

Grain 7 : La nutrition des poissons

Responsables:

Philippe Cacot , Cirad
Frédéric Maillard, Irstea
(Remerciements à Yann Moreau)

Introduction : l'importance de la nutrition en pisciculture

Le coût de l'alimentation dans les systèmes d'élevage intensifs peut représenter voire dépasser 50 % des coûts totaux et la mise en œuvre de pratiques nutritionnelles adéquates joue un rôle toujours plus important en aquaculture, non seulement en termes d'optimisation économique mais aussi pour le maintien du bien-être et de la bonne santé du stock élevé, pour l'obtention de performances de croissance adéquates, pour garantir la qualité de la chair, notamment son contenu en acides gras essentiels comme les oméga-3, mais aussi pour réduire l'impact polluant des élevages en diminuant les rejets du métabolisme.

Au cours de ce grain, vous découvrirez quelles sont les spécificités nutritionnelles des poissons, comment ils sont alimentés de manière naturelle ou exogène en élevage et quelles sont les nouvelles voies identifiées pour produire des aliments piscicoles durables.

Les besoins nutritionnels des poissons

A la différence des autres groupes animaux élevés, les poissons présentent une très grande diversité de régimes alimentaires. Les principales espèces produites dans les pays du sud ont une alimentation à bas niveau trophique, c'est à dire qu'elles sont herbivores, frugivores ou omnivores-détritivores. C'est le cas des carpes, du tilapia, ou du panga pour ne citer que les principales. En revanche, dans les pays développés, l'effort de domestication a souvent porté sur des espèces à haute valeur ajoutée, qui sont aussi généralement carnivores. C'est le cas du saumon, de la truite, du loup etc.

Aujourd'hui, on connaît parfaitement les besoins nutritionnels des principales espèces élevées. Les poissons ont des besoins en protéines nettement supérieurs à ceux des mammifères ou des oiseaux, mais leur rendement protéique est bien plus élevé que celui des autres productions animales : on peut produire 110 kg de truites avec 100 kg de granulés, contre seulement 20 kg de poulet, l'espèce terrestre qui présente le meilleur rendement protéique. Les lipides sont aussi très importants, à la fois comme source d'énergie mais aussi sur le plan qualitatif, les poissons ayant des besoins élevés en acides gras polyinsaturés. En revanche, la majorité des poissons n'a pas une capacité de digestion et d'utilisation des glucides aussi développée que les vertébrés supérieurs, bien que les poissons omnivores ou herbivores tels que les poissons-chats, les carpes ou les tilapias les utilisent mieux que les salmonidés.

Les aliments naturels

En étang de pisciculture, lorsque la biomasse piscicole est en deçà de certains seuils, il est parfaitement possible d'élever les poissons sans utiliser d'aliment exogène, en ayant seulement recours aux nombreux aliments naturels présents dans l'environnement aquatique. L'étang de pisciculture est en effet un milieu écologique au sein duquel de nombreux organismes microbiens, animaux et végétaux coexistent et interagissent. C'est d'ailleurs pour les exploiter au mieux que les pisciculteurs d'étangs associent traditionnellement des poissons ayant des régimes alimentaires complémentaires, afin d'accroître la biomasse produite dans le milieu en exploitant toutes les sources trophiques disponibles. C'est ce qu'on appelle la polyculture.

On peut aussi stimuler la production de ces organismes aquatiques en ayant recours à la fertilisation, qui consiste à apporter des éléments nutritifs aux organismes autotrophes (c'est à dire les plantes aquatiques, et notamment les micro-algues du phytoplancton) et hétérotrophes (comme les bactéries, les ciliés et certaines formes de zooplancton). Ces plantes et animaux qui sont à la base du réseau trophique aquatique sont ensuite consommés par les animaux supérieurs, notamment les poissons. Avec une fertilisation bien gérée, il est possible d'accroître la production piscicole d'un plan d'eau d'un facteur supérieur à 10.

Comme dans les jardins potagers, il est possible d'utiliser des fertilisants minéraux ou des engrais organiques. Ces derniers sont très efficaces car ils stimulent à la fois les voies trophiques autotrophes et hétérotrophes, mais ils présentent aussi un inconvénient car s'ils sont apportés en quantités excessives, ils peuvent entraîner une désoxygénation et la mortalité de tous les organismes aquatiques, dont les poissons. Ils présentent un autre inconvénient, lié à la perception négative du consommateur car bien que cette technique soit pratiquée depuis des siècles dans pratiquement tous les pays du monde, y compris en France, elle suscite aujourd'hui des inquiétudes, liées à l'usage de matières comme les déjections d'élevage. Sur le plan sanitaire, des nombreuses études scientifiques et suivis sanitaires ont montré que les inquiétudes n'étaient pas justifiées¹, vraisemblablement parce que les micro-algues du phytoplancton produisent naturellement des substances à effet antibactériens mais aussi parce qu'elles créent des conditions environnementales extrêmement défavorables aux bactéries pathogènes, notamment un pH très élevé. Le rejet culturel reste par contre encore très fort en France et dans de nombreux pays développés, même si en transformant des déchets organiques sans valeur en protéines alimentaires de grande qualité, cette technique ancestrale est aussi conforme aux principes modernes de l'économie circulaire.

Les limites de l'utilisation des farines et huiles de poissons

Lorsque la biomasse piscicole devient plus importante ou que les structures d'élevage ne permettent pas aux poissons d'aller se nourrir dans le milieu, il est indispensable d'apporter une alimentation exogène. Historiquement, les espèces

¹ <http://books.google.fr/books?id=3UgGsqXdexEC>

carnivores étaient nourries en utilisant du « poisson-fourrage », c'est à dire des poissons de moindre valeur commerciale, souvent pêchés dans le milieu naturel. Cette technique pose cependant de nombreux problèmes d'impact sur les populations sauvages, d'irrégularité de l'approvisionnement et de pollution environnementale susceptible d'affecter la qualité des poissons produits.

Dans les années 70, des aliments composés parfaitement adaptés aux besoins nutritionnels des poissons ont donc commencé à être fabriqués pour s'affranchir de ces contraintes et améliorer la qualité de l'élevage. Ils ont permis à l'aquaculture de se développer très rapidement. Même si leur formulation a progressé, ils sont aujourd'hui toujours fabriqués à partir d'une multitude de matières premières, au premier rang desquels, les farines et huiles de poisson, indispensables pour satisfaire les besoins élevés en protéines et en oméga-3 des poissons.

Avec le développement à grande échelle de la production piscicole mondiale, cela a cependant commencé à poser un problème écologique de surexploitation de certains stocks de poissons pélagiques servant à produire les farines et huiles de poissons. Des alternatives comme les farines animales auraient pu prendre en partie le relai mais la crise de la vache folle a mis en lumière les risques associés à cette matière première, qui a longtemps été interdite en Europe et reste aujourd'hui bannie par les pisciculteurs français.

Mais la recherche progresse et de nouvelles pistes pour produire des aliments durables existent : aliments végétaux, insectes etc. La valorisation alimentaire des macro-algues en aquaculture est probablement l'une des plus séduisantes.

La valorisation alimentaire des macro-algues en aquaculture

Les promesses des macro-algues

L'exploitation des macro-algues est une thématique prometteuse en termes d'efficacité alimentaire des élevages et de protection de l'environnement. Le CIRAD et l'IFREMER et d'autres partenaires dans la région de Montpellier ont choisi de se pencher sur ces questions afin de contribuer à la durabilité des systèmes aquacoles.

Les macro-algues incluent plusieurs groupes d'algues dont les algues vertes, brunes et rouges. Elles ont toutes en commun de n'avoir pas de racines nourricières, voire pas de racine du tout. Ces algues absorbent donc les sels nutritifs dissous dans l'eau directement par leurs feuilles, ou thalles. Cette caractéristique confère aux macro-algues une forte réactivité en présence d'azote et de phosphore dissous, nitrate (ou ammoniac) et phosphate, respectivement : elles se développent rapidement en réponse à une pollution du milieu. Les blooms de macro-algues sont une nuisance pour le littoral, à l'origine notamment des marées vertes en Bretagne ou des malaïgues dans les étangs côtiers du Languedoc-Roussillon.

Par ailleurs, l'azote et le phosphore absorbés par les macro-algues sont convertis en protéines dont la teneur peut atteindre 45% de la matière sèche dans l'ulve ou salade de mer. La farine d'ulve constituerait une source de protéines alternative dans un contexte de renchérissement des sources de protéines en général et du

tourteau de soja en particulier. Le prix de ce dernier a doublé en 10 ans pour atteindre 330 € la tonne ; la France en importe environ 3,9 millions de tonnes (MT) par an pour une valeur d'environ 1,3 milliards d'euros.

Les macro-algues permettraient donc de recycler les protéines des animaux d'élevage dont les poissons. Cette perspective est d'autant plus intéressante que seule une fraction (10-40%) des protéines et donc de l'azote est fixée par les poissons ; la majeure partie est excrétée et perdue. Concrètement, la production d'une tonne de poissons est associée à l'émission d'environ 50 kg d'azote, soit l'équivalent des rejets annuels d'une ville de d'environ 14.000 habitants.

Nos recherches sont focalisées sur les ulves au niveau de la conversion de l'ammoniac en protéines algales et de l'efficacité alimentaire de l'algue pour nourrir des poissons.

Conversion de l'ammoniac en protéines algales

L'azote issu du catabolisme des protéines est excrété par les poissons sous forme d'ammoniac ($\text{NH}_3 / \text{NH}_4^+$) au niveau des branchies. L'ammoniac est une molécule toxique pour les poissons qu'il faut donc éliminer du milieu d'élevage. L'ammoniac est éliminé grâce à un changement d'eau ou bien par une transformation en nitrate dans les circuits d'élevage dits ouverts ou fermés, respectivement. La fixation de l'ammoniac par les algues présente les avantages suivants : meilleure absorption que les autres formes azotées, économie d'oxygène et même production d'oxygène et, en plus, fixation du CO_2 .

Un essai a montré que l'apport d'ammoniac au milieu de culture des ulves permet de faire passer la teneur en protéines de 10-15% à 35% (% matière sèche) en deux semaines. L'enrichissement le plus fort est obtenu avec un apport en carbone réduit au seul CO_2 atmosphérique. Concrètement, on peut prévoir de faire varier le ratio des apports carbone/azote pour favoriser le gain de biomasse ou l'enrichissement en protéines. En conditions optimales de culture intensive (bassin avec 2 kg/m² de biomasse stockée, brassage de l'eau et apport de CO_2), à titre d'ordre de grandeur, une surface de 100 m² permet en un mois de produire 107 kg de farine d'algue (536 kg d'algue fraîche) dont 38 kg de protéines ; cette production permet de fixer le rejet d'azote (7,5 kg) issu d'une production de 95 kg de poisson.

Un outil pratique a été mis au point afin de suivre en temps réel la composition des ulves, notamment la teneur en protéines (ainsi que la teneur en matière sèche et la teneur en minéraux). Il s'agit de l'analyse par spectrométrie dans le proche infra-rouge (SPIR), couramment employée sur des matières alimentaires terrestres. Cette technique est appliquée de manière non destructrice aux échantillons d'algues fraîches (150 g) et les résultats sont connus en quelques minutes.

L'efficacité alimentaire des algues

S'agissant d'une matière végétale, nous avons choisi de nous intéresser à la valorisation des ulves pour nourrir des poissons marins omnivores. Des travaux sont en cours avec le muge ou mullet (*Liza ramada*) et la saupe (*Sarpa salpa*). L.

ramada est l'espèce de muge la plus abondante au Nord de la Méditerranée, dans les étangs littoraux et les estuaires en particuliers. La saupe est pratiquement le seul poisson exclusivement herbivore en Méditerranéen qui atteint une taille intéressante (50 cm pour 1 kg). L'intérêt commercial de ces espèces fait débat : dépourvues d'arêtes intramusculaires, elles sont appréciées des consommateurs au Sud de la Méditerranée mais elles ont encore à faire leur preuve en Europe.

A l'échelle mondiale, les poissons omnivores occupent une place importante en pisciculture : la carpe herbivore (*Ctenopharyngodon idella*) est la première espèce produite (> 4 106 tonnes/an), le milkfish (*Chanos chanos*) est le 2ème poisson marin (650.000 T/an) ; le tilapia (*Oreochromis niloticus*) et le panga (*Pangasianodon hypophthalmus*) sont également importants ($\approx 2 106$ T/an par espèce). Le régime alimentaire omnivore est associé à un coût de production modéré ; en phase de grossissement, les aliments distribués aux poissons ont des teneurs en protéines modérées (20-25%) et les ingrédients sont d'origine végétale pour 90%. Ces poissons sont certes produits principalement en Asie mais, pour le panga et le tilapia, ils sont aussi maintenant massivement importés en Europe. Enfin, l'ormeau (*Haliotis* sp.) un coquillage exclusivement herbivore est produit en aquaculture à un faible tonnage mais sa valeur marchande est très élevée ; il existe une ferme en Bretagne.

Un essai réalisé avec le muge montre qu'il est possible de remplacer la moitié des protéines de soja par des protéines d'ulve dans un granulé complet ; la croissance des poissons est similaire à celle obtenue avec un granulé sans farine d'ulve ; la meilleure croissance a été obtenue avec l'apport de 25% de protéines d'ulve.

Nos travaux en cours portent sur l'optimisation de l'incorporation de la farine d'ulve dans un granulé extrudé. C'est ce type de granulé qui est principalement employé en pisciculture de par sa bonne tenue à l'eau. Or, il semble que la farine d'ulve présente des caractéristiques particulières qui peuvent impacter les propriétés physiques des granulés. En particulier, cette farine a une forte rétention d'eau liée à la résistance des cellules à la dessiccation (qui peuvent donc se réhydrater) et/ou aux propriétés gélifiantes des polysaccharides (ulvanes). Nous essayons de mettre au point un processus de production de farine d'ulve qui réduirait ces caractéristiques indésirables. Ce processus pourra aussi permettre d'améliorer la digestibilité de cette farine.

Enfin, les ulves – et les autres macro-algues – semblent présenter une variabilité importante au niveau de la composition des protéines, c'est-à-dire de leur profil en acides aminés. Ce profil est un élément essentiel de la qualité des algues, en particulier au niveau de l'abondance des acides aminés essentiels. Nous souhaitons étudier le lien qui pourrait avoir entre les conditions de culture et la composition des protéines.

L'intérêt des farines d'insectes pour nourrir les poissons (Frédéric Maillard)

Comme il a été dit précédemment, au début de cette vidéo, les farines d'insectes constituent une source de protéines alternatives intéressantes aux farines de poissons en aquaculture. Dans le cadre du projet DESIRABLE nous travaillons sur ce

projet à l'IRSTEA et elles font figure de bons candidats pour un certain nombre de raisons que je vais vous présenter.

Les insectes font naturellement partie du régime alimentaire de nombreux poissons

A l'état sauvage, les larves d'insectes (de phryganes, d'éphémères, de libellules, de moustiques ou de chironomes) font systématiquement partie du régime alimentaire des poissons de rivière ou d'étang : truite, saumons, ombre, cyprinidés : carpe, gardons... Omnivores ou carnassiers, gobeurs ou moucheurs selon un jargon bien connu des pêcheurs, ces poissons peuvent, à différents stades de leur évolution, ingérer des larves d'insectes aquatiques ou des insectes terrestres tombés à l'eau.

Il existe plus de 200 espèces de poissons qui se nourrissent de larves de moustiques, et qui ont été testées lors de programmes à double visée, démoustication en zone de paludisme et nutrition des populations.

Le poisson archer chasse des insectes qu'il peut abattre, grâce à un jet d'eau, jusqu'à 3 mètres au-dessus de la surface de l'eau.

Enfin, les poissons marins qui se nourrissent de petits crustacés, capables d'en digérer en partie la cuticule chitineuse, sont potentiellement aptes à consommer des insectes.

Les farines d'insectes présentent un intérêt nutritionnel car proches des farines de poisson

Type d'insectes

Selon la FAO, les 5 principaux insectes qui détiennent le potentiel majeur pour la production alimentaire animale à grande échelle, sont les larves de la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*), de la mouche domestique commune (*Musca domestica*) et du ténébrion meunier (*Tenebrio molitor*) – d'autres espèces d'insectes, comme le ver à soie ou les criquets font aussi l'objet d'études. Des producteurs en Chine, Afrique du Sud, Espagne et aux États-Unis élèvent déjà des quantités importantes de mouches pour l'aquaculture et l'alimentation de la volaille par la bioconversion des déchets organiques.

Composition nutritionnelle des insectes

Chez ces 5 principaux insectes précités, le taux de protéines brut en % de MS varie entre 40 et 80% avec une moyenne à 50%, sa variabilité semble peu liée au régime alimentaire mais plus à l'espèce.

Le taux de graisses par % de MS se situe entre 9 et 45%, tout comme le profil en acides gras, est dépendant du régime alimentaire des insectes ; à noter une faible teneur en oméga 3 et 6.

La teneur en fibres peut varier entre 5.7 et 8,5 % en raison de la présence de chitine.

Obtention de la farine

Les poissons peuvent être nourris à partir d'insectes entiers, au stade adulte, larvaire ou nymphal selon le type d'insectes, ou de farines d'insectes plus ou moins délipidées. Dans les expérimentations, les farines sont généralement obtenues après ébouillantage ou congélation des insectes, puis séchage ou lyophilisation, hachage ou broyage, avec parfois séparation des graisses. Ces processus peuvent néanmoins faire varier la teneur en composants nutritionnels. En production industrielle ou à l'échelle pilote, le marché des farines d'insectes étant relativement récent, les processus de transformation sont encore en cours d'optimisation ou confidentiels.

Premiers enseignements des résultats d'essais avec farines d'insectes de *Tenebrio molitor*, mouche soldat, Mouche asticot, Criquet et ver à soie sur les poissons nous enseignent que dans l'ensemble, on constate une bonne appétence des poissons pour les farines d'insectes.

Les taux de digestibilité de farine de ver à soie par le Loup de mer japonais (73% en énergie et 85% en protéines) sont meilleurs que ceux des farines de viande et d'os.

La plupart des essais de croissance réalisés sur différentes espèces (Poisson chat africain, Barbeau de rivière, Tilapia, Truite, turbot, Silure Marcheur, Carpe commune et carpes indiennes, Barbeau argenté, Saumon kéta, Mahseer) montrent que des taux d'inclusion des farines d'insectes dans la ration de l'ordre de 10 à 50% (en moyenne 25%) n'affectent en rien la croissance et la taille des poissons. Au-delà de ces niveaux, des problèmes de digestibilité, de ralentissement de croissance et de fertilité sont évoqués.

Un remplacement total des farines de poisson par des farines de mouche soldat sans perte de performances zootechniques a été obtenu sur des espèces telles que l'ophiocéphale *Channa micropeltes*, et le Giant Gourami en Indonésie.

Les tests de dégustation de filets de poissons à l'issue de plusieurs essais sont jugés acceptables en termes de texture et de saveur par les consommateurs.

Les farines d'insectes ont un impact environnemental à priori faible

En plus de limiter le recours aux poissons fourrages et ainsi pallier aux problèmes environnementaux inhérents à cette pratique, le recours aux protéines d'insectes comporte l'avantage de pouvoir :

- produire des protéines dans un temps relativement court sur de faibles surfaces,
- valoriser des déchets organiques avec des indices de conversion protéiques de l'ordre de 2 à 3
- Diminuer des impacts liés au transport des matières premières

Selon les travaux menés à l'université de Wageningen (Pays-Bas), les déchets produits par les insectes sont moins abondants et plus faciles à recycler que les fumiers provenant des cochons ou des bovins. De plus, à poids égal, les criquets et les vers de farine émettent 100 fois moins de gaz à effet de serre qu'une vache et 300 fois moins d'ammoniac qu'un porc.

Un approvisionnement local et régulier est envisageable

Pré-existence de jeunes sociétés productrices en Europe dont la France,
Des productions de farines d'insectes en phase pré-industrielle
Une gamme d'insectes potentielle énorme amenée à s'élargir,
Des programmes de recherche d'ampleur au niveau européen et mondial en cours
Tout cela devrait converger vers une plus grande proximité d'approvisionnement et
une meilleure régularité pour les fermes aquacoles

En résumé :

Les farines d'insectes

- font naturellement partie du régime alimentaire de nombreux poissons
- présentent un intérêt nutritionnel car elles sont proches des farines de poissons
- sont un aliment pour les poissons avec un faible impact environnemental
- et devraient permettre un approvisionnement local et régulier en aliment

De nombreuses recherches à l'exemple du projet Desirable (Conception d'une bio-raffinerie d'insectes en France à l'échelle industrielle, dans un système durable) vont nous permettre de relever plusieurs challenges : maîtrise et optimisation des élevages, process de transformation, formulation des aliments, tests de performances zootechniques, de digestibilité et croissance, études de scénarios de filières durables, viabilité économique, incidences organoleptiques, sécurité alimentaire, acceptation par les aquaculteurs et consommateur. Enfin, un volet sur l'évolution de la législation.