hui sans commune mesure avec l'utilisation d'aliments granulés. C'est un point très important, qui est mal compris par les gens qui vivent dans les pays développés. Donc l'aquaculture traditionnelle décline à cause du développement des aliments granulés, et le principal facteur de changement est la rentabilité de la pisciculture.

4-2- L'aquaculture en Europe

- Espagne :

Riche de plus de 2500 km de côtes atlantiques et de 2450 km de côtes méditerranéennes, ainsi que de 250.000 ha de surfaces et eau douce alimentées par un réseau hydrologique très ramifié, l'Espagne dispose d'un cadre naturel favorable à l'aquaculture. Les nombreuses plaines

////////////////////////////////////

basses (92 % des côtes sont d'accumulation), les profondes rias, et des ressources halieutiques considérables donnent des atouts supplémentaires à ce secteur. L'espagnol est un gros consommateur traditionnel de produits de la mer: 43 kg/hab./an ce qui le situe au second rang mondial et au premier rang européen. Production Elle est caractérisée par deux productions principales : la moule et la truite. La moule place l'Espagne au second rang mondial après la Chine mais les productions ont beaucoup baissé depuis les valeurs record de 85 à 87 (245.000 T.). Cette chute récente semble s'être stabilisée autour de 100.000 T. la raison est l'apparition d'eaux rouges dans les eaux côtières de la 6 Galice, principale région productrice qui ont entraîné l'interdiction de la commercialisation d'une grande partie de la production. Les causes de ce phénomène sont complexes et aucune parade n'a pu encore être mise au point. L'espèce *Mytilus galloprovincialis* est élevée principalement sur des cordes suspendues sous les radeaux flottants. La plupart des 2000 entreprises sont de taille artisanale et produisent d'abord pour le marché en frais (55 %). La truite est élevée en Espagne depuis les années 60 dans la partie Nord du pays. Les méthodes ont évolué vers une intensification croissante et l'élevage en raceway est maintenant généralisé (taille commerciale de 200 - 250 g en 10 - 15 mois). La production a progressé régulièrement de 14.000 T. en 1986 à 19.700 T en 1993. Traditionnellement pêchée dans les estuaires, la daurade royale fait depuis quelques années l'objet d'un élevage dans le Sud du pays (Cadix) et aux Canaries. La maîtrise de l'élevage larvaire de masse et la valorisation de sites très favorables (nappes saumâtres stables en qualité) a permis le développement rapide de cette espèce: 150 T. en 1987, 2.200 T. en 1994. Le turbot connaît également une réussite similaire : lancé en Galice il ya 10 ans, l'élevage de ce poisson plat qui représentait 50 T. en 1987 atteint 2.000 T. en 1993 et compte 6 éclosiers et 22 entreprises en 1993 (Mazurié, 1993). De nombreuses autres espèces sont élevées soit de manière traditionnelle comme l'huître (2.700 T. en 1993) ou la palourde (3.600 T. en 1993) soit de manière plus moderne comme le loup (850 T. en 1994), le saumon (560 T. en 1993) ou l'écrevisse de Louisiane *Procambarus clarkii* (2.200 T. en 1993). De nombreuses espèces sont élevées à un stade encore semiexpérimental : crevette, pectinidés, thon, sériole, sole, mulot, etc...

- France :

Dotée de plusieurs façades littorales aux caractéristiques variées, la France dispose de 1700 km de linéaire côtier en Méditerranée. Trois massifs montagneux et un climat tempéré assurent une bonne ressource en eaux douces dans tout le pays. La consommation de produits de la mer atteint 19 kg/hab.an et croît régulièrement en raison de la diversification de l'offre et du caractère naturel et diététique attaché aux produits de la mer. Production La production est

////////////////////////////////////

dominée par trois espèces principales : l'huître, la moule et la truite. L'huître représente entre 135.000 et 145.000 T. par an (principalement *Crassostrea gigas*) ce qui place la France en 3^{ème} position mondiale. Premier producteur européen et premier pays 7 consommateur, la France compte environ 4.000 entreprises généralement de taille artisanale dispersées sur de nombreux sites et utilisant une grande variété des techniques. La production d'huître plate ne représente plus que 5 % de la production totale après les deux épizooties qui ont décimé cette espèce. La moule totalise environ 65.000 T. dont les 4/5 sont constitués de l'espèce *Mytilus edulis*. Cinquième producteur européen, la France a connu récemment une forte augmentation de la production des gisements naturels. Les entreprises sont en majorité artisanales et familiales mais la mise en œuvre des techniques de mer ouverte entraîne l'apparition de structures industrielles. La truite a été longtemps une activité traditionnelle menée à échelle semi-artisanales. L'intensification des méthodes d'élevage, les progrès de la zootechnie (génétique), la diversification des produits proposés liée à la généralisation de la vente dans la grande distribution ont conduit cet élevage à une évolution rapide et à une forte concentration de la profession. La production a atteint 45.000 T. en 1994. La production de loup et de daurade est passée de 400 T. en 1990 à 3.200 T. en 1994 grâce à une bonne maîtrise de l'élevage larvaire et un marché encore porteur. Les 32 fermes de grossissement représentent un secteur très hétérogène avec 4 entreprises industrielles assurant les 3/4 de la production, le reste étant constitué de petites structures artisanales situées pour la plupart sur la côte méditerranéenne . L'élevage des salmonidés marin (truite arc-en-ciel et saumon atlantique) a été limité par le problème de la mortalité estivale et la forte concurrence des pays du Nord de l'Europe. Il est à la recherche d'un second souffle avec l'introduction de l'espèce Fario. De nombreuses autres espèces font l'objet d'un élevage soit de type traditionnel comme la carpe (5.000 T. environ) soit de type intensif avec une forte composante de recherche comme le turbot (600 T. en 1994). Après un démarrage prometteur, l'élevage de la palourde a dû faire face d'abord à une violente épizootie puis au développement de stocks naturels notamment en Italie. Il est resté une activité secondaire de l'ostréiculture (500 T. en 1994).

- Grèce

Avec 110.000 km², la Grèce dispose de 240.000 km² d'espace marin et surtout de 15.000 km de côtes soit le tiers de tout le linéaire côtier de la Méditerranée. Le climat doux et tempéré offre des températures favorables à de nombreuses espèces (16-20°C). Le littoral présente une abondance de petites baies bien abritées mais assez profondes pour éviter le confinement. La demande en produits de la mer est élevée et en croissance (20 kg/hab./an en 1992) sans compter le tourisme : 8 millions de visiteurs par an.

////////////////////////////////////

L'élevage du loup et de la daurade en Grèce est une incontestable réussite comme on peut en juger par ces quelques chiffres : - 1986 : 12 fermes - 100 tonnes - 1994 : 177 fermes - 13.000 tonnes - part de marché 1994 : 40 % de la production aquacole de loup et daurade en Méditerranée - chiffre d'affaire à l'exportation: 73 millions de dollars (94) La conjonction d'un climat et d'un littoral favorables, d'un marché international très demandeur jusqu'en 1992 (surtout l'Italie), de la mobilisation de compétences internationales, de l'arrivée de capitaux étrangers (scandinaves principalement), de la disponibilité d'une technologie offshore déjà bien maîtrisée (salmoniculture) et l'opportunité d'aides importantes à l'investissement (40 % de la CEE et 15 % de la Grèce) expliquent ce développement exceptionnel. La quasi totalité de la production de loup et 30 % de celle de la daurade sont exportées. Les principales régions productrices sont concentrées autour de l'île d'Eubée (35 fermes), du littoral Nord-est du Péloponnèse (40 % de la production) et de deux régions insulaires: l'île de Cephallonia à l'Ouest et les îles de la mer Egée à proximité de la côte turque. Le secteur traditionnel recouvre essentiellement l'eau douce dont les élevages totalisent 2.650 T. en 1994. Carpiculture et truiticulture affichent des rendements très moyens (3,4 T./Homme/an et 11 T./H/an, respectivement) dans des exploitations familiales et dispersées. Le secteur de la conchyliculture se développe grâce à la mise en œuvre de filières en mer ouverte et une meilleure maîtrise de l'approvisionnement en naissain: 1.100 T. de moules en 1988; 12.000 T. en 1994.

- Italie

Pont naturel entre les deux Méditerranées, riche de 8.000 km de côtes, d'une longue tradition de consommation de produits de la mer, et d'un marché exigeant et connaisseur (record européen des prix), l'Italie dispose de nombreux atouts pour le développement de l'aquaculture. Celle-ci est une activité ancienne, en particulier la valliculture dans les lagunes de la plaine du PÔ. Dès le début des années 80, l'Italie s'est engagée principalement dans la modernisation de la truiticulture et l'élevage du loup et de la daurade.

La moule est la première espèce élevée pour un total qui varie de 85.000 T. à 90.000 T. L'élevage est pratiqué principalement sur cordes fixées à des tables, des radeaux ou de filières (mer ouverte). Les principales régions productrices sont le golfe de Venise (50 %) et les baies de Naples, la Spezia et Manfredonia. La truiticulture a progressé de 25.000 T. à 40.000 T. entre 1986 et 1993 grâce à un effort d'intensification. La palourde n'est élevée que depuis 1986 et totalise déjà 26.000 T. grâce notamment au développement rapide de stocks naturels en parallèle de l'élevage classique. Si les élevages traditionnels en eau douce (carpe, silure, anguille) stagnent, ceux du loup et de la daurade se développent régulièrement: 1.000 T. en 1986, 3.000 T. en 1994.

////////////////////////////////////

4-3- L'aquaculture en Afrique : Egypte

L'Egypte est une sorte de "petite Chine" sur la plan aquacole, si l'on se restreint à la zone du delta: abondance de terrains fertiles et plats, réseau hydrographique riche et dense, population nombreuse, dominance du secteur agricole, expérience multiséculaire de la gestion de l'eau, de l'irrigation, de la polyculture intégrée. Cette expérience rend les égyptiens particulièrement réceptifs aux possibilités de l'aquaculture sous toutes ses formes. D'une façon globale, l'Egypte représente le pays aux plus fortes potentialités aquacoles de toute l'Afrique du Nord. Compte tenu de la surface disponible à des fins d'aquaculture, 300.000 ha à 800.000 ha, selon les auteurs, elle est capable de produire des quantités de poissons de haut de gamme (loup, daurade) et de crevettes susceptibles d'approvisionner le marché européen à des coûts inférieurs ou comparables à ceux observés ailleurs autour de la Méditerranée. La croissance rapide de la population (1 million d'habitants en plus tous les 9 mois), la forte demande sur toutes les espèces de poissons, la stagnation des capacités de capture de la pêche tant en mer ouverte que dans les eaux intérieures ont conduit les autorités égyptiennes à soutenir le développement de ce secteur depuis 1980. Ce développement est une priorité pour 5 plusieurs raisons: il s'oppose à l'exode rural et valorise les surface en eau par une exploitation plus intégrée, il permet de diversifier les sources de protéines à coût faible et offre une bonne rentabilité. Enfin, il apporte des possibilités de production sans augmenter la pression foncière, par la conquête de l'espace marin (en mer rouge).

Les chiffres sont à utiliser avec précaution car le caractère extensif et familial de la plupart des productions ne permet pas un recensement précis de la production. Celle-ci a progressé rapidement de 1982 (23.000 T.) à 1987 (59.000 T.) en raison notamment des succès de la rizipisculture développée par le secteur privé (carpes, tilapias). Cette progression semble s'être arrêtée depuis 1986. La raison invoquée est la pression administrative pour la récupération de terres agricoles au détriment des surfaces en eau des quatre lacs inférieurs. Les cages à tilapia dans le Nil ont connu un développement rapide depuis 1989 notamment en amont de Damiette. Mais la pollution croissante des fleuves en limite d'expansion. Cependant, s'il reste d'importantes marges de progression dans toutes les formes d'élevage aquacole, l'accentuation de la pression des activités humaines (urbanisation, poldérisation, pollutions agricoles et industrielles, etc.) nécessite une réorganisation du développement de ce secteur afin d'éviter le gaspillage des ressources et les risques d'effondrement des productions par suite de la pollution et de l'eutrophisation des milieux aquatiques. Il est intéressant de noter que dans deux cas, le développement de l'aquaculture en Egypte a été entraîné par des augmentations nettes du prix de vente local : la construction du barrage d'Assouan dans les années 60 a entraîné une chute de

la production sardinière (30.000 T. à 8.000 T. par an) ce qui a fait monter les prix du tilapia et des mugilidés. Ce renchérissement a permis le décollage de la production aquacole de ces espèces : 5.000 T. de production en 1974; 35.000 T. en 1986. Le deuxième exemple concerne la lagune de Bardawill, où les Israéliens avaient développé dès 1978 un circuit d'exportation de loup et de daurade. Le chiffre d'affaire pour ces deux espèces a été multiplié par 10 en 10 ans (Pisanty, 1981). La récupération dans les années 80 de ce marché par les Egyptiens a dynamisé les cours locaux de ces deux espèces en les faisant passer de 15 à 45 livres égyptiennes/kg (en valeur 92). Cette augmentation est à l'origine de ce second décollage de l'aquaculture en Egypte, cette fois à partir de la production des espèces marines "nobles" qui passe de 50 à 1.500 T. en 5 ans (1988-1993).

5- l'aquaculture en Amérique du Nord (aquariophilie) et Sud (Brésil).

L'aquariophilie est un loisir très populaire à l'U.S.A, cette activité s'est bien développée, surtout en Floride où plus de 4 millions de poissons sont produits chaque semaine. Les fermes sont constituées de bassins creusés dans le sol, assimilables à des petits étangs. Les superficies sont d'une dizaine d'hectares fractionnés en nombreux petits bassins de 200 m² et 2 m de profondeur. Certains sont recouverts d'une serre pour surmonter les mortalités hivernales dues aux intempéries et aux basses températures. La gestion est identique à celle des étangs : les espèces élevées sont stockées en bassins de terre fertilisés, la reproduction n'est pas contrôlée et se fait naturellement en bassins, mais il y a un ajout de nourriture et contrôle des macrophytes et des prédateurs.

Le Brésil a un grand potentiel aquacole, que ce soit en eau douce ou en mer. Il possède approximativement 12% de toute l'eau douce superficielle de la planète et il a plus de 8000 km de côtes.

Aujourd'hui, au Brésil comme dans le reste du monde, l'aquaculture existe surtout en eau douce. L'aquaculture marine est limitée à l'élevage des mollusques, principalement les moules au sud du pays, et l'élevage des crevettes marines, l'espèce exotique *Litopenaeus vannamei*, la crevette blanche du Pacifique, qui est très élevée dans le Nord-est du Brésil. Mais l'essentiel de la production est en eau continentale. Il y a des élevages en étangs de pisciculture, et des cages flottantes dans les lacs naturels ou, le plus souvent, dans les lacs de retenues. Le bouquet énergétique du Brésil est entièrement basé sur l'hydro-électricité. Il existe donc toute une série de réservoirs qui ont été construits pour stocker l'eau à des fins énergétiques. Actuellement, de nombreuses cages flottantes ont donc été déployées dans ces plans d'eau, en particulier pour l'élevage de l'espèce exotique tilapia. La deuxième espèce la plus élevée au

////////////////////////////////////

Brésil est le tambaqui, aussi connu à l'étranger sous le nom de cachama. C'est un grand poisson d'origine amazonienne, très consommé en Amazonie, mais aussi apprécié dans le reste du pays. Le tambaqui est élevé dans pratiquement tous les États brésiliens, y compris dans le Sud-est où la température est plus fraîche.

Chapitre IV : L'Aquaculture en Algérie

1- Introduction :

La vulgarisation et l'introduction sur le marché national d'espèces nouvelles, ayant une valeur marchande intéressante, ont incité le secteur privé à s'intéresser à l'aquaculture, en particulier la pisciculture continentale, ceci est démontré par le nombre de demandes de concessions qui ne cesse d'affluer à l'administration des pêches.

Cependant, l'Algérie se distingue parmi les pays Méditerranéens par sa très faible production: 476T (2002). Cette production ne peut compenser le déficit en produits de la pêche. Bien que le ratio alimentaire est passé de 3,02 en 1999 à 5,12 kg/hab/an en 2003, cela reste bien en dessous de celui de 2 pays maghrébins : le Maroc 8,5 (1996) et la Tunisie 10,5 (1996). Quant à la moyenne mondiale, elle est de 13,4 kg/hab/an.

La couverture de ce déficit en poisson en Algérie ne peut être assurée par la pêche maritime du fait de l'étroitesse de son plateau continental et par l'escarpement de sa côte. Donc, l'Algérie devra favoriser le développement de l'aquaculture, et il est impératif de doter cette activité d'une politique nationale globale à travers des programmes d'action à court, moyen, et long terme.

2- Contexte maghrébin

De tous les pays maghrébins, l'Algérie est celui qui, en dépit de la longueur de sa façade littorale (1280 km), offre le moins de prédispositions aux activités halieutiques. L'étroitesse de sa plate-forme continentale, le manque d'abris naturels le long d'une côte généralement inhospitalière, le caractère montagneux de l'arrière pays immédiat qui fait obstacle à l'établissement de circuits rapides de commercialisation expliquent le retard apporté au développement des pêches ainsi que les difficultés de développement de l'aquaculture. La production de poissons d'eau douce est passée de 30 T en 1989 à 220 T en 1993. Cet effet est dû à l'accroissement de l'effort de pêche dans les barrages repeuplés en alevins de carpes et de sandres à la fin des années 80. En revanche, la myticulture régresse malgré l'existence d'un petit marché local et le nombre des investisseurs potentiels (70). Divers projets d'élevage de nouvelles espèces sont en attente

3- Historique

En fait les premiers essais d'aquaculture en Algérie remontent à plus d'un siècle. Plusieurs centres spécialisés ont vu le jour pour encadrer scientifiquement et techniquement ces opérations :

- **Station aquacole de Castiglione**
- **l'Aquarium de Beni-Saf.**
- **la station de Mazafran.**
- **La station Océanographique du port d'Alger.**

Différentes opérations ont marquées l'histoire de l'aquaculture algérienne ; Selon le biologiste français « **Novella** » les premiers essais furent en **1880** au niveau de **l'embouchure d'Arzew**.

- **1921:** Création de la station d'aquaculture et de pêche de Bousmail avec pour objectif : Détermination des meilleurs sites pour la conchyliculture et la pisciculture.

- **1937:** Création de la station d'alevinage du Grib (empoissonnement en truites arc en ciel).

-**1940:** Exploitation des lacs Oubeira et El Mellah et Tonga avec culture de coquillages.

- **1947:** Création de la station Mazafran, dans l'optique de repeuplement en poissons d'eau douce et de recherches hydro biologiques.

- **1962-1980:** L'après indépendance, la quasi totalités des actions ont été menées sur les lacs de l'est et sur la station de Mazafran.

-**1973:** Mise en valeur du lac El mellah, pour l'installation des tables conchylicoles.

- **1974:** Une étude de mise en valeur du lac Oubeira a conduit à un projet d'installation d'une unité de fumage d'anguilles.

- **1978:** Un programme de coopération avec la Chine a était mis en place, centré sur 2 axes:

- Initiation aux techniques de reproduction et d'alevinage pour le repeuplement
- Tentatives d'élevage larvaire de crevettes *Peneus kerathurus*.

- **1982 à 1990,** exploitation de l'anguille aux lacs **Tonga, Oubeira et Mellah** par un privé.

La production annuelle moyenne était de l'ordre de 80 tonnes exporté vers l'Italie.

- **1983/1984:** Premiers travaux de réalisation d'une écloserie de loup au lac El-mellah.

- **1985/1986:** Des réservoirs d'eau furent peuplés ou repeuplés en poissons importés de Hongrie: carpes royales, carpes à grande bouches, carpes herbivores, carpes argentées, sandres.

- **1987:** Filière sub-surface installée par l'ONDPA.

- **1989:** Implantation d'une écloserie type mobile à Harreza pour la reproduction de carpes (10 millions de larves), une autre écloserie de carpes à double capacité que la première a été implantée à Mazafran.

-**1991:** dans le cadre de repeuplement, 6 millions d'alevins de carpes ont été lâchés dans les plans d'eau des barrages Baraka, Gargar, Meurdjet-El amel, Benaouda, Oubeira.

Durant les années de 1921 à 1993 aucune politique durable n'a permis de promouvoir le secteur de l'aquaculture.

- **1999**: Inventaires des sites aquacoles à travers le pays.

- **2000**: Création d'un comité national autour du sujet : Aquaculture en Algérie ; ce qui a abouti à des résultats importants du point de vue perspectives, ainsi un établissement du plan national d'aquaculture en Algérie.

- **2001**: Début de la première campagne d'élevage d'alevins, ainsi qu'une exploitation plus ample de sites aquatiques à travers le territoire national (côtière, intérieure, Saharienne).

4- Perspectives de développement

4-1- Potentialités hydriques

L'Algérie dispose d'un potentiel hydrique très important, dont la quasi- totalité reste inexploitée. Les possibilités de développement de la filière d'activité aquacole sont considérables sur les plans des ressources naturelles et humaines, l'Algérie dispose de potentialités naturelles significatives sur tout le territoire national (littoral & intérieur du pays).

En outre, on note un potentiel d'environ 100 000 hectares de ressources hydriques naturelles ou artificielles à travers les 1280 km de côte que compte notre pays.

4-2-Potentiel biologique :

- L'Algérie dispose d'un potentiel biologique tant considérable que diversifié.
- Il est important de signaler que l'Algérie demeure l'un des rares pays en Méditerranée à disposer de ressources halieutiques à très hautes valeur marchande très prisées par les consommateurs étrangers

On citera :

- Les poissons nobles tels que : mérou, dorade, thon rouge, espadon...
- Les crustacés tels que : crevettes royales, langoustines, langoustes
- Les céphalopodes tels que : poulpes, seiches, calmars
- Les algues (600 espèces), le zooplancton...

A l'heure actuelle des connaissances, plus d'une vingtaine d'animaux aquatiques peuvent développer une aquaculture d'appoint.

4-3-Types d'élevage :

Il existe différents types d'élevages selon les espèces envisageables en Algérie:

- 1) Les espèces pouvant être élevées en mode **extensif** :
 - En eau douce : carpe, tilapia, mullet, sandre, black-bass
 - En eau saumâtre : mullet, bar, sole, daurade
- 2) Les espèces pouvant être élevées en mode **semi-intensif à intensif** en cages flottantes :
 - En eau douce : Carpe
 - En eau de mer : Bar, daurade
- 3) L'élevage intensif en bassins construits en dures : Loup, daurade, turbot.
- 4) La conchyliculture : En filière : Huîtres, moules, palourdes...

4-4- Contraintes affectant le développement de l'aquaculture en Algérie :

- Absence d'une politique globale à long terme.
- Absence d'une politique de recherche scientifique.
- Absence de comité d'intérêt public intra-sectoriel et interministériel.
- Absence de concertation et de dialogue entre organismes publiques chargés du développement de l'aquaculture et les promoteurs ainsi que de l'accompagnement sur terrain de leurs projets.
- Absence de représentants de l'activité au niveau des wilayat à potentialités aquacoles.
- Absence d'encadrement financier.
- Absence de structure de vulgarisation et de démonstration.

4-5- Objectifs (PNDA) :

L'objectif du plan de développement de la pêche et de l'aquaculture est l'amélioration de la situation nutritionnelle et du revenu des populations par le développement de la production qui doit être planifiée dans le but de rentabilité micro-économique et de compétitivité.

L'objectif retenu pour est la consommation de 6kg/ha/an. De ce fait, la production devrait passer à 260 000T dont 20 000T proviendraient de la pêche continentale, et 30 000 à travers l'aquaculture.

D'autres sites peuvent faire l'objet d'élevage piscicole par l'implantation d'une ferme marine au niveau de l'ancienne fonderie de la Messida (ElKala).

❖ **Projet d'Azeffoun** : une éclosérie et une ferme d'élevage du loup et de la dorade :
1000T

❖ **Deux autres projets seront réalisés à Ain Temouchent** :

- Ferme de Tafna : produira environ 600T/an de loup et de dorade
- Ferme de Bouzedjar

❖ **Bou ismail : Un centre de recherche pour sauver le littoral**

Le Centre national de recherche, de développement de la pêche et de l'aquaculture (CNRDPA) de Bou Ismaïl, qui relève hiérarchiquement du ministère de la Pêche et des Ressources halieutiques, et fonctionnellement du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche scientifique s'articule autour de 4 divisions de recherche, en l'occurrence halieutique ; aquaculture ; industrie et transformation des produits de la pêche ; écosystèmes aquatiques.

L'évaluation et la gestion des ressources halieutiques, le développement des techniques et technologies de pêche ; la pisciculture continentale, la valorisation des ressources hydriques, la reproduction, les ressources algales ; la valorisation et transformation des produits de la pêche et de l'aquaculture ; la lutte contre la pollution, l'écotoxicologie, les systèmes sensibles, la variabilité et la biodiversité des écosystèmes ; telles sont les missions des divisions de recherche du CNRDPA. Néanmoins, cet établissement national implanté dans la wilaya de Tipasa s'est défini comme objectif dans la recherche des biomasses exploitables des principales espèces pêchées en Algérie, notamment le poisson bleu, le développement socio-économique de l'activité pêche, l'incitation et à l'encouragement à l'industrie de transformation des produits de la pêche, enfin la lutte contre la pollution marine et l'étude de l'environnement sur la disponibilité de la ressource en caractérisant les eaux marines sur le volet physique et chimique.

Le CNRDPA de Bou Ismaïl (Tipasa) dispose d'une ferme marine et d'un centre conchylicole, d'une station d'halieutique à Beni Saf et d'une station crevériculture à Skikda. Fliti Khaled, le nouveau directeur du CNRDPA assisté par de chercheurs et universitaires s'attellent tous à travailler sans cesse dans les laboratoires ainsi qu'au niveau des différents sites ; en dépit de l'adversité de l'environnement ; pour rattraper le temps perdu par l'Algérie en matière de recherche en faveur de la préservation de l'environnement marin et les ressources halieutiques, en menant des expériences. D'autres chercheurs dans le domaine de l'environnement marin et des enseignants des autres universités algériennes, à l'image de celle de Bab Ezzouar (Alger) ont déjà atteint un niveau dans leurs recherches qui mérite plus de considération des pouvoirs publics.

5-L'aquaculture au Sud

Le Sud algérien offre la possibilité de l'intégration de la pisciculture à l'agriculture, où les eaux souterraines pourraient contribuer à la diversification et le développement de certaines espèces des eaux chaudes.

Au cours de ce programme de développement, l'extension de l'activité aquacole couvrira les 7000 tonnes restantes, notamment, par l'exploitation :

- ❖ Des zones **semi-arides** (20.000 ha) et principalement au niveau du **chott Chergui** pour initier la pisciculture de Tilapia sur une superficie de 100 ha.

Exemples sur quelques fermes déjà opérationnelles :

- La wilaya d'Aïn Témouchent compte déjà deux fermes aquacoles qui produiront globalement 1700 tonnes/an de lous de mer et de dorades. Il est également prévu 400 000 alevins pour la production de maigres, de dorades et de lous de mer sur un programme de 650 000 qui ont été importés par la ferme aquacole Aquasol, un investissement ayant coûté 740,7 millions de DA. Tout ceci grâce au soutien du Fonds national de développement de la pêche et de l'aquaculture (FNDPA) pour une capacité de production de l'ordre de 1000 tonnes/an et 4 milliards d'alevins/an au niveau de son éclosier ainsi que 1000 tonnes/an de maigres, lous de mer et dorades. De son côté la ferme Aquasol, générera 240 postes d'emploi, dont 60 directs et 180 indirects.
- Les complexes d'élevage de crevette d'eau douce d'Ouargla, de Ghardaïa et de Saida sont aussi entrés en production.
- deux fermes spécialisées dans l'élevage de poisson en mer à Ain Tagourait (Tipaza) et Ain Taya (Alger).
- réalisation d'une ferme aquacole de daurade dans la zone côtière de Cap Blanc relevant de la commune d'El Kerma (ouest de la wilaya d'Oran). La ferme devra entrer en phase de production en fin d'année 2014 pour une capacité de 1000 tonnes/an.
- Ferme aquacole de la Marsa (Skikda) : S'étalant sur une superficie de 15 hectares extensibles, la ferme dispose d'une éclosier pouvant assurer une production de plus de 20 millions de larves de crevettes annuellement, en plus de 8 bassins d'élevage d'une capacité de production de 5 tonnes.

Première récolte de la crevette impériale depuis sa mise en service en avril 2011, la ferme est déjà parvenue à assurer trois cycles de production. Elle s'est surtout fait remarquer par une production assez importante de la crevette locale «La Matsagoune». Plus de 3 millions de larves avaient alors été produites, dont une grande partie avait été

remise dans le milieu marin pour repeupler les côtes formant la baie allant de la Marsa à El Tarf. Aujourd'hui, la ferme est à son troisième cycle, ou plutôt expérience en s'attaquant, depuis le mois de mars dernier à une nouvelle espèce de crevette dite «Impériale».

- deux grandes écloséries de Sidi Bel-Abbès et celle d'El-Ouricia destinées à produire 15 millions d'alevins par an, leur objectif est la couverture des besoins nationaux en espèces d'eau douce.
- la ferme pilote de Hassi-Lefhal à Ghardaia lancée en 2009, spécialisée dans l'élevage de Tilapia et de poisson chat.
- la ferme piscicole Mouleille à Ouargla, fait à la fois l'élevage intensif de Tilapia et poisson chat ainsi que l'activité industrielle : la transformation de ces produits aquacoles en pâtés.
- la ferme d'Azeffoun, dans la wilaya de Tizi-Ouzou, est entrée en production avec une capacité annuelle de 1250 tonnes de loup de mer et de daurade, en plus de deux autres fermes de conchyliculture marine d'une capacité de production de 100 tonnes d'huîtres et de moules par an.

En conclusion, pour un développement réel de l'aquaculture en Algérie il faut avant tout instaurer un environnement économique et juridique pour l'encadrement de cette activité, lancer des mesures incitatives de promotion et de garantie envers les institutions financières de façon que cette dernière ne soit plus considérée comme activité à risque.

Par ailleurs, une action de vulgarisation est nécessaire pour expliquer les méthodes et procédés de l'aquaculture et parallèlement favoriser l'installation d'une aquaculture traditionnelle intégrée à l'agriculture dans certaines régions du pays, sachant, que les moyens à mettre en place pour ce type d'aquaculture sont peu coûteux et facile à gérer.

Seulement, pour une durabilité de l'activité, il faut soutenir l'éleveur par des aides financières ou même matérielles et assurer un approvisionnement en semences (alevins et naissain) continu et régulier.

Références Bibliographiques

- **Barnabé. G.1989.** Aquaculture volume 1
- **Barnabé. G.1989.** Aquaculture volume 2
- **Chalabi.A. 2006.** L'aquaculture en Algérie et son contexte magrébin.
- **FAO.1998.** La production aquacole dans les pays méditerranéens
- **FAO. 2010.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016.
- **FAO. 2011.** Analyse du développement de l'aquaculture en Asie du Sud-Est: une perspective de la politique. Document technique sur les pêches et l'aquaculture. N°. 509. Rome 79p.
- **FAO. 2016.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome. 224 pages
- **FAO. 2018.** La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016.
- **Nejar. N (DEPF), Mansouri M.A et Khalili E.M (ANDA), 2018.** Aquaculture marine : Potentiel et nécessité de développement,
- Liste des liens AQUACULTURE : WWW.google.fr/aquaculture + Algérie.