

# Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture:

Réflexions et recommandations sur les aspects technologiques, économiques, sociaux et environnementaux

Selected sections in English



GUIDE POUR LE DÉVELOPPEMENT DURABLE DE L'AQUACULTURE



# Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture :

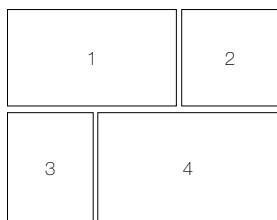
Réflexions et recommandations sur les aspects technologiques,  
économiques, sociaux et environnementaux



# Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture :

Réflexions et recommandations sur les aspects technologiques,  
économiques, sociaux et environnementaux

Raphaëla le Gouvello et François Simard, éditeurs



Photos de couverture :

- 1 Distribution d'aliments © J.-C. Raymond.
- 2 Évolution des prix des farines et huile de poisson (détail).
- 3 Granulés pour poissons © François Simard.
- 4 Truites arc-en-ciel (*Oncorhynchus-mykiss*) © Skretting.

La terminologie géographique employée dans cet ouvrage, de même que sa présentation, ne sont en aucune manière l'expression d'une opinion quelconque de la part de l'UICN, du CIPA, de la COOP de France, de la FEAP, de la FFA, du SNIA et du SPPA sur le statut juridique ou l'autorité de quelque pays, territoire ou région que ce soit, ou sur la délimitation de ses frontières.

Les opinions exprimées dans cette publication ne reflètent pas nécessairement celles de l'UICN, du CIPA, de la COOP de France, de la FEAP, de la FFA, du SNIA et du SPPA.

Le présent ouvrage a pu être publié grâce au soutien financier du MEEM et grâce à la collaboration du CIPA, de la COOP de France, de la FEAP, de la FFA, de l'ITAVI, du SNIA et du SPPA.

Publié par :  
UICN, Gland, Suisse et Comité français de l'UICN, Paris, France

Droits d'auteur :  
© 2017, Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources

La reproduction de cette publication à des fins non commerciales, notamment éducatives, est permise sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source soit dûment citée.

La reproduction de cette publication à des fins commerciales, notamment en vue de la vente, est interdite sans autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur.

Citation :

Le Gouvello, Raphaëla et François Simard (eds.) (2017). *Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture : Réflexions et recommandations sur les aspects technologiques, économiques, sociaux et environnementaux*. Gland, Suisse : UICN, et Paris, France : Comité français de l'UICN. 296 pp.

Édition :

François-Xavier Bouillon, F-06800  
Cagnes-sur-Mer

Impression : Solprint, Mijas, Malaga, Espagne

Disponible auprès de :

Comité français de l'UICN  
26, rue Geoffroy Saint Hilaire – 75005 Paris  
Tél. : + 33 1 47 07 78 58  
e-mail : [uicn@uicn.fr](mailto:uicn@uicn.fr)

ou

UICN (Union internationale  
pour la conservation de la nature)  
Rue Mauverney 28  
1196 Gland, Suisse  
Tel: +41 22 999 0000  
[marine@iucn.org](mailto:marine@iucn.org)  
[www.iucn.org/resources/publications](http://www.iucn.org/resources/publications)

Cet ouvrage est imprimé sur papier recyclé.

ISBN : 978-2-8317-1831-6

DOI : <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.CH.2017.02.fr>

## **AU SUJET DE L'UICN**

L'UICN est une union de Membres composée de gouvernements et d'organisations de la société civile. Elle offre aux organisations publiques, privées et non-gouvernementales les connaissances et les outils nécessaires pour que le progrès humain, le développement économique et la conservation de la nature se réalisent en harmonie.

Créée en 1948, l'UICN s'est agrandie au fil des ans pour devenir le réseau environnemental le plus important et le plus diversifié au monde. Elle compte avec l'expérience, les ressources et le poids de ses plus de 1300 organisations Membres et les compétences de ses plus de 16 000 experts. Elle est l'un des principaux fournisseurs de données, d'évaluations et d'analyses sur la conservation. Sa taille lui permet de jouer le rôle d'incubateur et de référentiel fiable de bonnes pratiques, d'outils et de normes internationales.

L'UICN offre un espace neutre où diverses parties prenantes – gouvernements, ONG, scientifiques, entreprises, communautés locales, groupes de populations autochtones, organisations caritatives et autres – peuvent travailler ensemble pour élaborer et mettre en œuvre des solutions pour lutter contre les défis environnementaux et obtenir un développement durable.

Travaillant de concert avec de nombreux partenaires et soutiens, l'UICN met en œuvre un portefeuille vaste et divers de projets liés à la conservation dans le monde. Associant les connaissances scientifiques les plus pointues et le savoir traditionnel des communautés locales, ces projets visent à mettre un terme à la disparition des habitats, à restaurer les écosystèmes et à améliorer le bien-être des populations.

Le réseau français de l'Union internationale pour la conservation de la nature (comité français de l'UICN) regroupe plusieurs ministères, organismes publics et ONG, ainsi que plus de 250 experts. Il est une plate-forme unique de dialogue et d'expertise sur les enjeux de la biodiversité.

**<http://www.uicn.org/fr>**

**<https://twitter.com/IUCN/>**

# Sommaire

PREFACE .....	11
LE MOT DE LA PROFESSION AQUACOLE FRANÇAISE .....	13
INTRODUCTION AU GUIDE .....	15
CONSTRUCTION DU GUIDE .....	23
<b>1. BASES</b>	
<b>BASES DE LA NUTRITION ET DE L'ALIMENTATION EN AQUACULTURE</b> .....	29
<b>Chapitre 1</b> : Bases de la nutrition et formulation en aquaculture .....	30
<b>Chapitre 2</b> : La fabrication d'aliments pour l'aquaculture, contraintes et enjeux .....	45
<b>QUELQUES BASES DE L'EVALUATION DE LA DURABILITE</b> .....	65
<b>Chapitre 1</b> : Développement durable : de quoi parle-t-on et jusqu'où pourrait-on aller ? Réflexions .....	66
<b>Chapitre 2</b> : La notion d'acceptabilité sociale : de quoi s'agit-il et comment peut-on intervenir ? .....	72
<b>Chapitre 3</b> : Conceptions et significations du concept de naturalité pour l'alimentation des poissons en aquaculture .....	77
<b>Chapitre 4</b> : L'Analyse du Cycle de Vie : un outil pour aider à l'évaluation de la durabilité des matières premières en alimentation aquacole ? .....	85



## 2. GUIDES

### RÉFLEXIONS ET RECOMMANDATIONS SUR LA DURABILITÉ DES PRINCIPALES MATIÈRES PREMIÈRES UTILISÉES EN ALIMENTATION AQUACOLE

#### GUIDE A :

DURABILITE DES MATIERES PREMIERES ANIMALES D'ORIGINE AQUATIQUE .....	103
---	-----

#### GUIDE B :

DURABILITE DES MATIERES PREMIERES VEGETALES D'ORIGINE TERRESTRE .....	153
--	-----

#### GUIDE C :

DURABILITE DES SOUS-PRODUITS D'ANIMAUX TERRESTRES .....	189
---	-----

#### GUIDE D :

DURABILITE DES MATIÈRES PREMIÈRES PRODUITES À PARTIR D'ALGUES .....	207
--	-----

#### GUIDE E :

POUR UNE VISION OUVERTE, « GLO-CALE » ET INTEGRÉE DE LA DURABILITE DES MATIERES PREMIERES EN AQUACULTURE .....	245
--	-----

ANNEXES .....	275
---------------	-----

## FOREWORD

How to feed farmed fish has been proved a major challenge for the global sustainable development of aquaculture.

Since the 1980s, global fish farming has developed considerably and farmed fish occupy an ever-more important place in the human diet. The growth of aquaculture has ensured a reliable supply of fish for our increasing needs.

Reducing the environmental footprint of aquaculture has become a high priority as part of the drive for greater sustainability in modern society. In the European Union, particularly in France and northern European countries, the laws in place have been instrumental in significantly reducing the environmental impacts of fish farms observed in the last ten years. Equally of note is the heightened environmental awareness among aquaculture professionals, who are now concerned about the image their business enjoys with consumers and the general public.

To date, a major concern has been the challenge of feeding farmed fish with products that are nutritious but, at the same time, economically and environmentally sustainable. Significant progress has already been made in this area as a result of research efforts and major investments. Further improvements are expected. The time was right, therefore, to take stock of fish feed as a key issue and assess it from a technology, environmental and social acceptability perspective.

These are the reasons that led the Directorate of Marine Fisheries and Aquaculture to provide support (including financial) to IUCN to help compile this guide. Produced in collaboration with many industry players, this publication sheds light on the different sources of feed ingredients provided to fish during their life cycle. It should prove to be a very useful tool for anyone - researchers, professionals, and governments alike - who aims to reduce the impact of the aquaculture industry on marine and freshwater resources.

The above-mentioned efforts, much like those carried out collectively for this work, will allow the fish farming industry to assert itself more confidently as a sustainable food source that can meet the needs of a growing human population. The publication will also serve to meet the development objectives related to aquaculture at EU level, which France has also incorporated as part of its Multiannual National Strategic Aquaculture Development Plan for 2014-2020.

*Marine Fisheries and Aquaculture (DPMA),  
French Ministry of Environment, Energy and the Sea*

## PREFACE

L'alimentation des poissons, un enjeu pour le développement durable de la pisciculture !

Depuis les années quatre-vingt, la pisciculture s'est considérablement développée au niveau mondial, occupant une place de plus en plus importante dans l'alimentation humaine et assurant à elle seule l'accroissement de l'offre de poisson.

Réduire l'empreinte écologique de la pisciculture répond à une forte attente de la société. Dans l'Union Européenne et tout particulièrement en France et dans les pays du nord, les législations mises en place ont joué un rôle déterminant dans la diminution importante, observée depuis une dizaine d'années, des impacts environnementaux des installations piscicoles. Il faut également souligner la prise de conscience des professionnels désormais soucieux de l'image de leur activité auprès des consommateurs et de la population en général.

A ce sujet, une des principales préoccupations concerne l'apport aux poissons d'élevage d'une alimentation performante, durable sur le plan économique mais aussi environnemental. De très notables progrès ont déjà été réalisés dans ce domaine, fruits d'efforts de recherche et d'investissements importants. Ils portent en germe l'espoir de nouvelles améliorations. Ainsi le moment était venu de faire le point sur ce sujet clé, que ce soit sur les acquis technologiques, sur l'enjeu environnemental ou sur l'acceptabilité sociale.

Telles sont les raisons qui ont amené la Direction des pêches maritimes et de l'aquaculture à apporter son soutien, notamment financier, à l'UICN pour la réalisation du présent guide. Réalisé en collaboration avec de nombreux acteurs de la filière, cet ouvrage recense, par grandes familles, les différentes sources d'ingrédients composant les aliments fournis aux poissons pendant leur phase d'élevage. Il constituera un outil très utile à tous ceux, chercheurs, professionnels et administrations, qui ont à cœur de faire progresser la filière piscicole du point de vue de son impact sur les ressources.

Les travaux, comme ceux menées collectivement pour cet ouvrage, permettront à la pisciculture de s'affirmer de plus en plus comme une forme raisonnée de production alimentaire pour la population humaine et d'être à même de répondre à l'objectif de développement de l'aquaculture que l'Union Européenne appelle de ses vœux et que la France a repris à son compte dans le Plan Stratégique National Pluriannuel du Développement de l'Aquaculture 2014-2020.

*Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA),  
Ministère français de l'Environnement de l'Energie et de la Mer*

## A STATEMENT FROM THE FRENCH AQUACULTURE PROFESSION

The French aquaculture profession has been pursuing a more sustainable approach since 2000:

- In 2000, the industry began a “sustainable aquaculture” dialogue
- Since then, it has conducted research in priority areas (environment, health) to underscore its commitment to sustainability
- From 2006-2008, it defined sustainability indicators within the IDAqua® program
- In 2012, it was involved in the creation of the Commission for Sustainability, an initiative engaging aquaculture practitioners, retail chains, public authorities, consumer associations and NGOs. This was a real long-term commitment to transparency, through consumer engagement and dialogue and as part of a trade commitment for continuous sectoral development and improvement in response to evolving concerns, as identified by stakeholders.

Fish feed is a vital element in the sustainability ambitions of the fish farm industry. As it constitutes a key component of production, a study within the profession was launched in 2012 to address the sustainability of aquaculture feed. Industry professionals wanted to assess the sustainability of the raw materials that make up fish farm feed.

Additionally, the industry has launched an investigative programme on sustainable feed, in parallel to the identification of products under the Regional Aquaculture Quality Charter, to allow feedback on various raw material options.

As part of the review of the sustainability of feed, the raw materials used were crosschecked against sustainability criteria. It was found that no raw materials are ideal, but none of the raw material options should be banned either: the most important thing is to have a wide range of raw materials in order to find the best mix of available ingredients. This work has also helped to highlight the lack of data on certain raw materials.

While acknowledging the complexity of assessing the sustainability of raw materials, the work done by IUCN substantiates these conclusions and encourages the industry to continue its search for solutions in partnership with other stakeholders. These will include scientists, key to developing and maintaining the necessary data on raw materials, as well as distributors, NGOs and consumer groups, working together to complete the sustainability assessment of raw materials.

## LE MOT DE LA PROFESSION AQUACOLE FRANÇAISE

La profession piscicole française s'est engagée depuis 2000 dans une démarche de durabilité :

- en 2000, la filière s'est lancée dans une réflexion « aquaculture durable »,
- depuis 2000, elle a mené des travaux sur les chantiers prioritaires qui ont été identifiés (environnement, sanitaire) pour concrétiser les engagements de durabilité,
- de 2006-2008, elle a défini des indicateurs de durabilité dans le cadre du programme IDAqua®,
- en 2012, elle a été à l'initiative de création de la Commission de Durabilité, une instance associant profession, enseignes de la distribution, pouvoirs publics, associations de consommateurs, et ONG qui constitue un véritable engagement dans une démarche pérenne de transparence, d'échanges et d'écoute du consommateur sur la base d'un cahier des charges unique de production destiné à évoluer continuellement en fonction des enjeux identifiés par les parties prenantes.

L'aliment est un élément incontournable de la durabilité de la filière piscicole.

Dans la mesure où il constitue une composante transversale de la production, une réflexion a été lancée dès 2012 au sein de la profession sur la durabilité de l'aliment aquacole car les professionnels souhaitaient évaluer la durabilité des matières premières qui le composent.

La profession a lancé un programme prospectif sur l'alimentation durable, en parallèle de l'identification des productions « Charte Qualité – Aquaculture de nos Régions® », afin de permettre un retour d'expérience sur les matières premières prospectives.

Dans le cadre de la réflexion sur la durabilité des aliments, les matières premières utilisées dans l'aliment ont été croisées avec les critères de durabilité. Il en ressort qu'aucune matière première n'est idéale, mais qu'aucune matière première n'est à bannir : il importe avant tout de disposer d'une palette large de matières premières afin de pouvoir effectuer les meilleurs compromis à chaque formulation. Ce travail a également permis de mettre en évidence le manque de données concernant certaines matières premières.

Tout en mettant en évidence la complexité de l'évaluation de la durabilité des matières premières, le travail mené par l'IUCN confirme ces conclusions et incite la profession à poursuivre sa réflexion, en partenariat avec les autres parties prenantes, notamment avec les scientifiques pour développer et tenir à jour les données nécessaires sur les matières premières et avec les distributeurs, ONG et associations de consommateurs pour compléter l'évaluation de la durabilité des matières premières.

## INTRODUCTION TO THE GUIDE

The international Union for the Conservation of Nature, or IUCN ([www.iucn.org](http://www.iucn.org)) is a worldwide organisation founded in 1948 in Fontainebleau under the auspices of UNESCO. It currently has nearly 1,300 members made up of States (88); organisations of public research or management; and NGOs (over 1000). Its members are often grouped into National Committees, as is the case in France with the French Committee for IUCN (IUCN France [www.iucn.fr](http://www.iucn.fr)). Its headquarters are in Switzerland, near Geneva and its secretariat, including more than 1,000 employees, is present around the world in its regional, national and thematic offices. In addition, IUCN is also made up of some 12,000 experts, members of the six IUCN Commissions, who bring their knowledge to meet the objectives of conservation and the numerous scientific partners, administrators, managers and the private sector, all participating in the projects of IUCN.

The mission of IUCN is to *«influence, encourage and assist societies to conserve the integrity and diversity of nature, and to ensure that natural resources are used in an equitable and sustainable manner»* .

The current program of IUCN is centered on the concept of «Nature Based Solutions». This concept tries to meet the global challenges of climate change and food security issues. Indeed, the preservation, restoration and reconstruction of ecosystems is essential to moving towards a more prosperous world.

IUCN has begun to focus on aquaculture issues in recent years. Its work has been developed in partnership with the aquaculture sector, in particular through a collaboration agreement with the Federation of European Aquaculture Producers (FEAP) since 2004. Similarly, the development of this guide was considered in close collaboration with the aquaculture and food manufacturing sector in France, represented by the Interprofessional Committee for Aquaculture Products (CIPA), the Technical Institute of Poultry and Small Farm Animals (ITAVI), the Union of Professional Aquaculture Feed Producers (SPPA) and the National Union of the Animal Nutrition Industry (SNIA). This work has been done in the framework of the activities of the Ecosystem-based Aquaculture Group (EbAG) of IUCN Commission on Ecosystem Management, with the support of IUCN French Committee. This work has been also supported by the Prince Albert II of Monaco Foundation.

## INTRODUCTION AU GUIDE

L'UICN ([www.iucn.org](http://www.iucn.org)) est une organisation mondiale créée en 1948 à Fontainebleau sous l'égide de l'UNESCO. Elle comprend actuellement près de 1300 membres, des Etats (88), des organismes publics de recherche ou de gestion, ou des ONG (plus de 1000). Ses membres sont souvent regroupés en Comités nationaux, comme c'est le cas en France avec le Comité français de l'UICN (UICN France [www.uicn.fr](http://www.uicn.fr)). Son siège est en Suisse, près de Genève, et son secrétariat, comprenant plus de 1000 employés, est présent dans le monde entier dans ses bureaux régionaux, nationaux ou thématiques. De plus, l'UICN c'est aussi les quelques 12000 experts, membres des 6 commissions de l'UICN, qui apportent leurs connaissances pour atteindre les objectifs de la conservation, et les très nombreux partenaires scientifiques, administratifs, gestionnaires et du secteur privé qui participent aux projets de l'UICN.

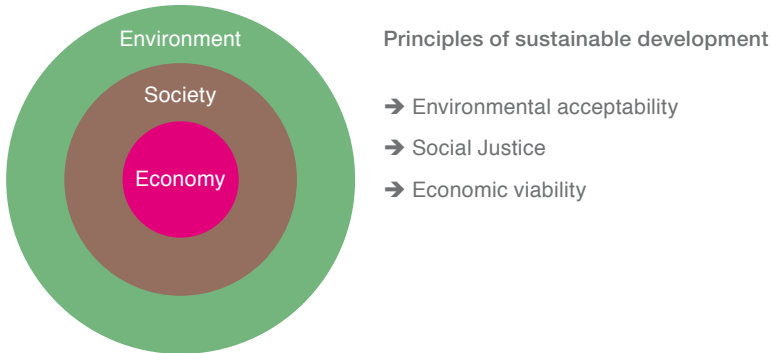
La mission de l'UICN est « *d'influencer, d'encourager et d'aider les sociétés à conserver l'intégrité et la diversité de la nature et d'assurer que les ressources naturelles soient utilisées d'une manière équitable et durable* ».

Le programme actuel de l'UICN est centré sur le concept de « Solutions basées sur la nature ». Ce concept tente de répondre aux défis globaux que posent le changement climatique et les questions de sécurité alimentaire. En effet, la préservation, la restauration et la reconstruction des écosystèmes sont indispensables pour aller vers un monde prospère.

L'UICN a commencé à s'intéresser aux questions d'aquaculture depuis quelques années. Ses travaux ont été développés en partenariat avec le secteur de l'aquaculture, en particulier grâce à un accord de collaboration avec la Fédération Européenne des Producteurs Aquacoles (FEAP) en 2004. De même, l'élaboration du présent guide n'a été envisagée qu'en étroite collaboration avec les secteurs de l'aquaculture, et de la fabrication d'aliments en France, représenté par le Comité Interprofessionnel des Produits de l'Aquaculture (CIPA), l'Institut Technique de l'Aviculture et des petits élevages (ITAVI), le Syndicat Professionnel des Producteurs d'Aliments Aquacoles (SPPA) et le Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale (SNIA). Ce travail a été effectué dans le cadre des activités de l'Ecosystem-based Aquaculture Group (EbAG) de la Commission de gestion des écosystèmes de l'UICN, et avec le soutien du Comité français de l'UICN. Ce travail a également reçu le soutien de la Fondation Prince Albert II de Monaco.

## The foundation for sustainable development

The basis of sustainability are often subject to discussion. In this guide, as well as in all the work done by the aquaculture working group of IUCN / FEAP, sustainability includes three levels, or three pillars, which are the economy, society and environment (Figure 1 below).



**Fig. 1: The basic principles of Sustainable Development**

(according R. Passet, Sustainable Development:  
From transdisciplinary liability Congress, Locarno, April 30- 2 May, 1997.  
Annexes to the CIRET-UNESCO position paper).

The Passet diagram (1997) explains the interactions between the three levels. The whole circle cannot expand, its size is fixed as it represents the Earth. In contrast, each of the inner rings may expand, thereby compressing the other circles. At the center of sustainable development is the economy. Note, there is no development without economy; it is the engine of development. The economy functions within society, representing the organisation of people living together. Society and economy are integrated into the environment. In unsustainable growth, the economy will put pressure on both society and environment leading to social and environmental problems.

Aquaculture is sustainable, according to the FAO, when management, fish farms locations and use of natural resources - with their social implications and institutional orientation - ensure economic viability, social equity and acceptable impacts to the environment (FAO, 1995 FAO. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Art.9 Aquaculture Development).

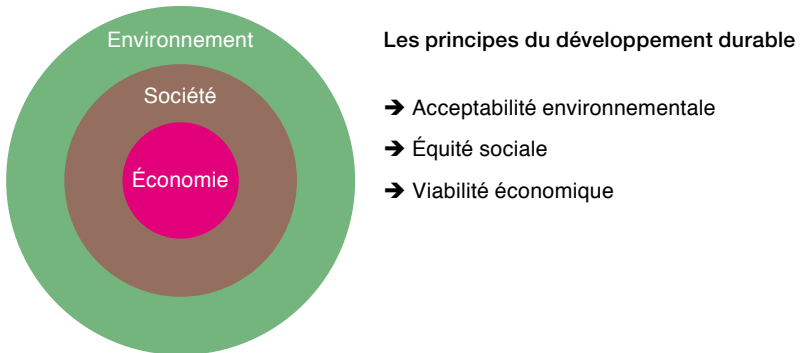
Based on this definition, the three principles of sustainable aquaculture are obvious. It must be:

- Economically viable,
- Socially equitable
- acceptable in Environmental terms.



## Les bases du développement durable

Les bases de la durabilité sont souvent sujettes à discussion. Dans ce guide, aussi bien que dans tout le travail effectué par le groupe de travail sur l'aquaculture de l'UICN/FEAP, la durabilité inclut trois niveaux, ou repose sur trois piliers, qui sont l'économie, la société et l'environnement (figure 1 ci-dessous).



**Fig. 1: Les principes de base du développement durable**

(d'après R. Passet, Le développement durable : De la transdisciplinarité à la responsabilité. Congrès de Locarno, 30 avril - 2 mai 1997 : Annexes au document de synthèse CIRET-UNESCO).

Le schéma de Passet (1997) explique clairement les interactions entre les trois niveaux. Le cercle entier ne peut pas s'agrandir, sa taille est fixée car il représente la Terre. Chacun des cercles intérieurs peut, par contre, s'agrandir, compressant ainsi les autres cercles. Au centre du développement se trouve l'économie. Il est à noter, qu'il n'y a aucun développement sans économie; c'est le moteur du développement. L'économie fonctionne à l'intérieur de la société, représentant l'organisation de personnes vivant ensemble. La société et son économie s'intègrent dans l'environnement. Dans une croissance non durable, l'économie fera pression sur la société et l'environnement et entraînera des problèmes sociaux et environnementaux.

L'aquaculture est durable, selon la FAO, quand sa gestion, la sélection des emplacements de fermes aquacoles, et son utilisation de ressources naturelles - avec leurs implications sociales et leurs orientations institutionnelles - assurent la viabilité économique, l'équité sociale et des impacts acceptables sur l'environnement (FAO, 1995 FAO. Code of Conduct for Responsible Fisheries. Art.9 Aquaculture Development).

Basés sur cette définition, les trois principes d'une aquaculture durable sont évidents. Elle doit être :

- Économiquement viable,
- Socialement équitable et

Economic viability is closely linked to the economic system of each country and its development status.

Equitability depends on the social and cultural parameters and trends of each society.

The environmental acceptability is based on the main issue «acceptable to whom?». From the beginning of its development, aquaculture, as a human activity, must take into account other man made activities taking place in the same area. In other words, acceptability is linked to the participation of all stakeholders. Furthermore, to understand what is environmentally acceptable, the ecosystem where the activity takes place must be identified and understood as best as possible.

A number of tools are available for the implementation of sustainable development:

### **The ecosystem approach**

The ecosystem approach is a management approach that considers the ecosystem in the broadest sense, including the human activities that take place. According to the Convention on Biological Diversity (CBD Secretariat, 2003): «ecosystem approach is a strategy for the integrated management of land, water and living resources that promotes conservation and sustainable use in an equitable way.»

The application of the ecosystem approach to the issue of farmed fish feeds implies that we must assess the resources and ecosystem services used by aquaculture, how they are related to ecosystem function, and ultimately the ecosystem components that must be conserved during the development of the activity. This must be done within the forum of stakeholders, and at different time scales (adaptive management) and spatial (local, national, regional and global).

### **The precaution principle**

The precaution principle is a basic principle which allows the process of decision-making to take place although all the scientific data are not available: «In case of risk of serious or irreversible damage, lack of full scientific certainty should not be an excuse for postponing the adoption of effective measures to prevent environmental degradation «(principle 15 of the Rio Declaration on environment and development, 1992). It is a solid principle which can be useful when used in the context of the ecosystem approach, in participatory and adaptive processes and within the framework of good governance.

### **Good governance**

The principles of good governance were established during the 1990s and further promoted in recent years. They are applicable to all activities. Governance refers to how decisions are made, who decides, who has influence, and who the players are.

The principles of good governance are essentially based on those of democracy. According to Dahal *et al.* (2002, cited in Upadhyay, 2006), «Good governance is a process executing a coherent management plan for the nation, based on the interests and priorities of the people. It claims to create a just society based on the principles of humanity, freedom, equality and cooperation «According to the IUCN, good

— Acceptable au niveau environnemental.

La viabilité économique est étroitement liée au système économique de chaque pays et de sa situation en matière de développement.

L'équité dépend des paramètres sociaux et culturels et des tendances de chaque société.

L'acceptabilité environnementale repose sur la question principale « acceptable pour qui ? ». Dès le début de son développement, l'aquaculture, en tant qu'activité humaine, doit prendre en considération les autres activités humaines se déroulant dans la même zone. Autrement dit, l'acceptabilité est liée à la participation de tous les acteurs. En outre, pour comprendre ce qui est acceptable au niveau environnemental, l'écosystème où l'activité a lieu doit être identifié et compris de façon optimale.

Un certain nombre d'outils sont disponibles pour l'application du développement durable :

### **L'approche écosystémique**

L'approche écosystémique est une approche de gestion prenant en compte l'écosystème au sens le plus large, incluant aussi les activités humaines qui s'y déroulent. Selon la Convention sur la diversité biologique (Secrétariat CDB, 2003) : *«l'approche écosystémique est une stratégie pour la gestion intégrée de la terre, de l'eau et des ressources vivantes qui promeut la conservation et l'utilisation durables d'une façon équitable.»*

L'application de l'approche écosystémique à la question de l'alimentation des poissons en élevage implique que l'on doit évaluer les biens et les services de l'écosystème utilisés par l'aquaculture, la façon dont ils sont liés au fonctionnement de l'écosystème et, finalement, les composantes de l'écosystème qui doivent être conservées lors du développement de l'activité. Cela doit être effectué dans le cadre du forum des acteurs et à différentes échelles temporelles (gestion par adaptation) et spatiales (locale, nationale, régionale et globale).

### **Le principe de précaution**

Le principe de précaution est un principe de base qui permet au processus de prise de décision de se dérouler bien que toutes les données scientifiques ne soient pas disponibles: *«En cas de risque de dommages graves ou irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement»* (principe 15 de la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement, 1992). C'est un principe solide qui peut être utile lorsqu'il est employé dans le cadre de l'approche écosystémique, au sein de processus participatifs et adaptatifs, et dans le cadre d'une bonne gouvernance.

### **La bonne gouvernance**

Les principes de bonne gouvernance ont été établis pendant les années 1990 et promus ces dernières années. Ils sont applicables à toutes les activités. La gou-

governance is based on five principles, which reinforce each other: (i) legitimacy and voice (participation and consensus orientation); (ii) Direction (strategic vision, including human development and historical complexities, cultural and social); (iii) performance (responsiveness of institutions and vis-à-vis processes actors and effectiveness); (iv) accountability (to the public and institutional stakeholders, transparency); and (v) Rights (fairness and rule of law) (Graham *et al.*, 2003).

The concept of governance opens a new intellectual space to discuss the role of government regarding public issues and the contribution that other players can bring. It creates the opportunity for groups in society other than government (eg «community» or «voluntary sectors») to play a greater role in the solution of problems. Good governance provides a framework and tools for decision making in all sectors of society.

**It is with these elements in mind that this guide was developed, hoping that the challenging and complex issue of feeds and feeding contributes to the sustainable development of the sector, in harmony with the local actors, while maintaining ecosystem functions and services.**

*Raphaëla le Gouvello and François Simard, editors,  
January 2017*

vernance se rapporte à comment les décisions sont prises, qui décide, qui a de l'influence et qui sont les acteurs.

Les principes de bonne gouvernance reposent essentiellement sur ceux de la démocratie. Selon Dahal *et al.* (2002, cité dans Upadhyay, 2006), « *La bonne gouvernance est un processus exécutant un plan cohérent de gestion pour la nation, basé sur les intérêts et les priorités du peuple. Il prétend créer une société juste, basée sur les principes d'humanité, de liberté, d'égalité et de coopération.* » Selon l'UICN, la bonne gouvernance repose sur cinq principes, qui se renforcent les uns les autres: (i) la légitimité et la prise de parole (participation et orientation vers le consensus); (ii) la gestion (la vision stratégique, incluant le développement humain et les complexités historiques, culturelles et sociales); (iii) la performance (la réactivité des institutions et des processus vis-à-vis des acteurs et l'efficacité); (iv) la responsabilité (envers le public et les acteurs institutionnels, transparence); et (v) la justice (l'équité et l'autorité de la loi) (Graham *et al.*, 2003).

Le concept de gouvernance ouvre un nouvel espace intellectuel pour discuter du rôle du gouvernement concernant les problématiques publiques et la contribution que d'autres acteurs peuvent apporter. Il crée la possibilité pour les groupes de la société autres que le gouvernement (par exemple « les communautés » ou les « secteurs volontaires ») de jouer un rôle plus important dans la solution des problèmes. La bonne gouvernance propose un cadre et des outils pour la prise de décisions à toutes les composantes de la société.

**C'est avec ces divers éléments en tête que ce Guide a été élaboré, avec l'espoir que la question difficile de l'alimentation des organismes en élevage rencontre les moyens pour permettre le développement durable de l'aquaculture, en harmonie avec les acteurs des territoires et en conservant les biens et services écosystémiques utilisés.**

*Raphaëla le Gouvello et François Simard, éditeurs,  
Janvier 2017*

## CONSTRUCTION OF THE GUIDE

This document is the result of a process initiated in late 2013, at the request of the Department of Maritime Fisheries and Aquaculture (DPMA), belonging to the French Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy and led by IUCN, in consultation with stakeholders. A steering committee was formed, bringing together organisations representing the aquaculture industry and production of aquaculture feeds, in order to monitor the project with IUCN:

- CIPA: Interprofessional Committee for Aquaculture Products.
- ITAVI: Technical Institute of Poultry and Small Farm Animals.
- SPPA (Union of Professional Aquaculture Food Producers) and NAIS (National Union of the Animal Nutrition Industry) for the platform «Sustainable Supply» common to SNIA and Coop de France Animal Nutrition.
- The project coordinators and editors of the book: F. Simard and R. le Gouvello.

After an initial consultation with the steering committee, it was decided to address the sustainability of the aquaculture feed via considerations on the sustainability (or otherwise) of the main raw materials used in fish feed.

A first consultation workshop was organized in Beg Meil (Agrocampus West) in Bretagne, France on 16 and 17 June, 2014 with sixty people representing various French stakeholders and experts: researchers and professors, public administration representatives, producers of fish and fish feed, raw material suppliers, environmental NGOs and representatives of the commercial/consumer side of the aquaculture sector. Other experts, general stakeholders and international experts were also invited. The details of this workshop are outlined in Annex I. In plenary sessions and groups, all participants could get information about the basics of aquaculture nutrition and the issues surrounding raw materials used (Annex II, and Arraina. eu booklet), and then discussions on the sustainability of these materials, using the three pillars of sustainable development: technical and economic, social and environmental assessments.

A first series of conclusions and recommendations were written based on the findings of the workshop. The creation of a future publication was subsequently endorsed by appealing to several scientists and other professionals to write chapters to this guide on specific topics which required experts.

The preliminary findings and recommendations of the guide were submitted to a French and European panel of experts on January 27, 2015 in Paris (see Annex III) in order to adjust and improve the guide.

## CONSTRUCTION DU GUIDE

Cet ouvrage est le fruit d'une démarche initiée depuis fin 2013, à la demande de la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA), dépendante du Ministère français de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, et conduite par l'UICN, en concertation avec les parties prenantes. Un comité de pilotage (COFIL) a été constitué, réunissant les organismes représentant les filières de production aquacole et de production d'aliments aquacole pour suivre le projet avec l'UICN :

- CIPA : Comité Interprofessionnel des Produits de l'Aquaculture
- ITAVI : Institut Technique de l'Aviculture et des petits élevages
- SPPA (Syndicat Professionnel des Producteurs d'Aliments Aquacoles) et SNIA (Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale) pour la plateforme « Approvisionnement Durable » commune au SNIA et à Coop de France Nutrition animale
- Les coordinateurs du projet et éditeurs de l'ouvrage : F. Simard et R. le Gouvello.

Après une première concertation auprès du COFIL, il a été décidé d'aborder la durabilité de l'alimentation aquacole à partir de réflexions sur le caractère durable ou non des principales matières premières utilisées en alimentation aquacole.

Un premier atelier de concertation a été organisé à Beg Meil (Agrocampus Ouest) en Bretagne, les 16 et 17 juin 2014 avec une soixantaine de personnes représentant les parties prenantes et divers experts en France : chercheurs et enseignants, représentant de l'état, producteurs de poisson et d'aliments aquacoles, fournisseurs de matières premières, ONGs environnementales et représentants du secteur aval de commercialisation des poissons d'aquaculture. Quelques experts, intervenants plus généralistes et experts internationaux étaient aussi invités. Les détails de cet atelier de Beg Meil sont exposés en Annexe I. En séance plénière et en groupe, l'ensemble des participants a pu s'informer sur les bases de la nutrition des poissons d'élevage, et les enjeux des principales matières premières utilisées (Annexe II, et booklet Arraina.eu), pour ensuite réfléchir à la durabilité de ces matières premières abordées par les trois piliers du développement durable : évaluations technico-économique, sociétale et environnementale.

Une première série de réflexions et recommandations a été écrite à partir des conclusions de Beg Meil. La structuration d'un futur ouvrage a ensuite été entérinée en faisant appel à plusieurs spécialistes scientifiques ou professionnels pour rédiger divers chapitres de ce guide sur des sujets particuliers demandant l'éclairage d'un expert.

Following this second workshop, others steering committee meetings were implemented, and the document went back and forth between the authors, editors, the steering committee and a panel of proofreading experts (see list Annex IV). The recommendations were reorganized and reformulated to meet the expectations of the various stakeholders.

The guide presented here is a synthesis of all these discussions and thoughts:

The thinking presented in sections Context, Principles and Recommendations for each group of raw materials, is the result of consultations validated by the steering committee, the proofreading panel and all participants of the workshop. These texts have no specified author and have been translated into English.

The book contains other parts written by specific experts or opinion leaders on various issues related to the topic discussed. These texts reflect their author(s) views; they are therefore not necessarily reflecting the opinions of the steering committee. However, all stakeholders have accepted the inclusion of these texts in the publication.

Part 1 gives the basics of the discussion to the reader, divided into two main sections:

– THE BASICS OF NUTRITION AND AQUACULTURE FEED:

This is how to feed fish and how to produce aquaculture feeds.

– THE FOUNDATIONS OF SUSTAINABILITY:

This second section sheds light on the concept of sustainability and how to approach its assessment in Part 2.

Part 2 of this book consists of five guides (A, B, C, D, E), each being associated with a group of raw materials, except for the last which is more general. The order of the guides follow to some extent the history of raw materials used in aquaculture from the most common and often cited (Guide A: mainly fishmeal and fish oil) to those of the future (D Guide: algae). They also address the substitutions adopted by the science and the aquaculture industry: terrestrial plants (Guide B) and raw materials of terrestrial animal origin (Guide C).

Each guide is structured in the same way : first with the three essential steps of our approach, written by F. Simard and R. le Gouvello (IUCN) and under the approval of stakeholder: a presentation of the «general context and issues», a «Principle» relating to «Recommendations», all based on various exchanges with the stakeholders.

Each guide then offers the reader chapters and inserts/boxes written by experts, to support the previous text, further thinking and provide accurate information in the section «Understanding better the issues relating to these materials.»

The original version of this text is in French. To encourage use by non-Francophone speakers, the main part of the publication which have been drafted by the editors have been translated into English.

The translation has been done by Raphaëlle Flint and Adam Hughes, and the revision has been made by Alistair Lane, Executive Director of the European Aquaculture Society.



Les conclusions et recommandations préliminaire du guide ont été présentées à un panel d'experts français et européens le 27 janvier 2015 à Paris pour les ajuster et les enrichir.

À la suite de ce deuxième atelier, des réunions du comité de pilotage se sont succédées, ainsi que des aller-retour entre les auteurs de textes signés, les éditeurs de cet ouvrage, le comité de pilotage et un groupe de relecture (cf liste en annexe). Les recommandations ont été regroupées et reformulées pour répondre aux attentes exprimées des diverses personnes consultées. Le guide ici présenté constitue la synthèse de toutes ces discussions et réflexions.

Les réflexions de Contexte, Principes et Recommandations pour chaque groupe de matières premières sont issues d'une concertation, elles ont été validées par le comité de pilotage, le groupe de relecture ainsi que tous les participants. Ces textes sont traduits en anglais mais ne sont pas signés.

L'ouvrage comporte un certain nombre de textes écrits par des experts ou leaders d'opinion sur divers sujets en lien avec la thématique abordée. Les textes signés engagent leur(s) auteur(s) : ils ne font donc pas forcément l'unanimité du comité de pilotage. En revanche, les autres ont été entérinés par l'ensemble des parties prenantes.

La première partie offre des bases de réflexion au lecteur, divisée en 2 sections principales :

– LES BASES DE LA NUTRITION ET ALIMENTATION AQUACOLE :

Il s'agit de comprendre comment nourrir un poisson et comment formuler un aliment pour l'aquaculture.

– LES BASES DE LA DURABILITE :

Cette deuxième section apporte des éclairages sur la notion de durabilité et son évaluation pour aborder la deuxième partie.

La deuxième partie de cet ouvrage est constituée par 5 guides (A, B, C, D, E), associé chacun à un groupe de matières premières, à l'exception du E, plus général qui en fait la synthèse. L'ordre des guides suit en quelque sorte l'historique des matières premières utilisées en aquaculture, des plus courantes et le plus souvent citées (Guide A : essentiellement farines et huiles de poissons) à celles du futur (Guide D : algues), en passant par les voies des substitutions adoptées par la recherche et l'industrie : les végétaux terrestres (Guide B), les matières premières d'origine animale et terrestre (Guide C).

Chaque guide est structuré de la même manière : trois textes correspondant aux trois étapes essentielles de notre démarche, rédigés par F. Simard et R. le Gouvello (UICN) et soumis à l'approbation des parties prenantes : une présentation du « Contexte et des enjeux », un « Principe », des « Recommandations », l'ensemble reposant sur les divers échanges avec les parties prenantes.

## La filière piscicole française : diversité, proximité et savoir-faire

Par M. Levadoux, CIPA  
(Comité Interprofessionnel des Produits d'Aquaculture)

La filière piscicole française est marquée par la diversité de ses productions, réparties sur l'ensemble du territoire français.

En eau douce, 35 000 t de truites (dont 96 % de truite arc-en-ciel – *Oncorhynchus mykiss*) sont produites par environ 330 entreprises commerciales sur plus de 500 sites. Les bassins de production les plus importants sont : l'Aquitaine et les Pyrénées, le Nord-Pas-de-Calais/Picardie, la Bretagne. Environ 8 200 t de poissons d'étangs (en majorité des carpes et des gardons), produits ou exploités pour la pêche de loisir sur 112 000 ha dans la Dombes, la Brenne, la Lorraine, le Forez et la Sologne. Et nouvellement, 20 t de caviar, associées à 300 t de chair d'esturgeon, sont produites par 10 entreprises sur 18 sites de production, majoritairement situés en Aquitaine.

En eau de mer, la filière produit 106 millions d'alevins de bar, daurade, maigre, et turbot et environ 4 000 t de bar, daurade, turbot, maigre, sole et saumon.

23 entreprises commerciales exploitent 26 sites de production, répartis sur les façades Manche, Atlantique, Méditerranée et Corse. En incluant le secteur de la transformation, la filière piscicole française représente environ 2 500 emplois directs, 10 000 emplois indirects et un chiffre d'affaires de l'ordre de 260 millions d'€.

Les filières « salmoniculture » et la « pisciculture marine et nouvelle » consomment annuellement environ 50 000 t d'aliments composés, majoritairement fabriqués en France par quatre usines détenues par trois fabricants d'aliments.

La balance commerciale de la truite affiche en 2014 un excédent d'environ 4 000 t (poids net), soit 10 M€, si bien que la truite consommée en France est produite en quasi-totalité en France, les autres principaux pays producteurs européens de truite eau douce (Danemark, Italie) et eau de mer (Norvège, Royaume-Uni) n'exportant pas vers la France.

Un peu moins de 20 % de la production sont destinés à la pêche de loisir et au repeuplement, et Environ 70 % de la production sont destinés à la consommation (10% étant destinée à d'autres élevages). La filière a notamment développé dans les dernières années une production de très grande truite, à destination des ateliers de fumaison : la consommation de truite fumée par les ménages à leur domicile a ainsi progressé de 47 % entre 2010 et 2014 (à partir des chiffres FranceAgrimer).

La France fait partie des leaders mondiaux de la production de caviar, avec la Chine et l'Italie. En revanche, la consommation de bars et daurades d'aquaculture en France est assurée majoritairement par les importations. La production de poissons marins d'aquaculture sur le pourtour méditerranéen a atteint près de 300 000 t en 2014 et 40 % du chiffre d'affaires des entreprises de grossissement françaises sont réalisés à l'export.



© J.-C. Raymond.

Chaque guide propose des expertises, des encarts qui prolongent les propos précédents, poursuivent la réflexion et apportent des informations précises : « Pour mieux comprendre les enjeux sur ces matières premières ».

L'ensemble des textes élaborés en commun par les parties prenantes ont fait l'objet d'une traduction en anglais. Les contributions rédigées pas les experts n'ont pas pu l'être.

Ces traductions ont été faites par Raphaëlle Flint et Adam Hughes. La révision en a été confiée à Alistair Lane, directeur général de la Société européenne d'aquaculture.

Pour les écloséries, cette proportion s'élève à plus de 70 %. Un milliard d'alevins a été produit en 2014 en Méditerranée (bar et daurade royale principalement). La production d'alevins nécessaires à ces élevages est répartie différemment de celle du grossissement car elle demande une technicité et un savoir-faire plus pointus difficilement copiables par les pays en voie de développement. Les éclosiers français pratiquent le transfert de technologie mais uniquement pour les pays se trouvant trop éloignés pour être livrés directement (Asie et Moyen-Orient). La France représente 8,74 % de la production méditerranéenne d'alevins de bar et de daurade du fait de la qualité reconnue des alevins (sélection génétique, survie, croissance, aspects sanitaires, ...)

Identifiée par des démarches de qualité d'entreprise, mais également collectives (« Charte Qualité – Aquaculture de nos Régions », marque reposant sur un cahier des charges unique partagé par la profession, la distribution, une ONG et des associations de consommateurs) voire des Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine (Agriculture Biologique, Label Rouge, projets d'IGP), et face à l'importation de 85% des volumes de produits aquatiques consommés en France, la filière piscicole française est prête à se développer pour offrir le choix d'un produit de qualité et durable au consommateur.

**Le CIPA (Comité Interprofessionnel des Produits d'Aquaculture) a été créé en 1997 par trois organisations représentatives de la filière :**

- Le SPPA (Syndicat Professionnel des Producteurs d'Aliments aquacoles),
- La FFA (Fédération Française d'Aquaculture),
- L'ATT (Association des transformateurs de Truite).

Il a été reconnu comme interprofession en 1998 et représente donc l'ensemble des fabricants français d'aliments « poissons », des producteurs de salmonidés, de poissons marins et d'esturgeons, et des transformateurs de truite sur le territoire métropolitain.

Il s'agit d'un lieu de dialogue et d'échanges entre les professionnels pour :

- Organiser des concertations entre les familles professionnelles et assurer l'interface avec l'administration afin de fournir un cadre propice au développement du secteur,
- Fournir aux intervenants de la filière les outils d'analyse du contexte réglementaire et du marché,
- Favoriser l'émergence de programmes de recherche et de développement pour répondre aux besoins de la filière.

C'est aussi un outil pour mieux répondre aux attentes des consommateurs en :

- Développant les démarches qualité des produits
- Informant les prescripteurs sur la filière piscicole
- Assurant la promotion des poissons d'aquaculture français.

De façon globale, le rôle du CIPA est d'anticiper les évolutions de la filière pour s'adapter aux contraintes réglementaires environnementales et sanitaires en constante évolution pour proposer un produit de qualité en réponse à la demande, également évolutive, des clients, des consommateurs... et de la société.

# 1. BASES

**BASES DE LA NUTRITION ET DE L'ALIMENTATION EN AQUACULTURE  
QUELQUES BASES DE L'EVALUATION DE LA DURABILITE**



# Bases de la nutrition et de l'alimentation en aquaculture



# Chapitre 1 : BASES DE LA NUTRITION ET FORMULATION EN AQUACULTURE

Par Christine Burel, INRA<sup>1</sup>

## 1.1 Historique de l'alimentation des poissons d'élevage

Une approche scientifique de la nutrition des poissons s'est amorcée dès le milieu du 20<sup>ème</sup> siècle. Ces travaux se sont bien inspirés des connaissances sur l'anatomie du tube digestif, quelques aspects de la physiologie digestive et de l'alimentation des poissons en milieu naturel. L'élevage de poissons était pratiqué en Asie ou en Moyen-Orient déjà au IV<sup>ème</sup> millénaire av. J.C. En Europe, une aquaculture extensive existait au Moyen-Âge, fournissant un complément alimentaire important à la population locale. Mais dès la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, la production piscicole s'est étendue à des poissons élevés en bassins. L'alimentation de ces poissons en élevage a reposé pendant longtemps sur des sous-produits divers incluant des sous-produits d'animaux (viscères, foie, graisses, etc.) non consommés par l'homme. Les premiers aliments composés élaborés à partir de matières premières diverses et couvrant, autant que faire se pouvait, les besoins des animaux, ont été les « granulés humides de l'Orégon » des années 1950. Les granulés secs sont apparus aux USA à la fin de la même décennie et au début des Sixties. Dès lors, l'étude des besoins nutritionnels des poissons s'imposait et elle a pris un essor considérable. Selon la FAO (2014), plus de 80 % de la production mondiale de poisson dépend de nos jours d'un apport d'aliment soit de façon exclusive soit comme complément à la nourriture issue du milieu.

Au niveau mondial, c'est l'élevage de carpes qui est le plus fort consommateur d'aliments composés (31 % des aliments produits), suivies de celui des crevettes (22 %). Les salmonidés (truites, saumons) n'arrivent qu'en 4<sup>ème</sup> position (10 %) et les poissons marins (bar, daurade, turbot...) à la 6<sup>ème</sup> (8 %). La farine de poisson a longtemps été utilisée comme ingrédient majoritaire des aliments aquacoles, notamment pour les espèces de haut niveau trophique (carnivores). Les plus gros consommateurs de farine de poisson en 2008 étaient les crevettes (34 % de la farine de poisson), suivies des salmonidés (20 %) et des poissons marins (19 %). Les carpes, de type omnivore, n'arrivent qu'en 4<sup>ème</sup> position des consommateurs de farine de poisson (7 %) (FAO, 2014 ; Tacon et Metian, 2015).

## 1.2 Régimes alimentaires des poissons sauvages

La classe des poissons est immense, les espèces présentent un degré d'évolution très variable et sont adaptés à des milieux de vie très différents. Il en résulte une grande diversité entre les différentes espèces et une grande variabilité de besoins. Dans leur environnement naturel les poissons rencontrent des éléments alimen-

---

<sup>1</sup> UR1067 Nutrition Metabolism et Aquaculture, F-64310 Saint-Pée-sur-Nivelle, France.



taires de nature très diverse. Certaines espèces se nourrissent d'animaux morts, d'autres d'animaux vivants, certains se nourrissent uniquement de micro-organismes, d'autres de plantes et d'animaux de plus grande taille, et enfin certaines espèces de poissons sont opportunistes, s'alimentant de tout ce qu'ils peuvent trouver dans leur milieu. L'alimentation des poissons sauvages comprend donc détritus, phytoplancton, zooplancton, micro- et macroalgues, plantes aquatiques, méiofaune, insectes, crustacés, mollusques, coquillages, poissons, graines et fruits et même des animaux incluant des mammifères (NRC, 2011). Une façon de classer les poissons est de se référer à l'ingrédient majeur de leur régime alimentaire naturel. Ils sont classiquement répartis en 4 grandes catégories (De Silva et Anderson, 1995) :

- les herbivores qui s'alimentent de végétaux (le chanos et quelques carpes...),
- les détritivores qui mangent des organismes en décomposition (le poisson chat, quelques carpes...),
- les omnivores qui ont une alimentation mixte, végétale et animale (la majorité des carpes et quelques tilapias, le mullet...),
- les carnivores qui s'alimentent à partir d'autres poissons et d'invertébrés (les salmonidés, les poissons marins tels que daurade, bar, poissons plats...). On parle aussi de poissons piscivores.

Mais cette division n'est pas stricte. La majorité des espèces ont une alimentation mixte et de plus, un régime alimentaire peut varier au cours de la vie. Par exemple, les larves de la carpe mangent du zooplancton, alors que les juvéniles et les adultes sont considérés comme herbivores. L'aquaculture traditionnelle, pratiquée dans des pays où le poisson est une source importante de protéines (Asie du Sud-Est), s'est orientée naturellement vers des espèces herbivores ou détritivores à un niveau trophique faible et de nos jours les cyprinidés représentent plus de 60 % du volume de la production mondiale. En revanche, l'aquaculture occidentale, plus récente et pratiquée dans des pays dans lesquels le poisson était surtout issu de la pêche maritime, s'oriente plutôt vers des espèces carnivores, plus appréciées par le consommateur dans les pays concernés : truite arc-en-ciel, saumon, bar, daurade, turbot, ombrine, etc (Cahu, 2004).

### 1.3 Les besoins nutritionnels des poissons d'élevage

La domestication des animaux et naturellement des poissons passe par la détermination de leurs besoins nutritionnels et la couverture de ces besoins avec des aliments élaborés contenant des ingrédients divers et ceci à un moindre coût. Cette alimentation doit aussi assurer la bonne croissance, la bonne santé, le bien-être physiologique, la qualité de la chair et de faibles impacts sur l'environnement. Par ses principes généraux, la nutrition des poissons ne diffère pas de celle des vertébrés terrestres, mais les poissons présentent cependant de nombreuses particularités nutritionnelles ou physiologiques (début de vie à l'état de larves qui sont très petites particulièrement chez les poissons marins), du caractère ectotherme (absence de thermorégulation) et ammoniotélique (excrétion des déchets azotés préférentiellement sous forme d'ammoniaque), des propriétés du milieu aquatique lui-même (flottaison, présence de minéraux dans l'eau), ainsi que de la nature des nutriments présents dans ce milieu (abondance des protéines, rareté des glucides).

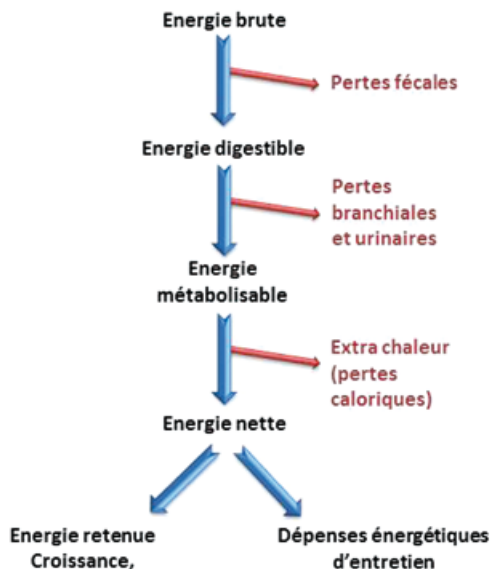
### 1.3.1 Besoins en énergie

Les dépenses énergétiques du poisson sont de 5 à 20 fois plus faibles que celles des vertébrés supérieurs terrestres : au repos, la flottaison permet une quasi absence de travail musculaire et l'ectothermie amène à ne dépenser pour les fonctions vitales qu'un minimum d'énergie, surtout quand la température de l'eau est basse. Le besoin énergétique de croissance est par contre le même chez les poissons que chez les vertébrés terrestres croissant à la même vitesse. C'est la faible dépense d'entretien qui est à l'origine de l'excellente efficacité alimentaire observée chez les poissons (cf Encart Efficacité alimentaire de ce guide).

Les poissons, comme tous les animaux, tirent leur énergie de trois types de molécules : les glucides, les lipides et les protéines. La digestion est assurée par des enzymes extrêmement voisines de celles des mammifères ou des oiseaux et elle conduit aux mêmes molécules : sucres simples, acides gras et acides aminés. Toutefois, l'aptitude des poissons à digérer les macronutriments, bien que variable d'une espèce à l'autre, n'est pas la même que celle des vertébrés terrestres : les poissons digèrent très bien les protéines alimentaires, de façon plus variable les lipides (les lipides saturés solides à basse température étant mal digérés) et de façon médiocre, quoique très variable selon les espèces, certains glucides complexes comme l'amidon cru. Par conséquent, contrairement aux vertébrés terrestres, les nutriments utilisés de façon préférentielle pour la production d'énergie sont les acides aminés dont le catabolisme conduit à la production d'ammoniaque. Il est néanmoins possible, chez les salmonidés du moins, de substituer à ces nutriments des quantités importantes de lipides afin de limiter le catabolisme protéique. On peut obtenir aussi une épargne protéique par l'incorporation de glucides digestibles dans l'aliment (cf Encart Glucides de ce guide).

On peut exprimer l'énergie d'un aliment de plusieurs façons. L'énergie brute d'un aliment correspond à la quantité totale d'énergie qu'il renferme (Figure 2). Chaque macronutriment fournit l'énergie brute à des degrés divers: les glucides : 16,7 kJ/g, les matières azotées (Protéines) : 23,6 kJ/g et matières grasses (lipides) : 37,6 kJ/g. Mais lors de la digestion, comme la digestibilité des aliments et des macronutriments peuvent varier, la totalité de cette énergie ne pourra pas être extraite. Une partie se retrouvera dans les fèces du poisson. L'énergie digestible correspond à la différence entre l'énergie ingérée (énergie brute) et l'énergie qu'on retrouve dans les fèces. A partir de l'énergie digestible, on obtient l'énergie métabolisable, lorsque l'on soustrait l'énergie rejetée par le poisson sous forme d'excrétions branchiales et urinaires. L'énergie nette d'un aliment est l'énergie métabolisable moins l'énergie des dépenses liées à la consommation et à l'utilisation de l'aliment. Cette dernière notion, bien employée en production animale terrestre, est encore très peu utilisée en nutrition des poissons.

D'un point de vue pratique, c'est l'énergie digestible (ED) qui est le plus couramment employée chez les poissons. Plusieurs lois se dégagent : l'ED d'un aliment est étroitement liée à la nature des ingrédients présents dans l'aliment et dépend peu de la taille et de l'état physiologique du poisson. Les plus grandes variations sont rencontrées avec les glucides. La digestibilité d'un amidon peut en effet varier selon son origine botanique, son traitement technologique (les amidons cuits, extrudés,



**Figure 2.**  
Bilan d'utilisation de l'énergie alimentaire chez le poisson  
(d'après Cho et Kaushik, 1985).

prégélatinisés, sont nettement plus digestibles que les amidons crus) mais aussi selon son niveau d'incorporation dans le régime et même de la température de l'eau. Les espèces réputées omnivores ou herbivores tirent une plus grande quantité d'énergie digestible à partir de l'amidon que les poissons carnivores.

### 1.3.2 Besoins en protéines / acides aminés indispensables

Chez les poissons situés en haut de la chaîne alimentaire (carnivores), ce sont principalement les protéines et les lipides alimentaires qui leur permettent de couvrir leurs besoins en énergie. Leur ration doit donc être riche en ces deux nutriments. En condition de production, les protéines doivent représenter 38 à 44 % de la ration pour les salmonidés durant la phase de croissance et 40 à 55 % pour les poissons marins, contre 28-38 % pour les poissons situés plus bas dans la chaîne alimentaire (omnivores et végétariens) comme la carpe et le tilapia qui sont plus efficaces pour produire de l'énergie à partir des glucides alimentaires (Tableau 1). Les très jeunes stades nécessitent des contenus protéiques très élevés (de 40 à 55 % quelle que soit l'espèce de poisson), puis les besoins diminuent au fur et à mesure que grandit le poisson (NRC, 2011).

**Tableau 1.**

Quantité (% de la ration) de protéines recommandées dans l'aliment de différentes espèces de poisson d'élevage en fonction de leur poids. Données NRC (2011).

Espèces	< 20g	20-200g	200-600g	600-1500g	> 1500g
Truite arc-en-ciel	48	40	38	38	36
Saumon atlantique	48	44	40	38	34
Bar	55	50	45	45	-
Daurade	50	45	40	40	-
Carpe	45	38	32	28	28
Tilapia	40	34	30	28	26

Le rôle principal des protéines alimentaires est d'assurer l'entretien et la synthèse des protéines corporelles et donc la croissance protéique, mais toutes les sources protéiques n'ont pas la même efficacité. Il faut d'abord bien entendu tenir compte de leur digestibilité, mais même à digestibilité égale, l'efficacité peut varier. C'est pour cette raison que l'on a introduit la notion de valeur biologique, aptitude d'une protéine alimentaire, une fois digérée, à permettre la synthèse de protéines corporelles plutôt qu'à servir simplement de source d'énergie. La valeur biologique d'une protéine est fonction de sa teneur en acides aminés indispensables (AAI). Il suffit que l'un d'eux soit en plus faible quantité que nécessaire (carence) pour que la valeur biologique soit réduite. C'est pourquoi les sources protéiques doivent apporter les 10 AAI aux poissons, qui sont pratiquement les mêmes que pour les autres animaux (Tableau 2). Il est préférable qu'elles apportent aussi certains acides aminés semi-indispensables, tels que la cystéine et la tyrosine qui ne peuvent être synthétisés qu'à partir d'AAI, ou comme la proline et la glutamine dont la synthèse est lente chez certaines espèces de poissons. L'ensemble des besoins en AAI n'a été déterminé que pour peu d'espèces de poisson (voir NRC, 2011 ; tableau 2). Des méthodes indirectes ont permis de proposer un profil de besoins en acides aminés pour les poissons marins par exemple (Kaushik, 1998), mais c'est loin d'être satisfaisant.

La rétention azotée (proportion relative des gains protéiques corporelles / protéines digestibles ingérées) est généralement optimale lorsque l'apport est réparti à parts égales (ratio de 46/54) entre AAI et Acides Aminés Non Indispensables (AANI) (Green *et al.*, 2002). L'ingrédient alimentaire dont le profil en acides aminés répond le mieux à ces besoins est la farine de poisson. Lorsque l'apport en acides aminés est optimal, les protéines sont retenues avec une plus grande efficacité chez les poissons que chez les mammifères (Mambrini et Guillaume, 1999).

### 1.3.3 Besoins en lipides / acides gras essentiels

L'apport de lipides dans l'alimentation des poissons, comme dans celle des mammifères, est indispensable pour satisfaire les besoins en acides gras (AG) essentiels (AGE), AG non synthétisés par l'organisme et nécessaire au métabolisme cellulaire ainsi qu'au maintien de l'intégrité des membranes cellulaires. Les lipides jouent

**Tableau 2.**

Besoin en acides aminés essentiels (% matière azotée totale) de différentes espèces de poisson d'élevage. Données NRC (2011).

AAI	Truite arc-en-ciel	Saumon atlantique	Bar	Daurade	Carpe	Tilapia
ARG	3.5-4.2	4.1-4.8	3.9	7.7-8.1	4.3	4.0-4.2
HIS	1.0-1.2	ND	ND	ND	2.1	1.7
ILE	1.5-2.8	ND	ND	ND	2.5	3.1
LEU	2.3-9.2*	ND	ND	ND	3.3	3.4
LYS	3.0-8.4*	4.0-5.0	4.4	8.6	5.7	5.1-5.7
MET	0.7-1.9	1.7	1.8-1.9	ND	2.0	2.1-2.8
PHE	2.0	ND	ND	ND	3.3	3.8
THR	2.6	2.6	2.3-2.6	ND	3.9	3.8
TRP	0.3-0.9	ND	ND	ND	0.8	1.0
VAL	1.7-3.4	ND	ND	ND	3.6	2.8

\*Les valeurs les plus hautes correspondent aux besoins des alevins de truite.

aussi un rôle dans l'absorption de certains composés alimentaires (vitamines liposolubles, pigments caroténoïdes). Comme signalé plus haut, par unité de masse, les matières grasses apportent plus d'énergie dans les aliments que les protéines ou les glucides.

Les besoins en AGE diffèrent selon les espèces de poisson. Pour les poissons d'eau douce, le besoin en AGE serait de l'ordre de 1 % d'acide  $\alpha$ -linoléique (ALA) ou de 0,5 % d'EPA (acide eicosapentanoïque) et DHA (acide docosahexanoïque), les acides gras longs polyinsaturés de la série oméga 3. Chez les poissons marins, l'ALA est considéré comme inefficace pour la couverture du besoin en AGE, d'où une nécessité absolue d'apporter ces AGE à un taux de 0,5 à 1 % d'EPA et DHA dans les aliments. Ces derniers acides gras ne sont abondants que dans les produits marins où ils sont, à l'origine, synthétisés par le plancton. Il est donc impossible de se passer de lipides d'origine marine pour l'alimentation des poissons marins.

D'une manière générale, les lipides sont bien ou très bien digérés s'ils sont apportés en quantité raisonnable, sauf s'ils sont sous forme solide à la température où vit le poisson. Les AG poly-insaturés sont particulièrement bien digérés (à 90-98 %) ; par contre, pour les AG saturés, l'utilisation digestive est plus faible et elle décroît avec la longueur de la chaîne carbonée, passant de 70 % pour le myristate (14:0) à 50 % pour le stéarate (18:0) chez le saumon.

Au cours des dernières décennies, l'évolution de la composition des aliments piscicoles, notamment des salmonidés, a été caractérisée par une diminution de la teneur en protéines (de 50 à moins de 40 %) associée à une augmentation de l'apport lipidique (de 12-15 % à plus de 30 % pour les salmonidés) dans le but de réduire les rejets azotés (épargne protéique) tout en améliorant les performances

de croissance. L'effet d'épargne des protéines par les lipides a été montré chez de nombreuses espèces de poissons d'élevage. Il existe cependant des différences entre les espèces dans leur capacité de digérer de grandes quantités de lipides. Ainsi, chez le turbot, la plie, le pagre, le tilapia, la carpe commune et la carpe chinoise, on observe une baisse de l'utilisation digestive des lipides au-delà de 10-15 % de lipides dans l'aliment. Actuellement, les aliments commerciaux contiennent des teneurs en lipides comprises entre 19 et 30 % pour les salmonidés en grossissement, 16 à 22 % pour les poissons marins comme le bar ou la daurade et 10 à 16 % pour les poissons d'étang. Il convient de retenir aussi que l'utilisation des aliments « haute énergie », riches en lipides, tend à favoriser l'engraissement des poissons, ce qui peut avoir des répercussions négative sur la qualité des produits (Corraze, 1999 ; Corraze et Kaushik, 2009).

### 1.3.4 Besoins en vitamines

Les premiers aliments semi-synthétiques développés par Halver (USA) avaient en effet pour objet de travailler sur les besoins en acides aminés puis en vitamines. Pour la petite histoire, lors des tout premiers essais réalisés, les chercheurs Américains avaient mis en évidence l'intérêt d'incorporation des sous-produits d'origine animale qui permettaient aux truites et saumons d'avoir une croissance convenable due à un facteur « H ». In fine, ceci correspondait à la vitamine B6 qui incorporé dans un aliment composé permettait d'avoir de très bons résultats. Il s'en est suivi de nombreux travaux qui ont permis de quantifier les besoins en différentes vitamines hydrosolubles (Halver, 1972). Ces premiers travaux ont permis d'élaborer les aliments composés avec un mélange vitaminique adéquat permettant de couvrir les besoins en toutes les vitamines. Une comparaison avec les connaissances disponibles pour d'autres animaux terrestres montrait de très grandes divergences qui ne pouvaient s'expliquer par les différences entre familles de vertébrés. Dans les années 1990, les travaux de Woodward (Canada) chez la truite arc-en-ciel (Woodward, 1994) ont permis de montrer une très grande similitude dans les besoins quantitatifs en vitamines hydrosolubles entre le poulet, le porc et la truite qui a conduit à modifier les recommandations de la NRC en 1993. Ces recommandations sont reprises encore dans sa dernière version (NRC, 2011) (Tableau 3). Ceci fut par ailleurs vérifié aussi chez le saumon et chez le bar (Kaushik *et al.*, 1998). NRC (2011) rapporte que les données les plus complètes ne sont disponibles que pour la truite arc-en-ciel. En l'absence de données précises pour les autres espèces en élevage, dans la pratique, c'est cette base qui sert pour élaborer les mélanges vitaminiques utilisés dans les aliments pour de nombreuses espèces de poissons.

### 1.3.5. Besoins en minéraux et oligo-éléments (macro et micro-minéraux)

Comme dans le cas des vitamines, les données sur les besoins quantitatifs en minéraux et oligo-éléments sont limitées (Tableau 4). Parmi les éléments minéraux, le phosphore est celui dont le besoin est le plus important. La minéralisation des structures osseuses (colonne vertébrale, opercules, écailles) est très dépendante de l'apport en phosphore. Une carence en phosphore peut se traduire par une diminution de la croissance squelettique et pondérale, la déminéralisation osseuse et des déformations squelettiques. Un excès de phosphore dans les aliments peut

**Tableau 3.**

Données sur les besoins quantitatifs en vitamines pour quelques espèces de poissons (d'après NRC, 2011)

Espèce	Saumon atlantique	Carpe commune	Truite arc-en-ciel	Bar
<b>Vitamines liposolubles</b>				
A (mg/kg)	NT	1,2	0,75	31
D ( $\mu$ g/kg)	NT	NT	40	NT
E (mg/kg)	60	100	50	NT
K (mg/kg)	< 10	NT	R	NT
<b>Vitamines hydrosolubles (mg/kg)</b>				
Thiamine	NT	0,5	1	NT
Riboflavine	NT	7	4	NT
Vitamine B6	5	6	3	NT
Acide Pantothénique	NT	30	20	NT
Niacine	NT	28	10	NT
Biotine	NT	1	0,15	NT
Vitamine B12	NT	NR	R	NT
Acide Folique	NT	NR	1	NT
Choline	NT	1500	800	NT
Myoinositol	NT	440	300	NT
Vitamine C	20	45	20	20

R, Besoin reconnu mais pas quantifié ; NR, pas de besoin ; NT, pas testé.

aussi se traduire par un rejet important de P dans le milieu aquatique contribuant à l'eutrophisation. Ainsi, l'étude du besoin nutritionnel en P et sa disponibilité ont retenu l'attention des nutritionnistes. Des travaux de synthèse récents permettent d'avoir une idée assez précise du besoin en P et de son utilisation par les poissons (Kaushik, 2005 ; Prabhu *et al.*, 2013, 2014).

Bien que reconnaissant l'importance d'un apport adéquat en minéraux et en oligo-éléments, des travaux systématiques n'ont été réalisés que par quelques groupes de recherches. Les travaux dans ce domaine ont beaucoup été réalisés par des chercheurs japonais chez la truite et chez la carpe (le premier ayant proposé un mélange minéral, nommé Ogino salt mixture) mais également par les américains (poisson chat, saumon de pacifique), taiwanais (tilapia) et plus récemment les norvégiens

(saumon atlantique). Pour l'ensemble des minéraux et oligo-éléments, les données sur les besoins quantitatifs ne sont disponibles que pour quelques espèces : truite arc-en-ciel, carpe commune, poisson chat, tilapia, saumon du pacifique (NRC, 2011). Un travail important de méta-analyse / revue systématique des données disponibles pour l'ensemble des minéraux chez de nombreuses espèces de poissons vient d'être réalisé (Prabhu *et al.*, 2014).

**Tableau 4 :**

Données sur les besoins quantitatifs en minéraux pour quelques espèces de poissons (d'après NRC, 2011)

Espèce	Saumon atlantique	Carpe commune	Tilapia	Poisson chat	Truite arc-en-ciel	Saumon du Pacifique	Bar
<b>Macrominéraux (%)</b>							
Ca	NR	0,34	R/0,7*	R/0,45*	NR	NR	NT
Cl	NT	NT	0,15	0,17	NT	NT	NT
Mg	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	NT	NT
P	0,8	0,7	0,4	0,33	0,7	0,6	0,65
<b>K</b>	NT	NT	0,20-0,30	0,26	NT	0,8	NT
Na	NR	NT	0,15	0,06	NR	NT	NT
<b>Microminéraux (mg/kg)</b>							
Cu	5	3	5	5	3	NT	NT
I	R	NT	NT	1,1	1,1	1	NT
<b>Fe</b>	30-60	150	85	30	NT	NT	NT
Mn	10	12	7	2,4	12	NT	NT
Se	NT	NT	NT	0,25	0,15	R	NT
Zn	37	15	20	20	15	NT	NT

R, Besoin reconnu mais pas quantifié ; NR, pas de besoin ; NT, pas testé.

#### 1.4 Evolution des aliments aquacoles vers une diminution de l'utilisation des farines et des huiles de poissons.

Bien que les premiers aliments pour salmonidés n'aient pas été à base de farines de poissons, avec le développement de l'industrie des farines et huiles de poissons, l'intérêt de l'emploi de tels ingrédients s'est imposé assez rapidement. En ce qui concerne la couverture des besoins en acides aminés indispensables, la farine de poisson correspond le mieux comme ingrédient de référence. En effet, des analyses avaient démontré depuis de longue date qu'il existe une corrélation très étroite entre le profil en acides aminés des poissons entiers et le profil des besoins en AAI. La majorité des farines de poisson sont produites à partir de poissons entiers, présentant, en principe, un faible intérêt pour le marché de consommation humaine (pêche minière : poissons de petite taille, présence d'arêtes). Les procédés industriels de



cuisson, de pressage, d'ajout de solubles et de séchage, permettent de préserver la valeur biologique de la farine de poisson pour l'alimentation animale, mais il faut quatre à cinq tonnes de poisson frais entier pour produire une tonne de farine de poisson. La qualité des farines de poissons peut varier de façon importante selon l'espèce, l'origine et les procédés mis en œuvre dans sa fabrication. Les meilleures farines de poisson contiennent de 66 à 72 % de protéines hautement digestibles. Elles peuvent aussi contenir jusqu'à 12 % d'huile riche en acides gras longs polyinsaturés (AGPI) de la série oméga 3, ainsi que des minéraux et oligo-éléments. Son contenu énergétique élevé (20-22 kJ/g MS) et l'absence de facteurs antinutritionnels sont d'autres atouts en faveur de cet ingrédient (NRC, 2011). De la même manière, il conviendra de retenir l'importance des huiles d'origine marine, seules contenant les AGE pour les poissons et surtout les poissons marins.

Mais les captures de la pêche dans son ensemble et la pêche minière en particulier restent stables depuis 30 ans (FAO, 2014) et par conséquent la disponibilité en farines et huiles de poissons provenant de ces sources est constante, alors que l'aquaculture se développe et avec elle, les besoins en matières azotées (acides aminés indispensables) et en matières grasses (acides gras essentiels). En outre, l'utilisation de farines et d'huiles de poisson provenant de poissons sauvages pour produire du poisson d'élevage fait débat depuis de nombreuses années. D'une manière un peu schématique, on peut dire qu'on produit des poissons avec des poissons, alors que même si les poissons sont de bons transformateurs des protéines ingérées, on conviendra aisément que l'objectif principal doit être la production de protéines animales de qualité pour la nutrition humaine à partir d'autres sources protéiques. Des scientifiques ont tenté de calculer la quantité de poissons sauvages qui serait nécessaire pour produire une tonne de saumon d'élevage (rapport FIFO pour Fish In/Fish Out<sup>2</sup>).

Tacon & Metian (2008) ont donné le rapport de 4,9:1 pour le saumon, ce qui signifie qu'il faut 4,9 tonnes de poisson sauvage pour produire 1 tonne de saumon, 3,4:1 pour la truite<sup>3</sup>, 2,2:1 pour les poissons marins, 0,4:1 pour le tilapia, 0,5:1 pour le poisson chat, 0,2:1 pour la carpe, etc. Bien que les chiffres cités peuvent varier beaucoup, les calculs en prenant en compte le progrès réalisé dans le domaine de la substitution des farines et d'huiles de poissons et dans l'amélioration de l'efficacité alimentaire montrent qu'en réalité, l'aquaculture produit plus de protéines d'origine aquatique qu'elle n'en consomme (Torstensen *et al.*, 2008).

---

2 Equation du rapport FIFO proposée par Kaushik et Troell (2010):

$$\text{FIFO} = \frac{\text{Teneur de l'aliment en farine de poisson (\%)}}{\text{Rendement des captures en farine de poisson (\%)}} + \frac{\text{Teneur de l'aliment en huile de poisson (\%)}}{\text{Rendement des captures en huile de poisson (\%)}} \times \text{IC}$$

IC = Indice de consommation (rapport aliment consommé (g)/gain de poids (g))

Le rendement des captures de pêche en farine de poisson varie de 20 à 25 % et le rendement en huile de poisson varie de 5 à 12 %.

3 Ce chiffre d'un FIFO de 3,4 pour la truite, proposé par Tacon & Metian (2008) est cependant remis en cause. Selon la FEAP en 2015, il est de 1,78 (FIFO brut), associé à 13 % d'incorporation de farine de poisson et 8 % d'huile de poisson. Dans Fish Farming International (2015), un FIFO en dessous de 1 est même annoncé pour le saumon.

Afin de préserver les ressources naturelles tout en permettant un développement durable de l'aquaculture, il a donc été impératif de diminuer le taux d'incorporation d'ingrédients d'origine marine, en ayant recours à d'autres types de matières premières. Les résultats de recherches dans ce domaine montrent qu'il est possible de s'affranchir de la farine de poissons ou du moins renverser les tendances de façon significative. L'application de ces résultats sur un plan industriel dépendra des contraintes d'ordre économiques.

Les produits végétaux constituent de bonnes alternatives. Ils sont disponibles en plus grande quantité et avec plus de régularité que les farines et huiles de poissons. En 2011, il ne restait plus que 20 à 25 % de farine de poisson dans les aliments des espèces dites carnivores, alors que les taux d'incorporation des ingrédients végétaux ont explosé : ils sont maintenant les composants majoritaires des aliments commerciaux aquacoles. Des huiles végétales sont également maintenant utilisées afin de réduire la quantité d'huile de poisson dans la formule. Les produits végétaux sont utilisés en combinaison afin de fournir les AAI et les AGE en quantité suffisante pour répondre aux besoins des poissons (Burel et Médale, 2015). Les sources protéiques d'origine végétale les plus utilisées en Europe sont des graines d'oléagineux (soja, colza, tournesol) sous forme de tourteaux ou de concentrés protéiques, des protéagineux (lupin, féverole, pois), des céréales (maïs, blé) ou des extraits de protéines obtenus à partir de céréales, comme par exemple les glutens. Le remplacement partiel de la farine de poisson par une combinaison de ces ingrédients végétaux donne d'excellents résultats, même s'il est souvent nécessaire de compléter les aliments avec des acides aminés de synthèse (lysine et méthionine principalement). Néanmoins, les études ayant porté sur des taux de substitution très élevés (peu ou pas de farine de poisson) ont mis en évidence des verrous physiologiques bien que les régimes aient contenu tous les nutriments nécessaires (apport d'acides aminés de synthèse inclus) : une baisse de la consommation alimentaire, de l'efficacité alimentaire et du taux de croissance des poissons, ainsi que des modifications métaboliques. Les travaux de recherche doivent être poursuivis afin d'améliorer l'efficacité nutritionnelle des produits végétaux via une réduction des facteurs antinutritionnels qu'ils contiennent (Burel et Médale, 2015).

Une autre stratégie est d'incorporer dans l'aliment des sources de protéines aujourd'hui sous-utilisées provenant des sous-produits d'animaux terrestres. Ces sous-produits animaux sont disponibles en grandes quantités en Union Européenne (UE) et d'un point de vue durabilité, ce sont des ingrédients précieux car ce sont les co-produits des productions animales destinées à l'alimentation de l'homme. En 2008, le plus grand producteur de farines de protéines animales était les États-Unis (USA) avec 4.1 Mt suivie par l'UE avec 3,9 Mt. La production mondiale de ces farines (13 Mt) est plus de deux fois celle rapportée pour la farine de poisson, pourtant, l'utilisation totale de ces farines représente moins de 1% des ingrédients entrant dans la production des aliments pour poisson, avec une grande variation entre les grands pays producteurs. La valeur biologique de ces farines d'origine animale terrestre a fait l'objet de nombreuses études chez différentes espèces de poissons et les résultats montrent que les ingrédients tels que la farine de sang et les farines de sous-produits de volailles sont tous efficaces dans les aliments d'un certain nombre d'espèces aquatiques. Dans les pays extra-européens, ces produits sont utilisés comme sources de protéines dans les aliments aquacoles, alors que ces farines d'origine animale terrestre ont été interdites dans l'UE depuis 2001 dans tous les

régimes des animaux d'élevage pour éradiquer les encéphalopathies spongiformes transmissibles. Néanmoins, après une évaluation intensive des risques, l'interdiction de l'utilisation dans les aliments aquacoles de protéines animales transformées (PAT) de non-ruminants a été levée récemment<sup>4</sup>. Les PAT ne sont pas des farines animales. Ce sont des sous-produits issus d'animaux sains, c'est-à-dire des animaux issus de la chaîne alimentaire conventionnelle, abattus à des fins d'alimentation humaine, mais dont certains morceaux ne sont pas consommés pour des raisons commerciales (morceaux non nobles, pieds de porc, aspects visuels, etc.). Alors que les farines animales sont issues de cadavres d'animaux impropres à la consommation alimentaire. Les PAT présentent de hautes teneurs en protéines avec de bons profils d'acides aminés et pas de facteurs antinutritionnels avérés et elles sont très digestibles chez les poissons et représentent un bon gisement potentiel pour l'alimentation aquacole, à condition que leur emploi soit strictement encadré (cf Guide C).

Concernant le remplacement de l'huile de poisson, les principales huiles végétales produites au niveau mondial sont les huiles de soja et de palme qui représentent plus de 55 % du marché, mais également les huiles de colza et de tournesol (respectivement 14 et 9 % des volumes produits en 2006). Cependant, la composition en AG des huiles végétales est très différente de celle des huiles de poisson. Elles sont dépourvues d'AGPI à longue chaîne oméga 3 et contiennent des proportions élevées d'AG des séries oméga 6 et oméga 9 (en particulier les acides linoléique et oléique), mais aussi d'AG saturés (acide palmitique, en particulier dans l'huile de palme). Certaines d'entre elles contiennent des proportions assez importantes d'ALA, comme dans l'huile de colza (8-10 %), mais surtout dans l'huile de lin (plus de 50 %). Compte tenu de ces différences de composition, l'incorporation d'huiles végétales peut donc avoir des répercussions sur la croissance et la qualité nutritionnelle des produits car la nature des lipides incorporés dans les aliments conditionne la composition en acides gras (AG) de la chair. Or, la préservation de la teneur en acides gras oméga 3 dans la chair des poissons reste l'objectif primordial, surtout pour l'alimentation de l'homme. La substitution de l'huile de poisson par des huiles végétales est donc beaucoup plus problématique que celle des farines de poisson.

Une alternative aux huiles végétales est constituée par les graisses d'origine animale, telle que la graisse de volaille. Comme dans le cas des PAT, seule les graisses de type C3, c'est-à-dire issues des animaux dont la viande est propre à la consommation humaine, sont autorisées. Toutes les graisses C3 de volaille et de porc sont autorisées en France, respectivement depuis 2003 et 2004. Par contre, certaines graisses C3 de ruminants demeurent interdites en alimentation des monogastriques (pour éviter des contaminations croisées des aliments pour ruminants) : certains suifs collectés après fente de carcasse, certaines graisses contenant ou préparées à partir de tissus osseux de ruminants, toutes graisses issues de la production de farine de viande et d'os de ruminant. Des plus, lorsqu'elles proviennent de ruminants, les graisses C3 doivent, pour pouvoir être valorisées en alimentation animale, être purifiées pour contenir moins de 0,15 % d'impuretés protéiques. Les

---

4 NDLR : pour plus de détails, consulter le chapitre PAT dans le Guide D.

graisses animales ne sont pas sources d'AGPI à longue chaîne oméga 3, mais ce sont des sources d'énergie et elles augmenteraient l'appétence des aliments en comparaison avec les huiles végétales.

Une des solutions trouvées à ce jour pour produire des poissons d'élevage ayant une chair riche en acides gras de type oméga 3, malgré une réduction de l'incorporation d'huile de poisson dans les aliments piscicoles, est de procéder à une période d'alimentation de finition de l'ordre de 12 semaines, en fin de cycle d'élevage, afin de maintenir la valeur nutritionnelle de la chair des poissons (Corraze et Kaushik, 2009). Cette solution pose néanmoins des problématiques de mise en œuvre au niveau des élevages, dans la mesure où les dates de sortie des lots ne sont pas définies très en avance.

### 1.5 Enjeux et perspectives

Les résultats de la recherche dans le domaine de la nutrition des poissons ont été utilisés par l'industrie pour faire évoluer la composition des aliments aquacoles. Les ingrédients végétaux sont maintenant devenus majoritaires dans les régimes de toutes les espèces aquacoles. Le choix des ingrédients et la formulation des aliments ont été affinés à partir des réponses des différentes espèces aux différents substituts végétaux et l'adaptation des procédés technologiques a permis d'améliorer les qualités nutritionnelles des composés végétaux. Toutefois, les taux de substitution très élevés restent critiques et il faut donc poursuivre l'effort de recherche concernant cette thématique. Des stratégies d'alimentation innovantes pouvant améliorer l'utilisation des régimes végétaux sont étudiées, incluant l'exposition précoce des alevins à des aliments végétaux ou à des nutriments particuliers (glucides par exemple, cf Encart Glucides). Par ailleurs, on observe au sein des lots de truites nourries avec ces aliments à base de végétaux une importante variabilité des performances individuelles, certains individus s'adaptant mieux que d'autres. D'où l'idée qu'il pourrait exister au sein des populations d'élevage une variabilité génétique à l'origine de ces écarts, variabilité susceptible d'être exploitée par sélection pour accélérer l'adaptation des cheptels à des environnements alimentaires contraignants.

Les protéines animales transformées (PAT) qui ont une très bonne valeur biologique et qui viennent d'être autorisées en alimentation aquacole commencent aussi à remplacer la farine de poisson, mais d'autres types d'ingrédients peuvent également être utilisés pour participer au remplacement de la farine et de l'huile de poisson, tels que des macro ou micro-algues, des farines d'insectes, des protéines unicellulaires, etc.

## Références

- Burel, C. & F. Medale, 2014. Quid de l'utilisation des protéines d'origine végétales en aquaculture ? *OCL (Oilseeds & fats Crops and Lipids)*, 21(4), D406.
- Cahu, C., 2004. Domestication et fonction nutrition chez les poissons. *INRA Prod. Anim.*, 17 (3) : 205-210.
- Cho, C. Y. & S. J. Kaushik. 1985. Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. . In :Nutrition and Feeding of Fish,, C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell (Eds.), Academic Press, London. Pp 95-117.
- Corraze, G., 1999. Nutrition lipidique. In : Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Métailler R. (Eds), *Nutrition des poissons et des crustacés*, INRA, Paris, France : 147-170.
- Corraze, G. & S. J. Kaushik, 2009. Alimentation lipidique et remplacement des huiles de poisson par des huiles végétales en pisciculture. *Cah. Agric.*, 18 : 112-118.
- De Silva, S.S. & T.A. Anderson, 1995. *Fish Nutrition in aquaculture*, Chapman and Hall, London, UK, 319 p.
- FAO, 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture: Opportunities and Challenges*. 223 pp. <http://www.fao.org/docrep/016/i2727f/i2727f00.htm>
- Green J.A. & R.W. Hardy, 2002. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. *Fish. Physiol. Biochem.*, 27 : 97-108. <https://doi.org/10.1023/B:FISH.0000021878.81647.6e>
- Guillaume J.C., 1999. Introduction. In : Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Métailler R. (Eds), *Nutrition des poissons et des crustacés*, INRA, Paris, France : 25-30.
- Halver, J.E. (Ed.). 1972. *Fish Nutrition*. New York, Academic Press.
- Kaushik, S.J., 1998. "Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles." *Aquatic Living Resources*, 11(5) : 355-358. [https://doi.org/10.1016/S0990-7440\(98\)80007-7](https://doi.org/10.1016/S0990-7440(98)80007-7)
- Kaushik, S. J., 2005. Besoins et apport en phosphore chez les poissons. *INRA Prod. Anim.*, 18 (3), 203-208.
- Kaushik, S.J., Guoullou-Coustans, M.F. & C. Y. Cho. 1998. "Application of the recommendations on vitamin requirements of finfish by NRC (1993) to salmonids and sea bass using practical and purified diets." *Aquaculture*, 161 (1-4) : 463-474. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(97\)00293-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00293-7)
- Kaushik, S.J. & M. Mambrini, 1995. Nutrition azotée des poissons : remplacement partiel ou total de la farine de poissons. *La Pisc. Frçse.*, 118, 12-20.
- Kaushik, S. & M. Troell, 2010. Taking the fish-in fish-out ratio a step further. *Aquaculture Europe*, 35 (1) : 15-17.

- Mambrini, M. & J.C. Guillaume, 1999. Nutrition protéique. *In* : Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot P. & R. Métailler (Eds), *Nutrition des poissons et des crustacés*, INRA, Paris, France : 113-146.
- Médale, F. & S. Kaushik, 2009. Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage. *Cah. Agric.*, 18 : 103-111.
- Médale, F. & J.C. Guillaume, 1999. Nutrition énergétique. *In* : Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P., Métailler, R. (Eds), *Nutrition des poissons et des crustacés*, INRA, Paris, France : 87-111.
- NRC (National Research Council), 2011. *Nutrition Requirements of Fish*. Washington D.C., USA, National Academy Press.
- Prabhu Antony Jesu, P., Schrama, J. & S.J. Kaushik, 2013. Quantifying dietary phosphorus requirement of fish - A meta-analytic approach. *Aquaculture Nutr.*, 19 : 233-249.
- Prabhu Antony Jesu, P., Schrama, J.W. & S.J. Kaushik, 2014. Mineral requirements of fish: A systematic review. *Rev. Aquaculture*, 6 : 1-48. <https://doi.org/10.1111/anu.12042>
- Rumsey, G. L. 1994. "History of early diet development in fish culture, 1000 B.C. to A.D. 1955." *Progressive Fish-Culturist*, vol. 56, no. 1, pp. 1-6. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1994\)056<0001:HOEDDI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1994)056<0001:HOEDDI>2.3.CO;2)
- Tacon, A.G.J. & M. Metian, 2008. Global overview of the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and Future Prospects. *Aquaculture*, 285 : 146-158. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.015>
- Tacon, A. & M. Metian, 2015. "Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture." *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 23(1): 1-10. <https://doi.org/10.1080/23308249.2014.987209>
- Torstensen, B. E., M. Espe, M. Sanden, I. Stubhaug, R. Waagbo, G. I. Hemre, R. Fontanillas, U. Nordgarden, E. M. Hevroy, P. Olsvik & M. H. G. Berntssen, 2008. Novel production of Atlantic salmon (*Salmo salar*) protein based on combined replacement of fish meal and fish oil with plant meal and vegetable oil blends. *Aquaculture*, 285 (1-4) : 193-200). <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.08.025>
- Wolf, L. E., 1951. "Diet experiments with trout." *Prog. Fish Cult.*, Jan 1951: 17-24. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1951\)13\[17:DEWT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1951)13[17:DEWT]2.0.CO;2)
- Woodward, B., 1994. "Dietary vitamin requirements of cultured young fish, with emphasis on quantitative estimates for salmonids." *Aquaculture*, 124 (1-4): 133-168. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90375-1](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90375-1)

## Chapitre 2 : La fabrication d'aliments pour l'aquaculture, contraintes et enjeux

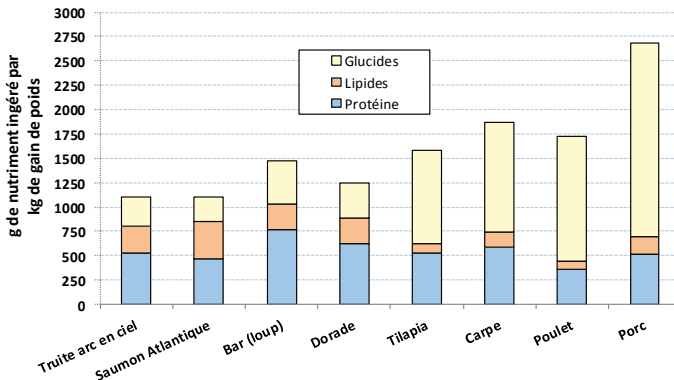
Par Yann Marchand, Le Gouessant, SPPA<sup>5</sup>

### 2.1 Préalables

Comme il a été précédemment souligné (cf chapitres précédents C. Burel Chapitre Nutrition et Encart Efficacité alimentaire), la simple comparaison des indices conversion alimentaire ( $IC = \text{kg d'aliment distribué} / \text{kg de gain de poids}$ ) entre espèces de poisson et autres espèces d'élevage terrestre ne suffit pas pour juger de l'efficacité relative de chaque production animale. Les poissons sont d'excellents transformateurs alimentaires mais la composition des aliments aquacoles nécessite des ingrédients raffinés (élimination des fibres et autres sucres) et concentrés (denses en énergie ou en protéine) par rapport aux espèces terrestres (tableau n°5).

Les espèces aquacoles sont réputées avoir des besoins protéiques élevés comparativement à ceux des espèces terrestres. Cependant, si nous comparons les consommations de protéine par kg de gain de poids (cf figure n°3) nous remarquons que ce besoin n'est que relatif. Les réelles particularités des espèces aquatiques (piscivores en particulier) sont leur faible aptitude à utiliser les glucides (fibres en particulier) comme source d'énergie et, par contre, d'accepter de forts taux d'énergie lipidique.

Les aliments proposés en aquaculture, pauvres en glucides sont donc riches en protéines et lipides nécessitent donc l'utilisation de matières premières également concentrées en protéine ou lipides mais avec le moins de fibres possibles.



**Figure n°3 :**

Comparaison des consommations (données de 2007) en macro-nutriments nécessaires pour produire 1kg de biomasse chez différentes espèces en alimentation animale en 2007 (source : Naylor *et al.*, 2009).

5 (Syndicat Professionnel des Producteurs d'Aliments Aquacoles).

**Tableau °5** : formulations moyennes pour poissons, porc et poulet.

	Alevins	Salmonidés	Bar/Dorade	Carpe/Tilapia	Poulet	Porc
<b>Farine de poisson</b>	<b>55</b>	<b>15 à 20</b>	<b>15 à 30</b>	2 à 10	0	0
<b>Huile de poisson</b>	5	<b>5 à 10</b>	<b>5 à 10</b>	0 à 5	0	0
<b>Huiles végétales</b>	0	10 à 15	5 à 10	0 à 5	<5	0
<b>Céréales</b>	<15	10 à 15	10 à 15	<b>20 à 40</b>	<b>50 à 80</b>	<b>50 à 80</b>
<b>Tourteaux (soja, colza, etc.)</b>	<10	10 à 15	10 à 15	<b>15 à 25</b>	<b>10 à 20</b>	<b>15 à 25</b>
<b>Concentré protéique (glutens, etc.)</b>	10 à 20	<b>15 à 25</b>	<b>15 à 25</b>	0 à 10	<5	<5
<b>Protéine</b>	<b>55</b>	<b>40</b>	<b>44</b>	<b>32</b>	19	16
<b>Lipides</b>	17	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	4	3
<b>Amidon</b>	8	10	10	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>50</b>
<b>Humidité</b>	8	8	8	8	10	10
<b>Matières minérales</b>	<12	<10	<12	<8	<6	<6
<b>Solde (glucides, fibres)</b>	<5	<8	<10	<15	<17	<22

En préalable, il est aussi bon de rappeler qu'un aliment dit « durable » sera avant tout un aliment qui satisfait les besoins nutritionnels du poisson d'élevage, favorise une bonne croissance, une bonne santé, de moindres rejets sur l'environnement, une bonne qualité du poisson produit et une rentabilité économique. Le mode de gestion de l'élevage et la manière dont est nourri le poisson sont aussi des facteurs importants influant la « durabilité » de l'alimentation du poisson. Par exemple, si les conditions d'oxygénation du milieu d'élevage sont insuffisantes pour l'espèce élevée, l'utilisation de l'aliment sera bien moindre.

L'indice de consommation alimentaire (IC)<sup>6</sup> reste par ailleurs le moyen le plus couramment utilisé pour juger sur un élevage aquacole de la bonne qualité de l'aliment distribué et de la bonne gestion de l'élevage.

## 2.2 Choix des matières premières, un compromis nécessaire

*(Pour plus de détails sur les principales matières premières utilisées en aquaculture, se référer au tableau récapitulatif en Annexe II, constitué par l'auteur et qui reprend les caractéristiques majeures de chaque matière première).*

Couvrir les besoins nutritionnels des espèces est la première des conditions, cependant, la formulation des aliments aquacoles sera un compromis entre de nombreux autres principes de base qui sont expliqués ci-dessous :

---

6 En production animale, on dit « indice de consommation » = unité d'aliment sec ingéré / unité de gain de poids. Il n'y a qu'en aquaculture, que l'on utilise aussi le terme « indice de conversion », taux de conversion etc. Si l'on raisonne en termes d'efficacité, il serait encore plus précis de parler d'« aliment sec ingéré ».



### 2.2.1 Le respect de la réglementation :

Les fabricants d'aliments opèrent dans le cadre des réglementations française et européenne. Ce sont des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Les réglementations<sup>7</sup> qui s'appliquent touchent entre autres à la définition de seuils réglementaires pour des « substances indésirables » comme les métaux lourds, pesticides, dioxines, antibiotiques, etc. Elles concernent aussi la possibilité d'utiliser des Protéines Animales Transformées (PAT, cf Chapitre PAT de ce guide).

Il existe aussi un catalogue des matières premières et une liste positive des additifs autorisés, élaborés à partir de cette réglementation complexe.

Le SNIA (Syndicat National de l'Industrie de l'Alimentation animale) et Coop de France Nutrition animale effectuent une veille réglementaire pour leurs adhérents fabricants d'aliments. La FEFAC (Fédération Européennes de Fabricants d'Aliments Composés) porte les intérêts de la profession auprès des autorités européennes.

### 2.2.2 Les exigences de l'aval jusqu'au consommateur (cahiers des charges)

Au-delà de la réglementation, de nombreux cahiers des charges spécifiques sont exigés par les « clients » des producteurs de poissons. Ils fixent des règles en matière de formulation pour satisfaire le consommateur au bout de la chaîne de valeur. Souvent, ces cahiers des charges sont repris dans des processus de certification (cf Chapitre Certification), et seront très contraignants pour le formulateur dans le choix ou les niveaux d'incorporation de ces matières premières.

Ces contraintes sont relatives :

- aux nutriments (taux de protéines minimum, taux de lipides maximum, rapport protéine/énergie, etc.) ;
- aux matières premières (taux de farines et huiles de poisson minimum, céréales, oléagineux, protéagineux etc.) ;
- à la nutrition (exemple: profils d'acides gras oméga 3) ;
- aux aspects environnementaux et à la durabilité (exemple : farines de poissons dont les stocks sont gérés par quotas, absence d'ingrédients issus d'Organismes Génétiquement Modifiés ou/et issus de Protéines Animales Transformées, production biologique...).

---

<sup>7</sup> La « réglementation hygiène » (CE 183/2005): analyse des risques et maîtrise des contaminations croisées en usine.

La réglementation « étiquetage et mise en marché » (CE 767/2009) qui fixe les règles en terme d'étiquetage.

La réglementation « substances indésirables » (CE 574/2011) avec des seuils réglementaires pour des métaux lourds, mélamine, mycotoxines, facteurs antinutritionnels, pesticides, dioxines, antibiotiques interdits, etc...

La « réglementation produits animaux » (CE 1069/2009) qui décrit les règles de production, les catégories de co-produits et sous-produits animaux ou encore les autorisations par espèce des différents ingrédients d'origine animale.

Aux cahiers des charges et référentiels en application en France et en Europe conduisant à des certifications officielles, il faut aussi ajouter les cahiers des charges dépendant d'enseignes de la grande distribution (Auchan, Carrefour, Casino, Intermarché, Leclerc, Système U...), interprofessionnels (Exemple : Cahier des charges unique « Charte Qualité Aquaculture de nos régions » par le CIPA et sa Commission de Durabilité) ou spécifique pour une clientèle.

Ces cahiers des charges et référentiels, plus ou moins restrictifs, imposent une multiplication coûteuse (formulation et audits) des références en usine. Si les signes de qualité officiels (Label rouge et agriculture biologique) évoluent lentement, les résultats des recherches (programmes Aquamax, Vegeaqua, Rafoa, ARRAINA<sup>8</sup>,...) mis en place par la filière aquacole (centres de recherche académiques, distributeurs, éleveurs, fabricants d'aliments, transformateurs et syndicats) ont permis d'assouplir les contraintes (cf tableau n°6) tout en préservant les intérêts zootechniques, diététiques (qualité de chair/oméga3/allégations santé/analyses sensorielles), environnementaux, économiques et de communication (image des produits).

La mise en ligne récente par ARRAINA d'un premier livret sur les matières premières en alimentation aquacole est de fait très utile pour les besoins de la profession.

**Tableau n°6 :**

Evolution des exigences d'un cahier des charges d'enseigne pour la truite élevée en France.

		2005	2006	2007	depuis 2008
<b>Farine de poisson</b>	(% mini)	30	25	15	-
<b>Total farine + huile de poisson</b>	(% mini)	50	40	25	20
<b>Taux d'huile végétales dans le total des huiles rajoutées</b>	(% maxi)	40	50	50	75
taux d' <b>Oméga 3</b> dans les lipides totaux	(% mini)	18	18	16	10
taux d' <b>(EPA + DHA)</b> dans les lipides totaux	(% mini)	15	13	10	6
Rapport Oméga 3 / Oméga 6	{mini)	2	1	0.7	0.6

### 2.2.3 La technologie de fabrication, elle-même conditionnée par ...

La compréhension du **comportement alimentaire** de l'animal ou encore des spécificités de l'élevage conditionne la technologie à mettre en œuvre pour fabriquer un aliment aquacole, comme le résume le tableau suivant n°7.

---

8 Advanced Research Initiatives for Nutrition and Aquaculture <http://www.arraina.eu/>

**Tableau n°7 : Présentation de l'aliment en fonction du comportement alimentaire**

Comportement	Spécificité élevage	exemples d'espèces	Type d'aliment	Intérêt
Poissons <b>voraces</b>	Elevage en <b>cage</b> ou le courant est élevé et le vent fort	saumon, truite, daurade, bar	<b>coulant</b>	moindre perte d'aliment non ingéré.
	Elevages en <b>bassins</b>	saumon, truite, daurade, bar, turbot	<b>coulant, semi-flottant (coulant doucement) ou flottant</b>	contrôle de l'ingéré ou appétence.
Poissons <b>peu vifs</b> qui s'alimentent au <b>fond</b>	Etang ou bassin	carpe, esturgeon, etc.	<b>aliment coulant et résistant à l'eau</b>	meilleure prise alimentaire (pas de solubilisation des nutriments mais solubilisation des attractants).
Animaux <b>peu vifs</b> qui s'alimentent au fond et <b>décortiquent</b> les aliments	Etang ou bac	crevette, ormeau, etc.	<b>coulant, très résistant à l'eau</b>	meilleure prise alimentaire (pas de solubilisation des nutriments mais solubilisation des attractants).
Poissons qui s'alimentent en <b>surface</b>	Etang, cage, bassin	tilapia, catfish, etc	<b>flottant</b>	moindre perte d'aliment non ingéré.
Poisson refusant l'aliment sec	–	certains poissons plats.	<b>aliment semi-humides</b>	texture souple = meilleure prise alimentaire.
Alevin	Bac	espèces marines	<b>aliment de sevrage de faible diamètre et coulant doucement.</b>	meilleure prise alimentaire.

**Deux grands procédés** de fabrication sont majoritairement utilisés:

- La **cuisson-extrusion** = traitement continu associant plusieurs actions appliquées simultanément à une substance ou un mélange alimentaire. Sous l'action d'un système de vis d'Archimède en rotation dans un fourreau ajusté, la matière est transportée, homogénéisée et soumise à des forces de cisaillement et de compression importantes, associées à un échauffement (température de cuisson).
- La **granulation** (aliments **pressés**) = agglomération de farine par compression à travers une filière circulaire perforée.

Leurs avantages et inconvénients sont résumés sur le tableau 8 suivant. D'une manière générale, et malgré notamment leur coût et technicité importants, on peut dire que les aliments extrudés représentent maintenant la majorité des tonnages utilisés en aquaculture, surtout en Europe. La granulation (aliments pressés) est majoritairement utilisée en alimentation animale terrestre (porc, volaille, etc..) mais également encore en élevage de crevette même si là aussi, la tendance est à l'extrusion.

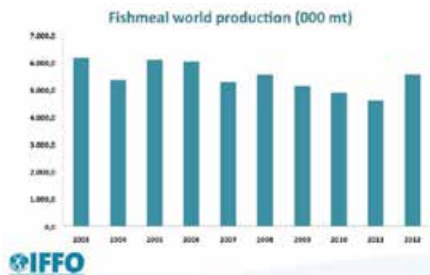
**Tableau n°8 : Intérêts et inconvénients de l'extrusion par rapport à la granulation.**

Intérêts	Inconvénients
<b>Nutrition</b>	
Amélioration de la <b>digestibilité</b> des glucides comme l' <b>amidon</b> . Amélioration de la <b>digestibilité</b> des <b>protéines</b> . Destruction de certains <b>facteurs anti-nutritionnels</b> des végétaux. Destruction de certaines activités enzymatiques (lipoxygénases). <b>Stérilisation</b> par destruction de la flore microbienne. Permet la fabrication <b>d'aliments très énergétiques</b> . Diminution des <b>rejets</b> en élevages.	Nécessite l'utilisation d' <b>additifs thermostables</b> plus coûteux (vitamines). Destruction de certaines activités enzymatiques (phytases, protéases par exemple). Nécessité de les incorporer après extrusion.
<b>Technologie</b>	
Fabrication des aliments <b>flottants</b> (densité). Réglage de la <b>longueur</b> des granulés Obtention de petits <b>diamètres d'aliment</b> (<1mm) Formes et tailles de granulés variées. Possibilité d'ajout de fortes proportions de liquides en enrobage. Amélioration de la <b>tenue</b> des aliments dans l'eau. Diminution de la présence de <b>fines</b> .	Matériel <b>coûteux</b> (achat et maintenance). Consommation d' <b>énergie</b> importante. Utilisation de broyeurs (microniseurs), enrobeurs et sècheurs performants. Technologie récente nécessitant du <b>personnel expérimenté</b> .

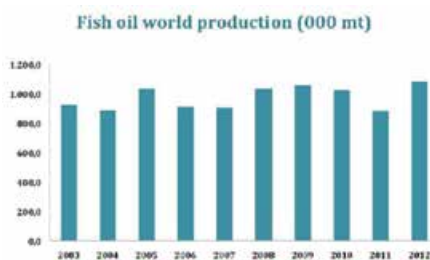
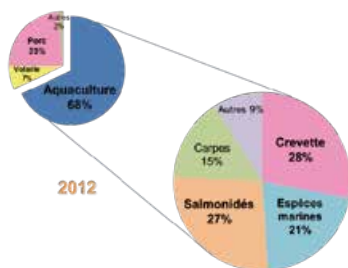
La formulation et/ou le choix des matières premières peuvent varier en fonction du choix de technologie de fabrication. Par exemple, un aliment extrudé permettra d'atteindre un niveau beaucoup plus élevé de lipides dans l'aliment que l'aliment pressé (jusqu'à 35% au lieu de 20%). Mais certaines matières premières, vitamines ou oligoéléments ne supporteront pas la cuisson-extrusion.

### 2.2.4 La disponibilité, la qualité et le prix des matières premières

La farine de poisson et l'huile de poisson sont traditionnellement utilisées dans les aliments aquacoles comme il a été souligné précédemment (cf Chapitre nutrition), mais leurs productions, relativement stables, ne peuvent plus satisfaire les besoins d'une aquaculture en pleine expansion (cf Figure n° 4). La disponibilité (variable en fonction des quotas et phénomènes d'El Nino) et le contexte économique de ces matières premières (forte volatilité des prix, cf figure n°3) nécessite de diversifier les matières premières incorporées dans les aliments aquacoles. La substitution farines et huiles de poissons est une priorité économique, sociétale et environnementale.



Contexte: **FARINE** de poisson



Contexte: **HUILE** de poisson

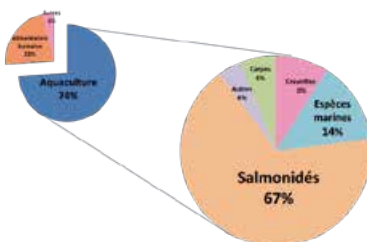
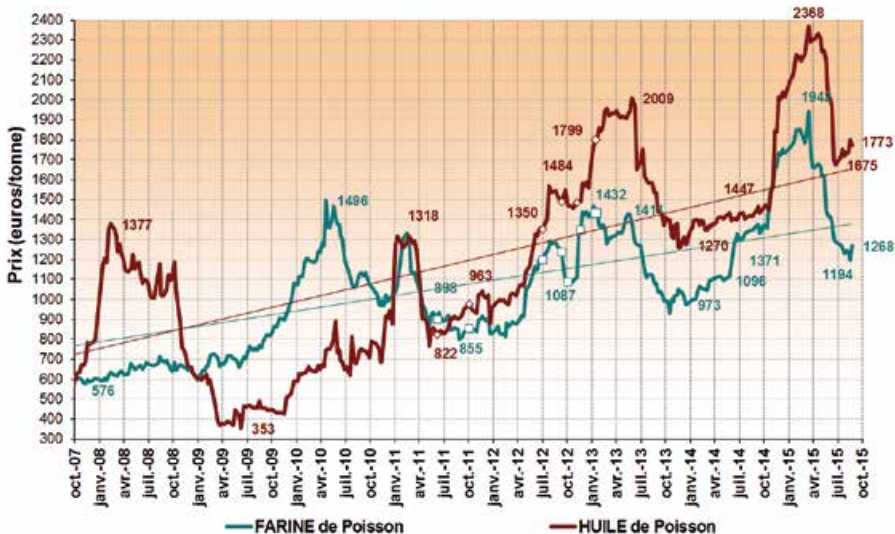


Figure n°4 :

Production et consommation mondiales de farines et huiles de poisson  
(Source : IFFO)



**Figure n°5 :**  
Evolution des prix des farines (66% protéine) et huile de poisson (Anchois)  
en euros FOB Pérou.

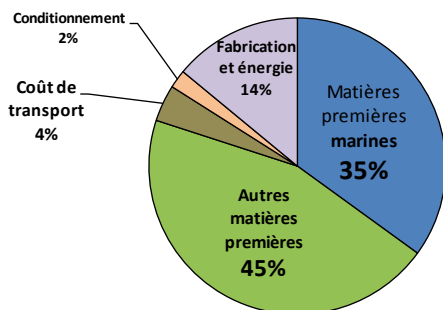
Malgré les efforts de réduction des incorporations de farines et huiles de poissons, ces ingrédients restent importants dans la structure du coût de l'aliment (cf figure n°6).

Jusqu'à la crise de l'ESB<sup>9</sup> (1996), les protéines de remplacement étaient issues des sous-produits animaux terrestres (farines de sang, farine de viande) disponibles en Europe (60 millions de tonne de farine de viande) et concentrés en éléments nutritionnels. Après 2000, les progrès dans la connaissance des besoins nutritionnels ont permis des substitutions accrues par des protéines végétales « raffinées » (glutens de blé et maïs<sup>10</sup>, soja dépelliculé non OGM, protéagineux, etc.). Ce recours atteint aujourd'hui ses limites. La substitution totale des farines de poissons par des matières premières végétales terrestres peut entraîner des baisses de prises alimentaires (et donc des baisses de performances) et autres perturbations comme la modification des rejets solides (féces de qualité et/ou quantité variable).

Le cas de l'huile de poisson est différent. Elle reste aujourd'hui la seule source industrielle d'acides gras essentiels : les acides gras oméga3 poly-insaturés à longue chaîne (AGLPI comme l'EPA et le DHA). D'autres sources d'EPA et DHA sont actuellement, soit disponibles mais coûteuses (huile de krill), soit en développement

9 Encéphalopathie Spongiforme Bovine.

10 Gluten : fraction protéique de céréales (blé et maïs) obtenu en amidonnerie par séparation et concentration technologique de la protéine (Gluten de maïs ≥ 60% de protéine, gluten de blé ≥ 80% de protéine).



**Figure n°6 :**  
Répartition des coûts dans la formule (selon données SPPA).


comme les huiles d'algues planctoniques ou encore les huiles issues de végétaux génétiquement modifiés (colza ou cameline).

Pour les salmonidés, les travaux de recherche ont montré qu'il était possible de remplacer totalement l'huile de poisson par un mélange d'huiles végétales. La truite possède en effet la faculté de bio-convertir l'acide linoléique oméga 3 (C18:3 n-3) en EPA et DHA. Chez les poissons marins comme le bar et la daurade bar, cette capacité de bio-synthèse est quasi-inexistante, ainsi une substitution totale de l'huile de poisson n'est donc pas envisageable.

Le tableau 9 ci-dessous représente un éventail de choix de matières premières disponibles en Europe (légal, sûres, respectueuses de l'environnement, acceptées et économiques...) ou potentielles en Europe pour la formulation aquacole. Ces ingrédients peuvent être classés en 3 catégories de nutriments ; sources de protéine, de lipides ou glucides.

**Tableau 9 :** Liste des principales matières premières utilisées ou potentielles en alimentation aquacole (selon données SPPA)

Protéines	Matières grasses	Amidons
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Farines de poisson</li> <li>• Farines de krill</li> <li>• Farines d'algues</li> <li>• Soja et dérivés</li> <li>• Tourteau de tournesol</li> <li>• Tourteau de colza</li> <li>• Gluten de blé</li> <li>• Gluten de maïs</li> <li>• Féveroles</li> <li>• Lupins</li> <li>• Pois</li> <li>• Protéine de guar</li> <li>• Farine de volailles</li> <li>• Plumes hydrolysées</li> <li>• Produits sanguins</li> <li>• Farines de viande et d'os</li> <li>• Drèches</li> <li>• Protéines microbiennes</li> <li>• Farines d'insectes</li> <li>• Farines de vers ....</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Huiles de poisson</li> <li>• Huile de krill</li> <li>• Huiles d'algues</li> <li>• Huile de colza</li> <li>• Huile de soja</li> <li>• Huile de tournesol</li> <li>• Huile de lin</li> <li>• Huile de palme</li> <li>• Huile de cameline</li> <li>• Huile de volaille</li> <li>• Lard ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blé</li> <li>• Orge</li> <li>• Sorgo</li> <li>• Tapioca</li> <li>• Pomme de terre</li> <li>• Pois</li> <li>• Féverole...</li> </ul>



Chaque ingrédient a des avantages et des inconvénients qu'il est nécessaire de prendre en compte lors du processus de formulation. Les matières premières végétales peuvent, par exemple, contenir naturellement des facteurs anti-nutritionnels ou composés non nutritifs susceptibles d'affecter la prise alimentaire, la digestion, croissance, ou la santé de l'animal. Ils peuvent interagir avec les nutriments de différentes manières :

- analogues de nutriments ;
- inhibiteur des enzymes de la digestion (anti-amylases, inhibiteurs de la trypsine) ;
- blocage de l'utilisation de nutriments (tanins, lectines, phytates) ;
- composés toxiques pour le poisson (gossypol glucosides cyanogénétiques, glucosinolates).

Même si les farines de poissons peuvent également contenir des facteurs antinutritionnels (histamine), l'utilisation de sources protéiques d'origine animale (poisson, mollusques, crustacé et sous-produits d'animaux terrestres) est souvent plus adaptée à l'alimentation des espèces majoritairement piscivores élevées en Europe.

### **2.2.5 Qualité organoleptique et nutritionnelle de la chair du poisson produit**

La substitution des huiles de poisson par des huiles végétales est également délicate d'un point de vue de sa valeur diététique. Les capacités de bio-conversion des acides gras étant réduite (cf. chapitre précédent), une réduction importante de l'apport alimentaire en acides gras Oméga3 (EPA et DHA en particulier) diminue proportionnellement leurs taux dans la chair des poissons. Maintenir la qualité nutritionnelle (bienfaits sur la santé des acides gras Oméga 3 (comme l'EPA et le DHA<sup>11</sup>)) des productions nécessite la mise en place de normes de profils d'acides gras dans les cahiers des charges.

Si le choix des matières premières incorporées dans l'aliment ne semble pas orienter profondément le goût des poissons produits, la formulation peut cependant impacter la qualité organoleptique de la chair. La présence de pigments caroténoïdes dans le gluten de maïs par exemple peut modifier la coloration de la chair des poissons. L'augmentation du contenu en énergie d'origine lipidique des aliments (rapports protéine digestible/énergie digestible faibles), associé à de forts taux de rationnement en élevage, peut également conduire à un engraissement important des animaux et donc à des modifications des perceptions sensorielles (texture en bouche, chair grasses, etc.).

### **2.2.6 Respect de l'environnement**

La recherche d'une recette économique couvrant les exigences nutritionnelles de l'animal et les exigences de qualité du consommateur ne constitue qu'un des aspects de la formulation. Une formule d'aliment optimale doit assurer un profit le

---

11 EPA (acide eicosapentanoïque) et DHA (acide docosahexanoïque).



plus élevé possible à l'ensemble de la filière (fabricants, éleveurs, transformateurs, etc.) tout en préservant la qualité de l'environnement<sup>12</sup>.

Les choix de formulations peuvent impacter l'environnement à plusieurs niveaux :

- En favorisant par exemple l'épargne protéique grâce à l'utilisation des lipides et glucides pour la fourniture d'énergie (baisse des rapports protéine/énergie). L'utilisation de ces sources d'énergie entraîne des rejets en CO<sub>2</sub> alors que le catabolisme des protéines produit de l'azote en plus du CO<sub>2</sub>.
- En sélectionnant les matières premières les plus digestes (nécessité d'estimer la digestibilité des matières premières).
- En limitant les forts taux de fibres (cellulose et autres polysaccharides) et cendres (matières minérales).
- En limitant les excès en phosphore ou les sources de phosphore non disponibles pour l'animal (acides phytiques des plantes)

### 2.3 La formulation en pratique

Quand on dispose d'une gamme d'ingrédients pour nourrir un animal donné, il existe alors une infinité de combinaisons. En alimentation aquacole, la principale technique utilisée de nos jours est la « formulation linéaire à moindre coût » qui permet de sélectionner la solution la plus économique satisfaisant la totalité des contraintes imposées par le formulateur (taux de nutriments ou proportions de matières premières). Des logiciels permettent d'effectuer ce travail d'optimisation de la formule.

Plusieurs étapes sont nécessaires :

- Mise en place d'une base de données de matières premières (tables ou matrice d'alimentation) la plus précise possible en terme de nutriments (énergie, protéines, lipides, H<sub>2</sub>O, acides aminés, acides gras, vitamines, minéraux, fibres, ...).
- Élaboration de cahiers des charges entre le fournisseur et fabricant d'aliment, surveillance et contrôle des réceptions, audit des fournisseurs et transporteurs... Les laboratoires internes des entreprises effectuent plusieurs centaines d'analyses par an.
- Mise en place d'une politique d'achat des matières premières (engagement d'achat d'une quantité, à un prix fixé et sur une période déterminée).

---

12 \*Arrêté du 1er avril 2008 fixant les règles techniques auxquelles doivent satisfaire les piscicultures d'eau douce soumises à autorisation au titre du livre V du code de l'environnement (rubrique 2130 de la nomenclature des installations classées)

\* Arrêté du 1er avril 2008 fixant les prescriptions générales applicables aux installations, ouvrages, travaux ou activités soumis à déclaration en application des articles L. 214-1 à L. 214-6 du code de l'environnement et relevant de la rubrique 3.2.7.0 de la nomenclature annexée au tableau de l'article R. 214-1 du code de l'environnement (piscicultures d'eau douce mentionnées à l'article L. 431-6) et abrogeant l'arrêté du 14 juin 2000



- Elaboration des formules ou optimisation ou formulation linéaire au moindre coût = formule la moins coûteuse en prix permettant de satisfaire à l'ensemble des exigences (besoins nutritionnels des poissons, exigences des cahiers des charges, etc.).
- Mise en place en usine des recettes et fabrication.
- Les produits finis sont également soumis à contrôle sur les valeurs des principaux nutriments (protéines, lipides, humidité,...) et caractéristiques physiques (poussières, flottants, coulants,...).

Tout le processus est soumis aux règles HACCP<sup>13</sup>. Selon les fabricants d'aliments, les normes et techniques varient mais tous ont au moins une certification: OQUALIM<sup>14</sup>, ISO 9001, ISO 14000, ISO 22000, Global Gap, Bio... et des contrôles (audit de certification) sont effectués régulièrement par des organismes certificateurs ou encore inopinément par les autorités sanitaires (DDPP<sup>15</sup>).

## Référence

Naylor, R.L., Hardy, R.W., Bureau, D.P., Chiu, A., Elliott, M., Farrell, A.P., Forster, I., Gatlin, D.M., Goldberg, R.J., Hua, K. & P.D. Nichols., 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *PNAS*, vol. 106, n° 36. <http://www.pnas.org/content/106/36/15103.full.pdf>

---

13 Hazard Analysis Critical Control Point, <http://www.haccp-guide.fr/>

14 OQUALIM est une association à l'initiative de Coop de France Nutrition Animale et du SNIA. Elle a pour objet d'élaborer, de mettre en place et de coordonner toute démarche visant à l'amélioration de la sécurité et de la qualité des aliments pour animaux.

15 Direction Départementale de la Protection des Populations.

## Encart : L'efficacité alimentaire de l'élevage du saumon en comparaison d'autres productions animales terrestres, un élément à considérer en termes de durabilité ?

Par A. Chaperon et C. Hough, FEAP<sup>16</sup>

Tous les éleveurs calculent le taux d'efficacité alimentaire qu'ils obtiennent sur leur élevage : combien d'aliments faut-il donner à l'animal élevé pour obtenir une unité consommable par l'homme ? En aquaculture, on utilise l'indice de conversion alimentaire qui s'évalue de manière assez simple : poids d'aliments secs utilisé par rapport au poids de poisson produit (cf Chapitres précédents C. Burel et Y. Marchand). Il est intéressant d'utiliser cet indice pour comparer l'efficacité alimentaire de l'élevage du saumon à d'autres productions animales terrestres: avec 100 kg d'aliments, on produit 65 kg de filet de saumon, 20 kg de viande de poulet et 13 kg de viande de porc<sup>17</sup>. Selon ce calcul, la production de filet de saumon serait donc 3 fois plus efficace que celle de poulet, et 5 fois plus, que celle de porc. Toutefois, ce calcul ne prend pas en compte la composition des aliments utilisés.

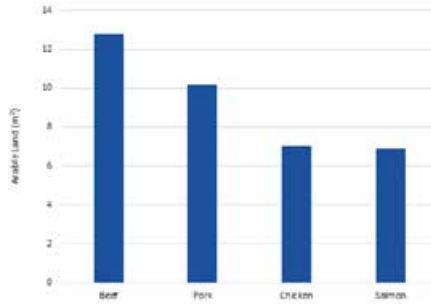
Pour aller plus loin, Welch *et al*<sup>18</sup>. (2010) calculent l'utilisation des ressources dans leurs études comparatives sur l'efficacité alimentaire entre productions animales. La part d'utilisation de terres arables (pour produire les matières premières de l'aliment) est ainsi beaucoup plus élevée pour le bœuf et le porc, que pour le poulet et le saumon (Figure 7). Le besoin du saumon en ressource d'eau d'irrigation correspond à 20% de celui du bœuf (Figure 8). Le poulet est le plus efficace pour un besoin modéré en azote, le saumon se place juste derrière (Figure 9).

---

16 Fédération Européenne des Producteurs Aquacoles <http://www.feap.info/>

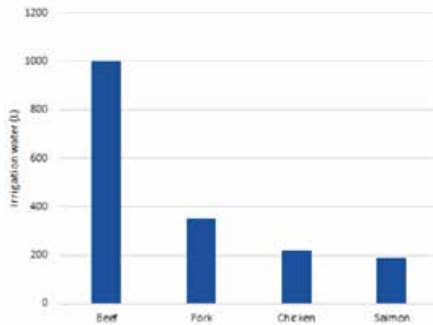
17 Norsk Fiskeopdrett AS – [www.kyst.no](http://www.kyst.no)

18 Welch, A., Hoenig, R., Stieglitz, J., Benetti, D., Tacon, A., Sims, N. & O'Hanlon, B. 2010. From Fishing to the Sustainable Farming of Carnivorous Marine Finfish. *Reviews in Fisheries Science*, 18 (3): 235-247. DOI: 10.1080/10641262.2010.504865 <https://doi.org/10.1080/10641262.2010.504865>



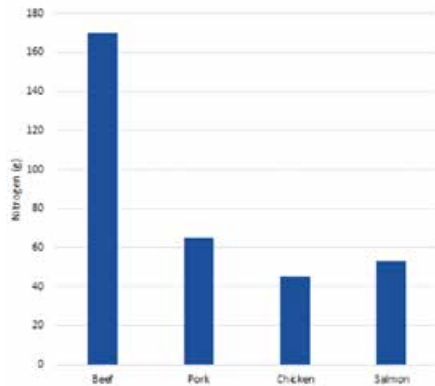
**Figure 7 :**

Utilisation de terre arable (m<sup>2</sup>) par kg de viande de bœuf, porc, poulet et saumon (Welch *et al.*, 2010).



**Figure 8 :**

Besoin en eau d'irrigation (litre) par kg de viande de bœuf, porc, poulet et saumon (Welch *et al.*, 2010).



**Figure 9 :**

Besoin en azote (g) par kg de viande de bœuf, porc, poulet et saumon (Welch *et al.*, 2010)

Au-delà des comparaisons sur les rendements de production de viande, le tableau 10 suivant permet de comparer aussi l'efficacité alimentaire, par la fixation de l'énergie et de la protéine pour diverses productions animales : la production du saumon atlantique est alors toujours plus efficace que les autres (porc, volaille, mouton).

**Tableau 10 :**

Comparaison des rendements alimentaires entre différentes productions animales (Welch *et al.*, 2010).

	Saumon atlantique	Porc	Poulet	Ovin
<b>Rendement sur la biomasse totale produite (%)</b>	86	72,5	65,6	46,9
<b>Rendement sur la chair (%)</b>	68,3	52,1	46,1	38,2
<b>IC</b>	1,15	2,63	1,79	6,3
<b>Taux de fixation de l'énergie (%)</b>	23	14	10	5
<b>Taux de fixation des protéines (%)</b>	31	18	21	5

D'autres approches comparatives sont aussi possibles, le World Resources Institute (Waite *et al.*, 2014<sup>19</sup>) prend ainsi en compte le rendement en « calories ou protéines COMESTIBLES » par unité d'apport alimentaire (Tableau 11), et inclut aussi une évaluation de la performance globale sociale et environnementale par unité d'apport alimentaire.

Enfin, au fur et à mesure que l'emploi d'Analyse de Cycle de Vie se généralise et s'harmonise, des analyses comparatives entre productions animales sont disponibles et permettent des comparaisons plus fines<sup>20</sup>.

19 Waite, R., Beveridge, M., Brummett, R., Castine, S., Chaiyawannakarn, N., Kaushik, S., Mungkung, R., Nawapakpilai, S. & M. Phillips, 2014. *Improving productivity and environmental performance of aquaculture*. Working Paper, Installment 5 of Creating a Sustainable Food Future. World Resources Institute, Washington DC, USA. 60p. Accessible at <http://www.worldresourcesreport.org>.

20 Suivre les travaux de "The SEAFOOD and FEED pilot phases of the European Commission's Product Environment Footprint programme, within the Single Market for Green Products initiative".

**Tableau 11 :**

Performance sociale, économique et environnementale de l'aquaculture en comparaison des élevages terrestres (d'après Waite *et al.*, 2014).

Group	Land use (ha / ton edible protein) Utilisation de terre arable	Freshwater consumption (m <sup>3</sup> / kg edible protein) (consommation d'eau douce)	Water pollution (kg P / ton of edible protein) (pollution de l'eau)	Water pollution (kg N / ton of edible protein) (pollution de l'eau)	Greenhouse gas intensity (t CO <sub>2</sub> -eq/ ton edible protein) Effet Gaz effet de serre
World aquaculture	9.1	40.4	76	273	66.8
Terrestrial livestock/ Productions terrestres animales					
Pork/Porc	2.0	56.5	120	800	57.6
Chicken/Volaille	3.0	34.3	40	300	42.3
Beef/Boeuf	50.0-145.0	112.5	180	1200	337.2

Nourrissage à la main © Skretting.



Par S. Panserat, INRA<sup>21</sup>

Les produits végétaux représentent une source majeure de remplacement des farines et huiles de poisson grâce à leur forte disponibilité et à leur coût relativement faible (Panserat *et al.*, 2013). Naturellement, beaucoup de végétaux (comme les céréales ou le pois par exemple) sont riches en glucides. Ces derniers peuvent être classés en deux catégories : l'amidon et les polysaccharides non amylicés (comme la cellulose).

Concernant l'utilisation de l'amidon, il existe des différences importantes entre les espèces de poissons. En fonction de leur niveau trophique, il est possible d'incorporer des taux variables de glucides dans les aliments (Polakof *et al.*, 2012). Ainsi, les espèces herbivores (comme la carpe herbivore) et omnivores (comme la carpe commune) acceptent jusqu'à 40 % de glucides dans leur aliment sans que cela ne modifie les performances de croissance des animaux, tout en apportant des éléments bénéfiques : une épargne protéique et une baisse des rejets azotés liés à l'utilisation du glucose comme source d'énergie. Au contraire, les espèces carnivores (salmonidés, bar) n'acceptent pas d'aliments contenant plus de 20 % de glucides digestibles. Au-delà de cette proportion, cela entraîne une baisse de croissance associée à une hyperglycémie persistante chez l'animal, limitant *a priori* une incorporation plus élevée des glucides pour ces espèces. Il faut toutefois noter que l'ajout de glucides chez les poissons carnivores a déjà permis d'épargner les protéines et de diminuer les rejets azotés de façon significative (Panserat *et al.*, 2013), démontrant aussi chez ces espèces l'intérêt potentiel des glucides.

La digestion et l'absorption des glucides ont été largement étudiées chez les principales espèces d'élevage. Il est possible maintenant, suite à un traitement technologique des aliments comme l'extrusion, d'obtenir des amidons hautement digestibles (>90 %) par toutes les espèces de poissons, y compris les carnivores (Krogdahl *et al.*, 2005). L'absorption intestinale du glucose et son transfert dans l'intestin semblent fonctionnels, comme le démontrent les études sur les transporteurs de glucose dans l'intestin induits par la présence de glucides. Il est donc clair qu'un défaut de digestibilité des amidons et de transport intestinal du glucose n'explique pas la faible utilisation du glucose chez les poissons carnivores. Au contraire, l'existence d'une hyperglycémie postprandiale élevée chez les poissons carnivores nourris avec des glucides suggère fortement un déficit d'utilisation métabolique du glucose alimentaire (Hemre *et al.*, 2002 ; Polakof *et al.*, 2012). Il a été démontré que les poissons carnivores possèdent tous les acteurs métaboliques pour permettre l'utilisation du glucose, mais que leur régulation par les glucides alimentaires est déficiente ; ceci pourrait expli-

---

21 UR1067, Nutrition, Métabolisme et Aquaculture (NuMeA) Aquapôle INRA, F-64310 St-Pée-sur-Nivelle.



quer la limite des 20% d'incorporation des glucides dans l'aliment pour poissons carnivores (Polakof *et al.*, 2012).

C'est pour toutes ces raisons que de nouvelles stratégies nutritionnelles afin d'améliorer l'utilisation des glucides chez les espèces carnivores ont été développées ces dernières années. Bien qu'encore en cours d'étude, des capacités différentes au niveau métabolique (métabolisme du glucose) ont été mises en évidence entre deux lignées de truite sélectionnées sur leur teneur en lipides intramusculaires, prouvant qu'il existe des polymorphismes génétiques associés à l'utilisation du glucose (Kamalam *et al.*, 2012, 2013). D'autre part, les premières études de programmation nutritionnelle des poissons, suite à des stimuli nutritionnels précoces (au moment du premier repas) sont très prometteuses, afin d'améliorer l'utilisation des glucides chez les poissons adultes : ainsi, un premier repas riche en glucides chez l'alevin de truite modifie à long terme la flore intestinale, la digestion et le métabolisme musculaire du glucose chez l'adulte (Geurden *et al.*, 2007, 2014).

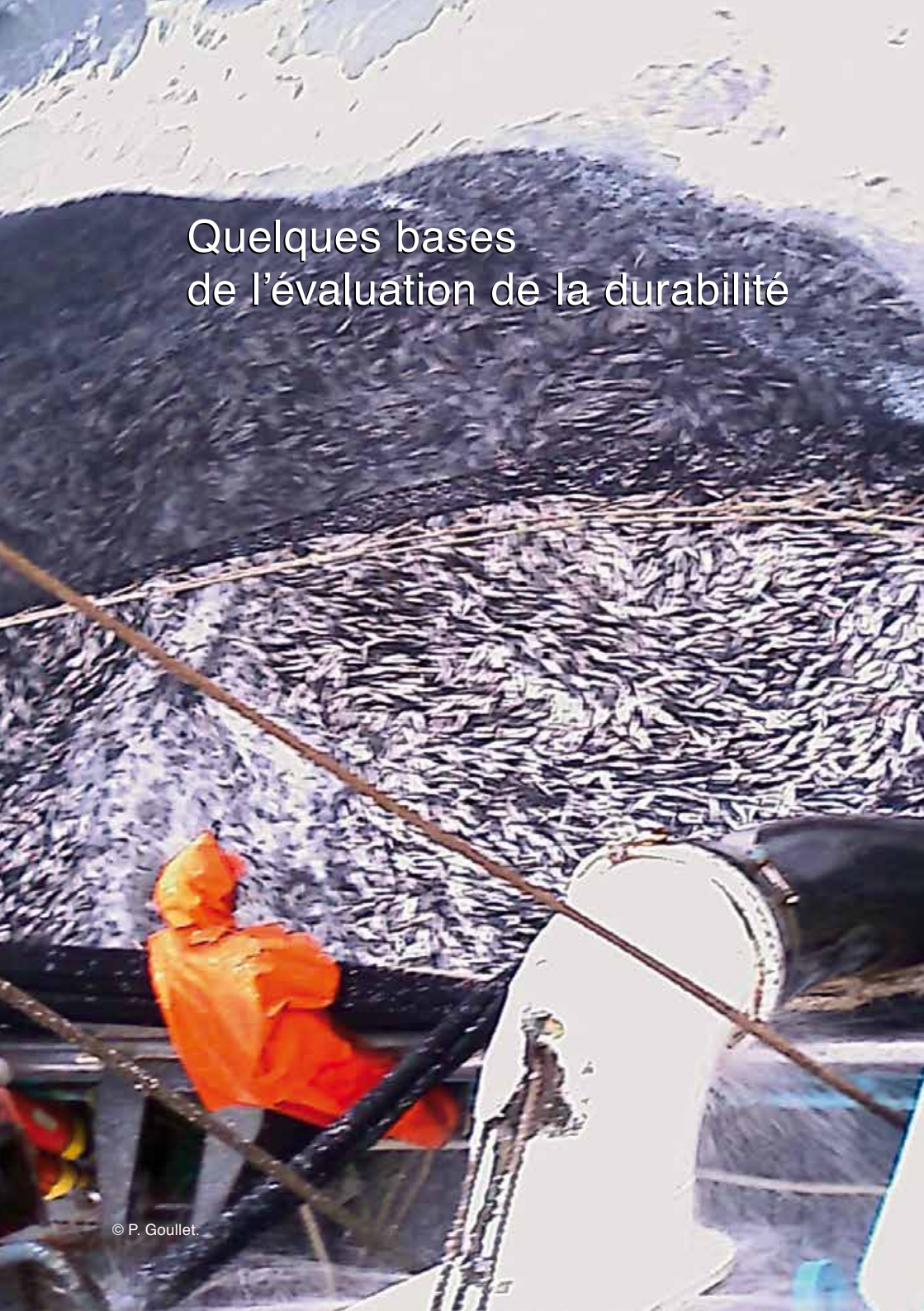
Enfin, il est important de parler aussi des polysaccharides non amylacés (NSP, *non starch polysaccharides*) ou fibres : on peut en retrouver potentiellement beaucoup dans les aliments riches en ingrédients végétaux (Sinha *et al.*, 2011) ou mêmes des macroalgues qui en sont riches. Les NSPs peuvent modifier la viscosité du digesta chez les poissons diminuant alors la biodisponibilité des nutriments. La présence des glucanes, par exemple, peut aussi avoir des effets bénéfiques directs sur les défenses immunitaires, ou indirectes par leurs effets sur la flore intestinale des poissons.

## Références

- Hemre, G.I., Mommen, T.P. & A. Kroghdahl, 2002. Carbohydrates in fish nutrition : effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. *Aquaculture Nutrition*, 8 : 175-194.
- Geurden, I., Aramendi, M., Zambonino-Infante, J. & S. Panserat, 2007. Early feeding of carnivorous rainbow trout with a hyperglucidic diet during a short period: effect on dietary glucose utilisation in juveniles. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 292 : R2275-R2283.
- Geurden, I., Mennigen, J., Plagnes-Juan, E., Veron, V., Cerezo, T., Mazurais, D., Zambonino-Infante, J., Gatesoupe, J., Skiba-Cassy, S. & S. Panserat, 2014. High or low dietary carbohydrate : protein ratios during first-feeding affect glucose metabolism and intestinal microbiota in juvenile rainbow trout. *J. exp. Biol.*, 217 : 3396-3406
- Kamalam, J. B., Medale, F., Kaushik, S., Polakof, S., Skiba-Cassy, S. & S. Panserat, 2012. Regulation of metabolism by dietary carbohydrates in two lines of rainbow trout divergently selected for muscle fat content. *J. exp. Biol.* 215, 2567-2578

- Kamalam, B., Medale, F., Larroquet, L., Corraze, G. & S. Panserat, 2013. Metabolism and Fatty Acid Profile in Fat and Lean Rainbow Trout Lines Fed with Vegetable Oil : Effect of Carbohydrates. *Plos ONE*, 8 (10) : e76570
- Krogdahl, A., Hemre, G.I. & T.P. Mommen, 2005. Carbohydrates in fish nutrition : digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition*, 11 : 103-122.
- Polakof, S., Panserat, S., Soengas, J. & T.W. Moon, 2012. Glucose metabolism in fish : a review. *J. Comp. Physiol. B.*, 182 : 1015–1045.
- Panserat, S., Kaushik, S. & F. Medale, 2013. Rainbow trout as a model for nutrition and nutrient metabolism studies. *In : Trout: from physiology to conservation*. Edited by Polakof, S. and Moon, T.W. Nova Science Publishers. Chapter 8 : 131-153.
- Sinha, A.K., Kumar, V., Makkar, H., De Boek, G. & K. Becker, 2011. Non-starch polysaccharides and their role in fish nutrition – a review. *Food Chemistry*, 127 : 1409-1426

# Quelques bases de l'évaluation de la durabilité



# **Chapitre 1 :**

## **Développement durable :**

### **de quoi parle-t-on et jusqu'où pourrait-on aller ? Réflexions.**

Par C. Abel-Coindoz (Agrocampus Ouest, Site de Beg Meil)

C'est à l'issue d'un long processus de débats internationaux entre représentants des gouvernements et de la société civile que les états membres de l'ONU se sont entendus sur la nécessité d'un développement durable à Rio en 1992, accord conforté par la suite lors des Sommets de la Terre successifs.

Il s'appuie sur un constat partagé d'une crise du modèle de développement occidental, qui se traduit par des problèmes environnementaux et de développement intimement liés, à l'échelle mondiale et de dimensions intergénérationnelles.

Mais si le défi de concilier un développement plus équitable avec la protection de l'environnement semble un enjeu largement partagé, la notion de développement durable relève plus du compromis que du concept, et cache derrière l'apparent partage de principes, une diversité de propositions emmêlées, relevant de soubassements conceptuels pourtant incompatibles et contradictoires (Flipo 2004).

De fait, dans la pensée occidentale aujourd'hui, deux grandes familles d'analyses très différentes de la crise écologique et sociale coexistent, utilisant néanmoins souvent un vocabulaire identique (cf Tableau de synthèse).

Pour éclairer les débats actuels autour de la durabilité, il est fondamental de bien comprendre ces différentes interprétations de la durabilité, et d'éviter ainsi des confusions nuisibles à la compréhension mutuelle et à la cohérence de l'action.

#### **1.1 Une vision technico-économique de la durabilité :**

##### **l'aménagement du modèle du développement occidental**

La première famille d'analyses peut être qualifiée de «technico-économique». Elle s'appuie sur le principe qu'à chaque problème environnemental peuvent répondre une ou des solutions techniques ou technologiques. Cette approche basée sur la théorie économique de subsidiarité du capital naturel par du capital artificiel est parfois qualifiée de « durabilité faible ».

Elle ne remet pas en question les fondements du modèle historique occidental dans lequel nous vivons, reposant sur l'idée d'un progrès de la condition humaine par le développement économique, scientifique, technique.

Dans cette vision technico-économique de la durabilité, la crise environnementale est donc principalement analysée comme le résultat d'une insuffisante maîtrise technique, d'une mauvaise prise en compte de la nature dans les règles de régulation économique et souvent d'une mauvaise gouvernance.

Il convient alors, pour résoudre les problèmes de façons préventives ou curatives, d'améliorer les moyens techniques et technologiques. Ainsi, les émissions de CO<sub>2</sub> pourraient être gérées par enfouissement, et la maîtrise de l'hydrogène pourrait à terme les éviter. Dans le domaine agricole, l'amélioration des pesticides nécessitant des quantités d'épandage moindre, l'épandage de précision, la création de variétés OGM devraient permettre de réduire les pollutions chimiques d'origine agricole, etc.

Dans cette optique, de nouvelles approches en économie sont à développer pour tenter de donner une valeur économique aux différents biens et services fournis par la nature, comme, par exemple, par la mise en place du marché des droits à polluer ou le principe pollueur payeur. Dans le monde agricole, ceux sont des systèmes d'aides financières, tels que les mesures agri environnementales, qui ont été mises en place dans ces objectifs.

Cette vision technico-économique est souvent associée à des propositions de renforcement de la gouvernance mondiale et de la bonne gouvernance des Etats (lutte contre la corruption, démocratisation).

L'approche technico-économique de la durabilité ne remet pas en cause de façon fondamentale le modèle en crise de développement occidental, mais y propose des améliorations, des ajustements et la poursuite de sa généralisation au niveau mondial.

## **1.2 Une vision socio-écologique de la durabilité : en rupture avec le modèle de développement occidental**

La seconde famille d'analyse est plutôt de type «socio-écologique» ou systémique. Cette approche met au cœur de son analyse les conceptions modernes des rapports entre humanité et nature (Larrere et Larrere, 1997) : c'est le fait de penser l'homme en dehors de la nature qui est considéré comme à l'origine de la crise. Les indéniables succès du progrès technique et scientifique ont donné aux sociétés occidentalisées l'illusion d'une capacité de maîtrise illimitée du monde et ont fait disparaître toute barrière éthique dans leur action sur la nature.

Cette illusion est renforcée par une absence, ou du moins une mauvaise prise en compte dans les raisonnements sociotechniques et scientifiques, de la complexité du monde, en particulier liée à ses dimensions écologiques et sociales. L'approche réductionniste et mécaniste à l'origine des premiers succès scientifiques imprègne la pensée occidentale et ne permet pas d'intégrer pleinement la complexité et les échelles de temps des phénomènes naturels. La critique ici vient du fait que ces premières approches scientifiques, pertinentes pour des objets simples, en conditions contrôlées ne le sont pas en situation réelle complexe.

C'est parce qu'on a négligé la complexité du monde dans nos actions qu'apparaissent aujourd'hui des effets indésirables. Ainsi par exemple, la pollution de l'eau par les nitrates a pour origine la négligence complète de leur devenir, en dehors de la relation directe avec la plante cultivée, dans l'application de la recherche agronomique aux pratiques agricoles dans les années d'après-guerre.

Cette vision est souvent qualifiée de durabilité forte par les économistes. Du point de vue économique, elle implique de limiter la production à ce que le milieu biophysique est capable d'assimiler (Passet R., 1996).

Dans cette optique socio-écologique de la durabilité, on considère qu'il faut donc pour agir dans le monde s'appuyer davantage sur les sciences de la complexité, l'approche systémique, et apprendre à agir avec la nature, en utilisant au mieux les propriétés des systèmes vivants. L'exemple type de cette conception est celle de l'agro-écologie où l'on utilise par exemples les propriétés de résilience des agro écosystèmes complexes pour limiter les effets de conditions météorologiques difficiles. C'est, dans un autre domaine, la logique de l'architecture bio-climatique.

Mais agir avec des systèmes complexes implique d'accepter une part d'incertitude, ainsi qu'une contextualisation des savoirs. Cela implique de repenser l'approche scientifique en construisant des liens avec les savoirs d'expériences localisés. La recherche en agro-écologie est un bon exemple de ce partenariat entre recherche scientifique et savoirs d'expériences des agriculteurs pour la construction de savoirs complexes contextualisés.

Par ailleurs, dans cette analyse, le constat est fait d'une déresponsabilisation des acteurs, en lien avec des règles et normes pensées par d'autres, souvent trop généralistes et inadaptées au contexte local. En fait, les modalités de décision sont bien souvent trop éloignées des problèmes, de ceux qui les supportent, de ce qui pourrait les traiter. La compréhension des problèmes, le débat sur les enjeux, étant le plus souvent délégués aux seuls élus et experts, les autres acteurs sociaux se retrouvent à devoir appliquer ou subir des solutions dont les tenants et aboutissants ne leur apparaissent pas.

Cette approche socio-écologique de la durabilité demande donc une meilleure implication des acteurs concernés dans la prise de décision, et une gestion de la prise de décision à l'échelle de territoire pertinente au regard du problème.

Cette présentation de deux grandes familles d'analyse de la durabilité est bien évidemment caricaturale comme toute modélisation. Il s'agit simplement d'un outil assez général pour éclairer les débats et enjeux actuels de la crise sociale et écologique selon le tableau 12 de synthèse ci-dessous.

Les choses seraient plus simples si tous les acteurs tenant de l'une ou l'autre de ces approches étaient totalement conscients de l'origine de leurs divergences. Cela est d'autant plus délicat à identifier qu'une proposition technique peut très bien être compatible avec l'une comme l'autre de ces visions, ce qui donne parfois l'illusion d'un possible consensus. C'est cette ambiguïté (Theys, 2014) qui a permis à la notion de développement durable de s'imposer aussi largement. Elle peut également entrainer un scepticisme généralisé parmi les acteurs concernés sur le terme en soit « développement durable ».

Or soyons clair, il n'y a pas de consensus de fond possible entre ces deux visions : elles sont incompatibles dans leurs fondements.

Ce qui n'empêche pas pour autant le débat respectueux et des convergences ponctuelles. Chacun d'entre nous peut être tirillé entre les deux visions, et vivre cette tension, du fait de notre histoire personnelle et du fait que la société dans laquelle nous vivons est dans cet entre-deux (qui penche certes plutôt du côté technico-

économique puisqu'il est la continuité de l'histoire occidentale). Comprendre en quoi des choix, des projets, des actions, relève d'une vision ou de l'autre, d'un compromis instable entre les deux est un des enjeux fondamentaux de l'enseignement de la transition écologique.

**Tableau 12:** Synthèse des visions de la durabilité.

Vision technico-économique de la durabilité	Vision socio-écologique de la durabilité
➔ Aménagement du développement	➔ Rupture
Le problème : crise environnementale et sociale et crise économique	
<i>Analyse du problème :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– manque de maîtrise technique</li> <li>– prise en compte insuffisante de l'environnement par l'économie</li> <li>– mauvaise gouvernance mondiale</li> </ul>	<i>Analyse du problème :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– séparation humanité / nature</li> <li>– approche réductionniste, trop simplificatrice des phénomènes naturels</li> <li>– règles inadaptées à la diversité des situations (universalisme)</li> </ul>
<i>Solutions :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– progrès techniques</li> <li>– économie de l'environnement</li> <li>– règles communes au niveau mondial et leur application systématique</li> </ul>	<i>Solutions :</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>– partenariat avec la nature</li> <li>– gérer l'incertitude (régulation)</li> <li>– participation, reterritorialisation des décisions</li> </ul>
<p>« Durabilité faible »</p> <p>Substituabilité des ressources naturelles (par les sciences et techniques)</p>	<p>« Durabilité forte »</p> <p>Respect des limites de la nature, utilisation des fonctionnements écologiques</p>

Quelle que soit la vision que l'on a de cette transition de la durabilité, il s'agirait alors d'une situation de changement social, qui implique chacun d'entre nous et toutes les instances collectives. Il est donc important que chacun participe à la construction de ce changement à son ou ses niveaux d'action (éthique de la responsabilité).

### 1.3 Comment alors réfléchir à une alimentation durable ?

Ces deux manières d'envisager la durabilité se traduisent également dans l'interprétation de la question d'une alimentation durable.

Historiquement dans le cadre du modèle de développement occidental, la question du défi alimentaire se posait essentiellement sous la forme : « il faut produire plus pour nourrir une population mondiale grandissante ».

L'intégration dans ce modèle de la question de la durabilité consiste à rajouter les préoccupations environnementales et de qualité nutritionnelle à ce premier objectif. Ainsi le défi évolue sous la forme : « *il faut produire plus et mieux, pour nourrir sainement une population mondiale grandissante en réduisant les impacts sur l'environnement* ».

On vise alors la sécurité alimentaire des populations par une agriculture très productive, par la fluidification des échanges commerciaux entre zones de production excédentaire et les zones de déficit alimentaire. La recherche de prix les plus bas possibles doit permettre aux plus pauvres d'accéder à une alimentation suffisante. C'est par une amélioration de la maîtrise technique, technologique et biotechnologique de l'agriculture et de l'agroalimentaire que sont assurées à la fois forte productivité, réduction des impacts sur l'environnement et qualité nutritionnelle. Sont ainsi mises en avant la recherche et développement en génétique, chimie, biochimie, l'agriculture de précision, le développement des alicaments... Pour permettre aux populations de se nourrir correctement face à une offre alimentaire suffisante, on propose une meilleure éducation et information nutritionnelles.

Si la durabilité est conçue en rupture avec le modèle occidental, la question du défi alimentaire se pose différemment :

« *il s'agit de permettre l'accès de tous à une alimentation adaptée aux besoins de chacun, en s'appuyant sur une forte capacité de production d'aliments dans la durée* ».

Partant du constat que les populations sous-alimentées sont avant tout des paysans sans terre et des petits pêcheurs, l'accent est mis sur le maintien de prix des aliments suffisamment élevés localement, pour leur permettre de se nourrir, répondre à leurs besoins essentiels et de faire fonctionner leur exploitation. L'accès à l'alimentation est ainsi prioritairement envisagé comme une question de souveraineté alimentaire, plutôt que comme une question de commerce international des produits alimentaires. Une régulation locale ou régionale de l'alimentation permet en outre une meilleure adéquation avec les modèles culturels alimentaires, où le « bien manger » est construit à la fois sur des habitudes alimentaires et sur les ressources locales. Enfin, c'est par une approche de type agro-écologique, c'est-à-dire s'appuyant sur les fonctionnements écologiques et les spécificités pédoclimatiques et culturelles locales, qu'est traitée la question de la production alimentaire dans la durée. Ce type d'agriculture permettant en effet de maintenir, voire d'augmenter la capacité productive en biomasse des sols, d'améliorer la résistance aux aléas, tout en produisant des aliments diversifiés.

De même, l'alimentation durable en élevage aquacole peut être envisagée de différentes manières suivant la conception de la durabilité à laquelle on se rattache.

Pour les uns, il s'agira de garantir des modes de production les mieux maîtrisés en termes d'impact environnemental pour les aliments d'élevage. Pour d'autres, il s'agira de repenser les modes de production en les intégrant au mieux dans les systèmes écologiques locaux, en sortant d'une logique de mono production... L'exemple type de ce type d'aquaculture est ce modèle ancestral asiatique qui associe production de riz, de légumes, de canard, ou de porcs et à des élevages de différentes espèces de carpes dans des étangs.



Il est clair que les modèles en rupture sont les plus difficiles à mettre en œuvre, d'une part parce qu'ils nécessitent d'inventer des solutions nouvelles s'appuyant sur une connaissance fine des processus écologiques et des situations locales, d'autre part parce qu'ils s'inscrivent dans une société qui est dominée par le modèle historique économico-technologique.

Dans un monde en transition marqué par des réglementations, des habitudes de pensées, des organisations socioprofessionnelles, des modes de gouvernance... héritées de l'histoire, un monde confronté à une crise sociale et écologique sans précédent, et où coexistent des visions contradictoires mais emmêlées de la durabilité, il est important de disposer de repères pour se situer, pour comprendre les points de vue différents et rendre ainsi le dialogue possible.

Si cette transition vers la durabilité devait passer par une rupture avec le modèle historique de développement occidental, les chemins pour construire de nouvelles solutions ne pourront qu'être variés, et s'adapter au rythme de chacun et de tous.

## Références

- Flipo, F., 2004. « Les tensions constitutives du "développement durable" », *Développement durable et territoires* [En ligne], Points de vue, mis en ligne le 18 mars 2004, consulté le 01 juin 2015. URL : <http://developpementdurable.revues.org/1041>
- Larrère, C. & R. Larrère, 1997. *Du bon usage de la nature : pour une philosophie de l'environnement*. Aubier, 1997, 355 p. (Alto).
- Passet, R., 1996. *L'Économie et le vivant*, (nouvelle édition), Economica, 291 p.
- Theys, J., 2014. « Le développement durable face à sa crise : un concept menacé, sous-exploité ou dépassé ? », *Développement durable et territoires* [En ligne], vol. 5, n°1 | Février 2014, mis en ligne le 04 février 2014 URL : <http://developpementdurable.revues.org/10196> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.10196

## Chapitre 2 :

# La notion d'acceptabilité sociale : de quoi s'agit-il et comment peut-on intervenir ?

Par Hélène Rey-Valette et Syndhia Mathé

Selon les dictionnaires courants, l'acceptabilité se définit comme « *la capacité à accepter* » voire « *à tolérer* » un changement tel qu'une mesure, un projet ou une politique. A l'origine, cette notion a surtout été développée dans le cadre des politiques de gestion de risques (Beck, 2001) et aux projets d'aménagement du territoire. Par la suite, la problématique de l'acceptabilité sociale s'est élargie à des produits, notamment alimentaires, pour lesquels des liens étroits existent avec le champ de la santé à travers les risques sanitaires (Chevassus-au-Louis, 2007). Elle recouvre aussi pour partie la question de l'appropriation des innovations, relevant alors du champ de la sociologie de l'innovation (Callon *et al.*, 2001). Cette problématique mobilise diverses disciplines et est traitée en général de façon pluridisciplinaire, à travers des enquêtes pour appréhender les perceptions des individus, citoyens, consommateurs et parties prenantes. L'acceptabilité n'est ni irréversible, ni absolue, elle est toujours relative à un contexte socio culturel, à un niveau d'information et de connaissance et à un moment d'un processus de changement social.

Dans le cas de l'aquaculture, cette problématique porte à la fois sur l'acceptabilité territoriale des structures de production pouvant constituer un levier des contraintes d'accès au foncier et sur l'acceptabilité des métiers et des produits aquacoles. En général mal connue, l'aquaculture génère une image souvent dégradée comparativement aux produits de pêche. En effet, ces derniers, même si les conditions de qualité des milieux et d'alimentation sont plus difficiles à contrôler, bénéficient d'un *a priori* positif du fait qu'il s'agit de productions sauvages, jugées plus naturelles par les consommateurs (Barrey *et al.*, 2010). Cette image est en revanche plus positive dans certains pays où le poisson d'aquaculture est perçu comme un produit mieux maîtrisé que le poisson sauvage qui peut être contaminé par des métaux lourds et autres polluants.

### 2.1 La question de l'acceptabilité : une problématique complexe et croissante

La question de l'acceptabilité dans le cas des politiques est issue de la remise en question des modes de décision publique, d'abord par rapport à la centralisation de ces décisions, puis vis-à-vis de la légitimité et la domination d'un système de décision de type techno-démocratique, c'est-à-dire dominé par une élite et s'appuyant sur des experts scientifiques. Dans une société caractérisée par l'importance croissante des incertitudes et des controverses scientifiques, la légitimité de ce type de système techno-démocratique, et par là l'acceptabilité sociale des décisions prises sont largement remises en cause (Callon *et al.*, 2001). Dès lors, des systèmes de contre-expertise ont émergé, portés par des ONG avant de s'étendre au champ plus large de l'expertise citoyenne. D'abord lanceurs d'alerte, ces nouveaux dispositifs ont permis la reconnaissance d'une pluralité de savoirs, notamment profanes. La notion d'acceptabilité s'inscrit alors dans le paradigme d'une action publique concertée. A l'échelle des entreprises, on observe de même un glissement des

actions axées sur le marketing *a posteriori* vers la prise en compte des usagers et des consommateurs, dès la conception des produits dans l'esprit des travaux de la sociologie de l'innovation.

En sociologie, l'accent est mis sur le fait que l'acceptabilité est un processus issu d'une construction sociale et de processus de négociation. Ainsi l'acceptabilité sociale est définie comme « *le résultat d'un processus par lequel les parties concernées construisent ensemble les conditions minimales à mettre en place, pour qu'un projet, programme ou politique s'intègre harmonieusement, et à un moment donné, dans son milieu naturel et humain* » (Caron-Malenfant & Conraud, 2009). Il ne s'agit donc pas de rechercher une adhésion unanime mais plutôt un compromis qui recueille l'acceptation voir l'appropriation du plus grand nombre et/ou d'une large diversité d'individus.

On observe que l'acceptabilité est fonction à la fois de la nature et des modalités d'élaboration et de négociation des projets, selon notamment l'importance de l'information et de la concertation *ex ante*, de la légitimité de l'institution porteuse mais aussi des caractéristiques socio démographiques des individus (formation, âge, sexe...). D'autres facteurs ont aussi un rôle important, tels que la familiarité au projet et bien évidemment les impacts sur les populations concernées, pouvant conduire à des logiques de NIMBY. Cette expression rend compte des comportements des populations qui s'opposent à l'implantation d'une infrastructure génératrice d'externalités négatives à proximité de leur résidence. Elle exprime le refus d'assurer localement les coûts ou nuisances de services communs qui ont un intérêt collectif et rend compte de la perte d'intérêt pour le bien commun (Flahaut, 2011). Ce type de comportement illustre notamment les paradoxes observés dans les attitudes environnementales en fonction des échelles spatiales. Il existe souvent des contradictions entre l'acceptabilité des bénéfices environnementaux globaux, par exemple en matière de lutte contre le changement climatique, et celle des impacts locaux négatifs, par exemple sur le paysage. Ce paradoxe est exprimé dans la littérature anglo-saxonne par l'expression " *green on green* " (Warren, 2005). Ainsi Wüstenhagen *et al.* (2007) identifient trois types d'acceptabilité, souvent interactives : (1) sociopolitique en lien avec l'opinion publique et les parties prenantes d'un projet ou d'une activité en général, (2) communautaire lorsqu'il s'agit de recueillir l'assentiment de la population locale directement affectée par un projet, et (3) du marché lorsque ce sont les perceptions et comportements des consommateurs, des investisseurs et des promoteurs qui sont appréhendées.

## 2.2 Comment faire progresser le processus d'acceptabilité ?

Ces approches sociologiques ou socio politiques de l'acceptabilité renvoient au rôle des dispositifs de gouvernance, à la fois au niveau des jeux d'acteurs et de l'organisation des coalitions, des mesures d'accompagnement mais aussi en fonction du rôle plus ou moins performant de certains dispositifs et, plus généralement, en fonction des proximités existantes au niveau des systèmes de croyances normatives, des valeurs, des normes qui relèvent des systèmes de représentations (Jodelet, 1989) en fonction desquels, les acteurs ajustent leurs comportements. L'hypothèse soulignée par Beaudry *et al.* (2014) est que « *cette acceptabilité peut être gérée collectivement et politiquement au moyen de mécanismes de formation de décisions*

*légitimes et de règles du jeu qui permettent de concilier les diverses stratégies en présence et les grands conflits sous forme d'arrangements institutionnels »*, ce qui implique des interactions entre Etat et communautés locales, lesquelles relèvent à la fois de milieu de vie, d'organismes communautaires, mais aussi d'une communauté sociétale partageant le plus souvent une identité collective.

Plus généralement on peut noter que l'information et la concertation renforcent l'acceptabilité. Cependant l'information peut être jugée objective, être suspectée d'être liée à des logiques de marketing ou à l'influence de lobby, ou résulter d'une expérience propre aux individus. Dès lors l'acceptabilité n'est pas seulement fonction du niveau d'information mais aussi de sa nature et implique un niveau de confiance suffisant, par exemple par des signaux relevant de processus de certification, ou par une expérience qui suppose une forme de familiarité.

### **2.2.1 La prise en compte des perceptions et des jeux d'acteurs**

L'ensemble des travaux menés s'accorde à montrer l'importance des études de perceptions. Ces dernières permettent de saisir les valeurs, attentes, besoins sociaux et ainsi de mieux comprendre les jeux d'acteurs. La réussite d'une politique ou d'un projet est largement fonction de la manière dont leurs objectifs et leurs mesures sont perçus mais aussi de la conformité de leurs modalités de mise en œuvre avec les perceptions. Des enquêtes préalables visant à identifier *ex ante* les jeux d'acteur, à étudier les discours, les idéologies ou des enquêtes de satisfaction une fois les projets mis en œuvre sont recommandées. Il est néanmoins nécessaire alors que le projet ait une marge de manœuvre suffisante pour intégrer des changements répondant aux enjeux ainsi identifiés.

### **2.2.2 Le recours à la consultation ou à la concertation**

L'acceptabilité peut aussi être renforcée par des processus de concertation pour connaître et intégrer les représentations et les contraintes qui peuvent tout autant être liées à la nature des produits ou des projets qu'à la façon dont ils sont mis en œuvre ou présentés. Les concertations lorsqu'elles ont pour objet de parvenir à un consensus s'accompagnent souvent de processus de négociation, où l'acceptabilité dépend des marges de manœuvre existantes et peut être obtenue par des formes d'intéressement. Dans ce cas la plus grande transparence doit pouvoir être assurée de façon à éviter tout risque de corruption ou de non équité au sein de processus souvent qualifiés d'*Impact and Benefit Agreements*.

### **2.2.3 La difficulté spécifique de l'acceptabilité dans le cas des produits alimentaires**

Le cas de l'utilisation des farines animales terrestres pour nourrir des poissons ou du recours à des pratiques de transgénèse, c'est-à-dire l'addition de gènes étrangers ou l'inactivation ciblée de certains gènes posent de multiples questions d'acceptabilité. Cette question de l'acceptabilité en matière d'alimentation doit être replacée dans le cadre plus général du rôle culturel de l'alimentation, compte tenu

d'une défiance croissante depuis la crise de la vache folle quant à la qualité sanitaire des produits. L'inquiétude des consommateurs est d'autant plus grande qu'il s'agit de risques souvent lents et difficiles à identifier et que les interactions entre santé et alimentation sont de plus en plus soulignées, tant positivement, avec la vague des « alicaments » que négativement. Culturellement, particulièrement en France, les consommateurs ont tendance à associer qualité et naturalité (Hébel, 2014), ce qui les conduit à privilégier l'origine de produits et la traçabilité comme signes de qualité et de sécurité. Néanmoins, les recherches sur les facteurs qui conditionnent l'acceptabilité sociétale, témoignent pour les produits alimentaires, plus encore que pour d'autres produits, de l'importance des normes sociales et des représentations (Debucquet, 2014). En simplifiant deux types de consommateurs peuvent ainsi être distingués : les traditionnels et les fonctionnels respectivement attachés à la naturalité ou à la praticité. Cette partition recoupe cependant diverses variables socio-démographiques telles que le sexe, l'âge, le revenu mais aussi le niveau d'urbanisation, les formes de famille et plus généralement des déterminants culturels, qui relèvent de ce que l'on peut appeler la sociabilité alimentaire à travers les modes de préparation et de consommation qui sont des marqueurs sociaux forts.

#### **2.2.4 La communication : une condition nécessaire mais pas toujours suffisante**

L'importance des facteurs culturels dans les déterminants de l'acceptabilité introduit une certaine rigidité des comportements, alors que les relations entre sciences et citoyens sont de plus en plus complexes. Tandis que les pratiques de mobilisation des savoirs citoyens se multiplient, notamment en faveur de l'acceptabilité des innovations, la méfiance des citoyens vis-à-vis des scientifiques s'accroît dans l'opinion. Ainsi selon Boy (2014), la mobilisation contre les OGM illustre la perte de confiance de l'opinion publique vis-à-vis du monde scientifique, signe d'une crise plus générale vis-à-vis de la technologie et de l'innovation, qui ne peut être résolue par des seules campagnes de communication. Plus structurellement, il est en effet nécessaire de renforcer la transparence des productions et des produits, en favorisant de nouvelles formes de proximité et d'adhésion aux multiples procédures de certification mais aussi en veillant à l'ouverture des systèmes de gouvernance des filières de façon à associer plus fortement les consommateurs et par là restaurer leur confiance.

#### **Références**

- Barrey S., Mariojouis C. & E. Pucheu, 2010. *De l'évaluation de la perception de risque des PoGMs à l'anticipation de réactions du public*. Communication au colloque Final DOGMATIS, Paris, 22-23 novembre 2010, 19 p.
- Beaudry R., Fortin M.J. & Y. Fournis, 2014. La normativité de l'acceptabilité sociale : écueils et réactualisation pour une économie territorialisée. *Ethique Publique*, vol 16 (1), 12 p.
- Beck U., 2001. *La société du risque. Sur la voie d'une nouvelle modernité*. Flammarion, Paris.

- Boy, D., 2014. Opposition aux OGM alimentaires. L'opinion des européens. *Revue de l'Académie d'Agriculture*, n°2, Janvier 2014, 44-45.
- Callon M., Lascoumes P. & Y. Barthes, 2001. *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Paris, Seuil.
- Chevassus-au-Louis, B., 2007. *L'analyse des risques. L'expert, le décideur et le citoyen*. Quae Ed., Coll. Sciences en Questions, 93 p.
- Debucquet, G., 2014. Déterminants et variabilité de l'acceptabilité sociétale. *Revue de l'Académie d'Agriculture*, n°2, Janvier 2014, 42-46.
- Flahaut, F., 2011. *Où est passé le bien commun ?* Paris Mille et une nuits.
- Hédel, P., 2014. Rétablir la confiance du citoyen dans son alimentation. *Revue de l'Académie d'Agriculture*, n°2, Janvier 2014, 36-41.
- Warren, 2005. "Green on Green": Public Perceptions of wind Power in Scotland and Ireland. *Journal of Environmental Planning and Management*, 48 (6), 853-875.
- Wüstenhagen, R., Wolsink M. & M.J. Bürer, 2007. Social Acceptance of Renewable Energy Innovation: An Introduction to the Concept ». *Energy Policy*, vol. 35, n°5 (2007), p. 2683-2691. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2006.12.001>

## Chapitre 3 :

# Conceptions et significations du concept de naturalité pour l'alimentation des poissons en aquaculture

Par Gervaise Debucquet – Audencia-Nantes

L'optimisation de l'aliment destiné à l'aquaculture nécessite généralement d'avoir recours dans sa formulation à diverses sources de matières premières qui s'avèrent être plus ou moins substituables entre elles pour satisfaire l'équation nutritionnelle. Mais la question se pose alors de la perception de leur substitution par le consommateur. Comment la nature de l'aliment aquacole impacte-t-elle la qualité perçue des poissons issus de l'aquaculture ? Et quels sont les paramètres qui définissent la notion de naturalité pour les consommateurs ?

Ces questions méritent d'être abordées au regard des deux problématiques majeures auxquelles le secteur aquacole s'apprête à être confronté : d'une part, la possible réintroduction des protéines animales transformées (PAT) de porcs et de volailles récemment ré-autorisées par l'Union européenne ; d'autre part, la substitution partielle des matières premières animales d'origine marine par des matières premières végétales d'origine terrestre ou marine. Il s'avère crucial de mieux comprendre comment les consommateurs pourraient percevoir ces évolutions des systèmes alimentaires et juger de leur caractère naturel ou non.

Ne disposant que de données parcellaires sur ces perceptions, nous pouvons tenter une extrapolation de la définition de la naturalité telle qu'envisagée par les recherches en sciences sociales dans le domaine de l'alimentation humaine. Celles-ci ont montré que l'aliment naturel connote très largement avec l'idée de tradition, de procédés artisanaux qui lui confèrent une certaine typicité organoleptique (Vanhonacker *et al.*, 2010 pour une approche européenne), mais la naturalité s'apprécie aussi par le degré de conformité aux représentations socioculturelles du « bon » et du « sain » (Debucquet, 2011). L'idée de la naturalité conjugue une double lecture objective et morale des modes de production. C'est ainsi que l'image que se font les consommateurs d'un aliment génétiquement modifié, obtenu par le franchissement des barrières naturelles, est, en tous points, l'image inversée de l'aliment naturel. On peut, de la même manière, expliquer l'émoi suscité en 2000 par l'utilisation de farines animales chez des herbivores, utilisation perçue comme une transgression de l'ordre naturel. L'image du prion est de fait durablement associée à celle des ruminants transformés en carnivores, et plus largement au recyclage intra-espèce.

La possible réintroduction des PAT issues de porcs et de volailles en aquaculture pourrait bien réactiver ces oppositions entre le naturel et le non naturel, et en même temps la relation ambivalente que le mangeur entretient avec les productions marines. En effet, dans l'échelle des valeurs du monde chrétien, et plus largement des mangeurs « terriens », les nourritures marines continuent d'occuper une place de second rang par rapport à celles issues du milieu terrestre, même si le discours diététique ambiant a conduit à les revaloriser tout récemment (Geistdoerfer & Matras-Guin, 2003). Par ailleurs, les mangeurs « terriens » méconnaissent les

chaînes alimentaires marines, et ont encore bien du mal à se repérer dans la diversité des espèces de poisson (on parle bien souvent « du » poisson et non « des » poissons). Ce qu'ils retiennent, c'est leur carnivorité, sur laquelle ils projettent leur dégoût du cannibalisme (Geistdoerfer & Matras-Guin, 2003, p.61). Ainsi, le recyclage de PAT de volailles ou porcs en aquaculture pourrait bien réactiver cette symbolique jamais totalement enfouie, voire renforcer l'idée, dès lors qu'il s'agit de PAT d'animaux terrestres, d'une pratique contre nature.

La substitution partielle des matières premières animales d'origine marine par des matières premières végétales pourrait à l'inverse bénéficier du halo positif qui entoure les alimentations végétaliennes, y compris lorsqu'elles sont destinées à des animaux carnivores. Mary Douglas (1979) évoquait déjà, à travers l'absence du renard sur les tables de ses amis anglais, le rapport ambigu aux viandes issues d'animaux carnivores : si le renard est exclu de leurs menus, c'est en raison de sa carnivorité qui « donne à sa chair un goût trop puissant ou [...] [du fait] que la viande des carnivores risque d'être empoisonnée parce que ce qu'ils mangent eux-mêmes peut être corrompu » (p. 145). Dans le registre marin, François J. Meunier (2004) cite le cas de piranhas herbivores de la famille des Kumarus, nommément l'espèce Watau Yaiké qui se nourrit de feuilles et de fruits de podostemacées, et qui de fait jouit d'un statut particulier chez les indiens Wayana, peuple de Guyane. Il s'agirait même d'une des espèces de piranhas les plus recherchées. La transformation de poissons carnivores en herbivores conduirait aussi à une mise en suspension des images associées aux prédateurs, celles de violence et d'appétence pour la chair et le cru. Les représentations de l'aquaculture résultant fortement de la projection des images de l'élevage intensif terrestre (Verbeke *et al.*, 2007) et de ses dérives illustrées par la crise des farines animales, cette seconde alternative pourrait peut-être permettre de ré-ennoblir la chair des poissons, en l'associant à une alimentation aquacole végétale, symboliquement perçue comme moins suspecte et plus naturelle qu'une alimentation à base de PAT issues d'animaux terrestres.

En conclusion, s'il est admis par le consommateur que le poisson marin est un animal carnivore, se nourrissant dans le milieu naturel de la chair d'autres poissons, on peut penser qu'en matière de substitution, nourrir les poissons avec des aliments à base de protéines végétales – qu'elles soient d'origine marine ou terrestre –, serait bien mieux accepté et finalement considéré comme plus naturel que de les nourrir avec des protéines animales terrestres. Les produits végétaux étant toujours chargés d'une symbolique plus neutre que les aliments carnés, il est moins choquant aux yeux des consommateurs de transformer un carnivore en herbivore que le contraire.



## Références

- Debucquet, G., 2011. Considérer les normes sociales et culturelles pour une meilleure acceptation des innovations technologiques en alimentation: les leçons du rejet des aliments génétiquement modifiés (OGM). *Management International* 15(4) : 49-68. <https://doi.org/10.7202/1006191ar>
- Douglas, M., 1979. Les structures du culinaire. In *Communications*, 31 : 145-170. <https://doi.org/10.3406/comm.1979.1475>
- Geistdoerfer, A. & J. Matras-Guin, 2003. Du poisson sur la table des Français : de la « pénitence » au plaisir. In Geistdoerfer A., Ivanoff J. & J. Matras-Guin (Coord.), *La mer dévorée. Le poisson bon à manger, le poisson bon à penser*, Paris, CETMA-Anthropologie marine Kétos, pp. 59-90.
- Meunier, F.J., 2004. *Piranhas enivrés : des poissons et des hommes en Guyane*, SFI/RMN Editeurs, 128 p.
- Vanhonacker, F. *et al.*, 2010. How european consumers define the concept of traditional food: evidence from a survey in six countries, *Agribusiness*, 26 (4) : 453-476. <https://doi.org/10.1002/agr.20241>
- Verbeke, W. *et al.*, 2007. Consumer perception versus scientific evidence of farmed and wild fish: exploratory insights from Belgium, *Aquaculture International*, 15 : 121-136. <https://doi.org/10.1007/s10499-007-9072-7>

## Encart : L'économie circulaire, une opportunité pour une alimentation durable en aquaculture ?

Par N. Imbert, Green Cross France et Territoires  
et R. le Gouvello, UICN et AMURE

La nature est un formidable creuset d'économie circulaire. La symbiose qui existe entre des organismes vivants en est l'illustration parfaite. L'humanité s'en est inspirée notamment dans le développement de son agriculture, où on peut retrouver des systèmes qui s'en rapprochent. Ainsi, les mécanismes agroforestiers de fertilisation mutuelle, ou les systèmes intégrés riz/élevages terrestres-poissons d'étangs analysés par la FAO, montrent la création de valeur économique apportée par ces systèmes naturels circulaires.

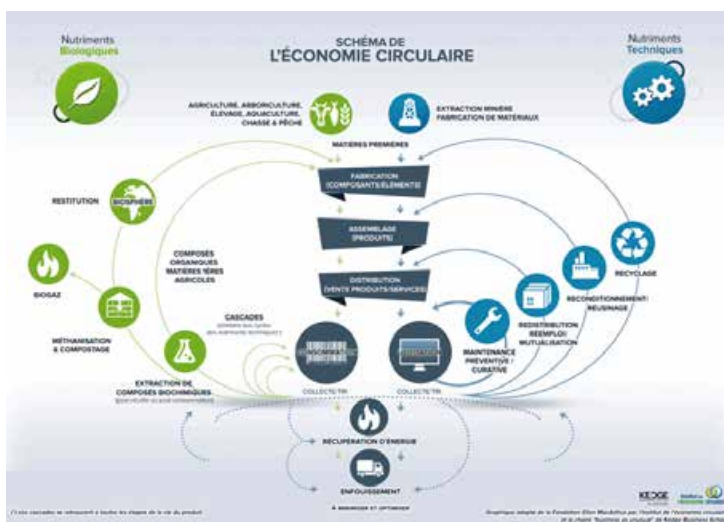
Les systèmes actuels de production, de distribution et consommation se sont concentrés sur le modèle linéaire « concevoir / fabriquer / utiliser / jeter ». Ce modèle a permis certains progrès et une amélioration de la qualité de vie mais montre de plus en plus ses limites dont les plus communément admises sont :

- Une utilisation intensive des ressources, notamment énergétiques et leurs impacts induits (contribution aux émissions de CO<sub>2</sub> par exemple), alors que les ressources facilement accessibles sont quasiment épuisées, et que nous sommes de plus en plus nombreux sur Terre pour nous partager de moins en moins de ressources ;
- Des difficultés à gérer le produit sur l'ensemble de sa durée de vie, et des coûts importants générés pour l'élimination tant des sous-produits et déchets de la fabrication et de l'utilisation du produit, que de sa fin de vie. Ces coûts sont souvent des externalités négatives qui ne sont pas directement associées comptablement, ni pris en charge lors de l'utilisation du produit ou du service, mais supportés par la collectivité ;
- Une mise en concurrence systématique des territoires et des entreprises qui encourage la dégradation des performances écologiques et sociales des entreprises et des territoires, et favorise économiquement à court terme le comportement du « passager clandestin », et les distorsions de concurrence associées,
- Des transports sur de longues distances et une massification des opérations de transformation, générant chez les consommateurs des doutes sur la provenance du produit, la transparence du processus de transformation, ainsi que de nombreuses externalités négatives complémentaires aux niveaux écologique et social.

Il convient donc de travailler sur de nouvelles approches qui réconcilient performances économique, écologique et sociale, dans des modèles de gouvernance, économiques et territoriaux opérationnels, partagés et répliquables à grande échelle. Différents travaux ont permis l'émergence d'un nouveau mode

de pensée économique depuis les années 2002, une économie circulaire, dont certains pays comme la France se sont emparés dans des politiques publiques (Rouquet et Niklaus, 2014).

L'économie circulaire est une pratique innovante encore faiblement déployée. Elle se pratique avantagement dans une démarche pas-à-pas, structurée, communiquée de manière transparente auprès des clients, fournisseurs, et partenaires, en recherchant les synergies territoriales, le travail en partenariat et en explorant des boucles vertueuses (Figure 10). Le cabinet d'analyse économique Lavery Pennell (2014) a ainsi mis en perspective des priorités économiques d'actions autour de l'utilisation plus efficace des ressources non liées au travail, l'investissement dans des intrants durables, et la rentabilisation des avantages concurrentiels.



**Figure 10 :**  
Les boucles vertueuses de l'économie circulaire.

Il s'agit de passer des synergies à la symbiose industrielle, qui suppose, comme tout écosystème naturel, une diversité (complémentarité des entreprises entre elles et des autres acteurs), une proximité (sinon le coût des transports peut devenir prohibitif), une transparence des données et usages et une coopération entre acteurs. Ceci permet de conjuguer la performance économique avec l'efficacité écologique, technologique et sociétale et améliore la résilience des systèmes de production et de consommation, tant aux évolutions des cours des matières premières qu'aux évolutions juridiques. Les comportements changent, et la réglementation s'adapte et évoluera encore, pour faciliter la réutilisation de ressources après usage.



circulaire, à condition que la production de tous ces sous-produits ne favorisent pas des modèles plus impactants. De même, les sous-produits d'aquaculture (exemple: sous-produits valorisés issus du filetage des saumons, de crevettes d'élevage...) peuvent être aussi valorisables en alimentation et santé humaine animale et aquacole, ou sur un plan énergétique (exemple: apport de lipides, AGE, extraits de collagène...), à condition que la sécurité alimentaire et que la qualité de tous ces sous-produits d'aquaculture soit garantie, et que la production aquacole soit elle-même durable.

On peut poser l'hypothèse que, pour aller plus loin, il sera nécessaire de concevoir collectivement un projet de territoire, où des productions aquacoles et des productions de matières premières pour l'alimentation aquacole viennent interagir avec d'autres activités humaines. Il s'agit alors de projets d'Ecologie Industrielle et Territoriale (EIT) sur l'ensemble d'un territoire, qui s'organisent autour de boucles vertueuses et économiquement rentables à chaque échelon (Maillefert et Robert 2014). Peut-être faut-il aussi changer la vision de la durabilité, avec l'ensemble des acteurs du territoire comme le propose C. Abel-Coindoz dans ce guide UICN. Ceci installerait une démarche de co-construction et de progrès permettant, via la diffusion de projets d'économie circulaire, d'EIT (dont les aquaculteurs et les aliments aquacoles seront une des boucles) d'atteindre une meilleure performance économique, écologique et sociétale, et ainsi de contribuer à l'acceptation sociétale des activités de chaque secteur (cf H. Rey-Valette dans ce guide).

Peut-on, sur un territoire, établir ou soutenir des productions piscicoles intégrées, favoriser l'approvisionnement en matières premières durables et locales pour leurs aliments ? Est-ce une utopie ? Quelle échelle de territoire pourrait être alors pertinente? Autant de pistes à explorer...

## Références

ADEME, <http://www.ademe.fr/expertises/economie-circulaire>

CIRAD, Aquaponie. <http://www.cirad.fr/actualites/toutes-les-actualites/communiqués-de-presse/2012/aquaculture>

Green Cross France et Territoires : <http://ecocirculaire.gcft.fr>

Institut de l'économie circulaire : <http://www.institut-economie-circulaire.fr/>

Lavery/Pennell, Interface, 2014. *Le Nouveau Modèle Industriel : plus de bénéfices, plus d'emplois et moins d'impact sur l'environnement*. <http://gcft.fr/WP/nos-travaux-de-lannee-vos-lectures-de-lete/>

Lester, R. Brown, 2011. *Basculement. Comment éviter l'effondrement économique et environnemental*, Rue de l'Échiquier, 2011.

Maillefert, M. & I. Robert, 2014. « Écologie industrielle, économie de la fonctionnalité, entreprises et territoires : vers de nouveaux modèles productifs et organisationnels ? », *Développement durable et territoires* [En ligne], vol. 5, n°1 | Février 2014, mis en ligne le 04 février 2014, consulté le 29 avril 2015. URL : <http://developpementdurable.revues.org/10177> ; DOI : 10.4000/developpementdurable.10177

OREE : <http://www.oree.org/3priorites/economie-circulaire.html>

Région Nord-Pas de Calais. 2014. *En Marche, la troisième révolution industrielle en Nord-Pas de Calais, 150 initiatives témoins de la dynamique régionale*, World Forum de Lille, 2014: cet ouvrage collectif sur la mise en œuvre opérationnelle de la démarche régionale initiée autour du Master Plan 2013, en collaboration avec Jeremy Rifkin, auteur de *La Troisième Révolution Industrielle*.

Rouquet, R. & D. Niklaus. 2014. Comparaison internationale des politiques publiques en matière d'économie circulaire Collection « Études et documents » du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) *Études & documents* | n°101 | Janvier 2014. 57 pages. Lien MEDE <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Comparaison-internationale-des.html>

Terra Nova. 2012. Rapport du think-tank Terra Nova. *Réinventer l'abondance pour une politique des consommations*, Terra Nova, 2012. [http://www.tnova.fr/sites/default/files/Rapport%20Consommation%20-%20Terra%20Nova%20-%20Contribution%20n%C2%B022\\_0.pdf](http://www.tnova.fr/sites/default/files/Rapport%20Consommation%20-%20Terra%20Nova%20-%20Contribution%20n%C2%B022_0.pdf)

## Chapitre 4 :

# L'Analyse du Cycle de Vie : un outil pour aider à l'évaluation de la durabilité des matières premières en alimentation aquacole ?

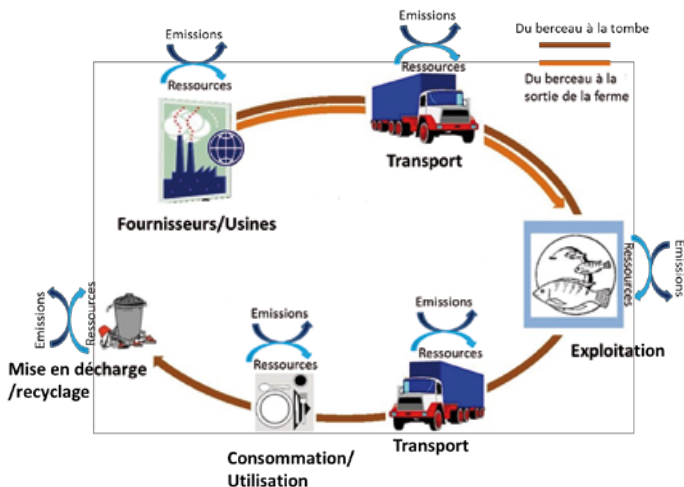
Par Joël Aubin, INRA

### 4.1 Introduction

Guider les orientations stratégiques par des indicateurs est une activité ancienne en économie. Elle date probablement de la création de la comptabilité nationale sous Napoléon. C'est une activité beaucoup plus récente dans le domaine de l'environnement, mais qui prend de plus en plus de place avec l'attention croissante portée aux atteintes des activités humaines aux milieux naturels. Afin de guider, il faut préalablement mesurer ou évaluer et pour cela des méthodes sont nécessaires. C'est dans ce cadre qu'est née l'Analyse du Cycle de Vie (ACV), pour orienter les choix stratégiques des entreprises en termes d'environnement. Cette méthode créée pour l'industrie dans les années 1970, a suivi la mise au point des bilans énergétiques, puis de l'empreinte carbone (qui ne concerne que les gaz à effet de serre). Cette méthode est normalisée, ce qui la rend transparente dans ses principes (ISO, 2006a, b). L'ACV est adaptée à l'agriculture depuis la fin des années 1990 (Werf and Petit, 2002). Elle marque un changement dans la façon de concevoir notre lien à l'environnement, à la fois par sa vision comptable et par sa vision systémique.

### 4.2 La notion de cycle de vie

La première notion qui a fait évoluer notre point de vue sur les impacts environnementaux est celle de cycle de vie. Il ne s'agit plus seulement d'évaluer les conséquences sur l'environnement du fonctionnement d'un appareil ou de l'utilisation d'un produit, mais de le resituer dans une chaîne, qui va de la production de ces constituants et de l'énergie nécessaire à sa fabrication jusqu'à la gestion des déchets qu'il génère, ou de son recyclage lors de sa fin de vie. C'est l'approche dite du berceau à la tombe « cradle to grave » (Guinée *et al.*, 2002). Il faut remarquer que dans les ACV réalisées dans les systèmes agricoles, le cycle n'est pas entièrement bouclé et qu'on s'arrête souvent à la sortie de la ferme (« cradle to gate ») (Fig.12, page suivante). A chacune des étapes du cycle de vie, il y a bien utilisation de ressources et émission de polluants. De ce fait, le choix d'un produit plutôt qu'un autre influe directement ou indirectement sur des étapes de conception ou d'utilisation de matériaux parfois rares, ou pouvant altérer des milieux sensibles. Le corollaire de cette notion, dans une économie mondialisée comme la nôtre, est que les différentes étapes de la vie d'un produit peuvent se dérouler dans des zones géographiques très variées et donc dans des contextes économiques, sociaux et environnementaux très divers. Ainsi en aquaculture, on utilise régulièrement des ressources halieutiques provenant du Pérou pour produire des farines et huiles de poisson, ou du soja d'Amérique du Sud comme source de protéines. L'utilisation de ces ressources influe donc, plus ou moins directement sur les écosystèmes marins de l'hémisphère sud ou les forêts tropicales humides. L'ACV met donc en évidence des phénomènes de responsabilité écologique qui étaient souvent limités jusqu'ici à des transferts économiques.



**Figure 12 :**  
Cycle de vie, notion de cycle jusqu'à la porte de la ferme.  
D'après Wilfart *et al.* (2012).

### 4.3 Une méthode multicritère

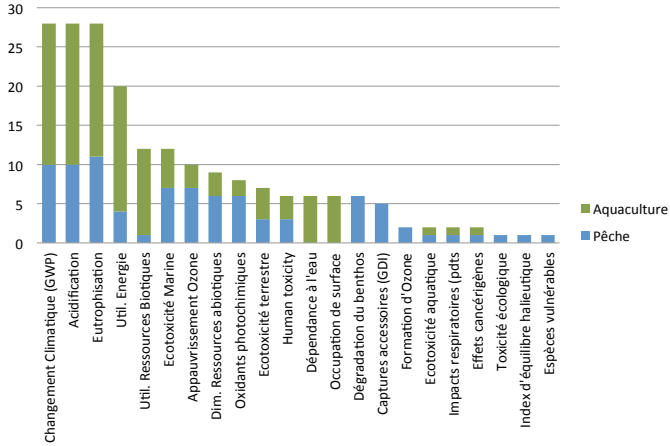
En proposant, un ensemble de catégories d'impact associées à l'utilisation de ressources (eau, surface terrestre, ressources énergétiques ...) ou à l'émission de polluants dans différents compartiments (eau, sol, air), affectant des cibles différentes comme la santé humaine ou celle des écosystèmes, l'ACV permet de dresser un panorama des conséquences environnementales d'une activité. C'est aussi le moyen de mettre en évidence des transferts d'impacts lors de changement de pratiques ou de systèmes de production, c'est-à-dire l'augmentation de certains impacts concomitamment à l'amélioration d'autres, prévue initialement. Il s'agit donc d'un outil puissant pour la prise de décision, mais qui comporte plusieurs écueils. Celui de la complétude : il manque encore un certain nombre de catégories d'impact opérationnelles, comme la biodiversité, pour laquelle il n'existe pas encore de cadre consensuel de calcul. Celui de l'interprétation et de la prise de décision : la multiplicité des indicateurs (surtout s'ils ne vont pas dans le même sens) rend difficilement compréhensible le diagnostic, et complique la prise de décision. Des recommandations pour le choix des catégories d'impact été proposées pour les produits aquatiques (Pelletier *et al.*, 2007; Aubin, 2013) ; leur utilisation est montrée Fig.13.

### 4.4 Les quatre étapes de l'ACV

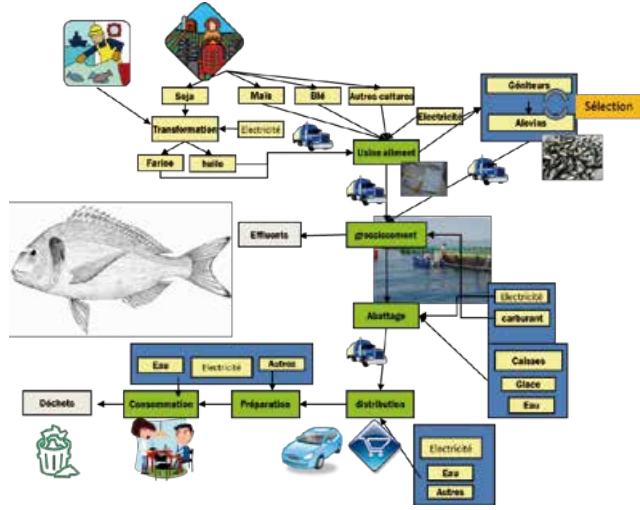
Selon la norme ISO, la première étape de l'ACV consiste à définir les objectifs de l'étude et les limites du système considéré. Cette étape définit le système qui sera étudié. S'arrête-t-on à la porte de la ferme, inclue-t-on la distribution ? La consom-



mation (Fig. 14) ? Elle définit aussi l'unité fonctionnelle, c'est-à-dire quelle est l'unité de référence avec laquelle seront exprimés les résultats. Classiquement dans le domaine agricole, l'unité fonctionnelle est le kg de produit (kg de blé, kg de lait, kg de poisson...).



**Figure 13 :** Impacts environnementaux utilisés dans les ACV des produits aquatiques et nombre de publications scientifiques concernées jusqu'en 2012 (d'après Aubin 2013).



**Figure 14 :** Description du système pris en compte pour l'évaluation environnementale de schéma de sélection génétique chez la daurade (Programme Fild'Or), d'après Aubin *et al.* (2012).

La deuxième étape, est celle de l'inventaire. Il s'agit de recueillir toutes les données permettant de caractériser le système, d'en évaluer les émissions et les consommations de ressources. Cette étape a recours à des enquêtes, des descriptions de matériel, de procédés, d'étapes techniques, de mesures de performances. Les données non directement accessibles sont fréquemment modélisées, comme par exemple l'évaluation des rejets des poissons en élevage.

La troisième étape est celle du calcul des impacts. Il s'agit d'agrèger les données d'émission et de consommation issues de l'inventaire, dans des catégories d'impacts représentant des atteintes potentielles à l'environnement. Pour cela, on utilise des modèles ou des facteurs de caractérisation qui font le lien entre l'effet d'une substance et celui d'une molécule de référence. Les catégories d'impact potentiel qui sont régulièrement retenues dans les études, jugées comme pertinentes pour l'aquaculture et disponibles actuellement sont les suivantes (Aubin, 2013) :

- L'Eutrophisation, exprimée en kg d'équivalent phosphates ( $\text{PO}_4\text{-eq}$ ), concerne les impacts sur les écosystèmes aquatiques et terrestres dus à un enrichissement en azote et phosphore, comme par exemple une prolifération anarchique d'algues qui consomment l'oxygène disponible.
- Le Changement climatique, exprimé en kg d'équivalent dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2\text{-eq}$ ), qui évalue la production de gaz à effet de serre par le système.
- L'Utilisation d'énergie, exprimée en Méga Joules (MJ), qui regroupe l'ensemble des ressources énergétiques utilisées.
- L'Utilisation de production primaire nette (ou utilisation de ressources biotiques), exprimée en kg de carbone (C), qui représente le niveau trophique de l'élevage à partir de la quantité de carbone utilisée, issue de la production primaire (obtenue par photosynthèse).

D'autres impacts sont aussi régulièrement utilisés, comme l'utilisation d'eau (Encart « Empreinte eau et ACV ») ou de surface terrestre qui sont d'importance pour les productions agricoles et la production d'ingrédients pour l'alimentation animale.

La quatrième étape est celle de l'interprétation. L'interprétation des résultats consiste à présenter et analyser les résultats de l'évaluation de l'impact afin de dégager des conclusions et des recommandations. Compte tenu du manque de valeurs de référence pour les différents produits et impacts, on procède généralement par comparaison des performances. On peut aussi analyser la contribution de chacun des processus (étapes du cycle de vie, mais aussi d'une substance ou une ressource) aux différentes catégories d'impact. Par cette analyse, il est possible de déterminer les leviers utilisables dans une amélioration environnementale du système. Une analyse de l'incertitude permettant de qualifier la qualité des résultats en fonction des données et modèles utilisés est également recommandée.

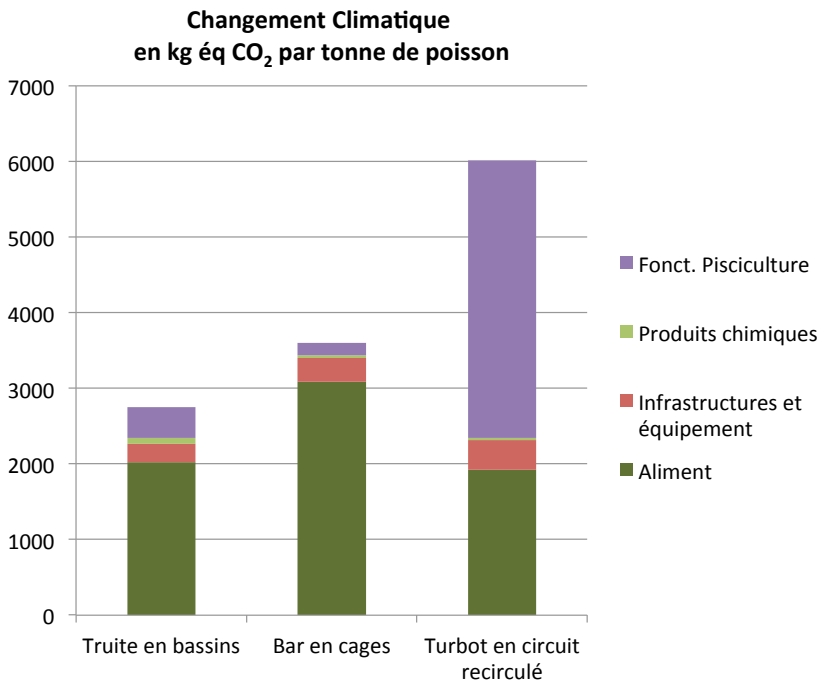
#### 4.5 Application aux ingrédients des aliments aquacoles

Les études réalisées en aquaculture ont montré l'importance de l'aliment dans les impacts environnementaux des poissons de pisciculture (Aubin *et al.*, 2009), soit directement par les impacts associés à la production des ingrédients qui les composent, soit indirectement par les performances d'élevage qui sont permises par ces aliments (Voir l'exemple Fig.15).

## Empreinte eau et ACV

Pour exprimer l'impact d'une activité sur les ressources en eau le concept d'empreinte eau a été proposé (Hoekstra, 2009). Il repose sur la distinction de trois types d'eau différents : l'eau bleue, eau de surface et souterraine ; l'eau verte, l'eau de pluie et eau liée (dans le sol) pouvant être évaporée ; l'eau grise : eau virtuelle nécessaire pour diluer les polluants contenus dans l'eau pour atteindre un niveau d'innocuité.

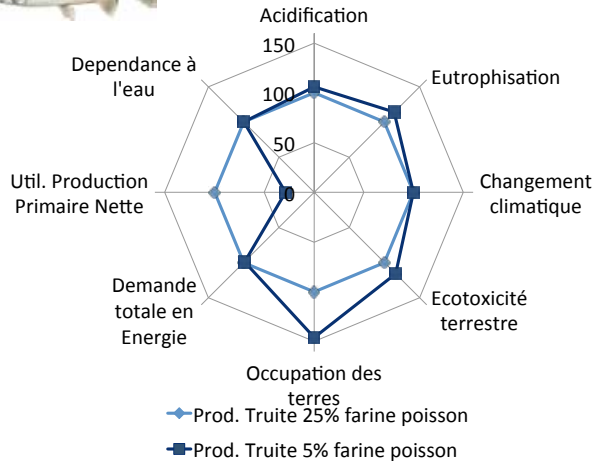
L'ACV se concentre sur la consommation d'eau bleue dans le sens où cette eau n'est plus disponible dans le même état pour d'autres usages ou les écosystèmes. Des améliorations méthodologiques de la consommation d'eau en ACV prennent en compte la notion de rareté qui permet de pondérer le niveau des prélèvements par le niveau de disponibilité de l'eau (Pfister *et al.*, 2009).



**Figure 15 :**

Contribution de différentes parties du système (niveau de l'aliment en %) au changement climatique (kg éq CO<sub>2</sub>) de la production d'une tonne de poisson d'élevage : truite en bassins, bar en cage, turbot en circuit recirculé. D'après Aubin *et al.* (2009).

C'est au travers de la question de la substitution des farines et des huiles de poisson dans les aliments aquacoles qu'une étude plus poussée sur les ingrédients a pu être menée (Projet Européen Aquamax). Cette étude montre clairement la possibilité de la substitution des ingrédients halieutiques par des ingrédients végétaux, mais avec des risques sur la dégradation des niveaux d'eutrophisation, d'écotoxicité, et surtout d'utilisation de surface terrestre (effet majeur) (Fig. 16).

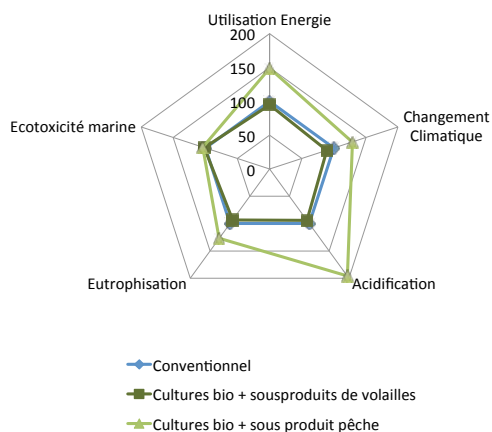


**Figure 16 :**

Profils environnementaux relatifs de la production de truite avec un aliment à 25% de farine de poisson (référence, base 100) et avec un aliment à 5% de farine de poisson. D'après Boissy *et al.* (2011).

Aucun effet n'a été relevé sur le niveau d'utilisation d'énergie ou d'émission de gaz à effet de serre (Boissy *et al.*, 2011). Ces résultats sont bien sûr dépendants du choix des matières premières et des niveaux de substitution, et l'on remarque que le remplacement des huiles de poisson semble plus problématique que celui des protéines. Il est aussi nécessaire de mener l'étude jusqu'à l'utilisation des aliments en élevage. Cette phase prendra en compte les performances de l'aliment et atténuera les différences entre formules alimentaires pour certains impacts, comme l'eutrophisation dont le principal contributeur est la phase d'élevage. En effet, le taux de conversion alimentaire est un facteur prépondérant dans le niveau des performances environnementales des élevages, notamment par la quantité d'aliment nécessaire pour produire 1 kg de poisson et par le niveau des rejets de l'élevage. De façon générale, l'ACV est sensible aux niveaux de rendements. C'est aussi le cas en productions végétales, ce qui explique par exemple, que certains indicateurs classent moins bien les productions Bio que les productions conventionnelles, ou qu'en moyenne un blé américain demande en moyenne deux fois plus d'énergie pour sa production qu'un blé français (mais deux fois moins de pesticides... ).

Dans la littérature scientifique, on ne trouve qu'une seule étude concernant l'utilisation de Protéines animales transformées dans l'alimentation aquacole (Fig. 17). Cette étude canadienne porte sur la comparaison d'un aliment bio (qui utilise des coproduits de volailles ou de poisson) et d'un aliment standard pour saumon Atlantique. Cette étude montre que l'aliment bio n'a pas de meilleures performances environnementales que l'aliment standard, notamment à cause des coproduits animaux (de volailles, mais surtout de poissons) qui le composent (Pelletier and Tyedmers, 2007). On voit en particulier une performance environnementale très mauvaise de l'aliment qui comprend des sous-produits de la filière pêche (plutôt que des farines et huiles de poisson minotières dans l'aliment conventionnel).



**Figure 17 :**

Profils environnementaux relatifs de trois aliments pour saumon au Canada. Base 100 : aliment conventionnel avec ingrédients issus de cultures conventionnelles farines et huiles de poisson de pêche minotière, aliment bio avec ingrédients issus de cultures biologiques farines et huiles de volailles, aliment bio avec ingrédients issus de cultures biologiques et coproduits de pêche traditionnelle. D'après Pelletier & Tyedmers (2007).

Cette étude utilisant une règle d'allocation énergétique pour répartir les impacts entre coproduits animaux, ses conclusions peuvent être discutées (en France, on utilise généralement l'allocation économique). Cette question de l'allocation des impacts entre les différents coproduits demeure un point méthodologique à harmoniser, si l'on souhaite utiliser des informations de sources diverses dans les bases de données. C'est un point fondamental pour les ingrédients de l'alimentation animale qui sont souvent issus de filières de co-produits de l'agroalimentaire, de filières énergétiques ou industrielles. En France, des avancées ont été faites dans l'harmonisation des ACV des produits agricoles grâce au projet AgriBALYSE piloté par l'ADEME. Un certain nombre de données sur les produits agricoles français et un guide méthodologique sont disponibles sur internet Le projet CASDAR-ADEME ECOALIM (Wilfart *et al.*, 2015) du Réseau Mixte Technologique Elevage Environnement a recalculé

des valeurs pour l'alimentation animale en France (<http://www.rmtelevagesenvironnement.org/>). Néanmoins, il manque encore un grand nombre d'informations pour les ingrédients de l'alimentation aquacole et en particulier, certains sous-produits de la pêche et des ingrédients plus prospectifs comme les microalgues, les farines d'insectes,... ou même les sous-produits d'animaux terrestres.

#### 4.6 Conclusions et perspectives

L'Analyse du Cycle de Vie constitue un outil important pour juger de la durabilité d'un produit, d'une matière première, d'une filière... sur un plan environnemental. Pour autant, les informations livrées ne sont pas suffisantes, pour évaluer complètement la durabilité dans toutes ses dimensions. L'ACV est un outil complexe à utiliser, qui nécessite de l'expertise et du recul vis-à-vis des informations qu'elle utilise. Elle a encore des progrès à faire dans l'harmonisation et l'applicabilité à des domaines particuliers comme l'aquaculture. Néanmoins, elle permet de caractériser de façon précise les conséquences environnementales directes et indirectes des choix de pratiques alimentaires.

Il reste de la place pour des travaux de recherche. Il est nécessaire de compléter les catégories d'impact utilisées en ACV. C'est par exemple le cas pour prendre en compte la biodiversité, d'une façon qui soit partagée par tous. Une meilleure prise en compte des spécificités locales, au travers d'ACV territoriales, est en cours de développement (Nitschelm *et al.*, 2015). L'ACV sociale pour comprendre les liens de cause à effet entre une activité économique et la sphère sociale est en cours d'élaboration (Falque *et al.*, 2013). Nous allons vers la définition d'une analyse de la durabilité du cycle de vie. La réalisation systématique d'analyses de l'incertitude des données et des modèles utilisés dans l'ACV, doit aussi permettre de rendre plus robuste l'interprétation des résultats. Le cadre de l'ACV ne bougera pas mais la façon de l'adapter aux questions et contextes continuera d'évoluer.

La question de la disponibilité des données est cruciale dans la réalisation des analyses environnementales de l'alimentation aquacole. La consolidation des bases de données nécessite une véritable collaboration intra et inter filières. Il sera nécessaire de compléter aussi les données environnementales par des données économiques (voire sociales) et d'associer ces informations aux caractéristiques nutritionnelles (contenus en acides aminés, en acides gras, en vitamines...) afin de disposer des éléments nécessaires à une véritable écoconception des aliments aquacoles, gage de la durabilité de cette filière.

#### Références

- Aubin, J., 2013. Life Cycle Analysis as applied to environmental choices regarding farmed or wild-caught fish. *CAB Reviews*. CAB International. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.08.008>
- Aubin, J., Papatryphon, E., van der Werf, H.M.G. & S. Chatzifotis, 2009. Assessment of the environmental impact of carnivorous finfish production systems using life cycle assessment. *J. Clean Prod.*, 17, 354-361.

- Boissy, J., Aubin, J., Drissi, A., van der Werf, H.M.G., Bell, G.J. & S.J. Kaushik, 2011. Environmental impacts of plant-based salmonid diets at feed and farm scales. *Aquaculture*, 321, 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.033>
- Falque, A., Feschet, P., Garrabé, M., Gillet, C., Lagarde, V., Loeillet, D. & C. Macombe, 2013. ACV Sociales, *Effets socio-économiques des chaînes de valeurs*. CIRAD, Montpellier, 171 p. pp.
- Guinée, J.B., Gorrée, M., Heijungs, R., Huppes, G., Kleijn, R., de Koning, A., van Oers, L., Wegener Sleeswijk, A., Suh, S., Udo de Haes, H.A., de Bruijn, H., van Duin, R. & M.A.J. Huijbregts, (Eds.), 2002. *Handbook on Life Cycle Assessment. An Operational Guide to the ISO Standards*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherland.
- Hoekstra, A.Y., 2009. Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis. *Ecological Economics*, 68, 1963-1974. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.021>
- ISO, 2006a. Principles and Framework. In: management, E. (Ed.), *Life Cycle Assessment European Committee for Standardization*, Brussels, p. 20.
- ISO, 2006b. Requirements and guidelines In: Management, E. (Ed.), *Life Cycle Assessment*. European Committee for Standardization, Brussels, p. 20.
- Nitschelm, L., Aubin, J., Corson, M.S., Viaud, V. & C. Walter, 2015. Spatial differentiation in Life Cycle Assessment LCA applied to an agricultural territory: current practices and method development. *J. Clean Prod.*, 112, 2472-2484. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.138>
- Pelletier, N. & P. Tyedmers, 2007. Feeding farmed salmon: Is organic better? *Aquaculture*, 272, 399-416. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.06.024>
- Pelletier, N.L., Ayer, N.W., Tyedmers, P.H., Kruse, S.A., Flysjo, A., Robillard, G., Ziegler, F., Scholz, A.J. & U. Sonesson, 2007. Impact categories for life cycle assessment research of seafood production systems: Review and prospectus. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 12, 414-421. <https://doi.org/10.1065/lca2006.09.275>
- Pfister, S., Koehler, A. & S. Hellweg, 2009. Assessing the Environmental Impacts of Freshwater Consumption in LCA. *Environmental Science & Technology*, 43, 4098-4104. <https://doi.org/10.1021/es802423e>
- Van der Werf, H.M.G. & J. Petit, 2002. Evaluation of the environmental impact of agriculture at the farm level: a comparison and analysis of 12 indicator-based methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93, 131-145. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00354-1](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00354-1)
- Wilfart, S., Dauguet, A., Tailleur, S., Willman, M., Laustriat, M., Magnin & S. Espagnol, 2015. *LCIA results of feedstuffs for French livestock*. 66th EAAP, 31 august-4 septembre 2015, Warsaw, Poland
- Wilfart A., Prudhomme J., Blancheton J.P. & J. Aubin, 2012. *A multi-scale method for assessing ecological intensification in aquaculture systems*. 8th International Conference on LCA in the Agri-Food Sector, Saint Malo, France, 2-4 October 2012.

## Encart : Regards de la prospective sur les conséquences du changement climatique pour l'aquaculture mondiale: menaces et opportunités

Par Denis Lacroix (Veille et prospective, Direction scientifique, Ifremer, Sète)

Le changement climatique, appelée aussi souvent changement global tant ses conséquences sont déjà multiformes, est inéluctable et de mieux en mieux documenté. Les projections et les modélisations impliquent toutes une élévation du niveau de la mer (IPCC, 2014). Celle-ci varie selon les hypothèses, allant de 0,3 à 1,80 m en 2100 (EU Marine board, 2014), ce phénomène étant accompagné de nombreux autres effets comme la fonte des glaces arctiques, la modification de la circulation thermo-haline, l'acidification...

La conséquence de cette élévation est la submersion des terres basses et une vulnérabilité accrue à des événements climatiques extrêmes, dont la fréquence devrait s'accroître (IPCC, 2014). Une étude récente sur les risques d'inondations de type centennale part de l'hypothèse d'une élévation de 10 cm du niveau de la mer en 2030 et de 21 cm en 2060 (Neumann *et al*, 2015). Les risques d'inondation sont calculés en utilisant une base de données établie à partir de 3366 sites répartis dans le monde (Vafeidis *et al*, 2008). Ils sont considérés comme significatifs sur les zones situées à moins de 10 mètres d'altitude. Or, les projections montrent que cette zone côtière devrait voir sa population augmenter de 50% entre 2000 et 2030 pour atteindre le milliard de personnes en 2060. En conséquence, combiné avec l'élévation du niveau de la mer, la vulnérabilité à l'inondation devrait concerner 315 à 411 millions de personnes. Les grands pays impactés, Chine, Inde, Bangladesh, Indonésie et Viet-Nam, soit 50% du total de la population exposée, sont aussi tous de grands pays aquacoles dont une large part de la production est située en zone côtière basse, le plus souvent dans de grands deltas (Gange, Mékong...). Ces problèmes concernent aussi l'Europe dans une moindre mesure mais nombre de deltas ou estuaires sont concernés: Pô, Camargue, Ebre, Somme, Escaut, Pays-bas... (EEA, 2013 ; Chaumillon *et al*, 2014). L'Afrique connaît déjà le même type de problème et sa vulnérabilité devrait croître dans les prochaines décennies (Elahi *et al*, 2013).

Associée à la réduction des apports en eaux douce, notamment dans de nombreux pays subtropicaux, la submersion des terres basses s'accompagne d'une salinisation croissante des sols et des nappes phréatiques (Goda, 2008; Hereher, 2010; CGDD, 2011)

On peut donc projeter des menaces croissantes sur l'aquaculture côtière (à terre, comme dans la zone littorale) avec des risques de destruction de digues ou de structures flottantes ou de dégradation irréversible des milieux, au-delà des risques pour les populations locales. Il faut aussi mentionner les risques de réduction des sources de revenus pour les populations vivant de la pêche et de l'aquaculture, soit 170 millions estimés pour 2020 (Herr et Galland, 2009).



Mais on peut aussi projeter des actions de protection des littoraux contre les effets directs et indirects du changement climatique, qui pourrait devenir une priorité politique et économique et des opportunités de récupération des terres (Ecorys, 2012). Un exemple remarquable est fourni par l’Egypte qui, face à la double contrainte de la réduction des apports d’eau douce par le Nil et de la montée du niveau de la mer, a transformé les espaces dédiés à la riziculture du bas delta du Nil en bassins d’aquaculture en eau saumâtre. Cette évolution a permis de décupler en 20 ans une production de bar, daurade, mullet et crevette, pour atteindre plus d’un million de t. en 2013 (Goda, 2008; Sadek, 2010). Il est logique d’envisager le même type de reconversion dans nombre de deltas également vulnérables à la submersion marine.

Le changement global impose désormais de restructurer à un horizon au moins de moyen terme les activités humaines sur les terres basses côtières. Si des risques nouveaux apparaissent, des opportunités remarquables émergent aussi. Elles intéressent surtout l’aquaculture, dans une période de recherche d’une meilleure sécurité alimentaire, notamment en matière de protéines (Agropolis, 2011). Cette évolution sera d’autant plus durable et sûre qu’elle sera anticipée, planifiée et accompagnée.

## Références

- Agropolis international 2011 : *Atelier de réflexion prospective PARME (Partenariat et recherches en Méditerranée)*. 191 p. + annexe 179 p.
- Chaumillon E., E. Garnier & T. Sauzeau (Coord.): *Les littoraux à l’heure du changement climatique*, 2014. Colloque du 18-20 nov. 2010 à Rochefort, Brouage et La Rochelle. Ed. Les Indes savantes. Coll. Rivages des Xantons. 264 p.
- CGDD, 2011 : Impacts à long terme du changement climatique sur le littoral métropolitain. Min. de l’Environnement, du développement durable, des transports et du logement. Commissariat général au développement durable. Coll. *Prospective* N° 55. Oct. 2011. 70 p.
- Ecorys, 2012 : *Blue growth : scenarios and drivers for sustainable growth from the oceans, seas and coasts. Study on mature, emerging and pre-development economic activities at sea in 2020*. Rapport final pour la DG Mare (UE). 202 p.
- Elahi S., de Beer J., Kawooya D., O C. & N. Rizk, 2013: *Knowledge and innovation in Africa: scenarios for the future*. Cape Town; South Africa. Open A.I.R. Network. 168 p.
- European Environment Agency, 2013 : *Balancing the future of Europeans’ coasts : Knowledge base for integrated management* (Coord. A. Meiner & J. Reker). 64 p. doi: 10.2800/99116
- European marine board, 2014: Navigating the future IV. *Position paper N° 20 of the European marine board*. Ostend, Belgium. 204 p.

- Goda A.M.A., 2008. Small-Scale Fish Culture: Guiding Models of Aquaponics and Net-enclosures fish farming in Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 1687-4285 01/2008; 34 (3): 320-337.
- Hereher M., 2010. Vulnerability of the Nile Delta to sea level rise: an assessment using remote Sensing. *Geomatics, Nat. Hazards Risk*, 2010/1: 315-321. <https://doi.org/10.1080/19475705.2010.516912>
- Herr, D. & G.R. Galland, 2009. *The ocean and climate change; tools and guidelines for action*. IUCN, Gland; Switzerland. 72 p.
- IPCC, 2014. *Climate change: synthesis report; summary for policy-makers*. 32 p.
- Neumann B., Vafeidis A.T., Zimmermann J. & R.J. Nicholls, 2015. Future Coastal Population Growth and Exposure to Sea-Level Rise and Coastal Flooding - A Global Assessment. *Plos ONE* 10(3): e0118571. Doi: 10.1371/journal.pone0118571
- Sadek S., 2010. Egyptian marine shrimp farming: Problems, challenges and prospects for future development. In *Atti del convegno "La risorsa Crostacei nel Mediterraneo: ricerca, produzione e mercato"* CONARGA - Veneto Agricoltura. 27-36.
- Vafeidis A.T., R. J. Nicholls, L. McFadden, R. S. J. Tol, J. Hinkel, T.Spencer, P. S. Grashoff, G. Boot & R. J. T. Klein, 2008. A New Global Coastal Database for Impact and Vulnerability Analysis to Sea-Level Rise. *Journal of Coastal Research*: Volume 24, Issue 4: pp. 917 – 924. doi: <http://dx.doi.org/10.2112/06-0725.1>

## Encart : Regards de la prospective sur la contribution de l'aquaculture à la sécurité alimentaire mondiale

Par Denis Lacroix (Veille et prospective, Direction scientifique, Ifremer, Sète)

L'aquaculture a-t elle un rôle à jouer dans la sécurité alimentaire mondiale à moyen et long terme ?

Il faut rappeler que plus de 60% de la richesse mondiale est produite dans une bande côtière de 100 km de large. En matière alimentaire, la pêche et l'aquaculture apportent 16% de protéines consommées par l'humanité. Actuellement, plus de 250 millions de personnes en vivent directement pour un chiffre d'affaire global de 190 Milliards de \$ (World bank, 2012). Mais depuis deux décennies, il est établi que la pêche stagne ou décline alors que l'aquaculture continue à se développer à un rythme supérieur à celui de toutes les productions animales : (environ 8% /an depuis 1970, contre 1,2 pour la pêche et 2,8 pour les systèmes terrestres (Cléach, 2008 ; FAO, 2014; Pauly et Zeller, 2016). De fait, ce secteur ne représentait que 3,9% de la pêche en 1970 contre 32,4% en 2004 et l'équivalent aujourd'hui. Elle joue donc un rôle essentiel dans l'alimentation pour de nombreux pays, notamment en Asie où se concentre la production : 90% en tonnage ; 80% en valeur (FAO, 2014). L'aquaculture constitue aussi un important potentiel de développement de technologies, d'emplois, de produits transformés diversifiés comme en Europe (UE 28) où il est prévu de passer de 1,4 à 2,16 millions de tonnes entre 2010 et 2030 (European Parliament / fisheries, 2014 ; European marine board, 2014).

Au plan du bilan nutritionnel mondial, ce secteur représente une composante d'importance croissante dans la sécurité alimentaire de nombreux pays. Ainsi, en Egypte, la production de l'aquaculture est passée d'environ 100.000 t au début des années 1990 à plus d'un million de tonnes en 2010 et il est anticipé un doublement de la production actuelle dans les 15 prochaines années (Sadek, 2010). De nombreuses études prospectives montrent que l'aquaculture va devenir un domaine majeur de développement pour des raisons largement prévisibles : accroissement de la population mondiale et de la consommation moyenne de produits aquatiques, salinisation de vastes espaces de terres basses, diffusion de plus en plus rapide des connaissances et des technologies, besoins de sécurisation locale de ressources alimentaires (Inra-Cirad, 2008). Ces évolutions sont bien décrites pour plusieurs continents ou régions comme en Asie, Amérique latine et centrale, Australie, Afrique, Europe et Méditerranée (Baer, 2009 ; China academy of sciences, 2009 ; UNEP-Geolac, 2010 ; Agropolis, 2011 ; Ecorys, 2012 ; Elahi *et al.*, 2013; World bank, 2013). Dans ce contexte de changement global encore mal mesuré et compris d'une part, et de risques d'instabilité de la gouvernance comme de l'économie à l'échelle de grandes régions du monde d'autre part, il est justifié de prévoir des tensions croissantes sur les approvisionnements alimentaires (Papon, 2012. FAO-PAM-FIDA, 2015).

De fait, 80% des produits aquatiques marins sont échangés via le commerce mondial ; mais de nombreux pays sont chroniquement déficitaires comme au Moyen-Orient et en Afrique du nord (Inra-Cirad, 2008). Pour de nombreux pays, comme l'Egypte, l'aquaculture apparaît ainsi de plus en plus comme une opportunité d'améliorer la sécurité alimentaire de moyen et long terme avec des protéines de qualité et avec des potentiels élevés d'intensification et de synergie avec d'autres types de culture.

## Références

- Agropolis international, 2011. *Atelier de réflexion prospective PARME (Partenariat et recherches en Méditerranée)*. 191 p. + 179 p. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00187/29785/>
- Baer J. M. (Coord.), 2009. *The world in 2025: rising Asia and socio-ecological transition*. Etude prospective DG Recherche / SSH / Prospective. EUR 23921 EN. 28 p.
- China academy of science, 2009. *Marine science and technology in China: a roadmap to 2050*. Science Press Beijing & Springer. 178 p.
- Cléach M. P., 2008. *Marée amère: pour une gestion durable de la pêche. Rapport sur l'apport de la recherche à l'évaluation des ressources halieutiques et à la gestion des pêches*; OPECST ; Assemblée nationale N° 1322 ; Sénat N° 132. 175 p. (Chap. 4 : L'aquaculture: passer du mirage au miracle).
- Ecorys, 2012. *Blue growth: scenarios and drivers for sustainable growth from the oceans, seas and coasts. Study on mature, emerging and pre-development economic activities at sea in 2020*. Final report for DG Mare (UE). 202 p.
- Elahi S., de Beer J., Kawooya D., O C. & N. Rizk, 2013. *Knowledge and innovation in Africa: scenarios for the future*. Cape Town; South Africa. Open A.I.R. Network. 168 p.
- European marine board, 2014. *Navigating the future IV. Position paper N° 20 of the European marine board*. Ostend, Belgium. 204 p.
- European Parliament / Policy Dept B Fisheries, 2014. *The long term economic and ecologic impact of larger sustainable aquaculture. DG Internal Policies B / Fisheries*. IC 2013\_162. [www.europarl.europa.eu/studies](http://www.europarl.europa.eu/studies). 96 p.
- FAO, 2014. *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2014*. Rome. 275 p. [fao.org/docrep/016/i2727f/i2727f00.htm](http://fao.org/docrep/016/i2727f/i2727f00.htm)).
- FAO, FIDA et PAM. 2015. *L'État de l'insécurité alimentaire dans le monde 2015. Objectifs internationaux 2015 de réduction de la faim: des progrès inégaux*. Rome, FAO. 66 p.

- Inra-Cirad, 2008. *Agrimonde: agricultures et alimentations du monde en 2035 et 2050*. Rapport d'étude. Coord. S. Treyer. 240 p
- Papon P., 2012. *Bref récit du futur : Prospective 2050, science et société*. Albin Michel. Bibliothèque des sciences. 343 p.
- Pauly D. & D. Zeller, 2016. Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. *Nature Communications* 7, N°: 10244. <https://doi.org/10.1038/ncomms10244>
- Sadek S., 2010. Egyptian marine shrimp farming: Problems, challenges and prospects for future development. In *Atti del convegno "La risorsa Crostacei nel Mediterraneo: ricerca, produzione e mercato*. CONARGA- Veneto Agricoltura. 27-36.
- UNEP-Geolac, 2010. *Global environment outlook: Latin America and the Caribbean (Geolac 3)*. Regional office for the LAC area in Panama. 371 p.
- World bank, 2012. *The Little Green Data Book. International Bank for Reconstruction and Development*. The World bank. N.Y. USA.
- World bank, 2013. *Fish to 2030. Prospects for Fisheries and Aquaculture*. World Bank Report No 83177-GLB. 80 p.

## 2. GUIDES

Considerations and recommendations on the sustainability of the principal raw materials used in aquaculture feed

**GUIDE A:**

Sustainability of raw materials of aquatic animal origin

**GUIDE B:**

Sustainability of raw vegetable materials of terrestrial origin

**GUIDE C:**

Sustainability of raw animal materials of terrestrial origin

**GUIDE D:**

Sustainability of raw materials made from algae

**GUIDE E:**

A 'Glocal' and integrated overview of raw material sustainability in aquaculture feeds

## 2. GUIDES

**Réflexions et Recommandations sur la durabilité  
des principales matières premières utilisées en alimentation aquacole**

**GUIDE A :**

**Durabilité des matières premières d'origine aquatique animale**

**GUIDE B :**

**Durabilité des matières premières végétales d'origine terrestre**

**GUIDE C :**

**Durabilité des matières premières issues d'animaux terrestres**

**GUIDE D :**

**Durabilité des matières premières produites à partir d'algues**

**GUIDE E :**

**Pour une vision ouverte, « glo-cale » et intégrée  
de la durabilité des matières premières en aquaculture**

# GUIDE A

## Sustainability of raw animal material of aquatic origin

Raw animal material of aquatic origin is mainly fish oil and fishmeal from industrial fisheries and co-products of fishing and aquaculture.

### General context and Issues

The dependence on fishmeal and fish oil from forage fisheries (small pelagic fisheries) as the main source of nutrients for farmed fish in Europe has been widely questioned in recent years (see Part I Burel C. Y. Marchand, and Part II Chapter 1 P. Goulletquer of this guide). Global aquaculture growth has led to an increasing demand for these raw materials, but over the last thirty years the volume of industrial fishing has remained more or less stable (FAO, 2014) with an annual output of about 5 million tons of fishmeal and less than 1 million tons of fish oil. The limited availability and high prices of these raw materials are also related to the following factors: the fluctuating state of fishery resources in the fishing zones by country of origin, overexploitation or exploitation of fish stocks, weather phenomena like El Niño, the introduction of fishing quotas and increasing pressure to use fish oils and fishmeal in other markets such as health, food supplements and cosmetics. The growing demand in Asia for fishmeal and fish oil for feeding aquaculture species that were not previously fed with compound feeds also adds pressure to the limited supply.

Fishmeal and fish oils from forage fisheries are still the benchmark in terms of nutritional quality for farmed species. If these fisheries are responsibly managed and traceability is ensured, their use in aquaculture feed can be maintained. But given the continued global growth of aquaculture, it would be necessary to use these valuable raw materials in the most economical way possible, reserving their use for particular stages of farming such as spawning, larval and juvenile stages or as finishing feed (see chapter 1 of Part I).

As for fishmeal and fish oil, some environmental NGOs and scientists have expressed concerns over the use of krill meal - considered to be essential to all trophic marine food webs (see Chapter 3 Krill).



# GUIDE A

## Durabilité des matières premières animales d'origine aquatique

Les matières premières animales d'origine aquatique comprennent essentiellement les huiles et farines issues de la pêche minotière, et celles fabriquées à partir des sous-produits de la pêche et d'aquaculture.

### Contexte général et enjeux

Si la principale source de nutriments dans les aliments pour les poissons élevés en Europe a longtemps été constituée par les farines et huiles de poisson issues de la pêche minotière, cette dépendance est clairement remise en cause depuis quelques années déjà (voir Partie I C. Burel, Y. Marchand, et Partie II Chapitre 1 P. Goulletquer de ce guide). Avec le développement de l'aquaculture au niveau mondial, il existe bien une demande croissante pour ces matières premières. Mais, au cours des trente dernières années, le volume de la pêche minotière est resté plus ou moins stable (FAO, 2014) : une production annuelle de l'ordre de 5 millions de tonnes de farines et de moins de 1 million de tonnes d'huiles de poissons. La disponibilité limitée et le prix élevée de ces matières premières sont également liés aux facteurs suivants : l'état variable de la ressource halieutique dans les zones de pêche selon le pays d'origine, la surexploitation ou exploitation plus ou moins raisonnée des stocks, les phénomènes climatiques de type El Niño, la mise en place de quotas de pêche garantissant une meilleure gestion de stocks, et une pression grandissante pour utiliser les huiles et farines de poissons de la pêche minotière sur d'autres marchés comme la santé, l'alimentation humaine et les cosmétiques. La demande croissante en Asie de farines et d'huiles de poissons pour l'alimentation d'espèces aquacoles qui n'étaient pas nourries autrefois par des aliments composés joue aussi un rôle dans cette pression grandissante.

Les farines et huiles de poissons issues de la pêche minotière restent encore la référence en termes de qualité nutritionnelle pour les poissons en élevage. A condition que les pêcheries des petits poissons pélagiques soient bien gérées, et que la traçabilité des produits soit assurée, leur usage en alimentation aquacole doit pouvoir être maintenu. Mais, compte tenu du développement de l'aquaculture et la disponibilité limitée de ces ressources, il y a lieu d'utiliser ces précieuses matières

It should also be noted that some fishmeal and fish oils are made from wild fish containing high levels of heavy metals (e.g. tuna fishmeal in Thailand, or squid fishmeal in Peru/Chile), dioxins and PCBs, which are considered unsuitable for processing (Kaushik, 2004). It is technically possible to decontaminate fish oil, but this of course increases its price.

The situation is quite different for the co-products resulting from fishing (for human consumption) and aquaculture, which are increasingly used for the production of fishmeal, fish oil, protein hydrolysates and other extracts. The Marine Ingredients Organisation (IFFO) estimates that co-products represent 10-15% of total fish meal and fish oil raw material. There is a clear potential for further increase in their quality and use. Moreover, these co-products could benefit from positive consumer perception linked to attributes of being 'natural' and avoiding valuable waste (cf. G. Debucquet Part I Naturalité). The application of the new Common Fisheries Policy (see Box CFP in this guide) is an opportunity to further develop complementarities and synergies between fisheries and aquaculture and between aquaculture products.

In order to compare the sustainability of fish meal and fish oil from forage fisheries with those from fisheries and aquaculture by-products, there are several criteria to consider. For example, small pelagic fisheries provide a good catch/energy yield (kg fish per litre of diesel) compared to other fisheries. The products of these fisheries are transported on intercontinental maritime networks where the carbon footprint is lower compared to road transport. Nonetheless, from a perspective of local development and the environment, keeping transport distances to a minimum and the sourcing locally are important sustainability indicators. In addition, the evaluation of environmental impacts such as greenhouse emissions (see J. Aubin, Part I, Chapter ACV), does not necessarily take into account the indirect costs on the environment. For example, shipping over long distances uses container ships with an increasing capacity, requiring deeper and more advanced port infrastructures that has direct impact on the local coastal waters and adjacent sea beds.

premières de façon la plus économe possible, en réservant à terme par exemple leur usage à des stades particuliers des élevages, tels que les stades larvaires et juvéniles, l'alimentation des géniteurs ou pour l'alimentation de finition (cf. chapitre 1 de la partie I).

De la même manière que pour la pêche minotière dédiée pour produire les farines et huiles, des réserves sont émises par les défenseurs de l'environnement (scientifiques et ONG) quant à l'exploitation du krill, considéré comme essentiel à l'ensemble des chaînes trophiques marines des zones concernées (cf. Chapitre 3 Krill).

Il faut noter que certaines des farines et des huiles sont élaborées à partir de poissons sauvages contaminés par des métaux lourds (exemple de farine de thon en Thaïlande, ou farine de calmar au Pérou/Chili) ou des dioxines, PCB, et sont actuellement jugées impropres à la transformation et donc détruites (Kaushik, 2004<sup>1</sup>). Il est techniquement envisageable de décontaminer les huiles de poissons en les soumettant à un traitement *ad hoc*, mais ceci entraînerait des répercussions sur le prix final.

La situation se présente de manière assez différente pour les sous-produits de la pêche et d'aquaculture, qui permettent également de produire des huiles et farines de poisson, hydrolysats et autres extraits. L'industrie des huiles et farines de poissons puise d'ailleurs de plus en plus dans ce gisement (plus de 10 à 15%, selon l'organisation IFFO<sup>2</sup>). Il y a là un potentiel certain d'ingrédients pour l'alimentation aquacole, dans le cadre des réglementations existantes, et en garantissant des exploitations durables et responsables de la pêche, et des productions aquacoles à l'origine de ces sous-produits (voir Chapitre 2 Partie II Sous-produits et Encart PCP). Leur qualité peut être améliorée, ainsi que les circuits de collecte, de transformation et de valorisation. En outre, ces sous-produits issus de la pêche et d'aquaculture bénéficieraient d'une image très positive auprès des consommateurs. Ils ont un lien fort avec la « naturalité » (cf. G. Debucquet Partie I, Naturalité). L'application de la nouvelle Politique Commune des Pêches constituerait une opportunité pour aller plus loin (cf. Encart PCP dans ce guide) ; les complémentarités et synergies entre pêche et aquaculture, et entre productions aquacoles elles-mêmes sont à explorer.

Pour comparer les huiles et farines de poissons issues de la pêche minotière et celles issues des sous-produits de la pêche et de l'aquaculture, d'autres éléments sont à prendre en compte dans l'évaluation de la durabilité. La pêche minotière est assez efficace avec un rendement (kg de poisson / litre de gasoil) plutôt bon, par rapport aux autres pêcheries. Les produits font l'objet de transports intercontinentaux maritimes dont le bilan carbone est favorable par rapport au transport routier. Cependant, d'un point de vue du développement local et de l'environnement, le maintien de circuits courts et l'importance de l'approvisionnement de proximité doivent être pris en compte dans la réflexion sur la durabilité. De plus, l'évaluation de l'impact environnemental comme la production de gaz à effet de serre (voir J. Aubin, Partie I, Chapitre ACV du guide) ne prend pas forcément en compte des coûts indirects induits sur l'environnement. Par exemple, le transport maritime sur de grandes

---

1 Kaushik, S.J., 2004. Les dioxines et les PCB chez les poissons. *Dossier de l'Environnement de l'INRA*, n° 26, 101-107.

2 The Marine Ingredients Organization : IFFO <http://www.iffonet.net/>

Regarding the use of co-products from fishing and aquaculture, the energy cost of transforming wet weight to a dry product probably remains less effective for fish meal than for the production of other, high value raw materials (such as hydrolysates). This criterion would therefore favour the production of hydrolysates over fishmeal for this type of raw material. So if the use of fisheries and aquaculture co-products seems an attractive option, it may prove to be limited for fish meal production, but in contrast appears promising for hydrolysate-type products.

### **Special case of marine worms**

The production of marine worms, targeting the recreational fishing market as live bait, is a potentially interesting source of ingredients for fish feed. It is of strong environmental interest due to the possibility of its integration into existing organic waste disposal systems. Worms can also be produced with the recovery of faeces/solid substrates from marine aquaculture or fish farms. Their «naturalness» (as feed items for fish) is also a major asset.

This said, the nutritional potential and the industrial feasibility of marine worm farms to produce raw materials for fish feed still needs to be properly evaluated.

distances fait appel à des porte-conteneurs d'une capacité de plus en plus grande, ce qui implique des infrastructures portuaires (dont l'emprise territoriale est plus importante sur un littoral fragilisé), des entretiens coûteux et impactants pour les masses d'eaux côtières et les fonds marins avoisinants.

En revanche, pour l'utilisation des sous-produits de la pêche et de l'aquaculture, le coût énergétique de transformation poids humide en produit sec reste probablement moins performant pour la farine de poisson que pour la production d'autres matières premières, de type hydrolysats, mieux valorisées. Ce critère favoriserait l'utilisation d'hydrolysats plutôt que de farines sur ce type de matière première.

En conclusion, si l'utilisation des sous-produits de la pêche et de l'aquaculture paraît une option intéressante, elle pourrait s'avérer limitée pour la production de farine de poissons, mais en revanche, elle semble prometteuse pour des produits de type hydrolysats.

### **Cas particulier des vers marins**

Les productions de vers marins en élevage, qui visent le marché des appâts vivants pour la pêche de loisirs, constituent peut être une source intéressante de matière première en alimentation aquacole. Cette matière première présente un intérêt environnemental fort en raison de la possibilité de l'inclusion de sa production dans des systèmes intégrés de valorisation de déchets organiques. Les vers peuvent être utilisés dans la récupération de fèces/substrats solides issus de l'aquaculture marine ou des piscicultures. Leur « naturalité » est également un atout majeur.

Leur potentiel nutritionnel et la faisabilité industrielle d'un élevage de vers marins pour produire une matière première entrant dans l'alimentation aquacole restent cependant entièrement à définir.

## PRINCIPLE

**Sustainable use of fishmeal and fish oil based on responsible, restricted and controlled exploitation of resources, and recognising that these raw materials are necessary to ensure quality aquaculture production.**

## RECOMMENDATIONS

Depending on the origin of these raw materials, their sustainability assessment varies and therefore requires specific recommendations for each product type:

### **For fishmeal and fish oil from small pelagic industrial fisheries (forage fisheries):**

1) Sourcing only from countries with management quotas for fish stocks to ensure that the raw materials used are sustainable.

For example, Peru, South Africa and Namibia have implemented a responsible forage fishery.

2) Focusing as much as possible on raw materials that come from certified fisheries and are processed in certified facilities.

If MSC type certifications are available for industrial fisheries, they should take priority (see guide: P. Goulletquer, Chapter 1). As for the industrial process, traceability and quality assurance of the finished products are essential. The quality assurances and certifications offered by the Marine Ingredients Organization (IFFO RS) are therefore a prerequisite (see Box: Production of fishmeal and fish oil).

3) Encourage the development of economically viable decontamination technologies for certain raw materials and their official validation to reduce the current limitations and prohibition of their use.

### **For fishmeal and fish oils, and other products derived from fishery by-products:**

4) Explore, characterise and identify (new) potential sources of raw materials for aquaculture.

The European industry, in particular, is ready to participate in discussion on the use and development of the incompressible discards, after implementation of the reform of the CFP (progressive discard ban, see Box: CFP of this guide). However, noting that their source is not yet localised precisely, they are not yet available and their use must be within the following recommendation.

5) Ensure that by-products come from responsibly managed fisheries that conform to the European CFP.

Better use (and added value) of fishery by-products should not induce further pressure on stocks.

## PRINCIPE

**Une utilisation durable des huiles et des farines de poissons, basée sur l'exploitation responsable de la ressource, restreinte, et contrôlée, mais nécessaire pour garantir une production aquacole de qualité.**

## RECOMMANDATIONS

Selon l'origine de ces matières premières, l'évaluation de leur niveau de durabilité est différente et implique donc des recommandations spécifiques pour chaque type de produits :

### **Pour les farines et huiles de poisson issues de la pêche minotière :**

1) S'approvisionner uniquement auprès de pays qui appliquent des gestions des stocks de pêche par quotas afin de s'assurer que les matières premières utilisées soient durables.

Par exemple, le Pérou, l'Afrique du Sud et la Namibie ont mis en place une pêcherie responsable.

2) Privilégier autant que possible les matières premières provenant de pêcheries certifiées et produites dans des installations certifiées.

Si des certifications de type MSC<sup>3</sup> sont disponibles pour la pêche minotière, elles devront être privilégiées (Ph. Gouletquer, cf. ce guide). Quant au procédé industriel, la traçabilité et les garanties sur la qualité des produits finis sont indispensables. Les assurances de qualité et les certifications proposées par la « Marine Ingredients Organization » (ex IFFO<sup>4</sup>) sont donc un pré-requis (Cf. Encart Production de farine et huile de poisson).

3) Encourager le développement des technologies de décontamination des matières premières et leur validation officielle afin de ne pas s'interdire l'utilisation de certaines matières premières.

### **Pour les farines et huiles de poisson, et autres produits issues des sous-produits de la pêche :**

4) Explorer, caractériser, recenser les gisements potentiels de matières premières pour l'aquaculture.

La filière européenne est notamment prête à participer à la réflexion sur l'utilisation et la valorisation de la part incompressible des rejets, après application de la

---

3 MSC : Marine Stewardship Council : <https://www.msc.org/track-a-fishery/fisheries-in-the-program/certified>

4 <http://www.iffonet/system/files/IFFO-RS-Standard-Issue-1-5-Eng.pdf>

The emergence of a new industry, or helping develop a new start-up sector, should be encouraged, which implies the following recommendations:

6) Improve the collection and processing of raw materials.

Processing facilities for by-products should be further developed, and be close to landing sites. Processing units should be consolidated whenever possible, so that the by-products are (and remain) fresh and of optimal quality. Any additional costs and energy expenditure should be balanced to provide the best solutions that comply with regulations and optimise energy use.

7) Improve process technology to optimise the use of by-products and maximise quality, while reducing the size of the processing units.

This will lower the critical threshold of profitability and encourage further development of medium-sized units in areas with low tonnage (artisanal). Similarly, the production of hydrolysates could be more suitable (see Chapter: by-products).

8) In general, prioritise the use of these by-products in the sectors where they are of the highest value.

This would imply preferential use of these by-products in aquaculture (for food security), rather than in the pet food industry, for which this type of raw material is not a vital necessity.

#### **For fishmeal and fish oils derived from aquaculture by-products:**

Current regulations prohibit the use of by-products from an aquaculture species providing feed proteins for the same species. However, this allows the use for example, of by-products of farmed prawns as feed for farmed salmon.

9) Explore and identify potential new sources of recoverable aquaculture by-products for fish feed.

Just as by-products from fisheries, the by-products from aquaculture face the same problem of sources being geographically widespread.



réforme de la PCP (interdiction progressive des rejets, cf Encart PCP de ce guide). Néanmoins, il faut noter que les gisements ne sont pas encore caractérisés précisément, ils ne sont pas encore disponibles, et leur exploitation doit s'inscrire dans la recommandation suivante.

5) S'assurer que les sous-produits sont issus d'une pêche responsable, dont la gestion s'inscrit dans la nouvelle directive européenne PCP.

Une meilleure valorisation des sous-produits de la pêche ne devra pas induire une pression supplémentaire sur les stocks

D'une manière plus générale, il faut favoriser l'émergence d'une nouvelle filière, ou aider au développement d'une filière en démarrage, ce qui implique les recommandations suivantes :

6) Améliorer les circuits de collecte et de transformation des matières premières.

Il faut continuer à mettre en place des installations de traitement des sous-produits proches des sites de débarquement et de transformation, et favoriser le regroupement des unités de transformation quand cela est possible. Les sous-produits utilisés doivent être valorisés au mieux. Ils doivent être et rester frais, donc la proximité des lieux de production est essentielle. Il faudrait poursuivre le développement des infrastructures de traitement des sous-produits sur les sites de débarquement, ou en lien avec les unités de transformation. Il faut intégrer les surcoûts, les dépenses énergétiques supplémentaires pour trouver les meilleures solutions en lien avec la réglementation et l'optimisation énergétique.

7) Améliorer les procédés, d'une part pour optimiser la valorisation des sous-produits et leur qualité, et d'autre part, pour réduire la taille des unités de traitement.

Ceci permettra d'abaisser les seuils critiques de rentabilité et favoriser un déploiement plus important d'unités moyennes dans des zones à faibles tonnages (pêche artisanale). De même, la production des hydrolysats pourrait s'avérer plus pertinente (cf. Chapitre Sous-produits).

8) De façon générale, privilégier l'utilisation de ces sous-produits dans les filières où ils seront valorisés le plus efficacement.

Il faudrait pouvoir inciter une utilisation préférentielle de ces sous-produits pour l'aquaculture, donc pour la sécurité alimentaire, plutôt que vers l'industrie de l'alimentation des animaux de compagnie, pour laquelle ce type de matière première n'est pas une nécessité vitale.

### **Pour les farines et huiles de poisson issues des sous-produits de l'aquaculture :**

Pour rappel, la réglementation en cours interdit l'utilisation d'un sous-produit de l'aquaculture d'une espèce pour fournir des protéines alimentaires pour la même espèce. Mais elle permet l'utilisation par exemple de sous-produit de la crevette d'élevage pour nourrir des saumons d'élevage.

9) Explorer, caractériser, recenser les gisements potentiels de sous-produits de l'aquaculture valorisables pour l'alimentation aquacole.

10) Promote the synergies of integrated aquaculture products and other integrated production systems (see Box: Circular Economy).

11) Add value to all aquaculture by-products, while respecting good practices in aquaculture farms from which these by-products originate.

This means setting up a traceability system and implies a focus on quality.

12) Characterise and use these raw materials in fish feed. That is to say, continue to improve the products made from fish meal and fish oil, to ensure a balanced feed formulation that satisfies nutritional requirements and overcomes potential gaps.

For example, if the lipids obtained from certain aquaculture by-products are imbalanced in terms of unsaturated fatty acids (for example omega 3), they may be compensated by adding the appropriate essential fatty acids from another raw material such as algae (see Chapter: Microalgae).

**For marine worms:**

13) Explore further this potential source of raw material.

There is a need to better describe this source, including nutritional value tests (nutritional performance tests, digestibility) and feasibility studies, and to foster farms (good practice in integrated farming) to allow production of the required quantity.

**For krill:**

14) Promote the use of certified krill (such as MSC) and limit its use to very specific (larval or brood stock conditioning) feeds.

**For the whole category:**

15) Focus on short production lines and the circular approach of supply chains when the local situation permits.

If local conditions are favourable for putting in place a quality control program for fisheries and aquaculture by-products for producing local fish feed within a region. This solution would be considered more sustainable by the authors of the Guide. Moreover, in view of climate change and given the current economic environment, energy and ecological resilience found in such local systems seem to be higher than those that are procuring raw materials on a global scale.

La problématique de l'éparpillement des gisements se pose de la même manière que pour les sous-produits de la pêche.

10) Favoriser toutes les synergies entre productions aquacoles et systèmes intégrés avec d'autres productions (cf. Encart Economie circulaire).

11) Valoriser tous les sous-produits d'aquaculture, tout en respectant des bonnes pratiques dans les élevages aquacoles dont sont issus ces sous-produits.

Cela implique de mettre en place un système de traçabilité, et de réfléchir à des démarches qualité...

12) Bien caractériser, et utiliser ces matières premières en alimentation aquacole, c'est-à-dire poursuivre l'amélioration des produits qui en sont issus, pour garantir une formulation finale de l'aliment équilibrée, et qui pallie certains manques éventuels.

Par exemple, s'il s'avère que les lipides obtenus de ces matières premières issues des sous-produits de l'aquaculture sont déséquilibrés en acides gras insaturés (Exemple : Omega 3), il est préconisé de compenser par un apport approprié supplémentaire en Acides Gras Essentiels, à partir d'une autre matière première (cf. Chapitre Microalgues).

### **Pour les vers marins**

13) Explorer cette source potentielle de matière première.

Il s'agit de mieux la caractériser, d'effectuer les tests nécessaires (tests de nutrition, digestibilité) et les études de faisabilité, de favoriser les élevages (selon des bonnes pratiques à définir, élevages intégrés) pour permettre une production de cette matière première potentielle en quantité disponible pour l'aquaculture.

### **Pour le krill**

14) Privilégier l'utilisation de krill certifié (comme par exemple le krill MSC<sup>5</sup>) et restreindre son emploi à des formulations très spécifiques (stade larvaire, reproduction).

### **Pour l'ensemble de cette catégorie**

15) Privilégier les circuits courts et l'approche circulaire des chaînes d'approvisionnement, quand le contexte local le permet.

Si la possibilité existe localement de pouvoir mettre en place une chaîne de valorisation de sous-produits de la pêche et d'aquaculture pour la production d'aliments d'une région de production aquacole, cette solution est certainement plus durable dans les contextes soulignés par les auteurs de ce guide. De plus, au regard du changement climatique, au vu des crises actuelles économique, énergétique et écologique, la résilience de ce type de système plus local semble meilleure que celle de systèmes qui perpétuent les modes d'approvisionnement en matières premières sur une échelle mondiale.

---

5 <https://www.msc.org/track-a-fishery/fisheries-in-the-program/certified/southern-ocean/aker-biomarine-antarctic-krill>

## Pour mieux comprendre les enjeux sur ces matières premières :

### Chapitre 1 : Pêcheries minotières

Par P. Gouilletquer<sup>6</sup>, Ifremer

Les pêcheries « minotières » concernent les captures d'espèces dites 'fourragères'<sup>7</sup> ayant une destination autre que l'alimentation humaine. Relativement faible en quantité dans les années 50 – destinée à l'alimentation des élevages de porcs et poulets –, cette activité s'est développée plus rapidement que les pêcheries traditionnelles destinées à l'alimentation humaine jusqu'aux années 70s. Le fort développement de l'aquaculture à partir des années 80 a généré une pression importante sur les marchés internationaux des farines et d'huiles de poisson issues de ces pêcheries minotières.

#### 1.1 Etat de la ressource

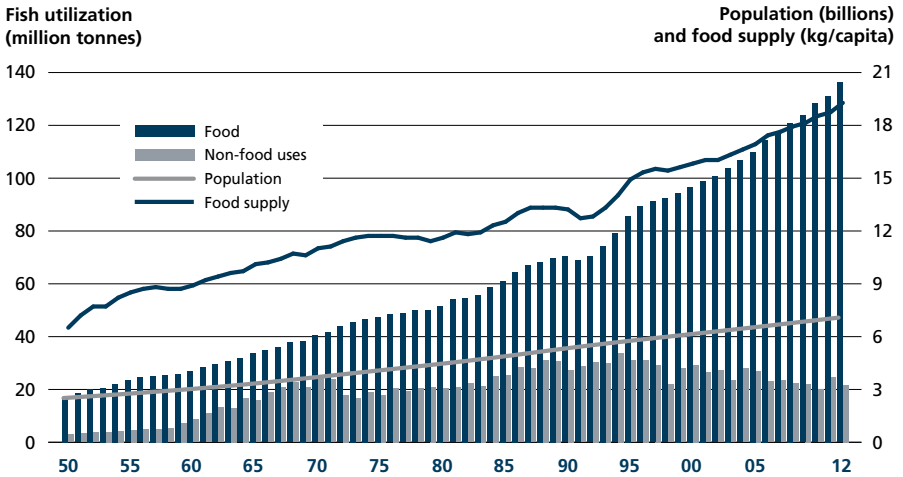
De nos jours, la proportion des productions animales aquatiques (eaux marines et continentales) utilisée à des fins de consommation humaine est passée de 71 % dans les années 80 à 73 % dans les années 1990, à plus de 86 % (136 millions de tonnes) en 2012 ; le restant (21,7 Mt) soit 14 % est destiné à des fins non alimentaires dont les ¾ pour la transformation en farines et huiles de poissons (fig. 1&2) (FAO, 2014). Cette production significative répond directement à la demande en aquaculture à l'échelle mondiale pour des composants de base nécessaires à la formulation des aliments aquacoles.

Le maximum des débarquements de poisson « fourrage » (*forage fish*) fut atteint en 1994 avec 30,2 Mt. En 2010, la production était de 14,8 Mt du fait des baisses de captures d'anchois, 19,4 Mt en 2011, pour décliner à 16,3 Mt en 2012. Indépendamment des fluctuations de production, la production de farines à partir de poisson entier décroît depuis 2005. Les sous-produits de poissons sont de plus en plus utilisés à cette fin – ce qui influe également sur la qualité même des produits obtenus (cf. Chapitre Sous-produits à suivre). Ainsi près de 35 % des farines de poisson produites en 2012 provenaient de résidus /sous-produits de poissons (e.g., têtes et queues, cartilages). A l'opposé, la demande continue de croître, induisant des prix historiquement élevés jusqu'à janvier 2013 avec une augmentation de 206 % entre

6 Direction Scientifique Ifremer Centre Ifremer Atlantique, Rue de l'Île d'Yeu BP 21105, 44311 Nantes Cedex 3.

7 Dans la littérature anglophone, la terminologie traditionnellement utilisée est 'forage fish'. Les poissons fourrages comprennent des espèces pélagiques de petites et moyennes tailles comme l'anchois, la sardine, le hareng, le menhaden, le maquereau et le capelan, mais ils comprennent également les calmars, les crevettes, et le krill (FAO, [www.fao.org/fi/glossary/default.asp](http://www.fao.org/fi/glossary/default.asp)).

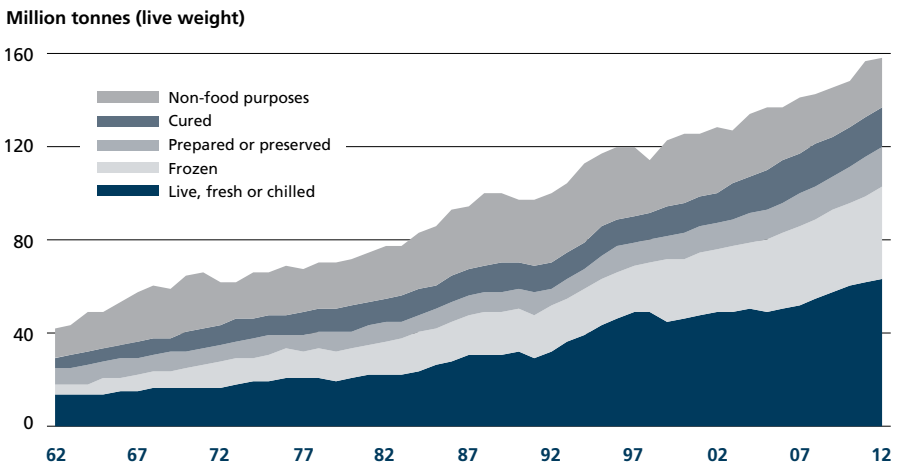
## World fish utilization and supply



**Figure 1 :**

Tendances des productions & usages des pêcheries mondiales depuis 1950 (FAO, 2014).

## Utilization of world fisheries production (breakdown by quantity), 1962–2012



**Figure 2 :**

Répartition des usages issus des pêcheries mondiales (FAO, 2014).

janvier 2005 et janvier 2013 (\$ 1919/tonne) (fig. 3). Les prix ont décliné de 20 % entre 2013 et 2014 et l'approvisionnement en matières premières tend à se diversifier avec par exemple l'exploitation de stocks de zooplancton comme le krill (*Euphausia superba*) et de copépodes (*Calanus finmarchicus*). Par ailleurs, les prises d'anchois ont montré une série de pics et d'effondrements de débarquements au cours des dernières décennies dus aux conséquences du phénomène climatique d'El Niño dans le Pacifique. La mise en œuvre de modalités de gestion (e.g., quotas de pêche cf. Encart Ph. Gros) a également réduit les prises d'anchois et d'autres espèces utilisées à ces fins. De fait, les productions d'huiles et de farines de poissons ont fortement fluctué en fonction de ces captures (voir encart 1), contribuant, avec la demande aquacole, à la tension sur les prix.

#### Average fish prices in real terms (2005)

US\$/kg (2005 value)

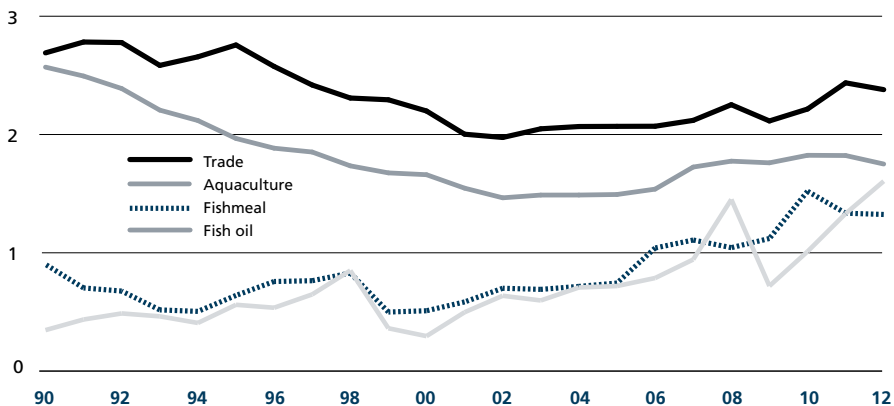


Figure 3 :

Evolution des prix selon les usages des produits marins (FAO, 2014).

Si de nombreuses espèces de poisson peuvent être potentiellement ciblées par ces pêcheries, l'industrie a développé une flotte spécialisée dans la capture de poissons gras tels que les petits pélagiques (e.g., anchois) de faible niveau trophique, vivants en bancs dans des secteurs côtiers et caractérisés par un cycle de vie court, des croissances rapides, des taux élevés de lipides, et des fluctuations importantes de biomasse, compte tenu de leur dépendance alimentaire au plancton, lui-même très dépendant des conditions environnementales. C'est une caractéristique importante pour la définition des modalités de gestion de ces stocks qui doit être basée sur une approche écosystémique. Les principales espèces concernées par ces pêcheries sont l'anchois du Pérou et du Chili (*Engraulis ringens*), le chinchard du Chili (*Trachurus murphyi*), la sardine (Chili) (*Clupea bentincki*) et le menhaden écaillé du Golfe du Mexique (*Brevoortia patronus*). A l'échelle européenne, les espèces capturées par ces pêcheries concernent les lançons (*Ammodytes tobianus*), le sprat

(*Sprattus sprattus*), le capelan (*Mallotus villosus*), le tacaud norvégien (*Trisopterus esmarkii*), le merlan bleu (*Micromesistius poutassou*) et le hareng (*Clupea harengus*) (Tableau 1, page suivante).

Les flottilles de bateaux de pêche impliqués dans les pêcheries minotières pratiquent quasi exclusivement la technique très ancienne qui consiste à capturer les poissons à la surface en pleine eau en l'encerclant à l'aide d'un filet de pêche appelé senne (ou seine). Les flottilles de senneurs opérant exclusivement pour la transformation sont composées de bateaux industriels en acier ou en bois de large capacité (>32 m<sup>3</sup> à 110 m<sup>3</sup>) (Avadi *et al.*, 2014 ; Fréon *et al.*, 2014a) . Les débarquements des bateaux pratiquant la petite pêche artisanale (capacité <10 m<sup>3</sup>) et des bateaux de moyenne capacité (10 à 32m<sup>3</sup>) en bois et selon la même technique de pêche (senne) sont théoriquement destinés à la consommation humaine. La flotte industrielle se focalise sur des lieux de pêche distants de 4 à 35 milles nautiques des côtes quand les bateaux artisanaux et de capacité intermédiaire exploitent la ressource respectivement à des distances de 0,9-10,1 et 1,3-10,8 milles des côtes. Les résultats récents démontrent que l'efficacité environnementale de la pêche industrielle minotière est globalement élevée. Toutefois, celle de la flottille artisanale et de taille intermédiaire n'est que légèrement inférieure à la flottille industrielle : les principales sources d'inefficacité résident dans le faible rendement énergétique pour la pêche industrielle (évalué en quantité pêchée de poisson par unité de carburant), et dans les coûts de construction et de maintenance pour la seconde, identifiant ainsi les possibilités d'amélioration par de nouvelles mesures de gestion complémentaires à celles portant sur la ressource.

## 1.2 Autres services et usages concurrentiels

La production naturelle des poissons exploités par les pêcheries minotières représente un service écosystémique important via les productions de farines et huiles de poissons. Il est important de souligner que les poissons ciblés contribuent directement au fonctionnement des écosystèmes: ces populations représentent un maillon de la chaîne trophique au rôle crucial dans le transfert d'énergie du plancton vers les grands poissons, mammifères et oiseaux marins, et par la même, de soutien au maintien de la biodiversité marine. Les interactions fortes sont ainsi documentées en Amérique du Sud lors des événements climatiques El Niño, quand des mortalités significatives d'oiseaux et de mammifères marins sont signalées en réponse à une réduction de l'abondance de leurs proies.

La production de farines et d'huiles issues de ces pêcheries est un des secteurs industriels les plus connus notamment pour les ingrédients de base rentrant dans la composition des aliments aquacoles. Toutefois, d'autres usages concurrents, en complément d'utilisations dans l'alimentation des animaux terrestres, représentent de nos jours une part croissante d'activité de l'industrie de transformation (cosmétique, pharmacologie, diététique) en renforçant les pressions commerciales sur celles-ci. L'augmentation de la population mondiale génère une demande alimentaire croissante qui peut s'exercer directement sur ces ressources (voir Encart 1). La valorisation de la matière première s'améliore : les sous-produits de pêche peuvent être utilisés à des fins de saurisserie, de gâteaux, de production de gélatine et de sauces. De nouveaux usages sont apparus récemment avec les bio-diesel/

**Tableau 1 :**  
Principales pêcheries par espèce à l'échelle mondiale (FAO, 2014).

2012 Ranking	Scientific name	FAO English name	Variation				
			2003	2011	2012	2003–2012 (Percentage)	2011–2012 (Percentage)
1	<i>Engraulis ringens</i>	Anchoveta (= Peruvian anchovy)	6 203 751	8 319 597	4 692 855	-24.4	-43.6
2	<i>Theragra chalcogramma</i>	Alaska pollock (= walleye pollock)	2 887 962	3 207 063	3 271 426	13.3	2.0
3	<i>Katsuwonus pelamis</i>	Skipjack tuna	2 184 592	2 644 767	2 795 339	28.0	5.7
4	<i>Sardinella</i> spp. <sup>1</sup>	Sardinellas nei	2 052 581	2 344 675	2 345 038	14.2	0.0
5	<i>Clupea harengus</i>	Atlantic herring	1 958 929	1 780 268	1 849 969	-5.6	3.9
6	<i>Scomber japonicus</i>	Chub mackerel	1 825 130	1 715 536	1 581 314	-13.4	-7.8
7	<i>Decapterus</i> spp. <sup>1</sup>	Scads nei	1 438 905	1 384 105	1 441 759	0.2	4.2
8	<i>Thunnus albacares</i>	Yellowfin tuna	1 498 652	1 239 232	1 352 204	-9.8	9.1
9	<i>Engraulis japonicus</i>	Japanese anchovy	1 899 570	1 325 758	1 296 383	-31.8	-2.2
10	<i>Trichiurus lepturus</i>	Largehead hairtail	1 249 408	1 258 389	1 235 373	-1.1	-1.8
11	<i>Gadus morhua</i>	Atlantic cod	849 015	1 051 545	1 114 382	31.3	6.0
12	<i>Sardina pilchardus</i>	European pilchard (= sardine)	1 052 003	1 037 161	1 019 392	-3.1	-1.7
13	<i>Mallotus villosus</i>	Capelin	1 143 971	853 449	1 006 533	-12.0	17.9
14	<i>Dosidicus gigas</i>	Jumbo flying squid	402 045	906 310	950 630	136.4	4.9
15	<i>Scomberomorus</i> spp. <sup>1</sup>	Seerfishes nei	702 010	918 495	914 591	30.3	-0.4
16	<i>Scomber scombrus</i>	Atlantic mackerel	689 606	945 452	910 697	32.1	-3.7
17	<i>Strangomera bentincki</i>	Araucanian herring	304 048	887 272	848 466	179.1	-4.4
18	<i>Acetes japonicus</i>	Akiami paste shrimp	542 974	550 297	588 761	8.4	7.0
19	<i>Brevoortia patronus</i>	Gulf menhaden	522 195	623 369	578 693	10.8	-7.2
20	<i>Nemipterus</i> spp. <sup>1</sup>	Threadfin breams nei	636 644	551 239	576 487	-9.4	4.6
21	<i>Engraulis encrasicolus</i>	European anchovy	620 200	607 118	489 297	-21.1	-19.4
22	<i>Trachurus murphyi</i>	Chilean jack mackerel	1 797 415	634 126	447 060	-75.1	-29.5
23	<i>Sardinops caeruleus</i>	California pilchard	633 554	639 235	364 386	-42.5	-43.0
<b>Total 23 major species and genera</b>			<b>33 095 160</b>	<b>35 424 458</b>	<b>31 671 035</b>	<b>-4.5</b>	<b>-10.7</b>
<b>World total</b>			<b>79 674 875</b>	<b>82 609 926</b>	<b>79 705 910</b>		
<b>Share 23 major species and genera (percentage)</b>			<b>41.5</b>	<b>42.9</b>	<b>39.7</b>		

Note: nei = not elsewhere included.

<sup>1</sup> Catches for single species have been added to those reported for the genus.



biogaz, les produits diététiques (chitosine) et pharmaceutiques y compris les huiles, pigments naturels après extraction, les cosmétiques (collagène), ou contribuent à d'autres processus industriels en alimentation du bétail et des animaux de compagnie (e.g., hydrolysats de protéines), en fertilisants. D'autres parties des poissons comme les viscères sont utilisables comme source potentielle d'hydrolysats de protéines et de peptides bioactifs. En santé humaine, l'huile de poisson sert de substitut aux huiles minérales, ou encore au traitement des diabètes, de l'hypertension et autres maladies. A titre d'exemple, les acides gras poly-insaturés sont particulièrement recherchés pour leur valeur nutritionnelle en alimentation humaine ; ainsi la production d'Omega 3 s'est développée depuis 2000 pour représenter près de 1,6 milliards (US\$) de chiffres d'affaires en 2010. Les technologies de micro- et nanoencapsulation facilitent l'incorporation de nutriments d'importance comme les huiles de poisson dans d'autres aliments. Ces technologies permettent l'extension de la durée de vie des produits et l'élimination des goûts et odeurs d'huile de poisson tout en améliorant leur valeur nutritionnelle.

### 1.3. Enjeux et Perspectives

Le secteur économique des pêcheries, hautement globalisé à l'échelle mondiale, s'est profondément transformé au cours des dernières décennies le rendant plus hétérogène et dynamique. De plus en plus de pays participent à ce secteur, plus ou moins spécialisés dans tel ou tel produit en fonction des contraintes économiques liées à cette globalisation. Ces facteurs induisent des changements dans la distribution, le secteur industriel de la transformation et l'augmentation des prix de la matière première qu'est le poisson. Les prix sont donc déterminés par les facteurs d'offre et de demande incluant l'alimentation humaine mais également les usages alternatifs des ressources. Les pêcheries industrielles restent dépendantes des marchés à l'échelle mondiale et vulnérables aux baisses de production. Ponctuellement, un épisode climatique El Niño peut réduire de 2 % le total du volume des prises de la pêche mondiale.

Les grands enjeux portent avant tout sur le développement durable de ces pêcheries minotières dont les modalités de gestion vont nécessiter une prise en compte (1) des différents services écosystémiques issus de ces stocks exploités que cela soit sur le plan de la chaîne trophique ou en tant que ressource pour l'homme, mais également (2) de l'intégration des réponses de ces populations face au changement global dont le dérèglement climatique. Le rôle de la gouvernance dans le domaine halieutique est ici important. L'Assemblée Générale des Nations Unies a adopté une résolution en 2013 sur le développement durable des pêcheries donnant une obligation à tous les Etats membres de coopérer pour une gestion durable et la préservation des ressources marines, et notamment à adhérer aux organisations régionales des pêches. En complément des politiques nationales (et européenne), les organisations régionales des pêches (ORP), en particulier celles pourvues d'un mandat de gestion (ORGP), représentent le principal mécanisme d'organisation afin de pérenniser la durabilité sur le long terme des ressources partagées. Une action est par ailleurs demandée dans le cadre de la résolution d'UNGA/A/RES/64/72 pour ce qui concerne la réduction (ou élimination) des rejets et captures accessoires/accidentelles, et notamment des juvéniles de poissons. Le rôle de la recherche scientifique dans la compréhension et la dynamique des processus en jeu est éga-

lement important. Une meilleure analyse du fonctionnement des écosystèmes et des réponses des populations de petits pélagiques ciblés par les pêches minotières, notamment face au dérèglement climatique, est essentielle à l'élaboration des politiques publiques de développement durable.

Du point de vue du consommateur, l'acceptabilité sociale porte sur un approvisionnement responsable : (1) gestion de stocks basés sur des approches scientifiques, (2) approche de précaution afin de limiter les impacts environnementaux, (3) gestion de capacité de flotte appropriée avec des engins de pêche limitant les captures accessoires et les impacts sur les juvéniles, (4) approche de conservation (e.g., fermeture de secteur de pêche) afin de minimiser les impacts des pêcheries sur les habitats et soutenir la préservation de la ressource, (5) inspections indépendantes basées sur une réglementation ad hoc avec des systèmes de rapportages fiables et de confiance comprenant également des dispositifs permettant de détecter et de minimiser les pêcheries illégales.

Différents scénarios de développement ont fait l'objet d'évaluations par la Banque mondiale (The World Bank, 2013) (Tableau 2). Les productions animales aquatiques mondiales devraient atteindre 188 Mt d'ici à 2023, stimulées par une demande forte (e.g., taux de croissance annuel à 1,2 %) dont plus de 89 % seront destinés à la consommation humaine. La globalisation du secteur de la pêche va continuer avec 36% de la production exportée en 2022. La production aquacole restera le moteur des augmentations de production et des taux de croissance (92 Mt en 2023) malgré les coûts élevés des farines et huiles de poisson qui représentent un frein à ce développement. Mais la croissance du secteur aquacole devra être accompagné de développements technologiques afin d'optimiser les usages de la matière première de façon similaire à la période 2000-2008 qui a vu une réduction de 12 % de l'utilisation de farines de poisson pour une augmentation de 62 % des productions.

**Tableau 2 :**  
Différents scénarios d'évolution des productions mondiales  
issues des pêcheries et de l'aquaculture à échéance 2022  
(FAO, 2014).

	Période de base 2010-2012	Scénarios – horizon 2022			
		Référence	Intermédiaire	Optimiste	Mixte
<i>(Millions de tonnes, équivalent poids vif)</i>					
<b>MONDE</b>					
<b>Production totale de poisson et autres produits aquatiques</b>	<b>153,940</b>	<b>181,070</b>	<b>188,093</b>	<b>194,800</b>	<b>194,792</b>
Aquaculture	62,924	85,124	92,402	99,330	99,330
Pêche de capture	91,016	95,946	95,692	95,474	95,462
Production de farine de poisson (en poids de produit)	6,103	7,021	7,358	7,679	7,734
Production d'huile de poisson (en poids de produit)	0,980	1,079	1,087	1,094	1,088
Commerce de poisson destiné à la consommation humaine	36,994	45,082	45,566	46,237	46,566
Offre de poisson destiné à la consommation humaine	131,741	160,514	167,397	173,969	174,032
Consommation apparente de poisson par habitant (en kg)	18,9	20,7	21,6	22,4	22,4

Principales sources de pression sur les poissons exploités par les pêcheries minotières, les productions d'huiles et de farines de poisson vont continuer à être utilisées comme ingrédients pour l'alimentation aquacole mais préférentiellement pour des stades spécifiques de développement des poissons d'élevage, comme par exemple l'alimentation des stades juvéniles ou des reproducteurs. Des voies alternatives de substitution sont explorées ; elles sont détaillées dans les chapitres suivants de ce Guide. Cependant la pression sur les pêcheries minotières ne va pas se réduire avec l'optimisation des pourcentages d'huiles et farines utilisés par l'alimentation aquacole (37 % en 1993 à 6 % en 2023). Leur transformation pour une utilisation directe pour la consommation humaine va continuer à s'accroître dans la mesure où les huiles, riches en acides gras Omega 3, présentent un intérêt bénéfique pour un bon nombre de fonctions physiologiques chez l'homme.

En 2023, les productions de farines de poisson devraient atteindre 5,5 Mt et 1,2 Mt d'huile, une augmentation de 6 et 7 % respectivement, comparés à la moyenne de 2011-2013. La production basée sur des poissons entiers de pêche va graduellement diminuer de 19 % (2004-2013) à 16 % d'ici à 2023 bien que la demande devrait croître de 15 % (farines) et 10 % (huiles) pour répondre à la demande. La compensation devrait être apportée par une amélioration des processus de transformation des sous-produits : la part d'huiles est déjà passée de 25 à 35 % de 1995 à 2012 (14 à 29% pour les protéines). Compte tenu de l'évolution des prix, ces pourcentages devraient atteindre 40 et 35 % d'ici à 2023. Cette diminution de la production basée sur des poissons entiers de pêche va résulter d'une moindre disponibilité de matière première du fait des limites établies par les Etats afin de gérer durablement les stocks de poissons. En effet, la mise en œuvre de restrictions de pêches initiées en Scandinavie puis aux USA, suivi du Chili et du Pérou a induit des réductions de tonnages débarqués (voir encart 1). Le transfert d'un usage à des fins non alimentaires vers l'alimentation humaine va également contribuer à réduire cette disponibilité. A contrario, l'amélioration des méthodes d'extraction de protéines et d'huiles devrait réduire la pression d'approvisionnement par les pêches minotières.

Les exportations de farines de poissons vont rester globalement stables avec 2,8 Mt produits (2014) pour une augmentation de 2 % d'ici à 2023 – les pays asiatiques maîtrisant 72 % du commerce mondial. Cependant les prix élevés de ces produits à l'international devraient pousser la Chine, qui représente le 1/3 du marché mondial, à développer sa propre production. Le Pérou et le Chili resteront les principaux exportateurs de farines de poisson à l'avenir, bien que leurs parts respectives doivent décroître de 52 % (2011-2013) à 46 % en 2023. Les exportations d'huiles devraient croître de 6 % au cours de la prochaine décennie.

Les points critiques et incertitudes pour ce secteur tiennent à l'évolution de l'allocation des droits de pêche et la durabilité économique de celui-ci. La réduction des quotas au Chili en 2014 en est un exemple. Les accords multilatéraux en matière de commerce (OMC), incluant la question des subventions à la pêche, mais également les effets de la crise économique, peuvent influencer la demande en produits de la pêche et générer des barrières commerciales et douanières aux importations. De nouvelles approches commerciales peuvent également représenter un défi majeur : l'introduction de labellisations privées basées sur des critères environnementaux et/ou sociaux (e.g., MSC®), leur mise en œuvre par des centrales d'achat et leurs effets

commerciaux peuvent impacter la situation présente. De nouveaux critères de qualité et de sécurité alimentaire peuvent également influencer l'évolution des pêcheries : réglementation européenne 2011 sur l'étiquetage<sup>9</sup> et la composition des aliments et la certification internationale des produits issus de ces pêcheries.

La traçabilité des produits tend à devenir une obligation afin d'identifier le caractère durable des pêcheries concernées mais également pour des raisons de santé publique. Ainsi la traçabilité se généralise dans les processus de certifications de développement durable. Les guides d'écolabellisation de produits marins et de bonnes pratiques pour la certification en aquaculture se développent. L'organisation internationale 'The Marine Ingredients Organization'<sup>10</sup> (IFFO) a développé son propre guide de pratiques responsables afin d'assurer aux utilisateurs que les produits ont été obtenus d'une façon responsable et sous précautions - sans que ce code soit en concurrence avec les écolabels (IFFO, 2013). Compte tenu de la généralisation des échanges internationaux, la traçabilité et la qualité des produits issus de cette industrie de transformation représentent un enjeu très important, tout particulièrement pour le domaine de la santé publique et alimentaire. Le codex « Code of Practice for Fish and Fishery Products » (CAC/RCP 52-2003) contribue à cette démarche.

Par ailleurs, les projections des modèles de gestion halieutiques, qui prévoient une stabilisation des productions issues de la pêche, présentent des incertitudes compte tenu de leur dépendance à la productivité des écosystèmes, soumise elle-même à de nombreuses variables (MEA, 2005). Les effets du dérèglement climatique, les pollutions, l'acidification des océans influenceront directement ce secteur économique. Ainsi la vulnérabilité des pêcheries du Pacifique à l'acidification et aux changements de température de surface nécessiteront de nouvelles stratégies d'adaptation portant notamment sur l'amélioration de la gouvernance de la gestion des pêcheries et le développement d'une réglementation ad hoc. De plus, l'évolution des tendances quant aux surcapacités des flottilles de pêche comme des pêcheries illégales et non déclarées sera également déterminante pour la durabilité des pêcheries. De façon similaire, le développement futur de l'aquaculture mondiale et donc de la demande vis-à-vis des pêcheries minotières, dépendra de l'évolution de la gouvernance (plan d'actions, soutien à l'innovation), d'externalités environnementales fortes (changement climatique, pollutions) et/ou résultant de pratiques peu durables (détérioration d'habitats, rejets organiques, parasites, espèces exotiques) et/ou économiques, comme de l'optimisation des conditions intrinsèques de production. La FAO a ainsi développé l'initiative « Croissance Bleue » proposant un cadre de développement durable pour l'aquaculture et la pêche. A l'échelle européenne, la nouvelle politique communautaire en matière de pêcheries, effective au 1<sup>er</sup> janvier 2014, promeut notamment la réduction des captures accessoires, l'objectif du « zéro rejet » et l'obligation de débarquements, autant de mesures en capacité d'interagir avec la dynamique des pêcheries minotières.

---

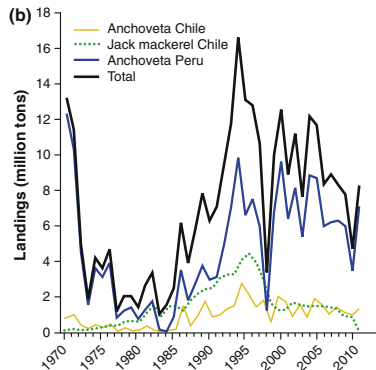
9 Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=URISERV:co0019&from=FR>

10 <http://www.iffo.net/system/files/IFFO-RS-Standard-Issue-1-5-Eng.pdf>

## Le cas des pêcheries du Pérou : alimentation humaine ou aliments pour l'aquaculture ?

Adapté de Fréon *et al.*, 2014b)

Le Pérou est le 1<sup>er</sup> exportateur mondial de farines et huiles de poisson et contribue respectivement pour la moitié et le 1/3 de la production mondiale (fig. 4).



**Fig. 6** Capture fisheries and aquaculture production, and the volume of the catch destined for reduction and other non-food uses: **a** World data 1970–2008 (Tacon *et al.* (2011) updated figure [Stefania Vannuccini, FAO, pers. com.]); **b** National catches of Chile and Peru contributing largely to the production and exportation of FMFO (source: FAO FishStat <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en>. Accessed 15 October 2013)

### Figure 4 :

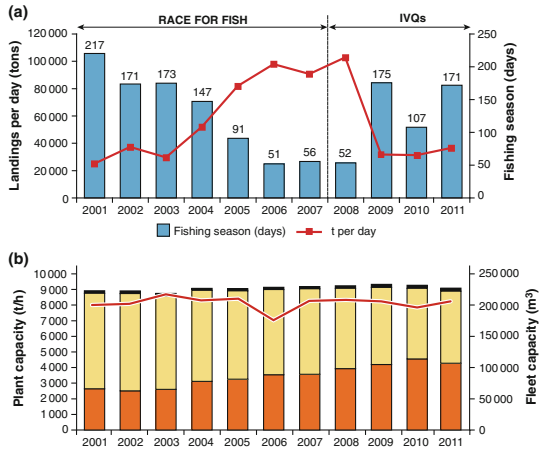
Evolution des productions issues des pêcheries du Pérou et du Chili  
(en millions de tonnes) (Fréon *et al.*, 2014b - adaptés de FAO).

Ces pêcheries concernent l'anchois *Engraulis ringens*, utilisé quasiment exclusivement (98%) pour les productions d'huiles et de farines de poisson, malgré une politique nationale proactive en faveur de son utilisation peu coûteuse pour l'alimentation humaine. Il est remarquable de constater que dans ce pays où une partie de la population souffre de malnutrition et de déficit calorique une telle ressource alimentaire et peu coûteuse ne soit pas plus directement consommée. Les principales raisons tiennent aux habitudes alimentaires d'une part et aux profits plus importants de revente pour l'alimentation aquacole qu'humaine dans un contexte d'une demande croissante très forte du fait d'une stagnation des pêcheries, d'autre part. Des causes indirectes comme le manque de logistique pour le traitement de poisson frais, mais fragile, par exemple la chaîne du

froid, les conditions sanitaires, favorisent également le secteur industriel aux dépens de la consommation humaine directe. L'utilisation récente d'un nouveau mode de gouvernance des pêches par un système de quotas individuels par bateau a transféré le pouvoir de négociation au niveau des pêcheurs, ce qui s'est traduit par une concurrence plus importante pour la matière première (fig. 5). La durée de la saison de pêche a augmenté, induisant une utilisation moins intensive des usines de transformation. Ceci provoque des fermetures temporaires pendant la saison de pêche ou à l'achat à prix fort de la ressource afin de maximiser le fonctionnement de celles-ci. Les prix proposés par les industriels de la transformation ont donc augmenté compte tenu de cette surcapacité de production des usines au détriment de la vente pour la consommation humaine. Bien que la flotte industrielle soit distincte de la flotte artisanale qui cible les anchois pour la consommation humaine, cette dernière choisit encore souvent la revente aux industriels, même de façon illégale.

Finalement, l'utilisation préférentielle des anchois pour l'alimentation animale est largement expliquée par les mécanismes libéraux de marché. Cependant, la situation pose d'autres problématiques en matière d'emploi, d'équité et d'utilité sociales comme de gestion durable des ressources. Il est donc probable que des scénarios alternatifs de gestion de la ressource voient le jour à court et moyen terme afin de proposer un développement durable en optimisant l'économie de ce secteur et ses retombées financières sur la population.

**Fig. 7** Recent changes in the Peruvian fishing sector: **a** duration of the anchovy fishing season (days) and the mean catch per day (t.d<sup>-1</sup>) in the north-center area; **b** fleet and plant capacities (*sources* PRODUCE and IMARPE)



**Figure 5 :** Evolutions des modalités de gestion des pêcheries péruviennes depuis 2001 (Fréon *et al.*, 2014b).

## Références

- Alder J. *et al.*, 2008. Forage fish: from ecosystems to markets. *Annual Reviews in Environmental and Resources*, 33: 153-166. <https://doi.org/10.1146/annurev.environment.33.020807.143204>
- Avadi A., I. Vazquez-Rowe & P. Fréon, 2014. Eco-efficiency assessment of the Peruvian anchoveta steel and wooden fleets using the LCA+DEA framework. *Journal of Cleaner Production*, 70: 118-131. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.047>
- FAO, 2014. *The state of World Fisheries and Aquaculture 2014*. Rome. 223p.
- Fréon P., A. Avadi, W.M. Soto & R. Negron, 2014a. Environmentally extended comparison table of large versus small- and medium-scale fisheries: the case of the Peruvian anchoveta fleet. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 71: 1-16 [dx.doi.org/10.1139/cjfas-2013-0542](https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0542). <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0542>
- Fréon P., J.C. Sueiro, F. Irlarte, O.F. Miro-Evar, Y. Landa, J.F. Mittaine & M. Bouchon, 2014b. Harvesting food versus feed: a review of Peruvian fisheries in a global context. *Rev. Fish. Biol.*, 24:381-398. <https://doi.org/10.1007/s11160-013-9336-4>
- ICES. <http://www.ices.dk>
- IFFO, 2013. *Global Standard for responsible supply – requirements for certification*, 25 p.
- MEA, 2005. *Millenium Ecosystem Assessment*. <http://www.millenniumassessment.org/en/index.html>
- OECD-FAO, 2014. *Agricultural Outlook 2014-2023*. Chapter 8 – Fish and Seafood. 189-204.
- Sanchez Durand N. & M. Gallo Seminariao, 2009. Status and trends in the use of small pelagic fish species for reduction fisheries and for human consumption in Peru. In: M.R. Hasan & M. Halwart (eds.). *Fish as feed inputs for aquaculture: practices sustainability and implications*. *FAO fisheries and Aquaculture Technical Paper*, n°518. Rome, FAO, pp. 325-369.
- Tacon A.G.J. & M. Metian, 2008. Aquaculture feed and food safety. The role of the Food and Agriculture Organization and the *Codex Alimentarius*. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1140: 50-59. <https://doi.org/10.1196/annals.1454.003>
- Tacon A.G.J. & M. Metian, 2009. Fishing for feed or fishing for food: increasing global competition for small pelagic forage fish. *Ambio.*, V.38(6): 294-302. <https://doi.org/10.1579/08-A-574.1>
- World Bank, 2013. FISH to 2030. Prospects for fisheries and aquaculture. *WB report*, n°83177-GLB, 80 p.

## Les TAC et quotas, instruments de contingentement des prises des navires de pêche en Europe

Par Philippe Gros, Ifremer<sup>11</sup>

À la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, le développement des pêcheries accompagnait les débuts la révolution industrielle. Le paradigme des ressources halieutiques illimitées ne fut balayé qu'au siècle suivant, notamment par le constat de leur raréfaction dans les décennies 1950-1960. La nécessité de strictement limiter les captures s'est alors imposée.

Ce bref préambule renvoie implicitement à deux notions qu'il est essentiel de préciser : la capacité de pêche et l'effort de pêche. La première désigne la quantité de poisson qu'un navire ou une flotte pêchant à plein rendement peut capturer par unité de temps en conditions de ressources données. Quant à l'effort de pêche d'un navire ou d'une flotte, il désigne le déploiement opérationnel de sa capacité sur les lieux de pêche. La capacité nominale d'une flotte est souvent approchée à l'aide d'indicateurs aisément accessibles tels que le nombre de navires, leur tonnage et leur puissance motrice, mais qui ne fournissent qu'une image partielle de la réalité. Depuis la deuxième guerre mondiale en effet, la capacité de pêche effective des navires a été continûment accrue par l'appropriation des progrès de la technologie (Squires & Vestergaard, 2013).

Pour empêcher l'épuisement des ressources halieutiques, il existe deux types – non mutuellement exclusifs – de contingentement des prises : (i) à l'amont de la capture, encadrer l'effort de pêche ; (ii) à l'aval, limiter l'extraction de biomasse à l'aide de quotas de captures. La gestion par TAC (Total Autorisé de Capture) fut généralisée dans les années soixante, sans entrave à la croissance de la capacité des flottes ; on mesure aujourd'hui les conséquences de cette orientation (World Bank, FAO, 2009).

Dans l'Union européenne, en application du règlement de base de la PCP (politique commune de la pêche, révisée tous les dix ans depuis sa création en 1983) le premier instrument fut le système des TAC et quotas, ensuite assorti d'une limitation de la capacité de pêche des flottes nationales, puis de quotas d'effort et de régimes d'accès spécifiques pour certaines espèces. Pour les États membres qui exploitent les mêmes stocks de différentes espèces, c'est dans ce cadre que sont établis à la fois le montant global des prises stock par stock (les TAC) et leur partage en quotas nationaux. Les TAC sont négociés au Conseil des ministres européens de la pêche réuni en décembre à Bruxelles, au cours duquel sont fixées les quantités qui seront capturables l'année suivante. Cette étape de décision politique succède à une expertise scientifique aboutissant à la recommandation des TAC. Elle précède la phase de gestion de la « consommation » des quotas et des opérations de contrôle afférentes<sup>12</sup>. L'ensemble du

11 Direction Scientifique, Centre Ifremer de Bretagne, Plouzané

12 La réforme de la PCP en 2013 a entraîné un substantiel progrès. Auparavant, le



processus engage conjointement les acteurs du monde scientifique, de l'administration, et les professionnels de la pêche, auxquels il convient d'adjoindre les ONG et les initiatives de certification et d'écocertification « pêche durable » non officielle (e.g. celle du MSC, *Marine Stewardship Council*), compte tenu de la prise de conscience citoyenne des enjeux de nature variée attachés à la pêche, et plus généralement de la dégradation accélérée de la biodiversité marine.

L'expertise de l'état des stocks halieutiques en appui de décisions de gestion est tributaire de la connaissance de plusieurs caractéristiques des espèces-cibles (abondance et taux de renouvellement des stocks, etc.) et de leurs habitats. Les caractéristiques de l'exploitation informent sur la distribution spatio-temporelle de l'effort de pêche et des prises afférentes. Collectées dans la durée, ces informations sont combinées dans des modèles statistiques qui permettent d'estimer les taux de la mortalité due à la pêche des différentes classes d'âge du stock. Ces résultats « alimentent » des modèles mathématiques de dynamique de population qui produisent des scénarios à court ou moyen termes des variations de l'état des stocks en réponse à différentes intensités de pêche, et si possible au changement de leurs habitats. Ces projections fondent la recommandation du niveau des TAC, généralement sur une base annuelle mais aussi à horizon plus lointain dans le cadre de plans de gestion pluriannuels.

L'expertise des stocks exploités par les flottes de l'UE est majoritairement réalisée par des groupes de travail internationaux sous l'égide du CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer), pour l'Atlantique nord-est. Sous mandat de la CGPM (Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée), un même processus est à l'œuvre pour les pays riverains de la Méditerranée et de la Mer Noire. Enfin, plusieurs ORGP (Organisations régionales de gestion des pêches) complètent le dispositif à l'échelle de l'océan mondial, notamment pour la gestion des stocks de poissons « grands migrateurs » : par exemple la CICTA (Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique ; acronyme anglais : ICCAT).

L'enjeu des TAC est de guider la trajectoire des pêcheries vers « *une exploitation des ressources aquatiques vivantes qui crée les conditions de durabilité nécessaires tant sur le plan économique, environnemental qu'en matière sociale* » (PCP 2002, règlement de base). Force étant de constater que de nombreuses pêcheries demeurent éloignées de ces critères, il convient de s'interroger sur les causes de défaillance du système des TAC et quotas.

— Premièrement, les TAC sont indissociables d'un objectif de gestion. Le plus classique est le « rendement maximal durable » (RMD, traduction de *maximum sustainable yield*, MSY) : la plus grande quantité de captures que l'on peut continûment extraire d'un stock dans les conditions environnementales

---

« Total Autorisé de Capture » n'encadrerait en fait que les prises débarquées. Le TAC était donc inférieur à la capture réelle, laquelle inclut aussi les prises rejetées à la mer. Cette anomalie est désormais corrigée : les rejets d'espèces commerciales – qui doivent être débarqués – sont comptabilisés dans le TAC à partir de 2016.

existantes, sans altérer significativement sa reproduction (FAO, 2014). Cet objectif n'a pas été intégré à la PCP avant la réforme de 2013.

- Deuxièmement, les TAC sont souvent découplés des mesures de régulation de l'accès des exploitants aux ressources halieutiques : il n'est pas alloué aux pêcheurs une part prédéfinie d'un stock, sauf dans quelques pays comme le Canada, l'Australie, la Nouvelle-Zélande, ou l'Islande qui ont mis en place des « quotas individuels transférables », échangeables sur le marché. En France, cette pratique est contraire à la loi. Le statut de ressource commune (*'common-pool resource'*), combiné à la raréfaction des espèces-cibles, crée dans les pêcheries faiblement régulées une concurrence entre exploitants qui entraîne l'augmentation de la capacité de pêche –génératrice de surexploitation– sans tenir compte de la productivité des écosystèmes, surtout en l'absence d'un objectif de gestion.
- Troisièmement, le calcul des TAC est entaché d'incertitude. La piètre connaissance des rejets et de la pêche INN (illégale, non déclarée, non réglementée) peut entraîner une sévère sous-estimation des captures réelles. À cette source de biais s'ajoutent les incertitudes inhérentes à l'évaluation des stocks (dues aux lacunes de la connaissance de la biologie des espèces, du fonctionnement des écosystèmes, de l'impact effectif de la pêche, et de la « traduction » de ces processus dans les modèles ; Fromentin *et al.*, 2014).
- Quatrièmement, l'implémentation des TAC est en pratique difficile, voire conflictuelle. L'avis scientifique est en moyenne toujours dépassé par les décideurs politiques (Carpenter, 2016) ; il en est de même des quantités réellement capturées comparées aux TAC décidés (Villasante *et al.*, 2011).

Enfin, le mécanisme de contingentement des prises lui-même est appelé à évoluer en fonction de nouveaux objectifs de gestion appliqués aux pêcheries à l'échelle d'une écorégion, comme le suggèrent les travaux exploratoires sur le RMD multispécifique (Worm *et al.*, 2009), ou encore sur la « pêche équilibrée » (Garcia *et al.*, 2012) conçue comme une alternative à la pêche sélectivement ciblée.

## Références

- Carpenter, G., Kleinjans, R., Villasante, S. & B.C. O'Leary, 2016. Landing the blame: The influence of EU Member States on quota setting. *Marine Policy*, 64 : 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.11.001>
- Fromentin, J.M., Bonhommeau, S., Arrizabalaga, H. & L.T. Kell, 2014. The spectre of uncertainty in management of exploited fish stocks: The illustrative case of Atlantic bluefin tuna. *Marine Policy*, 47 : 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.01.018>
- Garcia, S.M., Kolding, J., Rice, J., Rochet, M.J., Zhou, S., Arimoto, T., Beyer, J.E., Borges, L., Bundy, A., Dunn, D., Fulton, E.A., Hall, M., Heino, M., Law, R., Makino, M., Rijnsdorp, A.D., Simard, F. & A.D.M. Smith, 2012. Reconsidering the consequences of selective fisheries. *Science*, 335 : 1045-1047. <https://doi.org/10.1126/science.1214594>
- Squires, D. & N. Vestergaard, 2013. Technical change in fisheries. *Marine Policy*, 42 : 286-292. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.03.019>
- Villasante, S., García-Negro, M.C., González-Laxe, F. & G. Rodríguez Rodríguez, 2011. Overfishing and the Common Fisheries Policy: (un)successful results from TAC regulation? *Fish and Fisheries*, 12 (1) : 34-50. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2010.00373.x>
- World Bank, FAO, 2009. *The sunken billions. The economic justification for fisheries reform*. Agriculture & Rural Development Department. Washington DC: The World Bank, p. i-xxiii, 1-100.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J.K., Branch, T.A., Collie, J.S., Costello, C., Fogarty, F.J., Fulton, E.A., Hutchings, J.A., Jennings, S., Jensen, O.P., Lotze, H.K., Mace, P.M., McClanahan, T.R., Minto, C., Palumbi, S.R., Parma, A.M., Ricard, D., Rosenberg, A.A., Watson, R. & D. Zeller, 2009. Rebuilding Global Fisheries. *Science*, 325 : 578-585. <https://doi.org/10.1126/science.1173146>

## La production de farine et d'huile de poisson (selon la « Marine Ingredients Organization »)

L'association professionnelle des producteurs d'huiles et farines de poissons, anciennement « International Fishmeal and Fish Oil organization » (IFFO), récemment rebaptisée « Marine Ingredients Organization<sup>13</sup> », pour englober des produits à partir d'algues et de krill regroupe des membres à travers le monde (plus de 60 pays), et représente 50 % des volumes mondiaux de farines et d'huiles de poissons. Elle siège à diverses instances et ses membres s'engagent sur une production responsable, « Global Standard for Responsible Supply of fishmeal and fish oil (IFFO-RS) », une certification reconnue.

Les poissons sont déchargés et pesés à leur arrivée à l'usine, le degré de fraîcheur est mesuré. Le process (cf. schéma) implique une première phase de cuisson à 85-90°C. S'ensuivent plusieurs étapes de pressage, filtration, décantation, centrifugation, extraction, séchage pour séparer les phases solides des phases liquides, et aboutir à une huiles de poisson pure, et une farine déshydratée (90 % de matière sèche). Les températures de cuisson et d'extraction doivent être contrôlées strictement pour tuer les microorganismes mais aussi garantir la bonne qualité nutritionnelle finale du produit. L'usine est entièrement dédiée à la production d'huile et farine de poisson et ne doit pas accueillir d'autres produits animaux, tels que des sous-produits d'animaux d'élevage terrestres.

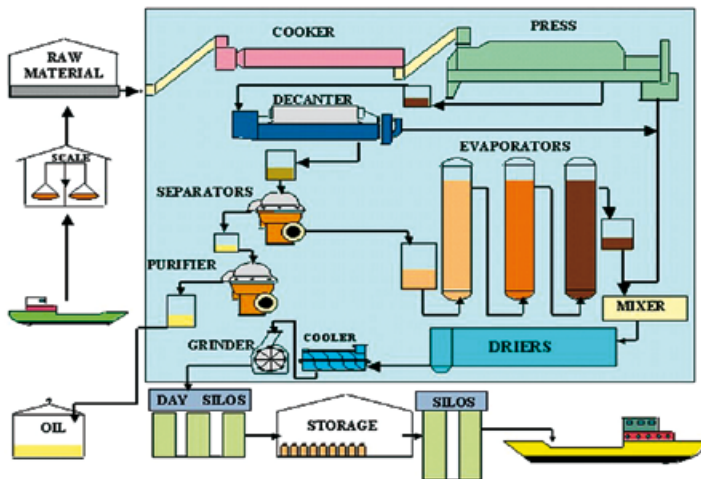
La plupart des membres IFFO travaillent en mode HACCP (Hazard Analysis Critical Control Points<sup>14</sup>), ce qui garantit la traçabilité et la bonne conduite du process pour éviter toute contamination. Les producteurs d'huile et farine de poisson pour l'Europe sont encouragés à adopter un degré supérieur de contrôle de leur production, le standard international « International Feed Standard Alliance (IFSA)<sup>15</sup> ». Tous les membres agréés de l'IFFO selon ces standards garantissent la qualité de leurs produits, sur les critères suivants : traçabilité complète de la chaîne de production (dont certification de l'usine) et qualité des huiles et farines: fraîcheur de la ressource, absence de contamination bactérienne, pureté, températures de cuisson, qualité des lipides (nécessitant l'emploi d'antioxydants). La présence de contaminants type métaux lourds est aussi contrôlée. L'ensemble de ces éléments de contrôle sont disponibles sous formes de documents accompagnant la fourniture d'un lot.

Aujourd'hui, comme l'indique la carte de l'IFFO, un certain nombre de producteurs sont certifiés mais il reste encore 60 % d'acteurs de la filière non affiliés à l'IFFO, donc non certifiés selon les normes européennes.

13 <http://www.iffonet/production>

14 Hazard Analysis Critical Control Point, <http://www.haccp-guide.fr/>

15 <http://www.fefac.eu/publications.aspx?CategoryID=2060&EntryID=263>



**Figure 6 :**  
 Procédé de production des huiles et farines de poisson  
 (<http://www.iffco.net>).

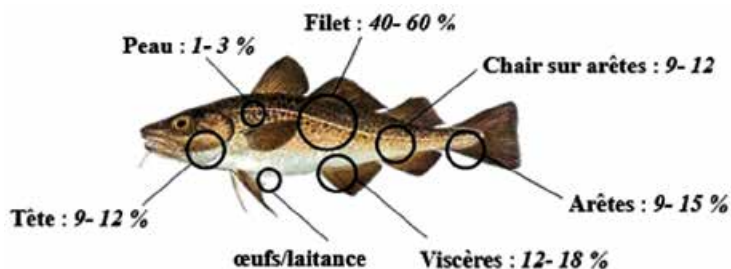


**Figure 7 :**  
 Installation de stockage de farines de poisson  
 (<http://www.iffco.net>).

## Chapitre 2 : Utilisation des sous-produits de la pêche et de l'aquaculture pour l'alimentation en aquaculture

Par Anaïs Penven-Turpault, Régis Baron, Monique Etienne (IFREMER), Charles Delannoy (PROCIDYS), Jean-Pascal Bergé (IDMER)<sup>16</sup>

Globalement, seulement 50 % des volumes de poisson capturés ou élevés finissent réellement dans l'assiette du consommateur (Dumay, 2006). Ceci est la conséquence de nombreuses étapes de transformation telles que le filetage, l'étêtage, l'éviscération, le pelage ou la découpe que les produits de la pêche et d'aquaculture subissent. Les sous-produits de poisson sont formés par l'ensemble des rebuts de ces transformations et sont ainsi composés de têtes, viscères, parures, arêtes ou cartilage, peaux, queues, œufs ou laitance, dont les proportions moyennes sont décrites dans la figure ci-dessous :



**Figure 8 :**

Proportions moyennes des sous-produits de poisson (Dumay, 2006).

S'ils ont pendant longtemps été considérés comme des déchets, ils font aujourd'hui l'objet d'une valorisation organisée permettant d'en dégager une valeur ajoutée dans plusieurs domaines d'application allant du retour au sol aux industries de niche (pharmacie, cosmétique, etc.) en passant par l'alimentation animale.

Leur utilisation en tant que matière première pour la fabrication d'aliments pour les élevages aquacoles représente une part considérable de leur emploi actuel.

<sup>16</sup> Anaïs Penven-Turpault, Régis Baron<sup>1</sup>, Charles Delannoy<sup>2</sup>, Monique Etienne<sup>1</sup>, Jean-Pascal Bergé<sup>3</sup>

<sup>1</sup> IFREMER-Laboratoire Biorafhe-Nantes

<sup>2</sup> PROCIDYS-Wimereux

<sup>3</sup> IDMER-Lorient

## 2.1 Présentation générale des sous-produits de poisson

### 2.1.1 Terminologie

La différence n'est pas toujours faite entre un sous-produit et un co-produit. Par abus de langage, le terme co-produit est plus utilisé, le préfixe « co » étant moins péjoratif que le préfixe « sous ». Au niveau réglementaire, les deux termes ne désignent cependant pas la même matière.

La combinaison de différentes sources nous permet de définir (DDPP, 2010 ; Règlement 2008/98/CE ; ADEME, 2000) :

- les co-produits, comme des matières intentionnelles et inévitables, produites en même temps que le produit fini, pouvant être utilisées directement ou **constituer un ingrédient pour la production d'un autre produit fini en alimentation humaine** ;
- les sous-produits, comme des matières intentionnelles, **ou non**, et inévitables produites en même temps que le produit fini, pouvant être utilisées directement ou **constituer un ingrédient pour la production d'un autre produit fini dans d'autres filières industrielles, excepté l'alimentation humaine**.

Dans le cadre de l'alimentation des poissons d'élevage, il faut donc parler des **sous-produits, issus de la pêche et de l'aquaculture**.

### 2.1.2 Réglementation

La réglementation relative aux sous-produits animaux est stricte et définit leur gestion particulière (règlement (CE) 1069/2009). En effet, suite aux différentes crises alimentaires (ESB<sup>17</sup>, H1N1<sup>18</sup>...), la réglementation sur les protéines d'origine animale pour l'alimentation des animaux d'élevage a été considérablement durcie, interdisant souvent leur utilisation.

Les sous-produits animaux doivent être manipulés, stockés, collectés et éliminés en suivant un cahier des charges particulier. Ils sont alors classés en trois catégories. Si les deux premières concernent les matières présentant un risque potentiel pour la santé humaine, la santé animale et l'environnement, la troisième catégorie (C3) contient les sous-produits animaux qui ne présentent aucun risque pour la santé. Elle est formée de parties d'animaux abattus propres à la consommation humaine et d'anciennes denrées alimentaires d'origine animale. Seuls les sous-produits classés C3 peuvent être utilisés en alimentation animale, après application de traitements appropriés dans une installation de transformation agréée.

### 2.1.3 Production

Au fur et à mesure du parcours des produits de la mer au sein de la filière, depuis la capture jusqu'à leur consommation finale, sont générés des sous-produits. Il est

---

17 Encéphalite spongiforme bovine, plus communément appelée « vache folle »

18 Virus plus connu sous le nom de « grippe aviaire »

possible de les classer en trois groupes : les captures accessoires et les rejets (à bord), les retraits et invendus (en halle à marée) et enfin les sous-produits issus de la transformation.

Ce sont ces derniers qui représentent actuellement les gisements les plus importants ou en tout cas les plus utilisés (Gestion Durable, 2010). Ils sont générés par de nombreux transformateurs, en première transformation (mareyage) et en transformation secondaire au sein de conserveries, de saurseries ou bien encore d'industries agroalimentaires.

Si les entreprises de mareyage sont généralement situées à proximité immédiate des zones de débarquement, cela ne se vérifie plus toujours pour les autres types d'entreprises qui tendent à s'affranchir de cette contrainte géographique par le biais des importations.

Ceci revêt une importance considérable dans le cadre de la logistique de collecte des sous-produits. En effet, il s'agit de matières fraîches à caractère fortement altérable qui nécessitent d'être transformées dans un délai très court. Comme les entreprises à collecter sont nombreuses et dispersées dans l'espace, la collecte est longue. Les sous-produits sont donc moins frais et les produits qui en sont dérivés sont de moins bonne qualité.

La production de sous-produits est en effet dépendante de la filière des produits de la mer, des débarquements et de la transformation. On ne pêche pas pour les sous-produits, ils ne sont pas intentionnels, leur production n'est donc pas réellement cadrée.

## 2.2 Potentialités de valorisation des sous-produits

Les sous-produits marins peuvent être utilisés dans différents domaines allant du retour au sol à l'extraction de molécules d'intérêt pour l'industrie pharmaceutique.

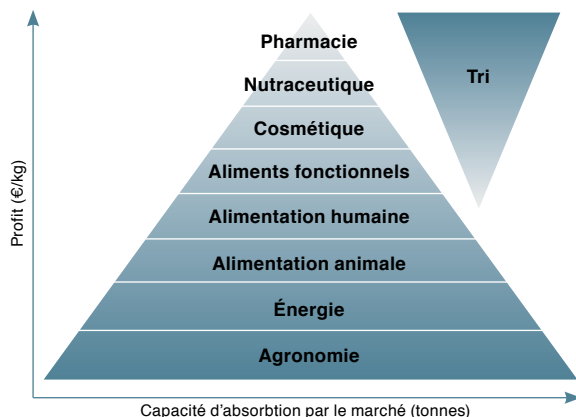
La figure ci-dessous (fig. 9), construite sous une forme pyramidale, présente les différents champs d'application susceptibles d'utiliser des sous-produits marins en tant que matière première, tout en prenant en compte la capacité d'absorption par le marché, mais également le profit unitaire qui peut être retiré des produits finis résultant de cette utilisation.

La notion de tri est également essentielle. Plus un champ d'application est pourvoyeur de profits, plus le cahier des charges associé à la production est strict notamment en matière de sélection des matières premières.

Eu égard à cette construction pyramidale, il est aisé de différencier deux types de valorisation :

- la valorisation de masse : valorisation s'appliquant à des volumes de sous-produits importants et générant des produits à faible valeur ajoutée ;
- la valorisation de niche : valorisation s'appliquant à de faibles volumes de sous-produits d'excellente qualité et générant des produits à haute valeur ajoutée.





**Figure 9 :**  
Pyramide des valorisations (Bergé, 2008).

La farine de poisson est une poudre de poisson, à forte teneur protéique, obtenue sur la base de poissons entiers (pêche minotière) ou de sous-produits<sup>19</sup> par cuisson, pressage, déchiquetage, séchage, broyage, granulation puis conditionnement. La teneur protéique des farines se situe entre 58 et 70 %. Un tel écart s'explique par la nature de la matière première mise en œuvre, les farines issues de poissons entiers (pêche minotière) contiennent généralement plus de protéines que les farines faites à partir de sous-produits (moins de chair).

## 2.3 Gestion des sous-produits

### 2.3.1. Le cas français

L'OFIMER a publié en 2004, une première étude sur les gisements de sous-produits marins à l'échelle de la France. Ces premiers résultats rapportaient que 150 000 t de sous-produits marins étaient disponibles sur le territoire métropolitain (Andrieux, 2004). Dix ans plus tard, ces tonnages sont estimés inchangés et se répartissent régionalement comme suit :

- région Nord (Boulogne sur mer) : 60000 t ;
- région Bretagne : 55000 t dont 20000 t pour la côte Nord et 35000 t pour la côte sud ;
- région Normandie : 15000 t ;
- côte Atlantique : 15000 t ;
- Côte Méditerranée : 5000 t.

<sup>19</sup> Exemple de la France qui n'a pas de pêcherie minotière, mais qui importe néanmoins en quantité les farines et huiles de poissons issues de la pêche minotière)

Globalement, la valorisation des sous-produits en fonction de leur utilisation finale permet d'affirmer que plus de 90% d'entre eux sont dirigés vers la transformation de masse à pour l'alimentation animale généralement.

Les deux principaux transformateurs de sous-produits de poisson en France opèrent sur deux territoires différents. Le premier COPALIS<sup>20</sup> est le collecteur et transformateur de sous-produits générés à Boulogne-sur-Mer et sur la côte d'Opale, spécialisé dans la fabrication d'hydrolysats protéiques pour l'alimentation des poissons d'élevage. Il a également développé depuis plusieurs années une production d'ingrédients destinés aux industries de niche.

Le second BIOCEVAL<sup>21</sup>, collecte et valorise les sous-produits de l'ensemble de la côte atlantique et de la Manche, ainsi que du sud de la France. Il produit des farines et huiles de poisson pour l'alimentation animale principalement.

BIOCEVAL collecte sa matière première auprès de 3,5 fois plus de fournisseurs que COPALIS, sur l'ensemble de la côte atlantique, soit une distance maximale de collecte 60 fois supérieure au champ d'action du premier.

Les deux principaux transformateurs de sous-produits de poisson français se comportent donc différemment eu égard à ces potentialités de valorisation et en fonction des contraintes de tri et de collecte. BIOCEVAL se concentre actuellement sur une valorisation de masse là où COPALIS s'est diversifié pour atteindre des domaines d'application à plus forte valeur ajoutée.

### 2.3.2 Eléments sur la situation en Europe

A l'exception de la production de farine et d'huile, peu de données détaillées sont disponibles sur la valorisation des sous-produits en Europe et dans le monde. Chaque année, ce sont près de 5 millions de tonnes de sous-produits qui sont transformés en huile et farine (représentant 1/3 des volumes qui entrent l'Europe, le reste provenant de la pêche minotière) à destination principalement de l'alimentation animale. Si le Pérou et le Chili sont de loin les plus gros producteurs, en Europe, c'est essentiellement en Scandinavie que l'on trouve de telles entités de transformation.

Quelques programmes de recherche ont permis de préciser un peu les choses en Europe en ce qui concerne le devenir des sous-produits. Les projets Valbiomar (2004-2006) et Biotecmar (2009-2011) se sont par exemple intéressés à collecter les données au niveau de l'arc atlantique européen (Irlande, France, Espagne et Portugal) afin d'établir une cartographie des biomasses disponibles. Si certains chiffres ont pu être annoncés, le manque d'harmonisation concernant les procédures de collecte oblige à une certaine prudence quant à leur utilisation.

Plus récemment (2013), une comparaison des modes de gestion des sous-produits entre la France et l'Espagne a été menée dans le cadre de travaux de recherche entre l'IFREMER et le CETMAR de Vigo en Galice (1<sup>er</sup> port de pêche européen). Il

---

20 Copalis (initialement CTPP pour Coopérative de Transformation des Produits de la Pêche), <http://www.copalis.fr/fr/>

21 Bioceval, <http://www.saria.fr/srfr/profil/saria-industries/bioceval/>

en ressort que malgré des volumes importants dans un espace restreint, jouissant d'une fraîcheur assurant une bonne qualité des matières premières, les sous-produits générés au sein ou à proximité de la zone portuaire de Vigo ne font pas l'objet à l'heure actuelle d'une valorisation à haute valeur ajoutée alors qu'ils pourraient y prétendre. Peu d'explications ont pu être avancées si ce n'est un certain désintérêt de la part des parties prenantes, hors sphère scientifique (Penven, 2014).

Standardiser cette filière apparait ainsi difficile tant les contextes nationaux puis locaux diffèrent d'une zone de production à une autre.

## **2.4 Focus sur les hydrolysats protéiques**

COPALIS produisait initialement des farines et huiles de poisson, mais a fait le choix de se concentrer sur la fabrication d'hydrolysats protéiques de poisson (HPP) et ne produit aujourd'hui presque plus de farines.

### **2.4.1. Courte présentation technique**

Le processus de fabrication des hydrolysats repose sur le principe de la coupure des protéines à l'aide d'auxiliaires technologiques de nature enzymatique (protéases à large spectre). Sous l'action de ces enzymes, la matière première se liquéfie partiellement. Des étapes de séparation physique (de type filtration, décantation) permettent alors de séparer 3 fractions: une fraction insoluble contenant les matières non solubilisées dont les arêtes, une fraction aqueuse riche en protéines hydrolysées (communément appelée hydrolysats) et une fraction huileuse (Bergé, 2008).

### **2.4.2. Caractéristiques principales**

Les principales caractéristiques des hydrolysats sont les suivantes :

- Une teneur en protéines élevée, pouvant varier de 75% à 90% voire 95% dans le cas d'hydrolysats purifiés. Ces protéines sont solubles et ont une haute digestibilité.
- Teneur en lipides : la teneur en lipides dépend du type et de la composition des sous- produits de poisson, de la séparation centrifuge qui permet d'extraire l'huile et aussi des applications souhaitées (aquaculture ou petfood). Les teneurs habituelles varient entre 10 et 25% sur matière sèche de l'hydrolysats.
- Faible teneur en minéraux (5 à 6%) comparativement à la farine de poisson (qui en contient généralement 2 à 5 fois plus).

En outre, en fonction de l'hydrolyse, le poids moléculaire est souvent inférieur à 10 000 Daltons avec un poids moléculaire moyen entre 1 000 et 4 000 Daltons.

Selon les applications, il peut être intéressant d'avoir des polypeptides très courts (de 1 000 à 2 000 Daltons) pour avoir une meilleure efficacité et une activité biologique intéressante. La taille des peptides a une incidence importante sur les propriétés fonctionnelles du produit fini.

L'hydrolyse conduit à la formation de petits polypeptides complètement solubles et très digestibles. En effet, si la digestibilité d'un hydrolysats dépend du type et du degré d'hydrolyse, elle s'avère toujours bien supérieure à celle d'une farine de poisson.

Néanmoins certains effets indésirables tels l'amertume (qui dépend du degré d'hydrolyse, du type d'enzyme et de l'hygroscopicité) sont parfois à déplorer.

### 2.4.3. Production

Il est difficile d'estimer le volume global d'hydrolysats produits dans le monde, car il y a différentes qualités d'hydrolysats et certains producteurs en produisent de faibles quantités uniquement pour leur marché local. Toutefois, une production mondiale annuelle de 20 000 à 30 000 tonnes (évaluées en tonnes équivalent poudre) d'hydrolysats de poisson semble réaliste. Une dizaine de sociétés dans le monde produisent des hydrolysats selon différents procédés et différents degrés de pureté soit sous forme liquide soit sous forme de poudre.

### 2.4.4. Atouts des HPP pour l'alimentation des poissons d'élevage

Les principaux impacts positifs des HPP concernent :

- Le taux de survie et les malformations:

Ceci est surtout important pour les juvéniles et les larves. Quelques études ont été réalisées sur le saumon et le bar, montrant une amélioration très significative de certaines fonctions digestives et d'autres propriétés physiques (jusqu'à un gain de taux de survie de 30% pour le bar avec un aliment où 40% d'hydrolysats protéiques de poisson ont été substitués à 40% de farine de poisson). Par ailleurs, il semble qu'un effet antistress des peptides puisse avoir une certaine influence sur le taux de malformation et de survie. Ces effets sont également observés pour la crevette.

- Gain de poids moyen, Indice de consommation (IC) et taux de croissance spécifique (SGR) :

En substitution de la farine de poisson, l'hydrolysats amène généralement un effet bénéfique sur les performances de croissance et l'efficacité nutritionnelle de l'aliment avec des taux d'incorporation faibles.

- L'amélioration de la digestibilité et la réduction de la pollution :

Ce sont également des critères très importants en aquaculture. Une très bonne digestibilité combinée avec une faible teneur en minéraux contribue à réduire les rejets et ainsi le risque de pollution de l'eau. Les principaux effets positifs des HPP sur les poissons sont une amélioration de l'appétence stimulant les enzymes digestives et limitant la production de rejets et de biomasse.

- Source naturelle de peptides antimicrobiens et réponse immunitaire :

Les HPP ont montré une certaine efficacité en tant que source de peptides antimicrobiens ayant des effets contre différentes bactéries. Ces effets dépendent du type d'hydrolyse et de la configuration des peptides.

#### **2.4.5. Forces et faiblesses de la filière hydrolysats protéiques**

La force principale des hydrolysats est associée à une mise en valeur accrue de la phase protéique du poisson. Un tri sélectif et une bonne fraîcheur (protéines non dénaturées) sont des atouts pour favoriser la bio-activité et la digestibilité des peptides, et la maîtrise de leurs caractéristiques. La technicité pour cette maîtrise est ici plutôt un atout pour une industrialisation sur le territoire national et permet de trouver un élargissement des débouchés. La contrepartie principale est une logistique accrue et une disponibilité en masse et en régularité suffisante des gisements de matière première. Sur ce point, la concurrence mondiale constitue une menace importante. Une faiblesse complémentaire en France repose sur le très faible tonnage de la production piscicole nationale. Or sur le plan mondial, l'aquaculture, notamment la pisciculture, est un débouché important tant pour la farine que pour les hydrolysats.

La tendance mondiale dans ce domaine est de favoriser la gestion intégrée, depuis la production des sous-produits jusqu'à la fabrication des produits dérivés, afin de maîtriser l'ensemble de la chaîne de production et de garantir une qualité optimale des produits finis.

### **2.5 Leviers et points de blocage pour une utilisation pérenne des sous-produits**

#### **2.5.1. Points de blocage**

Si les sous-produits présentent un intérêt certain pour l'alimentation des élevages aquacoles et sont aujourd'hui utilisés pour une majeure partie en ce sens, il faut néanmoins mettre en lumière certains points de blocage qui tendent à complexifier leur utilisation pérenne.

La filière des sous-produits de la mer est en effet imbriquée dans un système halieutique qui évolue sous l'influence de mutations structurelles majeures, engendrant des répercussions et effets de causalité sur les volumes, la gestion et la valorisation des sous-produits. Les volumes augmentent sous l'effet de l'augmentation de la transformation, seulement les débarquements diminuent. Le recours aux importations tend à affranchir les industries d'une nécessaire proximité aux zones de production primaires, les nouvelles attentes des consommateurs en matière de nutrition santé ouvrent de nouveaux marchés, etc.

Si en théorie, les facteurs de succès et de blocage quant à la valorisation de ces sous-produits sont aisément identifiables, que ce soit au niveau de la production, de l'approvisionnement, de la technique ou de l'innovation, la réalité du terrain met en avant d'autres paramètres d'influence.

On observe une gestion centralisée et une situation de monopole par les deux principales usines de traitement françaises. Cette situation engendre des problématiques environnementales non négligeables liées notamment au transport et à l'altération de ces sous-produits (Cesbron, Cikankowitz, 2011), mais aussi économiques de par les retombées économiques nulles, voire souvent négatives pour les industriels. L'étude des stratégies de valorisation de ces entreprises a permis d'éclairer certains points et d'expliquer l'état des lieux de la valorisation des sous-produits en France par plusieurs facteurs (Penven, 2014) :

- Forte dispersion géographique des gisements liée notamment au caractère artisanal de la transformation des produits de la mer (mareyage) ;
- diversité des pratiques liée au nombre considérable de transformateurs ;
- taille et répartition variables des gisements ;
- grande diversité de nature des sous-produits liée aux espèces pêchées ;
- forte dépendance à la filière pêche et donc à sa variabilité ;
- non-assurance de la qualité, du tri et du mode de stockage.

Ce dernier point est d'une importance considérable étant donné que la qualité et la présentation de la matière première déterminent les potentialités de valorisation ainsi que la qualité du produit fini.

### 2.5.2. Points forts

L'utilisation des sous-produits permet de jouir d'une bonne image de marque ancrée dans les thématiques actuelles de respect de l'environnement et de développement durable.

En effet, produire à partir de sous-produits permet une utilisation raisonnée de l'ensemble de la biomasse prélevée lors des activités de capture et donc une réduction des déchets. Cela permet dans le même temps de limiter les volumes de poissons pêchés exclusivement pour la fabrication de farines et huiles dans le cadre des activités de pêche minotière.

S'il est légitime de se demander si l'intérêt pour une problématique émergente est voué à perdurer, il est fort probable que la valorisation des sous-produits de la mer tienne encore une place dans les discussions des prochaines années du fait de ses connexions croisées à des enjeux plus généraux :

- La pérennisation de la filière halieutique : malgré une crise de la filière pêche qui perdure depuis plusieurs années, les considérations accordées à cette activité par les pouvoirs publics, nationaux et européens ne faiblissent pas, tant il s'agit d'une problématique majeure ;
- La lutte contre le gaspillage alimentaire : les initiatives locales, nationales et européennes visant à réduire la production de déchets et d'invendus alimentaires sont de plus en plus nombreuses et aucun retour en arrière ne semble envisageable ;
- Le recyclage des matières : réutiliser des matières en les transformant pour moins prélever dans des ressources à caractère épuisable est aujourd'hui largement ancré dans les modes de pensée des décideurs ainsi que dans les modes de vie des citoyens.

De nombreuses opportunités seront à saisir dans les prochaines années, notamment dans le cadre de l'application de la loi dite « 0 rejet » qui obligera les pêcheurs à ramener l'ensemble de leurs prises à terre (Commission Européenne, 2007 et Encart PCP par D. Symons). Les captures accessoires, poissons hors taille et juvéniles représentant autant de prises non désirées devront alors faire l'objet d'un traitement adapté, tout en respectant une certaine éthique.

## Références

- ADEME, 2000. *Les co-produits d'origine végétale des industries agroalimentaire*.
- Andrieux, G., 2004. *La filière française des co-produits de la pêche et de l'aquaculture, état des lieux et analyse*. Ofimer.
- Bergé, J.P., 2008. *Added Value to Fisheries Wastes*. Research Sign post. India publishers.
- Cesbron, E. & A. Cikankowitz, 2011. *Évaluation environnementale de filières de valorisation des sous-produits de la mer*. Projet PSDR. Grand Ouest. Série Les Focus PSDR3.
- Commission Européenne, 2007. *Rapport sur une politique visant à réduire les prises accessoires et à éliminer les rejets dans les pêcheries européennes*. (2007/2112(INI)).
- Dumay, J., 2006. *Extraction de lipides en voie aqueuse par bioréacteur enzymatique combiné à l'ultrafiltration : application à la valorisation de co-produits de poisson (Sardina pilchardus)*. Thèse de doctorat. Ifremer. Nantes.
- Gestion Durable, 2010. *Analyse des stratégies de gestion et d'aménagement durable des ports de pêche du Grand Ouest : synthèse des résultats d'enquête 2009*.
- Penven, A., 2014. *La gestion des ressources et des territoires : application à la mise en œuvre de projets de valorisation de sous-produits de poisson*. Thèse de doctorat. Ifremer. Nantes.

## La Politique Commune de la Pêche et le rejet zéro

Par D. Symons<sup>22</sup>

La Politique Commune de la Pêche (PCP) est une politique de l'Union européenne née en 1983 d'une adaptation de la politique agricole commune au secteur halieutique : elle concerne 23 des 28 États membres de l'Union, les 5 autres États, enclavés, n'étant pas concernés par ces problèmes. La PCP définit une série de règles destinées à gérer la flotte de pêche européenne et à préserver les stocks de poissons. Conçue pour gérer une ressource commune, elle donne à l'ensemble de la flotte de pêche européenne une égalité d'accès aux eaux et aux fonds de pêche de l'UE et permet aux pêcheurs de se faire une concurrence équitable<sup>23</sup>.

La PCP vise à changer l'approche de gestion s'intéressant aux stocks un par un, vers une approche écosystémique. Ses objectifs écosystémiques, en particulier en ce qui concerne les pêches industrielles, visent à s'assurer que leurs impacts sur les espèces consommées pas l'homme et les autres espèces marines, restent faibles.

Avec la nouvelle PCP, l'exploitation des stocks de poissons, même pour la fabrication d'aliment, demande à être réalisée de façon durable pour assurer la préservation des stocks. Cela se fait dans le cadre de plans de gestion annuels et multi-spécifiques qui doivent :

- Être basés sur les meilleures connaissances et avis scientifiques disponibles et être définis pour assurer une exploitation durable.
- Être en accord avec le principe de précaution, de façon à éviter tout risque d'effondrement des stocks, en particulier en gardant la taille des stocks et les taux de mortalité à des niveaux de sécurité à long terme. Il faut noter que selon la CE en 2010, les stocks exploités par les pêcheries minotières ne se sont pas détériorés au cours des vingt dernières années, et en particulier pas au cours des dix dernières années.
- Être défini pour assurer la récupération des stocks épuisés ; en prenant en compte le besoin de conserver la biodiversité et de minimiser les impacts sur les habitats.
- Être définis pour assurer des rendements hauts et stables.

En plus des plans de gestion multi-annuels, qui n'ont pas encore pris effet, les pêches minotières sont contrôlées par une série de mesures de gestion incluant

---

22 EBCD, Bruxelles

23 RÈGLEMENT (UE) No 1380/2013 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 11 décembre 2013.



les TAC, les limitations de prises accidentelles et les fermetures de zone (EC 850/1998; EC 1298/2000; EC 2341/2000). En plus des TAC, les mesures de gestion ont été établies pour éviter les impacts sur les espèces dépendantes des poissons fourrages, en particulier les oiseaux, les prédateurs et les juvéniles d'autres espèces qui pourraient faire l'objet de prise accidentelles.

Pour l'aquaculture, suivant l'Art.34 (4g), *les plans stratégiques nationaux pluriannuels visent notamment à : promouvoir les pratiques et la recherche aquacoles en vue de renforcer les effets positifs sur l'environnement et sur les ressources halieutiques et de réduire les incidences négatives, en allégeant notamment la pression sur les stocks halieutiques utilisés pour la production d'aliments pour animaux et en améliorant l'efficacité de l'utilisation des ressources.*

De plus, dans le Règlement de l'Organisation Commune des Marchés, il est clairement établi que (Art.7, 2c) : *Les organisations de producteurs de produits de l'aquaculture poursuivent les objectifs suivants: chercher à garantir que les produits d'alimentation provenant de la pêche et utilisés dans les exploitations aquacoles proviennent de pêches gérées de manière durable.*

La nouvelle PCP promeut les solutions innovantes avec des alternatives aux farines de poissons grâce à son Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP<sup>24</sup>) dont l'Art.47.1a précise : *Afin d'encourager l'innovation dans l'aquaculture, le FEAMP peut soutenir des opérations visant à: développer les connaissances techniques, scientifiques ou organisationnelles dans les exploitations aquacoles, qui, notamment, réduisent l'incidence sur le milieu, réduisent la dépendance à l'égard des farines et huiles de poisson, encouragent une utilisation durable des ressources dans l'aquaculture, améliorent le bien-être des animaux ou facilitent l'introduction de nouvelles méthodes de production durables.*

### **Obligation de débarquement / Interdiction des rejets**

Selon l'Art.15 (11) de la PCP : *Pour les espèces soumises à l'obligation de débarquement visée au paragraphe 1, l'utilisation des captures d'espèces dont la taille est inférieure à la taille minimale de référence de conservation est limitée à des fins autres que la consommation humaine directe, y compris les farines de poisson, l'huile de poisson, les aliments pour animaux, les additifs alimentaires, les produits pharmaceutiques et les cosmétiques.* Cela signifie que les poissons qui ne peuvent pas être vendus pour la consommation humaine à cause de l'absence de demande pour ces espèces, ou à cause de la taille inférieure à la limite autorisée, peuvent être redirigés vers les marchés principaux suivants :

1. Transformation en farine et huile de poisson
2. Transformation en hydrolysats

---

24 RÈGLEMENT (UE) No 508/2014 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 15 mai 2014.

3. Transformation en engrais
4. Digestion anaérobique pour récupération d'énergie
5. Congélation pour usage comme appât

Ceci dit, même si l'interdiction de rejet a été assez controversée, elle pourrait s'avérer intéressante pour le secteur aquacole, en lui procurant l'opportunité d'utiliser ces prises de poissons auparavant rejetées, avec divers effets collatéraux aux niveaux écologique ou environnementaux.

Barques de pêche à Malte © F. Simard.



## Chapitre 3 :

### De nouvelles matières premières à explorer

D'autres animaux aquatiques marins en dehors du poisson peuvent apparaître comme des sources potentielles de nouvelles matières premières de qualité en alimentation aquacole, il en est ainsi pour le krill, les vers marins d'élevage, le calmar, et d'autres à découvrir... Qu'en est-il ou qu'en serait-il de leur durabilité ? La question mérite d'être soulevée surtout pour des organismes comme le krill.

#### 3.1 Le krill, un enjeu planétaire

Par P. Mollo<sup>25</sup>, R. le Gouvello et F. Simard - UICN

Le krill, mot norvégien, inventé par les baleiniers et qui signifie la « nourriture des baleines » est en réalité le nom générique de 85 espèces de petits crustacés zooplanctoniques de la famille des euphausiacés, dont principalement *Euphausia superba*, le fameux krill antarctique abondant dans l'océan Austral (Noury et Mollo 2014). Bien qu'il soit très petit, sa quantité considérable en fait un maillon indispensable des réseaux trophiques marins incluant les mammifères marins, les oiseaux, ainsi que des gros poissons comme le thon, l'espadon, le saumon... à qui il transmet sa couleur rose. *Euphausia superba* est, en masse, l'espèce la plus abondante sur Terre et l'une des dernières grandes ressources sauvages de la planète. Le krill antarctique représenterait une biomasse de plus de 60 à 500 millions de tonnes de matière vivante, selon la méthode d'évaluation de la biomasse (Kawaguchi et Nicol 2014).

L'espèce *Euphausia superba* possède d'exceptionnelles qualités nutritionnelles. Outre sa richesse en protéines, et une forte teneur en acide gras Oméga-3, elle contient un antioxydant puissant (l'astaxanthine) et un cocktail de vitamines (B, E et D), de minéraux (fer, cuivre...) et d'oligoéléments (iode...). Ces qualités nutritionnelles, associées à son abondance, en font une nouvelle source potentielle de produits de « nutrisanté » pour l'homme.

Aujourd'hui, les progrès technologiques permettent à l'industrie de la pêche, surtout norvégienne, chinoise et coréenne, de rentabiliser l'exploitation du krill. Le total reporté des captures était de 181 000 tonnes en 2011/12, pour une valeur de 241 millions de US \$. Cette nouvelle pêcherie peut constituer une menace pour les grands équilibres trophiques océaniques si elle n'est pas strictement encadrée. De fait, la raréfaction du krill provoquerait un manque à manger pour de nombreuses espèces supérieures, susceptibles de disparaître à leur tour. Il faut aussi souligner le rôle essentiel que le krill joue dans le cycle du carbone océanique, et de sa vulnérabilité au regard du réchauffement et de l'acidification des océans<sup>26</sup>.

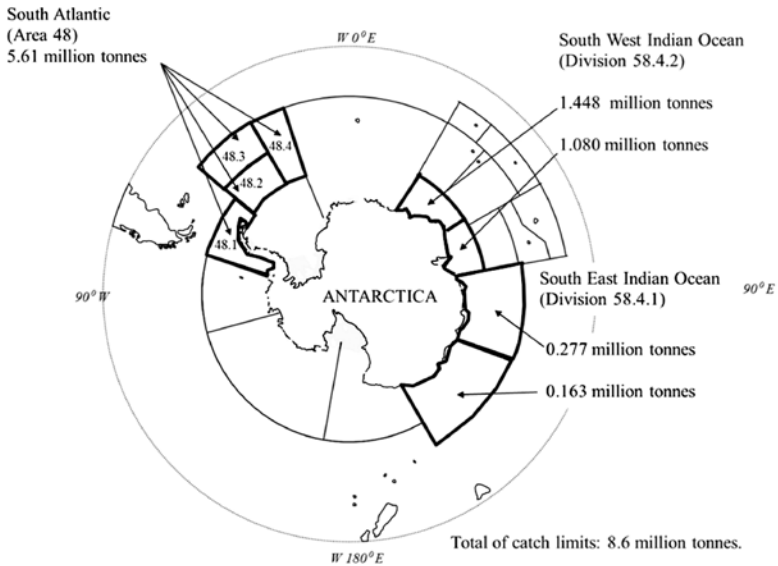
---

25 <http://www.observatoire-plancton.fr/Pierre-Mollo.html>

26 UICN 2014. The Significance and Management of Natural Carbon Stores in the Open Ocean. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-049.pdf>

Il est donc impératif de mettre en place une pêcherie raisonnée du krill qui pourrait assurer son renouvellement, et donc son exploitation dans la durée en respectant les capacités de reproduction naturelle de l'espèce. Il est considéré aujourd'hui par la communauté scientifique que la masse de krill est telle qu'elle pourrait être ponctionnée dans une certaine limite estimée scientifiquement, et à condition que ce plafond, une fois déterminé, soit respecté par l'ensemble de la flotte. Dans ce cas, et dans ce cas seulement, cette biomasse de protéines animales disponible en abondance dans l'océan pourrait rester une source potentielle de nourriture pour la population mondiale.

La "Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living"<sup>27</sup>, CCAMLR, une organisation qui regroupe 24 nations régle de manière stricte les quotas de pêche autorisée sur le krill. Le potentiel maximal de pêche à ne pas dépasser sans mettre en péril la ressource est estimé à 8,6 millions de tonnes d'*Euphausia superba* (Figure 10). L'enjeu n'est pas seulement écologique. L'intérêt d'un prélèvement raisonné est aussi économique et les industriels de la pêche l'ont sans doute compris, investissant dans cette activité avec des objectifs à long terme. Une société norvégienne qui exploite et commercialise des extraits de krill a même été certifiée MSC<sup>28</sup> en 2011.



**Figure 10 :**

Zones et quotas de pêche du krill, définis par la CCAMLR (Kawaguchi et Nicol 2014).

<sup>27</sup> <https://www.ccamlr.org/fr/>

<sup>28</sup> <http://www.msc.org/track-a-fishery/certified/southern-ocean/aker-biomarine-antarctic-krill>

La question est de savoir si les mesures sont bien en place pour que ces quotas soient respectés, on est en effet dans des zones de pêche éloignées, et difficilement contrôlées, et si ces quotas sont bien calculés en prenant en compte toutes les menaces qui pèsent sur l'avenir du krill, en particulier les phénomènes liés aux émissions de CO<sub>2</sub>, changement climatique et acidification. Si la demande sur le krill augmente, par exemple en développant son utilisation en alimentation et santé animale, le risque est en effet important d'augmenter la spéculation et les écarts sur les quotas autorisés.

Pour l'UICN et de nombreux acteurs de préservation de la biodiversité, il serait de l'intérêt de l'homme de protéger cette richesse alimentaire de l'océan. Dans cet objectif, des scientifiques proposent que cette dernière ressource naturelle de la planète soit considérée comme patrimoine mondial de l'humanité. Avec un panel d'experts, l'UICN est en train de travailler sur le classement du krill dans la liste rouge des espèces.

L'utilisation de la farine de krill pour l'alimentation aquacole devrait donc se faire avec le maximum de précaution de façon à ce que cette ressource soit conservée durablement.

## Références

- Noury, A. & Mollo, P. 2014. Krill : la dernière ressource naturelle encore intacte. *Journal l'Ecologiste*, n°42 Vol. 15, N°1, p13-14.
- Kawaguchi, S. & S. Nicol. 2014. Antarctic krill. In : UICN.2014. *The Significance and Management of Natural Carbon Stores in the Open Ocean*. Pp 71-80. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-049.pdf>



### 3.2 Les vers marins, une source potentielle de matière première ou d'ingrédient complémentaire en alimentation aquacole ?

Par P. Scaps<sup>29</sup> Laboratoire de Biologie Animale, Villeneuve d'Ascq, et B. Meijering<sup>30</sup> Topsybaits

Les annélides polychètes sont des vers marins annelés pourvus de nombreuses soies dont certaines espèces de grande taille (taille comprise entre 15 et 30 cm de longueur), à durée de vie longue et à vaste aire de répartition géographique présentent un intérêt économique. Ces espèces sont essentiellement destinées au marché des appâts de pêche mais elles sont également potentiellement intéressantes en tant que source de matière première en alimentation aquacole.

Les vers marins d'intérêt économique sont principalement récoltés en milieu naturel ; cependant, l'offre est largement inférieure à la demande notamment en Europe, ce qui a conduit à l'émergence d'un marché des vers marins et à l'importation d'espèces allochtones. Ce mode de fonctionnement entraîne un impact écologique non négligeable (retournement et affouillement du sédiment, risque d'introduction accidentelle d'espèces allochtones... ). De façon à surmonter les problèmes d'ordre environnemental, des entreprises commerciales spécialisées dans l'élevage des vers marins ont vu le jour. Quelques fermes marines sont d'ores et déjà fonctionnelles en Asie du sud-est (Scaps 2003). En Europe, la plus grande existe en Hollande et produit plus de 100 t d'appâts (Figure 11). L'espèce élevée est l'annélide polychète *Nereis virens* (Figure 12). Cette espèce est récoltée quelques mois après l'éclosion, puis élevée dans la vase et alimentée de déchets organiques.

Le développement de l'élevage de vers marins à l'échelle industrielle ouvre de nouveaux débouchés qui touchent les écloséries de crustacés et de poissons. En effet, les vers marins sont riches en acides gras polyinsaturés, composés intervenant de façon prépondérante lors de la reproduction des crustacés et des poissons (maturation des gonades, stimulation de la ponte, intervention dans l'embryogénèse précoce). De plus, il a été démontré que des extraits de vers marins rendent les aliments plus appétants. Selon l'industriel B. Meijering, le profil analytique du polychète *N. virens* est très intéressant pour l'alimentation aquacole : sur la matière sèche, 63 % de protéines, 12 % de lipides (dont 30 % de PUFA). Ces valeurs sont toutefois variables selon l'espèce de vers marins, et les saisons (Luis et Passos, 1995).

Récemment, Zal et Rousselot (2014) ont démontré que l'arénicole des pêcheurs *Arenicola marina*, espèce très commune des plages bretonnes détient une hémoglobine, dont les propriétés exceptionnelles permettent une utilisation thérapeutique universelle. La mise en place d'élevages de ce ver marin pour un tel débouché pourrait conduire à une production de sous-produits à tester en alimentation aquacole.

---

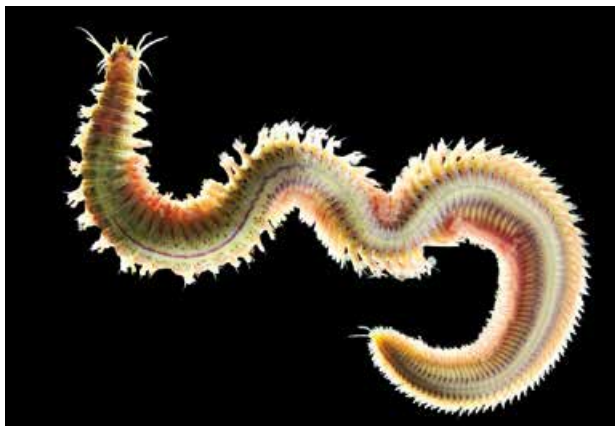
29 Laboratoire de Biologie Animale, Bâtiment SN3, Université des Sciences et Technologies de Lille, 59655 Villeneuve d'Ascq, France (patrick.scaps@univ-lille1.fr)

30 Bert Meijering (bert@topsybaits.nl) [http://www.topsybaits.nl/website\\_topsy/?page\\_id=227](http://www.topsybaits.nl/website_topsy/?page_id=227)



**Figure 11 :**  
Ferme Topsy Baits, Hollande (crédit Topsy Baits).

Parmi les freins à l'utilisation des vers marins comme source de matière première en alimentation aquacole, on peut citer le faible niveau de la production mondiale, le coût important de leur production ainsi que le faible nombre d'espèces actuellement élevées en cycle de vie complet. Les freins réglementaires du même type que ceux évoqués pour les insectes sont aussi importants. (cf. Guide C, Encadré Réglementation dans Encadré Insectes) Par conséquent, les techniques d'élevage des vers marins doivent être affinées, de façon à augmenter la production de vers marins et réduire son coût.



**Figure 12 :**  
L'annélide polychète élevé en Hollande : *Nereis virens* (crédit Topsy Baits).

## Références

- Luis, O.J. & A.M. Passos, 1995. Seasonal changes in lipid content and composition of the polychaete *Nereis (Hediste) diversicolor*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 111(4), 579-586. [https://doi.org/10.1016/0305-0491\(95\)00029-8](https://doi.org/10.1016/0305-0491(95)00029-8)
- Olive, P.J.W., 1994. Polychaeta as a world resource: a review of patterns of exploitation as sea angling baits and the potential for aquaculture based production. *Mém. Mus. natn. Hist. Nat.*, 162: 603-610.
- Olive, P.J.W., 1999. Polychaete aquaculture and polychaete science: a mutual synergism. *Hydrobiologia*, 402: 175-183. <https://doi.org/10.1023/A:1003744610012>
- Scaps, P., 2003. Exploitation et élevage des vers marins. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 128 (1-2) : 21-33.
- Scaps, P., 2004. Les vers marins : une source importante d'aliments pour les élevages d'organismes d'intérêt commercial. Journées Biologiques du Parc Phoenix – Nice, 1 et 2 avril, 2004. *Mém. Inst. Océano. P. Ricard*, pp. 129-136.
- Zal, F. & M. Rousselot, 2014. *Extracellular hemoglobins from annelids, and their potential use in biotechnology. Outstanding Marine Molecules: Chemistry, Biology, Analysis*, 361-376.





## GUIDE B

# Sustainability of vegetable materials of terrestrial origin

Raw vegetable matter of terrestrial origin consists of agricultural products and by-products, for human food, animal feed and non-food products like biofuels.

### General context and Issues

On a technical and economic level, many vegetable materials are sustainable alternatives to the marine proteins and lipids needed to feed farmed fish and this is now the 'norm' in fish feed manufacture.

Of the plant materials rich in proteins, there are protein-rich seeds and meals (e.g. co-products of seeds after they are crushed to extract oil). Soybean meal is a basic raw material, due to its high protein and essential amino acid content. It is commonly used for species such as tilapia. In Europe, however, the use of soybean meal as fish feed is faced with the «non-GMO» problem. Indeed, (certified) non-GM soybean meal is more expensive due to its reduced availability and some logistical constraints (see Box:Soy). In order to incorporate more soybean meal in aquaculture feed formulas, the «non-GMO» constraints currently in place must be confronted or lifted.

Other raw materials such as rapeseed and sunflower meal, protein-rich crops (peas, faba beans, lupins) or fodder/forage crops, could be better used, provided that the non- or anti-nutritional factors are eliminated (see Chapter: C. Burel and chapter C. Peyronnet). However, for these raw materials to be used by feed manufacturers, they must be available at a competitive price and with a regular supply of sufficient quality. Research and development, accompanied by an incentive-based policy from aquaculture producers, are essential for the development and production of protein crops in France.

Many by-products (from biofuel, beer production, rubber production, starch, substitution of hydrocarbons ...) have potentially high nutritional value, competitive prices and are easily available. This is the case, for example, for DDGS (dried distillers

# GUIDE B

## Durabilité des matières premières végétales d'origine terrestre

Les matières premières végétales d'origine terrestre sont constituées de produits et de coproduits de l'agriculture, quel que soit leur débouché agricole : alimentation humaine et animale, et débouché non alimentaire comme les biocarburants.

### Contexte général et enjeux

Sur un plan technico-économique, beaucoup de matières premières d'origine végétale constituent des alternatives durables pour apporter les protéines et lipides nécessaires à l'alimentation d'un poisson d'élevage. C'est d'ailleurs la voie la plus souvent suivie.

Parmi ces matières premières végétales riches en protéines, il y a les graines protéagineuses et les tourteaux (coproduits issus de la trituration des graines oléagineuses pour extraire l'huile). Le tourteau de soja est une matière première fondamentale, du fait de sa teneur élevée en protéines et son profil en acides aminés essentiels. Il est couramment utilisé pour les espèces comme le tilapia. Cependant, en Europe, l'utilisation de cette matière première dans les aliments pour poissons est confrontée à la problématique « non-OGM ». En effet, les tourteaux de soja non-OGM sont de plus en plus coûteux du fait de leur moindre disponibilité et des contraintes logistiques qu'ils requièrent (cf.. Encart Soja). Pour pouvoir incorporer davantage de tourteaux de soja dans les formules d'aliments aquacoles, il faudrait que la contrainte « non-OGM » actuellement imposée par les cahiers des charges soit levée.

D'autres matières premières, comme les tourteaux de colza ou de tournesol, les protéagineux (pois, féverole, lupin) ou les cultures fourragères, pourraient être davantage utilisées, à condition que les facteurs antinutritionnels soient éliminés (cf. Chapitre C. Burel et Chapitre C. Peyronnet). Néanmoins, pour que ces matières premières soient utilisées par les fabricants d'aliments, elles doivent être disponibles à un prix compétitif, en quantité et sur une période suffisante. Des travaux de recherche et développement, accompagnés d'une politique incitatrice auprès des

grain with soluble) proteins and wheat gluten (see commodities table in Annex II). In fact, for «bio-fuels / bio-ethanol» etc., the essential element is plant carbohydrate. This leaves nitrogen in the plants which retains all its value for fish feed.

Another example of a potentially useful by-product is guar (see following box). This product is highly dependent on the production of gum and is used in the process of extracting shale gas: a process that itself could be subject to change as it is controversial in some countries.

Vegetable oils can also replace fish oils, provided that EFA (essential fatty acids) and fish oil supplements are added to the formulated feeds for some fish species, or at certain physiological (developmental) stages (see Chapter: C. Burel). Among these, vegetable oils, rapeseed, soybean, palm and sunflower oil are the most interesting and most readily available.

The oil obtained from camelina crops (*Camelina* sp.) is less easily available on the market, but has a clear nutritional benefit due to its richness in Omega 3. A genetically modified camelina containing more Omega 3 has been developed and its oil tested in salmon feed trials. If marketed, it has great potential for global aquaculture feeds (see Chapter: C. Peyronnet) but it also has its issues. The question of the acceptability of GMOs in France and in the European market is, in fact, crucial to maintaining the competitiveness of EU aquaculture and European feed producers. Other continents (America, Australia, Asia) will without a doubt allow GMO oil and protein crops like camelina and canola to produce more EFAs.

There are still a lot of raw vegetable materials under-utilised in fish feeds at present. It is possible to stimulate and promote the exploration of new sources, including co-products from the pharmaceutical and cosmetic industries, agro-food, agro fuels (e.g. castor oil, sunflower husks...).

### Guar

Grown predominantly in India (80% of global production), guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) or «cluster bean» is a vegetable commonly used in human food in South Asia. It is the source of guar gum, which is also used in the process of extracting shale gas and leading to the increase of current guar production. By-products include the pod (40% protein) and germ (58-60% protein). The price has long fluctuated between US \$1500 and 2000/ton and in recent years, this has increased to US \$ 20,000/ton. This increase has led to a doubling of the Indian production, encouraging the entry of guar by-products in the commodities market for animal feed and aquaculture, as the price is more attractive than that of soybeans. But since the shale gas industry will likely use other products in the short term, the future availability of guar in human food and feed could be threatened. Guar, however, remains a very interesting plant for fish feed with its high-protein by-products.

producteurs, sont indispensables pour permettre le développement de la production de protéagineux en France.

De nombreux coproduits d'autres filières (biocarburant, production de bière, production de gomme, amidonnerie, hydrocarbures de substitution...) présentent un réel intérêt nutritionnel, un prix compétitif et une disponibilité régulière. C'est le cas par exemple des protéines de drèches et du gluten de blé (cf. Tableau Matières premières en Annexe II). De fait, lorsque l'on parle de « bio-carburants / bio-éthanol » etc., la partie concernée est l'hydrate de carbone des plantes. Il reste donc la partie azotée des plantes qui conserve tout son intérêt pour l'alimentation des poissons.

Autre exemple de ce type, le guar (cf. Encadré ci-dessous) est une matière première d'opportunité actuellement sur le marché. Ce produit est très dépendant de la production de la gomme, qui entre dans le processus d'extraction de gaz de schiste, un procédé lui-même appelé à changer, et remis en cause dans certains pays.

Les huiles végétales constituent une voie solide de substitution aux huiles de poisson, à condition qu'une supplémentation en AGE, par des extraits ou par des compléments d'huiles de poisson, soit faite dans l'alimentation de certains poissons, ou à certains stades physiologiques (cf. Chapitre C. Burel). Parmi ces huiles végétales, l'huile de colza, de soja, de palme, et de tournesol sont les plus intéressantes et les plus disponibles.

L'huile obtenue à partir de la caméline (*Camelina* sp.) est peu disponible sur le marché, mais présente un net intérêt nutritionnel pour sa richesse en Omega 3. Si une caméline génétiquement modifiée pour produire plus d'Omega 3 était mise sur le marché, elle aurait un fort potentiel dans l'alimentation aquacole mondiale (cf. Chapitre C. Peyronnet). La question de l'acceptabilité des OGM en France et sur le marché européen devient, de fait, cruciale pour préserver la compétitivité de l'aquaculture européenne et des producteurs d'aliments aquacoles. D'autres continents (Amérique, Australie, Asie) permettront sans aucun doute les OGM de plantes oléo-protéagineuses pour produire plus d'AGE, comme la caméline et le colza.

### Le guar

Cultivé en Inde à 80 %, le guar « cluster bean » (*Cyamopsis tetragonoloba*) est un légume couramment utilisé en alimentation humaine en Asie du Sud. Il conduit à la production de gomme, qui entre aussi dans le processus d'extraction du gaz de schiste, d'où l'expansion de sa production actuelle. Les coproduits sont la cosse (40 % de protéine) et le germe (58-60 % de protéine). Le prix a longtemps fluctué entre 1 500 et 2 000 US\$/tonne puis, au cours des dernières années, il a grimpé jusqu'à 20 000 US\$/tonne. Cette hausse du cours a conduit à doubler la capacité de production indienne, faisant entrer les coproduits du guar dans le marché des matières premières de l'alimentation animale, et aquacole, car leur prix est plus attractif que celui du soja. Mais la filière gaz de schiste va probablement utiliser d'autres produits à court terme, ce qui pourrait menacer la disponibilité future de guar dans l'alimentation humaine et animale. Le guar restera cependant une plante très intéressante en alimentation aquacole, la gomme est utilisée comme liant, et les coproduits sont riches en protéines.

## Social sustainability

On a social level, there are two key questions relating to the sustainability of raw vegetable matter:

– *What is the impact of cultivating the raw material on the local socio-ecosystems?*

In the case of soy and palm oil, the impacts on local forest ecosystems and on small producers have been denounced in several countries (including Brazil and Indonesia) by public opinion in countries where farmed fish and shrimp are consumed (Europe, North America). However, for some countries or concerned parties involved in production, it is recognised that these crops also represent an opportunity for socio-economic development. Labels of responsible production of Soy and Palm oil (see Box: Soy and Box: Palm oil, Rival and Levang) can contribute to improving acceptability to western consumers of farmed fish or shrimp. However, due to the lack of real demand from end-users, producers involved in these initiatives are still few, although their numbers have increased significantly in recent years (2500 members for RSPO). In addition, nearly half of the certified palm oil on the market cannot find a buyer. Work is still on going in the European, and especially French animal feed industry to expand the use of this type of approach. In August 2015, the FEFAC (European Feed Manufacturers' Federation) published guidelines for soybean suppliers, to encourage the development of the “responsible” supply and purchase of soybeans in Europe.

In general, agricultural commodities have good (consumer) acceptability. This is particularly the case of pulses such as alfalfa, peas and fava beans.

– *Are the plants from which these raw materials originate GMOs or is there a risk of this?*

When the plants from which raw materials originate are GMOs, there is a potential rejection in certain regions such as France. But the situation is actually more nuanced. In France, it is more the consuming end of the aquaculture industry (processors, retailers, consumers) that rejects GM plant raw materials included in aquaculture feed.

It is worth noting the different consumer reactions to raw materials compared to fish: people can reject a GM fish, but accept the use of GM plant materials that have fed this fish because it does not render the fish GM.

Outside France, points of view are even more diverse. For some commodities, it is very difficult to purchase a «non-GMO guarantee». This has led some NGOs like WWF to give preference to soybean crops being sustainable (no deforestation), even if the crop is derived from GM seed (see Box: Soy Guide).

The animal feed industry (SNIA and Coop de France Nutrition Animale) emphasizes this point in the context of the DURALIM approach: the notion of sustainable sourcing of the raw materials. Cultivation from a GMO or non-GMO seed must meet the same requirements to qualify as sustainable. One should therefore dissociate the GMO debate from that of sustainability.

Il y a encore beaucoup de matières premières non utilisées et non valorisées à ce jour. Il est possible de stimuler et de promouvoir l'exploration de nouvelles sources valorisables comme, par exemple, les coproduits de l'industrie pharmaceutique et cosmétique, de l'agro-alimentaire, et ceux des agro-carburants (exemples : tourteaux de ricin, la coque de tournesol...).

## Durabilité sociétale

La durabilité des matières premières végétales pose deux questions essentielles sur un plan sociétal:

— *Quel est l'impact de la culture de la matière première sur les socio-écosystèmes locaux ?*

Dans le cas du soja et de l'huile de palme, les impacts sur les écosystèmes locaux forestiers et les petits producteurs, ont été dénoncés dans plusieurs pays (dont le Brésil et l'Indonésie) par les sociétés où sont consommés les poissons et crevettes d'aquaculture (Europe, Amérique du Nord). Toutefois, pour certains pays ou acteurs des pays concernés par ces productions, il est reconnu que ces cultures représentent également une opportunité de développement socio-économique. Les labels de production responsable Soja et Huile de palme (cf. Encart Soja et Encart Huile de palme Rival et Levang) permettent d'améliorer l'acceptabilité par le consommateur occidental de poisson (ou crevette) d'aquaculture. Mais du fait de l'absence d'une réelle demande de la part du consommateur final, les acteurs des filières sont encore peu nombreux à s'être impliqués dans ces initiatives même si leur nombre a augmenté significativement au cours des dernières années (2500 membres pour RSPO). En outre, près de la moitié de l'huile de palme certifiée mise sur le marché ne trouve pas d'acquéreur. Des travaux sont néanmoins en cours au sein de l'alimentation animale européenne et donc française pour développer le recours à ce type de démarche. La FEFAC (Fédération européenne des fabricants d'aliments) a publié en août 2015 des lignes directrices pour les approvisionnements en soja, afin d'encourager le développement de l'offre et des achats en soja «responsable» en Europe.

En général, on peut souligner que les matières premières agricoles bénéficient d'une bonne acceptabilité. C'est particulièrement le cas des légumineuses comme la luzerne, le pois, et la féverole.

— *Les plantes dont sont issues les matières premières sont-elles OGM ou risquent-elles de l'être?*

Quand les végétaux à l'origine de la matière première sont OGM, il y a potentiellement un rejet dans certaines filières comme en France. Mais il faut nuancer ce propos. En France, c'est plutôt l'aval de la filière aquacole (transformateurs, distributeurs, consommateurs) qui refuse que des matières premières issues de plantes OGM soient inclus dans les aliments aquacoles.

Il faut également noter l'existence de réactions différenciées pour les matières premières, et le poisson : une société peut rejeter un poisson qui serait OGM, mais admettre l'usage de matières premières végétales OGM, qui ont nourri ce poisson, car cela ne rend pas pour autant le poisson OGM.

– *Other elements of sustainability for consideration*

The use of various agricultural by-products for aquaculture is well perceived. These are materials that do not compete with human food and which contribute to the fight against waste. This positive perception can be qualified for an informed public if the production of the original plant matter does not involve a process or a destination challenged by a section of society. This is the case for example in the production of bioethanol or biofuel of the first generation.

In terms of food health and safety, plant raw materials have a positive acceptance.

Finally, a major question remains in terms of acceptability:

– *Is it acceptable to feed carnivorous fish with proteins and fats of plant origin? Can we make a salmon vegetarian for example?*

The answers to this very complex issue vary among individuals. For the scientific community (see: C. Burel, chapter of this guide), feeding a farmed fish means meeting its nutritional needs and choosing the best scientifically-proven ingredients whatever their origin. A fish must eat a certain amount of proteins, among which are some essential amino acids that it finds in plants.

Work by Gira in 2001 for the EU-funded PEPPA project, showed the variation of consumer beliefs in three countries – UK, Italy and France. According to their survey, almost two-thirds of Britons accept that the trout they eat is farmed. Farming is considered «civilized» which is reassuring from the safety standpoint. We are interested in fish feed, and more plant food would be welcome, since we do not like to think that the fish eat each other! On the other hand, Italians believe that the trout and bream they eat are not farmed, and that the struggle between predatory fish means that only the strongest survive (and are then eaten by humans). Since the fish are not farmed (except those that are imported), the problem of a vegetarian diet for the fish does not arise. Also in this survey, about 40% of French consumers were beginning to realize that fish are farmed, but this appeared «against nature» for them. To provide a vegetarian diet to a predatory fish would hence seem even more so.

More recently, in France, G. Debucquet (see Box: G. Debucquet), showed that it could be considered as «natural» to provide terrestrial plant protein and oils to farmed fish. However, the use of processed animal proteins from terrestrial livestock such as pigs or poultry would really be «against nature». For others, looking more for «authenticity», the feed given to farmed fish must be as close as possible to what it finds in the wild, which therefore excludes plant proteins and oils for a predatory fish. Finally, some consumers have no opinion on the subject and accept feeding practices if they are validated by the scientific community.



En dehors de la France, les positions sont encore plus contrastées. Pour certaines matières premières, cela devient très difficile de s'approvisionner avec une « garantie sans OGM ». Cela conduit d'ailleurs certaines ONG comme le WWF à privilégier le fait que le mode de culture du soja soit durable (absence de déforestation) même si le soja produit est issu de semence OGM (cf. Encart soja du Guide).

L'industrie de l'alimentation animale (SNIA et Coop de France Nutrition animale) insiste sur ce point dans le cadre de la démarche DURALIM : la notion de durabilité porte sur les conditions de production de la matière première. La culture à partir d'une semence OGM ou non OGM doit répondre aux mêmes attentes pour être qualifiée de durable. Il faudrait donc dissocier le débat OGM de celui de la durabilité.

— *Autres éléments d'appréciation de la durabilité*

Le fait d'utiliser en alimentation aquacole divers coproduits d'agriculture est plutôt bien perçu. Ce sont des matières premières qui n'entrent pas en concurrence avec l'alimentation humaine et qui contribuent à la lutte contre le gaspillage. Cette perception positive peut être nuancée pour un public averti si la production du végétal d'origine n'implique pas un procédé ou une destination remis en cause par une certaine quantité de protéines. C'est le cas par exemple de la production de bioéthanol ou de biocarburant de première génération.

Sur les plans sécurité sanitaire et alimentaire, les matières premières d'origine végétale sont considérées plutôt positivement.

Enfin, une question majeure demeure, en termes d'acceptabilité :

— *Peut-on accepter de nourrir un poisson dit carnivore avec des protéines et lipides d'origine végétale ? Peut-on rendre végétarien un saumon par exemple ?*

Les réponses à cette question très complexe sont variables selon les individus. Comme l'indique la communauté scientifique (cf. C. Burel, chapitre de ce guide), nourrir un poisson d'aquaculture impose de respecter ses besoins nutritionnels, et de choisir entre les meilleurs ingrédients, testés scientifiquement, et ce, quelle que soit leur origine, animale/végétale, aquatique/terrestre. Un poisson doit manger une certaine quantité de protéines, dont certains acides aminés indispensables, qu'il lui faut alors trouver dans les végétaux.

En 2001, un travail a été effectué par GIRA<sup>1</sup> dans le cadre du projet PEPPA sur les consommateurs de trois pays (UK, Italie, France) et montrait que les mythes des consommateurs des trois pays varient considérablement d'un pays à l'autre. Selon cette enquête, presque les deux tiers des Britanniques acceptent que la truite qu'ils mangent soit d'élevage. L'élevage est « civilisé », et rassurant du point de vue des contrôles sanitaires. On s'intéresse à l'alimentation du poisson, et une alimentation plus végétale serait la bienvenue, puisqu'on n'aime pas penser que les poissons se mangent entre eux ! Les Italiens croient que les truites et les dorades qu'ils mangent ne sont pas d'élevage, et que la lutte entre poissons carnivores implique que seuls les plus forts survivent (pour être ensuite mangés par l'homme). Puisque les poissons ne sont pas élevés (sauf ceux d'importation), le problème d'une alimentation

---

<sup>1</sup> Aquaculture Durable : Prise en compte de l'image des poissons d'élevage chez les consommateurs Bordeaux. *Aquaculture*, 18-20 octobre 2002

## Environmental sustainability

In terms of biodiversity, part of the sustainability assessment of the plant raw materials refers to the two main questions raised earlier: does the cultivation of the original plant respect the biodiversity of the place of origin? and, is this a GM product?

For example, if producing countries can supply soy or palm oil with environmental or ethical certification as explained in this document (see the boxes below: Soy and palm oil), it can then be considered that sustainability at an environmental level is achieved (see Box: Soy and palm oil, Rival and Levang). For WWF, soy certification scheme or RTRS (Round Table on Responsible Soy) is a priority and leads to the acceptability of GM soy, with certain reservations. Moreover, energy and water use for soybean cultivation is rather good considering its yields and the low amounts of fertilizer required.

Maritime transport cost is not a significant contributor to the carbon footprint. However, as with other major commodity imports (fishmeal and fish oil), there are also reservations relating to the 'complete' environmental assessment. The environmental cost of port infrastructures capable of supporting large shipments of soy (for example) should also be taken into account, as they are not without impact on coastal ecosystems.

In general, oil seeds are considered able to bring a real environmental benefit at their cultivation site, especially if agro-ecological practices are implemented (see Chapter: C. Peyronnet and boxes: agro-ecology and soybeans). Diversification of crop rotations by integrating protein crops valorises their use, enriches the soil with nutrients and reduces the need for additional fertilisation, thus reducing nitrates and phosphates from agricultural sources that can contaminate water bodies. Regarding the evaluation criteria of greenhouse gas emissions, high-yielding crops like soy have less impact per ton produced. This, therefore, penalises production of lower returns, like protein crops of peas or fava bean.

When the digestibility of plant ingredients is very high, as is the case of wheat gluten, pollution at the site of aquaculture production is decreased in terms of solid waste, suspended solids (SS). However, could an excessive substitution of plant proteins lead to a reverse negative effect on the environment? According to some fishfarmers, this last issue needs to be further explored.

végétale ne se pose pas. Toujours dans cette enquête très instructive, environ 40% des Français commencent à se rendre compte que les poissons sont élevés, mais ceci leur semble «contre nature». Donner à un poisson carnivore une alimentation végétarienne le serait encore plus.

Plus récemment, et en France, G. Debucquet (cf. Encart) indique cependant qu'il pourrait être envisagé comme une démarche assez « naturelle » de fournir des protéines et huiles végétales terrestres au poisson d'élevage, alors qu'utiliser des protéines animales transformées, issues d'élevages terrestres comme le porc ou la volaille serait vraiment « contre-nature ».

Pour d'autres personnes encore, plutôt à la recherche de l'«authenticité », il faudra que les aliments donnés au poisson d'élevage soient le plus proche possible de ce qu'il trouve dans le milieu à l'état sauvage, ce qui exclut des protéines et huiles végétales pour un poisson de nature piscivore.

Enfin, certains consommateurs n'auront pas d'opinion sur le sujet, et accepteront ces pratiques d'alimentation si elles sont validées par la communauté scientifique.

### **Durabilité environnementale**

En matière de biodiversité, une part de l'évaluation de la durabilité environnementale des matières premières d'origine végétale renvoie aux deux principales questions précédentes : la culture de la plante d'origine respecte-t-elle la biodiversité sur le lieu d'origine et ce végétal est-il OGM?

Par exemple, dans les pays d'origine de la production, si on arrive à produire le soja ou l'huile de palme selon des certifications environnementales ou éthiques qui sont expliquées dans ce livre dans les encarts respectifs Soja et Huile de palme, on peut alors considérer que la durabilité sur un plan environnemental est assurée (cf. Encart Soja et Huile de palme Rival et Levang). Pour le WWF, cette certification soja RTRS (« Round Table on Responsible Soy »<sup>2</sup>) est prioritaire et conduit à l'acceptabilité d'un soja OGM, mais sous certaines réserves.

De plus, en matière d'utilisation d'énergie et d'eau, le bilan de la culture du soja est plutôt bon compte tenu de ses rendements et des faibles quantités de fertilisants qu'il requiert.

Le coût du transport des importations par voie maritime ne pèse pas beaucoup sur un bilan carbone. Cependant, comme pour les autres matières premières majeures d'importation (huiles et farines de poisson), des réserves sur un bilan complet environnemental sont émises. Le coût environnemental des infrastructures portuaires capables d'accueillir les cargaisons importantes de soja doit être pris en compte, car elles ne sont pas sans impact sur les écosystèmes littoraux.

D'une manière générale, les oléo-protéagineux sont considérés comme capables d'apporter un réel bénéfice environnemental sur le lieu de leur culture, surtout si des pratiques d'agro-écologie sont mises en œuvre (cf. Chapitre C. Peyronnet et Encarts Agro-écologie et soja). La diversification des assolements par l'intégration d'oléo-

---

2 <http://www.responsiblesoy.org/en/>

Colza, *Brassica napus*. Hermann Adolf Köhler (1834-1879). [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Brassica\\_Napus\\_oleifera\\_%28K%C3%B6hler%29.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Brassica_Napus_oleifera_%28K%C3%B6hler%29.jpg)



*Brassica Napus oleifera* DC.  
var. *hiemalis* Döll.

W.F.

protéagineux dans les têtes de rotation conduit à valoriser leur utilisation, enrichir les sols en nutriments, et diminuer le besoin de fertilisations supplémentaires, donc diminuer les nitrates et phosphates d'origine agricole qui peuvent contaminer les masses d'eaux. Sur le critère d'évaluation d'émission de gaz à effet de serre, les cultures à fort rendement comme un soja ont moins d'impact à la tonne produite. Cela pénalise par conséquent les productions au rendement moindre, comme des protéagineux de type pois, féverole.

Lorsque la digestibilité d'une matière première végétale est très bonne, comme c'est le cas des glutens de blé, la pollution sur le lieu de production aquacole est diminuée sur les rejets solides, matières en suspension (MES). En revanche, une substitution trop importante de protéines végétales pourrait-elle conduire à un effet inverse négatif sur l'environnement ? Selon plusieurs pisciculteurs, ce dernier point requiert un effort de recherche.

Champ de Colza © F. Simard.



## PRINCIPLE

### The use of plant raw materials from sustainable sources.

## RECOMMENDATIONS

1) Expand our knowledge base to substitute more of the protein and fat from current fish feed in aquaculture by proteins and lipids from plants.

2) Continue to explore potential plant materials not yet used in aquaculture, by putting in place sufficient resources for research and development.

3) Develop more efficient methodology/technology to extract proteins and oils from various seeds to make these materials more digestible and eliminate non-nutritional factors.

On the two issues raised with regard to the production of plants in their country of origin (i.e. impact on the socio-ecosystem at site of production and GMOs), two major recommendations emerge:

4) Source vegetable matter from production made in accordance with principles respectful to socio-ecosystems: sustainable soy and palm oil, incorporation of locally produced plant raw material using principles of agro-ecology...

5) Further biotechnology development that may be of interest in the aquaculture feed.

We must consider that new GMOs under consideration like GM camelina may be perceived differently from GMOs developed for resistance to a pesticide.

6) Develop global protein crop production: peas, fava beans and lupin.

For more information on this point, see the article summarised by C. Peyronnet.

## **PRINCIPE**

### **Une utilisation des matières premières végétales provenant de cultures durables.**

## **RECOMMANDATIONS**

1) Continuer la recherche et le développement pour substituer une part plus importante de protéines et de lipides issus de poissons dans l'aliment aquacole par des protéines et lipides issus de matières premières végétales.

2) Continuer d'explorer les matières premières potentielles végétales non encore utilisées en aquaculture, en mettant en place les nécessaires actions de recherche et de développement.

3) Augmenter la recherche et le développement sur les procédés d'extraction des protéines et huiles de diverses graines, pour rendre ces matières premières plus digestibles, et éliminer les facteurs antinutritionnels.

Sur les deux enjeux soulevés quant à la production des végétaux dans leur pays d'origine (impact sur les socio-écosystèmes des lieux de production, OGM), deux recommandations majeures émergent :

4) Rechercher des matières premières végétales dont la production se fait en accord avec des principes de respect des socio-écosystèmes : soja et huile de palme durables, incorporation de matières premières végétales produites localement selon les principes de l'agro-écologie...

5) Poursuivre la recherche et la réflexion sur le développement de biotechnologies susceptibles de présenter un intérêt dans l'aliment aquacole.

Il faut considérer que les nouveaux OGM à l'étude comme la cameline génétiquement modifiée pourront être perçus différemment des OGM développés pour une résistance à un pesticide.

6) Développer les productions de protéagineux dans le monde : pois, féverole, lupin.

L'intérêt de ces productions est développé dans la suite de cet ouvrage ; voir l'article de synthèse de C. Peyronnet.

Féverolle, *Vicia faba*. Otto Wilhelm Thomé. Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 1885, Gera, Germany.





# Pour mieux comprendre les enjeux sur ces matières premières :

## Les végétaux terrestres, compréhension des enjeux

Par C. Peyronnet<sup>3</sup> ONIDOL

Un grand nombre de graines et de sous-produits des végétaux terrestres présentent des caractéristiques biochimiques et nutritionnelles intéressantes, susceptibles de répondre aux besoins spécifiques des poissons en aquaculture en protéines et lipides. C'est notamment le cas des oléoprotéagineux représentés par les graines de légumineuses telles que le pois, la féverole, le lupin et le soja ainsi que les oléagineux tels que le colza, le tournesol et le lin, qui sont disponibles sous formes de graines entières ou de coproduits de l'extraction des huiles végétales. Ces matières premières sont déjà largement utilisées en alimentation animale, notamment en France et en Europe où elles participent à la réduction du déficit en protéines du secteur de l'élevage.

### 1. Les principales sources de protéines et huiles végétales disponibles et leur culture

La famille botanique des légumineuses (*Fabaceae*) comprend plus de 340 espèces en France (Schneider, 2015). On distingue notamment les légumineuses fourragères des légumineuses à graines. Les légumineuses fourragères sont cultivées pour l'ensemble de la partie aérienne de la plante, dont les feuilles riches en protéines sont particulièrement intéressantes pour l'alimentation des ruminants. Les légumineuses à graines, comme leur nom l'indique, sont cultivées pour leurs graines récoltées à maturité et vendues comme produit sec pour l'alimentation animale ou la consommation humaine. Parmi celles-ci on trouve le pois, la féverole et le lupin, bien adaptés au contexte pédoclimatique du Nord de l'Europe et représentant les principaux protéagineux cultivés en France. Le soja à la fois riche en huile et en protéines est une légumineuse souvent classée dans les oléagineux. En Europe, sa culture est surtout développée dans le Sud.

Les oléagineux sont essentiellement représentés par le colza (*Brassica napus*), une plante annuelle à fleurs jaunes de la famille des Brassicacées (anciennement nommée Crucifères), le tournesol, une grande plante annuelle, appartenant à la famille des Astéracées (Composées), et plus marginalement le lin oléagineux qui appartient à la famille des Linacées.

Dans le contexte européen, les légumineuses à graines et les oléagineux participent à la diversification des rotations dans des systèmes de culture très majoritairement céréaliers. Par ailleurs, aucune culture OGM n'est autorisée en oléagineux et en légumineuses dans l'Union Européenne.

---

3 ONIDOL : Organisation Nationale Interprofessionnelle Des graines et fruits OLéagineux.

## Les atouts environnementaux des légumineuses

Les légumineuses sont des plantes capables de prélever l'azote de l'air grâce aux bactéries symbiotiques des nodosités sur leurs racines. Ces cultures ne demandent donc pas d'engrais azotés et induisent des diminutions d'apports sur les cultures suivantes. (cf. Encart). Ainsi, des ACV réalisées dans différents systèmes de culture évaluent les effets bénéfiques de l'introduction des cultures de protéagineux dans les rotations. En réduisant la quantité moyenne d'azote apportée sur l'exploitation, les protéagineux peuvent apporter des réponses aux questions d'eutrophisation ou de qualité de l'eau.

De plus, alors que près de 60 % de l'impact carbone des produits animaux terrestres proviennent de l'alimentation concentrée due à la production des matières premières, les protéagineux, de par leur faible taux d'émission de GES peuvent ainsi participer à l'amélioration de la durabilité des filières animales.

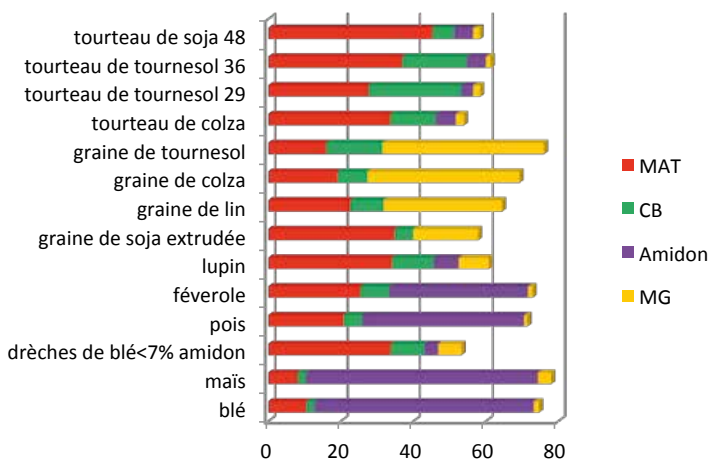
Enfin, dans un contexte de recherche d'amélioration de l'autonomie protéique à l'échelle des territoires, la notion de production de protéines par hectare et même de lysine par hectare peut être intéressante à étudier. Ainsi, alors que la production de protéines/ha des céréales est très proche de celle des légumineuses, la production de lysine /ha de ces dernières est très nettement supérieure à celle du blé et du maïs.

### Utilisation de ces matières premières

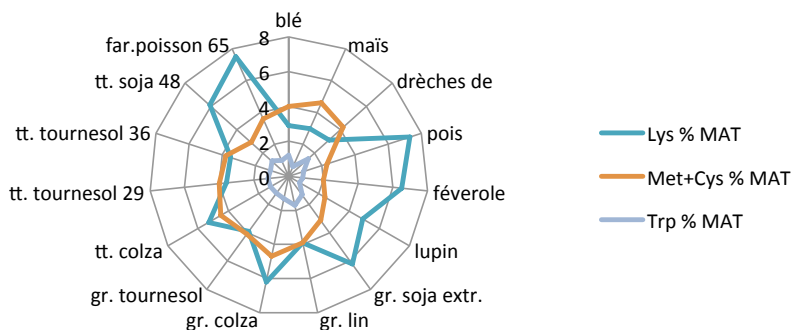
Les légumineuses, à l'exception du soja, ne nécessitent pas de procédé technologique préalable à leur incorporation dans les formules en alimentation animale. Elles sont classiquement utilisées sous forme de graines entières crues simplement broyées avant utilisation. Les graines oléagineuses, riches en huile, subissent très généralement un traitement préalable d'extraction de l'huile ou trituration, qui donne lieu à la production de coproduits pondéreux que sont les tourteaux d'oléagineux (cf. Encart page 174).

## 2. Composition des graines et des coproduits

Les principaux critères de composition permettant de comparer les matières premières utilisées en alimentation animale sont présentés dans la figure 1: matières azotées totales (MAT), cellulose brute (CB), amidon et matière grasse (MG). Alors que les céréales contiennent essentiellement de l'amidon comme source d'énergie, les tourteaux sont riches en MAT et en CB. Ces critères sont cependant insuffisants pour formuler des aliments concentrés équilibrés en énergie, en AA digestibles, minéraux... Ainsi, l'observation de la composition en lysine et méthionine+cystéine des différentes sources de protéines comparées à la farine de poisson type 65 (Figure 2) montre que les légumineuses, et en particulier le pois (avec 7.3 % de Lys/MAT) et la féverole, sont les sources les plus concentrées en lysine alors que les tourteaux de colza et de tournesol sont riches en AA soufrés (4.5 % et 4 % respectivement de méthionine + cystéine contre 2.3 % pour le pois). Ces caractéristiques montrent également une certaine complémentarité des sources de protéines locales. Il convient donc de raisonner plus précisément en AAI digestibles pour les différentes espèces aquacoles.

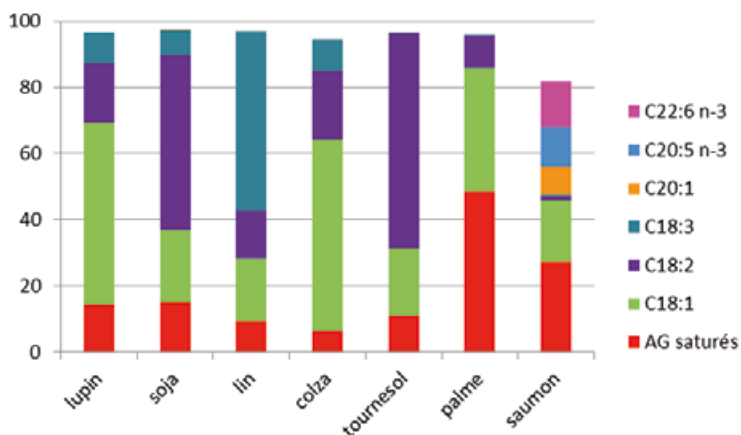


**Figure 1 :**  
Composition des principales matières premières en % du produit brut (INRA-AFZ, 2004).



**Figure 2 :**  
Composition des principales matières premières en % du produit brut (INRA-AFZ, 2004).

Le profil en AG des huiles végétales est très différent de celui des huiles de poisson (Médale, 2013), caractérisé par des teneurs élevées en AGE : AGPI-LC n-3 (EPA C20:5 n-3 et DHA C22:6 n-3) dont les huiles végétales sont totalement dépourvues (Figure 3). En revanche, les huiles végétales, à l'exception de l'huile de palme, ne contiennent que très peu d'acides gras saturés (de 7 à 15 %) et sont plus riches en acides gras polyinsaturés que les huiles de poisson. A l'exception de végétaux génétiquement modifiés (cameline) pour apporter des AGE, les huiles végétales ne seront donc pas capables de sursoir en totalité aux besoins lipidiques des poissons d'aquaculture (Betancor *et al.*, 2015).



**Figure 3 :**  
Profil en AG (en % de la MG) des huiles végétales et de l'huile de saumon  
(INRA-AFZ, 2004).

### Les procédés industriels de trituration

Les procédés industriels de trituration diffèrent selon la nature de la graine et plus spécifiquement selon sa richesse en huile (20 % ou 40 %). Dans le premier cas (exemple du soja), l'huile est directement extraite par un solvant après simple aplatissage, dans le second cas, on procède en deux temps : une cuisson suivie d'une pression mécanique qui permet d'extraire plus des 2/3 de l'huile contenue dans la graine, puis une extraction par solvant de l'huile résiduelle.

Il en résulte des rendements massiques de trituration de graines entières qui sont d'environ 80 % pour le tourteau de soja, 56 % pour le tourteau de colza et 54 % pour le tourteau de tournesol.

La trituration peut être précédée d'un décorticage des graines ce qui permet de réduire la teneur en parois végétales des tourteaux et par conséquent d'élever les teneurs en protéines. Ces procédés de décorticage ne sont pas spécifiques aux graines oléagineuses et peuvent également s'appliquer aux graines de légumineuses. Les coques obtenues peuvent être utilisées comme combustible de chaudière biomasse à haut rendement et améliorer ainsi le bilan environnemental des unités de trituration (Tostain *et al.*, 2012, et Peyronnet *et al.*, 2012). Les ACV des différents tourteaux sont en cours d'élaboration dans le cadre du programme CASDAR ECOALIM<sup>1</sup> qui vise à améliorer les bilans environnementaux des élevages en optimisant leurs ressources alimentaires.

<sup>1</sup> ECO-ALIM : Améliorer les bilans environnementaux des élevages en optimisant leurs ressources. Alimentaires, IFIP N°1291

Les végétaux contiennent des facteurs antinutritionnels (FAN), des substances présentes en très faibles quantités mais susceptibles de réduire l'appétence et de perturber la digestibilité ou même le métabolisme des animaux d'élevage. Les principaux FAN contenus dans les variétés actuelles d'oléagineux et protéagineux disponibles en France sont les tannins, les facteurs antitrypsiques, les glucosinolates et la vicine/convicine (cf. Tableau) dont divers procédés permettent d'en éliminer une partie.

**Tableau 1 :** Facteurs antinutritionnels (FAN) des principaux oléoprotéagineux.

FAN	graines	propriété	Traitement à mettre en oeuvre	Conséquence du traitement	Situation/ alimentation aquacole
tannins	Féverole colza	Diminution digestibilité protéines	Dépelliculage graine	Amélioration MAT Diminution teneur paroi végétale	
facteurs antitrypsiques	Pois d'hiver Soja	Inhibiteurs protéases	Traitement thermique (trituration toastage, extrusion...)	Attention à température élevée pour la digestibilité des AA, risque d'augmentation des rejets azotés	
glucosinolates (GLS)	Colza (crucifères)	Inappétence, troubles type hyperthyroïdie	Contrôle Sélection souches plantes		
vicine et convicine	glucosides présents dans la féverole	favisme chez l'homme, réduction du poids de l'œuf chez la poule pondeuse (Lessire et al., 2005)	Contrôle Sélection souches plantes		Essai en cours truite

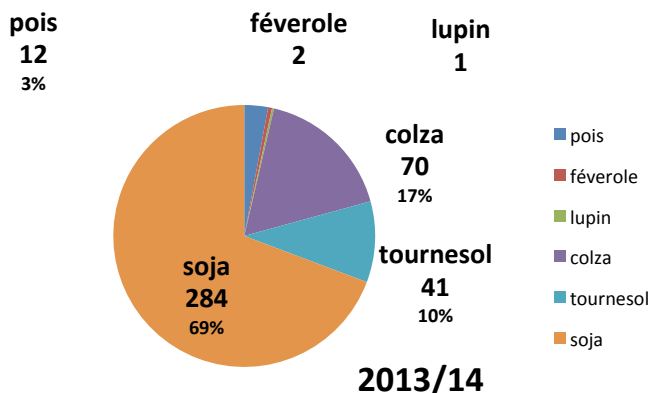
### 3. Marchés des oléoprotéagineux

#### 3.1 Marchés mondiaux

Les oléoprotéagineux représentent à l'échelle mondiale environ 400 millions de tonnes de graines produites par an à comparer aux 2.5 milliards de tonnes de céréales.

C'est le soja qui domine nettement la production mondiale de graines riches en protéines avec pratiquement 70 % des tonnages contre 17 et 10 % respectivement pour le colza et le tournesol, les protéagineux (pois, féverole et lupin cumulés) ne représentant que 3,6 % des graines produites (Figure 4). Quant à la fourniture en protéines, le soja ayant les graines les plus riches en protéines (38 % MAT/MB), cette culture représente près de 82 % des protéines végétales produites (hors fourrages). Le colza, le tournesol et le pois ne représentent respectivement que 11 %, 5 % et 2 % des protéines végétales produites (hors céréales).

Les graines de colza sont majoritairement produites dans l'UE et au Canada et les graines de tournesol sont produites pour plus de 70 % en UE, Russie et Ukraine.



**Figure 4 :**  
Production d'oléo-protéagineux à l'échelle mondiale  
en millions de tonnes et parts de marché (UNIP<sup>4</sup> d'après FAO et Eurostat).

Les productions de graines de soja, colza et tournesol ont connu des évolutions assez semblables depuis 15 ans avec des progressions de 75 à 80 %. Il semble que la production de soja connaisse une plus forte progression depuis 4 ans, du fait de l'augmentation croissante de la demande en protéines végétales pour l'alimentation animale dans les pays dans lesquels la production de viande progresse, comme la Chine qui en importait 63 millions de tonnes en 2012/13. D'autres pays de l'Asie du Sud-Est mais aussi de l'Afrique Sub-Saharienne et l'Inde à fortes croissances démographiques, sont également susceptibles de faire évoluer la demande en protéines végétales dont la progression attendue est estimée à 43 % entre 2010 et 2030 selon l'étude prospective du BIPE<sup>5</sup> de 2014.

La production de pois sec dans le monde avait frôlé les 15 millions de tonnes en 1993 et ne dépasse plus les 12 millions depuis 1999. Alors que la France était le premier producteur dans les années 90, la production est maintenant assurée pour près de 40 % par le Canada. Suivent la Russie et la Chine, puis des pays ne dépassant pas le million de tonnes produites annuellement comme les USA, l'Inde, l'Australie, l'Ukraine et la France.

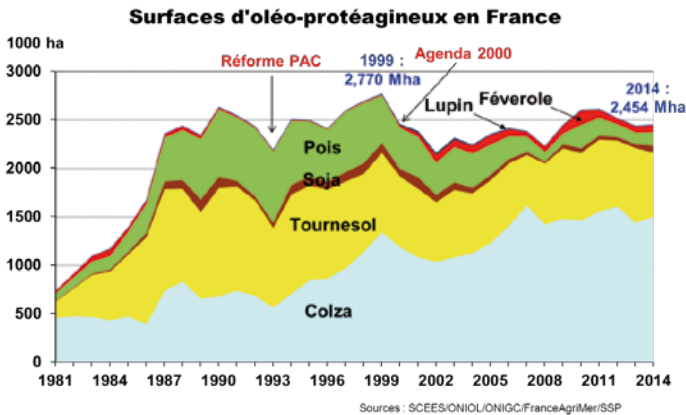
4 Depuis le 9 juin 2015, l'interprofession des plantes riches en protéines (UNIP) et l'interprofession des oléagineux (ONIDOL) ont fusionné pour donner naissance à Terres Univia, l'interprofession des huiles et protéines végétales. <http://www.unip.fr/>

5 [https://www.bipe.fr/info/qui\\_sommes\\_nous/presentation\\_du\\_bipe](https://www.bipe.fr/info/qui_sommes_nous/presentation_du_bipe)

### 3.2 Focus sur les marchés locaux

Même si l'Europe et en particulier la France, ont développé les productions d'oléo-protéagineux depuis le début des années 80, le déficit en protéines reste une constante du marché de l'alimentation animale. Ainsi, alors que le déficit en protéines de l'Europe n'est passé que de 80 % à 70 % depuis les années 80, le déficit français initialement de 70 % a frôlé 30 % dans les années 90 pour revenir à un niveau stabilisé autour de 40 % depuis les années 2000.

Le cas particulier de la France peut s'expliquer par l'observation de l'évolution des surfaces d'oléo-protéagineux depuis les années 80 (Figure 5 et Encart).



**Figure 5 :**  
Evolution des surfaces d'oléo-protéagineux en France.

### 4. Les voies d'amélioration de l'utilisation des oléo-protéagineux en alimentation animale

Les voies d'amélioration de l'approvisionnement en protéines et en huiles par des oléo-protéagineux pour les filières animales et en particulier aquacoles sont multiples. Des progrès techniques sont attendus dans des domaines variés allant de la sélection et l'agronomie aux procédés innovants de concentration et d'amélioration de la digestibilité des nutriments.

Tous ces travaux devront cependant obligatoirement intégrer l'évaluation des impacts environnementaux de ces traitements dans des contextes variés de prix des matières premières et de l'énergie.

Par ailleurs, les atouts environnementaux indéniables des légumineuses devraient permettre un redéploiement des cultures de protéagineux et de soja et ce, dans un contexte réglementaire favorisé par la mise en place d'un nouveau plan protéines dans le cadre de la nouvelle PAC.

## Le cas particulier de la France

Suite au premier embargo des Etats Unis sur les exportations de tourteau de soja, un premier plan protéines a été lancé en 1974 pour développer les protéagineux en France. Ensuite, dans les années 90, le développement des bio-énergies en France a favorisé l'accroissement des surfaces de colza dont les surfaces oscillent autour de 1,6 millions d'hectares depuis 2007.

En 1992, le découplage des aides de la PAC a entraîné la fin du soutien spécifique aux protéagineux, ce qui a eu pour conséquence une diminution de la production de protéagineux en France, en particulier du pois.

Aujourd'hui, les céréales et leurs coproduits représentent la 1<sup>ère</sup> source de protéines végétales (hors fourrages) consommées par les animaux d'élevage du fait de l'importance des volumes mis en jeu (environ 10 millions de tonnes pour les seules céréales hors issues). Néanmoins, les tourteaux d'oléagineux sont les principales sources de matières riches en protéines (MRP) dont la consommation annuelle totale oscille autour de 7 millions de tonnes (aliments composés industriels et aliments fermiers confondus) (Agreste, 2014). La consommation de tourteaux de soja d'importation reste dominante (et on estime à environ 15% la part actuelle du soja non OGM). Mais, alors qu'elle dépassait les 5 millions de tonnes au début des années 2000, celle-ci a diminué en dessous des 3,5 millions de tonnes au profit des tourteaux de colza métropolitains dont la consommation a plus que doublé en 10 ans et des tourteaux de tournesol métropolitains et d'importation. En effet, depuis 2009, des tourteaux de tournesol décortiqués High Pro à forte teneur en protéines (36 % vs 29 % pour les tourteaux classiques issus de graines entières) sont importés de la zone Mer Noire (Ukraine et Russie). En 2012/2013, ils représentaient plus de 900 000 tonnes des 1,5 millions de tonnes de tourteaux de tournesol consommés.

Les prix des oléo-protéagineux pour le secteur de l'alimentation animale suivent ceux de l'énergie et des protéines. Ainsi, alors que les prix des protéagineux sont fortement corrélés aux prix du blé, ceux des tourteaux d'oléagineux suivent essentiellement les cours du tourteau de soja.

Ainsi, traditionnellement développée dans la plaine du Pô en Italie (1<sup>er</sup> producteur européen de soja) avec un contexte hydrique très favorable, le soja s'est également développé en Autriche sous l'impulsion d'une demande pour l'alimentation humaine et tout particulièrement en agriculture biologique. L'initiative « Soja Danube » qui concerne une quinzaine de pays englobant l'ensemble du bassin versant du Danube de l'Italie à l'Ukraine affiche une ambition de 1,5 millions d'hectares à moyen terme et 2,5 millions à plus long terme en soja labellisé non OGM, d'origine tracée Europe et produit en conventionnel ou en bio.

De même, en France, ces atouts environnementaux des cultures de légumineuses fourragères et à graines et le déficit chronique en protéines sont à l'origine de la nouvelle orientation de la PAC en France : un nouveau « plan protéines végétales pour la France 2014-2020 » qui s'inscrit dans le projet agro-écologique du Ministère de



l'Agriculture pour la France (MAAF 2014). Il vise « le développement de la production de protéines végétales et le renforcement de l'autonomie de l'élevage français, en mobilisant les outils réglementaires et incitatifs de la PAC ».

L'utilisation de ces matières premières végétales en alimentation aquacole doit ainsi pouvoir bénéficier de toutes ces tendances.

## Références

- Agreste Primeur, 2014. *Les matières premières dans les aliments composés pour animaux de la ferme en 2012*. N° 317. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/primeur317.pdf>
- Betancor, M.B., Sprague, M., Usher, S., Sayanova, O., Campbell, P.J., Napier J.A. & D.R. Tocher, 2015. A nutritionally-enhanced oil from transgenic. *Camelina sativa* effectively replaces fish oil as a source of eicosapentaenoic acid for fish. *Sci. Rep.*, 5, 8104. <https://doi.org/10.1038/srep08104>
- BIPE, 2014. *La filière des oléoprotéagineux pour répondre aux enjeux globaux à horizon 2030*, Etude, <https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/resources/afile/263281-db0a5-resource-prospective-sur-la-place-des-proteines-vegetales-a-horizon-2030.html>
- INRA-AFZ, 2004. *Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage*, INRA Editions, <http://www.zootechne.fr/ouvrages-et-logiciels/tables-inra-afz>
- Lessire M., Hallouis, J. M., Chagneau, A.M., Besnard, J., Travel, A., Bouvarel, I., Crépon, K., Duc, G. & P. Dulieu, 2005. Influence de la teneur en vicine et convicine de la féverole sur les performances de production de la poule pondeuse et la qualité de l'œuf, *JRA*, 2005, 174-176.
- MAAF. 2014. *Ministère de l'Agriculture de l'Agroalimentaire et de la Forêt. Plan protéines végétales pour la France 2014-2020*. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/planproteine-veget\\_cle8d1c72-1.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/planproteine-veget_cle8d1c72-1.pdf)
- Médale, F., Le Boucher, R., Dupont-Nivet, M., Quillet, E., Aubin, J. & S. Panserat, 2013. Des aliments à base de végétaux pour les poissons d'élevage. *INRA Prod. Anim.*, 26 (4), 303-316
- Peyronnet, C., Pressenda, F., Quinsac, A. & P. Carré, 2012. Impact du décorticage du tournesol sur la valeur nutritionnelle et l'intérêt économique des tourteaux en fabrication d'aliments composés. *OCL*, 19(6): 341-346. <https://doi.org/10.1051/ocl.2012.0486>
- Schneider, A. & C. Huyghe, 2015. *Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables*. Editions Quae, Versailles, 514 pages.
- Tostain, S., Chervier, P., Laulan, A. & T. Kermogant, 2012. Amélioration de l'autonomie énergétique et de l'impact environnemental d'une unité de trituration de tournesol par l'implantation conjointe d'un atelier de décorticage et d'une chaudière à coques. *OCL*, 19(6): 332-340. <https://doi.org/10.1051/ocl.2012.0485>

## Le cas particulier de la France

Suite au premier embargo des Etats Unis sur les exportations de tourteau de soja, un premier plan protéines a été lancé en 1974 pour développer les protéagineux en France. Ensuite, dans les années 90, le développement des bio-énergies en France a favorisé l'accroissement des surfaces de colza dont les surfaces oscillent autour de 1.6 millions d'hectares depuis 2007.

En 1992, le découplage des aides de la PAC a entraîné la fin du soutien spécifique aux protéagineux, ce qui a eu pour conséquence une diminution de la production de protéagineux en France, en particulier du pois.

Aujourd'hui, les céréales et leurs coproduits représentent la 1<sup>ère</sup> source de protéines végétales (hors fourrages) consommées par les animaux d'élevage du fait de l'importance des volumes mis en jeu (environ 10 millions de tonnes pour les seules céréales hors issues). Néanmoins, les tourteaux d'oléagineux sont les principales sources de matières riches en protéines (MRP) dont la consommation annuelle totale oscille autour de 7 millions de tonnes (aliments composés industriels et aliments fermiers confondus) (Agreste 2014). La consommation de tourteaux de soja d'importation reste dominante (et on estime à environ 15 % la part actuelle du soja non OGM). Mais, alors qu'elle dépassait les 5 millions de tonnes au début des années 2000, celle-ci a diminué en dessous des 3,5 millions de tonnes au profit des tourteaux de colza métropolitains dont la consommation a plus que doublé en 10 ans et des tourteaux de tournesol métropolitains et d'importation. En effet, depuis 2009, des tourteaux de tournesol décortiqués High Pro à forte teneur en protéines (36 % vs 29 % pour les tourteaux classiques issus de graines entières) sont importés de la zone Mer Noire (Ukraine et Russie). En 2012/2013, ils représentaient plus de 900 000 tonnes des 1,5 millions de tonnes de tourteaux de tournesol consommés.

Les prix des oléo-protéagineux pour le secteur de l'alimentation animale suivent ceux de l'énergie et des protéines. Ainsi, alors que les prix des protéagineux sont fortement corrélés aux prix du blé, ceux des tourteaux d'oléagineux suivent essentiellement les cours du tourteau de soja.



## Le procès du soja : un dossier qui mérite d'être mieux instruit ?

Produit agricole plébiscité, culture décriée, plante OGM contestée, le soja suscite beaucoup de jugements à l'emporte-pièce. Ils méritent d'être modulés, même si une évolution des modes de production s'impose dans de nombreuses régions du monde.

Le soja est une légumineuse cultivée présentant tous les avantages inhérents à ce type de plante, en particulier la capacité de fixer l'azote atmosphérique, dispensant de tout recours aux engrais azotés de synthèse. Ses atouts, en particulier la valeur nutritive de son tourteau pour l'alimentation animale, ont entraîné un développement considérable, et parfois inconsideré, des surfaces de cultures en soja, au détriment de l'environnement naturel dans certaines régions du monde. De surcroît, au niveau mondial, la très grande majorité des semences utilisées sont transgéniques (résistance à un ou plusieurs désherbants, glyphosate<sup>6</sup> en particulier), ce qui fait débat.

### Modalités de cultures dans les principaux pays producteurs : état des lieux

Trois pays représentent à eux seuls les 4/5èmes de la production mondiale de soja<sup>7</sup> : les USA (pour 35 % du total), le Brésil (26 %) et l'Argentine (20 %). Les modalités d'extension des surfaces en soja, comme celles de sa culture, diffèrent toutefois entre pays, en particulier entre sous-continent Nord et Sud-Américains.

	USA	Brésil	Argentine
Modalités d'extension majoritaires au cours des dernières décennies	Accroissement de la part du soja dans les rotations culturales	Conversion progressive de zones de pâturage elles-mêmes récemment conquises par défrichement d'écosystèmes de type savane (Cerrado) et dans une moindre mesure forestier (Amazonie)	Défrichement d'écosystèmes de type savane (Gran Chaco) ou prairie (Pampa)
Place dans les rotations	Insertion dans des rotations (pour 94 % des surfaces)	Monoculture dominante	
Part d'OGM	93 %	89 %	99 %
Modalités de culture dominantes	Semis direct (sans labour) + désherbages chimiques (glyphosate si soja OGM) + le cas échéant, binage entre rangs		

6 Dénomination commerciale Roundup

7 Source FAO Stat, USDA, Céleres, WWF.

En Amérique du Sud, l'extension du soja conduit à la destruction rapide et progressive d'écosystèmes hébergeant une biodiversité remarquable et/ou contribuant à la régulation du climat. Ces atteintes à l'environnement constituent, et à juste titre, la principale critique formulée à l'encontre du développement inconsidéré du soja. D'autres critiques sont aussi formulées d'ordre éthique, ethnique et sociologique : conditions de travail, droits de petits producteurs et de certaines ethnies amazoniennes.

La monoculture constitue la pratique dominante en Amérique du Sud, contrairement au cas des USA où le soja est inséré dans des rotations culturales (impliquant majoritairement le maïs), par ailleurs établies dans des terres cultivées de longue date. Si le soja est assez tolérant à la monoculture, celle-ci conduit néanmoins à un risque majeur en matière d'apparition de plantes adventices résistantes au glyphosate. En outre, si le semis direct qui lui est associé présente d'indubitables avantages (limitation de la consommation d'énergie directe et de l'érosion, amélioration de la teneur en humus et de l'activité microbienne des sols), sa pratique exclusive empêche la destruction des graines d'adventices résultant d'un labour conventionnel. La monoculture du soja constitue donc une pratique à éviter compte tenu de son manque de durabilité à relativement court terme ; et ce d'autant plus que les avantages procurés par cette légumineuse en situation de rotation culturale se trouvent gommés.

Quant à la part de soja OGM, elle est désormais si importante au niveau mondial que l'approvisionnement en soja certifié non OGM est devenu à la fois difficile (volumes marginaux) et coûteux (contraintes de gestion séparée des flux physiques). Cette situation conduit d'ailleurs le WWF (et les certifications ASC) à accepter du soja OGM.

### La certification RTRS : tendre vers une production de soja « responsable »...

Créée en novembre 2006, la RTRS (« *Round Table on Responsible Soy* »<sup>8</sup>) association est une initiative internationale regroupant différentes parties prenantes : producteurs de soja ; industries et services (fabricants d'aliments du détail, commerce de gros et de détail, finance) ; société civile ; ONG (parmi lesquelles WWF a joué un rôle moteur).

Un cahier des charges assorti d'un processus de certification permet de garantir le respect d'un ensemble de principes éthiques et de standards :

- En matière environnementale, et depuis mai 2009, il proscriit l'extension des surfaces en soja au détriment de territoires occupés par des écosystèmes naturels ('native habitat'), sauf dans des conditions strictement encadrées et approuvées par la RTRS association.

À terme, elles seront fondées sur des cartes à grande échelle distinguant 4 types de zones géographiques selon leur intérêt en termes de biodiversité. De telles cartes sont déjà disponibles pour le Brésil.

---

<sup>8</sup> <http://www.responsiblesoy.org/en/>

Dans l'attente de leur généralisation l'extension est possible : i) sur des parcelles déjà défrichées avant mai 2009 et dédiées à l'agriculture ou à l'élevage au cours des 12 années précédentes (sauf situations avérées de retour à la forêt native) ; ii) hors forêts natives ; iii) dans le cas des autres écosystèmes natifs, en respectant les cartes officielles d'usage des sols ou les zones à haute valeur écologique.

Ainsi, l'objectif essentiel se trouve atteint, i.e. stopper le processus de déforestation. Diverses recommandations (interdiction des brûlis, efforts de séquestration de la matière organique dans le sol...) complètent ces dispositions.

- Au plan agronomique, de bonnes pratiques agricoles sont également instituées (respect des zones humides, qualité des sols, suivi des traitements phytosanitaires...) mais leur portée reste limitée : la monoculture, en particulier, n'est pas restreinte, alors qu'elle implique la multiplication des traitements herbicides et des problèmes environnementaux afférents.
- Ce cahier des charges est complété par des dispositions éthiques relatives notamment aux conditions de travail et d'accès aux terres, sujets d'importance dans les conditions de l'Amérique du Sud notamment.
- À noter que l'utilisation de semences OGM n'a pas été proscrite, compte tenu de leur quasi-généralisation au plan mondial. Une variante non OGM du processus de certification RTRS a néanmoins été mise en place.

En parallèle des surcoûts générés par la certification et les contraintes qu'elle implique, un système de financement efficace et réaliste a été mis en place. Il repose sur un double système :

- Le plus répandu est la vente de crédits RTRS, lesquels peuvent être acquis par tout un chacun pour soutenir l'initiative, et pas seulement par des opérateurs économiques. Leur coût est négociable de gré à gré mais reste modeste (actuellement, une base de 3 US \$ / tonne est proposé pour les ventes 'à l'aveugle') car ils sont vendus indépendamment des flux physiques de soja. En d'autres termes, un opérateur qui acquiert à la fois des crédits RTRS et du soja sur le marché mondial n'a aucune garantie de recevoir du soja effectivement produit selon le cahier des charges. Par contre, il est assuré d'avoir contribué à la production de soja RTRS à hauteur des crédits qu'il détient et peut s'en prévaloir, le cas échéant, auprès de ses clients. Cette modalité est particulièrement bien adaptée, car la séparation physique de volumes encore modestes tout au long de la chaîne de transformation se solderait par des coûts logistiques très élevés.
- La vente de soja certifié RTRS sous forme de flux physiques reste néanmoins possible, soit par séparation totale au long de la chaîne, soit par bilan matière (le soja livré comportant effectivement une proportion définie de soja RTRS, mélangé à du soja standard).



Plantation de soja au Brésil. Wikipédia CC BY-SA 3.0.

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Produ%C3%A7%C3%A3o\\_de\\_soja\\_no\\_Brasil#/media/File:PlantacaodeSoja.JPG](https://pt.wikipedia.org/wiki/Produ%C3%A7%C3%A3o_de_soja_no_Brasil#/media/File:PlantacaodeSoja.JPG)

Par rapport aux objectifs affichés par les promoteurs, les débuts de la production de soja RTRS ont été difficiles, et plus encore la commercialisation de celle-ci. Si la production, de l'ordre de 0,4 Mt seulement en 2011, est passée à 1 Mt en 2013, seule la moitié des crédits correspondants avait été vendue, faute d'information ou d'intérêt de la part des acheteurs potentiels, et ce malgré le surcoût modeste de la certification via la plateforme d'achat de crédits. La situation semble toutefois évoluer favorablement, puisqu'en 2014 plus de 1 million de crédits ont été vendus. En Europe, du Nord en particulier, il semble y avoir une prise de conscience. A titre d'illustration, d'après l'enquête 2013 du WWF auprès d'entreprises utilisatrices de soja dans 5 pays européens, seule une minorité (hors France) ont été pionnières, mais aux Pays-Bas l'ensemble du secteur laitier s'est engagé à s'approvisionner en soja responsable d'ici 2015. Les distributeurs se montrent également intéressés. Toujours à titre d'illustration, McDonald's Europe a annoncé son intention d'intégrer 100 % de soja certifié et durable dans sa chaîne d'approvisionnement en 2020. Plus globalement, 'l'équipe spéciale européenne' RTRS, incluant des industriels et des distributeurs, s'est fixé pour objectif la commercialisation de 10 Mt en 2017 ; ce qui reste modeste, en regard de la production totale de soja dans le Monde (> 260 Mt) mais traduit une réelle dynamique.

Il convient également de noter l'existence d'autres démarches, en faveur du développement du soja certifié/qualifié durable. La FEAC a rédigé des lignes directrices pour un approvisionnement responsable en soja, dans le but d'encourager le développement de l'offre et des achats de soja durable en Europe. Un outil de comparaison avec ITC doit permettre aux détenteurs de schémas de voir s'ils sont conformes aux exigences minimum de ces lignes directrices. Ces-dernières évolueront pour améliorer progressivement le niveau de durabilité de la production de soja. Cette approche moins exigeante que la certification RTRS est complémentaire pour permettre à davantage de producteurs de s'inscrire dans une démarche de progrès.

### **Les USA, clé ou verrou du développement de la certification RTRS ?**

A ce jour, la production de soja RTRS est assurée pour l'essentiel par l'Amérique du Sud (71 % Brésil et 21 % Argentine, notamment) et plus marginalement l'Inde. Les principaux pays producteurs ont donc choisi de franchir le pas, à l'exception du plus important de tous, les Etats-Unis. Les producteurs américains ont en effet refusé pour l'instant de prendre part à cette initiative, alors même que leurs conditions de production y sont plutôt bien adaptées et que leur contribution au dispositif induirait une inversion de tendance en permettant de peser sur les marchés.

En pratique, l'USSEC (US Soybean Export Council<sup>9</sup>) promeut le SSAP (Soybean Sustainability Assurance Protocol) du gouvernement américain. 95 % des agriculteurs américains respectent les exigences du SSAP.

*Remerciements à Bernard Coudurier pour son aide amicale à l'écriture de ce texte.*

### **Références**

#### **U.S. SOYBEAN SUSTAINABILITY ASSURANCE PROTOCOL**

A Sustain ability System That Delivers MARCH 2013 <http://soygrowers.com/wp-content/uploads/2013/02/US-Sustainability-Assurance-Protocol-March-2013.pdf>

WWF 2014. *L'enquête soja. Le boom du soja.* [http://www.wwf.fr/vous\\_informer/rapports\\_pdf\\_a\\_telecharger/index.cf.m?uPage=2](http://www.wwf.fr/vous_informer/rapports_pdf_a_telecharger/index.cf.m?uPage=2)

---

9 <http://ussec.org/why-u-s-soy/u-s-soy-advantage/sustainability/>

## Huile de palme : les défis de la durabilité

Par Alain Rival<sub>1</sub> et Patrice Levang<sub>2</sub><sup>10</sup>

Première oléagineuse mondiale, le palmier à huile offre des rendements en huile à l'hectare exceptionnels : ils atteignent 3,8 tonnes/ha en moyenne mondiale, près de 6 t/ha dans les meilleures plantations d'Asie du Sud-Est, et plus de 10 t/ha dans les meilleurs essais génétiques en cours. La part de l'huile de palme dans la production mondiale n'a cessé de croître au cours des dernières décennies pour atteindre la première place devant le soja et représenter aujourd'hui plus d'un tiers des huiles végétales produites dans le monde. La production mondiale d'huile de palme est aujourd'hui majoritairement assurée par l'Indonésie et la Malaisie, qui totalisent à 87 % des approvisionnements. La consommation est soutenue à la fois par la croissance démographique et l'élévation du niveau de vie dans les pays émergents à forte population comme l'Inde, l'Indonésie ou la Chine. L'huile de palme peut se substituer à la plupart des autres huiles végétales et possède de très nombreux usages pour l'agro-alimentaire (80 %), l'oléochimie (15 %) et les agrocarburants (5 %).

Le développement durable de la filière huile de palme doit répondre à des défis globaux liés à i) la cohabitation avec des espaces naturels (forestiers notamment) à haute valeur de conservation, ii) l'intensification écologique des périmètres cultivés et iii) la mise en place de systèmes de certification crédibles et partagés.

### Cohabiter avec les dernières réserves de biodiversité mondiale

La distribution strictement intertropicale du palmier à huile induit une cohabitation forcée avec certains des derniers points chauds de biodiversité du globe : le Bassin du Congo, l'Amazonie et Bornéo. La relation entre plantations de palmier et déforestation n'est pas directe, ni automatique, car les espaces déforestés ne sont que très partiellement reconvertis en plantations de palmier. Ainsi, sur les 21 millions d'hectares de forêt primaire qui ont disparu en Indonésie entre 1990 et 2005, 3 millions seulement correspondent à la création de palmeraies (Rival & Levang, 2013). Cette relation directe a aujourd'hui tendance à s'aggraver sur les nouveaux fronts pionniers, comme à Bornéo, où près de 30 % des forêts primaires abattues ont été converties en palmier à huile, alors que, en moyenne, les nouvelles plantations sont responsables de 10 % de la déforestation enregistrée en Indonésie et Malaisie (FAO, 2010). Si une forêt primaire est transformée en plantation, la perte de biodiversité s'élève à environ 85 %, comme pour toute monoculture, sous les tropiques comme ailleurs. Pour éviter

---

10 1. Correspondant pour la Filière Palmier au CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement). 2. Directeur de Recherches à l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement).



les extensions de palmeraies dans les zones de forêt primaire, il conviendrait de déplacer les projets de création de palmeraies vers des savanes dégradées (plusieurs millions d'hectares, rien qu'en Indonésie), des périmètres reconnus sans valeur de conservation ou des zones agricole à reconvertir.



Oil palm plantation on the slopes of Mt. Cameroon. © Marco Schmidt. CC BY-SA 2.5.  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Elaeis\\_guineensis#/media/File:Elaeis\\_guineensis\\_MS\\_3467.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Elaeis_guineensis#/media/File:Elaeis_guineensis_MS_3467.jpg)

### **Intensifier durablement**

L'intensification écologique de la productivité requiert en premier lieu la mise à disposition de tous les planteurs de semences sélectionnées et certifiées, diffusant ainsi les progrès génétiques (1 % par an) issus de la recherche. En offrant une meilleure résistance aux maladies et en rendant possible l'utilisation des sols sur plusieurs générations, la sélection génétique contribue à réduire la pression foncière, d'autant plus que les rendements eux aussi sont en progression. Il n'y a -à ce jour- pas de parasite ou ravageur du palmier qui n'ait trouvé de solution biologique grâce à la création de variétés résistantes issues de programmes de sélection variétale classique.

Pour exprimer le potentiel des meilleures semences et valoriser les capacités hors du commun du palmier à huile, l'utilisation de fertilisants est indispensable. Basée sur l'analyse régulière du bilan minéral du sol et de la plante, la fertilisation raisonnée des palmeraies vise à optimiser les apports d'engrais. Pour qu'ils améliorent efficacement les rendements en huile et répondent aux besoins réels de la plante, la fertilisation (organique par compost ou minérale) est apportée au champ au moyen d'applications fractionnées et correctement réparties sur l'année, en fonction des conditions agro-écologiques et de la variété de palmier cultivée.

Le recyclage par compostage des effluents d'huilerie permet déjà d'économiser jusqu'à 15 % des apports en engrais minéraux dans les plantations de palmier à huile. Le lagunage des effluents liquides produit du méthane, un gaz à fort effet de serre qui est désormais exploité pour fournir du biogaz autour des usines d'extraction d'huile, qui sera utilisé comme combustible ou converti en électricité.

### Certifier la durabilité

La table ronde RSPO (Roundtable on Sustainable Palm Oil) est une initiative internationale multi-acteurs pour la certification et la promotion d'une huile de palme durable. En novembre 2005, les 8 Principes et 39 Critères de certification environnementale et sociale ont été approuvés, conduisant à la certification des premières plantations dès 2008. La table ronde rassemble aujourd'hui plus de 2500 adhérents, répartis en sept catégories : producteurs, transformateurs et négociants, industrie, banques et investisseurs, détaillants, ONG environnementalistes et ONG sociales.

Basée sur l'acceptation par consensus de tous les membres de ses principes et critères sur une base volontariste, elle est considérée comme trop peu contraignante et souvent insuffisante. Le paradoxe est que la moitié environ (48 %) de l'huile certifiée RSPO disponible sur le marché n'est pas achetée.

Aujourd'hui, le défi n'est pas tant d'empêcher les extensions de plantations de palmier à huile, mais plutôt de favoriser des modes de développement minimisant les impacts négatifs sur la biodiversité et le bien-être des populations locales. Il importe dès maintenant de privilégier et d'encourager l'utilisation d'huile certifiée RSPO et/ou soumise à d'autres standards plus contraignants, si ils sont disponibles, crédibles et vérifiables.

### Références

Rival A. & P. Levang, 2013. *La palme des controverses : palmier à huile et enjeux de développement*. Collection Essais n° 02397, Quae Editions, Versailles.

RSPO - Roundtable on Sustainable Palm Oil: [www.rspo.org/](http://www.rspo.org/)

Teoh C.H. 2010. *Les Principaux Enjeux du Développement Durable dans le Secteur de l'Huile de Palme*. International Finance Corporation - World Bank Group, 53 pp. [http://www.ifc.org/ifcext/agriconsultation.nsf/AttachmentsByTitle/Discussion+Paper\\_French/\\$FILE/Discussion+Paper\\_French\\_FINAL.pdf](http://www.ifc.org/ifcext/agriconsultation.nsf/AttachmentsByTitle/Discussion+Paper_French/$FILE/Discussion+Paper_French_FINAL.pdf)

WWF. 2011. *Huile de palme : de la déforestation à la nécessaire durabilité*. Rapport, 40pp. <http://wwf.fr/media/files/rapport-huile-de-palme-2011>

## Vers un autre futur ?

En alimentation aquacole, la substitution de matières premières d'origine aquatique par des protéines et lipides d'origine végétale terrestre ouvre le champ des réflexions et recommandations sur l'évaluation de la durabilité des systèmes de productions végétales dans leur pays d'origine. Une première démarche consiste à approcher la durabilité sous l'angle spécifique de la production de la matière première végétale. Par exemple, sans remettre en question un approvisionnement en soja ou en huile de palme, peut-on s'assurer de la durabilité de leur exploitation ? Les certifications proposées sur le soja et sur l'huile de palme vont dans ce sens (cf. Encarts Soja et Huile de palme).

Mais peut-on aller plus loin ?

## Améliorer la durabilité des productions végétales par la mise en place de systèmes de cultures innovants, qui combinent performances économiques et environnementales. S'ouvrir à l'agroécologie ?

Une autre approche s'apparente plus à un changement de paradigme, aller vers un système agricole à durabilité « forte » (cf. Chapitre Durabilité par C. Abel-Coindoz), c'est ce que propose l'agro-écologie<sup>11</sup>, récemment mise en avant en France par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt (MAFF), et dans le monde, la FAO<sup>12</sup> s'y intéressant depuis peu (Silici 2014).

L'agroécologie permet en s'appuyant sur le fonctionnement des écosystèmes naturels et des effets synergiques entre espèces végétales et animales, de produire à des rendements intéressants, tout en améliorant les performances environnementales des systèmes agricoles (moins de pesticides, moins d'engrais chimiques, meilleure utilisation de l'eau, moins de gaz à effet de serre... ).

---

11 Définition de l'agro-écologie dans la loi d'avenir du 13 octobre 2014 Art. L. 1. - II. Du code rural et de la pêche maritime.

« II. – Les politiques publiques visent à promouvoir et à pérenniser les systèmes de production agro-écologiques, dont le mode de production biologique, qui combinent performance économique, sociale, notamment à travers un haut niveau de protection sociale, environnementale et sanitaire. » « ces systèmes privilégient l'autonomie des exploitations agricoles et l'amélioration de leur compétitivité, en maintenant ou en augmentant la rentabilité économique, en améliorant la valeur ajoutée des productions et en réduisant la consommation d'énergie, d'eau, d'engrais, de produits phytopharmaceutiques et de médicaments vétérinaires, en particulier les antibiotiques. Ils sont fondés sur les interactions biologiques et l'utilisation des services écosystémiques et des potentiels offerts par les ressources naturelles, en particulier les ressources en eau, la biodiversité, la photosynthèse, les sols et l'air, en maintenant leur capacité de renouvellement du point de vue qualitatif et quantitatif. Ils contribuent à l'atténuation et à l'adaptation aux effets du changement climatique. » [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/1501-PA-AE-RA-annuel2014-BD\\_cle0a53fa-1.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/1501-PA-AE-RA-annuel2014-BD_cle0a53fa-1.pdf)

12 <http://www.iatp.org/blog/201409/scientists-praise-and-challenge-fao-on-agroecology>

Ainsi, à titre d'illustration, la rotation de céréales avec des légumineuses sur les mêmes parcelles agricoles permet de diversifier les cultures, tout en fixant mieux l'azote, ce qui permet d'utiliser moins d'intrants extérieurs, et de réduire les fuites de nitrate et de GES (cf. Encadré ci-dessous).

L'agroécologie s'accompagne d'innovations et d'observations du vivant pour explorer et sélectionner les meilleures souches, variétés et espèces susceptible de cohabiter ou de se succéder sur des parcelles agricoles, pour une meilleure triple performance (environnementale, sociale, et économique). La résilience de ces exploitations agricoles est aussi à étudier mais elle pourrait être bien supérieure à celle de l'agriculture intensive développée au siècle dernier et qui montre aujourd'hui ses limites.

### **Une illustration : amélioration des performances économiques et environnementales par insertion du pois protéagineux dans des rotations à base de céréales à paille et colza**

Un effet précédent cultural positif est souvent observé dans les rotations incluant une légumineuse. Ainsi, le rendement d'un blé ou d'un colza succédant à un pois se trouve accru à apports d'azote moindres. Cependant, le blé absorbe peu d'azote pendant l'hiver et les fortes fournitures d'azote minéral laissées dans le sol par la culture de pois présentent souvent de forts risques de lessivage pendant l'hiver suivant. Le colza, par contre, peut absorber d'importantes quantités d'azote pendant l'automne et pourra ainsi valoriser les quantités importantes d'azote laissées par le pois et réduire les risques de lessivage pendant l'hiver. De même, pendant le printemps suivant, l'azote absorbé par la culture de colza permet de réduire les besoins en engrais minéral, donc de réduire également les émissions de  $N_2O$  sur la culture de blé ? et d'améliorer le bilan énergétique de cette culture. Cette technique encore peu pratiquée a été testée avec succès dans un réseau de parcelles agricoles (Carrouée *et al.*, 2012) :

- l'aggravation des attaques de sclérotinia, seule maladie commune aux deux cultures et constituant de ce fait le principal risque en termes de bioagresseurs, n'a pas été constatée sur les 3 années d'expérimentation ;
- après un précédent pois (vs céréales), la marge brute maximale est atteinte avec près de 50 kg d'azote/ha en moins et près de 0,5 q/ha de rendement de plus ;
- pour autant, en termes de marge brute, la légère baisse de rendement résultant d'une moindre fertilisation azotée est pratiquement compensée par l'économie d'azote dans une fourchette d'environ 60 kg d'azote/ha pour le précédent pois. Cette quasi-équivalence de marge facilite l'application du conseil de fertilisation en réduisant les risques liés à une sous-estimation de la dose conseillée à priori par rapport à l'optimum de rendement susceptible d'être observée à postériori ;

- ces choix, même s'ils ont aujourd'hui peu d'incidence sur le plan économique, modifient l'impact environnemental et représentent un enjeu fort, car la production de biodiésel est devenue le principal débouché du colza : une réduction de la fertilisation de 50 kg/ha permet en effet de produire un biodiésel émettant 60 % de GES en moins que le gazole d'origine fossile au lieu des 52 % obtenus avec un itinéraire technique classique pour un rendement en graines moyen ;
- plus globalement, les mesures d'émission de N<sub>2</sub>O réalisées durant les expérimentations montrent qu'une rotation triennale comportant un pois permet de réduire les émissions de 20 % sur les 3 ans.

Enfin, outre ses avantages au niveau micro-économique et environnemental, on peut noter que l'insertion du pois dans les rotations induit une moindre perturbation de l'équilibre des filières locales, en ajoutant essentiellement une matière première qui est par ailleurs utilisable en grands volumes aux prix actuels de l'alimentation animale, et en volumes plus réduits sur des marchés nationaux et exports de l'alimentation humaine.

*Remerciements à Bernard Coudurier pour son aide amicale à la rédaction de ce texte.*

## Références

- Carrouée, B., Schneider, A., Flénet, F., Jeuffroy, MH. & T. Nemecek, 2012. Introduction du pois protéagineux dans des rotations à base de céréales à paille et colza : impacts sur les performances économiques et environnementales. *Innovations Agronomiques*, 25 (2012), 125-142.
- Guillou, M. et B. Hervieu, 2013. *Le projet agro-écologique : Vers des agricultures doublement performantes pour concilier compétitivité et respect de l'environnement*. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Agroecologie\\_-\\_Rapport\\_Guillou\\_2013\\_cle0618d5.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Agroecologie_-_Rapport_Guillou_2013_cle0618d5.pdf) 163 p.
- Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt. 2014. *Rapport annuel Agro – Ecologie 2014*. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/1501-PA-AE-RA-annuel2014-BD\\_cle0a53fa-1.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/1501-PA-AE-RA-annuel2014-BD_cle0a53fa-1.pdf)
- Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt. 2014. *10 clés pour comprendre l'agro-écologie*, 28 p. [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/plaqPA-BDv3\\_cle4ee4c8.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/plaqPA-BDv3_cle4ee4c8.pdf)
- Silici L., 2014. *Agroecology : what it is and what it has to offer?* Issue paper. 28 p. <http://www.iiied.org/>

# GUIDE C

## Sustainability of land-based animal by-products

In terms of regulations, the by-products of animal origin are derived from both aquatic and land animals. Fishmeal and fish oils are therefore by-products and have been considered in an earlier guide of this book (see: Guide A), given their importance in aquaculture feeds.

In this Guide C, the focus is on land-based animal by-products originating from livestock farming and in particular: ruminants, pigs, poultry, and also insects. Animal fat and Processed Animal Proteins (PAPs) are made from various slaughter by-products from healthy animals: meat, fats, blood, feathers and other authorised parts of the carcass.

### **General context and issues**

Processed Animal Proteins (PAPs) are a topical subject, although they had been used since the early days of aquaculture feed. Since the mad cow disease crisis in 1990 in Europe, animal meals were generally removed from animal feed formulations. However, in 2013, non-ruminant PAPs were re-authorised in livestock feeds under very specific regulations explained in the following Chapter: B. Point of the French organization, the SIFCO.

It has to be noted that blood products derived from pigs, poultry and blood PAPs were re-authorised in the European Union in 2005 and in France in 2006, however, use of all animal fats was never prohibited.

Despite the re-authorisation for non-ruminant PAPs in the EU, feed manufacturers remain reluctant to incorporate them due to negative perceptions higher in the value chain (distributors, consumer associations) and incorporation varies widely between European countries. This refusal is illustrated particularly in France. The fish feed profession via their inter-professional body CIPA is officially committed to not incorporating PAPs in feeds for French fish farms producing fish under the «Quality Charter - Aquaculture in our Régions®» as long as a social consensus on the issue is not reached. However, French aquaculture producers targeting export markets can use these raw materials. This is also the case of other European players.

# GUIDE C

## Durabilité des sous-produits d'animaux terrestres

Sur un plan réglementaire, ces sous-produits d'origine animale sont aussi bien issus d'animaux terrestres qu'aquatiques. Les farines et les huiles de poissons en font donc partie, mais elles ont été considérées dans un guide précédent de cet ouvrage (cf. Guide A), compte tenu de leur importance en alimentation aquacole.

Dans ce Guide C, nous nous intéresserons aux sous-produits d'animaux terrestres, issus de l'élevage d'animaux terrestres, en particulier : ruminants, porcs, volailles, mais aussi insectes. Les graisses animales et Protéines Animales Transformées (PAT) sont des sous-produits fabriqués à partir de divers coproduits d'abattoir issus d'animaux sains : viandes, graisses, sang, plumes, et autres parties autorisées de la carcasse.

### Contexte général et enjeux

Les Protéines Animales Transformées (PAT) font aujourd'hui l'objet d'une attention particulière, même si leur usage en aquaculture a existé depuis les premiers temps de l'aquaculture. Lors la crise de la vache folle en 1990 en Europe, les farines animales ont été retirées de l'alimentation animale. Depuis 2013, les PAT ont été autorisées progressivement pour certaines utilisations, sous couvert d'une réglementation très précise expliquée dans le Chapitre suivant de B. Point du SIFCO<sup>1</sup>.

Il faut néanmoins noter que les produits sanguins issus de porcs et de volailles et les PAT de sang ont pu être réutilisés dès 2005<sup>2</sup> dans l'Union Européenne et 2006 en France<sup>3</sup>, et que les graisses animales de toutes espèces n'ont jamais été frappées par ces limitations d'usage.

---

1 SIFCO, Groupe de Travail animé par B. Point, Syndicat des Industries Françaises des Coproduits Animaux - *Le Diamant A - 92909 Paris la Défense cedex*, [sifco@sifco.fr](mailto:sifco@sifco.fr) [www.sifco.fr](http://www.sifco.fr)

2 Règlement CE 1292-2005.

3 Arrêté du 18 juillet 2006.

Outside Europe, PAPs are commonly used in fish feeds. This means that farmed fish and shrimp produced outside Europe and imported to French and European markets may well have been fed with feed containing PAPs.

With the authorisation to use PAPs, their sustainability assessment arises again.

### **Economically**

For the aquaculture feed manufacturer, the use of PAPs is an opportunity both because of its availability from close geographical areas, and their good quality/price ratio. Their non-use in France is therefore an economic disadvantage for the aquaculture profession.

For raw materials derived from insect farms, the lack of information on economic performance affects their potential use in aquafeeds. Many studies to date have not provided clarification of the potential of this new class of raw material (see Box: S. Mezdour). It is likely that, as in other sectors, it is through the use of by-products processed as high-value products for human consumption that will lead to the achievement of economic sustainability for the aquaculture industry. Studies are ongoing to support the authorisation of this. Integrating insect farming into other agricultural products is also an interesting path to explore.

### **Social acceptability**

France has been marked by the mad cow disease crisis. The participants in the workshop of Beg Meil (see Annex I) confirmed this French trend even though after explanations, opinions did change. Cultural criteria can also influence the positions and opinions of other stakeholders or communities. The use of by-products of porcine origin is clearly banned in some countries for religious reasons.

For other criteria linked to health risks, the current regulations strictly ban the use of ruminant PAPs products in aquaculture feed. This should contribute to improving the perception of aquaculture feed among consumers.

The position of the French aquaculture industry is to meet social expectations and maintain PAPs exclusion in feeds for fish destined for supermarket shelves (fish under the collective label «Quality Charter - Aquaculture in our Régions®»). Some fish farmers are different (with production destined for export or for re-stocking) and are likely to use PAPs, because of their perceived benefits. Tests are being conducted among fish farmers to quantify the perceived benefits of PAPs in terms of sustainability. The issue of PAPs in France is clearly a social acceptability problem. But how to solve it is still unclear. Is it simply a matter of good communication between the media and the general public?

In terms of «naturalness», it seems easier to persuade consumers of the need, for example, to produce salmon fed on plant proteins, than to make it «jump» out of its normal conditions and pass from aquatic proteins to terrestrial proteins, a practice considered «against nature» (see Box: Naturality by G. Debuquet). This negative perception was also expressed in the work of Beg Meil (Annex I) and for them, we



Aussi, en Europe, les PAT issues de porcs et de volailles sont maintenant autorisées depuis 2013 comme matières premières pour l'aquaculture. Pour autant, les industriels de la fabrication d'aliments en Europe sont encore hésitants pour leur incorporation dans les aliments aquacoles, en raison des réactions très négatives reçues du secteur aval de la filière aquaculture (distributeurs, associations de consommateurs) et l'incorporation est très hétérogène selon les pays européens. Cette situation de refus s'illustre particulièrement en France. La profession par le biais du CIPA s'est engagée officiellement sur la non incorporation de PAT dans les aliments pour les élevages aquacoles français produisant des poissons « Charte Qualité – Aquaculture de nos Régions® » tant qu'un consensus sociétal ne s'est pas fait jour. Néanmoins, une partie des aquaculteurs français, qui visent d'autres marchés, peuvent utiliser ces matières premières. C'est également le cas d'autres acteurs européens. En dehors de l'Europe, les PAT sont couramment utilisées en alimentation aquacole, ce qui implique que des poissons et des crevettes d'élevage produits hors d'Europe et introduits sur les marchés français et européens peuvent avoir été nourris avec des aliments n'ayant pas subi de restriction quant à l'incorporation de PAT dans leur formulation.

Aujourd'hui, au regard de la nouvelle réglementation proposée sur les PAT, la question d'évaluation de leur durabilité se pose donc à nouveau.

### **Sur un plan économique**

Pour le formulateur d'aliment aquacole, l'utilisation de PAT constitue une opportunité tant par sa disponibilité au départ de zones géographiques proches, que sur un plan économique, d'un bon rapport qualité/prix. La situation française implique donc une réelle distorsion sur un plan économique pour une partie de la profession.

Pour les matières premières issues d'élevages d'insectes, le manque d'information sur les performances économiques affecte l'analyse des perspectives pour l'aquaculture. De nombreuses études sont encore à conduire pour éclaircir les potentiels de cette nouvelle classe de matières premières en alimentation (cf. Encart S. Mezdour). Il est probable que, comme pour d'autres filières, c'est par le biais de la valorisation de sous-produits issus d'une transformation ciblant un produit à haute valeur ajoutée pour la consommation humaine que se fera l'atteinte d'une durabilité économique pour la filière aquacole. Les études sont en cours pour étayer le dossier d'autorisation. La voie des élevages d'insectes intégrés à d'autres productions agricoles est aussi à explorer.

### **Acceptabilité sociétale**

La France a été marquée par la crise de la vache folle. L'échantillon de personnes participantes à l'atelier de Beg Meil (cf. Annexe I) confirme cette tendance française même si, après explication, les personnes consultées sont à même d'évoluer dans leur opinion. Les critères culturels peuvent aussi influencer la position d'autres sociétés. L'utilisation de sous-produits d'origine porcine est clairement bannie de certains pays pour des raisons religieuses.

Pour les autres critères liés au risque sanitaire, la réglementation actuelle bannit strictement l'utilisation de PAT d'origine Ruminants pour l'alimentation aquacole. Cela doit pouvoir contribuer à l'amélioration de la perception des consommateurs.

are still some way from being “natural” in the use of (highly) processed terrestrial proteins.

### **Environmental Assessment**

The assessment of the environmental sustainability of PAPs is the subject of a debate based on the following criteria.

PAPs provide digestible protein and good nutritional quality (see Chapter: PAPs, Point B.). These two values enhance the absorption of ingested proteins and therefore reduce the effluent impacts from aquaculture production sites.

For other evaluation criteria of environmental sustainability, a consensus seems difficult to reach.

For some, these raw materials are recoverable in fish feed via a circular economy approach (see: Imbert and Le Gouvello in Box: Circular Economy).

The environmental impacts associated with pig or poultry farming should be shared between (direct) human consumption and the use of by-products from their production in other industries, including aquafeeds. Work is ongoing in this respect at a European level to define a methodology of referencing, and allocating the impacts between products and agricultural by-products (see: Chapter J. Aubinand Chapter: B. Point). FEFAC is also working on an international database of environmental impacts of raw materials for animal feed. This will more accurately assess the impacts of various raw materials of animal origin that are used in aquaculture, including land-based animal PAPs vs. fishmeal.

Another thought is emerging and recurring throughout this document on the evaluation of fish feed by-products. The use of PAPs must be part of a) a sustainable production approach, b) the whole production chain, and c) respectful of European legislation.

La position de la filière française d'aquaculture est de répondre à l'attente sociétale et de maintenir leur exclusion dans l'alimentation des poissons destinés aux étals de la grande distribution (poissons sous marque collective « Charte Qualité – Aquaculture de nos Régions® »). Certains pisciculteurs, dont les débouchés sont différents (export, repeuplement, ...) sont susceptibles d'utiliser ces PAT, en raison de leurs avantages perçus. Des tests sont en cours chez ces pisciculteurs pour objectiver et quantifier les avantages perçus des PAT en termes de durabilité. La question des PAT en France est clairement un problème d'acceptabilité sociétale. Mais la manière de résoudre ce frein reste encore floue. S'agit-il simplement d'une question de bonne communication auprès des médias et du grand public ?

En matière de « naturalité », il semblerait plus facile de persuader un consommateur de la nécessité par exemple, de rendre un saumon « végétarien », nourri de protéines d'origine végétale, que de lui faire « sauter » de milieu, passer de protéines aquatiques à des protéines terrestres, une pratique jugée « contre-nature » (G. Debuquet cf. Encart Naturalité). Cette perception négative s'est aussi exprimée lors des travaux de Beg Meil (Annexe I). Pour les personnes sollicitées, on reste très loin d'un schéma naturel, car ce sont des protéines d'origine terrestre et associées à des processus de transformation importants.

### **Evaluation environnementale**

L'évaluation de la durabilité sur un plan environnemental des PAT fait l'objet d'un débat selon les critères considérés.

Les PAT fournissent des protéines digestibles et de bonne qualité nutritionnelle (B. Point Chapitre PAT). Ces atouts optimisent l'assimilation des protéines ingérées et, par conséquent, limite les rejets sur les lieux de production aquacoles.

Pour les autres critères d'évaluation de la durabilité environnementale, un consensus semble difficile à atteindre.

Pour certains, ces matières premières existent, et sont valorisables en alimentation aquacole dans une logique d'économie circulaire (cf. Imbert et Le Gouvello, Encart Economie circulaire).

Les impacts environnementaux associés à la production de porcs ou de volailles devront être partagés entre l'alimentation humaine et l'utilisation des sous-produits par d'autres filières, dont l'alimentation aquacole. Des travaux sont à ce titre en cours au niveau européen pour définir une méthodologie de référence, et répartir les impacts entre les produits et co/sous-produits agricoles (cf. à ce propos Chapitre J. Aubin et Chapitre B. Point). La FEFAC a également pour projet de constituer une base internationale de données des impacts environnementaux des matières premières pour l'alimentation animale. Cela permettra d'apprécier plus justement les impacts des différentes matières premières d'origine animale qui sont utilisées en aquaculture, et notamment : PAT d'animaux terrestres vs. Farines de poisson.

Une autre réflexion émerge, récurrente sur l'ensemble de cet ouvrage sur la valorisation de sous-produits en alimentation aquacole. L'exploitation de ces PAT doit s'inscrire dans une démarche de production durable, sur l'ensemble de leur chaîne de production, et respectueuse de la législation stricte en vigueur en Europe.

## PRINCIPLE

**A well-managed and well controlled use of PAPs to add value to the by-products of land animal production.**

## RECOMMENDATIONS

1) Communicate with full transparency the origin and the advantages of using PAPs in aquaculture feed in Europe and clarify the strict framework that regulates their usage and traceability from origin.

2) Enforce the same regulatory and traceability requirements on the use of PAPs in third country imports of aquaculture products for European consumers.

Importing PAPs from third countries into Europe does not seem a necessity for European feed manufacturers given their availability in Europe. The most likely scenario is that of farmed fish or shrimp imported into Europe from third countries, where PAPs use does not have the same regulatory constraints as those required here.

3) Explore and support the use of PAPs from a regional/area-based approach, following circular economy principles.

4) Develop communication strategies that support 'local' PAPs production as an example of the circular economy principle.

### For insect feed

5) Continue to develop a supply chain of insect-based feed raw materials.

6) Promote farms having an integrated farming and/or good practice (to be defined) approach to ensure supply in sufficient quantity and at a competitive price compared with other protein sources.

## **PRINCIPE**

**Une utilisation des PAT dans le cadre de la valorisation des sous-produits des élevages terrestres, bien encadrée et bien contrôlée.**

## **RECOMMANDATIONS**

1) Communiquer en toute transparence sur l'origine et l'intérêt des PAT, faire savoir et connaître le cadre très strict qui autorise leur utilisation en alimentation aquacole en Europe, et la traçabilité qui entoure la filière des PAT.

2) En cas d'importation de produits aquacoles d'un pays tiers à l'Europe, exiger le même niveau de traçabilité et de contraintes réglementaires sur la production et l'utilisation des PAT dans le pays tiers.

L'importation de PAT d'un pays tiers à l'Europe ne semble pas un besoin pour la production aquacole en Europe, compte tenu des disponibilités de stocks de PAT en Europe. Le cas le plus probable est celui de poissons ou crevettes d'élevage, importés en Europe d'un pays tiers, des productions aquacoles qui auront pu utiliser des PAT dans leur pays d'origine sans les mêmes contraintes réglementaires que celles exigées en Europe.

3) Explorer et soutenir l'utilisation encadrée de PAT dans une approche territoire, suivant les principes d'une économie circulaire.

4) Développer des actions de communication profitant des caractéristiques de production locale des PAT, qui illustrent cette approche de type économie circulaire.

### **Pour la filière insectes**

5) Continuer les efforts de recherche et développement, à tous les niveaux d'une potentielle filière d'approvisionnement pour l'alimentation animale.

6) Favoriser les élevages (selon des bonnes pratiques à définir, élevages intégrés) pour permettre une production de cette matière première potentielle en quantité suffisante, et à un prix compétitif par rapport aux autres sources de protéines.

## Pour mieux comprendre les enjeux sur ces matières premières :

### Chapitre 1 :

### l'utilisation des protéines animales transformées (PAT), produits sanguins et graisses animales issus de sous-produits d'animaux d'origine terrestre pour l'alimentation en aquaculture

Par le Groupe de rédaction du SIFCO<sup>4</sup>, animé par Bruno Point.

Compte tenu du contexte souligné précédemment, les éléments suivant d'information sont importants pour comprendre les enjeux sur la durabilité des PAT, produits sanguins et graisses animales, en alimentation animale, et particulièrement en aquaculture.

#### Rappel réglementaire

L'ensemble du dispositif réglementaire est disponible dans un Guide de classification des sous-produits animaux et de leurs devenir, mis en ligne par le Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt, Direction Générale de l'Alimentation (MAAF-DGAL)<sup>5</sup>.

Depuis 1990, l'Europe a adopté une série de mesures visant à protéger la santé humaine et animale du risque d'encéphalopathie spongiforme bovine (ESB). Les produits sanguins sont ré-introduits en Europe en 2003. Le règlement (CE) n°999/2001<sup>6</sup> fixe ainsi les règles pour la prévention, le contrôle et l'éradication des encéphalopathies spongiformes transmissibles (EST) chez les animaux, depuis la production jusqu'à la mise sur le marché des animaux vivants et des sous-produits d'origine animale. L'article 7 interdit l'utilisation des protéines animales dans l'alimentation des ruminants et d'autres espèces. Mais depuis 2013<sup>7</sup>, des dérogations à ces interdictions ont été introduites : l'utilisation de PAT dans l'alimentation des ruminants est toujours strictement interdite, ainsi que l'utilisation de PAT issues de ruminants dans l'alimentation des non ruminants (dont les poissons). Mais il est de

---

4 SIFCO, Groupe de Travail animé par B. Point, Syndicat des Industries Françaises des Coproduits Animaux - Le Diamant A - 92909 Paris la Défense cedex, [sifco@sifco.fr](mailto:sifco@sifco.fr) [www.sifco.fr](http://www.sifco.fr)

5 [http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/guide\\_trigen-span-destination\\_albrnspan\\_final\\_cle027341.pdf](http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/guide_trigen-span-destination_albrnspan_final_cle027341.pdf).

6 Règlement (CE) n°999/2001 du Parlement européen et du Conseil du 22 mai 2001 fixant les règles pour la prévention, le contrôle et l'éradication de certaines encéphalopathies spongiformes transmissibles. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=URISERV:f83001&qid=1432806774616>

7 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=URISERV:f83001&rid=3>

nouveau possible d'incorporer des PAT issues de sous-produits de porc et de volailles pour l'alimentation des poissons sous couvert d'un cadre très précis

Tout d'abord, selon le règlement R (CE) 1069/2009<sup>8</sup>, seule la catégorie « C3 » de sous-produits est susceptible d'être transformée et utilisée en alimentation animale, c'est à dire des sous-produits dont la source est connue (abattoir, atelier de transformation et distributeur de viandes agréés), et issus d'animaux inspectés et déclarés sains. De fait, les produits finis autorisés en alimentation animale sont issus de sous-produits attenants aux viandes consommées dans la chaîne alimentaire.

La réglementation précise d'autres points d'application très importants, notamment :

- les unités de collecte et de traitement doivent être agréées et contrôlées par les Directions Départementales de la Protection des Populations (DDPP),
- les produits finis qui en sont issus doivent vérifier des normes bactériologiques, notamment quant aux salmonelles et aux Entérobactériacae.

Enfin, pour garantir la sécurité de l'ensemble du dispositif, le « tout dédié » est exigé sur l'ensemble des filières. Autrement dit, les circuits de collecte, transport, et unités de traitement des sous-produits doivent être dédiés aux espèces non ruminants, pour ainsi garantir l'absence totale de produits d'origine ruminants. Pour contrôler la mise en œuvre du « tout dédié », un plan de surveillance et de contrôle officiel des installations et produits a été mis en place par les services de l'Etat, appliqué par des laboratoires agréés à cet effet. (Cabassus DGAL, 2014).

Les principes d'accompagnement de la réintroduction des PAT en alimentation animale en Europe sont donc très précis. Ils sont d'une complexité telle que seule une usine d'aliments en France a reçu un agrément pour recevoir ce type de matières premières.

### **Disponibilités et productions en France et en Europe**

Les volumes des principales PAT, produits sanguins et graisses animales de porc et de volailles sont indiqués sur le Tableau 1 récapitulatif.

En France et en Europe, la filière de production des PAT, produits sanguins et graisses animales est organisée selon une collecte faite directement auprès des abattoirs et autres lieux agréés, par espèce et par catégorie, puis un acheminement vers les usines de transformation en maîtrisant et traçant la notion d'espèce.

Les produits sanguins et les PAT sont autorisés dans la composition des aliments pour poissons dès lors qu'ils sont issus de sous-produits de volailles et de porc. Cette disposition peut entraîner l'existence sur le marché de produits issus de ces espèces collectés et traités séparément dans des filières dédiées ou, pour certains, de produits en mélange de ces deux espèces animales. L'offre entre ces deux possibilités est fonction des cahiers des charges des fabricants d'aliments.

---

8 Règlement (CE) n°1069/2009 du Parlement européen et du Conseil du 21 octobre 2009 établissant des règles sanitaires applicables aux sous-produits animaux et produits dérivés non destinés à la consommation humaine et abrogeant le règlement (CE) n°1774/2002 (règlement relatif aux sous-produits animaux). <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX:32009R1069>

Les graisses animales sont autorisées en Europe à partir de sous-produits de toutes espèces. Mais sont implantées des filières dédiées volailles et porcs, qui permettent la mise sur le marché de graisses animales spécifiques de volailles et de porcs.

**Tableau 1** : Tableau récapitulatif sur les PAT.

Principaux produits	Production France (t)	Production EU (t)	Fabrication	Teneur en protéines
PAT de Volailles	105766	360000	cuisson et séchage, pressage puis	60-65%
PAT de Porcs	59151	210000	broyage	50-55%*
Protéines de plumes et de soies hydrolysées	38465	190000	hydrolyse sous pression et séchage puis broyage	>80%
Produits Sanguins issus du sang de Volailles et de Porcs			coagulation et séchage puis broyage	80-85%
Hémoglobine de porc			centrifugation puis séchage par atomisation (obtention poudre spray)	85-90%
Graisses Animales issues des sous-produits de Volailles	76851	135000	cuisson et séchage, pressage et filtration des graisses	
Graisses Animales issues des sous-produits de Porcs	73773	260000		

Sources : SIFCO et EFPRA<sup>9</sup> (2014).

### Les qualités nutritionnelles et technologiques des PAT autorisées en alimentation aquacole

D'une manière générale, on peut souligner que les PAT constituent des matières premières riches en protéines digestibles, de qualité constante et de bonne disponibilité, répondant aux exigences nutritionnelles des poissons de type carnivore.

En aquaculture, Alm (2014) rapporte des taux variables de 15 à 25 % d'incorporation des PAT dans les aliments aquacoles sur diverses espèces de poissons et de crevettes d'élevages (Tableau 2). Selon Skretting (reporté par Alm, 2014), les taux d'incorporation de PAT varient entre 25 à 35 % de l'aliment sur le saumon, au Chili, Canada, et Australie (Figure 1).

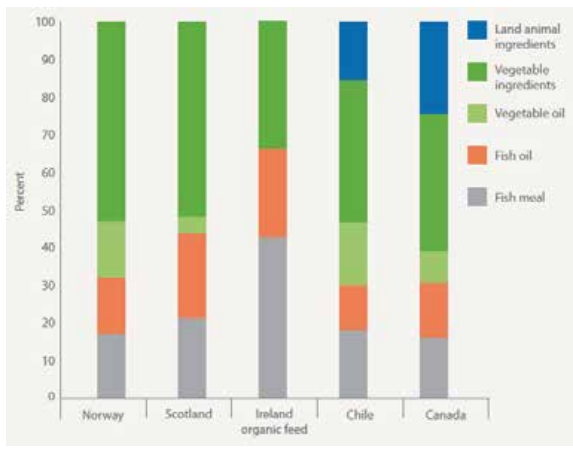
<sup>9</sup> <http://www.efpra.eu/Content/Default.asp?>



**Tableau 2:**  
Revue bibliographique des taux d'incorporation de PAT dans les aliments aquacoles (Alm, 2014).

Use of animal proteins in fish feed (Literature study)				
	Blood Meal	PAP	Feather Meal	Poultry PAP
Sea bream		15		25
Rainbow trout	50	12	15	15
Eel				5-10; 50
Tilapia	10	75	10-15	66
Channel Catfish	15	10-15		40-50
Amano Shrimp		50		50
King prawn		10; 75	10; 75	10-15; 80
Tiger prawn		67		

% of DM  
% Fish meal replacement



**Figure 1 :**  
Composition des aliments pour saumon, part respective des PAT, matières premières végétales, huile et farine de poisson (selon Skretting, 2013, reporté par Alm, 2014).

La teneur élevée en protéine ainsi que leur haut niveau de digestibilité permet une réduction de la part non digérée de l'aliment, ainsi qu'une bonne croissance des poissons à un coût maîtrisé, et une réduction des rejets dans leur environnement aquatique. Toutefois, le taux optimal d'incorporation des PAT dans l'aliment doit prendre en compte dans la formulation les mêmes contraintes que les farines de poissons pour éviter des rejets en phosphore et en azote trop importants.

Certaines PAT présentent un intérêt technologique lors de l'extrusion des aliments. Outre leur haut niveau de protéine digestible, les produits sanguins apportent un complément ferrique et concourent à la flottabilité des pellets.

Les graisses issues de sous-produits de porcs et de volailles sont relativement riches en acides gras de type oméga 3 et 6, de qualité constante et de bonne disponibilité. Elles permettent de réduire les teneurs en polluants tels que dioxines, PCB-DL et métaux lourds que l'on peut retrouver sur des huiles de poissons. Toutefois, des Acides Gras Insaturés devront être ajoutés à l'aliment, pour satisfaire les besoins spécifiques en Acides Gras Essentiels de certaines espèces piscicoles ou stades (cf. Chapitre 1 de ce guide).

## **Durabilité des PAT, la réponse de l'industrie :**

### **— Pour répondre aux questions d'ordre sociétal**

En matière de PAT, un élément important à prendre en considération sur la bonne acceptabilité sociétale des PAT en alimentation animale est lié à la bonne traçabilité nécessaire sur le produit, pour rassurer les utilisateurs et consommateurs. L'industrie s'est organisée dans ce sens.

Une traçabilité stricte est donc appliquée sur les produits. Elle procède notamment à l'émission de documents d'accompagnement pour tous les transferts et à tous les stades (depuis l'abattoir jusqu'au fabricant d'aliment, les abattoirs maîtrisant l'origine des élevages des animaux abattus).

L'ensemble des filières appliquent la méthode HACCP<sup>10</sup> pour leur démarche qualité et met en place des démarches ISO.

Mais, selon les points soulevés dans ce Guide par d'autres auteurs (cf. Encarts Naturalité et Acceptabilité), il n'est pas sûr que ces mesures de fiabilisation de la filière suffisent à améliorer la perception des consommateurs français, et peut-être sur d'autres pays européens. Il importerait donc d'afficher cette garantie et de la promouvoir.

### **— Sur un plan environnemental**

Dans la mesure où il s'agit de sous-produits, l'impact global environnemental de la production des PAT, produits sanguins et graisses animales est hautement favorable du fait même de l'utilisation de sous-produits. On est dans les principes d'une économie circulaire, telle que proposée dans l'Encart de ce guide.

De manière plus précise, un débat a néanmoins lieu en France et en Europe pour la répartition des impacts à chaque étape de production du sous-produit. Des modèles d'allocation de l'impact environnemental sont en cours de discussion pour être harmonisés selon chaque type de produit fini. Dans le cadre des travaux sur l'affichage environnemental et suite à la phase d'expérimentation volontaire, des recommandations ont été émises par l'ADEME en 2014 par l'intermédiaire d'une note de position sur les allocations entre produits et coproduits pour le secteur agricole et agro-

---

10 Hazard Analysis Critical Control Point, <http://www.haccp-guide.fr/>

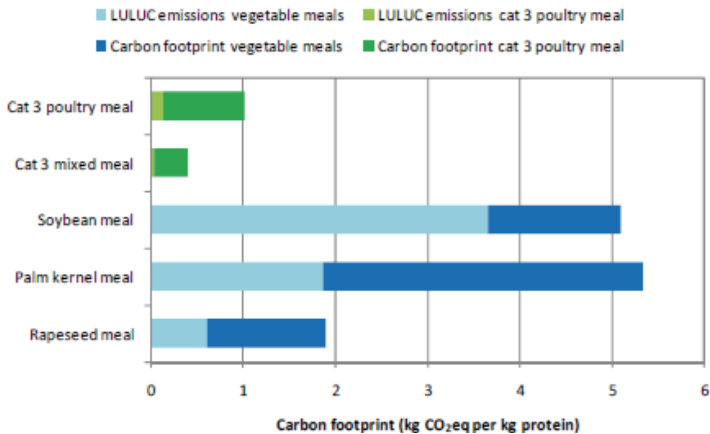
alimentaire. La note préconise une allocation économique pour ces filières, en se basant sur les critères de la norme ISO 14040 et 14044, dans la mesure où les allocations physiques ne sont pas adaptées au regard de la diversité des fonctions remplies par les produits & coproduits. Ainsi il n'existe pas de critère physique commun qui permette de réaliser une allocation physique (massique, énergétique ou autre).

Le choix de l'allocation économique est ainsi préféré, puisqu'il rend compte de la finalité des industries (ex : produire de la viande) et des services rendus par les coproduits, dont la revalorisation rentre dans une logique d'économie circulaire, qui ne saurait porter un impact environnementale plus important que les produits eux-mêmes.

De même, en Europe, durant la phase d'expérimentation volontaire, la Commission a créé un sous-groupe de travail dédié aux problématiques d'allocation. Ses conclusions sont similaires à celles de l'ADEME, et elles recommandent aux filières alimentaires d'utiliser une allocation économique dans le cadre de leurs travaux d'expérimentation.

Des premiers travaux engagés affichent des résultats très favorables sur un plan environnemental si on les compare à d'autres sources de protéines. Par exemple, selon la Figure 2, les empreintes carbone des PAT de volailles et de porcs sont inférieures à celles des tourteaux de soja, palme et colza.

### Sustainability: CFP of animal and plant proteins



**Figure 2 :** Comparaison des empreintes carbone de PAT et tourteaux de végétaux (source: Hans Blonk, EFPRA Congress 2010, repris par Alm 2014).

## Conclusions

Les PAT, produits sanguins et graisses animales constituent une alternative solide et fiable pour substituer ou compléter les farines et huiles de poissons dans les aliments aquacoles. Elles se distinguent en qualité nutritionnelle des protéines et huiles végétales. L'ensemble du dispositif réglementaire actuel garantit la sécurité alimentaire, et le niveau de traçabilité est élevé.

Sur un plan environnemental, les recherches et discussions actuelles permettront de confirmer leur intérêt. De plus, elles ne prélèvent pas de ressources destinées à l'alimentation humaine, mais, bien au contraire, elles réintroduisent des sous-produits fiables en substitution à des matières premières potentiellement utilisables en alimentation humaine. Enfin, ces matières premières sont disponibles en quantité et en origines géographiques très proches des utilisateurs, permettant ainsi de sécuriser leurs approvisionnements tout en minimisant les transports.

Des essais sur le poisson sont en cours en France, orchestrés par la profession et l'ITAVI dans le cadre du programme **Transalim** pour évaluer des formules incorporant ces matières premières du point de vue zootechnique, sanitaire et environnemental. La mauvaise acceptabilité sociétale reste cependant un frein majeur à leur ré-introduction en alimentation aquacole en France.

## Références

- ADEME, 2014. *Position de l'ADEME sur les affectations dans le cadre d'ACV dans les secteurs de l'agriculture et de la première transformation*, 7 pp.
- Alm, M., 2014. *Non-ruminant processed animal protein: nutritional characteristics and sustainability profile*. Stakeholder FEFAC workshop on sustainable feed for aquaculture, Brussels, 8.4.2014. European Fat Processors and Renderers Association (EFPRA). Oral presentation.
- Cabassus, G., 2014. *Contexte réglementaire pour l'alimentation en aquaculture*. DGAL/MAFF. Présentation orale du 16/06/14. Atelier de Beg Meil, Agro-Campus Ouest. Juin 2014. Projet UICN/DPMA.

## Les insectes comme nouvelle source de protéines pour l'alimentation aquacole ?

Par S. Mezdour AgroParis Tech<sup>11</sup>

Faisant suite au positionnement favorable de l'organisation internationale (FAO), l'utilisation d'insectes comme source alternative de protéines dans l'alimentation animale est une option de plus en plus populaire. Certains entrepreneurs privés se sont déjà positionnés en Europe sur la commercialisation de produits à base d'insectes.

Chercheurs et industriels de l'agroalimentaire commencent à s'intéresser à la valorisation d'insectes comestibles (+ 1900 espèces consommées dans le monde) qui grâce à leurs qualités nutritionnelles, leur faible impact sur l'environnement pourraient constituer une ressource alimentaire d'avenir en alimentation animale, et aquacole.

### Réglementation

Concernant les animaux d'élevage, les produits à base d'insectes pourraient être considérés comme des matières premières de catégorie C3 (protéines animales transformées issues de sous-produits animaux consommables par l'homme, règlement CE 1069/2009) dont l'introduction a été autorisée exclusivement pour les espèces aquacoles en 2013 (Règlement (CE) n°56/2013 2013). Les substrats sur lesquels ils sont élevés ne doivent pas être interdits (Règlement (UE) n°767/2009 2009; Règlement (UE) n°1069/2009 2009).

Il faut cependant souligner le point suivant : La DGAL<sup>12</sup> vient de publier en 2016 une note dans laquelle : « L'alimentation directe des animaux d'élevage avec des insectes morts sans transformation préalable n'est donc pas autorisée ... » De plus, cette note récente précise : « Les protéines animales transformées (PAT) d'insectes sont, en l'état de la réglementation, interdites dans l'alimentation des animaux de rente. » Ce qui interdit pour l'instant l'incorporation d'insectes dans l'alimentation aquacole, en l'état actuel de la réglementation.

Pour produire à l'échelle industrielle de nouveaux produits et ingrédients à base d'insectes, il faudra surmonter un certain nombre d'obstacles (i) nutritionnels et techniques (sélection des insectes, leur élevage en grande masse, choix des matières agricoles, leur transformation via des procédés adaptés...) (ii) économiques et réglementaires (coût de production, prix du produit/kg...)

---

11 Samir Mezdour AgroParisTech, UMR 1145 Ingénierie Procédés Aliments, 1 avenue des Olympiades F-91744 Massy-France.

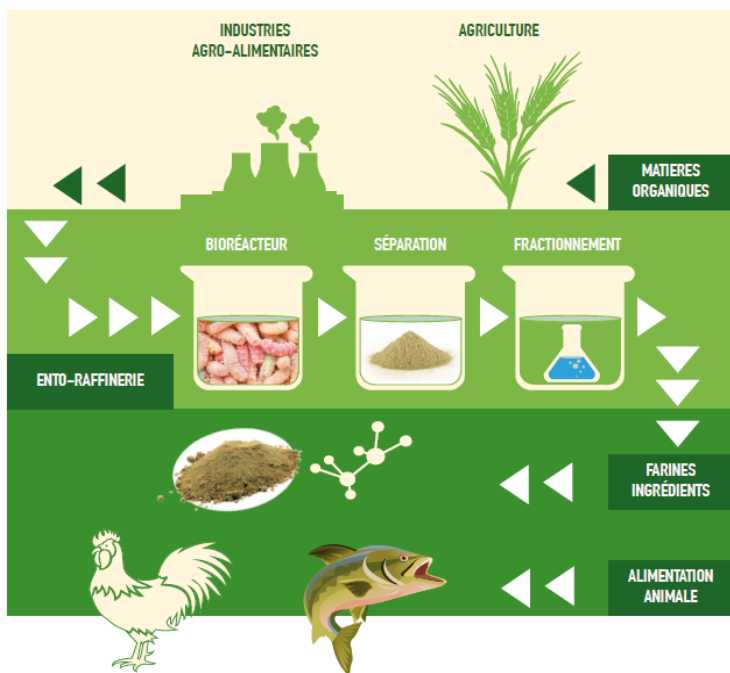
12 DGAL/SDSPA/2016-128 du 16/02/2016, Note d'information. 7 pages.

(iii) liés à la durabilité (impact sur l'environnement). Il faudra un effort de recherche important sur un plan nutritionnel pour déterminer quels insectes, quel stade d'insecte, pour quelle espèce aquacole est susceptible d'apporter des nutriments intéressants dans l'alimentation aquacole. En effet, une revue récente (Henry *et al.*, 2015) indique que si les insectes peuvent constituer une source potentielle de protéines pour les poissons, il faudra cependant équilibrer la formule en acides aminés, vérifier l'absence de facteurs anti-nutritionnels et de constituants toxiques. Par ailleurs, selon ces auteurs, les insectes ne seraient pas capables d'apporter une réponse satisfaisante comme source de lipides.

Plusieurs programmes en Europe ont été lancés afin de faire émerger une nouvelle filière d'insectes.

Parmi ces projets, une voie d'avenir peut résider dans une approche intégrée volailles insectes pour une valorisation des déchets organiques. Par exemple, des travaux exposés très récemment montrent qu'une farine obtenue à partir de larves de *Tenebrio molitor* nourries avec des co-produits végétaux est capable de remplacer avec succès 100 % de la farine de poisson d'un aliment donné à des alevins de truites arc-en-ciel (Armenjon *et al.*, 2015).

Le projet multidisciplinaire DESIRABLE (Conception d'une bioraffinerie d'insectes pour contribuer à des systèmes agroalimentaires plus durables (Azagoh *et al.*, 2015)) se propose ainsi de couvrir les problématiques de sous-valorisation de coproduits de biomasse, et de production locale de ressources riches en protéines, par un procédé de bioconversion par les insectes en protéines adaptées à l'alimentation d'animaux. Il intègre une vision globale de la filière, de l'utilisation des déchets organiques jusqu'à la consommation de poissons et volailles (schéma d'Ento-raffinerie). L'aboutissement pourrait être une unité de bioconversion, appelée Ento-raffinerie. Des expériences à l'échelle du laboratoire et du pilote ont été menées pour chacun des composants de la bioraffinerie : l'élevage, la transformation et l'utilisation des produits. Une Analyse du Cycle de Vie (ACV) complète apportera une vision globale du système. Plusieurs voies de procédés d'extraction et de fractionnement des constituants d'insectes ont été explorées et ont permis de préparer plusieurs types de farines, avec des essais en cours de nutrition sur des truites.



**Figure 3 :**  
Schéma d'ento-raffinerie d'insectes.

## Références

- Armenjon, B., Subramanian, S., Hubert, A., Berro, F., Rema, P. & J. Dias, 2015. *Evaluation of first commercial insect meal product from Tenebrio molitor larvae, "Ynsect TMP-465" on rainbow trout juveniles*, Aquaculture Europe 2015, 21-23 oct, Rotterdam. <https://www.was.org/easonline/MeetingAbstracts/ShowAbstract.aspx?i=4483>
- Azagoh, C. , Hubert, A. & S. Mezdour, 2015. Insect Biorefinery in Europe: "DESigning the Insect bioRefinery to contribute to a more sustainABLE agro-food industry", *Journal of insects as food and feed*, 1 (2) : 159-168.
- Henry, M., Gasco, L., Piccolo, G. & E. Fountoulaki, 2015. Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology*, 203, 1–22.

## GUIDE D

# Sustainability of raw materials produced from algae

Macro and microalgae derive from cultivation or harvesting. In aquaculture feeds, they can be used after processing, or as a by-product from other sectors. Therefore, the question is 'among the alternatives to fishmeal and fish oils, could algae provide quality proteins and lipids and be economically viable?'

### Background and issues

The latest information on macro- and micro-algae (see; R. Peter and Przybyla C. et al. further down) clearly shows significant potential for these new raw materials, whose nutritional qualities are particularly promising.

Economically, the absence of an industrial European sector supplying raw materials from macro and microalgae dedicated to feed production, does not yet allow for a judgement of their sustainability. At present, the prices of these algal raw materials remain high and incompatible with the economic constraints of aquaculture, unless these materials are incorporated in very small amounts, as ingredients to complete requirements in essential fatty acids, trace elements or active components for health.

However, many other uses are being continually developed for algae including food and human health, cosmetics and biofuels. For example, current methods for extracting alginate or alginic acid from macro algae for cosmetics make their by-products unsuitable for animal feed. Dialogue is therefore needed between feed manufacturers and algal processors to look into changes in seaweed processing methods that could lead to using their important nutritional products in aquaculture feeds.

The integration of micro and macro algae production into other industries in a more comprehensive way, as recommended in the circular economy (see Box: Circular economy Imbert and Le Gouvello) is a very interesting way to optimize their exploitation and potentially make them available for aquaculture feed.



# GUIDE D

## Durabilité des matières premières produites à partir d'algues

Les macroalgues et microalgues sont issues de culture ou de récolte. En alimentation aquacole, elles peuvent être utilisées après transformation, ou en tant que sous-produits de leur utilisation dans d'autres filières. Parmi les alternatives aux farines et huiles de poissons, les extraits d'algues pourraient-ils donc permettre de fournir des protéines et des lipides de qualité et économiquement rentables ?

### Contexte général et enjeux

Les informations récentes sur les macro- et microalgues (cf. R. Pierre et C. Przybyla et al. à suivre) montrent clairement un potentiel important pour ces nouvelles matières premières, dont les qualités nutritionnelles peuvent s'avérer particulièrement prometteuses.

Sur un plan économique, l'absence d'une filière industrielle européenne d'approvisionnement en matières premières issues de macroalgues et microalgues dédiés à l'aliment animale ne permet pas encore de statuer sur leur durabilité. En l'état actuel, les prix de ces matières premières algales restent élevés et peu compatibles avec les contraintes économiques de la filière aquacole, à moins que ces matières premières soient incorporées en très faibles quantités, en tant qu'ingrédients pour compléter des besoins en AGE, en oligoéléments, ou en composants actifs pour la santé.

Cependant, de nombreux autres usages sont en cours de développement pour les algues : alimentation et santé humaine, cosmétologie, biocarburants... Une filière d'utilisation des sous-produits de ces productions en alimentation aquacole serait envisageable, à condition de les rendre accessibles. Par exemple, les procédés actuels d'extraction d'alginate des macroalgues en cosmétique rendent leurs sous-produits impropres à l'alimentation animale. Il faut donc une concertation entre ces diverses filières, et peut-être des modifications des procédés de transformation d'algues, pour permettre une valorisation des sous-produits en alimentation aquacole.

In addition, experts concur (see Chapters: R. Stone, Macroalgae and C.Przybyla *et al.*, Microalgae) that the margins for progress are such that it would be possible to have large amounts of these raw materials in future. The use of algal extracts as major raw materials in aquaculture feed could then become economically feasible.

The technical and nutritional potential of algae is reinforced by advantages on a social level. Given that many algal species are marine and generally enjoy a good «image», their acceptability as aquaculture feed is rather good. Macro algae are perceived as being a natural ingredient, as they are cultivated/harvested in the same environment where farmed fish live.

These positive perceptions are also linked to the progressive introduction of algae in human food that have an excellent image in the eyes of consumers in urban environments (AgrocampusOuest 2014). This recent study however highlights some reservations that consumers express as they want reassurance about the quality of the algae/seaweed, referring to the quality of the environment in which it has grown or been harvested. This is because seaweed can also be associated with images of pollution and toxicity in the minds of coastal populations.

It was also noted that some current macro algae culture projects off the French (Brittany) coast were the subject to strong local opposition, for environmental reasons or conflicting uses of space. If the social acceptability of seaweed looks excellent as a food/feed product, territorial acceptability of seaweed cultivation projects could face the same problem as a fish farm project or any other new offshore activity (see Box: H. Rey-Valette).

Regarding environmental impact, we should differentiate between macro algae and micro algae production.

### Macro algae

It is essential that all macroalgae production systems are sustainable. Guides to good practices for cultivation and harvesting are currently being issued and disseminated. (see Chapter: Ronan Pierre., Macroalgae). Consideration and recommendations are also to be made for algal cultures.

In terms of biodiversity, there are two restrictions:

- The first concerns the introduction of non-native species of macro algae for cultivation in an open environment. This practice is not authorised in France.
- Secondly, harvesting must be conducted according to good management practices while respecting the natural biodiversity of sites. This concern is especially relevant for the harvesting of *Ulva* (green algae) in Brittany.

At the ecosystem level, the services provided by either natural seaweed beds fields or open sea farms requires further study.

Macro algae can assimilate nutrients from natural or anthropogenic sources. They contribute to balancing the environment, playing a purifying role, and help to reduce eutrophication of coastal areas. However, efforts to improve the ecological status of inland and coastal waters bodies should be pursued in accordance with the objectives and action plans of the Water Framework Directive.

L'intégration de productions de microalgues et de macroalgues à d'autres filières dans une démarche plus globale, telle qu'elle est préconisée en économie circulaire (cf. Encart Economie circulaire, Imbert et Le Gouvello), constitue une piste très intéressante pour optimiser leur exploitation et les rendre accessibles à l'alimentation aquacole.

De plus, pour les spécialistes de la production des algues (cf. Chapitres R. Pierre, Macroalgues et C.Przybyla *et al.* Microalgues), les marges de progrès sont telles qu'il serait possible d'avoir des volumes importants de ces matières premières dans un avenir plus lointain. Utiliser des extraits d'algues, comme matière première majeure en alimentation aquacole, notamment comme source majeure de protéines ou de lipides pourrait alors être économiquement envisageable.

Le potentiel technique et nutritionnel des algues est renforcé par des atouts sur un plan sociétal. Parce que les algues sont issues de la mer, et bénéficient globalement d'une bonne « image » l'acceptabilité des macro- et des microalgues dans l'alimentation aquacole est plutôt bonne. Les macroalgues sont perçues comme étant d'une « naturalité » meilleure car elles sont produites dans le milieu où vivent les espèces aquacoles élevées.

Ces perceptions positives sont aussi liées à l'introduction progressive des algues en alimentation humaine qui bénéficient d'une excellente image aux yeux des consommateurs plutôt de type citadin (Agrocampus Ouest 2014)<sup>1</sup>. Cette étude récente met en avant cependant quelques réticences du consommateur qui veut être rassuré sur la bonne qualité sanitaire des algues, en référence à la qualité du milieu dans lequel elles sont élevées ou récoltées. Car les algues peuvent être aussi associées à des images de pollution et de toxicité, comme les marées vertes pour la population littorale.

On peut aussi souligner que certains projets actuels d'implantation de culture de macroalgues en mer ouverte sur le littoral français font l'objet de vives contestations locales, pour des motifs environnementaux ou pour des problématiques de conflits d'usages de l'espace marin<sup>2</sup>. Si l'acceptabilité sociétale des algues semble excellente sur le produit alimentaire, l'acceptabilité territoriale de projets de culture d'algues serait confrontée à la même problématique qu'un projet de production piscicole ou de toute autre nouvelle activité en mer (Cf. Encart H. Rey-Valette).

En matière d'impact sur l'environnement, il faut distinguer les macroalgues des microalgues, et leur mode respectif de production.

### Les macroalgues

Il importe que les modes d'exploitation des macroalgues soient durables, quels qu'ils soient. Des guides des bonnes pratiques sont en cours de diffusion pour la

---

1 Agrocampus Ouest. 2014. Etude de la consommation des algues alimentaires en France. Idealg. Publication AgroCampus Ouest n°35. 80 p. <http://halieutique.agrocampus-ouest.fr/pdf/4618.pdf>

2 Projet Algolesko à Merrien : <http://www.letelegramme.fr/finistere/quimperle/culture-marine-400-manifestants-a-doelan-20-07-2014-10266329.php>



The current – often critical – state of eutrophication of many coasts (Diaz and Rosenberg 2008) indicates that it will take decades of intensive efforts and drastic reductions (e.g. over 50% or even 70%, according to OSPAR in the North Sea) of nitrates and phosphates of anthropic origin to improve coastal environments, downstream of watersheds. In the particular case of proliferation of *Ulva*, recent modelling done in bays in Brittany in which these algae are growing, shows that the nitrate concentration in feeder rivers should be between 5 and 15 mg/l (rather than 20 - 60 mg/l at present) to half the biomass of these opportunistic algae (Perrot *et al.*, 2014). The state of nitrogen balance indicates that the harvesting of such ‘stranded’ seaweed does not help address the current surplus of nitrogen runoff from upstream watersheds. We must therefore continue efforts on upstream water quality. In the medium and long term, it will be more sustainable to consider the cultivation of *Ulva* crops in a closed, integrated system, using effluents containing nitrates and phosphates of another origin such as a fish farm.

In terms of carbon footprint, the role of carbon sequestration by natural seaweed beds or algal farms is also worth studying more precisely. Some researchs indicate that it is important. Other goods and products provided by macroalgae should be explored more thoroughly, such as oxygen production, nutrient recycling, purifying environments/biotopes, nursery area for fish and invertebrates...

All of these ecosystem service concepts require robust scientific data to support the beneficial role of algal cultures in climate and marine biodiversity issues and consequently bring them into the IUCN category of «Nature based solutions».

récolte (cf. R. Pierre, Chapitre Macroalgues). Des réflexions et recommandations sont aussi à engager pour les cultures d'algues.

En termes de biodiversité, deux réserves sont par exemple émises :

- La première concerne l'introduction d'espèces de macroalgues non-autochtones pour une culture en milieu ouvert. Cette pratique n'est plus autorisée en France<sup>3</sup>.
- En cas de récolte, les procédés de récolte des algues doivent être conduits selon de bonnes pratiques de gestion des stocks, et tout en respectant la biodiversité des sites de collecte. Cette réserve avait été émise en particulier pour la récolte des ulves (algues vertes) dans le rideau d'eau en Bretagne<sup>4</sup>.

Sur un plan écosystémique, les services rendus des champs naturels de macroalgues ou de cultures en milieu ouvert mériteraient d'être beaucoup plus étudiés.

Les macroalgues prélèvent des nutriments naturels ou d'origine anthropique. Elles contribuent à un meilleur équilibre du milieu, jouant un rôle d'épuration, et contribuant à diminuer l'eutrophisation d'une zone littorale fragilisée. Pour autant, les efforts d'amélioration du bon état écologique des masses d'eaux continentales et côtières doivent continuer dans le respect des objectifs et plans d'actions de la Directive Cadre Eau<sup>5</sup>.

De fait, l'état actuel critique d'eutrophisation de beaucoup de littoraux (Diaz et Rosenberg 2008<sup>6</sup>) indique qu'il faudra plusieurs décennies d'efforts intensifs de diminutions drastiques (par exemple de plus de 50 %, voire à 70 %, selon OSPAR en Mer du Nord<sup>7</sup>) des rejets en nitrates et phosphates d'origine anthropique pour espérer une amélioration des milieux côtiers, en aval des bassins versants. Dans le cas particulier des ulves qui soulève des questions, les modélisations récentes effectuées sur différentes baies bretonnes dans lesquelles se développent ces algues vertes montrent que la concentration en nitrates des rivières côtières devrait être comprise entre 5 et 15 mg/L (contre souvent 20 à 60 mg/L, aujourd'hui) pour réduire de moitié la biomasse de ces algues opportunistes (Perrot *et al.*, 2014<sup>8</sup>). Le

---

3 Ce point a fait l'objet de positions divergentes : par exemple en Bretagne, le développement de la culture de Wakamé, d'origine japonaise et à destination de l'alimentation humaine, a été controversée, avant qu'un avis de l'Ifremer en 2012 ne cantonne de manière stricte cette culture à des zones où l'espèce était introduite depuis longtemps <http://archimer.ifremer.fr/doc/00086/19740/>

4 L'arrêté préfectoral du 30 juin 2015 autorise sous conditions le ramassage d'algues vertes dans le rideau d'eau dans le Finistère et les Côtes d'Armor. Il prévoit notamment des conditions restrictives sur les équipements, la récolte, et des études d'impact.

5 Directive Cadre Eau : <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=URISERV%3A128002b>

6 Robert, J., Diaz & R. Rosenberg. 2008. Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science*, 15, Vol. 321. no. 5891, pp. 926 – 929, DOI: 10.1126/science.1156401

7 [http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00374/p00374\\_nutrient%20reduction%20scenarios.pdf](http://www.ospar.org/documents/dbase/publications/p00374/p00374_nutrient%20reduction%20scenarios.pdf)

8 Perrot, T., Rossi, N., Ménesguen, A. & F. Dumas, 2014. Modelling green macroalgal blooms



### Micro algae

The two major modes of micro-algal production lead to a contrasting assessment of their environmental impact. (see Box: Production systems). For photo-bioreactors, the energy cost is significant but water consumption is reduced. Other progressive options are possible (connection to solar energy, integration to other industries, etc.), to improve the energy balance.

In open system ponds, the environmental impacts are more related to the surface area occupied as it represents an additional pressure on land use, whereas the energy cost is much reduced. The cost of water use, its transportation and treatment should also be considered.

For micro algae productions that are integrated into other systems, their environmental cost should be evaluated downwards, taking into account other products derived from these systems. There may be positive impacts linked to services provided by micro algae cultures, including depollution, CO<sub>2</sub> capture, utilization of factory smoke, discharges of water treatment or depuration plants, or from fish ponds.

bilan azoté indique qu'une valorisation de ces algues d'échouage, de récolte ou de culture ne permettra pas de répondre à l'excédent actuel des flux d'azote des bassins versants. En conséquence, il faut continuer les efforts sur la qualité des eaux en amont. Sur le moyen et le long terme, il sera beaucoup plus durable d'envisager des cultures d'ulves en milieu fermé, intégrées, en sortie d'une source d'effluents chargés en nitrates et phosphates, telle qu'un élevage aquacole.

En matière de bilan carbone, le rôle de séquestration du carbone par les champs naturels ou les cultures d'algues est aussi à étudier plus précisément. Certains travaux indiquent qu'il est important<sup>9</sup>. D'autres services rendus par les macro-algues sont probablement à explorer, tel que la production d'oxygène, le recyclage des nutriments ou l'épuration de l'environnement et des biotopes, et le rôle de nurserie pour certains poissons et invertébrés.

Toutes ces notions de services écosystémiques nécessitent d'être manipulées avec prudence. Elles demandent un effort de recherche pour étayer le rôle potentiel bénéfique des cultures d'algues dans les enjeux climatiques et de biodiversité marine, et les faire entrer dans la catégorie des « Nature based solutions<sup>10</sup> » mises en avant par l'UICN.

### Les microalgues

Pour les microalgues, deux modes de production différents conduisent à une évaluation contrastée de leur impact environnemental. (cf. Encart sur Mode de production). Pour les photo-bioréacteurs, le coût énergétique est important mais la consommation d'eau est réduite. Des voies de progressions sont possibles (lien avec le solaire, avec d'autres industries, etc...) pour améliorer le bilan énergétique.

En bassins ouverts, les impacts sur l'environnement sont plutôt liés à l'emprise sur un territoire, déjà soumis à beaucoup de pressions, ainsi qu'à l'utilisation d'eau, son coût d'acheminement et de traitement.

Pour toutes ces productions de microalgues, si elles sont intégrées dans d'autres systèmes, leur coût environnemental devra être évalué à la baisse, en prenant en compte les autres productions du système. Il peut y avoir des impacts positifs liés à des services rendus par les cultures de microalgues à prendre en compte dans l'analyse: dépollution, captage de CO<sub>2</sub>, utilisation des fumées d'usines, des effluents de stations d'épuration ou d'effluents de bassin d'élevage de poissons.

---

on the coasts of Brittany, France to enhance water quality management. *Journal of Marine Systems* 132: 38-53

9 Revoir travaux en cours sur le carbone bleu, par exemple revue récente UICN 2014. *The Significance and Management of Natural Carbon Stores in the Open Ocean*. Pp 71-80. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2014-049.pdf>

10 [http://www.iucn.org/what/priorities/nature\\_based\\_solutions/](http://www.iucn.org/what/priorities/nature_based_solutions/)

## PRINCIPLE

**Sustainable algae production, allowing the production of high quality raw materials in sufficient quantity for the production of high quality aquaculture feeds.**

## RECOMMENDATIONS

1) Actively support the development of macro and micro algae production sectors, and promote and frame all initiatives aimed at their sustainable development.

Given the potential and the positives identified in the sustainability assessment, this effectively means promoting research and development, facilitating industry scale pilots, integrated production projects and re-assessing regulatory constraints for their use in aquaculture feed.

2) For each sub-sector, support the development and compliance of good production practices as a framework for their development.

Certifications of algae production should be considered for third country production where EU regulations do not apply.

3) Prioritise research in two major directions: nutrition of aquaculture species using algal feed ingredients and sustainability of culture techniques, including analyses of ecosystem services provided by micro and macro algae.

4) Continue to identify algal-derived molecules or macro molecules that can be incorporated into aqua feed and which may improve economic performance of the production sector.

5) Develop integrated approaches to improve environmental performance and profitability.

### **On macro algae**

6) Prioritise research on algae processing methods to extract the target ingredients and improve their digestibility.

7) Develop a concerted approach with other industries using macro algae, to better integrate the needs of aquaculture feed in algal processing.

### **On microalgae**

8) Optimise production costs by improving energy performance and water use in industrial fermentation production systems.



## **PRINCIPE**

**Des cultures d'algues durables, permettant l'accès à des matières premières en quantité, pour une alimentation aquacole de qualité.**

## **RECOMMANDATIONS**

1) Soutenir activement les deux filières macro- et microalgues, accompagner et encadrer toutes les initiatives pour développer des filières durables.

D'une manière générale, compte tenu de tous les points positifs relevés dans l'évaluation de la durabilité, et du potentiel des algues, il s'agit de favoriser les projets de recherche et développement, projets pilotes et de passage à l'échelle industrielle, projets de productions intégrées, ainsi que lever certains freins réglementaire pour utiliser les algues en alimentation aquacole, etc.

2) Favoriser, pour chacune de ces filières, l'émergence et le respect des bonnes pratiques sur les sites de production, de façon à encadrer dès maintenant leur développement.

La mise en place de certification sur le lieu de production des algues est à considérer dans le cas des algues produites à l'extérieur de l'Union Européenne, pour lesquelles les réglementations européennes en matière de production ne s'appliquent donc pas.

3) Intensifier la recherche sur deux grands axes majeurs : nutrition des espèces aquacoles avec des algues, et recherche sur la durabilité de ces cultures, en particulier, l'analyse des services écosystémiques rendus par les micro-et macroalgues.

4) Continuer à identifier les molécules d'intérêt, extraites des algues, pour ensuite valoriser les sous-produits en alimentation aquacole, ce qui permettra d'améliorer la rentabilité économique.

5) Développer des approches intégrées, pour améliorer la performance environnementale et la rentabilité.

### **Sur les macroalgues**

6) Poursuivre les études sur les procédés de transformation des algues pour améliorer leur digestibilité.

7) Développer une approche concertée avec les autres filières utilisant les macroalgues, afin de mieux intégrer l'alimentation aquacole dans les procédés de traitement des algues.

### **Sur les microalgues**

8) Optimiser les coûts de production en améliorant les performances énergétiques, et la gestion de la ressource en eau, dans les systèmes de production par fermentation industrielle.

## Pour mieux comprendre les enjeux sur ces matières premières :

### Chapitre 1 : Les macroalgues en alimentation aquacole

Par Ronan Pierre, CEVA<sup>11</sup>

#### Introduction : la ressource, récolte ou production, transformation-process

Les macroalgues sont des organismes photosynthétiques multicellulaires aquatiques. On en distingue près de 10 000 espèces à travers le monde, divisées en 3 grandes catégories : les algues brunes, rouges et vertes.

La quantité d'algues transformées annuellement dans le monde est de l'ordre de 22 millions de tonnes fraîches (FAO, 2012 – Figure 1), dont 9 millions directement utilisées en alimentation humaine. 95 % de cette production proviennent de la culture. Les 5 % restants sont issus d'une récolte des stocks sauvages, de plus en plus soumise à des règles de gestion durable.

Les algues de culture sont essentiellement des algues brunes et rouges, cultivées très majoritairement en Asie (FAO, 2014 – Figure 2), même si des productions d'algues vertes existent aussi, souvent en bassins. Les espèces dominantes (FAO 2014 – Figure 3) sont *Kappaphycus/Eucheuma* (utilisées pour l'extraction de carraghénanes) qui ont depuis peu dépassé *Laminaria japonica* (alimentation, alginates/iode). Les Wakame et *Porphyra* (Nori) sont aussi utilisées en alimentation humaine, alors qu'une grande partie des espèces « non identifiées » et de *Gracilaria* sont cultivées en Chine pour l'alimentation aquacole (ormeaux, concombres de mer).

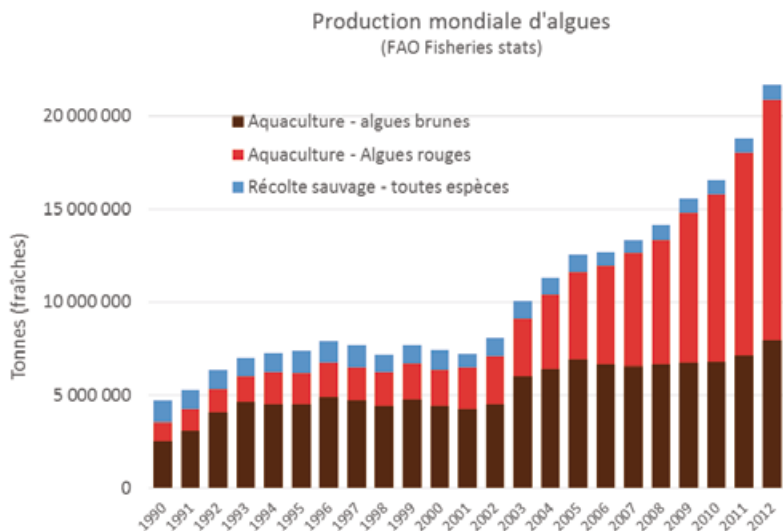
Les deux principaux débouchés des algues au niveau mondial sont donc l'alimentation humaine et l'industrie des hydrocolloïdes (alginates, agar, carraghénanes).

Dans les pays occidentaux, les macroalgues servent également pour la production d'extraits, notamment pour l'agriculture et la cosmétique, et de farines, souvent utilisées en nutrition animale. Néanmoins, les volumes de production en Europe restent beaucoup plus faibles (inférieurs à 300 000 tonnes fraîches), et proviennent à plus de 99% de la récolte d'algues sauvages, dont plus de 75 % sont destinés à la production des alginates, notamment en France et en Norvège (Figure 4, Tableau 1).

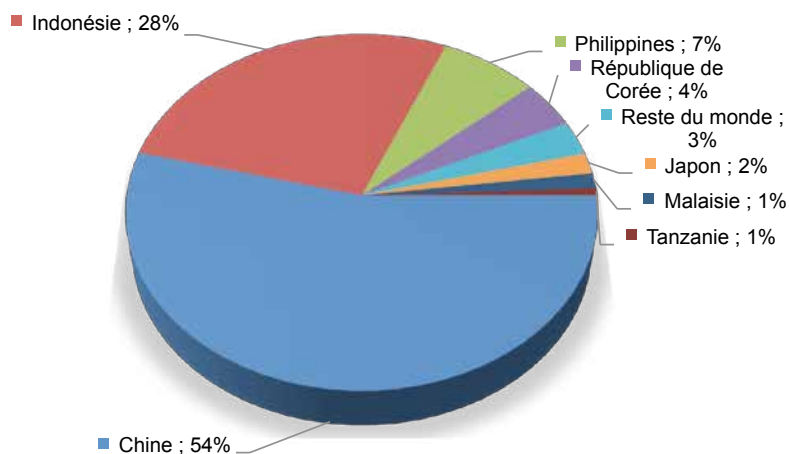
Ces algues sont récoltées en grande partie par des bateaux spécialisés dans le cas des laminaires utilisées pour la production d'alginates, ou par récolte à pied pour les espèces côtières. En France, comme dans beaucoup de pays, cette récolte est maintenant réglementée, et un guide de bonnes pratiques de récolte, préalable à la certification « Agriculture biologique » a récemment été développé à destination des récoltants à pied pour une gestion durable de la ressource. Il est disponible par l'intermédiaire de la plateforme [www.interbiobretagne.asso](http://www.interbiobretagne.asso).

---

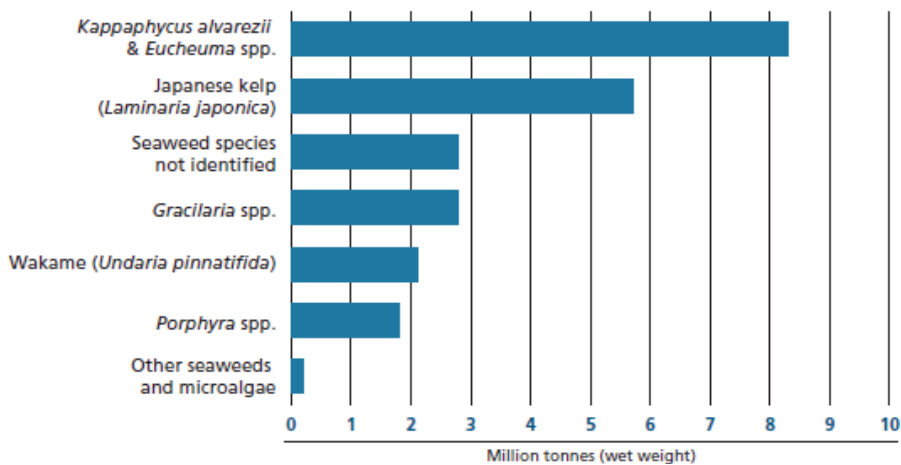
11 <http://www.ceva.fr/> Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, Pleubian, France.



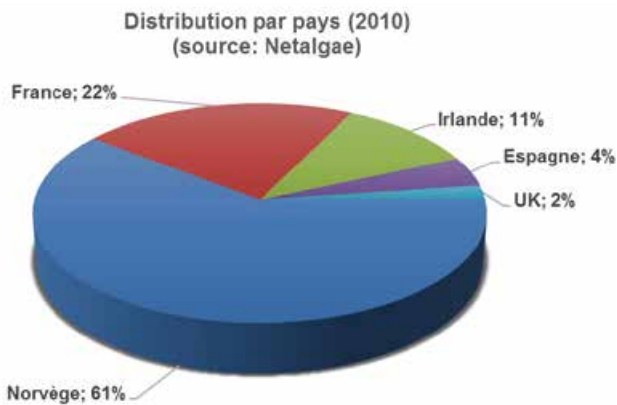
**Figure 1 :**  
Production mondiale d'algues (FAO 2012).



**Figure 2 :**  
Répartition mondiale de la culture de plantes aquatiques (FAO 2012).



**Figure 3 :**  
Principales espèces cultivées dans le monde.



**Figure 4 :**  
Principaux pays producteurs d'algues en Europe.

**Tableau 1** : Principales espèces exploitées en France (données IFREMER 2012).

	Espèces	% volume
<b>Algues de fond</b>	<i>Laminaria digitata</i> <i>Laminaria hyperborea</i>	87,6%
<b>Algues de rivage</b>	<i>Ascophyllum nodosum</i> <i>Fucus ssp.</i> <i>Chondrus crispus</i> <i>Mastocarpus stellatus</i>	11,1%
<b>Algues alimentaires de rivage</b>	<i>Ulva sp.</i> <i>Palmaria palmata</i> <i>Himanthalia elongata</i> <i>Porphyra sp.</i> <i>Saccharina latissima</i>	1,2%
<b>Algues alimentaires de culture</b>	<i>Undaria pinnatifida</i> <i>Saccharina latissima</i> <i>Alaria esculenta</i>	0,1%

Ces algues peuvent ensuite être stabilisées en milieu humide en attendant leur transformation, ou elles sont pressées, préfanées et/ou séchées afin de favoriser leur conservation et de réduire les coûts de transport. C'est aussi sous cette forme séchée/broyée que se présentent les farines d'algues utilisables en alimentation animale.

Les algues font souvent ensuite l'objet de traitements physico-chimiques afin d'en extraire les composés d'intérêt : hydrocolloïdes, extraits pour la cosmétique ou l'agriculture (FAO, A guide to the Seaweed Industry).

Dans le cas des algues alimentaires, un certain nombre d'autres procédés peuvent être appliqués comme le saumurage ou le salage ainsi que diverses formes de séchage, par exemple.

Il faut aussi noter que des volumes importants d'algues restent importés en Europe pour la production d'alginate (ressources locales insuffisantes), de carraghénanes et d'agar (algues originaires d'eaux plus chaudes), ainsi que dans une moindre mesure pour l'alimentation humaine (Nori pour les sushis,...).

Outre leur utilisation pour la production d'hydrocolloïdes, les macroalgues font aussi l'objet de recherches et développement pour la production d'intermédiaires chimiques et de biocarburant. L'ADEME vient de publier en 2014 une étude prospective importante à ce sujet pour la France. Le rapport disponible au lien suivant (<http://www.ademe.fr/evaluation-gisement-potentiel-ressources-algales-lenergie-chimie-france-a-horizon-2030>) fait d'abord un état complet de la situation de la

production des micro- et macroalgues en France et dans le monde, et de leur filière de transformation. Il comporte ensuite une prospective à horizon 2030 sur le potentiel respectif des micro- et macroalgues pour l'énergie et la chimie.

Dans le cas de la production des hydrocolloïdes, comme dans le cadre du développement d'une filière chimie/énergie à partir des algues, des co-produits sont générés, et pourraient être utilisés en nutrition animale à condition d'en préserver la composition/qualité et de les isoler lors du process. A l'heure actuelle, ils sont plutôt valorisés dans le cadre d'une filière déchets (épandage,...).

De nouvelles concessions de cultures commerciales ont récemment été accordées en France en 2013-2014 (plusieurs centaines d'hectares) ainsi qu'en Norvège en 2014, et devraient permettre la production de plusieurs milliers de tonnes d'algues, notamment de *Saccharina latissima*, une espèce de laminaire dont la culture est la plus avancée en Europe (l'équivalent de la *Laminaria japonica* produite en Asie).

Cette mise en place de nouvelles activités sur un domaine maritime ne se fait pas toujours sans difficultés et peut parfois générer des conflits d'usage dans des zones déjà exploitées par de multiples acteurs (tourisme, nautisme, pêche,...). Toutefois, les initiatives se multiplient à travers l'Europe (France, Norvège, Irlande, Danemark, Portugal,...), et une forte dynamique se met actuellement en place, encouragée par les Etats et l'Europe.

### Utilisation en nutrition et santé animale (dont aquacole) (Tableaux 2 et 3)

Les algues ont été utilisées traditionnellement en alimentation animale pendant des centaines d'années. Dans les régions côtières, les algues étaient largement utilisées pour nourrir les animaux, surtout dans les régions pauvres comme celles du Nord de l'Europe ou pendant des périodes difficiles (exemple guerre de 14-18) (cf. Tableau 2).

Les premiers essais « scientifiques » de supplémentation de la ration alimentaire d'animaux d'élevage (volailles, porcs et chevaux) ont fait apparaître une bonne acceptabilité et une digestibilité et une assimilation satisfaisantes, à condition de ne pas dépasser certaines teneurs dans l'alimentation (5-10 %).

Depuis les années 1960-80, des usages moins empiriques ont été développés pour des applications spécifiques en nutrition animale. Par exemple, les alginates situés dans les parois d'algues brunes permettent d'améliorer la biodisponibilité d'oligo-éléments ou constituent un liant pour les aliments pour crevette.

Progressivement, les algues sont de plus en plus souvent considérées comme une potentielle source de protéines alternatives aux protéines animales ou de végétaux terrestres, notamment pour l'aquaculture asiatique. L'utilisation d'algues fourrage se développe aussi.

L'intérêt nutritionnel des algues réside de fait dans la présence conjointe de minéraux, de fibres, de protéines, de vitamines, de pigments, de lipides et de composants nutritionnels ayant un impact bénéfique sur la santé (Tableau 3).

Il ne faut toutefois pas oublier que chaque algue est unique (comme le sont les plantes terrestres) et qu'il est parfois hasardeux de généraliser leurs propriétés.

**Tableau 2** : Récapitulatif des utilisations progressives de macroalgues en nutrition animale (focus aquaculture).

Algues	Espèces spécifiques	Zone	Depuis	Utilisation	Apport Spécifique en	Intérêt
	Algues brunes (fucates) et rouges ( <i>Palmaria palmata</i> – plus <i>anecdote</i> )	Régions côtières Nord Europe, Canada	Moyen-Âge	Remplacement fourrage		Apports nutritionnels et énergétique (bovins, ovins, chevaux)
	<i>Ascophyllum, Laminaires</i>	Europe	1 <sup>er</sup> partie 20 <sup>ème</sup> siècle	Substitution partielle fourrage (Teneur bénéfique 10% max)	Fibres, minéraux, nutriments....	alimentation volailles, porcs, chevaux, moutons
	<i>Ascophyllum nodosum, Fucus</i>	Nord Europe et Amérique	1960-1980	Apport micro éléments chélatés (présence d'alginate, libération progressive d'oligo-éléments avec meilleure digestibilité) Complémentation fourrage	Oligo-éléments (chélatés), micro-nutriments	Elevage Apports minéraux, amélioration de la biodisponibilité des oligo-éléments
Algues brunes	<i>Ascophyllum nodosum</i>	Europe	2000s	Intégration jusqu'à 10% d'algue dans la ration des saumons	Oligo-éléments, polyphénols, pigments, poly/ oligosaccharides	Amélioration de la chair (couleur/ goût/texture), meilleure teneur en oméga-3, stimulation immunité, réduction du pou du saumon
	<i>Macrocystis pyrifera</i>	Etats-Unis	1980s	Fabrication d'oligo-éléments sulfatés complexés appelés SQM	Cuivre, zinc, fer, manganèse (chélatés)	amélioration de la biodisponibilité des oligo-éléments
Algues rouges et algues vertes	<i>Ascophyllum nodosum, Macrocystis pyrifera, ...</i>	Europe, Etats-Unis, Asie	1980s	Farine activée d'algues riches en alginate dans aliments crevette ou poisson, ingrédient technologique	Liant	Meilleure ingestion des crevettes, moins de perte aliments, diminution pollutions
	<i>Palmaria palmata, Porphyra</i>	Asie, Australie, Afrique du Sud	1980s	Substrat de fixation et aliment pour ormeaux		Meilleure reproduction (croissance juvéniles et qualité œufs)
	<i>Palmaria palmata Digenea simplex...</i>	Asie, Amérique, Europe,	1990s	Aquaculture : vermituges, antiparasitaire,	Acide kainique, bioactifs	Meilleure santé et croissance, diminution utilisation produits thérapeutiques
	<i>Ulva, Gracilaria</i>	Asie, Australie, Afrique du Sud, Mexique	1990s	Alimentation poissons herbivores ormeaux, concombres de mer et crevettes....	Protéines, micronutriments	Santé, croissance
	<i>Porphyra, Gracilaria, Palmaria, Ulva</i>	Europe, Moyen-Orient, Afrique du Nord	1980s	Essais alimentation bar, dorade, mulet, truite	Protéines	Meilleure assimilation des nutriments, santé

**Tableau 3 : Récapitulatif de l'intérêt nutritionnel des macroalgues en aquaculture.**

Nutriments	Algues	Teneur	Profil	Intérêt	Inconvénient	Taux d'incorporation, ration aquacole	Besoins de recherche
<b>Minéraux</b>	Toutes algues	20 à 35 % MS% de la matière sèche (MS)	Macroéléments : sodium, calcium, magnésium, potassium, chlore, soufre, phosphore. Oligo éléments : iode, fer, zinc, cuivre, sélénium, molybdène, fluor, manganèse, bore, nickel, cobalt	Grande diversité, Bonne biodisponibilité	Complexes à intégrer dans formulations, Variabilité		
<b>Cas de l'iode</b>				Compensation de carences, Enrichissement en iode des produits destinés à la consommation humaine	Ne pas dépasser teneur max. autorisée	Teneur max. autorisée : 20 mg/kg d'aliment	
<b>Protéines</b>	Algues brunes	5-11% MS			Teneur et digestibilité faibles		
	Algues rouges	Jusqu'à 30-40% MS	Intérêt profil AA (notamment en AA essentiels), teneur en taurine	Même teneur que légumineuses Peu de carences en AA essentiels (notamment lysine, méthionine, thréonine)	Accessibilité, Digestibilité, pas totalement maîtrisées	Etudes bar, dorades, mulets, truites à 5-15%	digestibilité, études en cours à 10-15%
	Algues vertes	Jusqu'à 20% MS	Idem	idem		Idem	
<b>Lipides</b>	Toutes algues	1-5% MS	Teneur élevée PUFA (acides gras polyinsaturés) omega-3 et omega-6 à chaînes longues (EPA,....) Teneur élevée en phospholipides (notamment algues rouges)	Teneur PUFA > plantes terrestres Intérêts physiologiques directs, enrichissement de la chair (alimentation humaine)	Faible teneurs en lipides		
	Toutes algues	Jusqu'à 20% des lipides	Teneur élevée en phospholipides (notamment algues rouges)	Biodisponibilité des PUFAs accrue, baisse oxydation, baisse cholestérol	Faible teneurs en lipides		
	Toutes algues		Richesse en stérois (notamment algues brunes)	Rôle physiologique, baisse cholestérol	Faible teneurs en lipides		Rôle des phytostérois (notamment hormonal)



**Tableau 3 : (suite).**

Nutriments	Algues	Teneur	profil	Intérêt	Inconvénient	Taux	Besoins
<b>Fibres</b>	Toutes algues	30 à 50% MS	Fibres insolubles (cellulosique) et solubles	Digestion Effet prébiotique			
	Toutes algues		Polysaccharides et oligosaccharides sulfatés (polymères)	Activité anti-virale et antibactérienne <i>in vitro</i> , impliqués dans les bénéfices observés sur les élevages (immunostimulant, Baisse mortalité,...)			Manque d'essais <i>in vivo</i> (notamment sur extraits purifiés)
	Toutes algues		Caroténoïdes : xanthophylles, fucoxanthine, lutéine, zéaxanthine, beta carotène (pro-vitamine A)	Remplacement pigments artificiels Antioxydants naturels Multiples bénéfices <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i> (anti-cancéreux, maladies cardiovasculaires, vision,...)	Variations saisonnières		Essais à faire <i>in vivo</i>
	Algues rouges	Jusqu'à 1% M.S.	Phycobiliprotéines	Colorant naturel, Multiples bénéfices <i>in vitro</i> (antiviral, anti-inflammatoire,...)	Variations saisonnières		Essais à faire <i>in vivo</i>
	Toutes les algues		Toutes les vitamines Dont vitamines B (B2, B3)		Variations saisonnières Biodisponibilité pas toujours bien connues (Vit B12)		Etudes biodisponibilité
<b>Pigments</b>	Algue rouge		Provitamine A				
	Algues brunes et vertes		Vitamine C				
	Algues brunes		Vitamine E				
<b>Vitamines</b>	Algues brunes	1-15% M.S.	Polyphénols, phlorotannins,	Antioxydants, santé cardiovasculaire, bénéfices <i>in vitro</i> (immunité, anti-inflammatoire, ...)	Variations saisonnières et selon les parties de l'algue		Etudes <i>in vivo</i>
	Algues rouges et brunes		Composés halogénés, acides kainique et domoïque	antiparasitaires, antibactériens,			Besoins de recherche
<b>Métabolites secondaires</b>	Algues vertes		DMSP	facteur d'appétence			Etudes supplémentaires

Les propriétés nutritionnelles des algues les positionnent comme additifs incorporables à des taux de quelques kg/tonne d'aliments, jusqu'à quelques pourcents, avec des bénéfices nutritionnels et pour la santé intéressants. Des incorporations à des teneurs plus élevées tendent à se développer, notamment via l'incorporation de mélanges d'algues aux bénéfices synergiques (croissance, effets sanitaires, ...).

Leur utilisation actuelle en alimentation aquacole reste cependant marginale (quelques milliers de tonnes), du fait de leur coût relativement élevé (1-10 €/kg sec selon les espèces), mais aussi d'une valeur énergétique et d'une digestibilité des protéines historiquement considérées comme assez faibles, souvent par manque de connaissances et d'études appropriées (notamment l'étude de farines d'algues brunes qui ne sont pas les plus appropriées pour un usage « protéique »).

En santé animale, en aquaculture, le potentiel des macroalgues est peut-être beaucoup plus élevé. Dans un contexte où les professionnels recherchent de plus en plus des alternatives naturelles aux traitements traditionnels, de nouveaux ingrédients algaux peuvent présenter un réel intérêt en santé aquacole comme par exemple des composés antiparasitaire ou vermifuges, des oligosaccharides à effet prébiotique, des polysaccharides présentant diverses activités biologiques, des caroténoïdes et pigments, etc ....

### Les grands enjeux de l'utilisation des algues en alimentation aquacole

Comme précédemment souligné, les algues ont donc un historique d'utilisation en alimentation animale, notamment pour leur teneur en minéraux et fibres. Leur potentiel comme matières premières en alimentation aquacole, compléments de ration intervenant sur la santé des espèces aquacoles est avéré. Mais beaucoup de recherches complémentaires doivent être menées pour mieux cerner leur utilisation.

Les algues peuvent aussi contribuer à apporter des solutions sur d'autres enjeux économiques, environnementaux et sociétaux.

Dans un cadre de limitation à terme des ressources agricoles et de recherche d'indépendance protéique, un intérêt croissant est porté aux algues comme source de protéines. Ceci est d'autant plus vrai en aquaculture piscicole, où la minimisation des matières premières classiques (farines et huiles de poisson) issues de la pêche est en enjeu fort.

Dans cette perspective, un avantage essentiel des algues est que leur production peut être réalisée sans consommer de terres agricoles, d'eau douce et sans apports de nutriments. Il sera bien sûr nécessaire d'intégrer ces nouvelles activités sur un espace maritime déjà utilisé par d'autres acteurs et soumis à plusieurs pressions, mais l'exemple asiatique montre que ceci est possible à grande échelle.

Les algues peuvent aussi présenter une très forte productivité : 1000 t/hectare pour l'ulve en bassins, 25 t/hectare pour *Saccharina latissima* en mer, alors que les principales cultures terrestres produisent (soja, blé, maïs,...) produisent au maximum 5 à 10 t/hectare.

Cependant, il n'existe pas de production commerciale à grande échelle de protéines d'algues à ce jour. Ceci s'explique notamment par un challenge technique et éco-

nomique, lié par exemple à leur teneur en eau élevée et au manque actuel de compétitivité par rapport aux protéines disponibles sur le marché qui sont souvent des co-produits d'autres industries (oléagineux,...). Il reste aussi toujours nécessaire de travailler à l'optimisation de leur extraction et de leur digestibilité.

Les développements en cours de la valorisation des algues pour d'autres applications (chimie, énergie,...) permettent pourtant d'entrevoir à moyen terme la production de co-produits qui pourraient alors être exploités en nutrition animale. Ces co-produits, appauvris en polysaccharides non digestibles (donc potentiellement moins intéressants pour leurs bénéfices santé) présenteront des concentrations plus élevées en protéines et en matières grasses, et donc une valeur nutritionnelle améliorée pour un coût limité par rapport à l'algue entière.

Il faut toutefois garder à l'esprit que les volumes produits pourront contribuer aux besoins protéiques, mais resteront inférieurs aux quantités de protéines terrestres produites aujourd'hui (30 Mt de soja importées en Europe chaque année, contre une production mondiale de 3Mt d'algues sèches).

Un autre enjeu considérable de l'utilisation des algues est leur intégration aux systèmes actuels d'aquaculture en mer ou à terre. Utilisées dans le cadre de systèmes d'aquaculture multitrophique intégrée (ex: culture simultanée de poissons, coquillages et crustacés), ou accolées à des installations piscicoles, les algues présentent des bénéfices environnementaux considérables (épuration de l'eau, recyclage des nutriments, santé des élevages), combinés aux bénéfices économiques de leur valorisation. Cette approche intégrée représentera certainement un élément clé dans le développement de l'utilisation des macroalgues en aquaculture et connaît aujourd'hui un essor important à travers le monde.

## Références

- ADEME, 2014. *Evaluation du gisement potentiel de ressources algales pour l'énergie et la chimie en France à horizon 2030*. Rapport 110 p. <http://www.ademe.fr/evaluation-gisement-potentiel-ressources-algales-lenergie-chimie-france-a-horizon-2030>
- Bansemmer, M.S., Qin, J.G., Harris, J.O., Howarth, G.S. & D.A.J. Stone, 2014. Nutritional requirements and use of macroalgae as ingredients in abalone feed. *Reviews in Aquaculture*, Article first published online: 14 OCT 2014. <https://doi.org/10.1111/raq.12085>
- Black, W.A.P., 1955. Seaweeds in animal foodstuffs. I. Availability and composition. *Agriculture*, 62 : 12-15.
- Chapman, V.J. & D.J. Chapman, 1980. *Seaweeds and their uses*. Chapman & Hall, London, pp. 1-34.
- Cruz Suárez, L.E., Tapia Salazar, M., Nieto López, M.G. & D. Ricque, 2008. A review of the effects of macroalgae in shrimp feeds and in co-culture. *Avances en Nutrición Acuícola IX. Memorias del Noveno Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. 24 - 26 Noviembre, 2008*, pp. 304-333.



- Dawczynski, C., Schubert, R. & G. Jahreis, 2007. Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chem.*, 103 : 891-899.
- Evans, F.D. & A.T. Critchley, 2014. Seaweeds for animal production use. *J. Appl. Phycol.*, 26 : 891-899.
- FAO, 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2014*, [www.fao.org/3/a-i3720e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf)
- Hasan, M.R. & R. Chakrabarti, 2009. Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 531*. Rome, FAO, 123 p., [www.fao.org/docrep/012/i1141e/i1141e.pdf](http://www.fao.org/docrep/012/i1141e/i1141e.pdf)
- McHugh, D.J., 2003. A Guide to the Seaweed Industry. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, No. 441. Rome, FAO, 105 p., [www.fao.org/3/a-y4765e.pdf](http://www.fao.org/3/a-y4765e.pdf)
- Holdt S.L. & S. Kraan, 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol.*, 23 : 543-597
- Inter Bio Bretagne, 2013. *Récolte des Algues de Rive – Guide de Bonnes Pratiques*, mise à jour 2013, [www.bio-bretagne-ibb.fr/wp.../IBB-Guide-recolte-algues-29122013.pdf](http://www.bio-bretagne-ibb.fr/wp.../IBB-Guide-recolte-algues-29122013.pdf)
- Soto, D., 2009. Integrated mariculture : a global review. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, No. 529. Rome, FAO, 183 p.

**Sur un plan réglementaire**, les algues font partie de la liste positive non exhaustive des matières premières pour aliments des animaux. Historiquement, elles apparaissaient sous deux dénominations en France : Farines d'algues marines (ciblant plus particulièrement les farines d'algues brunes obtenues par séchage/broyage des algues) et Algues marines calcaires (Décret n°86-1037 du 15 septembre 1986).

Le règlement (UE) N°575/2011 de la Commission Européenne du 16 juin 2011, prévoit une liste plus large : Algues (fraîches, réfrigérées, congelées), Algues séchées, Extraits d'algues et Farines d'algues marines, Maërl, Lithothamne (ainsi que les huiles et farines d'algues, mais qui font plutôt référence aux microalgues).

Dans le cas du Maërl (largement utilisé comme source minérale et correcteur de pH en agriculture et nutrition animale), il faut noter qu'il ne s'agit pas d'une algue fraîche, mais d'un débris calcaire lié à la décomposition d'algues calcaires comme le lithothamne. Il s'agit d'une ressource dont le renouvellement est très lent et dont l'exploitation est de plus en plus contrôlée/limitée voire interdite suivant les pays.

## Chapitre 2 : Les microalgues, une voie d'avenir pour l'alimentation aquacole ?

Par C. Przybyla-Ifremer, J.P. Cadoret-Greensea et P. Calleja-Fermentalg<sup>12</sup>

Les microalgues sont des organismes unicellulaires aquatiques microscopiques ayant une taille comprise entre 0.2  $\mu\text{m}$  et 500  $\mu\text{m}$ . Elles constituent le maillon entre l'apparition de la vie sous forme de bactéries procaryotiques (sans noyau), voilà environ 3,8 milliards d'années et l'explosion exacerbée des formes de vies terrestres apparues 1,8 milliards d'années plus tard. Aujourd'hui, certaines d'entre elles ont conservé cette filiation avec les bactéries, ce sont les cyanobactéries et elles partagent leur milieu avec d'autres microalgues de type eucaryotes (avec noyau). Ces cellules végétales flottantes constituent le phytoplancton dont l'association avec le zooplancton forme l'ensemble de la population planctonique. Il est important aussi de rappeler que plus de la moitié de l'oxygène présent dans la troposphère a été produite par des microalgues marines alors que l'humanité n'existait pas encore. La forme moderne de la vie entretient des mécanismes biologiques hérités du temps où les microalgues étaient dominantes sur la planète. Le fonctionnement physiologique de l'ensemble des organismes vivants, qu'ils soient sous la forme végétale ou terrestre, est fortement impacté par l'héritage des principes de fonctionnement de l'algue (Quinton, 1912).

### Etat de la production

La majeure partie de la production algale dans le monde est représentée par les macroalgues (R. Pierre réf dans guide). On peut noter l'écart important entre les abondantes productions de macroalgues et les volumes de microalgues. Cette différence est essentiellement due à la difficulté de cultiver en masse et de récolter ces microorganismes. La courbe de croissance de la production mondiale des microalgues suit une ascension exponentielle dépassant les 10 000 tonnes de matière sèche en 2011, dont environ 75 % sont produites en eau douce.

La valeur marchande globale de la production de microalgues représente plus de 5 milliards de dollars US. De nombreuses sociétés sont référencées dans le domaine des microalgues à l'échelle mondiale sur l'ensemble des continents. Un tiers d'entre elles produisent essentiellement les trois espèces dominantes : la spiruline (*Arthrospira platensis*, en eau douce, 50 % de la production mondiale), la chlorelle (*Chlorella*, en eau douce) et *Dunaliella* (espèce marine). Le continent asiatique, accueillant des civilisations ancestralement tournées vers les produits de la mer, est le premier producteur de microalgues au monde, et représente environ 50% de la production mondiale. Les autres principaux pays producteurs sont les USA, le Chili, Israël, l'Australie. En Europe, l'Allemagne, les Pays-Bas, l'Espagne, le Portugal ainsi que la France sont des acteurs importants de la filière. Les espèces les plus culti-

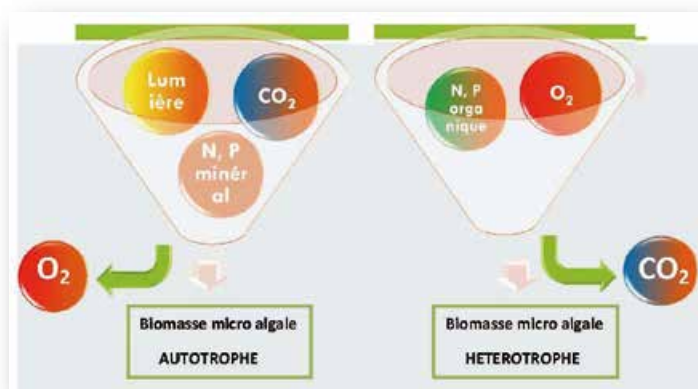
---

12 Cyrille Przybyla<sup>1</sup>, Jean Paul Cadoret<sup>2</sup>, Pierre Calleja<sup>3</sup> 1. IFREMER Palavas – Unité Mixte de Recherche 9190 Marbec 2. GREENSEA – Mèze 3. FERMENTALG - Libourne.

vées en Europe sont par ordre décroissant : la spiruline, la chlorelle, *Dunaliella*, *Haematococcus*, *Nannochloropsis* et *Ondotella*. Le marché actuel mondial de la microalgue utilisée en tant qu'additif alimentaire, cosmétique ou santé se situe actuellement autour de 4 milliards de dollars US. La microalgue se négocie vivante, en poudre ou en extrait selon son usage (santé humaine, cosmétique, additifs). Le degré de raffinement ainsi que son mode de culture impacte directement le prix de vente. Le marché mondial actuel de la microalgue propose des produits variés entre 30€/kg et 900€/kg.

## Les modes de productions

Le temps de reproduction des microalgues s'exprime en quelques dizaines d'heures. Trois grands principes de production permettent de cultiver les microalgues : la culture par autotrophie, par hétérotrophie (figure 5) et par mixotrophie (Cadoret, 2014). Ces trois modes de production (Encart Modes de culture des microalgues, C. Przybyla) diffèrent essentiellement par le mode d'apport de nutriments et d'énergie aux cultures de microalgues.



**Figure 5 :**

Comparaison des principes de production en système autotrophe et hétérotrophe (Y.Lerat, CEVA 2013\*).

## Potentialités

Les microalgues sont une source prometteuse de biomasse pour des applications aussi variées que l'extraction de molécules, l'alimentation animale et humaine, la production énergétique ou la décontamination environnementale (ADEME, 2014). La production mondiale est en forte progression pour des applications variées, dont certaines très nouvelles comme les énergies nouvelles, le biofuel (Odlare *et al.*, 2011 ; Sun *et al.*, 2011), les bio polymères, ou la médecine humaine notamment pour ses atouts antioxydants (Dartsch, 2008).

L'introduction dans l'alimentation animale concerne déjà plusieurs cibles de productions terrestres : pour la coloration des jaunes œufs de poules (Sarma *et al.*, 2008) ou la supplémentation pour des ruminants (Boeckeaert *et al.*, 2008 ; Skrede *et al.*, 2011).

## Composition biochimique

Les microalgues présentent une très grande diversité de molécules originales au sein de leurs cellules. Cette biomasse se caractérise par sa richesse en lipides, en protéines, en vitamines et en antioxydants. Tous ces composés sont rarement en même temps en forte concentrations dans les souches algales. Ce qui veut dire que l'intérêt d'utiliser une souche particulière pour l'alimentation aquacole sera lié à sa caractéristique dominante et à l'effet escompté dans la formulation. Le contenu élevé en protéines, peptides et acides aminés de plusieurs espèces de microalgues (entre 12 et 65 % de matière sèche) est une des principales raisons pour les considérer comme une source non conventionnelle de protéines dans l'alimentation humaine et animale (pisciculture). Toutefois, les protéines étant aujourd'hui globalement plus disponibles et moins chères sur les marchés de sources de matières premières terrestres, les microalgues vont donc représenter essentiellement un intérêt pour leurs apports qualitatifs et quantitatifs en lipides essentiels. Pouvant accumuler jusqu'à plus de 50 % de leur poids sec en acides gras, le contenu lipidique des microalgues est essentiellement composé de triglycérides, de phospholipides, de glycolipides d'acides gras saturés et d'acide gras polyinsaturés (AGPI) comme les oméga-3, acide alpha linoléique (ALA), acide eicosapentaénoïque (EPA), acide docosahexaénoïque (DHA), ou les oméga-6 dont l'acide arachidonique (ARA). La majorité de ces éléments est essentielle à la fois pour la croissance du poisson mais aussi pour l'équilibre nutritionnel de l'homme. Le taux de lipides de la souche est un indicateur important toutefois, un faible pourcentage de lipides peut offrir un fort taux d'AGPI avec majoritairement du DHA qui est l'un composé essentiel pour le bon développement du poisson. L'étude approfondie du profil biochimique de la souche est donc nécessaire pour déterminer son apport potentiel dans une formulation d'aliment pour poissons.

L'autre atout biochimique de la source micro algale est la présence quantitative et qualitative de vitamines essentielles : B1, B6, B12, C, E, K1, associées à un large panel de pigments, (caroténoïdes, phycoérythrine, phycocyanine et astaxanthine) fluorescents ou non, pouvant aussi avoir un rôle de coloration (Choubert *et al.*, 2006) ou d'antioxydants alimentaires.

## La microalgue et l'aquaculture.

### La microalgue marine une actrice « star » de l'aquaculture.

La microalgue sous sa forme vivante participe à l'expansion de l'aquaculture, principalement dans l'alimentation de coquillages en écloserie d'huîtres ou de moules. Une culture monosouche est généralement utilisée pour des questions pratiques mais des essais montrent qu'un mélange de souches a des effets positifs sur les performances de croissance et la stimulation immunitaire du coquillage (Pronker *et al.*, 2008). Elle est aussi utilisée dans la production de zooplancton (rotifères, copé-



podés). En effet, la petite taille de l'algue, sa flottabilité ainsi que sa composition biochimique sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels du zooplancton, lui-même élevé pour ses qualités de proies mobiles et vivantes dans les premiers stades larvaire du poisson (Seixas *et al.*, 2009). Dans la phase pionnière de la pisciculture, une technique aquacole dite en « eau verte » a été appliquée en maintenant dans un système clos une chaîne trophique basée sur un équilibre entre les populations bactériennes, phytoplanctoniques, zooplanctoniques et une biomasse de poissons ou de crevettes (Muller-Feuga, 2000 ; Papandroulakis *et al.*, 2002).

La technologie des micro particules d'aliments formulés pour les stades larvaires précoces de poissons contribue à réduire l'usage d'algues vivantes en aquaculture (Stanley and Jones, 1976). La production de microalgues reste toutefois un maillon vital de la chaîne alimentaire pour la production de proies vivantes en pisciculture (Cahu *et al.*, 1998 ; Coutinho *et al.*, 2006 ; Seychelles *et al.*, 2009) et en crevetticulture (Sivakumar *et al.*, 2011).

### Pourquoi de tels espoirs sur l'usage des microalgues comme alternative aux huiles de poissons?

La capacité de synthèse de l'EPA en DHA est faible, mais néanmoins existante chez les salmonidés comme la truite. Elle permet au poisson de survivre, grandir et se reproduire. Chez les poissons marins comme le bar et la daurade, les capacités de biosynthèse des AGPI tels que les w3 sont quasi-inexistantes. La substitution des huiles de poisson par des huiles végétales terrestres posent un problème (cf. Partie I, C. Burel dans ce guide). La culture de la microalgue marine pourrait être une alternative prometteuse aux huiles de poissons et une source potentielle d'apport en acides gras w3.

### Une recherche scientifique qui s'accélère ses dernières années...

L'idée d'incorporer des microalgues dans des aliments formulés en aquaculture date d'une trentaine d'années (Meske and Pfeffer, 1977). Cette application s'inscrit dans la démarche urgente de trouver de nouveaux gisements de protéines et de lipides marins pouvant se substituer aux classiques huiles et farines de poissons issus de la pêche minotière (Peron *et al.*, 2010). Mais à l'inverse des productions végétales terrestres, la filière des microalgues propose des volumes plus réduits à des coûts beaucoup plus élevés. Pour la microalgue nichée dans les secteurs des fortes valeurs ajoutées, la production de masse est un objectif. Dans un premier temps, les essais de formulations de granulés pour poisson ont évalué la potentialité de la spiruline (Palmegiano *et al.*, 2005 ; Stanley and Jones, 1976) dont le marché et la production étaient déjà bien installés dans le secteur du supplément alimentaire chez l'homme.

### ... et aujourd'hui ?

La littérature décrivant l'incorporation des microalgues marines dans l'aliment des poissons d'aquaculture est peu abondante. Les durées d'alimentations expérimentales sont toutes inférieures à 5 mois (Kiron *et al.*, 2012), et concernent généralement de petits poissons au stade juvénile. Les sources microalgales utilisées sont principalement mono souches et cultivées en bioréacteur clos avec comme principe l'autotrophie photosynthétique ou la fermentation. Les tests expérimentaux ont permis d'évaluer des niveaux d'incorporation situés entre 4 % et 100 % avec des

souches d'algues marines telles que la *Nannochloropsis.sp* (Cerezuela *et al.*, 2012 ; Walker and Berlinsky, 2011), *Cryptothecodinium sp.* une dinoflagellée reconnue pour ses fortes capacités à produire du DHA (Atalah *et al.*, 2007), *Schizochytrium sp.* hétérotrophe riche en EPA et DHA (Ganuza *et al.*, 2008), ou encore *Tetraselmis sp.* (Cerezuela *et al.*, 2012; Kiron *et al.*, 2012; Tulli *et al.*, 2012).

### Sous quelle forme utiliser la microalgue ?

Plusieurs formes de valorisations sont envisagées dont la plus simple est l'usage direct de la cellule dans son intégralité sous forme de farine brute d'algue sèche incorporée dans le mélange de différentes matières premières destinées à la fabrication de granulés. Ce choix de substitution massive peut être appréhendé lorsque le ratio entre la concentration de protéines et lipides de l'algue est proche du ratio du besoin nutritionnel de l'espèce de poisson considérée. L'autre option est d'utiliser la bioraffinerie afin d'extraire soit des protéines, soit des lipides. Cette technologie, constitue une étape complémentaire ayant un impact sur le coût de production. Mais l'avantage de ce procédé est qu'il inclut potentiellement des souches microalgales candidates très riches soit en protéines, soit en lipides. Ces deux méthodes permettent la valorisation des divers phylums et systèmes de cultures pour des approches nutritionnelles spécifiques.

L'intérêt de l'usage de microalgues en alimentation aquacole peut être aussi envisagé sous la forme d'un additif (quelques pourcents de la formule) destiné à apporter un complément nutritionnel tels que des pigments (Choubert *et al.*, 2006), ou des vitamines (Brown *et al.*, 1999).

Diverses études scientifiques d'utilisation des microalgues en alimentation aquacole sont détaillées (voir encart 2, C. Przybyla). Si certains résultats sont prometteurs, beaucoup de recherches doivent encore être conduites pour mieux cerner les préconisations.

### Défis et perspectives

Les sources d'énergie renouvelables sont pressenties comme une alternative aux combustibles fossiles. L'une de ces nouvelles sources est la microalgue dont on peut penser qu'elle pourra fournir une énergie motrice (biofuel) avant la fin du siècle en cours (Montagne *et al.*, 2013). Dans ce contexte, une industrie de production de masse destinée à l'extraction du triglycéride d'intérêt pour la fabrication d'un carburant de nouvelle génération produirait une quantité phénoménale de coproduits sous forme de cellules algales contenant encore une partie des lipides et des protéines. Si le procédé d'extraction le permet, cette biomasse pourrait être valorisée sur une échelle secondaire (à moindre coût) pour plusieurs applications dont l'alimentation animale.

Les principaux obstacles à la production commerciale de microalgues comme matière première pour l'alimentation aquacole sont la production de masse et une récolte rentable. Le problème de l'énergie et la pénurie d'eau sont devenus des facteurs clés restrictifs pour le développement économique mondial. La source algale en raison de son caractère renouvelable, générant de faible pollution est considérée comme une candidate à fort potentiel pour atténuer l'empreinte anthropique tout en rendant des services éco systémiques.

Des projets sont en cours afin d'évaluer l'intégration de productions de masse de microalgues à l'activité industrielle ou urbaine. Le projet Vasco dans le sud de la France va tester la bio remédiation de divers profils de fumées industrielles par des cultures autotrophes en milieu ouvert. Ces rejets gazeux, qui contribuent à l'augmentation des gaz à effets de serre contiennent plus de 80 % de composés assimilables par une culture d'algue (vapeur d'eau, CO<sub>2</sub>, NOx, SOx). D'autres projets sont intégrés en aval d'exploitations aquacoles de poissons (ou crevettes), ou concernent les effluents liquides de centrale d'épuration urbaine dont le flux de nutriments dissous constitue un apport de fertilisants à moindre coût pour des cultures d'algues.

Le modèle économique de la production d'algues ne permet pas, à ce jour, de concurrencer les farines et huiles de poissons, ainsi que les produits issus de l'agriculture terrestre. Le prix de ces derniers est très nettement inférieur au marché des microalgues. Toutefois, la pression sur les ressources de pêche, l'augmentation croissante de la demande en produits de la mer et du coût de l'énergie, ainsi que la prise de conscience des gouvernements de l'intérêt d'une activité humaine intégrée à une vision écologique sont autant d'arguments qui plaident en faveur d'un usage multiple de la microalgue dans l'alimentation. Les acteurs économiques de la filière ainsi que les scientifiques travaillent ensemble pour faire émerger une nouvelle forme d'agriculture. Après avoir fortement contribué à l'apparition de la vie terrestre, ces petites cellules aquatiques pourraient jouer une fois de plus un rôle prépondérant dans les grands défis de l'humanité.

## Références

- ADEME, 2014. *Evaluation du gisement potentiel de ressources algales pour l'énergie et la chimie en France à horizon 2030*. Rapport 110 pp. <http://www.ademe.fr/evaluation-gisement-potentiel-ressources-algales-lenergie-chimie-france-a-horizon-2030>
- Atalah, E., Cruz, C.M.H., Izquierdo, M.S., Rosenlund, G., Caballero, M.J., Valencia, A. & L. Robaina, 2007. Two microalgae *Cryptocodinium cohnii* and *Phaeodactylum tricornutum* as alternative source of essential fatty acids in starter feeds for seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 270, 178-185.
- Austin, B., Baudet, E. & M. Stobie, 1992. Inhibition of bacterial fish pathogen by *Tetraselmis-suecica*. *J. Fish Dis.*, 15, 55-61.
- Boeckeaert, C., Vlaeminck, B., Dijkstra, J., Issa-Zacharia, A., Van Nespen, T., Van Straalen, W. & V. Fievez, 2008. Effect of Dietary Starch or Micro Algae Supplementation on Rumen Fermentation and Milk Fatty Acid Composition of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.*, 91, 4714-4727.
- Brown, M.R., Mular, M., Miller, I., Farmer, C. & C. Trenerry, 1999. The vitamin content of microalgae used in aquaculture. *J. Appl. Phycol.*, 11, 247-255.

- Cadoret, J.P., Bougaran, G., Bérard, J.B., Charrier, A., Coulombier, N., Garnier, M., Kaas, R., Le Déan, L., Lukomska, E., Nicolau, E., Rouxel, C., Saint-Jean, B. & N. Schreiber, 2014. Microalgues et biotechnologie : Valorisation et Économie Des Ressources Marines ; André Monaco et Patrick Prouzet, *Mer et Océan*, pp. 65-112
- Cahu, C.L., Infante, J.L.Z., Peres, A., Quazuguel, P. & M.M. Le Gall, 1998. Algal addition in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae rearing: effect on digestive enzymes. *Aquaculture*, 161, 479-489.
- Cerezuela, R., Antonio Guardiola, F., Meseguer, J. & M. Angeles Esteban, 2012. Enrichment of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diet with microalgae: effects on the immune system. *Fish Physiol. Biochem.*, 38, 1729-1739.
- Choubert, G., Mendes-Pinto, M.M. & R. Morais, 2006. Pigmenting efficacy of astaxanthin fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: Effect of dietary astaxanthin and lipid sources. *Aquaculture*, 257, 429-436.
- Coutinho, P., Rema, P., Otero, A., Pereira, O. & J. Fabregas, 2006. Use of biomass of the marine microalga *Isochrysis galbana* in the nutrition of goldfish (*Carassius auratus*) larvae as source of protein and vitamins. *Aquac. Res.*, 37, 793-798.
- Dallaire, V., Lessard, P., Vandenberg, G. & J. de la Noue, 2007. Effect of algal incorporation on growth, survival and carcass composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Bioresour. Technol.*, 98.
- Dartsch, P.C., 2008. Antioxidant potential of selected *Spirulina platensis* preparations. *Phytother. Res.*, 22, 627-633.
- Dhanasiri, A.K.S., Brunvold, L., Brinchmann, M.F., Korsnes, K., Bergh, O. & V. Kiron, 2011. Changes in the Intestinal Microbiota of Wild Atlantic cod *Gadus morhua* L. Upon Captive Rearing. *Microb. Ecol.*, 61, 20-30.
- Ganuzza, E., Benitez-Santana, T., Atalah, E., Vega-Orellana, O., Ganga, R. & M.S. Izquierdo, 2008. *Cryptocodinium cohnii* and *Schizochytrium* sp as potential substitutes to fisheries-derived oils from seabream (*Sparus aurata*) microdiets. *Aquaculture*, 277, 109-116.
- Hemaiswarya, S., Raja, R., Kumar, R.R., Ganesan, V. & C. Anbazhagan, 2011. Microalgae: a sustainable feed source for aquaculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 27, 1737-1746.
- Kiron, V., Phromkunthong, W., Huntley, M., Archibald, I. & G. De Scheemaker, 2012. Marine microalgae from biorefinery as a potential feed protein source for Atlantic salmon, common carp and whiteleg shrimp. *Aquac. Nutr.*, 18, 521-531.
- Lerat, Y., Sassi, J.F. & G. Attia, 2013. *Action micro-algues en région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA)* - Etude technico-économique CEVA - CEA-TECH - ID-AQUACULTURE pour les Pôles de Compétitivité TRIMATEC et Mer Méditerranée, décembre 2013, 159 pp.

- Makridis, P., Libeiro, L., Rocha, R. & M.T. Dinis, 2010. Influence of Microalgae Supernatant, and Bacteria Isolated from Microalgae Cultures, on Microbiology, and Digestive Capacity of Larval Gilthead Seabream, *Sparus aurata*, and Senegalese Sole, *Solea senegalensis*. *J. World Aquacult. Soc.*, 41, 780-790.
- Meske, C. & E. Pfeffer, 1977. Micro algae, yeast or casein as components of fish-meal free dry feed for carp *Zeitschrift Fur Tierphysiologie Tierernahrung Und Futtermittelkunde. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 38.
- Montagne, X., Porot, P., Aymard, C., Querleu, C., Bouter, A., Lorne, D., Cadoret, J.-P., Lombaert-Valot, I. & O. Petillon, 2013. Algogroup: Towards a Shared Vision of the Possible Deployment of Algae to Biofuels. *Oil & Gas Science and Technology- Revue, Ifp Energies Nouvelles*. 68, 875-898.
- Muller-Feuga, A., 2000. The role of microalgae in aquaculture: situation and trends. *J. Appl. Phycol.*, 12.
- Odlare, M., Nehrenheim, E., Ribe, V., Thorin, E., Gavare, M. & M. Grube, 2011. Cultivation of algae with indigenous species - Potentials for regional biofuel production. *Applied Energy*. 88, 3280-3285.
- Palmegiano, G.B., Gai, F., Gasco, L., Lembo, G., Spedicato, M.T., Trotta, P. & I. Zoccarato, 2009. Partial replacement of fish meal by T-Iso in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles diets. *Ital. J. Anim. Sci.*, 8, 869-871.
- Palmegiano, G.B., Agradi, E., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Rigamonti, E., Sicuro, B. & I. Zoccarato, 2005. Spirulina as a nutrient source in diets for growing sturgeon (*Acipenser baeri*). *Aquac. Res.*, 36, 188-195.
- Papandroulakis, N., Divanach, P. & M. Kentouri, 2002. Enhanced biological performance of intensive sea bream (*Sparus aurata*) larviculture in the presence of phytoplankton with long photophase. *Aquaculture*, 204.
- Patterson, D. & D.M. Gatlin, 2013. Evaluation of whole and lipid-extracted algae meals in the diets of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 416, 92-98.
- Peron, G., Mittaine, J.F. & B. Le Gallic, 2010. Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry. *Marine Policy*, 34, 815-820.
- Pronker, A.E., Nevejan, N.M., Peene, F., Geijssen, P. & P. Sorgeloos, 2008. Hatchery broodstock conditioning of the blue mussel *Mytilus edulis* (Linnaeus 1758). Part I. Impact of different micro-algae mixtures on broodstock performance. *Aquac. Int.*, 16, 297-307.
- Przybyla C., Fievet, J., Callier, M. & J.P. Blancheton, 2014. Effect of dietary water content on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) growth and disease resistance. *Aquat. Living Resour.* <https://doi.org/10.1051/alr/2014007>
- Quinton, R., 1912. *L'eau de mer, milieu organique*. Masson et Cie. Editeurs, Paris.

- Rodriguez, C., Perez, J.A., Badia, P., Izquierdo, M.S., Fernandez-Palacios, H. & A.L. Hernandez, 1998. The n-3 highly unsaturated fatty acids requirements of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae when using an appropriate DHA/EPA ratio in the diet. *Aquaculture*, 169, 9-23.
- Sarma, A.P., Petar, P. & S.D.S. Murthy, 2008. Spirulina as a Source of Single Cell Protein. *Vegetos*, 21, 35-45.
- Seixas, P., Coutinho, P., Ferreira, M. & A. Otero, 2009. Nutritional value of the cryptophyte *Rhodomonas lens* for *Artemia* sp. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 381, 1-9.
- Seychelles, L.H., Audet, C., Tremblay, R., Fournier, R. & F. Pernet, 2009. Essential fatty acid enrichment of cultured rotifers (*Brachionus plicatilis*, Muller) using frozen-concentrated microalgae. *Aquac. Nutr.*, 15, 431-439.
- Sivakumar, N., Sundararaman, M. & G. Selvakumar, 2011. Efficacy of micro algae and cyanobacteria as a live feed for juveniles of shrimp *Penaeus monodon*. *Afr. J. Biotechnol.*, 10.
- Skrede, A., Mydland, L.T., Ahlstrom, O., Reitan, K.I., Gislerod, H.R. & M. Overland, 2011. Evaluation of microalgae as sources of digestible nutrients for monogastric animals. *J. Anim. Feed Sci.*, 20, 131-142.
- Stanley, J.G. & J.B. Jones, 1976. Feeding algae to fish. *Aquaculture*, 7, 219-223.
- Sun, A., Davis, R., Starbuck, M., Ben-Amotz, A., Pate, R., Pienkos, P.T., 2011. Comparative cost analysis of algal oil production for biofuels. *Energy*, 36, 5169-5179.
- Tulli, F., Zittelli, G.C., Giorgi, G., Poli, B.M., Tibaldi, E. & M.R. Tredici, 2012. Effect of the Inclusion of Dried *Tetraselmis suecica* on Growth, Feed Utilization, and Fillet Composition of European Sea Bass Juveniles Fed Organic Diets. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 21, 188-197.
- Walker, A.B. & D.L. Berlinsky, 2011. Effects of Partial Replacement of Fish Meal Protein by Microalgae on Growth, Feed Intake, and Body Composition of Atlantic Cod. *N. Am. J. Aquac.*, 73, 76-83.
- Welsh, D.T., Viaroli, P., Hamilton, W.D. & T.M. Lenton, 1999. Is DMSP synthesis in chlorophycean macro-algae linked to aerial dispersal? *Ethol. Ecol. Evol.*, 11, 265-278.

## Les modes de culture des microalgues

Par Cyrille Przybyla<sup>13</sup>

### **La culture en autotrophie ou le principe du *sea, sex and sun*.**

Ce mode de culture se rapproche des mécanismes naturels communément observés lors des épisodes d'efflorescence de microalgues dans un lac ou une baie. Les conditions requises pour la reproduction cellulaire sont des apports dilués dans l'eau (douce ou marine) d'azote, de phosphore et de minéraux. L'énergie lumineuse est nécessaire et vitale pour un processus dit « photosynthétique » dont la physiologie cellulaire est légèrement différente de celle des végétaux terrestres.

La culture en autotrophie peut être envisagée sous une forme contrôlée en photobioréacteurs (photo 1). Ce système de linéaires de tubes ou de panneaux transparents de faible épaisseur peut avoir un éclairage solaire direct ou un éclairage artificiel. Cette méthode de production, garantit une grande productivité car les phases d'éclairement sont constantes et continues. D'autres parts, la stabilité biochimique est assurée par l'apport régulier de nutriments tels que le dioxyde de carbone, le nitrate, le phosphate, des minéraux et des vitamines. L'avantage de ce type de solution est double : il permet de cultiver une souche de microalgue d'intérêt dont on connaît bien la physiologie et la composition, tout en limitant la contamination bactérienne ou les risques de pollution du milieu de culture. Ce système assure une croissance optimum en limitant les incidents potentiels au cours de la production.



**Photo 1 :**

Système de production de microalgues en photobioréacteur tubulaire (©Greensea)

Des systèmes de production en autotrophie à ciel ouvert (appelés en anglais « open ponds ») et de faible profondeur (environ 30 cm) existent en

---

<sup>13</sup> Ifremer, Palavas.

production de routine et concernent essentiellement des microalgues dites « extrémophiles » qui vivent dans des conditions particulières de fortes salinités (*Dunaliella salina* dans des marais salants) ou d'alcalinité de l'eau (spiruline en eau douce). Dans ces cas précis (photo 2), seul un type de cellule algale peut s'adapter à ces conditions extrêmes d'environnement, ce qui rend pratique la gestion de la souche car la compétition pour l'accès aux nutriments est quasiment inexistante.



**Photo 2 :**

Ferme américaine de production de spiruline en milieu ouvert (© Earthrise Nutritionals).

Les cultures multi-espèces extérieures commencent à être étudiées. Les familles présentes sont fluctuantes en fonction des intrants, des saisons et du lieu géographique. L'idée est d'appréhender cette culture sous sa valeur biochimique globale (protéines, lipides, vitamines) en mettant au second plan la gestion des familles de microalgues. Bien sûr, comme pour un jardin terrestre, les techniques de gestion de culture devront limiter l'apparition d'espèces invasives n'ayant pas de débouchés en termes d'application alimentaire ou technologique. Dans la perspective d'une valorisation en alimentation animale, les vertus des composés produits pourront s'additionner comme par exemple des profils d'acides aminés protéiques intéressants ou rares. A contrario, l'effet d'addition s'opère aussi en sens inverse pour les composés indésirables tels que les anti-nutriments (éléments réduisant la croissance du poisson). Les efforts de recherche pour ce type de système se concentrent sur la gestion de la qualité de l'eau et l'orientation biochimique de la biomasse algale. Ce modèle de production sur de grands espaces reste à valider à grande échelle.

### La culture hétérotrophe

Une autre forme de culture des microalgues est possible en utilisant un procédé biotechnologiques éprouvé appelé hétérotrophie. En cultivant des algues hétérotrophiques (ou en les rendant hétérotrophiques) dans des fermenteurs,



on obtient des rendements et des profils biochimiques intéressants pour les besoins des organismes aquacoles.

Le fermenteur est aussi un bioréacteur où l'énergie lumineuse n'est pas utilisée comme source principale d'énergie: c'est un système clos maintenu dans l'obscurité qui permet de s'affranchir notamment de la variation d'intensité lumineuse et de la diffusion homogène de la lumière dans la culture. L'énergie est alors fournie par un substrat carboné : dans ce cas, les algues respirent en assimilant les sources carbonées, azotées et phosphorées de forme organique.

Ce système de production proposant des composés de grande qualité a les mêmes caractéristiques qu'un réacteur tubulaire fermé en autotrophie à savoir un milieu confiné réduisant la contamination bactérienne et algale. La localisation géographique est indépendante de toutes contraintes environnementales. Les avantages de la culture en hétérotrophie se situent sur les concentrations de cellules (environ 100 grammes par litres de matière sèche de biomasse). La productivité est environ une dizaine de fois supérieure aux photobioréacteurs et environ cent fois supérieure aux systèmes milieu ouverts. C'est une technologie totalement maîtrisée s'inspirant des applications industrielles pour les productions de levures et de bactéries. Cependant, ce système nécessite des souches adaptées à ce mode de culture, des coûts d'installation et d'investissements importants dus au réacteur et surtout des sources de carbone externes en quantité équivalentes aux produits générés.

### La culture mixotrophe

La mixotrophie à dominante hétérotrophe consiste à introduire une composante lumineuse de faible intensité et de courte durée. Comme en hétérotrophie, le substrat organique nourrit les microalgues pour produire de grandes quantités de biomasse mais cette fois le chloroplaste et autres organites capteurs d'énergie lumineuse de la cellule (photo récepteurs) sont activés. Cela a pour effet d'augmenter la productivité de la cellule ainsi que de permettre la synthèse de tous les composés pouvant être métabolisés par la microalgue.

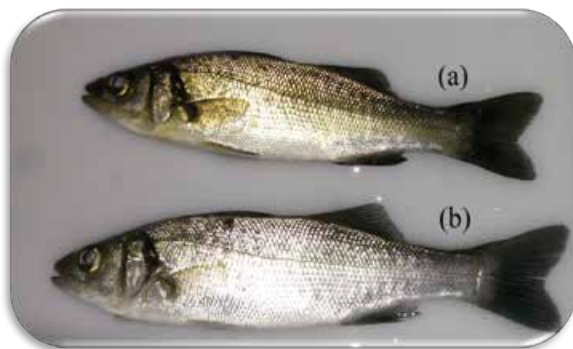
## Microalgues et alimentation aquacole, diverses potentialités, par exemple...

Par Cyrille Przybyla<sup>14</sup>

### Utiliser les farines de microalgues comme source de protéines pour le poisson :

La souche *T-isochrysis lutea* sous forme de farine protéique semble être une bonne candidate pour la substitution des farines de poissons. Une meilleure croissance avec un taux de substitution de 70 % a pu être démontrée sur des juvéniles de daurades (*Sparus aurata*) (Palmegiano *et al.*, 2009), mais ces travaux ne sont pas confirmés pour la morue (*Gadus morhua*) pour un taux de substitution de 30 % (Walker and Berlinsky, 2011). La synthèse des travaux sur le bar (*Dicentrarchus labrax*), la daurade, et la morue montrent que la fenêtre de substitution des protéines se situe entre 15 % et 40 %.

La croissance du bar est maintenue avec une incorporation de 20 % de *Tetraselmis suecica* dans une base protéinée de l'aliment, mais montre une tendance de réduction de la digestibilité protéique et lipidique. Les pigments algaux agissent sur la couleur de la robe de certains individus (Tulli *et al.*, 2012). Ce phénomène est aussi observé pour le même niveau de substitution avec *T-isochrysis lutea* (Photo 3).



**Photo 3 :**

Comparaison de la pigmentation de la robe du bar (*Dicentrarchus labrax*) avec (a) incorporation 20 % d'*Isochrysis* sp. et (b) un aliment commercial classique (©Ifremer/Cyrille Przybyla).

<sup>14</sup> Ifremer, Palavas, France

Avec une substitution de 10 % des protéines par de la *Navicula.sp*, les paramètres de croissance de juvéniles de l'ombrine tropicale (*Sciaenops ocellatus*) sont maintenus, alors qu'un taux de substitution de 25 % par de la *Chlorella sp.* ou de 15 % par de la *Nannochlropsis salina*, entraîne une réduction de digestibilité et de croissance (Patterson and Gatlin, 2013).

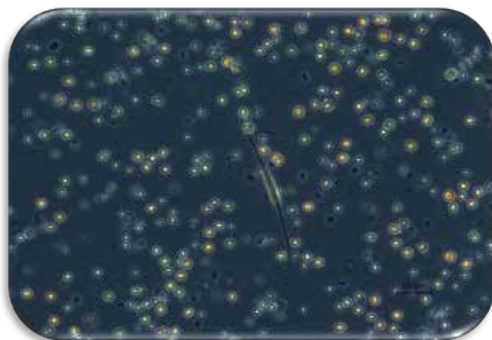
Plusieurs études relèvent un frein de croissance proportionnel à l'augmentation du taux d'incorporation de la microalgue au-delà de 20 % de substitution.

### Utiliser les huiles de microalgues comme source d'acides gras polyinsaturés :

L'usage de *Bacillariophyceae* comme source d'acides gras pour l'aliment aquacole est une piste pertinente. Une huile extraite de *Crypthecodinium cohnii* et de *Phaeodactylum tricornutum* incorporée à 5 % (Atalah *et al.*, 2007) et 15 % (Ganuza *et al.*, 2008) dans l'aliment de larves de daurades montre une meilleure assimilation des acides gras polyinsaturés. La souche de *Schizochytrium sp.* cultivée en hétérotrophie rapporte des résultats encourageants probablement dus à un excellent ratio DHA/EPA (Rodriguez *et al.*, 1998).

### Farines d'algues et digestibilité par le poisson :

Les membranes de certaines microalgues sont rigides et probablement difficiles à assimiler par les enzymes digestives. Les *Bacillariophyceae*, aux formes cellulaires atypiques (Photo 4) tels que *Pseudo-nitzschia* ou *Phaedactylum tricornutum* irriteraient les micro villosités intestinales de l'appareil digestif (Atalah *et al.*, 2007). Un prétraitement mécanique des parois algales serait possible afin d'optimiser le métabolisme de ces nutriments algaux.



**Photo 4 :**

Prairie algale en milieu ouvert composée de pico plancton et de *Nitzschia sp.*  
(©Ifremer/Cyrille.Przybyla).

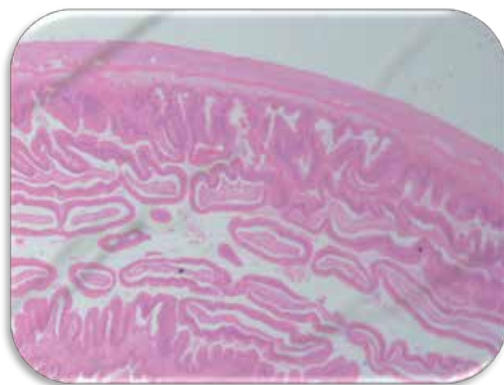
### Un pouvoir attractant... mais pour certaines espèces de poissons :

A l'instar des macroalgues, certaines souches de microalgues marines auraient une vertu attractante pour le poisson (Hemaiswarya *et al.*, 2011). Observée sur le bar et la daurade, cette fonction est inactive sur la morue (Walker and Berlinsky, 2011). Ce pouvoir de stimulation d'appétit pourrait être lié à la présence de diméthylsulfate phosphatés (DMSP) ou de bromophénols présents dans la biomasse algale (Welsh *et al.*, 1999). Ce paramètre reste à confirmer par l'analyse des diverses souches potentiellement utilisables en alimentation aquacole.

### Des cellules algales qui stimulent les défenses immunitaires du poisson :

Le changement de la composition de l'aliment peut impacter la résistance immunologique du poisson (Przybyla C., 2014). *Tetraselmis suecica* a une action inhibitrice sur les pathogènes bactériens (Austin *et al.*, 1992). L'effet immuno-protecteur des microalgues sur le poisson est observé en utilisant des *Bacillariophyceae* telles que *Cryptocodinium cohnii* (Atalah *et al.*, 2007) ou de la *Nannochloropsis.sp* (Cerezuela *et al.*, 2012).

Une question scientifique reste ouverte concernant l'influence de la substitution microalgale sur les colonies bactériennes du tube digestif du poisson (Photo 5).



**Photo 5 :**

Coupe histologique du tube digestif du Bar (*Dicentrarchus labrax*)  
Sites d'assimilation de la source alimentaire (©Ifremer/Cyrille Przybyla).

Ce dernier héberge à la fois des bactéries dites « digestives » qui préparent la décomposition des aliments, des bactéries dites « protectrices » jouant un rôle de barrière (Makridis *et al.*, 2010). L'apport de protéines ou de lipides d'ori-

gine microalgale dans l'aliment influence les populations de bactéries « protectrices » du tube digestif du poisson (Dhanasiri *et al.*, 2011). Si l'effet immunostimulant des microalgues sur le poisson est fréquemment observé, les mécanismes immunitaires impliqués restent encore à décrire et à expliquer.

### Utiliser un mélange de farine d'algues pour l'alimentation aquacole :

L'idée d'associer deux ou plusieurs souches d'algues ayant chacune une caractéristique intéressante pour l'alimentation aquacole est une idée séduisante. Une combinaison de microalgues d'eau douce (*Scenedesmus* sp. et *clamydomonas* sp.) et de cyanobactéries (*Lyngbya.major* et *Hydrococcus.rivularis*) cultivées en milieu ouvert dans des lagunes artificielles, en utilisant les rejets dissous d'une ferme aquacole, a été expérimentée sur des alevins de truites (*Onchorhynchus mykiss*). Une substitution massive de 12,5 % par ce consortium algal n'altère pas la croissance et la composition corporelle de la truite, et met en évidence une survie totale du cheptel pour un taux de substitution allant jusqu'à 50 % (Dallaire *et al.*, 2007). La qualité nutritionnelle d'une culture de consortium naturel marin pour l'alimentation piscicole est en cours d'évaluation. Une seconde phase de recherche permettra de cibler des familles de poissons d'aquaculture pouvant bénéficier des atouts que procurent les microalgues, avec pour objectif un modèle économique durable.



© CEVA.

## GUIDE E

# An integrated 'glocal' vision and approach towards sustainability of raw materials in aquaculture

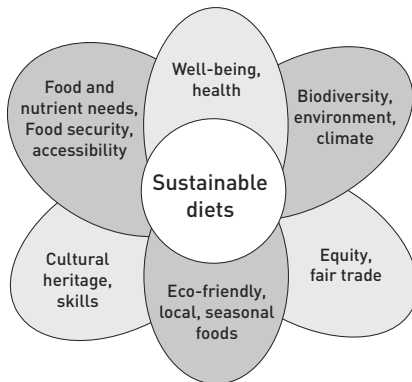
In conclusion to the full document, it seemed important to bring out some general thoughts, as well as broader and cross-cutting recommendations.

### Balancing complex issues

The complexity of the subject was apparent in all discussions between stakeholders involved in this publication, along with the specific and technical information provided by the various authors.

A figure proposed by experts convened by FAO in 2010 to reflect on the issues «Sustainable Human food and biodiversity» illustrates all the potential dimensions of «sustainable food».

**Figure 1:**  
The many dimensions  
of a sustainable diet.



# GUIDE E

## Une vision « glocal » et intégrée de la durabilité des matières premières en aquaculture

En conclusion de l'ensemble de cet ouvrage, il nous a semblé important d'en dégager quelques réflexions majeures, ainsi que des recommandations plus générales et transversales.

### Une complexité des enjeux...

La complexité pressentie du sujet a été vérifiée dans l'ensemble des discussions, échanges entre parties prenantes sollicitées sur cet ouvrage, ainsi que dans les propos plus spécifiques et techniques, apportés par les divers auteurs de cet ouvrage.

Une figure proposée par des experts convoqués par la FAO en 2010 pour réfléchir sur les enjeux « Alimentation humaine durable et biodiversité » illustre toutes les dimensions potentielles que peut signifier les termes d'aliments durables.

**Figure 1** (page de gauche) :  
Les nombreuses facettes  
d'une alimentation durable<sup>1</sup>.

---

1 Lairon, D., 2012. Biodiversity and sustainable nutrition with a food-based approach. In: FAO, *Sustainable Diets and Biodiversity* (Burlingame, B., & S. Dernini, eds), p. 35. <http://www.fao.org/docrep/016/i3004e/i3004e.pdf>

This scheme is quite similar to the sustainability of aquaculture feed.

The first workshop of stakeholders at Beg Meil in 2014 (Annex I) brought together a fairly diverse range of participants and allowed to gain insight into their individual expectations on the sustainability of aquaculture feed and the complexity of the issues therein.

With all the reservations one must have on the conclusions of the workshop (which was not part of a scientific approach), we can highlight some important and relevant facts for the sustainability of aquaculture feed as well as elements of comparison and interaction between the most important raw materials used in fish feed.



L'ensemble des éléments réunis dans cet ouvrage montre qu'il en est de même pour la durabilité des aliments aquacoles.

Au cours du cheminement qui nous a conduit à cet ouvrage, le premier atelier de parties prenantes fait à Beg Meil en 2014 (Annexe I), avec un panel assez diversifié de participants nous a permis d'avoir un premier ressenti global des attentes de chacun(e) sur la durabilité des aliments en aquaculture, et la complexité des enjeux.

Avec toutes les réserves que l'on doit avoir sur les conclusions de cet atelier qui ne s'inscrivait pas dans une démarche scientifique, on peut retenir cependant quelques faits majeurs et qui nous semblent pertinents sur la durabilité des aliments aquacoles, et des éléments de comparaisons et d'interactions entre les matières premières les plus importantes utilisées en alimentation aquacole.

**Figure 2 (right) :** Rating (on a scale of -10 to +10) comparison of perceived sustainability of some major feed commodities in aquaculture using 12 sustainability criteria (Beg Meil 2014) (cf. Annexe I)

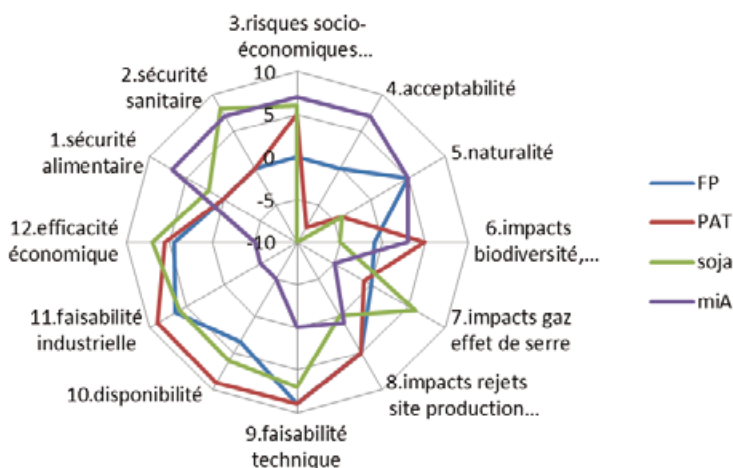
Legend: FM = Fish meal (industrial small fish pelagic fishing), PAPs = Processed Animal Proteins, MIA = microalgae 3. Socio-economic risks at the country of origin, 6. Impacts on biodiversity at the place of origin 8. Impacts from releases at aquaculture production sites.

### General trends

The combined results from the Beg Meil workshop (2014) on the four raw materials categories clearly show the opposing profiles between the “past” reference materials (fishmeal, soybean and PAPs) and those of the «future», represented by micro algae. The first three show good technical and economic sustainability, lower societal and environmental rates, whereas the last, micro algae displays the opposite, and in particular very good perception and acceptability. Fishmeal is controversial by society standards - and soybeans and PAPs are even more so.

In general, the long-used raw materials such as fishmeal and fish oil have been increasingly called into question, given their decreasing availability, resulting cost, and impacts on marine food webs. It is not yet possible to conclude that fishmeal and fish oils derived from by-products of fisheries and aquaculture are an interesting alternative.

Substitutions using vegetable materials are already a solid alternative to fishmeal and fish oils. In addition, their replacement with terrestrial animal meal would be a relevant solution, perhaps and an intermediary measure.



**Figure 2 :**

Evaluation (sur une échelle de notes de -10 à +10) comparée de la durabilité perçue de certaines matières premières principales en aquaculture selon 12 critères de durabilité (Beg Meil 2014) (cf. Annexe I)

Légende : FP=Farine de poisson (pêche minotière), PAT=Protéines Animales Transformées, miA=microalgues, 3.risques socio-économiques sur le pays d'origine, 6. impacts sur la biodiversité sur le lieu d'origine, 8. impacts rejets sur le site de production aquacole

### Tendances générales

La compilation des résultats obtenus à partir de l'atelier de Beg Meil (2014) sur 4 matières premières montre clairement des profils opposés, entre les matières premières de référence du « passé » (la farine de poisson, le soja et les PAT), et celle du « futur », représentée par les microalgues : durabilité technico-économique plutôt bonne pour les 3 premières, faible pour les microalgues, mais très bonne acceptabilité pour ces dernières, alors que les farines de poisson sont controversées par la société, le soja et les PAT encore plus.

De fait, les matières premières utilisées depuis longtemps comme les farines et huiles de poissons sont clairement remises en cause, compte tenu de leur disponibilité de plus en plus faible, du coût résultant, et de l'impact sur les réseaux trophiques marins. Il n'est pas encore possible de conclure que les farines et huiles de poisson issues de la pêche non minotière et de l'aquaculture constituent un gisement intéressant.

Les substitutions par des matières premières d'origine végétale constituent une alternative solide aux farines et huiles de poissons. Leur substitution par des farines animales terrestres serait une solution pertinente, peut-être à envisager de manière transitoire.

At present time, it is unreasonable to rely on new products derived from micro algae, macro algae, insects and marine worms on an industrial scale (in terms of sufficient quantity available in the short and medium term) to cover the needs of fish feed. But these products and others already used such as yeast, amino acids, haemoglobin synthesis products... are very useful for rationed supplements, additives, and for specific stages (juveniles, reproduction, critical stages, health applications...) in farmed fish life.

### **On acceptability:**

The notion of acceptability is a complex one that requires research in cultural and social factors. In France, there is clearly a negative perception of the main raw materials for substitution, such as soy and processed animal proteins (PAPs), which is the opposite to what is perceived in the real economy. However, numerous dimensions alter the views depending on the countries using aquaculture products. This must be taken into account and reflect the local geographical, cultural, social, religious, and political situations.

For some products, it is likely that the limited knowledge available to the public gives rise to a neutral or positive perception as seems to be the case for amino acids, synthetic products, or microalgae.

The «naturalness» of aquaculture feed or what it could mean is an important element to consider in its acceptability (see: G. Debucquet).

Considering all these factors, we can conclude that future plant materials such as macro and micro algae represent a way forward, particularly with how fish feed is «perceived».

### **On environmental aspects:**

The environmental impacts are perceived differently depending on the profile of stakeholders. For example, regarding «greenhouse gases» and «biodiversity of the production site,» it may seem curious that soy is better placed than wild fishmeal in a comparative evaluation of sustainability (see figure above). But these results should be nuanced by the fact that soy is considered as certified soy produced according to specifications respectful of local socio-ecosystems. There are several soy origins, as there are several kinds of fishmeal that have been highlighted in this book. It is therefore important to refine the analysis with more precise and objective criteria. Measuring environmental impacts using Life Cycle Analysis (LCA) can be a good method, provided that the approach is complete and takes into account other criteria such as impacts on biodiversity, as well as ethical and societal criteria. It must also ensure that the LCA tool is sufficiently fine-tuned to differentiate the modes of production of the same raw material.

Car, pour les nouveaux produits prometteurs obtenus à partir des microalgues, macroalgues, insectes et vers marins, il ne paraît pas raisonnable de compter, sur un plan industriel, sur ces matières premières en quantités disponibles suffisantes, à court et moyen terme, pour couvrir les besoins de l'alimentation aquacole. En revanche, dès maintenant, ces produits et d'autres déjà utilisés comme les levures, acides aminés, hémoglobine, produits de synthèse ... sont très utiles en compléments de ration, additifs, et pour des stades particuliers (juvéniles, reproduction, stades critiques, applications en santé... ).

### **Sur l'acceptabilité :**

La notion d'acceptabilité est un sujet complexe, qui demande des travaux de recherche sur les facteurs culturels, et sociétaux. En France, il y a clairement une perception négative sur les matières premières principales de substitution protéique aux farines de poissons, comme le soja et les protéines animales terrestres (PAT), perception qui apparaît opposée à la réalité économique. En revanche, dans d'autres pays, plusieurs dimensions modifient les points de vue selon les pays consommateurs des produits d'aquaculture. Elles doivent être prises en compte et reflètent des considérations géographiques, culturelles, sociales, religieuses, et politiques.

Pour certains produits, il est probable que la faible disponibilité d'éléments de jugement, une connaissance limitée, favorisent une perception neutre voire positive comme cela semble le cas pour les acides aminés, produits de synthèse, ou les microalgues.

La « naturalité » de l'aliment aquacole ou ce qu'elle peut vouloir dire est un élément important à prendre en compte dans l'acceptabilité (cf. G. Debuquet).

En prenant en compte tous ces éléments, on peut considérer que des futures matières premières végétales comme les macro- et microalgues constituent une voie d'avenir, particulièrement bien « ressentie ».

### **Sur les aspects environnementaux :**

Les impacts environnementaux sont perçus différemment selon le profil des parties prenantes. Par exemple, sur les impacts « gaz à effet de serre » et « biodiversité sur le site d'origine », il peut sembler curieux que le soja soit en quelque sorte mieux placé que la farine de poisson sauvage dans l'évaluation comparative de la durabilité (Figure ci-dessus). Mais il faut nuancer ces résultats par le fait que le soja considéré serait alors un soja certifié, produit selon un cahier des charges respectueux des socio-écosystèmes locaux. Il y a plusieurs origines de soja, comme il y a plusieurs sortes de farines de poissons ainsi que cela a été souligné dans cet ouvrage. En conséquence, il importe de pouvoir affiner les analyses avec des critères plus objectifs et précis. Mesurer les impacts environnementaux à l'aide d'une Analyse de Cycle de Vie (ACV) peut constituer une piste, à condition que l'approche ACV soit complétée, en prenant en compte d'autres critères, tels que les impacts sur la biodiversité, des critères éthiques et sociaux. Il faut aussi permettre à terme que l'outil ACV soit assez fin pour différencier les modes de production d'une même matière première<sup>2</sup>.

---

2 Voir à ce propos le projet Ecoalim dont les bases de données sont disponibles : [http://www.rnatelevagesenvironnement.org/bd\\_ecoalim.htm](http://www.rnatelevagesenvironnement.org/bd_ecoalim.htm)

### Also noteworthy in assessing the sustainability of aquaculture feeds

An important conclusion is clear, as formulated by many workshop participants at Beg Meil (Annex I): «There are no bad raw materials, just misused raw materials, or poorly prepared ones ...everything lies within the process of preparation of the raw materials and their formulation.» The whole issue becomes a question of respect of a regulatory threshold, process of preparation and detoxifying a given raw material, which will enable its incorporation in the diet, while remaining within a range of acceptable prices. The equation is complex because it has a multitude of variables. Specific recommendations are thus required.

In addition, feed formulations are constantly evolving with a diversification of sources and products that allows for both improved digestibility and intake, and cost optimisation through various sources. Consequently, we moved from formulas containing 10 lines 30 years ago, to formulas containing 20 lines today for a product identical in appearance.

It must be added that feeds have different effects depending on the target species but also at the feeding sites. The same formulated feed, given in different environments, will not lead to the same result each time. The responsibility and professionalism of the producer is important with relation to the results of production performance, particularly in the use of the feed. The feed conversion ratio is also as much a reflection of the quality of the feed as the feed management of the producer, which guarantees good farming conditions and healthy fish.

The European aquaculture sector is an industry that has high quality requirements. Economic viability, is an important sustainability element and should be systematically taken into account. Farmers must integrate environmental issues, fish health, product quality and profitability. Feed affects all of these issues.

On the other hand, the relatively small size of aquaculture production in Europe (and even smaller for France) poses a real handicap regarding certain issues (as we have little influential leverage/weight), including the availability and sustainability of raw material in fish feed. Similarly, the global industry of aquaculture products is also relatively low compared to other terrestrial animal production, which results in the same issue, even though in the major aquaculture countries like Norway and Chile, the situation is reversed.

Finally, we can point out that if the issues raised by this work on the sustainability of aquaculture feed are shared at a global level, it is important to ask whether the right answers (relevant and sustainable) should not be primarily built locally, using local resources and needs. The appropriate scale of the territory would need to be explored. Sustainability is then addressed in a global manner, although the proposed response is local - a «glo-cal» approach according to the famous R. Dubos words: «think globally, act locally» in a 1972 report already stressing global environmental issues and proposing the principles of sustainable development. Within this framework, all the elements proposed in this publication towards a new path take on a real significance, but one that also requires political will and involvement at the local or territorial level.

## **Il faut aussi souligner dans l'évaluation de la durabilité des aliments en aquaculture les points suivants :**

Une conclusion importante ressort, telle que formulée par beaucoup de participants à l'atelier de Beg Meil (Annexe I) : « *Il n'y a pas de mauvaise matière première mais juste des matières premières mal utilisées, ou mal préparées... Tout est dans le procédé de préparation de la matière première et la formulation* ». Tout devient une question de respect d'un seuil réglementaire, d'un procédé de préparation et détoxification de telle ou telle matière première, qui va permettre son incorporation dans la ration, mais tout en restant dans une gamme de prix acceptable. L'équation est complexe car elle détient une multitude de variables. Des recommandations précises s'imposent alors.

De plus, il faut noter une évolution dans la formulation des aliments avec une diversification des sources et des produits qui permet à la fois une digestibilité et une ingestion améliorées, et une optimisation des coûts grâce à diverses sources d'approvisionnement. Ainsi, on est passé de formulations contenant 10 lignes il y a 30 ans, à des formules contenant 20 lignes aujourd'hui, pour un produit identique en apparence.

Il faut ajouter que les aliments ont des effets différents en fonction des espèces ciblées mais aussi en fonction des lieux d'alimentation. Un même aliment, donné dans différents milieux, n'aura pas le même résultat à chaque fois. La responsabilité et le professionnalisme du producteur sont importants à mettre en avant dans les résultats des performances de production, et notamment dans l'utilisation de l'aliment. L'indice de conversion alimentaire est d'ailleurs autant le reflet de la qualité de l'aliment que du travail de l'aquaculteur, qui garantit de bonnes conditions d'élevage, des poissons en bonne santé, etc.

La filière européenne aquacole est une filière qui place haut les exigences de qualité. La durabilité - rentabilité économique - est une composante importante et doit être prise en compte systématiquement. Les éleveurs doivent intégrer l'enjeu environnemental, la santé des poissons, la qualité des produits et la rentabilité économique. L'aliment touche l'ensemble de ces enjeux.

Mais en revanche, la taille relativement faible de la production aquacole en Europe (et *a fortiori* celle de la France) constitue un handicap réel pour peser significativement sur certains enjeux, et notamment la disponibilité et la durabilité de matières premières en alimentation aquacole. De même, à l'échelle mondiale, le poids des productions aquacoles est aussi relativement faible par rapport à celui des autres productions animales terrestres, ce qui entraîne le même frein, même si à l'échelle de pays gros producteur de poisson d'aquaculture comme la Norvège, le Chili, la situation est inverse.

Enfin, on peut souligner que, si les problématiques soulevées par cet ouvrage sur la durabilité des aliments en aquaculture sont partagées à un niveau mondial, il importe de se demander si les réponses justes, pertinentes et durables à donner ne devraient pas être avant tout locales, construites sur un territoire, à partir de ses ressources et de ses besoins. L'échelle appropriée de ce territoire resterait à approfondir. La durabilité est alors appréhendée d'une manière globale, et la réponse proposée est locale, « glo-cale », selon la formule devenue célèbre grâce à R. Dubos : « *penser globalement agir localement* » («*Think global, act local* »), dans un rapport

## General recommendations

1) Promote a wide range of aquaculture feed raw materials that satisfy nutritional requirements of the species in production.

This diversity will provide an economically accessible feed while maintaining product quality, and being in accordance with regulations. To have a good feed, producers must have a broad and flexible access to ingredients.

It is important to avoid being too sceptical of raw materials, especially when they are not derived from the aquatic environment. For the feed production sector, the diversity of raw materials is an asset, and encourages responsiveness, dynamism, and improved resilience.

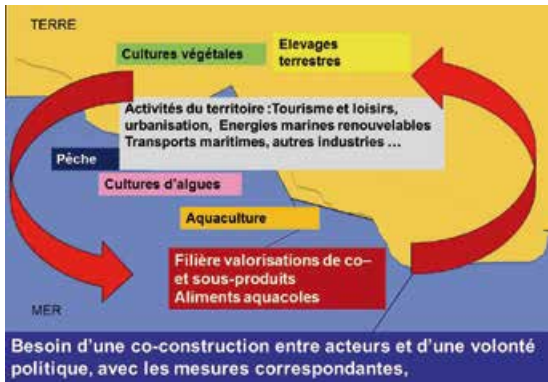
But it is also important to:

2) Develop local production and integrated approaches to the supply of raw materials for fish feed, whilst ensuring the sustainability of these raw materials on all criteria.

A 'glo-cal' approach to the sustainability of aquaculture feeds is suggested, while keeping in mind global issues.

According to local conditions and possibilities, it could also be recommended to change the model, and move towards a transition of targeting a «strong sustainability» according to C. Abel Coindoz (see Chapter: C. Abel Coindoz), where all integrated and virtuous production systems should be investigated and developed – and in particular those that encompass circular economy principles and industrial symbiosis (including aquaculture) – as components of aquaculture feeds.

In some regions territories, the relocation of land-based vegetable material production which has been neglected could be relocated and associated with agro-ecology principles (e.g. lupin, pea and fava beans). Cultivation of algae and the use of fish by-products could also be investigated as well as the use of locally produced and high quality PAPs (Figure below).



**Figure 3 :**  
Une approche territoriale de l'alimentation aquacole.



qui soulignait déjà en 1972 les enjeux environnementaux de la planète, et proposait les grands principes d'un développement durable<sup>3</sup>. Dans ce cadre, tous les éléments apportés dans cet ouvrage pour dessiner une nouvelle voie prennent leur signification, et demandent aussi une implication politique du territoire concerné.

## Recommandations générales

D'une manière générale et majeure, il s'agit de :

1) Favoriser un panel de matières premières le plus large possible à destination de l'aquaculture.

Cette diversité permettra de proposer un aliment économiquement accessible tout en maintenant la qualité des produits, et en étant en accord avec une réglementation stricte. Pour avoir une bonne ration, les formulateurs doivent disposer d'un éventail large et flexible.

Il importe de ne pas dénigrer des matières premières, même quand elles sont éloignées du domaine marin. Car, pour tout acteur de la filière, la diversité des matières premières est un atout, et permet de conserver une réactivité et un dynamisme, une meilleure résilience.

Mais il est aussi important de :

2) Développer des démarches de productions locales et intégrées, pour l'approvisionnement en matières premières pour l'alimentation aquacole, tout en garantissant la durabilité de ces matières premières sur tous les critères.

On s'inscrit dans une démarche « glo-cal », du global et du local, tout à la fois, soit une approche de la durabilité de l'alimentation aquacole par territoire, selon un jeu d'acteurs concernés, tout en gardant en tête les enjeux globaux.

Selon les territoires, et le champ des possibles, il pourrait aussi s'agir de changer de modèle, et d'aller vers une transition, pour la recherche d'une « durabilité forte » selon C. Abel-Coindoz (cf. Chapitre). Tous les systèmes intégrés, et plus vertueux sont à investiguer et à développer : en particulier l'exploration d'une économie circulaire, des symbioses industrielles qui incluent de l'aquaculture, et des productions de matières premières pouvant entrer dans la composition des aliments aquacoles.

Selon le territoire, on encouragera la relocalisation de production de matières premières végétales terrestres négligées, en pratiquant l'agro-écologie (exemple : lupin, pois, féverole), on cultivera des algues, on pourra mieux valoriser les sous-produits de la pêche, et intégrer des PAT produites localement et de qualité (Figure 3, ci-contre).

---

3 Rapport co-écrit R. Dubos, agronome, écologue et B. Ward, une économiste anglaise « *Only one earth: the care and maintenance of a small planet* » à l'occasion de la conférence internationale de Stockholm. La paternité du concept „GLO-CAL“ est cependant attribué à J. Ellul. <http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503&I=en>

3) Support research programmes that demonstrate the potential and sustainable use of various raw materials in fish feed.

In this process, there should not be negative a priori against a particular raw material. An objective view is required that provides evidence based evaluation on sensitive issues or sustainability criteria that can subsequently be communicated to consumers.

4) Adapt the regulations when required, so as to align them with technical progress on new materials.

Some raw materials show strong possibilities and regulations should facilitate their use. There is clearly a need to work between professionals and administration officials to better adapt the rules, even if a national or European context does not always facilitate procedures (see Box below).

### The administrative time

The administrative time is also linked to the European level. More work/endeavours must be in place prior to a change in European regulations. In light of past scandals, we should remain prudent. There is no opposition within the administration to change the regulations rapidly from the point of view of security. However, one must consider the security challenges for people and negotiating time at the European level. Some regulations will not be changed, as long as the key elements of health safety have not been evaluated. Therefore, the necessary administrative time will not be in line with the speed of responsiveness from fish-farmers and the private sector.

3) Appuyer les programmes de recherche qui permettent de démontrer le potentiel et l'utilisation durable de diverses matières premières en alimentation aquacole.

En matière de recherche et développement, il ne faut pas avoir d'a priori contre une matière première. Il s'agit de se donner du temps pour l'évaluer, et objectiver le résultat. Avoir plus d'éléments scientifiques sur les points sensibles ou sur les critères de durabilité est aussi nécessaire, pour permettre au producteur de communiquer face au consommateur.

4) Faire évoluer la réglementation quand cela semble nécessaire pour répondre aux progrès techniques sur de nouvelles matières, et exploiter leur potentiel.

Certaines matières premières présentent des intérêts techniques forts et la réglementation doit faciliter cette utilisation. Il apparaît clairement une nécessité de travailler entre professionnels et responsables de l'administration pour adapter au mieux la réglementation, même si par exemple un contexte national ou européen ne facilite pas les procédures (cf. Encadré ci-dessous).

### **Le temps administratif**

Le temps administratif, est lié aussi à l'échelle européenne. Plusieurs travaux doivent être mis en place avant de faire évoluer une réglementation européenne. Compte tenu des scandales passés, on reste dans un contexte de précaution. Il n'y a aucune opposition de l'administration pour faire évoluer la réglementation rapidement dans un cadre de sécurité. Cependant, il faut tenir compte des enjeux de sécurité pour les populations et le temps de négociation à l'échelle européenne. Certaines réglementations ne seront pas modifiées tant que les éléments clés de sécurité sanitaire n'auront pas été évalués. Donc, le temps administratif nécessaire ne sera pas en adéquation avec la rapidité de réaction des éleveurs et du secteur privé.

#### 5) Measure the environmental impacts of feed ingredients using Life Cycle Assessment (LCA)

To encourage the use of raw materials with a lower environmental impact, information on the environmental impacts of different raw materials should be included in feed formulation tools. The analyses given by the LCA and other tools should be detailed enough to differentiate a particular raw material according to, for example, the mode of production and its country of origin, and its eventual compliance with a certification scheme. But more parameters need to be added to consider the impacts on biodiversity, in a socio-ecosystem approach. In this context, local and social LCAs (see Chapter: J. Aubin) can become valuable future tools for a more integrated sustainability assessment.

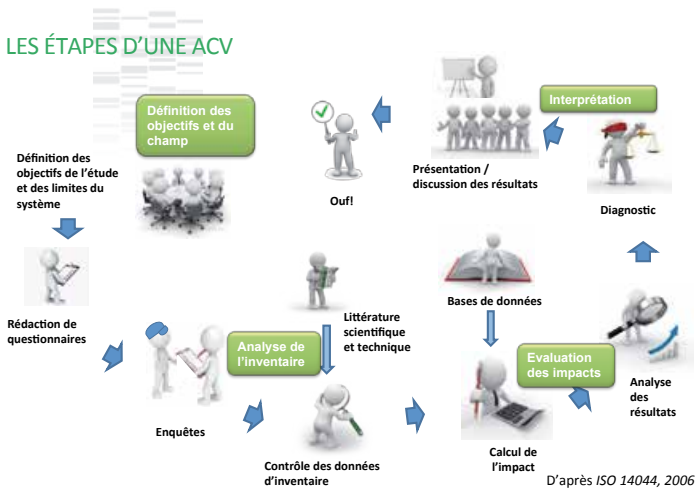
#### 6) Encourage a sustainability certification of raw materials and ingredients in aquaculture where regulatory safeguards are not sufficient, and ensure that sustainability certifications remain consistent.

This is an important point and applies to all raw materials. When a sustainability certification exists relating to the method of production of raw material, it should be encouraged.

There are several sustainability certification systems applied in the aquaculture industry, including feed (see Chapter: C. Mariojous below). These certifications take into account various aspects of the sustainability of aquaculture feed, and are aimed at different links in the chain. They need to be strengthened and harmonized so that consumers can identify sustainable aquaculture products. Furthermore, the complexity of the sourcing of raw materials in fish feed is such that the proposed certifications encounter limitations because they should address elements beyond the boundaries of aquaculture.

## 5) Mesurer les impacts environnementaux des aliments à l'aide d'Analyses de Cycle de Vie (ACV)

Afin d'encourager l'utilisation de matières premières à moindre impact environnemental, l'information sur les impacts environnementaux des différentes matières premières devrait figurer dans les outils de formulation d'aliments. Les analyses données par les ACV et autres outils doivent être suffisamment fines pour pouvoir différencier telle ou telle matière première selon, par exemple, le mode de production et son pays d'origine, et sa conformité éventuelle à un schéma de certification. Mais il faudrait ajouter d'autres paramètres objectifs qui permettent de considérer les impacts sur la biodiversité, dans une approche plus socio-écosystémique. Dans cette optique, les ACV territoriales et ACV sociales (cf. Chapitre J. Aubin) peuvent constituer de futurs outils intéressants d'évaluation plus intégrée de la durabilité.



6) Encourager la certification de la durabilité des matières premières et des aliments en aquaculture lorsque les garanties réglementaires ne sont pas suffisantes, et veiller à ce que les certifications de durabilité restent cohérentes entre elles.

Ce point est majeur et ressort sur toutes les matières premières. Quand une certification de durabilité existe sur le mode de production de la matière première existe, elle doit être promue.

Il existe plusieurs systèmes de certification de la durabilité s'appliquant à la filière aquacole, y compris aux aliments (cf. Chapitre à suivre de C. Mariojouis). Ces certifications et cahiers de charges prennent en compte divers aspects de la durabilité de l'alimentation en aquaculture, et s'adressent à divers maillons de la chaîne. Ils demandent à être renforcés, et harmonisés de manière à ce que le consommateur puisse identifier les produits d'aquaculture durable. D'autre part, la complexité de la provenance des matières premières en alimentation aquacole est telle que les certifications proposées rencontrent des limites, car elles doivent s'intéresser à des éléments dépassant l'échelle de l'aquaculture.

7) Strengthen solidarity throughout the value chain, from upstream to downstream, from manufacturers of raw materials, aquaculture feed manufacturers, aquaculture producers and to consumers.

This point is particularly important, as aquaculture sustainability is a complex matter that justifies the involvement of all, but which is not always the case.

The sustainability of aquaculture feed must be based on the most complete chain of custody possible, from the production of raw materials to the final aquaculture product.

8) Strengthen communication, to make it more relevant and adaptable.

On this topic, ideas are numerous and sometimes divergent on what could be «good» communication about how farmed fish are fed. It is not certain that «good communication» is enough to solve all the issues raised in this book regarding the acceptability of certain raw materials. Furthermore, the frequently-voiced expectations for “ideal communication” (see the following box) often occurs through better communication from the aquaculture industry and all professional actors. Communication lines should be shared by producers of raw materials, fish feed, fish, processors, marketers and retailers at the point of sale.

7) Renforcer la solidarité dans toute la filière, de l'amont à l'aval, depuis les fabricants de matières premières, en passant par les fabricants d'aliments aquacoles, les aquaculteurs, tout le secteur de l'aval et les consommateurs.

Ce point est d'autant plus important que la durabilité de l'aquaculture est une question complexe qui justifie l'implication de tous, ce qui ne semble pas toujours le cas. Matériellement, la durabilité de l'alimentation aquacole doit s'appuyer sur une chaîne de traçabilité la plus complète possible, depuis le lieu de production de la matière première jusqu'au poisson produit.

8) Renforcer les actions sur la communication, la rendre plus pertinente, et l'adapter.

Sur ce plan, les idées sont nombreuses et parfois divergentes sur ce que pourrait être une « bonne » communication à propos de la manière dont les poissons d'élevage sont nourris. Il n'est pas certain qu'une « bonne communication » suffise à résoudre tous les freins soulevés dans cet ouvrage quant à l'acceptabilité de certaines matières premières. Par ailleurs, les souhaits exprimés pour cette communication idéale (cf. Encart à suivre) procèdent souvent d'une meilleure communication de la filière aquacole, et de l'ensemble des acteurs professionnels. Les axes de communication doivent être partagés par les producteurs de matières premières, d'aliments aquacoles, de poissons, et les acteurs de la commercialisation du produit d'aquaculture (Grandes et Moyennes Surfaces – GMS –, et aussi les points de vente au détail : poissonneries, marchés... ).

## And to support Recommendation 8

### Towards a new communication?

#### Some thoughts ...

- Charge the consumer a fair price for fish that is produced in accordance with sustainability criteria. This can be a major objective of a new Communication.
- Consider the specificities of each country, especially France? As noted, some countries like France have a particular perception of the issues relating to sustainability of aquaculture feed. We must seriously consider and address risks of the negative image of the aquaculture sector, linked to the low acceptability of certain raw materials (PAPs, derived from GM plants...).
- Promoting aquaculture products in Europe and in France? Communication on aquaculture feed is inseparable from communication on aquaculture production. The approach must be comprehensive, not just focusing on feed or farmed fish. The feed issue is an example of the complexity of the debate and the formulation of messages.
- Focus on the nutritional quality of aquaculture products. Maintaining the nutritional quality of fish is a major challenge for sustainable aquaculture feed.
- Focus on education and transparency: The question « Who eats farmed fish? » must still be answered. Communicating on aquaculture feed is not simple. There is a need to explain the complexity of the issue with some examples, while being wary of over simplified answers.
- Have more solidarity within the industry: We must strengthen common messages and support all stakeholders in the sector. It is necessary to develop common key messages and have a greater synergy between actors. We must put forward a positive communication without it being to the detriment of other players and other products. We recommend also to improve links and contacts with civil society, environmental organizations and consumer associations. In this respect, the French aquaculture sector has been committed since 2012 to common ideas and notably the development, with other stakeholders, of a unique feed technical specification within the «Quality Charter - Aquaculture of our Régions®» and reflections on the sustainability of feed raw materials, done in parallel within this initiative and its conclusions.





## Et pour étayer la recommandation 8 :

### Vers une nouvelle communication ?

#### Quelques pistes de réflexion...

- Faire accepter au consommateur de payer son poisson le juste prix pour qu'il soit produit dans le respect des critères de durabilité. Cela peut constituer un des objectifs majeurs d'une nouvelle communication.
- Tenir compte des spécificités de chaque pays, en particulier de la France ? Comme il a été souligné, certains pays comme la France ont une perception particulière des enjeux de la durabilité des aliments aquacoles. Il faut prendre en compte et traiter sérieusement les risques d'image négative pour le secteur aquacole, liés à la faible acceptabilité de certaines matières premières (PAT, issues de plantes OGM,...).
- Promouvoir les produits d'aquaculture au niveau européen et en France ? La communication sur l'alimentation aquacole est indissociable de la communication sur la production aquacole. L'approche doit être globale, et non pas juste centrée sur l'aliment, ou le poisson élevé. L'aliment est un exemple de la complexité du débat, et des messages à faire passer.
- Insister sur la qualité des produits aquacoles sur un plan nutritionnel.

Maintenir la qualité nutritionnelle des poissons est un enjeu fort d'une alimentation durable en aquaculture.

- Mettre l'accent sur la pédagogie et la transparence : Il faut pouvoir répondre la question : « *que mange le poisson d'élevage ?* » Communiquer sur l'alimentation en aquaculture n'est pas simple. Il faudra pouvoir expliquer la complexité de l'enjeu, la nécessité de se méfier des réponses trop simples en montrant quelques exemples.
- Avoir aussi plus de solidarité dans la filière : Il faut renforcer des messages communs et soutenus par tous les acteurs de la filière. Il est nécessaire de développer des messages clés communs, et d'avoir une plus grande synergie entre acteurs. Il faut mettre en avant une communication positive sans qu'elle se fasse au détriment des autres acteurs et des autres produits. Il s'agit aussi d'améliorer les liens et les contacts avec les acteurs de la société civile : associations environnementales et associations de consommateurs. A ce titre, la filière française s'est engagée depuis 2012 sur des réflexions communes : élaboration, avec les autres parties prenantes, du volet aliment du cahier des charges unique de production « Charte Qualité – Aquaculture de nos Régions® », réflexions sur la durabilité des matières premières dans l'aliment, en parallèle d'une participation à l'élaboration du présent ouvrage et participation.

## Chapitre complémentaire : Prise en compte de l'alimentation dans les programmes de certification relatifs à une aquaculture durable ou responsable

Par Catherine Mariojous, AgroParisTech<sup>4</sup>

### Introduction

A l'échelle mondiale, les programmes de certification des produits de la pêche et de l'aquaculture se sont considérablement développés dans les deux dernières décennies, soit en utilisant des dispositifs existant en agro-alimentaire, soit, et très largement, en inventant des dispositifs propres. Les objectifs sont à la fois d'apporter une garantie sur le respect d'un cahier des charges relatif à la production (parfois étendu à l'amont – aliment – ou à l'aval – transformation, distribution –), d'améliorer la valorisation des produits, et de segmenter les marchés.

En aquaculture, les programmes de certification (ou « démarches-qualité », « quality schemes », « labels ») ont des objectifs et des cadres très divers : certification de l'origine (exemples : Signes d'Identification de l'Origine – Appellation d'Origine Protégée -AOP-, Indication Géographique Protégée -IGP- suivant la réglementation de l'UE), certification d'une qualité particulière (exemples : « Label Rouge » français pour la qualité supérieure, Spécialité Traditionnelle Garantie -STG- pour une technique de production spécifique ou une recette traditionnelle conférant une qualité particulière à un produit, « Irish Quality Schemes » pour plusieurs espèces aquacoles), certification d'une aquaculture durable ou responsable (Aquaculture Stewardship Council -ASC-, Global Aquaculture Alliance -GAA- Best Aquaculture Practices, Friend of the Sea -FoS-), certification d'une aquaculture biologique (standards émis par les pouvoirs publics, comme le standard de l'UE, ou standards émis par des organisations privées comme Krav, Debio, Naturland, etc), certification d'un cahier des charges apportant des garanties au plan sanitaire et sur d'autres critères (cahiers des charges de groupes de la grande distribution comme Global-GAP, International Feature Standard -IFS-, British Retail Consortium -BRC-), certification d'un standard national par les pouvoirs publics ou par des organisations professionnelles (« Charte Qualité - Aquaculture de nos Régions® » du CIPA, Thai Quality Shrimp,...). Les cahiers des charges peuvent associer divers objectifs, et la mise en catégorie par objectif n'est pas évidente.

*Une autre typologie peut être faite selon le type d'organisme initiateur du programme :* le secteur professionnel aquacole (exemples : FEAP, CIPA, APROMAR,...), les pouvoirs publics (exemple : UE -aquaculture biologique-), les distributeurs (individuellement ou en groupement, exemple GlobalGAP), les O.N.G (exemple : WWF).

---

<sup>4</sup> Catherine Mariojous, AgroParisTech, 16 rue Claude Bernard, 75231 Paris cedex 05, France.

La certification est définie par l'ISO<sup>5</sup> comme une « assurance écrite (sous la forme d'un certificat) donnée par une tierce partie qu'un produit, service ou système est conforme à des exigences spécifiques. » En matière de contrôle du respect d'un cahier des charges, la certification suite à un audit par une tierce partie indépendante, organisme certificateur accrédité, apporte la garantie la plus élevée. Mais il faut remarquer qu'on trouvera également en aquaculture, comme dans bien d'autres secteurs, des audits par « première partie » donc un autocontrôle d'un propre cahier des charges élaboré par une entreprise ou un groupe d'entreprises, et des audits par « seconde partie » d'un cahier des charges préparé par un client ou une ONG, par leurs contrôleurs (Washington et Ababouch, 2011) ; les programmes reposant sur des audits par première ou deuxième parties sont aussi inclus dans les rapports sur les « labels et certifications », alors qu'ils n'en sont pas au sens strict du terme. Difficulté supplémentaire dans ce domaine encore nouveau et mouvant : un manque de stabilisation du vocabulaire et des traductions -notamment entre français et anglais-, qui est source d'erreurs ou d'incompréhensions et s'ajoute à la complexité de l'univers de l'assurance qualité. Pour la suite de cet écrit, le mot « label » sera considéré comme « l'expression de la certification sur l'emballage du produit ».

Cet ensemble est difficile à appréhender en raison de son caractère foisonnant et très évolutif. Pour plus d'informations, le lecteur intéressé pourra se reporter à la bibliographie, notamment aux rapports issus d'organismes internationaux (FAO, GlobeFish, UICN... ). Du point de vue des producteurs, et en particulier dans l'optique du développement de l'aquaculture dans les Pays En Développement (PED), les rapports soulignent la difficulté de l'accès à ces programmes de certification dans le cas de cahiers des charges très exigeants ou en raison du coût des audits et contrôles, à la charge des producteurs. La complexité des dispositifs écarte de fait l'accès de petits producteurs, notamment en PED, sauf par le biais de groupements de petits producteurs, quand cette organisation est acceptée par le programme de certification. C'est aussi le cas en Europe où les professionnels ne peuvent que faire le constat d'une surenchère des certifications qui leur sont demandées, en sus d'une réglementation déjà très complète. Les freins dus aux coûts et à la complexité des dispositifs sont ressentis particulièrement dans les petites entreprises, que ce soit en PED ou dans l'EU.

---

5 ISO : International Standard Organization

Les analyses de cet ensemble soulignent aussi la très grande diversité des programmes de certification et la difficulté de les comparer, comportant un risque de confusion pour le consommateur final. De façon intéressante, des initiatives sont en cours pour proposer un cadre de comparaison, comme celle de la Global Seafood Sustainability Initiative (GSSI) signalée par Globefish (2015).

### Certification d'une aquaculture durable ?

Le champ des certifications à prendre en compte dans ce chapitre n'a rien d'évident, pour les raisons soulignées précédemment. De plus, en matière de durabilité, ce critère peut apparaître de façon secondaire dans un programme qui ne le visait pas explicitement, par exemple c'est le cas aujourd'hui pour des Label Rouge saumon.

La présente revue se concentre sur les quatre programmes de certification à portée internationale, visant explicitement une aquaculture durable ou responsable : BAP - GAA, GlobalGAP, FoS et ASC. L'analyse porte sur la manière dont la durabilité de l'aliment est prise en compte dans ces quatre programmes majeurs, ainsi donne un bref aperçu pour les cahiers des charges d'une aquaculture biologique et du Label Rouge.

### Aquaculture Biologique, Label Rouge et Alimentation

Dans l'UE, l'aquaculture biologique<sup>6</sup> spécifie qu'en matière d'alimentation, celle-ci doit couvrir les besoins nutritionnels selon chaque espèce aquacole et selon ses stades de développement. Les matières premières marines doivent provenir de co-produits de la pêche issue de l'exploitation *durable* de stocks halieutiques<sup>7</sup> ou bien de poissons issus de pêches minotières certifiées durables. Les autres matières premières doivent être issues de l'agriculture biologique ou être des produits non-agricoles naturels autorisés (mentionnés dans une liste positive). Les acides aminés de synthèse sont interdits. Des règlements ultérieurs précisent certains points, en introduisant des ajustements à des besoins d'espèces ou groupes<sup>8</sup>.

Mais, cette brève revue indique bien l'esprit de la prise en compte de l'alimentation dans la définition de l'aquaculture biologique en UE. Elle illustre également l'existence d'évolutions périodiques de ce cadre. L'aquaculture biologique («organic aquaculture») à l'échelle internationale représente un ensemble très diversifié de programmes privés et publics, dont l'analyse est aujourd'hui en cours dans le programme européen ORAQUA (<http://www.OrAqua.eu/>).

---

6 Règlement (CE) no 834/2007 qui fixe des exigences de base applicables à la production biologique d'algues marines et d'animaux d'aquaculture.

7 Telle que définie à l'Article 3 du Règlement du Conseil (CE) n° 2371/2002 du 20 Décembre 2002.

8 Le règlement (CE) no 889/2008 de la Commission du 5 septembre 2008 définit les modalités d'application du règlement (CE) no 834/2007 du Conseil relatif à la production biologique et à l'étiquetage des produits biologiques, et s'applique en partie à l'aquaculture. Le Règlement d'exécution (UE) no 1358/2014 de la Commission du 18 décembre 2014.

Autre certification importante pour l'aquaculture en France, le Label Rouge mérite une mention. Il fait partie du dispositif officiel français des Signes d'Identification de la Qualité et de l'Origine, géré par l'INAO<sup>9</sup>. Ce dispositif allie une certification par tierce partie (par un organisme certificateur accrédité) et une garantie par un dispositif public. Le Label Rouge est basé sur un cahier des charges, élaboré par un Organisme de Défense et de Gestion (ODG) rassemblant plusieurs opérateurs de différents maillons de la filière (dimension collective) définissant les conditions de production pour un produit de qualité supérieure, dans son marché. Il ne s'agit donc pas a priori d'une garantie sur la durabilité. Cependant, on constate que certains Label Rouge en aquaculture, comme ceux concernant le saumon, mentionnent un objectif de durabilité sur leurs sites internet présentant les points essentiels des cahiers des charges (non accessibles en version complète). Pour le saumon écossais Label Rouge N° LA 33/90, il est mentionné que les producteurs sont engagés dans une démarche de durabilité et de préservation de l'environnement. Le cahier des charges précise que l'alimentation est composée exclusivement de produits d'origine marine, d'ingrédients végétaux, de vitamines, de minéraux et de caroténoïdes. Pour le saumon Atlantique Label Rouge n° LA 31/05, il est souligné que l'élevage est fait dans une « ferme marine sélectionnée et respectueuse de l'environnement », et le cahier des charges stipule que l'alimentation ne contient ni produits d'animaux terrestres ni OGM (dans la limite maximale de contamination fortuite de 0,9%).

### **Présentation de quatre programmes de certification d'une aquaculture durable ou responsable, à dimension internationale**

Créés depuis 2000, voire très récemment, ces programmes sont basés sur une certification par tierce partie, et diffèrent par plusieurs aspects (voir Tableau 1, page suivante). BAP/GAA et ASC visent explicitement une aquaculture responsable, FoS une aquaculture durable, et GlobalGAP un ensemble d'objectifs qui incluent environnement et social, deux des composantes de la durabilité.

On peut souligner que ces programmes de certification ont des genèses différentes :

- GAA BAP est un programme lancé en 2000 par GAA (organisation à but non lucratif, ou ONG) rassemblant des acteurs du secteur aquacole (scientifiques, techniciens, producteurs),
- GlobalGAP a été créé par un consortium des distributeurs européens (GlobalGAP, anciennement EurepGAP) pour l'ensemble de l'agriculture et comprend depuis 2004 une application à l'aquaculture,
- FoS est une ONG qui a développé un programme de certification de la pêche durable, puis, en 2006, un pour l'aquaculture durable,
- ASC est une organisation à but non lucratif ou ONG, créée en 2010 par WWF et IDH (Dutch Sustainable Trade Initiative) pour gérer les référentiels issus des Aquaculture Dialogues multi-acteurs lancés par WWF.

---

9 INAO: Institut National de la Qualité et de l'Origine

**Tableau 1 :**

Caractéristiques principales des quatre programmes de certification de l'aquaculture durable ou responsable, à dimension internationale.

	<b>Création et type</b>	<b>Objectifs</b>	<b>Référentiels pour élevage et autres activités</b>	<b>Importance économique (fin 14)</b>
<b>BAP/GAA</b>	(1997) 2000  BtoC	Aquaculture <u>responsable</u> (environnement, social)	Multi-espèces Crustacés et Poissons (dont spécificités pour crevette et tilapia) Saumon Moules + Aliment + Transformation	701 unités certifiées : 32 écloseseries, 371 fermes (fin 2013 : 352 ; 751 Kt) 271 transformateurs ; 1,43 Mt, 27 usines d'aliments
<b>Global G.A.P.</b>	(1997) 2004  BtoB	Qualité sanitaire, traçabilité, environnement, bien-être animal, social	Multi-espèces + Aliment	2 Mt, 20 pays (aout 2012)
<b>FoS</b>	2006  BtoC	Aquaculture <u>durable</u> (environnement, social)	Pisci. à terre : esp. d'eau douce Pisci. à terre : esp. marines Crevettes Moules + Aliment	Fermes # 100
<b>ASC</b>	2010  BtoC	Aquaculture <u>responsable</u> (environnement, social)	tilapia, pangasius, bivalves, ormeau, saumon, truite, crevette + Chain of Custody (CoC) pour transformateurs et distributeurs	Fermes : 123 ; # 440 Kt CoC : 445 opérateurs Marché : 1752 produits (40 pays)

Le mode opératoire de ces certifications est aussi différent : ASC, BAP/GAA et FoS sont des certifications de type B to C<sup>10</sup> avec logo visible par le consommateur, alors que GlobalGAP est de type B to B<sup>11</sup>, non visible par le consommateur. Elles fonctionnent sur des référentiels propres, élaborés soit par espèces, soit de façon générique pour un ensemble d'espèces ou toutes les espèces, référentiels évolutifs en contenu et en structuration (exemple : ASC a lancé en décembre 2014 un projet pour créer, à la place des 8 référentiels existants, un référentiel commun).

Ces certifications ont des importances économiques différentes, mais on remarque un très fort développement actuellement du nombre de fermes et de produits couverts, notamment pour ASC et BAP/GAA ; on assiste donc aujourd'hui à une compétition forte pour trouver des fermes à certifier, à l'échelle internationale (Tableau 1).

10 B to C : Business to Consumer

11 B to B : Business to Business

Il est également intéressant de souligner que ces démarches sont très évolutives, et tendent à s'harmoniser depuis 2013, par la signature d'accords successifs de collaboration et d'échanges<sup>12</sup>. En matière d'aliment en aquaculture, le lancement par ASC au 2<sup>ème</sup> trimestre 2013 et jusqu'à fin 2015 d'une réflexion globale sur l'alimentation durable en aquaculture (« ASC Responsible Feed Project »), avec un comité de pilotage multi-organismes, et 5 groupes techniques de travail auxquels participent GAA et GlobalGAP, mérite d'être suivi avec attention.

### **Prise en compte de l'alimentation dans les référentiels des 4 programmes de certification d'une aquaculture durable ou responsable**

L'analyse des référentiels des quatre programmes de certification fait apparaître une convergence dans les objectifs : approvisionnements traçables et responsables/durables en matières premières, réduction de l'usage des matières premières marines de type farines et huiles de poissons issus de pêches minotières.

Les éléments essentiels disponibles sur l'alimentation sont synthétisés dans le Tableau 2 (page suivante).

En matière de fabrication d'aliments et de traçabilité sur les matières premières, ces organismes s'appuient largement sur des programmes de certification supplémentaires : programmes spécifiques pour BAP/GAA et GlobalGAP (CFM : Compound Feed Manufacturers) ; et pour FoS, un programme propre de certification d'aliments ou un programme de certification IFFO RS<sup>13</sup>.

Pour les farines et huiles de poissons, l'ASC exclut l'usage de poissons ou sous-produits issus d'espèces figurant sur la liste rouge de l'IUCN<sup>14</sup> ou issues de pêcheries illégales, non déclarées et non régulées (IUU)<sup>15</sup> et impose, dans un délai de cinq ans après la publication du standard ASC concerné, que les matières premières d'origine marine soient issues de sources certifiées selon un standard membre de l'Alliance ISEAL<sup>16</sup> (exemple MSC). Avant d'avoir atteint cet objectif, les approvisionnements en matières premières marines doivent respecter des conditions sur des indicateurs de durabilité (FishSource scores)<sup>17</sup>.

Pour les matières premières végétales, l'ASC requiert, pour le soja, la certification par RTRS (RoundTable on Responsible Soy) et pour l'huile de palme, la certification

---

12 23 avril 2013 : signature d'un Memorandum of Understanding (MoU) entre ASC, GAA, et GlobalGAP ; dès le 15 avril 2015, création d'une liste commune de critères pour l'audit d'entreprises, à laquelle s'ajouteront des critères spécifiques par un organisme ; 7 mai 2014 : accord entre GlobalGAP et FoS, donnant à GlobalGAP une dimension B to C.

13 IFFO RS: Global Standard and Certification Programme for the Responsible Supply of Fish Meal and Fish Oil

14 [http://www.uicn.fr/IMG/pdf/UICN\\_2012\\_Categories\\_et\\_criteres\\_Liste\\_rouge.pdf](http://www.uicn.fr/IMG/pdf/UICN_2012_Categories_et_criteres_Liste_rouge.pdf)

15 IUU : illegal, unreported and unregulated fishing

16 ISEAL : International Social and Environmental Accreditation and Labelling Alliance

17 FishSource Score: ratio de 1 à 10 caractérisant la durabilité d'une pêcherie – voir <https://www.fishsource.com/>

**Tableau 2 :**

Alimentation dans les programmes de certification de l'aquaculture durable ou responsable : analyse des points des référentiels disponibles sur internet.

	BAP/GAA	GlobalGAP	FoS	ASC
<b>Programme de certification du fabricant d'aliment, ou de l'aliment</b>	Certifié selon référentiel BAP pour l'usine d'aliment, ou équivalent	Certification CF.M <sup>3</sup> de GlobalGAP	- Aliment certifié par FoS, si disponible pour espèce élevée. - Ou fabricant d'aliment certifié IFFO RS <sup>4</sup>	Sourcing responsable des MP respectant moratoires internationaux et réglementations
<b>Toutes MP</b>	- Referentiel BAP ou documents prouvant sourcing responsable - Liste des MP >10% obtenue auprès du fournisseur	- Documents prouvant durabilité, traçabilité, transparence		Traçabilité et transparence des matières premières Sourcing responsable des matières premières
<b>Matières premières d'origine marine</b>	- Liste des MP >1% - Durabilité environnementale des pêches minotières - Au 1er Juin 2015, > 50% FHP issues de pêcheries certifiées ou de co-produits de pêcheries certifiées.	- Exclusion espèces Liste rouge IUCN et IUU	- Chutes de filetage - Anchois et maquereau Pacifique (Pérou) - Menhaden (USA) - Sardines et maquereaux (Maroc)	- Traçabilité par espèce et origine, exclusion des espèces de la Liste Rouge UICN - FHP issues de pêches certifiées selon programme accrédité ISEAL (exp MSC) : 10% à 3 ans, 100% à 5 ans Avant 5 ans : limites de FishSource score
<b>MP OGM</b>	Système de vérification de la présence de composés OGM >0,9% dans aliment fini		- Dans FishFeed 2009-3 : l'usage des OGM est interdit (limite 0,9% PCR) - Décembre 2014 : mention absente	Règlement sur l'étiquetage de produits alimentaires contenant plus de 0,9% de matériel OGM
<b>Soja</b>				Certifié RTRS <sup>5</sup> (100% à 5 ans)
<b>Huile de palme</b>				certifiée RSPO <sup>6</sup> ?
<b>Suivis et indicateurs</b>	Aliments consommés, tonnages produits Food Conversion Rate (FCR), Fish In/Fish Out Ratio (FIFO)		FCR	Fishmeal Forage Fish Dependency Ratio (FFDRm) ≤1.5 Fish Oil Forage Fish Dependency Ratio (FFDRo) ≤2.95 OU EPA+DHA ≤ 9% FCR

CFM = compound feed manufacturing ; IFFO RS : Global Standard and Certification Programme for the Responsible Supply of Fishmeal and Fish Oil ; RTRS : Roundtable on Responsible Soy ; RTSP0 : Roundtable for Sustainable Palm Oil.



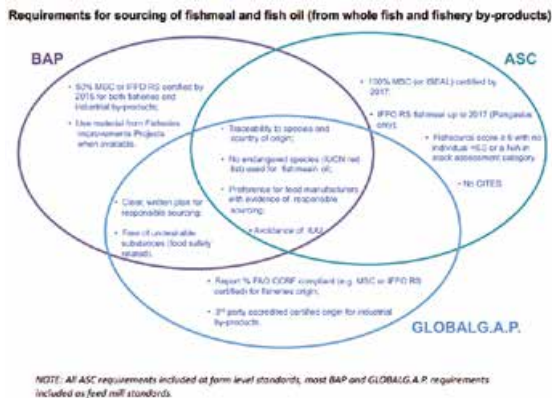
RSPO (Roundtable for Sustainable Palm Oil) (cf. Encarts Soja et Huile de palme Rival et Levang).

En ce qui concerne l'usage de matières premières potentiellement OGM, il n'y a pas d'exclusion annoncée (excepté pour FoS dans un document de 2009). On a remarqué chez ASC une obligation de déclaration de présence de matières premières OGM à une concentration supérieure à 0,9 %, et chez GlobalGAP une nécessaire vérification de la présence de matériaux OGM à une concentration supérieure à 1% dans l'aliment final.

En termes de pratiques d'alimentation, l'efficacité alimentaire est recherchée par tous, à la fois pour l'épargne des matières premières et la diminution de l'impact environnemental. Cela concerne en particulier les farines et huiles de poisson. Ainsi, les fermes sont tenues de faire des suivis des quantités d'aliments utilisés, et de calculer des indicateurs relatifs à l'usage des farines et huiles de poisson ou à l'efficacité alimentaire (Tableau 2).

### Discussion et perspectives

L'analyse des référentiels accessibles fait apparaître la diversité des moyens employés par plusieurs organisations, pour des objectifs affichés similaires, mais ne permet pas de l'appréhender totalement. L'ouverture depuis 2013 d'une collaboration entre GlobalGAP, ASC et BAP/GAA en vue d'une mise en commun partielle sur la phase d'audit, apporte des précisions pour cette comparaison. Le schéma (Figure 4) de l'état des lieux initial des critères de choix des farines et huiles de poisson, pour les trois organismes, montre une part commune limitée (traçabilité, absence d'espèces en danger de la liste rouge IUCN, et préférence de fournisseurs ayant un approvisionnement responsable), et fait apparaître des différences importantes, ASC ayant la plus forte exigence.



**Figure 4 :**

Exigences sur les approvisionnements en farines et huiles de poissons pour BAP/GAA, ASC et GlobalGAP – Source : Anon., 2013.

On constate que farines et huiles de poisson sont les seuls ingrédients pour lesquels a été menée une réflexion sur la durabilité. Inversement, il faut s'interroger sur la façon dont les matières premières autres que les farines et huiles de poisson, utilisées de façon croissante dans l'alimentation piscicole, vont être évaluées du point de vue de leur durabilité. Au-delà de la nécessité d'approvisionnement responsable/durable, les matières premières végétales ne sont prises en compte spécifiquement que par ASC, qui, pour le soja et l'huile de palme, a recours à des dispositifs de certification existants dans ces filières importantes. Ce mouvement pourrait se développer, y compris pour d'autres matières premières dans la mesure où des certifications de durabilité existent, ce qui est loin d'être le cas pour toutes.

## Conclusion

La montée en puissance des programmes de certification de l'aquaculture durable représente un phénomène important. Pour l'alimentation, les critères pris en compte dans les certifications ont porté dans un premier temps essentiellement sur la durabilité des pêches minotières, mais l'entrée de nouvelles matières premières, notamment végétales, dans les aliments piscicoles élargit considérablement l'éventail des filières dont la durabilité doit être évaluée, avec recours à des certifications propres par matière première, quand elles existent. Il se dessine ainsi un réseau de certifications prises en compte dans les certifications de l'alimentation aquacole durable, amenant l'aquaculture dans un univers beaucoup plus large, celui de l'alimentation animale et des filières l'approvisionnant, où elle n'a qu'un poids mineur jusqu'à aujourd'hui.

Au travers de ce chapitre sur les programmes de certification, il se profile une question éminemment difficile: où sont les pôles de décision pour les conditions de la production aquacole, et la définition de sa durabilité ?

Outre le cadre réglementaire, il apparaît que les programmes de certification créent un cadre supplémentaire, qu'il soit dû à une adhésion volontaire de l'aquaculteur, ou résultant d'une exigence de son client. A l'échelle internationale, la situation actuelle d'un poids très important de programmes de certification privés, issus d'organisations occidentales, est abondamment critiquée, en particulier pour deux raisons (Bush *et al.*, 2013) :

- même si elle est une réponse à une faible implication des pouvoirs publics dans la définition et la réglementation d'une aquaculture durable, aujourd'hui il y a un déséquilibre de pouvoirs entre secteurs privé et public sur la définition de la durabilité,
- pour les pays du Sud, il y a une forme d'ingérence, et un risque d'abus de pouvoir, de la part des pays du Nord, grands importateurs de produits aquatiques.

De plus, le développement des certifications en aquaculture amène le secteur vers une situation déjà connue sur les filières agricoles, d'un encadrement croissant de l'acte de production par des dispositifs extérieurs. En particulier, on voit comment l'alimentation pour une aquaculture durable, du fait de l'utilisation croissante de nouvelles matières premières, sera dépendante de certifications pré-établies pour ces ingrédients.

En France et en Europe, il serait opportun de discuter comment les actions entreprises depuis de nombreuses années sur la durabilité de l'aquaculture, par le secteur professionnel (Code de Conduite de la FEAP, programme IDEAqua® de la filière piscicole française) et la recherche (programmes EVAD<sup>18</sup>, PiscEnLIT<sup>19</sup>, etc) peuvent contribuer à un autre schéma de gouvernance, y compris avec les pouvoirs publics. Cependant les risques de déséquilibre entre secteur de production et autres acteurs sont bien présents aussi en Europe, dans des filières largement internationalisées.

## Références

- Anon., 2013. *Joint statement on requirements for the responsible sourcing of fishmeal and fish oil issued by ASC, GAA and GLOBALG.A.P.* <http://www.asc-aqua.org/index.cf.m?act=update.detail&uid=176&lng=1>,
- Bush, S.R., Belton, B., Hall, D., Vandergeest, P., Murray, F.J., Ponte, S., Oosterveer, P., Islam, M.S., Mol, A.P., Hatanaka, M., Kruijssen, F., Ha, T.T.T., Little, D.C. & R. Kusumawati, 2013. Certify sustainable aquaculture? *Science*, (341), 1067-1068, 6 Sept. 2013.
- FAO, 2011. *Directives techniques relatives à la certification en aquaculture*. 122 pp.
- Washington, S. & L. Ababouch, 2011. Private standards and certification in fisheries and aquaculture – Current practice and emerging issues. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, n°553, 203 pp.
- <http://www.asc-aqua.org/index.cf.m?lng=1>
- <http://bap.gaalliance.org/>
- [http://www.globalgap.org/uk\\_en/for-producers/aquaculture/](http://www.globalgap.org/uk_en/for-producers/aquaculture/)
- <http://www.friendofthesea.org/FR/>
- <http://www.saumonecossais.com/fr/saumon-ecossais-label-rouge/une-qualite-exceptionnelle>
- <http://www.paq.fr/galerie/filiere-mer-aquaculture/saumon-atlantique/>
- <http://www.bim.ie/our-services/grow-your-business/farmedfishqualitylabelling/>
- <http://www.globefish.org/homepage.html>

---

18 [http://www6.inra.fr/coordination\\_piscicole/Groupes-de-travail/Systeme-d-elevage/EVAD/Guide-EVAD](http://www6.inra.fr/coordination_piscicole/Groupes-de-travail/Systeme-d-elevage/EVAD/Guide-EVAD)

19 <https://www.piscenlit.org/Publications/Guide/Guide-de-mise-en-aeuvre-de-l-intensification-ecologique-pour-les-systemes-aquacoles>



# ANNEXES

## **ANNEXE I : RÉSUMÉ ET RÉSULTATS DE L'ATELIER DE BEG MEIL (JUIN 2014)**

### **Déroulé et méthodologie**

La liste des participants est indiquée à la fin de cette annexe ainsi que le déroulé détaillé.

Après une première journée en plénière consacrée à écouter les experts présenter les enjeux principaux sur la nutrition et l'alimentation des poissons d'aquaculture, les enjeux spécifiques pour chaque groupe de matières premières, les participants ont été invités à travailler en groupe (construits de manière aléatoire), pour réfléchir sur la durabilité des principales matières premières (cf. Tableau en Annexe II), à partir des 3 piliers du développement durable : durabilité technico-économique, durabilité sociétale, et durabilité environnementale.

Chacun de ces piliers de la durabilité était étayé par 4 questions précises. Une grille de notation de -10 à + 10 était proposée aux groupes, pour noter de manière consensuelle la matière première concernée, quant à la question posée sur la durabilité, tout en justifiant la réponse, et en notant les tendances, le zéro indiquant une position neutre. Les résultats bruts de ces évaluations de Beg Meil sont représentés en tableau graphiquement sur les principales matières premières.

Les participants de Beg Meil, réunis par collège professionnel ont ensuite réfléchi à des recommandations spécifiques pour chaque groupe de matières premières. L'ensemble des discussions de Beg Meil a fait l'objet d'un rapport détaillé, rédigé par D. de Monbrison, mandaté par l'UICN.

## RESULTATS DE L'ATELIER DE BEG MEIL

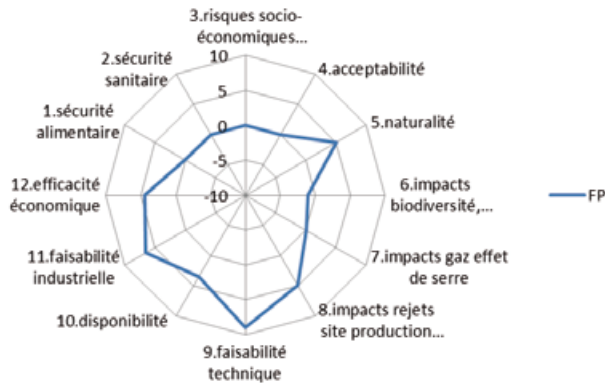
### Matières premières animales d'origine aquatique (Figure 1)

La réflexion menée par les participants de la réunion de Beg Meil (2014) et en utilisant une grille de lecture proposée par les organisateurs (UICN), a abouti aux observations suivantes :

La durabilité des farines et huiles de poisson issues de la pêche minotière peut alors être considérée comme acceptable (zéro), sur les critères sociétaux et relatifs aux impacts gaz à effet de serre (critères 1 à 4, 7). L'impact sur la biodiversité sur le lieu d'origine est jugé négativement (critère 6), alors que la naturalité est bonne (note 5). L'impact sur le lieu de production est estimé comme faible (en raison de la très bonne digestibilité (note 5). En contraste, les notes des critères relatifs à la durabilité économique (critères 9 à 12) sont bonnes à très bonnes (>5), à l'exception de la disponibilité.

### Matières premières végétales terrestres (Figure 2)

Une partie de ces éléments d'appréciation de la durabilité se retrouvent illustrés dans la Figure suivante tirée de l'atelier de Beg Meil sur le soja (non certifié), le gluten de blé et une plante protéagineuse (sans préciser une espèce).



**Figure 1 :**

Evaluation de la durabilité de la farine de poisson issue de la pêche minotière (Beg Meil 2014).

Légende : FP = Farine de poisson (pêche minotière), 3.risques socio-économiques sur le pays d'origine, 6.impacts sur la biodiversité sur le lieu d'origine, 8.impacts rejets sur le site de production aquacole.

Sur les critères d'acceptabilité sociétale (n°1 à 4), les résultats sont neutres à plutôt bons sur le gluten de blé et les protéagineux. Le manque de connaissance de l'assistance sur ces produits peut expliquer aussi ces réponses. Sans surprise, la naturalité de toutes ces matières premières est jugée négativement (-5). Sur un plan technico-économique, et sécurité, le soja est mieux noté (notes >5) que les 2 autres. En revanche, il est noté très sévèrement pour les critères d'acceptabilité (n° 4) et d'impact socio-écosystèmes sur le pays d'origine (critères 4 et 6, notes -10 et -5).

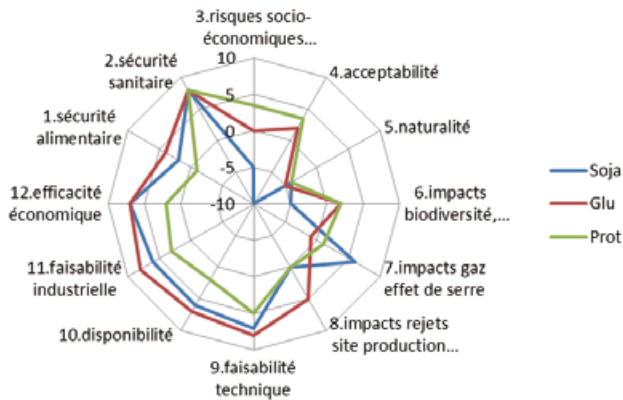
**Matières premières animales d'origine terrestre (Figure 3)**

Sans surprise, au niveau de l'atelier de Beg Meil, l'acceptabilité des PAT est mauvaise en France : Annexe, Figure, Evaluation de Beg Meil, note de -8. Pour les autres critères liés au risque sanitaire, la nouvelle réglementation est rassurante. De ce fait, les résultats de Beg Meil (2014) indiquent une note neutre (zéro) d'appréciation des critères 1 et 2 de sécurité alimentaire et sanitaire.

En matière de naturalité, la perception exprimée lors des travaux de Beg Meil reste négative, illustrée par la note de -4.

L'évaluation de la durabilité sur un plan environnemental des PAT fait l'objet d'un débat selon les critères considérés.

Les PAT fournissent des protéines digestibles, de bonne qualité nutritionnelle (B. Point *et al.* Chapitre PAT). Pour le critère 8, une note positive de 5 a donc été affectée.



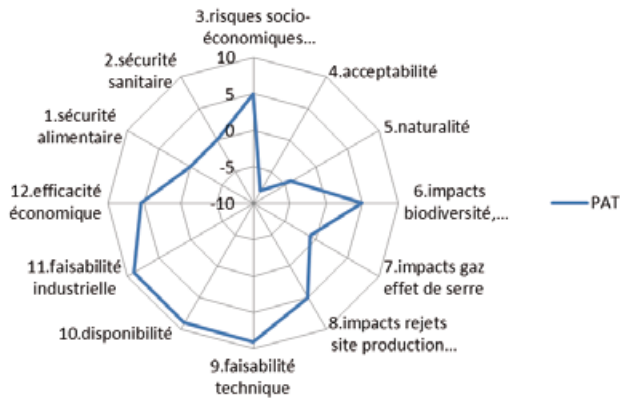
**Figure 2 :** Evaluation de la durabilité perçue du soja, du gluten de blé et des plantes protéagineuses (Beg Meil 2014).

Légende : Glu = Gluten de blé, Prot= plante protéagineuse, 3.risques socio-économiques sur le pays d'origine, 6. impacts sur la biodiversité sur le lieu d'origine, 8. impacts rejets sur le site de production aquacole.

Pour les autres critères d'évaluation de la durabilité environnementale, un consensus est difficile à atteindre.

Ces matières premières existent, et sont valorisables en alimentation aquacole selon le principe de recyclage et de valorisation de sous-produits, dans une logique d'économie circulaire qui répond à un objectif de réduction des émissions carbone et de rejets toxiques. On peut aussi souligner que la destruction des farines animales pour répondre à leur bannissement de l'alimentation animale au moment de la crise de la vache folle a été impactante sur l'environnement, leur incinération produisant des dioxines, et autres composés très toxiques.

Si les PAT sont valorisées en alimentation aquacole, le coût environnemental de la production des porcs ou volailles (quel que soit leur mode de production), est pris déjà en compte par la consommation humaine, donc, l'impact spécifique de l'action d'utiliser les PAT en alimentation aquacole sur la biodiversité sur le lieu d'origine de la PAT pourrait être considéré comme neutre voire faible, (d'où une note de 5 sur le critère 6, Figure) même si la matière première provient d'élevages industriels porcins et avicoles. Il en est de même pour le coût carbone, émission de gaz à effet de serre, intégré dans la production de porcs et volailles pour l'homme, pouvant résulter dans la note proche de zéro dans les travaux de Beg Meil (Figure, critère 7). Mais les PAT devraient-elles ainsi être jugées plus favorablement sur un plan environnemental, que les farines de poisson issues de la pêche minière car les coûts énergétiques et les atteintes à la biodiversité seraient plus faibles ?



**Figure 3 :**  
 Evaluation de la durabilité des Protéines Animales Transformées  
 (Beg Meil, 2014).

Légende : PAT = Protéines Animales Transformées 3.risques : socio-économiques sur le pays d'origine, 6. impacts sur la biodiversité sur le lieu d'origine, 8. impacts rejets sur le site de production aquacole.



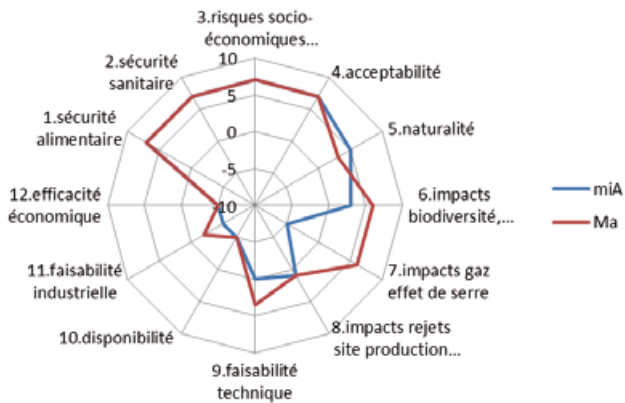
Sur un plan technico-économique, les PAT sont des matières premières connues et fiabilisées, sous-produits d'un autre secteur (l'alimentation humaine), et disponibles de manière stable (cf Chapitre B. Point). La durabilité économique des Protéines Animales Transformées d'origine terrestre (PAT) est ainsi jugée très bonne (note entre 5 et 10) sur les critères utilisés à Beg Meil (Figure).

### Matières premières végétales aquatiques (Figure 4)

Sur un plan économique, l'absence d'une filière industrielle européenne d'approvisionnement en matières premières issues de macroalgues et microalgues ne permet donc pas encore de statuer sur la durabilité économique, des notations plutôt négatives sur les critères 10 à 12 ont donc été appliquées lors de l'atelier de Beg Meil compte tenu du prix actuel de ces matières premières.

L'acceptabilité des macro- et des microalgues dans l'alimentation aquacole est positive (note de 7 aux critères 1 à 4 sur la Figure).

En matière d'impact sur l'environnement, il faut distinguer les macroalgues des microalgues, et leur mode de production respectif.



**Figure 4 :**  
 Evaluation de la durabilité des matières premières  
 obtenues à partir de macroalgues et microalgues (Beg Meil, 2014).

Légende : miA=microalgues, Ma=Macroalgues, 3.risques socio-économiques sur le pays d'origine, 6. impacts sur la biodiversité sur le lieu d'origine, 8. impacts rejets sur le site de production aquacole.

Note : la notation sur les critères économiques (N°10 à 12) a été complétée après la rédaction des textes des experts disponibles dans ce guide.

Les notations de 1 et 6 reportées sur la Figure sur l'ensemble des critères environnementaux (critères 6 à 8) reflètent une perception plutôt positive par les personnes présentes à Beg Meil du rôle et des impacts des macroalgues sur l'environnement.

Pour les microalgues, deux modes de production différents conduisent à une évaluation contrastée de leur impact environnemental. C'est plutôt le cas de microalgues produites en biofermenteurs (cf Encart sur Mode de production) qui est représenté sur la Figure. Pour les photo-bioréacteurs, le coût énergétique est important mais la consommation d'eau est réduite. Des voies de progressions sont possibles (lien avec le solaire, avec d'autres industries, etc...) pour améliorer le bilan énergétique. La note négative affectée par les personnes présentes à Beg Meil (-5) appliquée sur le critère n°7 (impact gaz effet de serre) illustre ce point.

**Annexe II :**  
**Tableau des principales matières premières**  
**utilisées en aquaculture**

Selon Y. Marchand (SSPA-Le Gouessant)

CATEGORIE DE CRITERES		profil nutritionnel	Protéine	Lipides	Oméga 3
PROTEINES ANIMALES	Farines de poissons sauvages	Source de protéine équilibré et concentrée. Source de matières grasses équilibrée.	65 à 70	8 à 12	
	Farines de poissons co-produits pêche et aquaculture	Source de protéine équilibré et concentrée. Source de matières grasses équilibrée.	50 à 66	8 à 12	
	Farines de crevettes	Source de protéine équilibré. Source de matières grasses équilibrée.	55 à 63	5 à 13	
	Farine de Krill	Source de protéine équilibré et concentrée. Source de matières grasses équilibrée.	55 à 65	5 à 15	
	Farines de sang	Source de protéine concentrée.	80 à 85		
	Farine d'hémoglobine spray	Source de protéine concentrée.	85 à 90		
	Farine de plumes hydrolysées	Source de protéine concentrée.	>80	5 à 10	
	PAT de volailles	Source de protéine.	60 à 65	10 à 15	
	PAT de porc	Source de protéine.	50 à 55	5 à 15	
PROTEINES MICROORGANISMES	Levures	Source de protéine.	45 à 50	1	
	Co-produits de la synthèse d'acides aminés	Source de protéine concentrée.	70 à 75	5 à 7	

production / filière	Intérêts	Inconvénients	Commentaires
Pérou, Chili, Pays scandinaves, etc...	Filière de production industrialisée / digestibilité / stimulation appétit	Image / Disponibilité / Prix / stabilité en nutriments	Les farines de poisson = source de protéines préférentielle en aquaculture. Riches en protéine avec bon équilibre en acides aminés, riches en acides gras oméga 3 (polyinsaturés à longue chaîne / EPA / DHA). Fabrication à partir d'anchois (Amérique du Sud), sardine, maquereau, hareng (Atlantique Nord)... ou de co-produits de mareyage. La disponibilité de la farine de poisson est stable ne permet pas d'accompagner le développement de la filière aquaculture sans modification des taux d'incorporation à la baisse dans les formules.
France, Espagne, etc...	Filière de production Européenne / produits frais / digestibilité / stimulation appétit / Image	Disponibilité / Prix / stabilité en nutriments	
Pays asiatiques, Norvège, Maroc, etc...	stimulation appétit	Disponibilité / coût élevé	Ce sont généralement des farines de carapace de crevette issues du décortiquage des crevettes en alimentation humaine. Disponibilité, qualité et prix très variables.
Antarctique	stimulation appétit	Disponibilité / coût élevé	Farine issue de co-produits de la filière complément alimentaire humaine. Stimule la prise alimentaire des crevettes et poissons.
Europe	Coût / stabilité en nutriment	Disponibilité moyenne	Fabriquée à partir de sang entier, la farine de sang est obtenue par déshydratation classique.
Europe	Digestibilité haute / stimulation appétit / effet liant technologique / stabilité en nutriment / environnement	Disponibilité réduite / coût en augmentation	Fabriquée à partir des hématies (séparation de l'hémoglobine et du plasma), le séchage par procédé «spray» (technique utilisée dans la fabrication du lait en poudre) permet de maintenir de hautes digestibilités de la protéine.
Europe	Coût / disponibilité	Taux de cendres élevé	Fabriquées à partir de plumes issues des abattoirs de volailles.
Europe	Coût / disponibilité	Image	PAT de catégorie 3, les co-produits animaux sont issus d'animaux sains dont nous consommons la chair. La collecte de ses sous-produits en abattoirs est spécialisée par espèce (volaille, porc) ou par type de sous-produit (os, viande, sang, gras, phanères...).
Europe	Coût / disponibilité	Image	
Europe	Protéine	Coût	Sous-produit des industries de fermentation (boulangerie, bière, distillerie, industries de la cellulose...)
France, Europe	Coût / stabilité en nutriment	Disponibilité / déséquilibre de la protéine / digestibilité moyenne	Sous-produit des industries de fermentation (production d'acides aminés).

CATEGORIE DE CRITERES		profil nutritionnel	Protéine	Lipides	Oméga 3
PROTEINES VEGETALES	Gluten de blé	Source de protéine concentrée.	76 à 80	1	
	Gluten de maïs	Source de protéine concentrée.	60	1 à 2	
	Protéines concentrées de soja	Source de protéine concentrée.	60 à 65	1	
	Protéine de pois concentrée	Source de protéine concentrée.	55 à 74	5 à 10	
	Protéine de guar	Source de protéine.	50 à 55	5 à 10	
	Tourteau de tournesol	Source de protéine.	25 à 40	1 à 5	
	Tourteau de colza	Source de protéine.	33 à 35	3 à 12	
	Tourteau de soja	Source de protéine.	45 à 47	1 à 2	
	Lupin	Source de protéine.	35 à 41	8 à 11	
	Drèches	Source de protéine.	28 à 39	5 à 10	

production / filière	Intérêts	Inconvénients	Commentaires
Europe	Riche en protéine / Pauvre en cendres / Digestibilité / Liant technologique / Stabilité en nutriment		Le gluten est la partie protéique du grain qui reste après élimination de l'enveloppe du grain et extraction de l'amidon. Produit commercialisé par la filière amidonerie et depuis quelques années, sous produit de la production d'éthanol (bio carburant).
Europe	Riche en protéine / Pauvre en cendres / Digestibilité / Stabilité en nutriment		Le gluten est la partie protéique du grain qui reste après élimination de l'enveloppe du grain et extraction de l'amidon.
Brésil / Europe	Riche en protéine / Bonne digestibilité des protéines / Faible présence de facteurs anti-nutritionnels par rapport aux autres sources de soja / Faible teneurs en fibres et cellulose / Disponibilité (filière OGM)	Disponibilité filière PCR<0.9	Produit préparé à partir de graines de haute qualité, non-endommagées, nettoyées, sélectionnées et décortiquées après élimination de l'huile et autres constituants non-protéiques. Traitement à l'alcool pour élimination de certains facteurs anti-nutritionnels.
Europe / Chine	Riche en protéine / Pauvre en cendres / Stabilité en nutriment	Disponibilité / Prix	Concentré protéine intéressant pour la formulation des aliments concentrés. La disponibilité des concentrés de protéines de pois est réduite du fait de leur forte utilisation en alimentation humaine (substitut au gluten de blé).
Inde	Prix / Taux de protéine		La protéine de Guar est la partie protéique du grain qui reste après élimination de la gomme (agent gélifiant). La gomme de guar est depuis quelques années utilisée dans l'extraction pétrolière. La protéine de guar est un co-produit de cette extraction testés actuellement en aquaculture.
France / Europe	Prix / Taux de protéine	Fibre végétales peu digestes.	Le tourteau de Tournesol résulte de l'extraction de l'huile à partir de graine qui peuvent être décortiquées avant traitement (tourteaux plus moins riches en fibres et protéines).
France / Europe / Canada	Prix / Taux de protéine / Bon équilibre	Présence de fibres, facteurs antinutritionnels	Le tourteau de Colza résulte de l'extraction de l'huile à partir de graine qui ne peuvent pas être décortiquées avant traitement. Le tourteau est un co-produit de l'huile de colza (filière alimentaire et/ou diester).
Brésil / Inde / Europe	Prix / Taux de protéine / Disponibilité (OGM)	Présence de fibres / Facteurs antinutritionnels/ Disponibilité (PCR<0.9)	Produit obtenu par broyage des flocons après élimination de la plus grande partie de l'huile.
France / Australie	taux de protéine / Image	Nécessite traitement industriel (décorticage) / Présence de fibres / Prix et disponibilité.	Le lupin a montré un fort potentiel pour les espèces aquacoles. La production européenne reste cependant modeste par rapport à la production australienne.
France / Europe / USA	Prix / Taux de protéine moyen.	Qualité variable et fonction des procédés de cuisson et séchage / Fibres végétales peu digestes.	Les drêches sont des produits de l'éthanolerie de céréales contenant la fraction solide du sous-produit de la distillation. Le développement des biocarburants a multiplié l'offre de drêches.

CATEGORIE DE CRITERES		profil nutritionnel	Protéine	Lipides	Oméga 3
SOURCES D'AMIDON	Blé	Source d'amidon.	11 à 15	1 à 2	
	Pois fourrager	Source de protéine et amidon.	22 à 23	1	
	Féverole	Source de protéine et amidon.	25	2	
HUILES	Huiles de poissons	Source matières grasses et ac. Gras polyinsaturés oméga 3.		100	10 à 30
	Huiles de soja, colza, lin, tournesol	Source matières grasses.		100	0 à 57 (lin)
	Huile de palme	Source matières grasses.		100	0
	Huile de cameline	Sources lipides			



production / filière	Intérêts	Inconvénients	Commentaires
France / Europe	Liant technologique / Prix / Disponibilité	Pauvre en protéine	Le blé (et autres céréales) est utilisé comme source d'énergie par les espèces les moins carnivores (Carpe/Tilapia/Catfish etc.). Pour les espèces carnivore, les céréales servent à la fabrication des granulés extrudés concentrés en énergie (huile).
France / Europe	Liant technologique / Digestibilité / image	Présence de fibres / Disponibilités en fonction politiques culturelles	Les graines de légumineuses, ou protéagineux, sont des graines riches en protéines. Le Pois est plus digeste pour les espèces aquacoles sous forme dépelliculée et micronisée.
France / Europe	Liant technologique / Disponibilité	Présence de fibres	Les graines de légumineuses, ou protéagineux, sont des graines riches en protéines. La féverole est plus digeste pour les espèces aquacoles sous forme dépelliculée.
Pérou / Pays Scandinaves / Maroc / Europe (co-produits)	Apports d'oméga 3 Poly Insaturés (EPA et DHA) / Riche en énergie hautement digestible / Riche en vitamines (A, D, etc..)	Image / Disponibilité / Prix / stabilité en nutriments (huile sensible à l'oxydation)	Huile obtenue après cuisson et pressage de poissons ou parties de poissons puis centrifugation pour en extraire l'eau. Fabrication à partir d'anchois (Amérique du Sud), sardine, maquereau, hareng (Atlantique Nord)... ou de co-produits de mareyage. L'huile de poisson est riche en acides gras oméga 3 (polyinsaturés à longue chaîne en particulier: EPA et DHA). La disponibilité de l'huile de poisson se réduit chaque année. Même si l'huile de poisson est substituée par des huiles végétales, l'aquaculture est le principal utilisateur mais les besoins de la filière des compléments alimentaires augmentent chaque année.
France / Europe	Coût / stabilité en nutriment / disponibilité / digestibilité		Huiles et matières grasses obtenues à partir de végétaux. Les programmes de substitution des huiles marines par des huiles végétales ont démontrés une bonne valorisation énergétique des huiles végétales par les poissons (salmonidés en particulier). Le profil en acides gras de ces huiles conditionne le profil lipidique de la chair des poissons. Aujourd'hui, les aliments aquacoles sont fabriqués en fonction des exigences de la clientèle en terme de profil en acides gras (cahier des charges).
Indonésie / Asie	Intérêt technologique	Image / digestibilité à température froide / lipides fortement saturés	L'huile de palme est une huile végétale extraite par pression à chaud de la pulpe des fruits du palmier a huile. Cette huile a la particularité d'être riche en acides gras saturés (jusqu'à 50% contre 30% pour une huile de poisson et moins de 10% pour l'huile de colza) et de rester solide à température ambiante (concrète). L'extension des plantations de palmiers à huile se fait dans certains cas au détriment des forêts primaires. Une certification RSPO a été mise en place par les principaux acteurs de la filière
			projet en UK d'OGM, pour enrichir en omega 3

CATEGORIE DE CRITERES		profil nutritionnel	Protéine	Lipides	Oméga 3
AUTRES	Macro Algues (protéique)	Source de protéine.	6 à 60	0 à 5	
	Micro algues	Source de protéine.	6 à 60	0 à 5	
		Source matières grasses.			
	Farine de vers marins				
	Farines d'insectes	Source de protéine et matières grasses.			

production / filière	Intérêts	Inconvénients	Commentaires
	Image	Coût	Produit obtenu par séchage et broyage de macro-algues (en particulier algues brunes)
	Image	Coût	ou microalgues (ex: spiruline, chlorelle, etc.).
	Image	Coût	Produit extrait de micr-algues riches en lipides. Des algues riches en certains acides gras (DHA) sont aujourd'hui disponibles. Des programmes de recherche sur les biocarburants à base d'algue sont également en cours.
	image	coût	
	Image	coût	

## **Annexe III :**

### **Liste des experts de relecture**

Joël Aubin : Joel.Aubin@rennes.inra.fr

Jean-Paul Blancheton : Jean.Paul.Blancheton@ifremer.fr

David de Monbrison : David.DeMonbrison@brl.fr

Michiel Fransen : Michiel.Fransen@asc-aqua.org

Philippe Gouletquer : Philippe.Gouletquer@ifremer.fr

Ricardo Haroun : Ricardo.Haroun@ulpgc.es

Marisol Izquierdo : Marisol.Izquierdo@ulpgc.es

Sachi Kaushik : kaushik@st-pee.inra.fr

Alistair Lane : a.lane@aquaculture.cc

Aurore Lermant (et collègues) : alermant@wwf.fr

Catherine Mariojous : catherine.mariojous@agroparistech.fr

Marc Metian : M.Metian@iaea.org

## Annexe IV : Liste des participants

Nom	Prénom	Institution	Mail
Avila	Pablo		pablo.avila@juntadeandalucia.es
Abel-Coindoz	Claire	Agrocampus BegMeil	claire.abel-coindoz@educagri.fr
Alsted	Niels	FEFAC	na@biomar.dk
Aubin	Joël	INRA Rennes	Joel.Aubin@rennes.inra.fr
Aussedat	Nicole	Fondation Pew	NAussedat@pewtrusts.org
Avila Zaragoza	Pablo	Junta Andalucia	pablo.avila.zaragoza@gmail.com
Balin	Morgane	SPPA-SNIA	m.balin@nutritionanimale.org
Bergé	Jean-Pascal	Idmer	jpberge@idmer.com
Bertrand	Rémi	Agrocampus BegMeil	remi.bertran@educagri.fr
Binet	Thomas	expert UICN	binet.thomas@gmail.com
Boëuf	Gilles	MNHN	gilles.boeuf@mnhn.fr
Bourbon	Benoît	DPMA	benoit.bourbon@developpement-durable.gouv.fr
Cabassus	Gael	DGAL	gael.cabassut@agriculture.gouv.fr
Cadoret	Jean-Paul	Ifremer, Nantes	jean.paul.cadoret@ifremer.fr
Caïtucoli	Charles	SPPA/Skretting	Charles.Caitucoli@skretting.com
Calleja	Pierre	Fermentalg	pcalleja@fermentalg.com
Causse	Eric	Greensea	eric.causse.greensea@orange.fr
Cerneau	Pascal	Sanders	pascal.cerneau@sanders.fr
Chaperon	Arnaud	FEAP	ac@echaps.eu
Coëuret	Valérie	Système U	valerie.coëuret@systeme-u.fr
Colleter	J.Y.	FFA	jyves.colleter@wanadoo.fr
Coudurier	Bernard	INRA Tours	bernard.coudurier@tours.inra.fr
Cueff	Jean-Claude	ex DG Mare	jeanclaudecueff@me.com
de Monbrison	David	BRLi	david.demonbrison@brli.fr
Derome	Olivier	Sopropêche	o.derome@sopropêche.com
Dubolino	Dario	DG Mare	Dario.dubolino@ec.europa.eu
Dufourneauud	Olivier	Maison des Océans	
Echikh	Fella	ingénieur	fellaechikh@ymail.com
El Bakkouri	Ibrahim	APN	b.bakkouri@yahoo.fr
Etilé	Léon-Christophe	Green Cross	lc.etile@gcft.fr
Facqueur	Jean-Michel	Nouvelles Vagues	jm.facqueur@pfinouvellesvagues.com
Fournier	Vincent	Aquativ	VFOURNIER@diana-aqua.com
Frère-Escoffier	Ludovic	UICN	ludovic.frere.escoffier@gmail.com
Gallissot	Marie	OLMIX	mgallissot@olmix.com
Gelamur	Vincent	Meralliance	vincent.gelamur@meralliance.com
Gorioux	Antoine	Guyader	Antoine.gorioux@guyader.com
Gouletquer	Philippe	Ifremer, Nantes	Philippe.Gouletquer@ifremer.fr
Gruner	Nicolas	IUCN stagiaire	
Guillaumin	Anne	Criée/région Bretagne	aguillaumin@hotmail.com
Hantz	Olivier	Labeyrie	olivier.hantz@labeyrie-group.com
Hantz	Olivier	Labeyrie	olivier.hantz@labeyrie-group.com
Kaushik	Sachi	INRA St Pée	kaushik@st-pee.inra.fr
Kokosis	Constantinos	EBCD	konstantinos.kokosis@ebcd.org
Lacroix	Denis	Ifremer	Denis.Lacroix@ifremer.fr
Laguerre	Hélène	Agrocampus BegMeil	helene.laguerre@educagri.fr
Lamothé	Marc	CIPA	marc.lamothé0895@orange.fr
Lane	Alistair	EAS	a.lane@aquaculture.cc
Lanoiselee	Bertrand	ACA	bertrand.lanoiselee@wanadoo.fr
Le Coz	Didier	DPMA	didier.le-coz@developpement-durable.gouv.fr
Le Gouvello	Raphaëla	UICN Comité Français	raphaela.legouvello@wanadoo.fr
Lec'hvien	Pierrick	Système U	pierrick.lechvien@systeme-u.fr
Lermant	Aurora	WWF	alermant@wwf.fr
Leroy	Annie	FNE	leroy.carue@free.fr <leroy.carue@free.fr>
Levadoux	Marine	CIPA	mlevadoux@cipaquaculture.asso.fr
Maingan	Alan	ONG Oxfam	alanmaingan@hotmail.fr
Marchand	Yann	SPPA	yann.marchand@legouessant.fr
Mariojouis	Catherine	Agro Paris	catherine.mariojouis@agroparistech.fr
Meijering	Bert	TopsyBaits	bert@topsybaits.nl
Mollo	Pierre	Fondation PH	pierre.mollo@sfr.fr
Navarre	Olivier	SARIA	Olivier.NAVARRE@saria.fr
Nédélec	Morgane	Agrocampus BegMeil	morgane.nedelec@agrocampus-ouest.fr
Nnhala	Hassan	INRH	nnhalahassan@yahoo.fr
Ojeda	Javier	APROMAR	info@apromar.es
Peyronnet	Corinne	Onidol	c.peyronnet@onidol.fr

Philippe	Rodolphe	Intermarché	rphilippe@mousquetaires.com
Pierre	Ronan	Ceva Pleubian	ronan.pierre@ceva.fr
Porterie	Céline	Labeyrie	celine.porterie@labeyrie-group.com
Przybyla	Cyrille	Ifremer, Montpellier	Cyrille.Przybyla@ifremer.fr
Quetin	Bertrand	Agrocampus BegMeil	bertrand.quetin@gmail.com
René	François	Ifremer	Francois.Rene@ifremer.fr
Rez-Valette	Hélène	Univ Montpellier	helene.rey-valette@univ-montp1.fr
Sage	Christine	Agrocampus BegMeil	christine.sage@agrocampus-ouest.fr
Scaps	Patrick	Univ. Lille	patrick.scaps@univ-lille1.fr
Schwartz	Soisick	DPMA	soicis.schwartz@developpement-durable.gouv.fr
Simard	François	IUCN	francois.simard@iucn.org
SKIBA	Sandrine	INRA St Pée	skiba@st-pee.inra.fr
Spinec	Florent	Agrocampus BegMeil	florent.spinec@educagri.fr
Stoyanov	Dimo	DG régions	Dimo.Stoyanov@cor.europa.eu
Symons	Despina	EBCD	Despina.SYMONS@ebcd.org
Tarrisse	Axel	Zoe Biotech	atarrisse@zoebiotech.com
Teillac-Deschamps	Pauline	UICN Comité Français	Pauline.Teillac-Deschamps@uicn.fr
Tocqueville	Aurélien	ITAVI	tocqueville@itavi.asso.fr
Tourjansky	Laure	DPMA	
Valette	Philippe	Nausicaa	generalmanager@nausicaa.fr
Vallet	Elisabeth	Seaweb	evallet@seaweb-eu.org
Van Cuyck	Claire	CIPA	cvancuyck@cipaquaculture.asso.fr
Vidal	Frederic	caviar perle noire	frederic.vidal@caviar-perle-noire.com
Vidal-Giraud	Benoit	Via Aqua	benoit.vidal-giraud@via-aqua.fr
Yücel Gier	Güzel	Institute of Marine Sciences and Technology	yucel.gier@deu.edu.tr

## Annexe V : Liste des acronymes

AAI : acides aminés indispensables  
AANI : acides aminés non indispensables  
ACV : analyse Cycle de Vie  
ADEME : Agence de l'Environnement et de la maitrise de l'Energie  
AG : acides gras  
AGE : acides gras essentiels  
AGPI : acides gras longs polyinsaturés  
ALA : acide  $\alpha$ -linoléinique  
AOP : Appellation d'Origine Protégée  
ARRAINA : Advanced Research Initiatives for Nutrition and Aquaculture  
ASC : Aquaculture Stewardship Council  
BAP : Best Aquaculture Practices  
B to B : Business to Business  
B to C : Business to Consumer  
BM : Banque Mondiale  
BRC : British Retail Consortium  
CB : cellulose brute  
CCAMLR: Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living  
CDF NA : Coop de France  
CETMAR : Centro de Estudios Tecnológicos del Mar  
CE : Commission Européenne  
CFM : Compound Feed Manufacturers  
CICTA : Commission Internationale pour la Conservation des Thonidés de l'Atlantique ; acronyme anglais : ICCAT  
CIEM : Conseil International pour l'Exploration de la Mer :  
CIPA: Comité Interprofessionnel des Produits de l'Aquaculture  
CIRAD : Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement  
CGPM : Commission Générale des Pêches pour la Méditerranée  
COPIL : comité de pilotage  
CQ-AR : Charte Qualité - Aquaculture de nos Régions  
DCE : Directive Cadre Eau  
DDPP : Direction Départementale de la Protection des Populations  
DHA : acide docosahexanoïque  
DMSP : diméthylsulfoniopropionate  
DPMA : Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture  
ED : énergie digestible  
EIT : Ecologie Industrielle et Territoriale  
EPA : acide eicosapentanoïque  
ESB : Encéphalopathie Spongiforme Bovine  
EST : encéphalopathies spongiformes transmissibles  
EVAD : Evaluation de l'Aquaculture Durable  
FAO : Food and Agriculture Organization  
FAN : facteur antinutritionnel  
FCR : Food Conversion Rate  
FEAP : Fédération européenne de producteurs aquacoles  
FEAMP : Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche

FEFAC : Fédération Européennes de Fabricants d'Aliments Composés  
 FFDRm : Fishmeal Forage Fish Dependency Ratio  
 FFDRo : Fish Oil Forage Fish Dependency Ratio  
 FM ou FP : Fish meal en anglais, Farine de poisson en français  
 FIFO : Fish In/Fish Out  
 FoS : Friend of the Sea  
 GAA : Global Aquaculture Alliance  
 GES : Gaz à effet de serre  
 GMS : Grandes et Moyennes Surfaces  
 GSSI : Global Seafood Sustainability Initiative  
 HACCP : Hazard Analysis Critical Control Point  
 HP : Huile de poisson  
 HPP : hydrolysats protéiques de poisson  
 IC : Indice de Conversion alimentaire ou indice de consommation alimentaire  
 ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement  
 IDAqua® : *Indicateurs de Durabilité pour l'Aquaculture* (programme CASDAR)  
 IFFO : International Fishmeal and Fish Oil organization (The Marine Ingredients Organization)  
 IFFO-RS : Responsible Supply of Fishmeal and Fish Oil  
 IFREMER : Institut Français de Recherche pour l'exploitation de la Mer  
 IFSA : International Feed Standard Alliance  
 IFS: International Feature Standard  
 IFS : International Food Standard  
 IGP : Indication Géographique Protégée  
 IMTA: Integrated Multi Trophic Aquaculture.  
 INAO: Institut National de la Qualité et de l'Origine  
 INN : illégale, non déclarée, non réglementée  
 INRA: Institut National de la Recherche Agronomique  
 IQS : Irish Quality Schemes  
 IRD : Institut de Recherche pour le Développement  
 IRD : Institut de Recherche pour le développement  
 ITAVI : Institut Technique de l'Aviculture et des petits élevages  
 ISEAL : International Social and Environmental Accreditation and Labelling Alliance  
 ISO : International Standard Organization  
 LAMETA : Laboratoire Montpellierain d'économie théorique et appliquée  
 LR : Label Rouge  
 MAAP : Ministère de l'Agriculture l'Alimentation et de la Pêche  
 MAT : matières azotées totales  
 MEA : Millenium Ecosystem Assessment  
 MEDDE : Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie,  
 MES : matières en suspension  
 MG : matière grasse  
 MJ : Méga Joules  
 MP : Matières Premières  
 MS : Matière Sèche  
 MSC : Marine Stewardship Council  
 MT : Millions Tonnes



NIMBY: Not In My BackYard  
NSP : non starch polysaccharides  
ODG : Organisme de Défense et de Gestion  
OFIMER : Office national interprofessionnel des produits de la mer et de l'aquaculture  
OGM : Organisme Génétiquement Modifiée  
OMC : Organisation Mondiale du Commerce  
ONIDOL : Organisation Nationale Interprofessionnelle Des graines et fruits OLéagineux  
ONG : Organisation Non Gouvernementale  
OP : Organisation Professionnelle  
ORGP : Organisations régionales de gestion des pêches  
ORP : organisations régionales des pêches  
OSPAR : so named because of the original Oslo and Paris Conventions ("OS" for Oslo and "PAR" for Paris)  
PAC : Politique Agricole Commune  
PAT : Protéines animales transformées  
PCB : PolyChloroBiphényles  
PCP : politique commune de la pêche  
PCR : Polymerase Chain Reaction  
PED : Pays en Développement  
PISCEnLIT : PISCiculture EcoLogiquement InTensive (Projet ANR Systerra)  
PUFA : Poly Unsaturated Fatty Acids  
RMD : rendement maximal durable » (traduction de maximum sustainable yield, MSY)  
RSPO : Roundtable on Sustainable Palm Oil  
RTRS: Round Table on Responsible Soy  
SIFCO : Syndicat des Industries Françaises des Coproduits Animaux  
SIO : Signes d'Identification de l'Origine  
SNIA : Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale  
SPPA : Syndicat Professionnel des Producteurs d'Aliments Aquacoles  
SSAP : Soybean Sustainability Assurance Protocol  
STG : Spécialité Traditionnelle Garantie  
TAC : Total Autorisé de Capture  
UE : Union Européenne  
UICN : Union internationale pour la conservation de la nature  
UNESCO : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization  
USSEC : US Soybean Export Council  
WB : World Bank  
WWF : World Wide Fund



Printed in Spain  
by I.G. Solprint, S.L.  
P.I. La Vega. c/Archidona,56  
29651 Mijas-Costa (Málaga)

<http://www.solprint.com>

Ce guide a été élaboré par le Secrétariat de l'UICN et le Comité français de l'UICN ([www.uicn.fr](http://www.uicn.fr)) en partenariat avec :

**SNIA** : Le Syndicat National de l'Industrie de la Nutrition Animale est un des syndicats professionnels qui représente le secteur de la nutrition animale en France. Structure de dialogue entre les entreprises de nutrition animale, les autres filières professionnelles et l'environnement politico-économique, il intervient au niveau national, régional et européen. Il co-pilote la plateforme Duralim pour une alimentation animale durable.

**CDF NA** : Coop de France Nutrition Animale est une des branches métier de Coop de France. Elle fédère et représente les entreprises coopératives de nutrition animale auprès des organismes privés et publics français et européens, pour tous les aspects touchant à la fabrication et à la commercialisation des aliments composés pour animaux. Elle co-pilote la plateforme Duralim pour une alimentation animale durable.

**SPPA** : Le Syndicat Professionnel des Producteurs d'Aliments aquacoles représente les entreprises qui produisent des aliments composés pour poissons. Il a une représentativité Nationale et il fait partie de l'un des 3 collèges fondateurs administrant le CIPA, le Comité Interprofessionnels des Produits de l'Aquaculture.

**CIPA** : Le Comité interprofessionnel des produits de l'aquaculture réunit les acteurs de la salmoniculture d'eau douce et de l'aquaculture marine et nouvelle françaises. Il rassemble les pisciculteurs, les fabricants d'aliments aquacoles et les transformateurs de truite. Au travers du CIPA, la filière piscicole française s'est lancée en 2002 dans une démarche pionnière d'aquaculture durable. Cette démarche globale s'applique à notamment à l'alimentation des poissons.

**FFA** : La Fédération française d'aquaculture représente les syndicats de pisciculteurs des espèces d'eau douce et marines en France et en outre-mer, notamment au sein du collège « producteurs » du CIPA. Elle est adhérente à la FNSEA et à la FEAP.

**FEAP** : La Fédération européenne des producteurs aquacoles représente toutes les fédérations nationales européennes, dont la FFA au titre de la France. Elle joue un rôle incontournable d'échange avec la commission européenne et organise le dialogue entre pays européens.



**UNION INTERNATIONALE  
POUR LA CONSERVATION  
DE LA NATURE**

Rue Mauverney 28  
1196 Gland, Suisse  
Tél +41 22 999 0000  
Fax +41 22 999 0002  
[www.uicn.org](http://www.uicn.org)