# Guide de mise en œuvre **de l'intensification écologique pour les systèmes aquacoles**

PISCEnLIT

AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE ANR

## AVERTISSEMENT

**Ce guide** a été réalisé dans le cadre du projet de recherche pluridisciplinaire PISCEnLIT financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR, programme SYSTERRA). L'objectif était d'identifier **des voies d'intensification écologique de l'aquaculture** à partir de cas d'étude diversifiés.

**Ce guide** est le fruit d'une **co-construction** rassemblant des chercheurs de diverses disciplines des sciences sociales et des sciences du vivant ainsi que des représentants d'institutions et d'organisations de producteurs dans le domaine de l'aquaculture, en France et dans les pays partenaires (Brésil, Indonésie)

Il a pour ambition de proposer une démarche, des outils et des recommandations en vue de faciliter l'intensification écologique des systèmes aquacoles, par la mise en œuvre d'innovations (techniques, organisationnelles, institutionnelles). Il s'agit d'offrir un éclairage opérationnel qui rende compte à la fois des connaissances scientifiques et des résultats observés sur les terrains d'étude du projet PISCEnLIT. **L'objectif n'est pas de proposer un modèle préétabli de mise en œuvre de l'intensification écologique mais plutôt d'identifier une diversité de voies possibles** et de caractériser les facteurs déterminants, environnementaux et technico-économiques mais aussi ceux liés aux questions de coordination et de gouvernance de façon à favoriser l'appropriation sociale de ces innovations.

Outre le caractère novateur de la notion d'intensification écologique, l'originalité de l'approche proposée tient aux échelles à laquelle cette intensification est appréhendée c'est-à-dire **celle de l'exploitation et celle du territoire.** En effet notre approche ne concerne pas seulement la production de poisson ou de produits aquatiques, mais l'ensemble des services rendus par les écosystèmes associés à l'aquaculture.

**Ce guide** s'adresse à **plusieurs publics** : à la fois aux chercheurs et aux étudiants mais aussi aux gestionnaires des territoires et des filières aquacoles, c'est-à-dire les représentants d'organisations de producteurs, les agents des collectivités territoriales ou d'organismes d'aménagement qui à différentes échelles et dans différents cadres sont concernés par les filières de production aquacole et par les politiques d'aménagement et de conservation dans les territoires où sont implantées ces filières.



**Ce guide** n'a pas vocation à être lu de façon linéaire. **Chaque partie est conçue pour être abordée de façon indépendante** et les lecteurs pourront ainsi directement accéder aux connaissances souhaitées. Pour faciliter la lecture et l'appropriation des terminologies scientifiques parfois complexes, **des encarts sont proposés** afin de préciser les aspects méthodologiques ou techniques ou pour fournir des exemples.

**Bonne lecture …**

### Pour citer le guide

**Aubin J., Rey-Valette H., Mathé S., Wilfart A., Legendre M., Slembrouck J., Chia E., Masson G., Callier M., Blancheton J.P., Tocqueville A., Caruso D., Fontaine P., 2014. Guide de mise en œuvre de l'intensification écologique pour les systèmes aquacoles © Diffusion INRA-Rennes, 131 p.**
**ISBN: 978-2-9547969-1-8**

**Avec la participation de :**
Ediwarman, Joni Haryadi, Tri Heru Prihadi, Jorge de Matos Casaca et Sergio Tamassia

**et le concours de :**
Yann Moreau, Jérôme Lazard, Jean Noël Gardeur, Yannick Ledoré, Matthieu Gaumé, Mimid Abdul Hamid, Dafzel Day, Osmar Tomazelli et Thomas Merle.

**Nous remercions aussi :**

- Les pisciculteurs de Brenne, de Lorraine, de Muara Jambi (Indonésie), de Santa Catarina (Brésil) ainsi que Emmanuel Delcroix (Entreprise BDV), Arnaud Lefevre, Sandrine Marchand et les élèves du Lycée de Château Gontier, Bernard Joseph, Antoine Gallard et l'équipe de l'Unité U3E de Rennes,

- Les étudiants qui ont œuvré sur le projet Piscenlit, Matthieu Adam, Nicolas Belhamiti, Nancy Blanc, Killian Chary, Melaine Loch, Jehane Prudhomme, Stéphanie Guérin, Lisa Briot et Julie Simon.

- Et bien sûr le programme Systerra de l'ANR (ANR-09-STRA-08)

**Mise en page :** Jérémy Finot

## Contact

**aubin@rennes.inra.fr** / *www.**piscenlit**.org/*

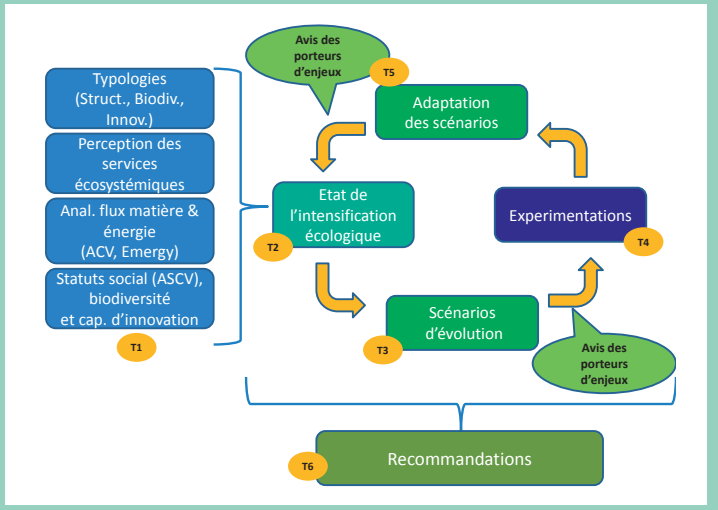
## Encart 1 : Le projet PISCEnLIT (www.piscenlit.org)

Le projet PISCEnLIT (PISCiculture EcoLogiquement InTensive) est un projet de recherche financé par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) dans le cadre du programme SYSTERRA en associant des partenaires du sud à travers une collaboration gérée par l'AIRD (Agence inter-établissements de recherche pour le développement). Dans un contexte mondial de stagnation des productions halieutiques, de forte demande de produits aquacoles et d'attention croissante aux enjeux de durabilité, ce projet s'inscrit dans une problématique générale d'intensification écologique et vise à une meilleure insertion territoriale par le développement d'une approche par écosystème. Il aborde ces questions dans la logique des travaux du Millenium Ecosystem Assessment, par une approche interdisciplinaire (technique, biologique, sociale, environnementale, économique) sur quatre terrains choisis pour couvrir une diversité de systèmes aquacoles et d'écosystèmes. Les systèmes d'aquaculture étudiés recouvrent en effet une diversité de contextes relevant de pays développés (France : régions de Lorraine, de Brenne et de Normandie) et de pays du sud (Brésil : Alto Vale do Itajaï et région de Chapeco, Etat de Santa Catarina ; Indonésie : région de Jambi, Sumatra). Elle recouvre aussi différents types d'aquaculture : de production (systèmes de polyculture extensive avec très peu d'apports en intrants) et de transformation (élevages en monoculture, avec un apport d'aliment et d'exogène, en système ouvert et en eau recirculée).

L'ambition du projet est de définir les conditions de mise en œuvre d'une intensification écologique des aqua-écosystèmes. L'analyse des potentialités d'intensification écologique des aqua-écosystèmes s'articule autour de l'analyse des cycles de vie (ACV) et de l'Emergy des divers systèmes ainsi que de l'évaluation des services rendus par ces systèmes. Le projet se décline en 6 tâches. La première vise l'élaboration de l'approche par écosystème par la conception de méthodes d'inventaire de la perception des services écosystémiques, des ACV et de l'Emergy. Ces résultats permettent en tâche 2 de réaliser un diagnostic (spécifique et comparatif) des différents terrains et de mettre au point un outil simplifié de caractérisation du niveau d'intensification écologique. La tâche 3 consiste en l'élaboration de scénarios d'intensification écologique qui combinent les objectifs spécifiques de l'intensification écologique ainsi que différentes hypothèses techniques et organisationnelles nécessaires pour leur mise en œuvre. Quelques actions spécifiques font l'objet d'expérimentations dans la tâche 4, où des tests à l'échelle pilote sont réalisés pour fournir des bases d'évaluation de la faisabilité des innovations proposées (tâche 5) et des recommandations (tâche 6).

L'équipe est constituée de chercheurs de l'INRA (Institut National de la Recherche Agronomique), des universités de Montpellier et de Lorraine, de l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement), du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement), de l'Ifremer (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer), d'Epagri (*Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural* de Santa Catarina, Brésil), de l'AMAFRAD (*Agency for Marine and Fisheries Research and Development*, Indonésie), de la DGA (*Directorate General of Aquaculture*, Indonésie), et des partenaires du développement comme l'ITAVI (Institut Technique de l'AVIculture, France).






Ce projet fait suite au Projet EVAD (Evaluation de la Durabilité des systèmes aquacoles) financé par le programme de l'ANR Agriculture et Développement Durable (Rey-Valette et *al.* 2008).

*http://www6.inra.fr/coordination_piscicole/Groupes-de-travail/Systeme-d-elevage/EVAD*

# SOMMAIRE


**AVERTISSEMENT** ..... 2

**INTRODUCTION : LES ENJEUX ET DÉFIS DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SYSTÈMES AQUACOLES** ..... 9

**CHAPITRE 1. QU'EST CE QUE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE ?** ..... 17

11. Définition de la notion d'intensification écologique et exemples en agriculture ..... 17
12. Pourquoi décliner l'intensification écologique à l'échelle de l'ensemble des services écosystémiques ? ..... 32
13. Les services rendus par les écosystèmes aquacoles ..... 36

**CHAPITRE 2. DÉFINITION ET INTÉRÊT DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SYSTÈMES AQUACOLES** ..... 47

21. Définition d'un cadre de référence pour l'aquaculture ..... 47
22. Définition de l'intensification écologique en fonction des finalités poursuivies ..... 52
23. Définition de l'intensification écologique en fonction des modalités de mise en œuvre ..... 54

**CHAPITRE 3. MISE EN ŒUVRE D'UN PROCESSUS D'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SYSTÈMES AQUACOLES** ..... 57

31. L'appropriation de l'intensification écologique implique un processus participatif ... 57
32. Les principales étapes clés ..... 58

**CHAPITRE 4. QUELQUES POINTS CLÉS DU DIAGNOSTIC** ..... 61

41. Identification des principales interactions entre exploitations et écosystèmes au niveau de la biodiversité et des régulations hydrauliques ..... 62
42. Identification des perceptions/représentations des services rendus par les systèmes aquacoles à l'échelle des territoires ..... 64
43. Diagnostic de l'activité des exploitations et de leur situation en termes de durabilité ..... 65
44. Identification des capacités et des contraintes à l'éco-innovation ..... 75





**CHAPITRE 5. CO-CONSTRUCTION DE SCÉNARIOS D'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE** ..... 77

51. Quelques pistes pour mettre en œuvre la co-construction des scenarios ..... 77
52. Déclinaison des objectifs en sous objectifs opérationnels ..... 78
53. Quelques exemples de scenarios d'intensification écologique de l'aquaculture ..... 80

**CHAPITRE 6. DÉFINITION DES ACTIONS A L'ÉCHELLE DES EXPLOITATIONS ET DES TERRITOIRES** ..... 83

61. Mise en œuvre de l'intensification écologique à l'échelle des exploitations ..... 83
62. Mise en œuvre de l'intensification écologique à l'échelle des territoires ..... 88

**CHAPITRE 7. COMMENT MESURER LES EFFETS DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE ?** ..... 91

71. Construction ou co-construction des indicateurs : principes et intérêt ..... 91
72. Mise en œuvre d'un suivi des expérimentations ..... 92
73. Propositions d'indicateurs à l'échelle des exploitations ..... 93
74. Propositions d'indicateurs à l'échelle des filières et des territoires ..... 97

**CHAPITRE 8. RETOUR RÉFLEXIF SUR QUELQUES EXEMPLES D'EXPÉRIMENTATION** ..... 101

81. L'intensification écologique en zone tropicale : le cas de l'élevage intensif de Pangas en eau douce à Sumatra (Indonésie) ..... 101
82. L'intensification écologique en France : exemple d'expérimentation sur l'élevage de carpes ..... 105
83. L'intensification écologique de la pisciculture intégrée : l'élevage porcs/poissons à Chapéco (Brésil) ..... 108
84. L'intensification écologique d'un système en recirculation : exemple de l'élevage intensif de saumon en Normandie (France) ..... 111

**CHAPITRE 9. CONDITIONS, CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS POUR UNE AQUACULTURE ÉCOLOGIQUEMENT INTENSIVE** ..... 115

91. Conditions et contraintes pour l'intensification écologique de l'aquaculture ..... 116
92. Recommandations ..... 122

**BIBLIOGRAPHIE** ..... 124

# INTRODUCTION : LES ENJEUX ET DÉFIS DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SYSTÈMES AQUACOLES

## L'aquaculture dans le monde, ses enjeux et ses contraintes

L'accroissement de la population humaine sur la planète (9 milliards d'habitants vers 2050) fait peser de lourdes contraintes sur les systèmes alimentaires, ce qui conduit à explorer des voies pour renforcer la productivité et réduire les gaspillages (Foresight, 2011). Or, les formes d'intensification industrielle de l'agriculture mises en œuvre depuis les années 1930 on montré leurs limites. Outre leurs impacts en termes d'utilisation des ressources et de pollutions générées, l'augmentation des rendements qui était recherchée, semble depuis les années 2000 avoir atteint un palier (Griffon, 2013a). Vouloir répondre à l'accroissement de la demande selon les mêmes modèles de production conduirait à renforcer la compétition pour l'utilisation des terres et à intensifier le recours aux intrants aux dépens de la conservation de la biodiversité et des services rendus par les agro-écosystèmes. La prise en compte du développement durable conduit ainsi à repenser les systèmes de production en tenant compte de leurs interactions écologiques et sociales, ce qui implique des transformations dans les façons de produire mais aussi de consommer (Esnouf et *al.*, 2011).

L'aquaculture, activité à la fois traditionnelle et nouvelle selon les espèces et les systèmes de production, n'échappe pas à ce constat et à ces enjeux. En effet, **les dernières décennies se sont caractérisées par une logique d'intensification des systèmes de production aquacoles.** Hormis en Chine, l'aquaculture est longtemps restée marginale par rapport aux volumes pêchés. A partir des années 1970, on observe d'importants efforts de recherche qui vont conduire à un développement rapide à partir du milieu des années 1980. Celui-ci résulte à la fois de l'augmentation de la productivité des exploitations et de l'accroissement

du nombre d'aquaculteurs qui est passé de 3,8 millions en 1990 à 16,6 millions en 2010 (dont 97% en Asie (FAO, 2012a)). De 1961 à 2006, la consommation moyenne de produits aquatiques dans le monde est passée de 25g à 45g par personne et par jour, dont 47% issus de production d'aquaculture en 2006. Aujourd'hui, l'aquaculture représente la moitié de la production de ressources aquatiques destinées à la consommation humaine (115 Mt), et face à la stagnation des prises de pêche, elle est souvent présentée comme la solution à l'accroissement de la demande alimentaire en protéine d'origine aquatique (FAO, 2012a ; Encart n°2).

Cette intensification de l'aquaculture s'est souvent faite sans tenir compte de la qualité de l'environnement et/ou des relations sociales. Parmi les exemples les plus marquants, on peut citer :

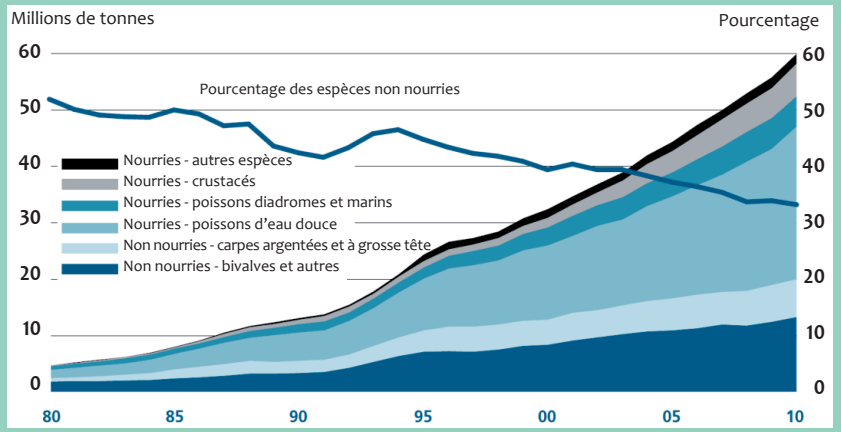
- le développement d'une crevetticulture industrielle en Asie qui a conduit à la disparition de vastes zones de mangroves, au détriment de la biodiversité et en augmentant la vulnérabilité des zones côtières aux évènements climatiques violents (Naylor et al., 2000),
- l'aquaculture intensive à proximité des côtes japonaises ou chinoises qui contribue à l'apparition de 'marées rouges' mortelles pour la plupart des espèces naturelles autochtones,
- le dépassement de la capacité biotique des milieux résultant des élevages intensifs de poissons en cages flottantes, comme dans des lacs de cratères aux Philippines, où l'accumulation de déchets organiques liés à l'activité aquacole a conduit à l'arrêt de l'activité,
- l'utilisation excessive de ressources halieutiques pour la fabrication d'aliment est aussi régulièrement évoquée (Naylor et *al.,* 2000 ; Tacon et *al.,* 2010)

**Néanmoins les systèmes aquacoles, confrontés au défi du développement durable évoluent.** Cette évolution résulte à la fois d'injonctions normatives des systèmes de régulation, comme par exemple en Europe la Directive Cadre sur l'Eau, et d'initiatives plus spontanées du secteur aquacole, qui peuvent être motivées par des démarches de certification ou par une volonté d'intégration accrue au sein des territoires. Ainsi récemment une multiplicité de référentiels en faveur d'une aquaculture durable se sont développés en France (Rey-Valette et *al.,* 2008 ; CIPA/ITAVI 2011 ; Mathé et Rey-Valette, 2011 ; Black et Wilson, 2008 ; Blancheton et *al.,* 2012) ; AquaInnova (http://www.eatip.eu) ; FOESA, 2010). Cette évolution des pratiques est confortée par la prise en compte de services écosystémiques proposés par le *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005) puis par l'initiative *The Economics of Ecosystem & Biodiversity* (TEEB, 2010). Bien qu'encore peu appropriée par le secteur aquacole (Soto et *al.,* 2008 ; FAO, 2010 ; Tacon et *al.,* 2010), comparativement aux écosystème forestiers (FAO, 2007), cette grille d'analyse représente une opportunité pour la mise en œuvre de processus d'intensification



écologique des écosystèmes aquacoles, à l'échelle des territoires. Ainsi, l'utilité sociale de l'aquaculture se voit renforcée avec la reconnaissance de certains services écosystémiques, notamment son rôle de sentinelle de la qualité des eaux et son apport en termes d'aménagement du territoire et de valorisation de zones humides (Soto et *al.,* 2008 ; Tanguy et *al.,* 2008).

## Encart 2 : Quelques repères sur la production aquacole mondiale




Source : FAO, 2012-a

Evolution des productions aquacoles de 1980 à 2010 selon les types de production

Avec 60 millions de tonnes en 2010 (FAO, 2012a), la production mondiale de produits aquacoles (hors végétaux aquatiques) dépasse les prévisions proposées à l'horizon 2020. Les volumes ont été multipliés par 12 depuis 1980. Cette croissance est largement portée par l'Asie (en particulier la Chine avec 60% du volume de production mondiale) qui a intensifié ses systèmes de production en eau douce, notamment en introduisant des aliments formulés dans ses systèmes de production traditionnels. D'autres productions ont aussi connu un développement massif. C'est le cas du saumon Atlantique (*Salmo salar*) en Europe (Norvège, Grande Bretagne), Amérique du Nord (Canada), puis du Sud (Chili, Argentine). C'est aussi le cas du Pangas (*Pangasianodon hypophthalmus*) au Viet Nam dont la production est passée en vingt ans de quelques centaines de tonnes à 1 140 000 tonnes (Kluts et *al.,* 2012). Le développement rapide de l'aquaculture à l'échelle mondiale cache des disparités très fortes entre les zones géographiques (niveaux bas en Afrique, stagnation en Europe du sud).

## Précisions terminologiques autour de la notion d'intensification

Malgré l'existence d'un continuum de systèmes en fonction des apports d'intrants et de technologies, **on a l'habitude de distinguer les systèmes de production aquacole en fonction des modalités d'apport des ressources nutritives au sein de la structure d'élevage.** Ainsi, les pratiques les plus

anciennes relèvent de **l'aquaculture dite extensive (ou semi intensive) encore appelée aquaculture de « production »** et sont très développées en Asie (carpiculture en étang). Il s'agit de systèmes de production de poissons à chaine alimentaire courte avec un forçage possible de la chaine trophique par un apport de fertilisants. Ce sont souvent des systèmes complexes et robustes en polyculture dont la productivité dépend beaucoup de la nature des intrants, de l'assemblage des espèces et de la maîtrise des facteurs physiques. L'impact des rejets est faible, car les éléments nutritifs potentiellement « eutrophisants » émis par les poissons sont recyclés dans l'étang et au niveau des productions agricoles voisines. A cette forme d'aquaculture, on **oppose l'aquaculture intensive ou de « transformation ».** Dans ce cas, les éléments nutritifs sont apportés à travers la distribution d'aliments composés et l'eau n'est plus qu'un support physique (Billard, 1980). Il est alors nécessaire de gérer les émissions induites par l'élevage soit par dilution des effluents (cages en mer, élevage en circuit ouvert), soit par leur traitement voire un recyclage complet de l'eau (circuit en eau recirculée).

Dans ce guide, nous rendrons compte des possibilités d'intensification écologique en considérant divers exemples de systèmes aquacoles, choisis de façon à balayer la diversité des types de système, lesquels influent aussi sur la diversité des services rendus par l'aquaculture.

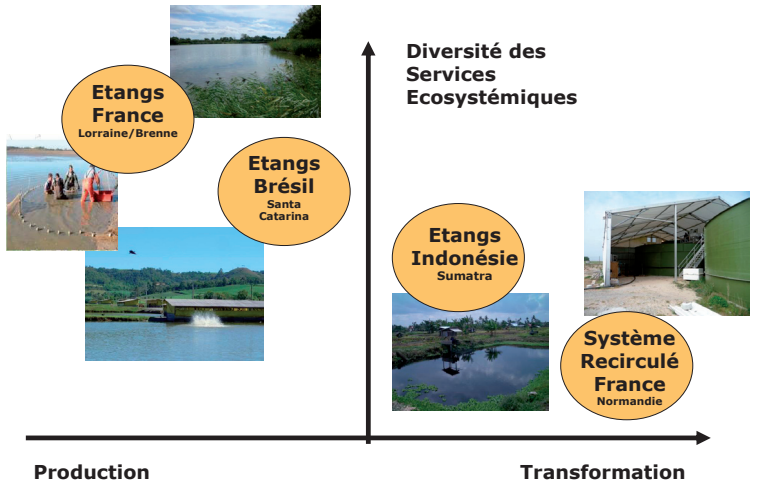
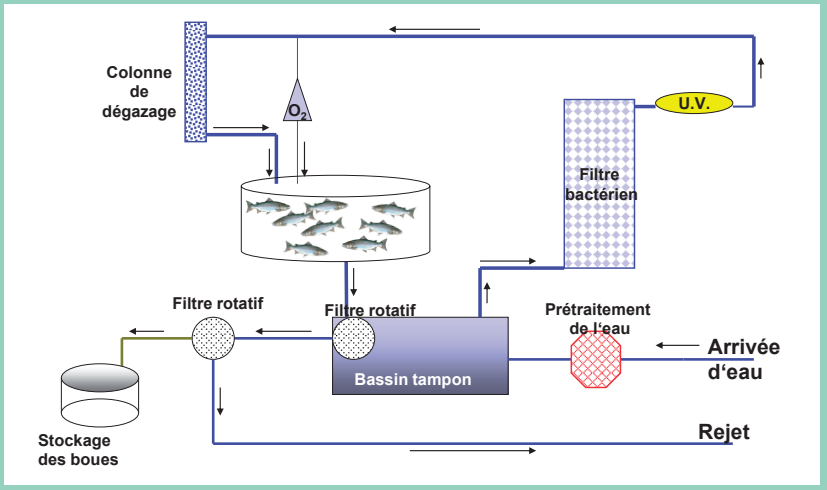



Figure 1 : Présentation des systèmes piscicoles étudiés dans le projet PISCEnLIT selon leur lien au ressources alimentaires et à la diversité des services rendus.



## Encart 3: Principes des systèmes en circuit recirculé

Le système d'élevage en recirculation permet de **contrôler la qualité de l'eau** d'élevage et de réduire les consommations en eau (facteur 10 à 100 selon la technologie mis en œuvre) en réutilisant l'eau issue du bassin d'élevage après traitement dans une boucle externe. Dans un bassin d'élevage, les poissons consomment de l'oxygène et produisent du $CO_2$, de l'ammoniaque et d'autres produits issus du métabolisme (facteurs limitant de la croissance et du bien-être). Comme dans les systèmes ouverts, l'oxygène peut être apporté dans l'eau d'alimentation ou dans le bassin d'élevage par un système d'oxygénation (ex. cône d'oxygénation, air-lift,… ). Par contre, le $CO_2$ et l'ammoniaque doivent être extraits ou transformés par une **boucle de traitement externe** (ex. dégazage, nitrification, dénitrification, … ). Le degré de fermeture peut être plus ou moins important en fonction de l'espèce et des choix dans les procédés physico-chimiques (filtration mécanique, échange liquide/gaz, contrôle du pH et de la température) et biologiques (biofiltration aérobie et anaérobie). Il joue également sur le débit et la concentration des rejets, qui peuvent être **traités et valorisés** grâce à une seconde boucle (ex. lagunage ou traitement par marais) ce qui **réduit l'impact environnemental** de l'activité. L'eau et l'énergie utilisées par ces systèmes sont donc les deux principales variables et ressources permettant l'intensification écologique au sein de l'entreprise.



## Encart 4 : La notion de productivité en économie

La notion de productivité en économie correspond au rapport entre le volume de production et les moyens de production mis en œuvre pour obtenir cette production. Elle permet de mesurer l'efficience du processus de production et de son organisation. Il s'agit d'une notion complexe à mesurer et interpréter en raison des interrelations entre les moyens de production et les processus, un facteur de production pouvant notamment être utilisé à plusieurs fins. Du fait de cette complexité, elle est souvent mesurée pour un des facteurs de production pris indépendamment, par exemple la productivité du travail ou du capital (on parle alors de productivité partielle). Or, c'est bien la combinaison de tous les facteurs qui est plus ou moins efficace. Cependant, l'évaluation d'une productivité globale se heurte à la construction d'un indice synthétique regroupant les facteurs de production mis en œuvre et à son actualisation pour tenir compte du progrès technique incorporé. L'origine des gains de productivité n'est pas aisée à identifier. La vision classique schumpétérienne (Schumpeter, 1999) distingue cinq sources de productivité liées à l'innovation : fabrication d'un bien nouveau, nouvelle méthode de production, ouverture d'un nouveau marché, nouvelle source de matière première et nouvelle organisation de la production.

## Encart 5 : La notion de productivité en écologie

La productivité en écologie correspond à la production par unité de biomasse (masse cumulée des organismes occupant le même espace (Pourriot et Meybeck, 1995)). La production exprime la formation de tissus par unité de temps (Lucas, 1993 ; Jobling, 1994). La production primaire se rapporte aux organismes capables de synthétiser leur propre matière à partir d'éléments minéraux et d'énergie lumineuse. La production secondaire concerne les consommateurs de végétaux, d'animaux ou de détritus ; leur énergie provient donc directement ou indirectement des producteurs primaires. Le gain de masse en poissons d'élevage s'apparente à la production (kg/ha/an). On appelle rendement ou efficience d'exploitation, le quotient entre la consommation (par un herbivore ou un carnivore) et la production de la ressource exploitée (végétaux ou proies respectivement (Lucas, 1993)). Le rendement ou efficience écologique est le quotient entre les productions de 2 niveaux écologiques successifs (les végétaux et leurs consommateurs, les herbivores). La biodiversité contribuerait à accroître la productivité selon deux mécanismes. L'augmentation de la richesse spécifique (nombre d'espèces) augmente la probabilité d'avoir (1) des espèces plus performantes et (2) des espèces qui utilisent des ressources complémentaires (Bouzillé, 2007).



## Encart 6 : La notion d'efficacité d'une exploitation

L'étude de l'efficacité d'une exploitation aquacole peut être réalisée de quatre points de vue différents :

- L'efficacité technique qui représente la capacité d'un exploitant à produire une quantité de produit maximale pour des quantités d'intrants données,
- L'efficacité économique qui se mesure par le rapport entre les résultats obtenus et les objectifs préalablement fixés (niveaux de production, de vente ou de chiffre d'affaires par exemple),
- L'efficacité d'échelle qui s'intéresse à la relation entre la taille de l'exploitation et la productivité du processus productif,
- L'efficacité allocative qui appréhende la capacité du producteur à choisir des quantités d'intrants et des niveaux de production optimaux en fonction des prix des facteurs de production et des prix de vente des produits.

## Encart 7 : La notion d'efficience

L'efficience est un indicateur de performance utilisé en évaluation de système, de projet et de politique. Il permet de mesurer les gaspillages ou l'utilisation optimale des ressources (investissement, temps, travail…). Cet indicateur met en relation les résultats obtenus par rapport aux ressources ou moyens mis en œuvre. L'amélioration de l'efficience passe donc par un meilleur résultat pour un moindre effort, c'est-à-dire par un accroissement des résultats à moyens constants ou une diminution des moyens utilisés pour un même résultat. Les indicateurs d'efficience les plus connus sont la productivité, le rendement agricole et l'efficience énergétique.

## Encart 8 : La notion de performance

La notion de performance renvoie à des mesures formulées par des indicateurs de gestion d'entreprise, d'évaluation de projet ou de politique qui rendent compte de leur cohérence, efficience, efficacité et pertinence. Il s'agit d'une indication chiffrée caractérisant les possibilités optimales d'un système de production, d'une exploitation, d'un projet ou d'une politique en vue d'améliorer leur pilotage. Cette amélioration se mesure soit par rapport à un objectif ou une norme -c'est le cas par exemple du seuil de rentabilité- soit par rapport à une période antérieure. Cette mesure, qui autrefois permettait de vérifier a posteriori l'atteinte des objectifs, vise maintenant à anticiper des dérives. Une autre évolution de la notion de performance est le passage d'une performance monocritère essentiellement axée sur les coûts, à une notion multicritère introduisant de nouvelles variables telles que la qualité, les délais, l'innovation mais aussi plus largement les impacts sociaux et environnementaux.

# CHAPITRE 1. QU'EST CE QUE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE ?

Dans ce chapitre, nous tenterons de proposer un point de vue sur la notion d'intensification écologique. Nous en verrons successivement :

(1) la définition telle qu'elle est proposée en agriculture et ses liens avec l'agro-écologie (§ 11),

(2) l'intérêt de la prise en compte des services écosystémiques (§ 12),

(3) l'adaptation de la notion de services écosystémiques au champ de l'aquaculture (§ 13).

## 11. DÉFINITION DE LA NOTION D'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE ET EXEMPLES EN AGRICULTURE

L'expression « agriculture écologiquement intensive » est vulgarisée en France depuis le Grenelle Environnement en 2007. Elle correspond à un courant de l'agronomie et à des pratiques agricoles inspirées de l'agro-écologie et de l'agriculture de conservation.

Avant de détailler les potentialités de cette intensification écologique pour l'aquaculture, les principes de l'agro-écologie, dont elle est issue, seront d'abord précisés et illustrés par quelques exemples pris dans l'agriculture.

### 111. DES PRINCIPES ISSUS DE L'AGRO-ÉCOLOGIE

#### *A) Définition(s)*

L'agro-écologie est issue de réflexions provenant à la fois des scientifiques et des producteurs. Elle vise à appliquer les connaissances écologiques pour concevoir et

gérer des systèmes de production alimentaires durables (Gliessman, 1998). La force de ce courant est qu'il est constitué de trois composantes interactives qui se renforcent mutuellement et qui peuvent selon les pays être plus ou moins développées[1] :

- **l'agro-écologie comme une nouvelle discipline scientifique.** Son essor date des années 1990 (Altieri, 1995 ; 1999), alors que les travaux fondateurs sont dus à des zoologistes allemands (Friederichs, 1930) et à des américains, physiologistes des plantes (Hanson, 1939). En tant que discipline, elle peut être définie comme ***« l'étude des interactions entre plantes, animaux, humains et environnement à l'intérieur du système agricole »*** (Wezel et *al.,* 2009)[2].

  De nos jours deux axes de recherche se distinguent : la « hard agro-écologie » pour l'étude des flux et des interactions (matière, biologie, économie) au sein de l'agro-écosystème et la « soft agro-écologie » pour l'étude des interactions entre le « hard agro-écosystème » et les activités humaines. Ce second axe se préoccupe du rôle des connaissances culturelles ou académiques, des formes de diffusion de ces connaissances et des expérimentations qui peuvent conditionner la mise en œuvre des options techniques proposées par la « hard agro-écologie ».

- **l'agro-écologie comme un ensemble de pratiques.** Il s'agit de proposer des alternatives à une agriculture utilisant intensivement des intrants issus de la chimie et soutenue par l'agrochimie, à partir des pratiques des agriculteurs (Wezel et *al.,* 2009). Elle se construit au travers d'une communauté d'agriculteurs structurée en réseaux de façon à optimiser et diffuser les innovations produites. **La mise en œuvre, voire l'élaboration, des principes de l'agro-écologie, ne relèvent pas d'un processus « *top down* » mais plutôt d'une co-construction par des approches participatives qui valorisent les connaissances et l'expérience des agriculteurs.** Le rôle des réseaux d'acteurs est à souligner dans l'innovation ainsi que l'importance des processus d'apprentissage social (De Schutter, 2010).

- **l'agro-écologie comme un mouvement, au sens de pensée politique.** La prise de conscience des impacts des substances toxiques émises par l'agriculture sur l'environnement a constitué la première étape de la constitution de l'agro-écologie comme mouvement principalement en Amérique Latine et du Nord, dans les années 1960. C'est maintenant un courant qui promeut une agriculture alternative au travers de réseaux d'agriculteurs, d'agents de développement et de consommateurs. Sa cible principale concerne les petits agriculteurs en opposition aux grandes exploitations agro-industrielles, jugées polluantes et source d'exclusion pour les petits paysans et travailleurs pauvres. Elle soutient l'image d'une agriculture autonome (Wezel et *al.,* 2009), permettant de subvenir aux besoins d'une cellule familiale, notamment au Brésil. **Ce mouvement construit un nouveau référentiel souvent associé à des valeurs et des choix de vie spécifiques, en particulier au travers des notions d'équité et de justice sociale.**

[1] Ainsi on note qu'en France l'agro-écologie est surtout comprise comme un ensemble de pratiques agricoles tandis qu'en Allemagne c'est plutôt une discipline scientifique dont la reconnaissance est ancienne et qu'aux Etats-Unis et au Brésil, les trois composantes sont présentes avec néanmoins une dimension scientifique plus marquée aux Etats Unis et un développement important comme courant « politique » au Brésil.

[2] Comme pour l'intensification écologique, les définitions de l'agro-écologie peuvent être multiples. L'intensification écologique peut par exemple englober les approches « d'éco-agriculture », « d'agriculture persistante » ou encore d'intensification durable (Pervanchon et Blouet, 2002).



L'agro-écologie est un prolongement aux approches systémiques. **Elle trouve des échos en économie avec le développement du courant de la bio-économie** (Passet, 2010). Il s'agit pour l'économie de « *s'ouvrir sur la biosphère dont elle ne constitue qu'un sous-système et non pas l'intégration du vivant dans une logique strictement économique* », c'est-à-dire « *d'insérer les activités économiques dans les écosystèmes naturels et humains sans altérer les fonctions qui permettent leur reproduction dans le temps* » (Passet, 2010). Deux grands principes sont mis en avant : l'interdépendance et la circularité qui conduisent les systèmes à s'autoréguler par le jeu complexe de rétroactions dynamiques.

**Encart 9 : Définition de l'économie circulaire**

L'une des entrées de la mise en œuvre de l'intensification écologique est la pratique des recyclages interne et externe développée en écologie industrielle. Ces pratiques, conduites dans un processus de production, valorisent en interne ou en externe, les déchets ou plus généralement les coproduits. Ces développements font référence aux approches « *cradle to cradle* » qui visent à rompre avec la logique linéaire : extraire, fabriquer, consommer, jeter. L'économie circulaire s'insère dans cette logique en proposant de produire autrement en intégrant une exigence écologique à tous les niveaux, de la conception, en passant par la production, jusqu'au recyclage. L'économie circulaire vise à améliorer l'efficience de l'utilisation des matériaux et de l'énergie. Dans ce modèle, les sources d'énergie utilisées doivent être le plus possibles renouvelables tout en évitant le recours aux produits chimiques. Cependant le maillon essentiel est bien le zéro déchet. Ces logiques sont en développement dans l'industrie notamment avec l'appui d'outils d'Analyse de Cycle de Vie et de mesures d'Emergy. En agriculture, cette question du recyclage a été développée plutôt dans une logique de diversification ou d'intégration des activités.

### *B) Principes*

Le principe de base de l'agro-écologie est la préservation et la reconnaissance de la biodiversité. Ce principe se décline dans le postulat selon lequel **plus il y a de biodiversité, plus le système est productif et résilient aux aléas climatiques ou aux attaques de ravageurs et maladies.** Altieri (2002), qui est l'auteur de

référence le plus souvent cité, propose cinq principes pour guider l'agro-écologie des systèmes de culture :

1) Recycler la biomasse et équilibrer les flux de nutriments, ainsi que les flux d'énergie,
2) Sécuriser la qualité des sols en améliorant la matière organique et l'activité biologique,
3) Minimiser les pertes en énergie solaire, eau, air, et nutriments en provoquant des microclimats, la récupération de l'eau et la couverture des sols,
4) Renforcer la diversité génétique et la diversité spécifique au sein des agro-écosystèmes dans le temps et l'espace, notamment en intégrant les systèmes de culture et les systèmes d'élevage,
5) Renforcer les interactions biologiques bénéfiques et les synergies entre les composants de la biodiversité de l'agro écosystème en soutenant les processus et services écologiques clés. Ce principe met l'accent sur les interactions et la productivité à l'échelle de l'ensemble du système agricole plutôt que sur les variétés individuelles.

**Outre leur dimension environnementale, ces principes ont aussi une dimension d'équité et de justice sociale importante.** Il s'agit de garantir une nourriture disponible pour tous mais aussi d'accroître les revenus des petits exploitants. L'accent est mis aussi sur la mobilisation des savoirs locaux, notamment pour réadapter des pratiques anciennes ou pour bénéficier des innovations et expérimentations mises en œuvre de façon empirique par les producteurs en fonction des contextes.

### *C) Conditions et échelles d'application*

**Le passage à l'agro-écologie peut occasionner des coûts de transition importants et nécessite un accompagnement spécifique.** On évoque ici quelques pistes quant aux principales mesures d'accompagnement qu'il est nécessaire d'envisager.

On peut signaler le besoin de renforcer bien évidemment les mesures de vulgarisation mais aussi selon les contextes de développer des installations de stockage et les organisations collectives (coopératives, réseaux… ), de faciliter l'accès au marché et au crédit et de mettre en œuvre des mesures de régulation des marchés, notamment pour stabiliser les prix. L'intégration aux écosystèmes permet de renforcer la durabilité à moyen terme des exploitations qui bénéficient des processus naturels de résilience (s'ils ne sont pas surexploités). Cependant cette intégration peut aussi générer à court terme une plus grande vulnérabilité aux aléas climatiques, dont il convient de se prémunir. Enfin, il convient de s'assurer de l'existence de dispositifs de gouvernance adaptés à différentes échelles. La reconnaissance des savoirs locaux et l'existence des objectifs d'équité et de justice sociale impliquent de tenir compte de l'importance du rôle des réseaux d'acteurs dans les processus d'innovation et de partage des connaissances, et de mettre en œuvre des approches participatives. Celles-ci visent à favoriser l'adaptation des innovations aux contextes, mais aussi à renforcer l'apprentissage, l'autonomie et les capacités des petits paysans, et notamment des femmes, ainsi que la légitimité de ces politiques (De Schutter, 2010).

La mise en œuvre des principes de l'agro-écologie implique plusieurs échelles. Cette diversité d'échelles résulte notamment du rôle des interactions écologiques sous-jacentes. Du fait des interactivités avec les processus naturels, les fonctions de production se complexifient et changent d'échelle de façon à s'articuler avec les unités fonctionnelles de l'environnement (bassin versant par exemple pour la régulation de la qualité et de la disponibilité en eau). De leur côté, Wezel et *al.* (2009) proposent trois échelles d'étude pour l'agro-écologie : (i) la parcelle ou le champ, (ii) l'agro-écosystème ou l'exploitation agricole et (iii) le système alimentaire dans son ensemble.

## 112. APPLICATION DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE EN AGRICULTURE : QUELQUES REPÈRES

### *A) Principes et exemples*

En référence aux principes de l'agro-écologie, l'intensification écologique de l'agriculture (Cirad, 2007 ; Chevassus-au-Louis et Griffon, 2008 ; Griffon, 2010) s'appuie sur les fonctions naturellement productives d'un écosystème et cherche à les optimiser pour atteindre des rendements comparables à ceux de l'agriculture conventionnelle tout en réduisant le recours aux intrants chimiques et la dégradation de l'environnement. Une définition de référence est celle produite par le Cirad (2007) : l'agriculture écologiquement intensive ***« s'appuie sur les processus et les fonctionnalités écologiques pour lutter contre les bio-agresseurs, réduire les nuisances, mieux valoriser les ressources rares et améliorer les services écologiques »***. Quelles que soient les définitions, qui sont multiples, dans tous les cas la connaissance des interactions avec le milieu naturel doit être renforcée pour identifier les gains de productivité que peut générer la combinaison des processus écologiques et agronomiques. La notion de gain de productivité est entendue ici au sens large. Elle peut se définir en volume par une augmentation des rendements ou la réduction des pertes. On peut aussi envisager ces gains de productivité en valeur lorsque les nouvelles pratiques adoptées réduisent les dépenses ou améliorent la valorisation des produits. L'intensification écologique vise donc à « *diminuer le recours aux intrants au profit des ressources et fonctionnalités naturelles tout en diminuant les externalités négatives* » (Griffon, 2013a).

L'intensification écologique peut prendre diverses formes ce qui implique que ses contours restent flous et évolutifs : l'image la plus courante est la substitution des intrants chimiques par des processus naturels. On peut citer par exemple, l'association de cultures pour lutter contre les bio-agresseurs, la culture sous couvert végétal pour réduire l'irrigation, l'aération des sols par les vers de terre plutôt que par les labours… Les options sont diverses, les contraintes économiques, sociologiques et institutionnelles nombreuses, et les besoins de connaissances écologiques importants (Griffon, 2013a). La diversité des voies de mise en œuvre a conduit Griffon (2013a) à schématiser à la fois la diversité des entrées possibles et les différences avec l'agriculture conventionnelle à travers la figure suivante (Figure n°2). Celle-ci témoigne de changements importants à la fois en amont des itinéraires techniques au niveau des intrants et en aval pour les exportations au sens large, à savoir les produits mais aussi les externalités générées.

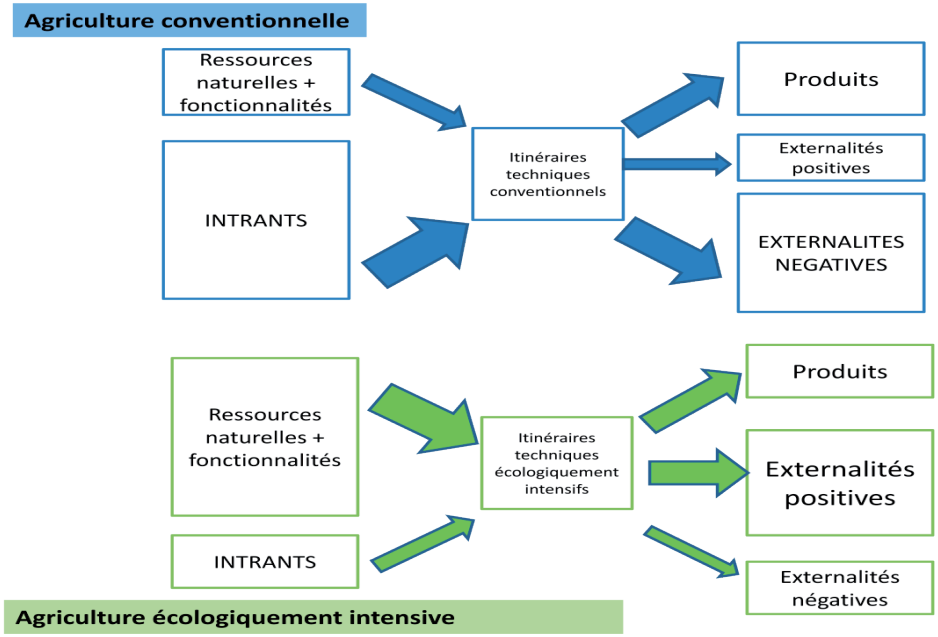



Figure 2 : Comparaison des agricultures conventionnelle et écologiquement intensive (Griffon, 2013a).

### B) *Un nouvel éco-agriculteur*

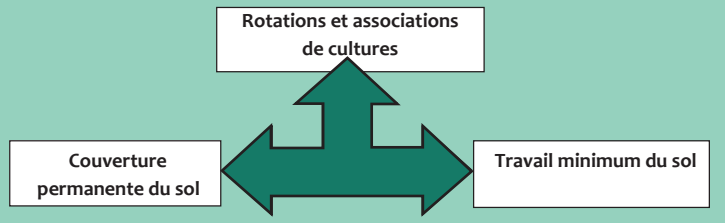
La notion d'intensification écologique marque une nouvelle orientation dans l'agriculture. Il s'agit de rompre avec la phase d'intensification classique, qui s'est manifestée dans l'agriculture par le passage du paysan à l'agriculteur, puis



à l'entrepreneur agricole. Plus généralement, au cours du temps on note que l'homme cueilleur–chasseur/pêcheur prédateur est devenu agriculteur et éleveur, puis ingénieur construisant des systèmes ou façonnant son environnement pour son propre usage. L'introduction des objectifs de développement durable a progressivement conduit à repenser les modes de production pour tenir compte des contraintes environnementales, des problématiques d'aménagement des territoires et de conservation des paysages, ainsi que des questions de qualité des produits et de sécurité alimentaire. Ces évolutions ont ainsi à nouveau impacté la définition du métier d'agriculteur. A présent l'entrepreneur agricole tend à devenir éco-agriculteur avec différentes déclinaisons : agriculture biologique, raisonnée, durable ou de conservation (Pervanchon and Blouet, 2002).

**Encart 10 : Exemple de l'agriculture sous couvert végétal : pas de travail du sol, un couvert végétal permanent, une succession culturale judicieuse**

La FAO (2012b) définit l'agriculture de conservation (AC) comme « *une méthode de gestion des agro-écosystèmes qui a pour but une amélioration soutenue de la productivité, une augmentation des profits ainsi que de la sécurité alimentaire tout en préservant et en améliorant les ressources et l'environnement* ». L'agriculture de conservation se caractérise par trois principes interactifs représentés ci-dessous.




Ces principes sont contextuels. Leurs combinaisons dépendent de la zone où ils s'appliquent. Leur mise en place nécessite des compétences particulières pour établir les rotations, associations de culture, et pour gérer la couverture permanente et le travail minimum du sol suivant le type de sol, les rotations et le type de culture.

### C) *L'illusion de la simplicité et du retour à des pratiques ancestrales*

Deux voies complémentaires d'intensification écologique se distinguent selon que l'on s'appuie sur la reprise et l'adaptation de pratiques anciennes ou sur des savoirs issus de l'écologie industrielle en intégrant un recours important aux technologies de l'information (Melville et Ross, 2010). Selon les contextes, des logiques différentes existent : on parle en effet plutôt d'intensification écologique dans les pays du sud et d'écologisation des pratiques dans les pays développés. **Dans tous les cas les connaissances écologiques doivent être développées et il convient de s'affranchir de l'illusion de la simplicité de ces pratiques.** Au contraire, outre la complexité des processus écologiques qui sont mobilisés, il apparaît que les agro-systèmes écologiquement intensifs sont plus complexes, car ils utilisent d'avantage d'espèces qu'en agriculture conventionnelle. Les conséquences sont doubles : il s'agit d'innover au sein de l'exploitation par l'adoption de nouvelles pratiques mais aussi d'améliorer la qualité de l'environnement à l'échelle des territoires. Ainsi, non seulement les chefs d'exploitation et le monde agricole sont concernés mais aussi l'ensemble de la société. Cette seconde échelle transforme l'image du secteur auprès des consommateurs et des citoyens. Elle peut générer l'octroi de subventions ou des formes spécifiques de valorisation lorsque les gains de productivité économique ne sont pas suffisants.

### D) *La place de l'innovation*

Toute adoption de nouvelles pratiques et d'un nouvel itinéraire technique, renvoie à la théorie de l'innovation qui met l'accent non seulement sur la maîtrise des procédés techniques mais aussi sur les innovations organisationnelles et institutionnelles. L'intensification écologique s'accompagne d'importants besoins de connaissances, notamment en agronomie et en écologie. **Elle implique des innovations spécifiques orientées vers des éco-innovations ou des innovations environnementales** (Aggeri, 2000 ; 2011). Ces éco-innovations recouvrent de nouvelles idées, comportements, produits, process, dispositifs, organisations qui contribuent à répondre aux objectifs de durabilité écologique (Renning, 2000 ; Charue-Duboc et Midler, 2011).

La mise en œuvre de ces principes dans l'agriculture en France se heurte à des contraintes sociologiques dues au changement de représentation du métier qu'impliquent ces pratiques (Michel-Guillou, 2006 ; Fernandez et *al.*, 2009). Il s'en suit **un changement des compétences et du statut de l'agriculteur qui tend à devenir, ou être reconnu comme un co-producteur avec la nature d'un service qui n'est plus uniquement à vocation alimentaire ou marchand.** Ces transformations impactent aussi la structure et la nature des dispositifs



d'accompagnement et des réseaux professionnels. Ceux-ci, maintenant liés à internet font intervenir des collectifs plus larges, concernant à la fois l'échelle, avec des liens souvent internationaux, et la nature des acteurs, avec l'association fréquente de non agriculteurs (collectivités, ONGs écologiques…). **Ces nouveaux réseaux font émerger de nouvelles élites techniques, voire sociales qui induisent des restructurations des jeux d'acteurs** (Fleury et *al.*, 2011). Lemery (2003) évoque la fabrique d'une nouvelle agriculture en montrant un effort réflexif croissant des agriculteurs tandis que Stassart et *al.* (2011) parlent de transition agro-écologique et évoquent, dans l'esprit des nouvelles approches sociologiques (Giddens, 1994 ; Beck, 2003), un processus de modernisation réflexive.

**Encart 11 : Exemple de contraintes sociologiques à l'adoption au travail sans labour**

Toute innovation, en tant que construction sociale (Akrich et *al.*, 1988a et b), va toujours, lorsqu'elle est initiée, rencontrer des détracteurs et faire émerger des routines défensives, et ce pour des raisons multiples. Par exemple, l'adoption des principes de l'agriculture écologiquement intensive se heurte à des réticences culturelles de la part des agriculteurs. En effet, le fait de laisser des résidus de culture sur la parcelle est contraire aux codes sociaux qui veulent qu'un bon agriculteur ait une parcelle propre après la récolte. Ceux qui ne récoltent pas les résidus -paille- ne sont pas considérés comme de « vrais agriculteurs ». A cette contrainte culturelle s'ajoutent d'autres contraintes socio-techniques (Goulet, 2013), telles que le manque de références. L'aversion au risque des agriculteurs et l'incertitude financière (perte de revenu) peuvent aussi expliquer dans nombreux cas l'absence d'adoption de ces innovations.

Enfin, ces nouvelles pratiques se conjuguent avec l'émergence de nouvelles valeurs et d'un courant « politique ». Il ne s'agit donc pas seulement d'acquérir de nouvelles compétences par des formations ou des expérimentations, mais de s'approprier de nouvelles valeurs, de co-construire collectivement une nouvelle norme. Certains auteurs (Lemery, 2010 ; Goulet, 2012) montrent ainsi l'importance de la distance entre les représentations du métier et du modèle technique des agriculteurs et les nouveaux principes et pratiques qu'implique l'adoption de l'intensification écologique : plus ces principes et pratiques seront éloignés du modèle de référence, plus les chances que ces innovations soient rapidement adoptées seront faibles. Il convient donc de ne pas se limiter aux aspects techniques de l'innovation mais d'en explorer les dimensions sociales et organisationnelles qui jouent aussi un rôle déterminant. L'importance de ces processus sociaux et organisationnels conduit à adopter des démarches de traduction entre science, agriculture et société préconisées par le courant de la sociologie de l'innovation (Callon et *al.*, 2001). Ainsi, les cas du développement

durable ou de l'intensification écologique qui supposent des changements de valeurs et de référentiels impliquent des apprentissages spécifiques qui sont qualifiés d'apprentissages en double boucle en science de gestion (Argyris et Schön, 1996).

**Encart 12: L'apprentissage en double boucle**

Argyris et Schön (1996) en étudiant les changements dans les organisations ont mis en évidence trois types d'apprentissage (1) Les apprentissages en « simple boucle » impliquent des modifications des pratiques, des façons de faire, de travailler, et de se coordonner mais sans changement du « modèle de décision ». (2) Lorsque les changements concernent la stratégie et les objectifs à l'échelle de l'activité ou de la nature de l'organisation (passage par exemple du statut d'entreprise privée à celui de coopérative), c'est-à-dire qu'ils impliquent un changement des valeurs, des modèles d'action, il s'agit d'apprentissages en « double boucle ». (3) Enfin, lorsqu'il s'agit de changer la façon d'apprendre à apprendre, les auteurs évoquent des apprentissages en « triple boucle ».

## 113. QUELLES PISTES POUR UNE APPLICATION DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE À L'AQUACULTURE ?

La transposition à l'aquaculture peut s'appuyer en premier lieu sur l'adaptation aux productions animales, dwes principes de l'agro-écologie proposée par Dumont et *al.* (2012). **Dans les systèmes d'élevage, les pratiques conduisent à privilégier l'alimentation produite sur l'exploitation, des méthodes sanitaires préventives plutôt que curatives et l'utilisation de races rustiques.** D'importants efforts sont aussi réalisés au niveau du bien-être animal, notamment pour réduire les facteurs de stress et l'utilisation d'adjuvants (hormones de croissance). Plus généralement il s'agit d'éviter le forçage de la physiologie en valorisant les fonctionnalités naturelles. Dumont et *al.* (2012) ont proposé cinq principes pour les systèmes d'élevage qui peuvent tout à fait être adaptés aux systèmes aquacoles. En effet ceux-ci constituent un système d'élevage particulier pour lequel aucun principe de référence n'a encore été proposé. Ces principes sont présentés ci-après en donnant quelques exemples de pratiques possibles pour l'aquaculture (Tableau n°1).



Tableau 1 : Principes d'agro-écologie pour les systèmes d'élevage terrestres et aquatiques

| Principes proposés par Dumont et *al.*(2012) pour les systèmes d'élevage | Exemples d'applications possibles dans le cas particulier des systèmes aquacoles |
|---|---|
| P1 : Adopter des pratiques permettant d'améliorer la santé des animaux | Développement du recours à des techniques de phytothérapie et d'allélopathie |
| P2 : Diminuer les intrants anthropiques | Mise en œuvre d'une aquaculture intégrée aux systèmes d'élevage terrestres comme l'association porcs- poissons au Brésil |
| P3 : Diminuer la pollution en optimisant le fonctionnement métabolique | Valorisation locale des rejets du système aquacole (boues, nutriments…) comme intrants pour l'agriculture |
| P4 : Augmenter la diversité dans les systèmes de production animale pour renforcer leur résilience | Pratique de l'aquaculture multi-trophique qui associe l'élevage d'espèces de niveaux trophiques complémentaires |
| P5 : Préserver la diversité biologique des agro-écosystèmes en adaptant les pratiques de gestion | Entretien de la végétation, roselières en bordure des étangs piscicoles par exemple, pour contribuer au maintien de la biodiversité |

A titre d'exemple, au Brésil, les principes de l'agro-écologie sont reconnus depuis près de vingt ans et sont appliqués dans le développement d'un modèle d'aquaculture spécifique dénommé « *Modelo Alto Vale de Itajai de Pisicultra Integrada* » (MAVIPI (Encart n°14)). Pratiqué dans l'Etat de Santa Catarina, ce modèle est basé sur deux niveaux d'intégration : celui d'un élevage de porc et d'un étang piscicole ; et celui de l'exploitation de la chaine trophique au travers d'une polyculture de carpes (Encart n°13). Ce système répond aux second, troisième et quatrième principes de Dumont et *al.* (2012).

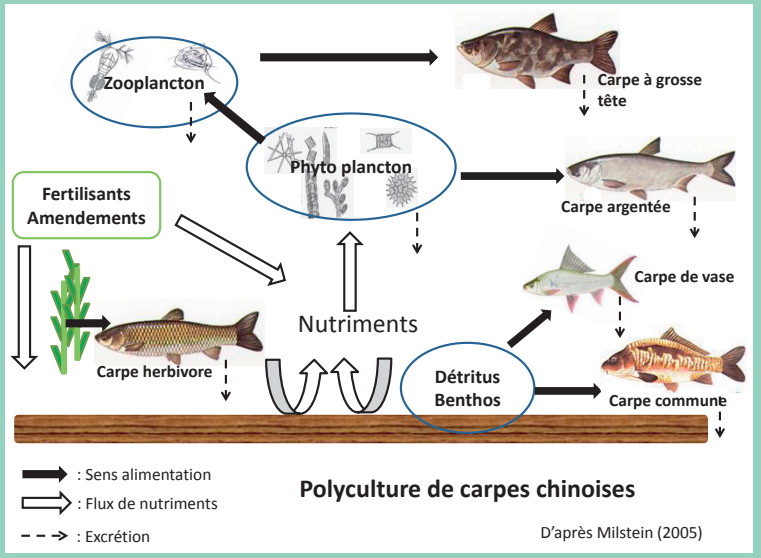
## Encart 13 : Définition et fonctionnement des réseaux trophiques

Le réseau trophique qualifie les relations alimentaires entre les individus appartenant aux différentes communautés d'espèces présentes dans un écosystème (biocénose). La multiplicité des taxons consommés par une même espèce, ou consommant la même espèce rend compte de la complexité des relations prédateurs proies. En conséquence, il est préférable d'abandonner la notion de chaîne trophique au profit du réseau trophique qui rend mieux compte de la polyphagie (Pourriot et Meybeck, 1995). Les végétaux occupent les rangs trophiques les plus faibles, les rangs trophiques les plus élevés étant occupés par les consommateurs supérieurs (prédateurs de poissons carnassiers par exemple). A ces comportements de prédation s'ajoutent les effets trophiques, c'est-à-dire les phénomènes et comportements qui modifient les réseaux trophiques en l'absence de consommation. La bioturbation provoquée par la carpe, en est le meilleur exemple : l'agitation du substrat provoquée par cette espèce rend le milieu turbide et défavorise les plantes immergées ; les nutriments remis en suspension à cette occasion favorisent à l'inverse la production du phytoplancton.

Dans un élevage piscicole extensif, les réseaux trophiques sont gérés en trois étapes successives :

(1) le soutien du réseau trophique par l'apport d'intrants,
(2) la manipulation du réseau trophique en orientant la colonisation des espèces par des pratiques d'élevage,
(3) la récolte par l'extraction des produits du système.

Un exemple emblématique de la manipulation du réseau trophique est la polyculture de carpes chinoises où les espèces ont été choisies pour leur complémentarité trophique de façon à valoriser au mieux les différents compartiments de l'étang.

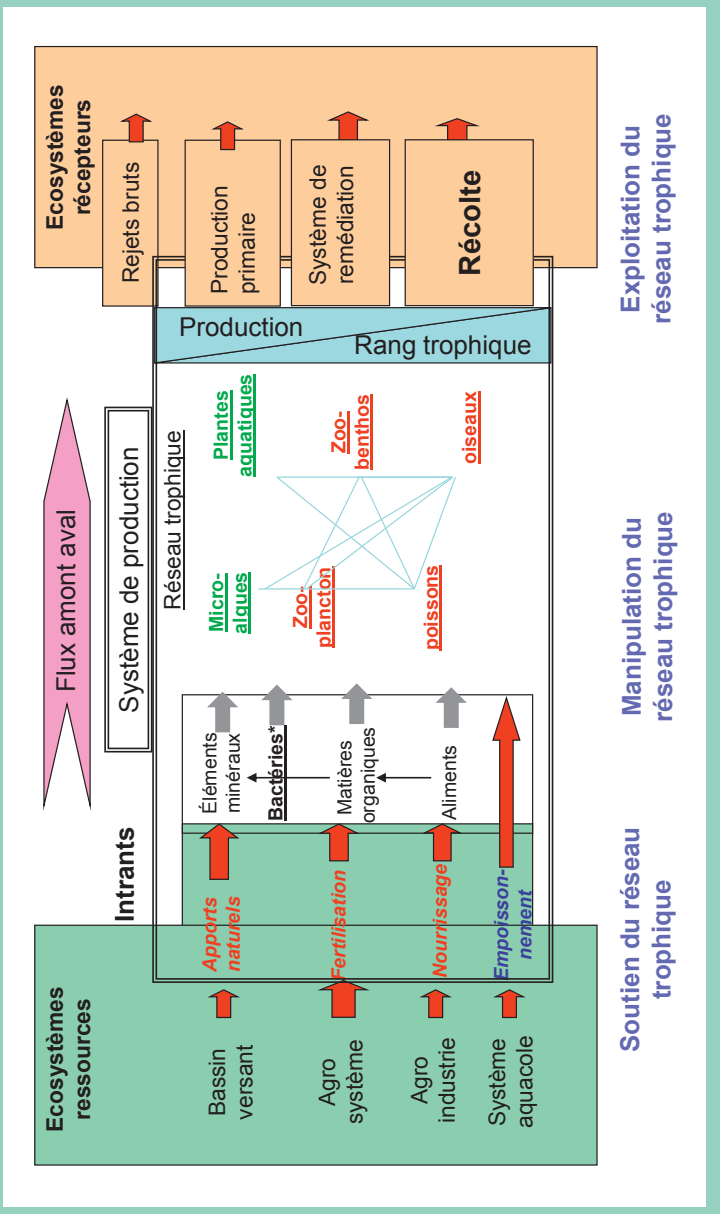



Polyculture de carpes chinoises

D'après Milstein (2005)



## Suite Encart 13



## Encart 14 : Présentation du modèle MAVIPI (*Modelo Alto Vale de Itajai de Pisicultura Integrade*)

Le modèle MAVIPI a été développé dans les années 1990 au Santa Catarina, Etat du Sud du Brésil. Il a été proposé par des scientifiques d'EPAGRI en réponse à la double contrainte d'avoir un système qui soit respectueux de l'environnement et productif. Il repose sur l'intégration d'un élevage de porc et d'étangs piscicoles selon un ratio d'environ 80 à 100 porcs par hectare d'étang. L'étang accueille une production de poisson en polyculture basée sur la complémentarité trophique de différents types de carpes (carpe herbivore, carpe à grosse tête, carpe argentée) et une espèce cible qui est la carpe commune ou le tilapia. Ce modèle est une version moderne de l'ancestral système chinois. Il utilise de l'aliment formulé lorsque la croissance permise par les effluents porcins n'est plus jugée suffisante. Des aérateurs sont chargés d'homogénéiser la masse d'eau et d'intensifier les échanges gazeux (oxygénation, élimination du CO2). Ce système produit entre 10 et 15 tonnes annuelles de poissons par hectare. Il faut compter deux cycles d'élevage porcin de 5 mois, pour un cycle de production de piscicole de 10 mois.



## Encart 15 : l'apport de la phytothérapie ou la valorisation de la biodiversité végétale à des fins thérapeutiques en aquaculture

La simplification des biocénoses aquatiques -telle qu'observée dans les systèmes aquacoles intensifs- s'accompagne d'une augmentation de la pression des agents pathologiques et d'une altération de l'équilibre hôte-pathogène qui conduit souvent au déclenchement des maladies à caractère épidémique ou enzootique au sein d'un élevage (Caruso, 2009). Confronté à des pertes en élevage significatives, le pisciculteur a alors recours à un arsenal thérapeutique peu spécifique pour les animaux aquatiques, avec des résultats mitigés pour le cheptel et un risque avéré pour le consommateur et plus largement un risque de santé publique. En particulier, les substances anti-infectieuses, notamment les antibiotiques, représentent une menace persistante pour la santé publique au travers d'éventuels résidus dans la chair des poissons, mais aussi *via* des mécanismes de sélection et antibio-résistance bactérienne, transmissibles aux bactéries de l'environnement et potentiellement pathogènes (Serrano, 2005 ; Sarter et *al.*, 2007). Plusieurs pays ont donc restreint l'usage des médicaments en aquaculture, ces derniers alourdissant par ailleurs significativement le compte d'exploitation des fermes.

Confrontés à ces difficultés, les pisciculteurs asiatiques, indonésiens en particulier, redécouvrent et adaptent des pratiques thérapeutiques traditionnelles à base de plantes. La phytothérapie, largement présente au quotidien chez les indonésiens est donc utilisée par les pisciculteurs de l'ile de Java. De récentes enquêtes ethnobotaniques (Caruso et *al.*, 2013) mettent en exergue un usage très répandu des plantes et une richesse (environ une centaine de plantes) insoupçonnée. Néanmoins, l'usage de ces plantes est contrasté selon l'expérience du pisciculteur, l'espèce de poisson élevée et le degré d'intensification des pratiques d'élevage. Des enquêtes, réalisées au Viêtnam du nord chez des pisciculteurs traditionnels font également état de l'usage prépondérant des plantes comme remède aux mortalités dans les élevages. Les pisciculteurs enquêtés reconnaissent diverses activités thérapeutiques aux plantes, parfois même des usages spécifiques contre des maladies bactériennes ou parasitaires. Ces capacités d'observation et de jugement sont particulièrement importantes pour l'identification de plantes candidates pour une pharmacopée aquatique efficace et d'impact écologique limité. Cependant toutes ces connaissances restent largement empiriques et les pisciculteurs sont, vis-à vis des scientifiques, en demande constante d'information pour rationaliser l'usage des plantes, leur posologie, leurs effets et les modalités d'administration etc.

Entre tradition et découverte, les pisciculteurs testent et s'approprient l'usage des plantes, souvent par le bouche à oreille ou via des discussions entre collègues. Le rôle des instances d'encadrement et de vulgarisation de l'aquaculture en Indonésie est aussi à souligner dans la diffusion de l'usage des plantes parmi les pisciculteurs. De ce fait l'appropriation, puis l'usage rationnel des plantes, est un développement qui implique le savoir-faire traditionnel, des dispositifs de gouvernance et une participation active de la recherche à une demande catégorielle, mais aussi plus largement sociétale.

## 12. POURQUOI DÉCLINER L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE À L'ÉCHELLE DE L'ENSEMBLE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES ?

Les conséquences attendues de l'intensification écologique ne concernent pas seulement la production alimentaire (service d'approvisionnement), mais influencent l'ensemble des services écosystémiques rendus (MEA, 2011). En particulier l'intensification écologique peut se décliner à travers l'intensification des services de régulation ou de support qui ont des liens directs avec la conservation de l'environnement. Certains services culturels, par exemple le maintien des paysages, l'écotourisme, la sensibilisation à l'environnement peuvent aussi intervenir de façon directe, lorsqu'il s'agit d'une volonté de diversification ou indirecte comme conséquence non planifiée. **Il s'agit ici de dépasser la production d'externalités positives proposée par l'approche classique de l'intensification écologique pour intégrer le fait que le développement de ces services est le fruit d'une action volontaire et est recherché par les exploitants.** Le statut des agriculteurs ou des aquaculteurs change. Ils deviennent des co-producteurs avec la nature d'un service qui n'est plus uniquement à vocation alimentaire et qui n'est plus forcément marchand.

### Encart 16 : Rappel de quelques définitions

| La notion d'externalité | La notion d'aménité |
|---|---|
| Situation où le bien être d'une personne ou les résultats d'une activité sont affectés par un autre acteur ou une autre activité, sans compensation marchande directe. Cette compensation doit donc faire l'objet de régulations spécifiques. Parmi les nombreux exemples citons le cas des pollutions diffuses de l'agriculture via les nappes phréatiques qui impactent la qualité de l'eau des consommateurs, voire l'activité d'une société d'eau minérale comme dans le cas très étudié de Vittel (Brossier et al., 1993). On peut distinguer des externalités positives ou négatives. | Attribut d'un territoire qui peut être naturel ou façonné par l'homme (héritage patrimonial le plus souvent) et qui est lié et spécifique à ce territoire. Les aménités permettent de ce fait de le différencier par rapport à d'autres territoires qui en sont dépourvus. Une aménité est toujours envisagée comme une spécificité positive. On peut citer l'exemple des quartiers ayant une vue sur la mer où l'existence de cette aménité explique des différentiels de prix du foncier importants. |



L'extension de l'intensification écologique aux services écosystémiques (MEA, 2005 ; TEEB, 2010) permet de bénéficier d'un référentiel opérationnel qui renforce l'approche territoriale du développement durable et offre une approche positive de la conservation, voire de la restauration[3] des écosystèmes. Les liens qui sont établis entre la préservation de l'environnement et le bien être des sociétés, permettent de s'inscrire dans des scénarios positifs de politique publique gagnant-gagnant, en particulier du fait des normes de compensation prévues pour les opérations d'aménagement ou pour les politiques agricoles.

### Encart 17 : Règlementation sur les mesures de compensation

Concernant la réduction et la régulation de l'impact des opérations d'aménagement, d'infrastructure et/ou d'exploitation des ressources biologiques, générant des dommages sur la diversité biologique, le cadre législatif français et communautaire est basé sur le triptyque : «*éviter ; réduire ; compenser*». En France, le principe de compensation est intégré dans le droit français par le code sur l'environnement et la loi relative à la responsabilité environnementale (Loi n°2008-757 du 1er août 2008) qui vise à transposer la directive européenne 2004/35/CE. La compensation n'intervient donc qu'en complément des mesures d'évitement et de réduction des impacts, et ne doit concerner que des dommages résiduels et inévitables du projet sur la biodiversité. Il s'agit de réaliser des mesures pour restaurer, créer, améliorer ou empêcher la perte ou la dégradation d'un type d'écosystème du point de vue de la biodiversité en termes de composition des espèces, de structure des habitats et de services écosystémiques rendus.

## 121. PRENDRE EN COMPTE LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Le *Millenium Ecosystem Assessment* (MEA, 2005[4] ) appréhende la protection et le fonctionnement des écosystèmes au travers des services qu'ils rendent à la société par leur contribution au bien-être des humains. On distingue quatre types de service et cinq types de contribution au bien-être (Encart n° 18). Ce référentiel, qui permet une approche positive de la protection de l'environnement conduit à définir l'intensification écologique non plus seulement à l'échelle de l'exploitation agricole ou aquacole et de son écosystème immédiat. Il s'agit de considérer l'ensemble des services écosystémiques que cette intensification peut concerner, en fonction des pratiques, de l'intégration territoriale des exploitations et des contextes physiques. Dès lors, selon les services, les échelles peuvent être très

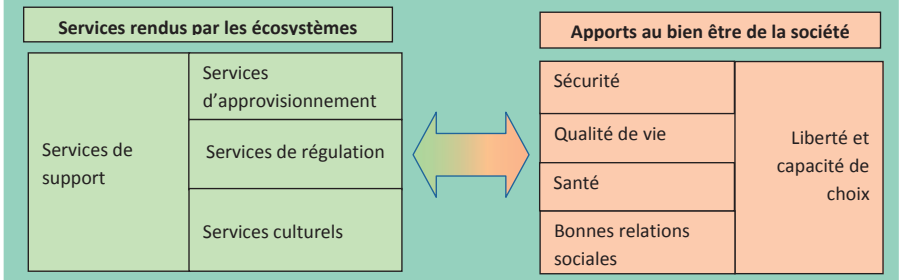
[3] Dans le cas d'un écosystème créé par l'homme il s'agirait plutôt d'entretien ou d'aménagement. D'importantes controverses existent au sujet de la notion de restauration pour caractériser la notion d'état initial, particulièrement dans les situations où les écosystèmes ont été largement et depuis très longtemps façonnés par l'homme.

[4] On a pris l'habitude d'associer ce courant aux travaux du groupe de travail international réuni à l'initiative du Secrétaire Général des Nations Unies, Kofi Annan, de juin 2001 à 2005 dans le cadre de l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. L'objectif était de produire une grille d'analyse adaptée aux besoins des décideurs. Néanmoins il existait de multiples travaux fondateurs comme en témoigne l'historique de Gomez-Baggethun et al. (2010) ou encore le numéro spécial de la revue VertigO (Bonin et Antona, 2012).

larges. Par exemple, l'entretien des roselières autour des étangs aquacoles permet, en tant que zone humide (Barnaud et Fustec, 2007), de renforcer le service de support (nidification, nourrissage, abri) pour certains oiseaux et lorsqu'il s'agit d'oiseaux migrateurs, les retombées de ce service doivent être appréhendées à une échelle spatiale qui peut être continentale.

### Encart 18 : Principes de l'approche écosystémique

Le MEA en 2005 et la TEEB en 2008 marquent une étape clé qui institutionnalise une nouvelle grille de lecture intégrant les activités anthropiques, les activités biophysiques et le bien-être humain. Cette approche, dite écosystémique, propose une perception positive (qualifiée de gagnant-gagnant) de la conservation de l'environnement en termes de contribution au bien être humain (Chevassus-au-Louis et *al.*, 2009). Critiquée par certains pour son caractère anthropocentré, elle conduit à appréhender les services écosystémiques soit comme le produit du capital naturel (courant « *ecological economics* »), soit comme une externalité positive (économie de l'environnement), soit enfin comme une activité relevant de l'économie des services (Aznar et *al.*, 2010 ; Froger et *al.*, 2012).




Dans le langage courant les terminologies « services écologiques » (*ecological services*), « services écosystémiques » (*ecosystem services*) et « services des écosystèmes » sont souvent utilisées. On rencontre aussi le terme de services environnementaux plus englobant (Amigues et Chevassus-au-Louis, 2011).

## 122. ADAPTATION DE LA NOTION D'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE À L'ÉCHELLE DES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES

Les cinq principes de l'agro-écologie (cf. 111) ont des effets à la fois pour l'exploitation et l'exploitant, mais aussi pour le territoire où se déroule l'activité agricole. Ces deux niveaux ne peuvent être dissociés au sens où les interactions entre les pratiques et les fonctionnalités de l'écosystème sont le point central du concept d'intensification écologique. Néanmoins, il est possible de différencier des niveaux de décision et des finalités dans la mise en œuvre de ces pratiques.



Les motivations pour les exploitants peuvent être de rechercher plus d'autonomie, plus d'efficacité ou encore une plus grande intégration territoriale des systèmes de production. Ces motifs peuvent être plus ou moins liés à des changements de valeur qui peuvent être à l'origine de la mise en œuvre de l'intensification écologique et/ou en résulter dans une logique itérative où la mise en œuvre de l'intensification écologique serait d'abord limitée à quelques actions puis être pensée plus globalement en termes de gestion territoriale intégrée. La prise en compte des services écosystémiques introduit du fait des interactions fonctionnelles au sein des écosystèmes, une diversité d'échelles, dont il convient de tenir compte au niveau de la mise en œuvre des actions d'intensification écologique. La solidarité écologique intra et inter territoires[5] doit être renforcée dans l'esprit des recommandations pour le maintien ou la construction de corridors écologiques ou de trames vertes et bleues qui visent la préservation de la biodiversité.

### Encart 19 : Définition et apport de la notion de solidarité écologique

Le concept de solidarité écologique est issu de la Loi n° 2006-436 du 14 avril 2006 réformant les parcs nationaux. Il vise à dépasser l'opposition entre zone protégée (zone centrale d'un parc) et périphérique (zone tampon), en lui substituant une vision plus interactive de l'espace de façon à assurer une meilleure cohérence territoriale. De même, il permet de dépasser l'opposition entre biodiversité remarquable et biodiversité ordinaire, notamment en montrant le rôle clé des espaces dits ordinaires dans les trames vertes et bleues. « *La solidarité écologique repose sur l'étroite dépendance réciproque entre deux espaces géographiques contigus ou non* » (Mathevet et *al.*, 2010). Elle intègre deux notions : la solidarité écologique de fait qui tient compte des fonctionnalités écologiques multi échelles et la solidarité écologique d'action qui rend compte des choix de modalités de gestion. **La solidarité écologique** de fait tient compte des fonctionnalités à travers plusieurs critères rendant compte de l'organisation spatiale du territoire et de la gestion des mobilités. Six critères sont proposés : la fonctionnalité de grands ensembles ou systèmes, la continuité écologique et la cohérence territoriale, la complémentarité des sites, la prise en compte des déplacements des espèces en fonction des types habitats, de la dynamique des populations et des réponses possibles pour l'adaptation aux changements climatiques. **La solidarité écologique d'action** implique de réfléchir à la conservation des fonctionnalités et des ressources naturelles au sein d'un projet de territoire ou d'une charte de parc naturel en tenant compte du patrimoine culturel, paysager et des enjeux et pratiques socioéconomiques. « *Elle souligne la communauté de destin entre l'homme, la société et son environnement* » (Mathevet et *al.*, 2010).

[5] Cette notion est à distinguer des questions de durabilité importée ou exportée qui tient compte des interdépendances spatiales et qui a conduit à définir des indicateurs de synthèse de type empreinte territoriale ou des approches sur l'ensemble du cycle de vie d'un produit. Ce n'est que lorsque l'équilibre entre la durabilité interne et externe est assuré que l'on peut parler de durabilité effective, les autres cas conduisant à une durabilité qui s'effectue au détriment des autres territoires, pour lesquels la notion de "sacrifices territoriaux" proposée par Nijkamp et al. (1992 cité par Laganier et *al.*, 2002) peut être évoquée.

Il est important de noter que le caractère anthropocentré du référentiel du MEA (2005) implique que l'existence d'un service écosystémique est conditionnée par **l'existence d'une demande ou d'un usage effectif.** Il peut s'agir d'usages (directs ou indirects) ou de la reconnaissance d'une valeur (valeur d'option, de legs ou d'existence), sachant que ces usages et ces valeurs sont très largement fonction des contextes. Enfin, soulignons que la prise en compte des services écosystémiques n'a pas pour ambition de chercher à évaluer monétairement leur valeur, bien que ce puisse être une voie pour renforcer la diversification des recettes des exploitations ou des territoires. Le principal objectif est d'identifier l'existence de ces services mais aussi leur niveau de reconnaissance par l'étude de la façon dont les acteurs les perçoivent pour identifier les modalités les plus opératoires et les intégrer dans une démarche d'intensification écologique.

## 13. LES SERVICES RENDUS PAR LES ÉCOSYSTEMES AQUACOLES

### 131. INVENTAIRE DES SERVICES

A partir des exemples de systèmes aquacoles étudiés dans le cadre du projet PISCEnLIT, l'objectif ici est de **caractériser les services écosystémiques rendus par les écosystèmes aquacoles (Tableau n° 2) en adaptant le cadre de référence proposé par le MEA** (2005). Il s'agit d'une liste générique étendue, car bien évidemment selon les systèmes aquacoles et les contextes territoriaux, l'éventail de ces services pourra être plus ou moins important.

Tableau 2 : Quelques exemples clés de services écosystémiques rendus par les étangs piscicoles

| | |
|---|---|
| **Services d'approvisionnement** | |
| Production de poisson | La production de poisson pour la consommation humaine est à l'origine de la création des infrastructures aquacoles. Il peut s'agir d'une espèce ou de plusieurs en polyculture, voire d'autres espèces que les poissons (mollusques, crustacés, plantes aquatiques) |
| Réservoir d'eau douce | La fonction de réservoir d'eau peut être directe ou indirecte selon que les étangs contribuent à l'irrigation ou au rechargement des nappes. |
| Production de fibres | Exploitation des roselières (chaume) ou production de fourrage provenant de l'entretien des berges ; fourniture de combustible issu de la végétation des berges (ripisylve) |
| Apport de fertilisants | Les boues piscicoles permettent des cultures sur assec ou peuvent être utilisées comme engrais pour la production de végétaux sur les berges ou des productions agricoles avoisinantes |
| **Services de régulation** | |
| Régulation du climat | Les étangs piscicoles peuvent agir comme puits de carbone ou contribuer à la régulation du climat local (température, humidité de l'air). |
| Régulation hydrologique | Les étangs piscicoles contribuent à recharger les nappes phréatiques et à écrêter les phénomènes de crue. Agissant comme des retenues, ils peuvent aider à contenir les incendies. |
| Régulation des maladies humaines et animales | L'aquaculture peut utiliser des espèces invasives d'autres agro-systèmes et contribuer à la régulation des pathogènes de ces milieux (ex. des cichlidés malacophages sont utilisés pour contrôler le développement des limnées, vecteur de la bilharziose). |
| Rétention des pollutions et dépollution | Les étangs piscicoles épurent l'eau en dégradant les matières organiques, en piégeant les métaux lourds dans les vases ou en métabolisant les polluants organiques. |

| Services Culturels | |
|---|---|
| Lien avec la religion, la culture locale, les traditions | Certaines espèces de poissons élevés en étangs pérennisent des recettes locales (carpe en France ou «*pindang patin*[6]» en Indonésie). L'implantation des étangs piscicoles date du Moyen Age en Europe et les poissons d'étang sont souvent présents sur les armoiries des villes, témoignage du rôle patrimonial de l'activité. Les pêches annuelles font souvent l'objet de fêtes traditionnelles. |
| Source d'inspiration et valeur sentimentale | Monet pour son tableau «les Nymphéas» s'est inspiré des nénuphars de son étang à Giverny. Les étangs sont souvent un sujet pour les photographes (cartes postales). |
| Apprentissage d'un savoir-faire | Dans les régions de tradition piscicole, les pratiques et savoir-faire font partie du patrimoine local et sont valorisés dans des musées (ex. musée des étangs de Lindre en Lorraine). |
| Sensibilisation à l'environnement | L'importante biodiversité dans les zones d'étangs piscicoles, notamment les oiseaux migrateurs, conduit fréquemment à développer des sentiers de randonnée et des sites d'observation. Les étangs sont des sites de prédilection pour l'éducation à l'environnement et donnent lieu à des excursions éducatives par les groupes scolaires (classes vertes). |
| Chasse et pêche | Les étangs piscicoles offrent des activités récréatives de pêche de loisir et de parcours de pêche organisés («*pesque paque*» au Brésil ou «*kolam mancing*» en Indonésie). La production d'alevins pour le repeuplement soutient la pêche de loisir en cours d'eau et en plan d'eau. Les étangs piscicoles sont aussi des lieux privilégiés pour la chasse au gibier d'eau. |
| Tourisme, écotourisme, paysage | L'attrait touristique des zones d'étangs piscicoles résulte des paysages particuliers générés par la présence de nombreux étangs (ex. communication touristique de la Benne en France repose sur le fait d'être «la région des mille étangs») |
| **Services de support (maintien de la biodiversité)** | |
| Production primaire et soutien des cycles naturels des nutriments | Les étangs piscicoles sont des milieux favorables à la production d'algue (plancton, épiphytes) et de végétaux aquatiques ou amphibies et ont une fonction d'auto-épuration permettant le recyclage des nutriments. |
| Zones de refuge, de nidification et de frayère | Les étangs piscicoles et leurs zones humides associées fournissent des zones d'habitat ou de refuge pour de nombreuses espèces d'oiseaux, de plantes ou d'espèces aquatiques (poissons, batraciens, crustacés, insectes, etc.). |
| Entretien des sols | En retenant les eaux, les étangs contribuent à limiter l'érosion des sols. |

[6] Soupe à base de poissons du groupe des Pangasius en indonésien.



## 132. LA PRISE EN COMPTE DES PERCEPTIONS POUR IDENTIFIER LE NIVEAU DE RECONNAISSANCE DES SERVICES

**Les recommandations relatives à la prise en compte des services écosystémiques insistent sur l'importance préalable d'une phase d'identification à partir des perceptions.** L'étude des perceptions s'inscrit dans le champ de l'analyse des représentations sociales qui permet de rendre compte des jugements, des valeurs et des informations auxquels un groupe social ou un individu se réfère. L'étude des représentations sociales relève de la sociologie et de la psychologie et implique des entretiens qualitatifs et des analyses de discours. La connaissance des perceptions nécessite des protocoles d'enquêtes adaptés (Kaplowitz, 2000 ; Kumar et Kumar, 2008 ; Quetier et *al.,* 2009) qui associent volontairement des questions fermées destinées à établir des typologies et des questions ouvertes pour analyser les perceptions spontanées. Elles sont très utilisées pour étudier les préférences des populations et leur niveau d'information par rapport aux politiques publiques.

**Encart 20 : Les perceptions et les représentations par rapport à l'environnement**

L'étude des représentations des questions environnementales est à l'origine de la psychologie environnementale (Moser, 2009). L'objectif est de comprendre les comportements en fonction des représentations sociales que l'on cherche à expliquer par des critères sociodémographiques. Lorsqu'on privilégie le rôle des déterminants individuels on parle d'approches psychométriques (Fischoff et *al.,* 1978). Lorsque l'accent est mis sur les déterminants collectifs, tels que les valeurs et les normes (Michelik, 2008), on parle d'approches culturalistes (Douglas, 1992). L'objectif est de définir des profils et des groupes d'individus ainsi que des critères favorables aux attitudes pro-environnementales de conservation et de protection, de façon à adapter au mieux les mesures des politiques publiques qui visent à infléchir les comportements. On note fréquemment l'importance des caractéristiques individuelles, telles que l'âge, le sexe, la formation (académique et empirique) et l'information, ces dernières étant le plus souvent positivement liées à la conservation. Plusieurs auteurs (Dreezens et *al.,* 2005 ; Dietz et *al.,* 2007 ; Shwom et *al.,* 2010 ; Becker et Félonneau, 2011) montrent que les motivations et perceptions vis-à-vis de la conservation de l'environnement, font intervenir des valeurs de dépassement de soi. Les individus sensibles à la conservation de l'environnement sont ainsi souvent définis par leur altruisme par rapport à des individus plus soucieux de leur bien être à court terme qui sont, a contrario, qualifiés d'égoïstes.

L'identification des perceptions contribue ainsi à ce que les mesures et les incitations mises en place soient mieux adaptées et donc mieux acceptées par les populations. Il s'agit notamment :

(i) de caractériser le niveau de connaissance et de reconnaissance des services de façon à définir la nature des incitations et des actions de sensibilisation à mener,

(ii) d'identifier des groupes cibles particuliers nécessitant des mesures d'accompagnement spécifiques,
(iii) d'anticiper les comportements de contournement des normes et les mesures de contrôle à mettre en place.

L'identification des perceptions, bien qu'elle joue un rôle déterminant pour la reconnaissance de ces services et du *design* des politiques publiques qui leur sont liées, fait assez peu l'objet de travaux spécifiques. **C'est cette phase préalable qui permet pourtant selon Balmford et *al.* (2002) d'appréhender l'ensemble des raisons qui fondent l'intérêt de la préservation des écosystèmes pour les sociétés humaines et qui peuvent permettre aux agriculteurs de devenir « *des gestionnaires à la fois de la production et des écosystèmes* »** (Tilman et *al.*, 2002 cités par Dale et Polasky, 2007). Dans la mise en œuvre des politiques publiques, le fait de s'appuyer sur des représentions communes facilite la convergence et donc la coordination des comportements (Livet et Thévenot, 2004). Il peut aussi s'agir comme l'ont fait Quétier et *al.* (2009), de confronter les discours et les perceptions aux objectifs des politiques publiques environnementales. L'étude des perceptions permet de hiérarchiser les services en fonction de leur importance sociale.

Après l'étude des perceptions, il s'agit d'évaluer la valeur attribuée aux services avant la mise en place de dispositifs de valorisation ou de paiement (Beaumont et *al.*, 2007 ; TEEB, 2010). La connaissance préalable des perceptions contribue dans ce cas à éclairer l'élaboration des protocoles d'enquête mis en œuvre pour évaluer la valeur des services rendus. En particulier dans les cas des démarches d'évaluation conjointe (« *choice experiment* »), qui tendent à se substituer aux évaluations contingentes (Encart n°21), la prise en compte des perceptions facilite l'identification et la hiérarchisation des attributs de façon à construire les différents scenarios qui sont proposés.

## Encart 21 : L'évaluation de la valeur des services rendus

Le concept des services écosystémiques est anthropocentrique. Au même titre que le concept de capital naturel, il sous-entend une approche utilitariste de l'écosystème à la différence qu'il ne se réfère pas uniquement à la sphère productive mais plus généralement au bien-être humain. En effet, l'existence d'un service écosystémique dépend de l'existence d'une demande ou d'un usage (direct ou indirect) ou encore de la reconnaissance d'une valeur (valeur d'option ou valeur d'existence). C'est cette demande ou cet usage qui conditionne la contribution au bien être de la société. La question de la valeur des services génère de nombreux débats provenant du caractère très anthropocentrique de ce concept et de ses conséquences sur la mise en œuvre de dispositif de paiement pour ces services (Maître d'Hôtel et Pelegin, 2012). Deux grandes visions de la valeur s'opposent : **la valeur instrumentale** (services en tant que moyens pour servir des fins d'usages) et la valeur intrinsèque (services qui par leur existence sont porteurs d'enjeux). La valeur économique est essentiellement instrumentale par opposition à des approches qui attribuent à toute forme de vie une valeur « intrinsèque », indépendante de son utilité sociale. Traditionnellement l'économie de l'environnement définit une valeur économique totale qui comprend différentes composantes.

<table>
<tr><th colspan="5">VALEUR ECONOMIQUE TOTALE</th></tr>
<tr><td colspan="3">Valeur d'usage</td><td colspan="2">Valeur de non usage</td></tr>
<tr><td colspan="2">Valeur d'usage réel</td><td rowspan="2">Valeur d'option</td><td rowspan="2">Valeur de legs</td><td rowspan="2">Valeur d'existence</td></tr>
<tr><td>Directe</td><td>Indirecte</td></tr>
</table>

L'évaluation est un outil d'aide à la décision. Dans le cas de la gestion des écosystèmes selon Liu et *al.,* (2010) elle répond à trois objectifs : (i) mesurer et s'assurer que l'échelle et l'amplitude des activités humaines avec la biosphère soit écologiquement durables, (ii) distribuer de façon équitable les ressources rares et les droits de propriété, (iii) allouer de manière efficace les ressources pour une maximisation de l'utilité et du bien-être humain. Selon les situations, les méthodes utilisées pour ces évaluations sont diverses.

<table>
<tr><th colspan="4">PREFERENCES REVELEES</th><th>PREFERENCES DECLAREES</th></tr>
<tr><th colspan="2">VALEURS MARCHANDES</th><th colspan="2">VALEURS NON MARCHANDES</th><th></th></tr>
<tr><td colspan="2">Méthodes directes</td><td colspan="2">Méthodes indirectes</td><td>Méthodes directes</td></tr>
<tr><td>Marché concurrentiel</td><td>Marché rectifié</td><td>Marchés substituts</td><td>Marchés implicites</td><td>Marché construit</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Prix observés</td><td rowspan="2">Prix observés rectifiés</td><td>Coûts évités, Equivalents, Dépenses de protection Changements de productivité</td><td>Coûts de déplacement Prix hédonistes, Doses Réponses</td><td>Evaluation contingente, Evaluation conjointe</td></tr>
<tr><td colspan="3">Méthode de transfert de valeurs</td></tr>
</table>

## 133. EXEMPLE DES PERCEPTIONS DES SERVICES RENDUS PAR LA PISCICULTURE D'ÉTANG

### *A) Eléments méthodologiques*

Lors des enquêtes effectuées auprès des pisciculteurs et des parties prenantes des systèmes aquacoles étudiés dans le cadre du projet PISCEnLIT (269 personnes enquêtées), il a été en premier lieu demandé aux enquêtés de donner des mots clés exprimant ce que représentait la pisciculture pour eux ainsi que pour l'économie et le patrimoine de la zone. Dans un deuxième temps, il leur a été demandé de sélectionner dans la liste de référence des services écosystémiques, adaptée à chaque terrain, les 10 services parmi les 26 proposés qui leur paraissaient les plus importants et de les classer de 1 à 10 selon un ordre d'importance décroissante. A partir de ces sélections et hiérarchisations deux indicateurs ont été calculés :

- **la fréquence de citation** qui rend compte pour chaque service du nombre de fois où il a été sélectionné, c'est-à-dire jugé important,

- **un score moyen** correspondant à la somme des notes obtenues lors de la hiérarchisation[7].

### *B) Quelles sont les hiérarchisations des services aux dires des acteurs ?*

**Il est possible de comparer les perceptions des services selon les contextes et les types d'acteurs en calculant pour chaque service le pourcentage de producteurs et de parties prenantes qui l'ont évoqué dans chaque territoire** (Figures n°3 à 5). Compte tenu de la grande diversité de services, nous avons choisi en accord avec Petrosillo et *al.* (2013), d'analyser les résultats en regroupant les services de régulation et de support qui sont ceux dont la reconnaissance n'est pas explicite et de nature non marchande. Il est alors possible de ne prendre en compte que trois catégories :

(1) les services d'approvisionnement générateurs d'opportunités économiques pour les exploitations et les territoires,

(2) les services de support et de régulation, dont l'importance relève des dimensions écologiques et biophysiques de l'écosystème,

(3) les services culturels permettant une valorisation patrimoniale et/ou récréative des écosystèmes et des territoires.

[7] Dans certains cas, notamment au Brésil, les pisciculteurs ont eu du mal à hiérarchiser les services. De ce fait les données de scores par service pour ce terrain n'ont pu être exploitées, car insuffisamment nombreuses.



Figure 5 : Perceptions des services culturels

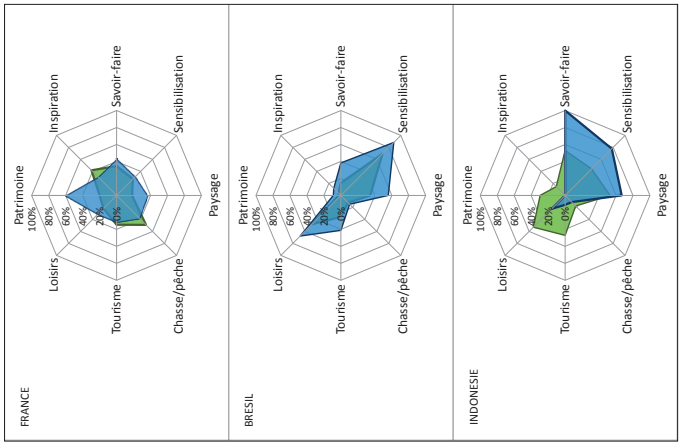



Figure 4 : Perceptions des services de régulation et de support

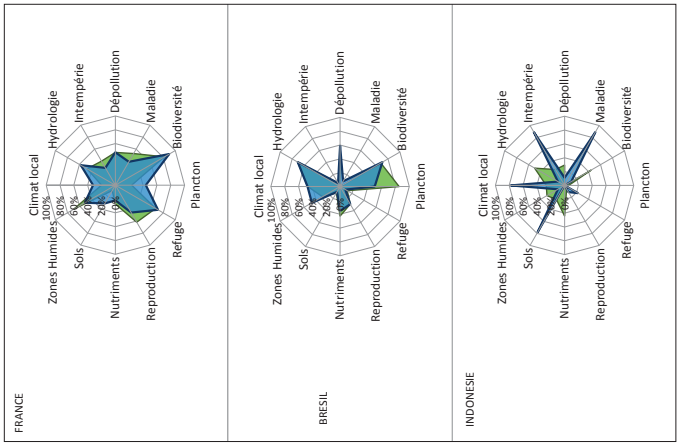
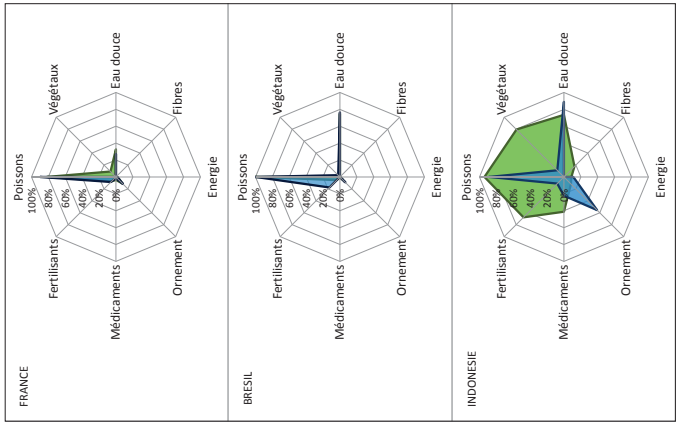



Figure 3 : Perceptions des services d'approvisionnement




**Légende :** % des producteurs (en vert) et parties prenantes (en bleu) ayant sélectionné chaque service

### C) *Analyse des perceptions selon les situations et les types d'acteurs*

**Entre pays** en premier lieu, on note d'importantes différences de perception, liées (i) au type de contexte physique qui influe sur le rôle de l'étang (position dans le bassin versant, taille, nombre d'étangs… ), (ii) à l'histoire et l'ancienneté de l'activité piscicole et (iii) à la diversité des pratiques, usages et politiques publiques liées aux étangs. Outre la production de poisson, commune à l'ensemble des pays, la diversité des services d'approvisionnement est plus marquée au Brésil et en Indonésie avec des fonctions de réservoir d'eau douce, et d'apports en fertilisants ou de production de végétaux en Indonésie. De même, la nature et la diversité des services culturels sont très différentes. En France, l'importance des aspects paysager et récréatif ainsi que des activités de pêche récréative et de chasse s'explique à la fois par les modes de vie et le caractère patrimonial des étangs construits au Moyen Age. Au Brésil et en Indonésie, les aspects récréatifs sont récents et limités aux parcours de pêche. L'importance du savoir-faire s'explique par des enjeux d'apprentissage qui sont liés au caractère récent du type de pisciculture considéré en Indonésie. Enfin, les profils des services de support et de régulation sont aussi très contrastés en fonction de l'importance et de l'orientation des politiques publiques environnementales (existence de mesures agro-environnementales en France), des types d'élevage (élevages intégrés porcs-poissons au Brésil qui mettent l'accent sur la production de phytoplancton), et des contextes (rôle tampon joué par les étangs contre les crues dans des zones fortement soumises aux inondations en Indonésie).

**Entre types d'acteurs** (pisciculteurs et parties prenantes), les différences de représentation peuvent s'expliquer par des disparités d'échelles d'approche, de niveaux et de formes de connaissance (familière ou académique) ainsi que le



caractère plus ou moins familier des étangs piscicoles. On observe d'importantes récurrences de points de vue en France et au Brésil, où les informations relatives aux services écosystémiques font l'objet de sensibilisation, voire de mesures incitatives. Quelques différences s'observent néanmoins : par exemple, les parties prenantes en France et au Brésil ont une vision plus large que les pisciculteurs de la valeur patrimoniale des étangs. De même au Brésil, les parties prenantes sont plus conscientes de l'importance du savoir-faire et de l'apport au paysage. Par contre les perceptions sont plus contrastées en Indonésie où les parties prenantes et les pisciculteurs ne hiérarchisent pas les services de la même manière. L'importance de ces écarts est due à un certain « isolement » institutionnel et cognitif des pisciculteurs qui sont des agriculteurs récemment reconvertis et dont les niveaux de formation sont très variables.

Ces différences de représentations témoignent de la nécessité d'explorer une large diversité de points de vue. La prise en compte de cette pluralité permet en effet de comprendre la diversité des positions qui peut constituer une contrainte à l'acceptation de certaines mesures de gestion.

# CHAPITRE 2. DÉFINITION ET INTÉRÊT DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SYSTEMES AQUACOLES

Sur la base des avancées effectuées dans l'agriculture, nous allons définir la notion d'intensification écologique des systèmes aquacoles en trois temps :

(1) en proposant un cadre de référence et une définition générique de l'aquaculture écologiquement intensive (§ 21),

(2) en identifiant les objectifs poursuivis de façon à expliciter les logiques et les finalités qui déterminent les comportements (§ 22),

(3) en caractérisant des modalités de mise en œuvre de façon à distinguer des profils spécifiques en fonction des champs et des degrés de technicité, d'investissement et d'apprentissage (§ 23).

## 21. DÉFINITION D'UN CADRE DE RÉFÉRENCE POUR L'AQUACULTURE



Sur la base des définitions données pour l'agriculture écologiquement intensive, une définition de l'aquaculture écologiquement intensive peut être proposée :

**L'aquaculture écologiquement intensive est une aquaculture qui s'appuie sur les processus et les fonctionnalités écologiques pour améliorer sa performance, renforcer les services écosystémiques rendus et limiter les dis-services.**

Cette définition très générique est peu explicite. En effet, l'intensification écologique recouvre une large gamme de pratiques et se prête donc mal à toute caractérisation précise qui serait réductrice. Il convient en premier lieu, compte tenu de l'existence des grands types d'aquaculture (cf. introduction) qualifiés

d'aquaculture extensive ou intensive, de préciser quels sont les itinéraires possibles pour la mise en œuvre de l'intensification écologique des systèmes aquacoles. **Les modes de mise en œuvre ne sont en effet pas les mêmes, selon que les systèmes aquacoles auxquels ils s'appliquent ont déjà fait l'objet d'un processus classique d'intensification (Figure n°6, itinéraire a), ou s'il s'agit de systèmes extensifs (Figure n°6, itinéraires b).**

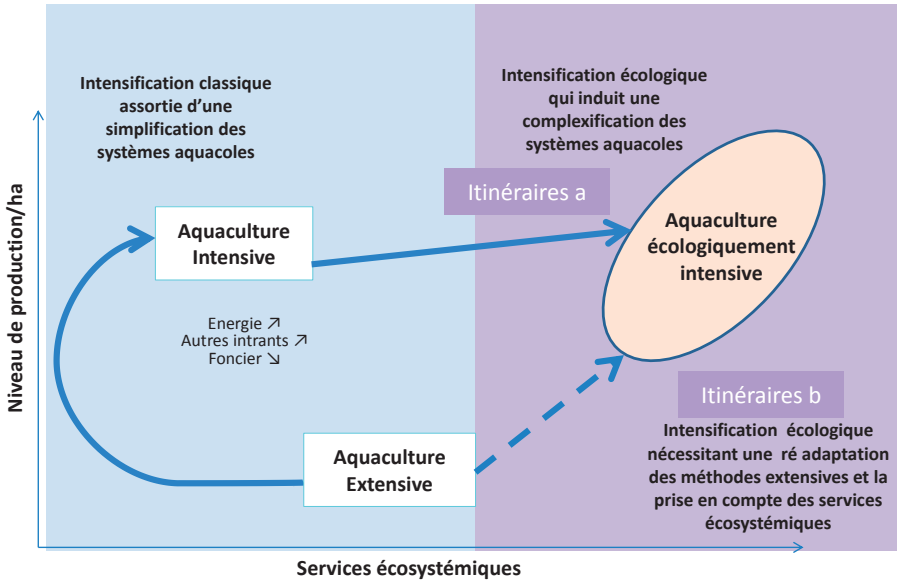



**Figure 6 : Itinéraires de mise en œuvre de l'intensification écologique en aquaculture**

Selon Griffon (2013a), la mise en œuvre de l'agriculture écologiquement intensive implique des efforts à la fois quantitatifs -pour augmenter la productivité sans accroître les externalités négatives-, et qualitatifs en faveur de la qualité des produits tout en renforçant la production de services écologiques et d'aménités (Figure n°2). Cette approche est partiellement transposée à l'aquaculture tout en distinguant :

- les types d'écosystèmes ressources ou récepteurs concernés,
- les niveaux de décision de façon à spécifier la production de services écosystémiques liée aux transformations internes au sein de l'exploitation et celle qui intervient à des échelles plus larges.

Il est alors possible d'adapter la représentation schématique proposée par Griffon (2013a), de façon à décomposer le processus d'intensification écologique selon différentes composantes (Figure n°7).



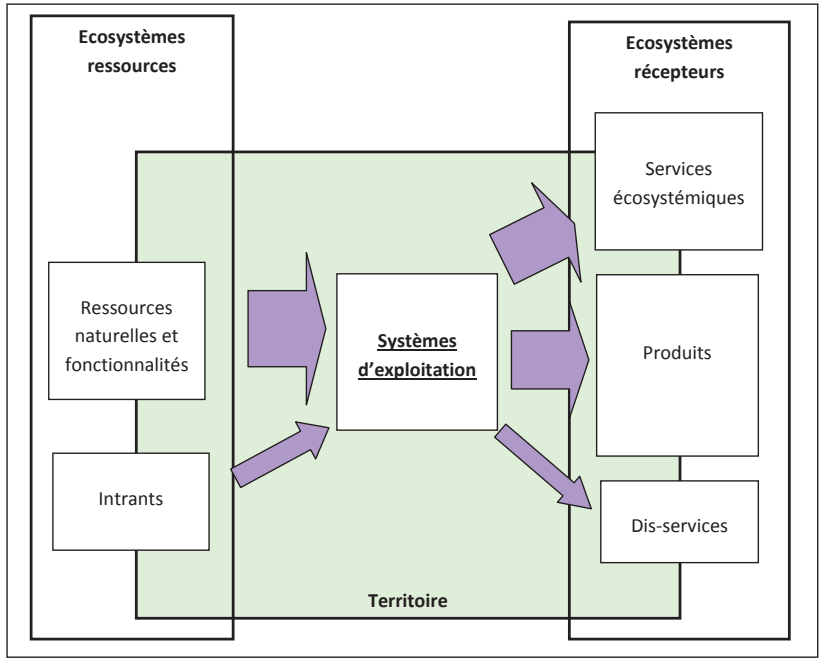



Figure 7 : Schéma simplifié des liens entre flux et compartiments dans un système d'aquaculture écologiquement intensive

**Ces sous-systèmes peuvent être définis en fonction des niveaux de décision auxquels ils renvoient, c'est-à-dire des décisions individuelles au sein de l'exploitation ou collectives à différentes échelles des territoires. On peut aussi les distinguer selon qu'il s'agit de produits et services marchands ou non marchands,** selon les quatre catégories de services écosystémiques retenues par le MEA ou encore en fonction du caractère positif ou négatif des externalités générées. En vue d'être le plus opérationnel possible, trois sous-ensembles sont retenus : les produits marchands, les services écosystémiques non marchands correspondant à des aménités positives et les dis-services (Zhang et *al.*, 2007).

## 211. Le compartiment « écosystèmes ressources »

L'écosystème ressource tel que schématisé par la figure 7 est formé par plusieurs écosystèmes et recouvre les milieux, les fonctionnalités et les ressources naturelles qui contribuent directement au système de production ou indirectement via la production des intrants. Il peut, en particulier, être un support physique, fournir un approvisionnement en eau ou des nutriments nécessaires au système de production. Le bassin versant, par exemple, support physique de

l'écosystème, conditionne la qualité physico-chimique du milieu d'élevage par ses caractéristiques géologiques et hydrologiques. Les écosystèmes ressources fournissent aussi les matières premières constitutives des intrants, en particulier les ingrédients qui composent les aliments. Cependant, ils peuvent être aussi producteurs de dis-services qui entravent la production piscicole (Zhang et *al.*, 2007). Dans la littérature, l'écosystème ressource correspond plus largement à une imbrication entre de multiples écosystèmes, qui fournissent les ressources pour produire les services intrants (Leroux et *al.*, 2008).

## 212. Le compartiment « systèmes d'exploitation »

Les systèmes d'exploitation sont très différents selon les espèces élevées et le type de système. Dans tous les cas, ils comportent des enceintes d'élevage (cages flottantes, étangs, bassins en terre ou en béton), des dispositifs de gestion de l'eau et des dispositifs de gestion des rejets d'élevage. Les densités d'élevage varient de moins d'un kg/m3 pour les systèmes extensifs à plusieurs centaines de kg/m3 pour les systèmes intensifs. Les espèces élevées sont plus ou moins nombreuses, selon qu'il s'agit de systèmes de monoculture ou de polyculture, voire d'élevages intégrés ou multi-trophiques, où le choix des espèces associées est déterminé par les complémentarités vis-à-vis de l'utilisation des ressources naturelles et/ou des intrants d'élevage (par exemple poissons, algues, mollusques).

## 213. Le compartiment « écosystèmes récepteurs »

L'écosystème récepteur peut être défini comme le système qui bénéficie, est impacté et/ou contrôle les outputs provenant du système d'exploitation. Ceux-ci constituent des intrants du système récepteur. Il s'agit des produits (espèces cibles), des externalités positives (ex. système agricole bénéficiant des effluents de pisciculture comme amendement) ou négatives (ex. échappées, rejets organiques et inorganiques).



## 214. Les interactions entre compartiments

Le niveau d'imbrication entre les systèmes ressources, d'exploitation et récepteurs est dépendant de leurs dimensions (échelles spatiale et temporelle). Les écosystèmes ressources et récepteurs peuvent être :

- indépendants sur les plans hydrologique et géographique (ex. lieu de production des ingrédients de l'aliment, et de déversement ou de destination des produits aquacoles),
- contigus, successifs ou séparés par le système d'exploitation (ex. rivière en amont, bassins ou étangs aquacoles, rivière en aval),
- chevauchants ou semblables (ex. les faunes amphibies et aériennes provenant et alimentant des milieux semblables).

**Les connections entre le système récepteur et le système d'exploitation peuvent être directes** (ex. transfert du poisson de repeuplement, flux de nutriments) **ou indirectes** (ex. mouvement d'espèces migratrices). Dans le cas d'une salmoniculture intensive au fil de l'eau, le temps de séjour de l'eau et les dimensions des bassins de production induisent une vision amont-aval de l'hydro-système (écosystème ressource – système d'exploitation – écosystème récepteur) – malgré une externalisation forte à la fois pour l'écosystème ressource (création d'équipements, aliment, énergie, etc…) et l'écosystème récepteur (destination des rejets, produits et coproduits). Dans le cas des étangs de barrage, cette situation amont-aval persiste, car le bassin versant, les épisodes hydro-climatiques et la gestion des ouvrages conditionnent largement le fonctionnement hydrologique et écologique en termes de flux de matières (charges liquides, solides et solutés). Cependant, l'accroissement du temps de séjour et des surfaces en eau (vis-à-vis de l'affluent tributaire et de l'affluent émissaire) modifie les dimensions de l'hydro-système initi*al.* Milieux terrestres et aquatiques proches ou éloignés deviennent tour à tour écosystème ressource et écosystème récepteur pour la dynamique des peuplements hôtes (plantes, avifaune, insectes, … ).

## 215. Le territoire

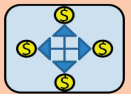
Le territoire correspond à une délimitation sociale de l'espace où sont implantées les fermes aquacoles ainsi que des espaces en interaction par les flux générés ou utilisés par ces fermes. C'est un espace approprié localement par des individus, des groupes et des réseaux sociaux et qui fait l'objet d'un agencement de dispositifs de coordination et de gouvernance destiné à la valorisation et à la régulation de ses ressources. D'un point de vue environnemental, il est un assemblage d'écosystèmes qui contribue à la genèse d'un paysage et qui explique des interactions fonctionnelles. Le territoire correspond alors à une unité ou à un emboitement d'unités paysagères en fonction de la taille de l'espace concerné et de l'homogénéité des paramètres physiques et sédimentaires. Ces paramètres vont influencer les habitats et par là, la nature et les indices de biodiversité mais aussi les perceptions et le vécu des populations. C'est à l'échelle d'un territoire que les systèmes aquacoles vont cohabiter et se coordonner avec d'autres activités et que les objectifs et les outils de gestion des activités et des ressources vont être définis et mis en œuvre à travers des dispositifs de gouvernance multi-niveaux, plus ou moins décentralisés selon les contextes. C'est dans le cadre des projets territoriaux que les voies de contribution des systèmes aquacoles au renforcement des services écosystémiques doivent être co-construites. C'est aussi au niveau du territoire que les politiques de valorisation, de conservation et

de restauration des écosystèmes sont mises en place et donnent lieu à la définition de dispositifs appropriés pour la gouvernance des services écosystémiques.

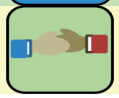
## 22. DÉFINITION DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE EN FONCTION DES FINALITÉS POURSUIVIES

Les modalités de l'intensification écologique qui recouvrent des pratiques multiples, dépendent en premier lieu[8] des objectifs et orientations qui sont poursuivis. Il est donc possible de compléter notre définition en caractérisant les objectifs auxquels peut répondre l'intensification écologique. On peut ainsi lister sept objectifs ou principes qui peuvent expliquer, justifier ou légitimer l'évolution des systèmes aquacoles vers une aquaculture écologiquement intensive. Ces objectifs relèvent de plusieurs finalités selon l'échelle à laquelle ils interviennent (exploitation et/ou territoire).

Au niveau des exploitants, **l'adoption de pratiques d'intensification écologique peut relever de la recherche de plus d'autonomie, de plus d'efficacité ou d'une plus grande intégration territoriale.** Ces finalités peuvent se décliner selon quatre grands objectifs ainsi définis :

| | | |
|---|---|---|
| 1 | **Minimiser la dépendance aux ressources externes** | |
| 2 | **Accroitre la performance des systèmes de production aquacoles et la qualité des produits** | |
| 3 | **Améliorer la robustesse, la plasticité et la résilience des systèmes par l'intégration et la complémentarité fonctionnelle** | |
| 4 | **Diversifier les services écosystémiques marchands des systèmes aquacoles** |  |

Par contre à l'échelle des territoires, il peut s'agir de décisions collectives en vue de contribuer au développement durable des territoires. L'objectif est de renforcer la conservation des écosystèmes par des mesures de valorisation ou de restauration des services écosystémiques, mais aussi de développer des emplois verts, de valoriser les ressources patrimoniales et les aménités du territoire, et enfin de développer la gouvernance territoriale. **L'intensification écologique intervient ici comme un projet territorial qui facilite la restructuration des territoires dans lesquels elle est mise en œuvre[9].** Ces motivations plus collectives permettent de formuler trois objectifs pour contribuer à l'intensification écologique des systèmes et territoires aquacoles :

| | | |
|---|---|---|
| 5 | **Promouvoir la reconnaissance des services et valoriser les compétences et le savoir-faire** | |
| 6 | **Améliorer l'intégration territoriale des systèmes aquacoles en favorisant la production de services écosystémiques non marchands** | |
| 7 | **Adapter les dispositifs et instruments de gouvernance territoriale et faire participer les parties prenantes** |  |

L'identification de ces sept objectifs est importante à la fois pour clarifier les motifs et les ressorts de l'intensification écologique, mais aussi pour faciliter l'évaluation des démarches d'intensification écologique. Cette liste d'objectifs renforce la précision de notre définition de l'aquaculture écologiquement intensive, en détaillant l'ensemble de ses composantes. Sa longueur n'est pas contradictoire avec son opérationnalité, car elle permet de s'approprier l'ensemble des dimensions de ce concept, non seulement les transformations de pratiques mais aussi les changements de valeurs, de compétences et de modes de gouvernance que sa mise en œuvre suppose.

**L'aquaculture écologiquement intensive est une aquaculture qui s'appuie sur les processus et les fonctionnalités écologiques pour améliorer sa productivité, renforcer les services écosystémiques rendus et limiter les dis-services. Les conséquences recherchées portent sur une plus grande autonomie, et/ou une meilleure efficacité et/ou une plus grande intégration territoriale des systèmes aquacoles. Plus largement, l'intensification écologique contribue aussi au développement durable des territoires et s'appuie sur une gestion de la biodiversité et la valorisation des connaissances locales. Elle suppose et contribue à une amélioration de la gouvernance territoriale.**

En résumé, l'aquaculture écologiquement intensive permet de produire autant ou plus (notamment en diversifiant), de produire mieux par rapport au respect des objectifs du développement durable et de renforcer l'intégration des écosystèmes dans les territoires.

[8] D'autres facteurs vont aussi jouer un rôle plus ou moins déterminant tels que les niveaux de compétence ou les capacités de financement.

[9] On retrouve ici des dynamiques similaires avec par exemple le rôle de l'agriculture de terroir dans les pratiques de développement local et territorial en interaction avec les dispositifs tels que les projets Natura 2000 ou les parcs naturels qu'ils soient national ou régional…

## 23. DÉFINITION DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE EN FONCTION DES MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE

Il est possible de distinguer trois profils de mise en œuvre qui relèvent de niveaux d'apprentissage et de maîtrise croissants.

### Profil N°1 : Limiter les impacts

***Adaptation des pratiques sans remise en cause du système d'élevage.*** L'aquaculteur peut choisir de n'intervenir qu'au niveau des intrants et des rejets, avec un processus de substitution totale ou partielle des intrants par des équivalents générant moins de perturbations écologiques, ou par l'ajout d'un système de traitement des rejets dans les installations d'élevage. Même si ses impacts sont plus étendus, l'intensification écologique est dans ce cas centrée sur l'exploitation. Elle peut se limiter à des changements techniques et, concernant le contrôle des rejets, être impulsée par des normes règlementaires.

### Profil N°2 : Changer les objectifs et les pratiques

***Révision des objectifs de production en recherchant des liens plus étroits avec le territoire.***
Les transformations entraînées par l'intensification écologique peuvent porter sur l'organisation de la fonction de production à l'échelle de l'exploitation. Il s'agit de faire évoluer les pratiques et l'agencement entre les éléments du système aquacole avec des changements plus ou moins radicaux qui interviennent à l'échelle des aqua-écosystèmes et plus seulement de l'exploitation proprement dite. On peut ainsi chercher à diversifier les productions et à développer des élevages intégrés qui combinent des systèmes d'élevage et des systèmes de culture, ou qui associent des systèmes d'élevage d'espèces complémentaires. L'aquaculture multi-trophique offre des exemples multiples de ce type de pratiques. On peut aussi trouver des systèmes dit d'aquaponie[10] , ou encore le recyclage des effluents d'élevage piscicole sur les cultures (récupération des boues).

### Profil N°3 : Intégration multidimensionnelle

**Changement d'échelle et de valeur permettant une intégration territoriale multidimensionnelle.** La prise en compte des services écosystémiques élargit encore le champ et l'échelle des éco-innovations qui sont alors pensées dans leur dimension territoriale à différentes échelles. Il s'agit de renforcer l'intégration territoriale de l'aquaculture en développant les services non marchands, notamment les services de support et de régulation. En élargissant l'échelle au-delà des écosystèmes locaux, on contribue à renforcer les phénomènes de solidarité écologique (Encart n°19) non contigus. Comme nous l'avons vu, le rôle des étangs aquacoles dans la nidification et la conservation de certains oiseaux migrateurs élargit l'échelle des services rendus des territoires d'implantation des étangs, à ceux d'origine ou de destination de ces espèces.

[10] Systèmes de culture végétale hors sol utilisant les effluents d'élevage piscicole comme source de nutriments



**Dans les faits, ces profils peuvent être disjoints ou cumulés,** comme en témoigne la figure 8 qui offre une représentation simplifiée de l'agencement de ces profils. Ils peuvent être appréhendés selon une échelle croissante, de bas en haut sur la figure, qui rend compte d'une complexification croissante des processus mobilisés et des échelles où doit être pensée la fonction de production aquacole. Ils peuvent aussi être caractérisés, en fonction de la nature des éco-innovations qui peuvent être endogènes à l'exploitation où issues de recherches spécifiques. Ainsi peut-on distinguer **des processus d'innovation relevant de l'hybridation de pratiques anciennes ou de l'intégration d'outils technologiques, de procédés biologiques (en particulier génétiques) ou encore écologiques en s'appuyant sur des recherches dans le domaine de l'écologie industrielle.** L'aquaculture en circuit recirculé offre un exemple de ce type d'innovation dont les ressorts sont exogènes à l'exploitation et dont la mise au point a mobilisé une importante composante recherche.

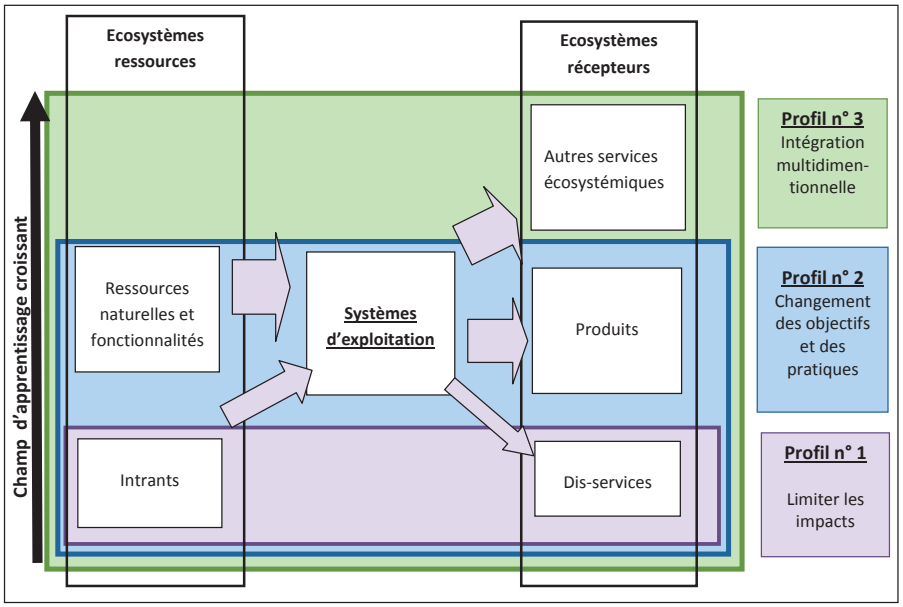



Figure 8 : Exemples de profils de mise de l'intensification écologique de l'aquaculture

La caractérisation de ces profils est bien évidemment réductrice. Il s'agit d'une simplification à visée pédagogique pour montrer la pluralité des voies de mise en œuvre de l'intensification écologique. Elle permet cependant de compléter notre définition de l'aquaculture écologiquement intensive.

**L'aquaculture écologiquement intensive est une aquaculture qui s'appuie sur les processus et les fonctionnalités écologiques pour améliorer sa productivité, renforcer les services écosystémiques rendus et limiter les dis-services. Les conséquences recherchées portent sur une plus grande autonomie, et/ou une meilleure efficacité et/ou une plus grande intégration territoriale des systèmes aquacoles. Plus largement, l'intensification écologique vise aussi le développement durable des territoires et s'appuie sur une gestion de la biodiversité et la valorisation des connaissances locales. Elle suppose et contribue à une amélioration de la gouvernance territoriale. Il peut s'agir par exemple de substituer des intrants ou de contrôler des rejets et/ou de faire évoluer la conduite de l'exploitation pour optimiser les interactions dans l'aqua-écosystème, en combinant diverses espèces ou productions et/ou encore de développer volontairement des services non marchands ou de renforcer les phénomènes de solidarité écologique.**

# CHAPITRE 3. MISE EN ŒUVRE D'UN PROCESSUS D'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DES SYSTÈMES AQUACOLES

Dans ce chapitre nous proposons la mise en œuvre d'un processus d'intensification écologique en :

(1) expliquant les fondements de la démarche (§ 31),

(2) décrivant les différentes étapes (§ 32).

L'application de ces principes d'intensification écologique à l'aquaculture nécessite plusieurs étapes de façon à adapter les objectifs aux besoins et aux conditions spécifiques des systèmes aquacoles, et ainsi favoriser l'appropriation de ce modèle et de ces pratiques par les acteurs du système et la population des territoires concernés. **Il convient de proposer plusieurs phases de façon à tenir compte des conditions générales de management de projet, mais surtout à faciliter les processus d'apprentissage organisationnel et institutionnel dans une logique de projet collaboratif co-construit au sein de réseaux d'acteurs.**

## 31. L'APPROPRIATION DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE IMPLIQUE UN PROCESSUS PARTICIPATIF

La logique collaborative et participative répond à la fois à la philosophie générale de l'agro-écologie (cf. § 111), mais aussi aux conditions d'appropriation de nouvelles valeurs et d'acceptabilité d'innovations que l'on peut qualifier de radicale, ou en double boucle (Argyris et Schön, 1996 (Encart n°12)). **En effet, la mise en œuvre de l'intensification écologique implique une évolution des « métiers » mais aussi des objectifs et de l'image de l'activité. Il ne s'agit pas seulement d'appliquer de nouveaux modes de conduite de l'exploitation ou de nouvelles activités mais**

**de construire collectivement un référentiel nouveau.** Ces nouveaux modes de conduite et activités trouveront du sens à la fois individuellement pour les exploitants et collectivement en termes de reconnaissance et de légitimité sociale de ces pratiques. Comme nous l'avons signalé (cf. § 112-B), les conditions sociologiques de l'adoption de ces pratiques peuvent être contraignantes et il est nécessaire de mettre en place des mesures d'information et de sensibilisation, ainsi que des dispositifs de participation adaptés. L'importance d'une démarche de co-construction pour l'adoption des principes de développement durable et d'une définition partagée des principes, critères et indicateurs de développement durable a déjà été montrée (Rey-Valette et *al.*, 2008). On retrouve ici les mêmes fondements et logiques au sens où l'intensification écologique peut être vue à la fois comme une «contribution» à la mise en œuvre du développement durable (tant pour les exploitations aquacoles que pour les territoires concernés) et comme un référentiel spécifique s'intégrant dans la logique du développement durable. Ainsi la définition des étapes clés de la mise en œuvre tient compte de ces conditions d'appropriation, notamment en introduisant des phases de co-construction des objectifs et des actions à mettre en œuvre, mais aussi des indicateurs de suivi. Griffon (2006) insiste sur l'accompagnement de cette démarche d'intensification écologique par une gouvernance adaptée, car ces changements de pratiques comportent des risques d'inertie ou de détournement qui nécessitent des mesures et innovations institutionnelles.

## 32. LES PRINCIPALES ÉTAPES CLÉS

La mise en œuvre d'une démarche d'intensification écologique implique donc de suivre un itinéraire particulier avec plusieurs phases clés qui font alterner (i) des actions relevant d'une logique de partage des objectifs et des connaissances et (ii) des actions de pilotage de projet plus traditionnelles. La démarche se décompose en six phases (Figure n°9) :

1 - **Constituer le groupe porteur** et adapter le cadre proposé par le guide en fonction des caractéristiques de l'aqua-écosystème concerné,

2 - **Connaître les caractéristiques des aqua-écosystèmes** par un diagnostic des systèmes de production (enjeux, variables, contraintes de fonctionnement et pratiques effectives des producteurs) et des systèmes de gouvernance territoriale (dispositifs et mesures de régulation formelles et informelles, niveau d'information, réseaux d'acteurs, processus de décision). Ce diagnostic devra être partagé avec les parties prenantes du système, voire co-construit s'il n'existe pas d'état des lieux reconnu de tous,



3 - **Co-construire les scénarios de mise en œuvre,** afin que les principes d'intensification écologique soient acceptés et appropriés par les producteurs et les acteurs des territoires. Cette co-construction suppose des focus group pour identifier collectivement les voies de mise en œuvre de l'intensification écologique. A partir du cadre de référence adapté au contexte, il s'agit de sélectionner et hiérarchiser les objectifs et sous-objectifs opérationnels de façon à s'adapter au mieux aux pratiques existantes,

4 - **Identifier les actions** qui peuvent être mises en œuvre pour chacun des objectifs, sachant que certaines actions peuvent contribuer à plusieurs objectifs ou avoir des synergies entre elles,

5 - **Elaborer un dispositif de suivi** (observatoire, tableau de bord) combinant des indicateurs à l'échelle des exploitations et à l'échelle des aqua-écosystèmes. Ce suivi a pour ambition de permettre une réorientation des actions (voire des objectifs) en fonction des résultats et de contribuer à diffuser les innovations réalisées, en identifiant les types d'effets et les rythmes de changement,

6 - **Communiquer les résultats et les pratiques** de façon à la fois à faciliter la diffusion des pratiques et à renforcer leur reconnaissance sociale.

La figure suivante présente l'articulation de ces phases clés.

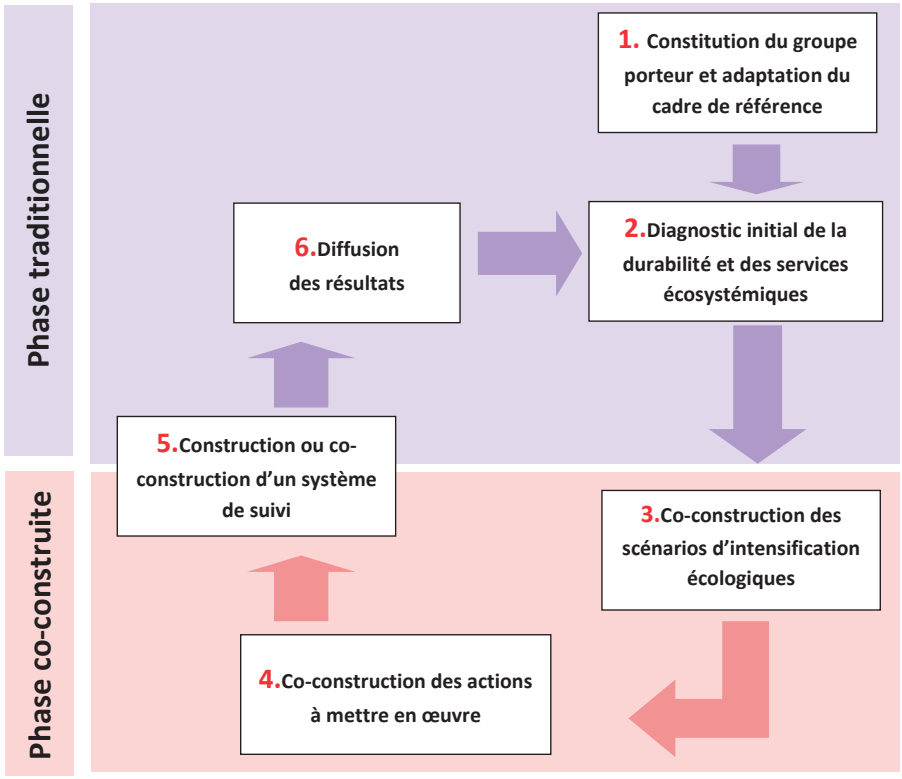



Figure 9 : Principales étapes de mise en œuvre d'une démarche d'intensification écologique

Notre objectif dans les points suivants est de rappeler la logique générale de chaque phase et de présenter les outils et démarches spécifiques à l'intensification écologique. Compte tenu de la diversité des destinataires de ce guide (cf. avertissement), de nombreux encarts méthodologiques seront présentés de façon à en favoriser la lecture quels que soient les niveaux et les types de compétences des utilisateurs du guide.

# CHAPITRE 4. QUELQUES POINTS CLÉS DU DIAGNOSTIC

La phase de diagnostic vise à établir un état des lieux pour faciliter l'identification des objectifs et des modalités de mise en œuvre et d'accompagnement d'une intensification écologique des systèmes aquacoles. Il s'agit donc d'intégrer (i) des aspects relevant **d'un diagnostic traditionnel sectoriel ou de filière** de façon à mieux connaître les exploitations, leur marge de manœuvre et leur capacité d'innovation ainsi que (ii) certaines dimensions **d'un diagnostic territorial** pour caractériser les territoires où ces exploitations sont implantées. A cette échelle l'objectif est d'étudier quels sont les services écosystémiques avec lesquels les interactions sont les plus fortes, quelle est l'importance de ces services pour le territoire et comment ils sont perçus. On ne reviendra pas sur les méthodes générales de diagnostic qui relèvent de l'ingénierie économique ou territoriale. Il s'agit de préciser quatre dimensions spécifiques qui ont un rôle stratégique :

(1) **la connaissance écologique des écosystèmes** concernés, et celle des interactions entre les exploitations et les pratiques des pisciculteurs avec le fonctionnement écologique de ces écosystèmes, de façon à identifier les processus qui déterminent la production de services écosystémiques (§ 41),

(2) **la connaissance des perceptions** que les pisciculteurs et les parties prenantes (voire les populations locales) ont de ces services de façon à étudier : (i) la demande sociale vis-à-vis des services liés à l'intensification écologique de l'aquaculture, (ii) l'acceptabilité sociale de certaines mesures et (iii) les besoins de sensibilisation ou d'évolution institutionnelle nécessaires à la reconnaissance de l'apport de l'intensification écologique au développement durable du territoire (§ 42),

(3) **l'identification des pratiques** existantes au sein des exploitations aquacoles et leur évaluation en termes de durabilité (§ 43),

(4) **la caractérisation de la capacité d'éco-innovation** des exploitations et des territoires, de façon à identifier les objectifs et les mesures ainsi que les profils d'intensification écologique les plus appropriés (§ 44).

## 41. IDENTIFICATION DES PRINCIPALES INTÉRACTIONS ENTRE EXPLOITATIONS ET ÉCOSYSTEMES AU NIVEAU DE LA BIODIVERSITÉ ET DES RÉGULATIONS HYDRAULIQUES

Le niveau actuel de connaissance écologique du fonctionnement des écosystèmes dans lesquels l'aquaculture est implantée, varie selon les contextes, notamment en fonction des dispositifs et mesures de conservation qui existent ou non sur les territoires concernés. Par exemple en France, la mise en place de Parcs Naturels Régionaux et de sites Natura 2000 permet de bénéficier de diagnostics écologiques très détaillés à l'échelle des territoires, voire des interactions entre territoires par exemple avec la mise en place récente des trames vertes et bleues et des Schémas Régionaux de Cohérence Ecologique. Bien évidemment le diagnostic écologique à initier avant la mise en place d'une politique d'intensification écologique de l'aquaculture va différer en fonction du niveau d'information préalable. Dans tous les cas cependant, certains facteurs rendant compte des caractéristiques physiques et écologiques des territoires doivent être étudiés, car ils sont déterminants des types d'interactions fonctionnelles et des types de services écosystémiques rendus.

Par exemple dans le cas d'un d'étang, la création et le mode de construction de cet étang sont la conséquence de contextes naturels et historiques devenus favorables à l'accès aux ressources : eau, espace, cheptel, intrants, connaissances… Ils expliquent la position des étangs et leurs relations par rapport au bassin versant et aux cours d'eau qui vont influer sur la disponibilité en eau pour l'élevage aquacole ou le milieu environnant, mais aussi sur la qualité de l'eau, et plus globalement sur certains services de régulation (écrêtement des crues, épuration par exemple). La morphologie des rives découle aussi de cette position, du mode et du contexte historique de création. Selon la topographie de l'étang (rives plus ou moins abruptes), sa taille et son périmètre (plus ou moins linéaire), les conditions environnementales sont rendues homogènes ou diversifiées. Par exemple, dans les grands étangs de barrage, il existe des rives en pente douce et un rivage irrégulier qui favorisent une mosaïque d'habitats et accroissent les interfaces entre milieux aquatiques et terrestres. A une échelle plus vaste, la topographie naturelle initiale et la présence d'étangs sont déterminants des types de paysage, qui peuvent avoir des intérêts patrimoniaux et touristiques plus ou moins forts. C'est le cas de la Brenne en France où l'on observe une certaine homogénéité morphologique avec une mosaïque de plans d'eau, de prairies et de massifs boisés.

Les performances zootechniques potentielles associées aux plans d'eau varient aussi en fonction de leurs formes et des contextes écologiques, car les effets des interventions trophiques (fertilisation) seront fonction de la hauteur d'eau et plus généralement de la taille des étangs. D'importantes différences de fonctionnalité ou d'intérêt pour les services de support interviennent aussi en fonction de la distribution générale des étangs dans le paysage selon que la situation d'insularité de ces milieux est plus ou moins grande. Ce phénomène d'insularité est par exemple renforcé dans les secteurs les plus vallonnés de Lorraine (France), comme l'Argonne, les Vosges du Nord, une partie de la Vôge où la densité d'étangs est plus faible. Cette dispersion tient à l'originalité des reliefs et à la diversité des contextes hydrogéologiques (cuestas et massifs cristallins, dépressions et plateaux sédimentaires perméables ou imperméables) et conduit à un morcellement des espaces de conservation.

**Encart 22 : Gestion de l'eau et services écosystémiques dans le cas des systèmes d'aquaculture d'étang**

L'eau constitue un patrimoine pour l'humanité. Le pisciculteur la stocke pendant une durée variable afin que le cheptel réalise ses fonctions biologiques. Les étangs piscicoles, notamment les plus anciens construits en barrage de cours d'eau, s'inscrivent dans les thalwegs. Ils tamponnent les effets des crues et des étiages sévères et participent au recyclage de la matière en circulation. Ces étangs contribuent fortement à la construction et à la perception de la qualité du paysage. Le remplissage et la vidange des étangs, le développement des ceintures végétales et leur contrôle participent à l'évolution paysagère et diversifient les conditions de support de la biodiversité. Ainsi, parmi les oiseaux, les limicoles se nourrissent sur les vasières mises à nu, certains canards migrateurs se reposent à la surface de l'eau, des oiseaux paludicoles se reproduisent dans les roseaux… Ces surfaces gérées par l'homme ressemblent et se substituent aux zones humides qu'il a fait régresser ou disparaître ailleurs. L'étang est donc un espace géré par l'homme dans lequel les services d'approvisionnement, de régulation, de culture et de support de la biodiversité se complètent par une simple manipulation des ressources (eau, espace, biodiversité). Cet éclairage doit aider à redresser l'image de l'aquaculture entamée par les prélèvements d'eau, la modification du bilan hydrique et la qualité de l'eau restituée.

## 42. IDENTIFICATION DES PERCEPTIONS/REPRÉSENTATIONS DES SERVICES RENDUS PAR LES SYSTÈMES AQUACOLES À L'ÉCHELLE DES TERRITOIRES

Des enquêtes de perception des services doivent être menées lors de la phase de diagnostic de façon à disposer d'un état des lieux du niveau de reconnaissance des services rendus par les aqua-écosystèmes. Nous ne reviendrons pas ici sur l'importance de ces perceptions que nous avons largement décrite précédemment, ni sur les conditions méthodologiques spécifiques qu'elles supposent (cf. § 132). Il est essentiel, individuellement ou à l'occasion de focus group, de faire hiérarchiser la liste des services rendus, une fois adaptée au contexte local. Il s'agit d'identifier le sous-ensemble des services jugés les plus importants par l'enquêté et de classer ces services par ordre décroissant d'importance. Ainsi qu'en témoigne l'exemple rapporté précédemment (cf. § 133), ce type d'enquête permet de calculer des indices de fréquence de citation (nombre de sélections) et des scores d'importance (moyenne des notes obtenues). Comme dans toute enquête, son intérêt et sa représentativité dépendent de la taille des échantillons, mais aussi de la diversité sociale des personnes interrogées, compte tenu des déterminants des représentations sociales vis-à-vis de l'environnement (Encart n°20).

## 43. DIAGNOSTIC DE L'ACTIVITÉ DES EXPLOITATIONS ET DE LEUR SITUATION EN TERMES DE DURABILITÉ

### 431. Méthodologie proposée pour évaluer la durabilité

Dans le cadre du projet PISCEnLIT, nous avons proposé une approche de diagnostic des exploitations basée sur les méthodes d'analyse environnementale que sont l'Analyse du Cycle de Vie (Aubin, 2013) et l'Emergy (Odum, 1996 ; Wilfart et *al.*, 2012), complétée par quelques indicateurs sociaux (démarche d'ACV sociale). L'outil proposé (Encart n°23) permet de produire plusieurs indicateurs de durabilité environnementale et quelques indicateurs socio-économiques, à l'échelle de l'exploitation.

Le diagnostic repose sur une description précise des éléments physiques du système. L'exploitation est située dans son contexte géographique et climatique, et les différents ateliers sont décrits en terme de flux physiques entrants (équipements, infrastructures, produits chimiques, consommation d'énergie et d'eau, types d'alevins) et sortants (espèces élevées, vidanges… ). Au regard de son poids environnemental et économique, un focus particulier sur l'aliment a été réalisé afin de prendre en compte la diversité des matières premières mobilisées tant au point de vue nutritionnel que d'origine géographique ainsi que les processus industriels de fabrication des aliments.

Les émissions de polluants et les consommations de ressources dues à l'activité piscicole sont calculées en s'appuyant sur des approches de bilan de masse. Ce bilan évalue les éléments rejetés (N, P sous forme solide, dissoute ou gazeuse), et lorsque c'est pertinent les éléments exportés, par exemple, les boues lors des curages dans le cas de la pisciculture d'étang. Les émissions en amont de l'activité intrinsèque de la pisciculture (ex. les émissions dues à la production des intrants nécessaires au bon fonctionnement de l'exploitation) sont aussi prises en

compte dans l'analyse environnementale (Encart n°24). Ceci permet de prendre en compte les conséquences de différentes stratégies de fonctionnement notamment alimentaires. Ces flux d'émissions polluantes, de matière et d'énergie sont ensuite agrégés grâce à une méthode bien définie dite de caractérisation en indicateurs d'impact comme le changement climatique, l'eutrophisation, l'acidification, la demande cumulée en énergie mais aussi en indicateurs de dommages sur la santé humaine, sur les écosystèmes et les ressources.

La méthode Emergy (Encart n°25) quantifie le niveau d'indépendance du système vis-à-vis des ressources anthropiques, le degré de valorisation et d'utilisation des ressources naturelles renouvelables (ensoleillement, pluie, vent…) ou non-renouvelables (sol, eau de nappe). **Ainsi, les deux méthodes apportent un bilan complémentaire : l'ACV indique la pression du système sur l'environnement qui se caractérise par des impacts négatifs et l'Emergy met en évidence à quel degré le système valorise l'environnement dans lequel il s'insère.** Pour parfaire le diagnostic, des critères zootechniques sont aussi calculés comme l'indice de consommation alimentaire, le taux de matière sèche de l'aliment, le ratio de production de déchets, le taux de conversion en protéines et leur efficience, ainsi que le taux d'incorporation d'intrant d'origine halieutique.

Au niveau des aspects économiques et sociaux, le diagnostic se base sur le principe de l'analyse sociale du cycle de vie (Encart n°26). Il permet de proposer quelques indicateurs calculés à l'échelle de l'exploitation et, pour chaque indicateur, il est possible de se resituer au niveau du secteur d'activité et au niveau nation*al.* Ainsi, outre le niveau du chiffre d'affaires et le revenu issu de la production de poisson (ainsi que le revenu total pour les exploitations pluriactives), l'analyse permet de poser un diagnostic en termes d'emploi en quantifiant la quantité main d'œuvre employée, la contribution à un emploi salarié et le revenu moyen. Il est aussi possible d'évaluer quelques indicateurs sociaux relatifs à la sécurité au travail, au renouvellement de l'activité, au niveau d'éducation, à l'équité homme-femme et au taux de féminisation de l'activité. Pour faciliter la démarche de diagnostic l'ensemble des informations à collecter (zootechniques et de fonctionnement) et le calcul des différents indicateurs ont été implémentés dans un calculateur développé dans le cadre du projet PISCEnLIT et dénommé PISCE'n'Tool (Encart n°23). La méthodologie du diagnostic de durabilité et l'outil ont été testés et validés dans le cadre des terrains du projet (France, Brésil et Indonésie).

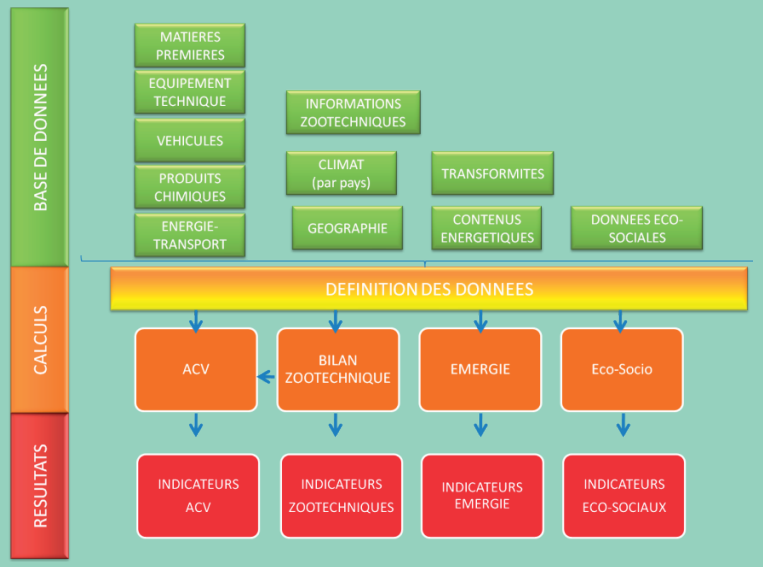


## Encart 23 : Présentation de l'outil PISCE'n'Tool

PISCE'n'Tool est utilisable quel que soit le type d'aquaculture. Il permet de caractériser aussi bien des systèmes d'étangs en production extensive que des systèmes plus complexes, comme les circuits fermés. Il permet aussi de tenir compte des formes diverses d'association entre l'aquaculture et d'autres systèmes de productions terrestres qu'ils soient animaux ou végétaux. L'analyse environnementale proposée par l'outil repose sur les principes de l'Analyse du Cycle de Vie (ISO 1997) et l'Emergy (Odum, 1996). L'outil se structure en quatre sous-parties :

- description biotechnique de l'exploitation,
- calculs,
- bases de données,
- présentation des résultats soit sous forme de tableaux, soit sous forme graphique.

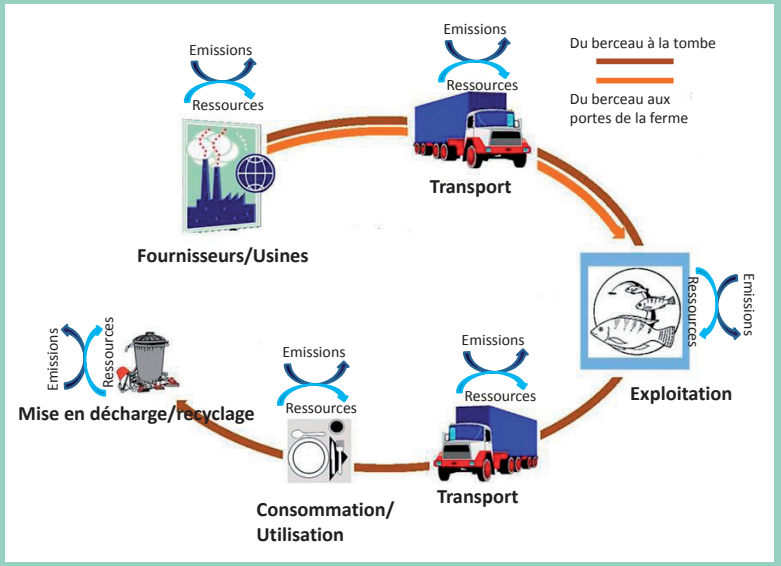
Cet outil permet donc aisément de comparer différents systèmes d'aquaculture, sur la base d'un éventail de critères écologiques (cf. les encarts suivants sur l'analyse du cycle de vie, et l'Emergy), ainsi que quelques critères économiques, afin de mieux cerner les leviers d'action à mettre en œuvre pour améliorer le bilan environnemental de ces systèmes.




Présentation du cadre conceptuel de l'outil PISCE'n'Tool.

## Encart 24 : L'analyse du cycle de vie

L'Analyse du Cycle de Vie (ACV) est une méthode qui analyse les implications environnementales potentielles, les consommations d'intrants et les émissions polluantes associées à un produit ou à un service, tout au long de sa vie, depuis l'extraction des matières premières et son utilisation et jusqu'à sa mise en déchet ou son recyclage. Elle bénéficie d'un cadre normalisé ISO 14000.




Présentation du cycle de vie du poisson d'élevage

Cette méthode est appliquée aux domaines de l'agriculture depuis la fin des années 1990 (depuis 2002 en aquaculture) et est toujours en cours de développement. Elle s'appuie sur le calcul d'un groupe d'indicateurs, appelés catégories d'impact, qui couvrent les principales questions environnementales et s'appliquent à différentes échelles d'espace locales, régionale ou globale. Ces catégories d'impact sont calculées par agrégation des différents produits émis ou consommés, proportionnellement à leur activité polluante potentielle.

## Suite encart 24

Dans le domaine de l'aquaculture, les catégories d'impact utilisées fréquemment sont les suivantes :

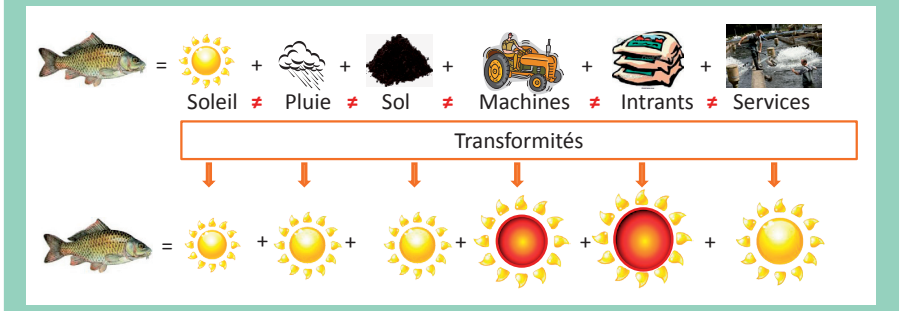
- l'eutrophisation, exprimée en kg d'équivalent phosphates (kg PO4-eq), qui évalue une dégradation potentielle du milieu aquatique par le déversement de substances nutritives (azotées et phosphorées) induisant une prolifération d'algues qui consomment l'oxygène disponible,
- l'acidification, exprimée en kg d'équivalent dioxyde de soufre (kg SO2-eq), qui évalue l'acidification potentielle des sols et des eaux due à la production de molécules acidifiantes dans l'air, les sols ou les eaux,
- le réchauffement climatique, exprimé en kg de dioxyde de carbone (kg CO2-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, exprimée en kg de carbone (kg C), qui reflète la pression sur la chaîne trophique par l'évaluation de la quantité de carbone issue de la photosynthèse nécessaire à la production d'une unité de poids de l'animal considéré,
- la dépendance à l'eau, exprimée en m3, qui définit l'eau consommée ou qui transite par le système d'élevage durant la production dans le cas de l'aquaculture.

Toutes ces catégories d'impact sont calculées relativement à une unité fonctionnelle qui est généralement la tonne de poissons produite. Dans certains cas, il peut être intéressant d'utiliser des surfaces comme unité fonctionnelle, par exemple dans le cas des étangs.

L'utilisation de l'ACV dans les analyses de durabilité des systèmes agricoles et aquacoles, revêt plusieurs intérêts. La méthode permet de définir et de formaliser le système de production, ses différentes parties, ses limites et les flux de matières dont il est dépendant ou producteur. L'ACV permet de s'affranchir d'une perception locale des questions environnementales. La pluralité des catégories d'impact permet d'approcher la globalité des interactions avec l'environnement et d'analyser les relations entre les impacts notamment en suivant les risques de transfert de pollution entre impacts. Prises isolément, les catégories d'impact peuvent aussi servir d'indicateurs et venir enrichir des systèmes d'indicateurs de durabilité sociaux, économiques, environnementaux et de gouvernance.

## Encart 25 : La méthode Emergy

L'Emergy est basée sur le principe thermodynamique de Lavoisier (rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme) et se définit comme la somme de toutes les formes d'énergie (directe et indirecte, renouvelable et non-renouvelable) nécessaires à la réalisation d'un service ou d'un produit. C'est une méthode d'analyse quantitative qui détermine la valeur des ressources, des services et des produits, exprimée dans une unité commune : l'Emergy solaire (seJ). La conversion des flux physiques (énergie, masse… ) et des flux économiques se fait via l'utilisation d'un facteur de conversion appelé la transformité ou UEV (Unit Emergy Value), exprimée en seJ/J (ou en seJ/Unité). Ce facteur de conversion correspond au ratio de l'Emergy nécessaire pour produire un flux ou une unité de stock, sur l'énergie réelle de ce flux ou de ce stock.




Le principe de la méthode Emergy, exemple de la production de poissons en étang (d'après Ortega, 2008 modifié par Wilfart et *al.* (2012))

Cette méthode est appliquée à l'analyse des écosystèmes depuis le début des années 1980 et des systèmes aquacoles au début des années 2000. L'analyse repose sur une série d'indicateurs qui permettent d'identifier comment un système anthropisé s'insère dans son environnement et comment il valorise les ressources qui en sont issues. Ces indicateurs sont des rapports entre le flux d'Emergy total et les flux d'Emergy des différentes composantes du système (flux d'Emergy issus de la nature (renouvelable ou non renouvelable, gratuits), flux d'Emergy issu d'intrants achetés/importés dans le système ou entre différentes origines du flux d'Emergy (gratuit et naturel ou achetés et manufacturés)).

Les principaux indicateurs sont :

- La transformité : elle s'exprime en seJ/J. Il s'agit du ratio entre le flux total d'Emergy qui transite dans le système et l'énergie des produits finaux du système,
- Le rendement Emergy (Emergy Yield Ratio, EYR) : il s'agit du ratio entre le flux total d'Emergy qui transite dans le système et le flux d'Emergy issu des intrants achetés et importés dans le système,
- le pourcentage d'Emergy renouvelable (% R) : cet indicateur reflète le pourcentage d'Emergy renouvelable dans le flux total d'Emergy



## Suite encart 25

- La charge environnementale (Environmental Loading Ratio, ELR) : il s'agit du ratio entre le flux d'Emergy issu des ressources naturelles non renouvelables et des intrants importés d'une part et le flux Emergy provenant des ressources renouvelables d'autre part,
- Le rendement d'investissement Emergy (Emergy Investment Ratio, EIR) : il s'agit d'un ratio entre le flux d'Emergy des intrants achetés et le flux d'Emergy issus des ressources naturelles (gratuites),
- L'index Emergy de durabilité (Emergy Index of Sustainability, EIS) : cet indicateur est le ratio entre le rendement Emergy et la charge environnementale. Il met en évidence le compromis entre les avantages du processus étudié et la pression exercée sur l'environnement pour son obtention.

## Encart 26 : L'ACV sociale

L'Analyse Sociale du Cycle de Vie (ASCV) s'est développée à la fin des années 1990, dans un contexte de réflexion sur la durabilité et plus particulièrement sur la définition et l'évaluation de la Responsabilité Sociale de l'Entreprise. L'ASCV a pour but d'évaluer les « *effets sociaux sur différents groupes humains attribuables au fonctionnement du cycle de vie d'un produit* ». Macombe et Loeillet (2013) soulignent quatre intérêts des ASCV : (i) identifier les points d'amélioration possibles des effets sociaux et dans le même temps éviter les transferts d'effets négatifs d'une phase du cycle à une autre, (ii) informer les décideurs privés et les organismes gouvernementaux et non-gouvernementaux, (iii) identifier des indicateurs pertinents des effets sociaux et (iv) développer de nouveaux outils de marketing à travers un étiquetage par exemple. On observe deux écoles. **Les tenants de l'ASCV attributionnelle** (Benoit et *al.,* 2010 ; Norris, 2006) constituent la première école. Il s'agit d'évaluer au sein de la filière la valeur d'indicateurs correspondant à des catégories d'impacts figurant dans les lois et codes nationaux ou des conventions internationales comme par exemple le travail des enfants, le travail forcé ou encore le droit du travail. Les travaux de UNEP (United Nations Environment Programme) SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) fournissent des lignes directrices facilitant la construction de ces indicateurs d'ASCV attributionnelle (Benoit et *al.,* 2010 ) et une base de données répertoriant des indicateurs pour différents secteurs (http://socialhotspot.org/). **La deuxième école regroupe les approches conséquentielles** (Macombe, 2013a ; Jørgensen et *al.,* 2010 ; Dreyer et *al.,* 2010) qui recherchent des liens de cause à effet entre des variables de production et les impacts sociaux par des relations statistiques significatives appelées *pathways*. Les indicateurs utilisés proviennent de statistiques nationales générales et font l'objet d'analyses économétriques permettant de comparer les filières. Les deux écoles se distinguent aussi par rapport à l'échelle sur laquelle porte l'évaluation, la première se situe au niveau des exploitations et la seconde à celui de la filière ou du secteur.

L'ASCV se distingue de l'Analyse Environnementale du Cycle de Vie (AECV) sur plusieurs points :

- les ASCV tiennent aussi compte des impacts positifs,
- les indicateurs peuvent être ambigus en fonction des contextes et posent parfois des questions d'éthique, par exemple pour les indicateurs de salaire minimum ou de taux de travailleurs immigrés… ,
- La démonstration de la validité des *pathways* et la quantification des indicateurs d'impact sont souvent plus difficiles et plus hétérogènes,
- la mesure correspond à l'écart entre une situation initiale (de référence) et la situation observée contrairement aux AECV où l'on raisonne sur l'existence ou non du produit.



## 432. Quelques exemples des résultats pour les systèmes aquacoles étudiés

Des diagnostics ont été réalisés sur chaque terrain d'étude (environ une quinzaine de fermes par terrain) en suivant la méthodologie décrite précédemment. Ils ont permis d'établir des profils environnementaux moyens et de comparer les systèmes. Les systèmes d'élevage monoculture (Tilapia au Brésil, Pangas en Indonésie) en étang ont des profils assez proches : les impacts sur l'eutrophisation et l'acidification sont relativement élevés par rapport aux autres impacts. De même, les indicateurs Emergy sont très élevés. En effet ces systèmes valorisent peu l'environnement qui les entoure (peu d'utilisation d'intrants renouvelables, dépendance forte aux ressources manufacturées, stress sur l'environnement élevé). Les autres systèmes ont des profils plus contrastés. Le système brésilien intégrant la production de porc à la production de poissons en polyculture a des impacts moindres sur le changement climatique, l'utilisation d'énergie, l'occupation de surface et la dépendance à l'eau. Par contre, les impacts sur l'eutrophisation et l'acidification sont élevés ainsi que la dépendance aux produits manufacturés. Le profil des systèmes français en étang est assez différent. Ce sont des systèmes extensifs (fort impact sur l'occupation de surface et la dépendance à l'eau) qui en comparaison ont moins d'impacts par unité de poissons produite sur le changement climatique, l'eutrophisation et l'acidification. Ils reposent en effet sur une valorisation des ressources naturelles, dépendent peu d'intrants manufacturés et au final provoquent un stress faible sur l'environnement. Dans l'ensemble, les systèmes étangs sont peu dépendants d'aliments contenant une proportion élevée de produits d'origine halieutique. Enfin, le système de production de saumon en eau recirculée présente un profil particulier. C'est un système peu consommateur de surface et d'eau mais dont les impacts en termes de changement climatique, d'eutrophisation et d'utilisation d'énergie sont élevés en comparaison des autres systèmes. C'est un système très anthropisé, dont le fonctionnement est peu dépendant de son environnement naturel extérieur, mais fortement dépendant de la sphère socio-économique. Enfin, au regard de l'espèce élevée, carnivore, c'est aussi un système utilisant un aliment contenant une forte proportion d'intrants d'origine halieutique.

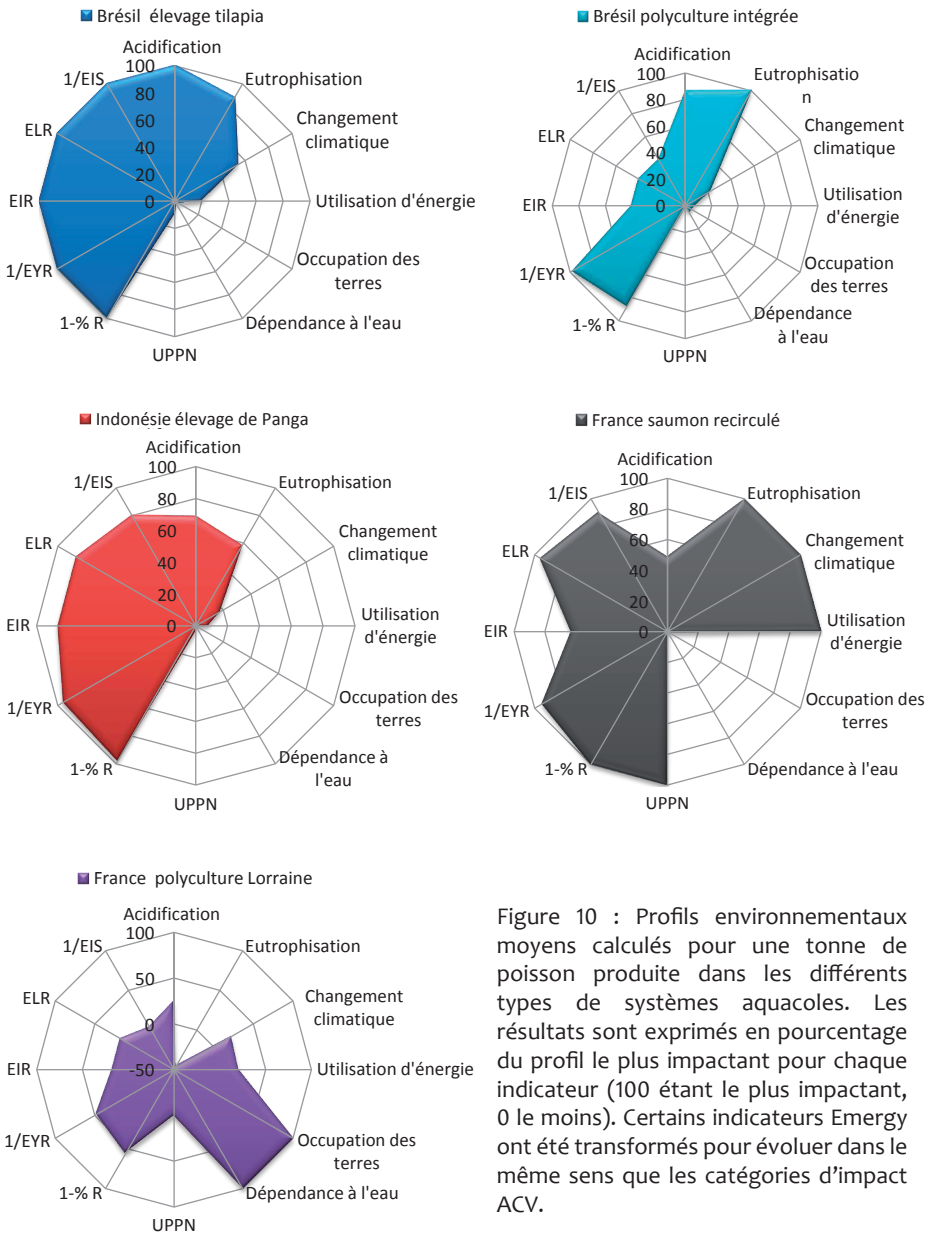



Figure 10 : Profils environnementaux moyens calculés pour une tonne de poisson produite dans les différents types de systèmes aquacoles. Les résultats sont exprimés en pourcentage du profil le plus impactant pour chaque indicateur (100 étant le plus impactant, 0 le moins). Certains indicateurs Emergy ont été transformés pour évoluer dans le même sens que les catégories d'impact ACV.

Légende : UPPN : utilisation de production primaire nette, %R : % d'Emergy renouvelable, EYR : Rendement Emergy, EIR : Rendement d'investissement Emergy, ELR : taux de charge environnementale (Encart n°24 et 25).



La réalisation de ces profils environnementaux basés sur les pratiques des systèmes permet d'analyser finement les conséquences des choix de fonctionnement et de comparer diverses techniques et stratégies d'élevage. Cette analyse est essentielle dans la mise en œuvre de stratégies d'intensification écologique de la pisciculture. **Quels que soient les objectifs visés, cette mise en œuvre devra passer par une diminution des impacts par unité produite, une diminution de la dépendance aux intrants manufacturés (dépendants de l'économie) et une meilleure valorisation du capital naturel.**

## 44. IDENTIFICATION DES CAPACITÉS ET DES CONTRAINTES A L'ÉCO-INNOVATION

L'adoption de pratiques d'intensification écologique implique pour les entreprises et les territoires des processus de changement et d'innovation dont il s'agit d'identifier les contraintes ou les facteurs facilitateurs lors de la phase de diagnostic. **Rappelons que l'intensification écologique implique un processus d'innovation particulier, largement orienté vers des éco-innovations** (cf. § 112) qui impliquent des facteurs ou propriétés spécifiques encore peu étudiés. Quelques travaux relatifs à l'agriculture peuvent être mobilisés pour identifier les types de facteurs à étudier, à l'échelle individuelle et du territoire. Bien évidemment, les facteurs traditionnels de l'adoption des innovations (âge, formation, capacité financière…) peuvent aussi intervenir. Le tableau suivant présente les principaux facteurs spécifiques à étudier.

Tableau 3 : Principaux facteurs facilitateurs vis-à-vis des éco-innovations

| Echelle des exploitants ou exploitations | Echelle des territoires |
|---|---|
| • Parcours professionnel antérieur<br>• Proximité de la recherche et des dispositifs de soutien spécifiques<br>• Insertion dans les réseaux<br>• Indépendance par rapport à l'amont de la filière (coopérative, négociants)<br>• Ouverture de l'exploitation impliquant des contacts directs avec la clientèle et les habitants | • Existence d'une communauté professionnelle et de réseaux favorables à la dimension environnementale<br>• Capacité des réseaux ou structures à mettre en œuvre des expérimentations collectives, à élaborer des référentiels locaux et à diffuser l'information<br>• Capacité des structures professionnelles à faire évoluer les métiers<br>• Existence d'instruments incitatifs et de dispositifs de gouvernance adaptés |
| • Importance des représentations en faveur de l'environnement et sensibilité à la biodiversité<br>• Existence d'une conscience écologique | |

Le rôle de ces facteurs sera plus ou moins important en fonction des profils de mise en œuvre de l'intensification écologique que nous avons définis. Dans le cas du profil n°1, il s'agit d'innovations ponctuelles répondant par exemple à un renforcement de la réglementation, pour lesquelles les facteurs précédents interviennent peu. Par contre, ces facteurs doivent être étudiés dans le cas des profils n° 2 et 3 (Figure n°7) qui impliquent des changements plus importants, à la fois des pratiques et des objectifs, voire des valeurs.

# CHAPITRE 5. LA CO-CONSTRUCTION DE SCÉNARIOS D'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE

La mise en œuvre de l'intensification écologique implique en premier lieu de se donner, si possible collectivement, des objectifs et donc de sélectionner des scénarios. Nous présenterons cette étape initiale et déterminante en trois temps :

(1) en proposant quelques pistes pour mettre en œuvre la co-construction des scénarios (§ 51),

(2) en précisant comment décliner les objectifs en sous objectif opérationnels (§ 52),

(3) en donnant quelques exemples d'enjeux et de scénarios (§ 53).

## 51. QUELQUES PISTES POUR METTRE EN ŒUVRE LA CO-CONSTRUCTION DES SCÉNARIOS

Nous avons largement souligné l'intérêt de la co-construction pour faciliter l'appropriation des scénarios par les pisciculteurs et leur reconnaissance par les acteurs des territoires où l'intensification écologique est mise en œuvre. Cette co-construction suppose la mise en place d'une démarche participative ou de concertation avec les pisciculteurs qui doit être préparée de façon à faciliter le dialogue et favoriser la diversité des points de vue. Diverses méthodes d'animation de concertation ou de dispositifs d'action collective existent en relation avec le développement des pratiques de concertation et de démocratie participative au sein des organisations mais aussi des projets de territoire. Une ingénierie de la participation et de la gouvernance territoriale est donc en cours de formalisation. Celle-ci recouvre « *l'ensemble des méthodes et outils permettant la coordination, la participation et l'apprentissage des acteurs ainsi que le pilotage des projets de territoires* » (Rey-Valette et *al.*, 2011).

Nous ne détaillerons pas ici les diverses méthodes et pratiques existantes, qui constituent un domaine en soi, difficile à résumer du fait de la diversité des approches. Cette diversité est essentielle, car ces pratiques doivent être adaptées ou hybridées en fonction des contextes et des enjeux de façon à faciliter des apprentissages. L'important est de créer un climat favorable au dialogue et à la réflexivité, tout en ayant une action de pilotage du processus pour en garantir l'opérationnalité. Rappelons que le principal critère de différentiation des processus de concertation distingue (i) **les dispositifs visant à faire exprimer la diversité des enjeux** (assez faciles à organiser car moins exposés aux conflits et aux positions stratégiques) et (ii) **les dispositifs plus sensibles qui cherchent à aboutir à un consensus.** Dans le cas de la co-construction de scénarios d'intensification écologique de l'aquaculture, on se situe dans une situation intermédiaire. En effet, il n'est nul besoin d'avoir un consensus, mais il est nécessaire de pouvoir définir un nombre raisonnable de scénarios à l'échelle d'un territoire de façon à pouvoir favoriser les échanges d'expériences en cours d'expérimentation, les synergies entre les pratiques et la valorisation sociale de ces pratiques au sein des territoires.

## 52. DÉCLINAISON DES OBJECTIFS EN SOUS-OBJECTIFS OPÉRATIONNELS

Parmi les acquis de l'ingénierie de la participation, il est admis que les discussions doivent être pour partie cadrées, souvent au travers de supports matériels permettant à chacun de s'exprimer, contrairement aux situations où la parole étant libre, elle a souvent tendance à être monopolisée par certaines personnes ou à se prêter à des digressions. La préparation de supports adaptés à partir desquels les participants font des choix et/ou hiérarchisent des propositions constitue une modalité d'animation efficace des discussions. Ainsi, la co-construction de scénarios d'intensification écologique peut s'appuyer sur la matrice présentée ci-après (Tableau n°4), après avoir été adaptée en fonction des situations. Cette matrice présente quelques exemples d'objectifs opérationnels pour les sept objectifs de référence que nous avons définis pour l'intensification écologique des systèmes aquacoles (§ 22). Il s'agit alors pour les participants de choisir quelques options en veillant à articuler des sous-objectifs qui relèvent de choix individuels au sein des exploitations et des sous-objectifs collectifs à l'échelle des territoires pour renforcer, légitimer, financer et coordonner les stratégies individuelles.



Tableau 4 : Matrice des sous-objectifs opérationnels en appui à la co-construction des scénarios

| | | |
|---|---|---|
| **O1. Minimiser la dépendance aux ressources externes** | | |
| **O1.1** Privilégier l'utilisation d'intrants d'origine non anthropique | **O1.2** Favoriser les ressources locales comme intrants et les fonctionnalités de l'écosystème | |
| **O2. Accroitre la performance des systèmes de production aquacoles et la qualité des produits** | | |
| **O2.1** Faciliter/encourager les changements biotechniques favorisant l'accroissement des résultats économiques de l'exploitation | **O2.2** Augmenter et valoriser la qualité des produits : nutritionnelle, organoleptique, sanitaire, aptitude à la transformation | |
| **O2.3** Réduire les gaspillages | **O2.4** Développer une culture de l'évaluation et du suivi | |
| **O3. Améliorer la robustesse, la plasticité et la résilience des systèmes par l'intégration et la complémentarité fonctionnelle** | | |
| **O3.1** Valoriser les synergies : espèces, habitats, fonctions, services, pratiques… de façon à optimiser l'utilisation des différents maillons trophiques et des habitats | **O3.2** Favoriser la stabilité des services dans la perspective d'une gestion durable | |
| **O3.3** Favoriser les capacités de résilience des écosystèmes récepteurs | **O3.4** Prévenir les risques d'évasion d'espèces à risque | |
| **O4. Diversifier les services écosystémiques marchands des systèmes aquacoles** | | |
| **O4.1** Diversifier les itinéraires de production (sur le même site) | **O4.2** Diversifier les produits en développant les services culturels marchands (loisir) | |
| **O4.3** Diversifier les produits en valorisant les co-produits | **O4.4** Diversifier les marchés | |
| **O5. Promouvoir la reconnaissance des services écosystémiques et valoriser les connaissances et le savoir-faire** | | |
| **O5.1** Identifier et valoriser les services associés aux territoires | **O5.2** Utiliser et adapter les savoir-faire traditionnels pour développer des pratiques plus adaptées aux territoires | |
| **O5.3** Utiliser des systèmes d'information, spatialiser les services et adapter les diagnostics territoriaux intervenant en appui de la planification territoriale | **O5.4** Améliorer la capacité d'innovation des pisciculteurs et des parties prenantes | |
| **06. Améliorer l'intégration territoriale des systèmes aquacoles en favorisant la production de services écosystémiques non marchands** | | |
| **O6.1** Gérer la compétition entre les services d'approvisionnement et les autres services dans le territoire et entre territoires | **O6.2** Développer les services écosystémiques de support favorables à la biodiversité | |
| **O6.3** Développer les services écosystémiques de régulation | **O6.4** Développer les services écosystémiques culturels et l'attractivité des territoires | |
| **07. Adapter les dispositifs et instruments de gouvernance territoriale et faire participer les parties prenantes** | | |
| **O7.1** Favoriser la participation à des dispositifs de gouvernance territoriale | **O7.2** Identifier et évaluer les services associés aux territoires avec les acteurs locaux | **O7.3** Mettre en place des systèmes de certification reconnaissant certains services écosystémiques |
| **O7.4** Gérer la biodiversité et les ressources à l'échelle des territoires | **O7.5** Mettre en place des systèmes d'information adaptés pour faciliter le suivi de la mise en œuvre de l'intensification écologique | |

## 53. QUELQUES EXEMPLES DE SCÉNARIOS D'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DE L'AQUACULURE

Au cours du programme PISCEnLIT, des scénarios d'intensification écologique ont été co-construits avec les pisciculteurs et les parties prenantes des divers territoires impliqués. De manière logique, ces scénarios découlent des principaux enjeux mis en avant sur les différents territoires. Des scénarios sont apparus assez spécifiques à un contexte donné et d'autre plus partagés et transversaux. Quatre scénarios pour les productions en étang sont présentés ci-dessous.

**Un premier scenario** vise à une plus grande intégration dans les territoires (bassin versant d'un hydro-système par exemple), notamment les étangs de polyculture, *via* une **réelle reconnaissance des services rendus par ces aqua-écosystèmes.** Les principaux services qui ont été ciblés concernent les services de régulation (qualité et quantité des flux d'eau) et de support (biodiversité). L'application d'un tel scénario nécessitera une quantification préalable (i) de la valeur écologique des aqua-écosystèmes et de leurs compartiments (zones à macrophytes et sans macrophytes, zone périphérique des masses d'eau… ) et (ii) des flux d'eau et des matières associées (matières organiques ou minérales, en suspension ou dissoutes, contaminants… ). Une des perspectives de ce scénario est d'associer une valorisation cynégétique des aqua-écosystèmes à des services culturels comme l'aménagement d'observatoires de la faune (écotourisme). La mise en œuvre de nouvelles pratiques (ex. pêche en pleine eau, zonage des activités) semble nécessaire pour la recherche de compromis dans la gestion des aqua-écosystèmes. Ce scénario est apparu comme une priorité pour les parties prenantes des territoires français étudiés, avec en Lorraine, la question du statut de l'étang de barrage comme ouvrage de remédiation à l'échelle de la gestion d'un bassin versant.



**Un deuxième scénario** vise à accroître les services d'approvisionnement (production aquacole) par le **développement de systèmes d'élevage combinés** (Encart n°27), en définissant des zones d'élevages semi-intensifs ou intensifs (enclos ou bassin) dans un plus vaste aqua-écosystème géré de manière extensive. La production intensive serait ciblée sur des espèces à haute valeur économique (exemple du sandre en Europe). L'élevage en milieu confiné permet de protéger la ressource notamment vis-à-vis des prédateurs (oiseaux piscivores) et d'optimiser la gestion des intrants (aliments). Le principe fondamental de ces systèmes combinés réside dans l'utilisation du pouvoir épurateur de l'aqua-écosystème support recevant les effluents des zones d'élevage intensif [11] . Cette combinaison peut être envisagée soit en introduisant un enclos ou bassin dans un plus vaste ensemble (système « *Pond in Pond* ») soit en couplant deux entités juxtaposées. L'entité dédiée au traitement constitue aussi un écosystème particulier qui peut être associé à une biodiversité particulière ou être le support d'un élevage extensif complémentaire (généralement avec des espèces de plus faibles rangs trophiques). Dans les deux situations, une circulation dynamique des flux d'eau et des déchets associés à l'élevage intensif est recommandée.

[11] Dès les années 1980, le système israélien Dekel expérimentait ce type de processus.

**Encart 27 : systèmes d'élevage combinés ou intégrés en pisciculture d'étangs**

Le développement de systèmes aquacoles combinés constitue une voie d'intensification écologique pertinente en pisciculture d'étang. Il s'agit d'associer un élevage semi-intensif ou intensif confiné dans un volume restreint à une gestion extensive traditionnelle de l'étang de polyculture. Cette combinaison permet une exploitation plus rationnelle de la capacité épuratrice des étangs. Dans un tel système complexe, l'élevage intensif est réalisé dans un bassin intégré à l'étang présentant une certaine technicité (alimentation formulée, circulation et oxygénation de l'eau) et ciblé sur des espèces à forte valeur ajoutée comme le sandre. L'espèce produite en bassin est protégée des prédateurs (cormorans). Ce type de système combiné est développé aux Etats-Unis (Füllner et al., 2007) et en Europe de l'Est. Le développement de ces systèmes combinés nécessite d'étudier la capacité épuratrice des étangs.

Exemple d'un élevage de sandres en Allemagne

**Un troisième scénario** part du principe majeur que l'énergie la plus disponible et la moins coûteuse est l'énergie solaire, et de ce fait que la biomasse sur laquelle l'aqua-écosystème doit principalement s'appuyer pour une démarche d'intensification écologique, est la production végétale aquatique, notamment

les macrophytes, le phytoplancton et le périphyton. Un objectif prioritaire est **l'exploitation des importantes masses phyto-planctoniques** observées, de manière plus ou moins continue, au cours d'un cycle de production, selon les contextes géographiques et climatiques. Ce scénario amène d'une part à reconsidérer le choix des espèces élevées en privilégiant les espèces herbivores ou à plus forte tendance herbivore, et d'autre part à privilégier certains stades physiologiques chez certaines espèces, afin de favoriser les stades de développement les plus phytoplanctonophages. En conséquence, d'autres modes de gestion de la reproduction de ces espèces doivent être développés pour assurer un étalement des pontes et une plus grande disponibilité des stades physiologiques d'intérêt. De notre point de vue, il sera nécessaire de revisiter l'évolution des régimes alimentaires des diverses espèces, sans considérer le statut « piscicole » de celles-ci. Une espèce jugée actuellement indésirable pourrait avoir un réel intérêt pour ce scénario (ex. carpe herbivore, brème).

**Un dernier scénario** est basé sur la **valorisation des intrants « naturels »** via les tributaires de l'aqua-écosystème (issus du bassin versant et des écosystèmes ou agro-systèmes situés en amont) et sur un **recyclage des matières stockées dans l'aqua-écosystèmes** (ex. matières organiques et minérales des vases). L'accumulation de vases stockées dans les sédiments et très lentement dégradées en milieu hypoxique, voire anoxique, devient un enjeu majeur. De plus, cette matière est souvent perdue en grande partie lors des pêches ou des périodes d'assec. Or, elle pourrait constituer un réel gisement pour la production d'invertébrés, et sa minéralisation à la base d'une production planctonique, qui pourraient devenir la base de nouvelles chaînes trophiques et par conséquent d'une production aquacole.

**Encart 28 : Distinction entre espèces allochtones et autochtones**

Une espèce est dite autochtone dans un environnement donné, si elle s'y reproduit depuis l'Holocène (-10 000 ans av. J.C.). Une espèce est dite allochtone, si elle se reproduit et présente des populations pérennes dans un milieu depuis une période plus récente que l'Holocène. Les espèces allochtones résultent principalement d'introduction d'espèces effectuées par l'homme.

# CHAPITRE 6. LA DÉFINITION DES ACTIONS A L'ÉCHELLE DES EXPLOITATIONS ET DES TERRITOIRES

Il n'est bien évidemment pas possible d'identifier l'ensemble des actions qui permettraient la mise en œuvre de l'intensification écologique des systèmes aquacoles. S'agissant d'une démarche de projet d'innovation, les exemples d'actions sont présentés suivant le cadre logique issu de l'ingénierie de projet (UE, 2004). Il s'agit de décliner chaque objectif en sous-objectifs et de relier chaque action à un des sous-objectifs. Cette approche offre une définition analytique et fonctionnelle du plan d'action, qui à tout moment permet de relier les objectifs, les moyens mis en œuvre et les résultats. On différenciera les deux niveaux de décision et d'organisation en définissant :

(1) des actions plutôt définies à l'échelle des exploitations aquacoles (§ 61),

(2) des actions relevant plutôt de l'échelle des territoires et écosystèmes concernés par l'aquaculture (§ 62).

## 61. MISE EN ŒUVRE DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE A L'ÉCHELLE DES EXPLOITATIONS

L'échelle de l'exploitation permet de rendre compte des changements internes, certains pouvant être décidés de façon collective par un groupe d'aquaculteurs ou, résulter d'une évolution des règlementations, ou encore s'articuler avec le projet de territoire où les exploitations sont implantées. Les actions mises en œuvre interviennent directement sur la fonction de production de l'entreprise. Les tableaux suivants offrent un éventail d'exemples d'actions successivement pour les 4 objectifs définis.

| O1. Minimiser la dépendance aux ressources externes | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Actions** |
| **O1.1** Privilégier l'utilisation de ressources d'origine non anthropique | **O1.1 – A1** Elever des espèces à bas niveau trophique<br>**O1.1 – A2** Raccourcir les chaines trophiques dans le système d'exploitation pour limiter la pression sur les sources alimentaires d'origine halieutique<br>**O1.1 – A3** Utiliser des ressources énergétiques renouvelables plutôt que des ressources énergétiques fossiles<br>**O1.1 – A4** Limiter le recours aux médicaments et aux traitements chimiques en développant les interactions biotiques pour lutter contre les ravageurs, les pathogènes ou les espèces prédatrices extérieures<br>**O1.1 – A5** Favoriser l'utilisation d'espèces autochtones |
| **O1.2** Utiliser les ressources naturelles ou locales comme intrants ainsi que les fonctionnalités de l'écosystème | **O1.2 – A1** Utiliser les ressources thérapeutiques locales (ex. phytothérapie)<br>**O1.2 – A2** Orienter les chaînes trophiques pour valoriser les ressources naturelles au sein des systèmes de production<br>**O1.2 – A3** Valoriser les nutriments issus du milieu (cours d'eau, boues…) et utiliser des amendements disponibles sur l'exploitation ou le territoire (lisiers, fumiers…) plutôt que des produits industriels<br>**O1.2 – A4** Développer l'intégration agriculture-aquaculture par exemple en promouvant des élevages associés<br>**O1.2 – A5** Choisir des espèces d'élevage complémentaires sur le plan trophique, renforcer et optimiser les pratiques de polyculture<br>**O1.2 – A6** Favoriser l'utilisation d'espèces autochtones<br>**O1.2 – A7** Utiliser le recyclage pour éviter les externalités négatives. |



| O2. Accroitre la performance des systèmes de production aquacoles et la qualité des produits | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemples d'actions** |
| **O2.1** Faciliter/encourager les changements biotechniques favorisant l'accroissement des résultats économiques de l'exploitation | **O2.1-A1** Optimiser les itinéraires techniques en rationalisant les pratiques d'élevage et en développant la maîtrise technique<br>**O2.1-A2** Prendre en compte la pénibilité et la complexité du travail dans les solutions techniques proposées<br>**O2.1-A3** Segmenter le système de production pour optimiser les différents compartiments |
| **O2.2** Augmenter et valoriser la qualité des produits : nutritionnelle, organoleptique, sanitaire, aptitude à la transformation | **O2.2-A1** Mise en place de dispositifs de certification<br>**O2.2-A2** Réduire les risques liés aux marchés en développant les circuits courts<br>**O2.2-A3** Mettre en place la traçabilité de l'origine et de la qualité des intrants (alimentation et substances chimiques)<br>**O2.4-A4** Développer des systèmes d'évaluation conjointe de la qualité environnementale et de la production des élevages |
| **O2.3** Réduire les gaspillages | **O2.3-A1** Combiner différents itinéraires ou compartiments de production<br>**O2.3-A2** Faire évoluer les pratiques de façon à utiliser autant d'aliment formulé et/ou d'énergie pour produire plus de produits aquatiques ou bien de façon à utiliser moins d'aliment formulé et/ou d'énergie pour la même quantité de produits aquatiques (tonnage des espèces cibles)<br>**O2.3-A3** Utiliser le recyclage dans le système d'exploitation pour réduire les externalités négatives (rejets)<br>**O2.3-A4** Recycler les nutriments au sein du système de production (polyculture, systèmes intégrés) au profit d'une production supplémentaire |
| **O2.4** Développer une culture de l'évaluation et du suivi | **02.4-A1** Développer des systèmes de suivi et d'évaluation conjointe de la qualité environnementale et de la production des élevages<br>**02.4-A2** Mettre en place des indicateurs de suivi de la qualité de l'eau, de l'état sanitaire des poissons et de la qualité finale des produits<br>**02.4-A3** Développer des outils qui favorisent les pratiques d'auto évaluation |

| **O3. Améliorer la robustesse, la plasticité et la résilience des systèmes par l'intégration et la complémentarité fonctionnelle** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemples d'actions** |
| **O3.1** Valoriser les synergies : espèces, habitats, fonctions, services, pratiques… de façon à optimiser l'utilisation des différents maillons trophiques et des habitats | **O3.1-A1** Développer les systèmes d'élevage multi-trophiques et optimiser l'utilisation des différents maillons de la chaîne trophique et des habitats<br>**O3.1-A2** Développer l'utilisation des végétaux aquatiques pour leur rôle épurateur, de ressource alimentaire ou de support de biodiversité<br>**O3.1-A3** Adapter les pratiques de production ou d'entretien à la temporalité des biocénoses et à la dynamique des écosystèmes |
| **O3.2** Renforcer la capacité d'adaptation des systèmes aquacoles | **O3.2-A1** Diversifier les communautés d'espèces et les habitats<br>**O3.2-A2** Diversifier les produits de l'exploitation<br>**O3.2-A3** Maintenir le bien-être des animaux et le statut sanitaire des élevages<br>**O3.2-A4** Maintenir les régulations hydrologiques (réguler les débits)<br>**O3.2-A5** Favoriser l'adoption de pratiques favorables à la biodiversité<br>**O3.2-A6** Adapter les techniques d'élevage aux conditions locales |
| **O3.3** Limiter les impacts environnementaux du système aquacoles | **O3.3-A1** Optimiser la polyculture en choisissant des espèces d'élevage complémentaires sur le plan trophique pour réduire les rejets<br>**O3.3-A2** Valoriser des ressources internes au système ayant des faibles impacts environnementaux<br>**O3.3-A3** Réduire l'utilisation des antibiotiques et favoriser l'utilisation de la phytothérapie à partir d'essences locales<br>**O3.3-A4** Adapter le niveau de production à la capacité d'accueil du milieu récepteur<br>**O3.3-A5** Réduire l'émission de produits chimiques |
| **O3.4** Favoriser les capacités de résilience des écosystèmes récepteurs | **O3.4-A1** Utiliser et valoriser localement les rejets issus du système de production comme intrants d'autres systèmes de production (recyclage externe aquacole ou non)<br>**O3.4-A2** Améliorer la capacité de résilience du milieu récepteur, par des aménagements du milieu et des mesures de restauration<br>**O3.4-A3** Utiliser l'eau et la boue de pisciculture pour les autres cultures terrestres |
| **O3.5** Prévenir les risques d'évasion d'espèces à risque | **O3.5-A1** Adopter des méthodes de lutte contre les espèces envahissantes<br>**O3.5-A2** Favoriser l'utilisation et l'élevage des espèces autochtones<br>**O3.5-A3** Mettre en place des méthodes efficaces de contrôle des échappements des espèces d'élevage<br>**O3.5-A4** Eviter la dissémination des parasites et agents pathogènes présents dans les élevages |



| **O4. Diversifier les services écosystémiques marchands des systèmes aquacoles** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemples d'actions** |
| **O4.1** Diversifier les itinéraires de production (sur le même site) | **O4.1-A1** Segmenter l'espace de production<br>**O4.1-A2** Combiner différents itinéraires de production par une gestion complémentaire des ressources (eau, habitats) selon les besoins biologiques des espèces et des stades de développement |
| **O4.2** Diversifier les produits en développant les services culturels marchands (loisir) | **O4.2-A1** Développer l'accueil du public dans les exploitations<br>**O4.2-A2** Mettre en place des aménagements pour l'observation sans dérangement de la faune<br>**O4.2-A3** Développer l'écotourisme |
| **O4.3** Diversifier les produits en valorisant les co-produits | **O4.3-A1** Diversifier la production et les activités des exploitations<br>**O4.3-A2** Utiliser les eaux riches en nutriments ou la boue de curage des étangs pour fertiliser les cultures sur le territoire |
| **O4.4** Diversifier les marchés | **O4.4-A1** Renforcer les circuits courts<br>**O4.4-A2** Développer les activités de transformation<br>**O4.4-A3** Mise en place de dispositifs de certification<br>**O4.4-A4** Développer d'autres marchés pour les animaux et les plantes : repeuplement, ornement, pépinières pour les besoins de restauration… |

## 62. MISE EN ŒUVRE DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE A L'ÉCHELLE DES TERRITOIRES

La mise en œuvre de l'intensification écologique peut être envisagée ou renforcée par sa prise en compte dans les projets de territoire, notamment pour les faire évoluer vers des objectifs de développement durable. Par exemple dans l'Etat de Santa Catarina au Brésil, ces pratiques peuvent bénéficier de l'existence d'un fond pour les services environnementaux (loi n° 15133 du 19 janvier 2010 qui s'inscrit dans la logique de paiement des services environnementaux (*Programa Estadual de Pagamento por Serviços Ambientais*)) et du programme de crédit pour l'agriculture familiale (PRONAF) qui vise à faire du producteur un administrateur rural. En France, ces actions peuvent s'inscrire en synergie avec les programmes d'actions des dispositifs de conservation, tels que les Parcs Naturels ou les sites Natura 2000 en bénéficiant de mesures agro-environnementales, ou plus généralement avec les stratégies de développement local visant à valoriser les ressources patrimoniales, et notamment dans certaines zones à rechercher des alternatives au développement de l'économie résidentielle.

| **O5. Promouvoir la reconnaissance des services et valoriser les compétences et le savoir-faire** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemples d'actions** |
| O5.1 Identifier et valoriser les services écosystémiques associés aux territoires | **O5.1-A1** Evaluer la connaissance et la reconnaissance des services dans le territoire<br>**O5.1-A2** Identifier les motivations des acteurs au développement des services non marchands<br>**O5.1-A3** Mettre en place des actions de sensibilisation pour renforcer la reconnaissance des services écosystémiques vis-à-vis des producteurs, des populations, des élus, des cadres de l'administration, des collectivités territoriales<br>**O5.1-A4** Valoriser l'image du secteur aquacole<br>**O5.1-A5** Mettre en place des dispositifs visant la valorisation économique des services écosystémiques (ex. mesures agro environnementales)<br>**O5.1-A6** Mobiliser la recherche et la formation |
| O5.2 Utiliser et/ou adapter les savoir-faire traditionnels pour développer des pratiques plus adaptées aux territoires | **O5.2-A1** Faciliter l'accès des pisciculteurs à l'information sur les trajectoires d'intensification écologique<br>**O5.2-A2** Connaître et analyser les pratiques antérieures pour identifier les pratiques intéressantes et favoriser leur reconnaissance et leur adoption |
| O5.3 Utiliser des systèmes d'information, spatialiser les services et adapter les diagnostics territoriaux intervenant en appui à la planification territoriale | **O5.3-A1** Adapter ou créer des observatoires territoriaux pour faciliter la prise en compte et le suivi des services écosystémiques<br>**O5.3-A2** Identifier et positionner le rôle des systèmes aquacoles dans le développement du territoire |
| O5.4 Améliorer la capacité d'éco innovation des pisciculteurs et des autres acteurs des territoires | **O5.4-A1** Valoriser et stimuler la capacité de changement en facilitant la mise en réseau des exploitations (identifier les acteurs clés)<br>**O5.4-A2** Mettre en place des référentiels locaux d'intensification écologique<br>**O5.4-A3** Renforcer la formation, permettre l'acquisition de nouvelles connaissances, faciliter la transmission des savoirs pour renforcer la maîtrise technique et l'appropriation des procédés et concepts de l'intensification écologique |



| **O6. Améliorer l'intégration territoriale des systèmes de production en favorisant la production de services écosystémiques non marchands** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemples d'actions** |
| **O6.1** Gérer la compétition entre les services d'approvisionnement et les autres services dans le territoire et entre territoires | **O6.1-A1** Mettre en place des dispositifs de gouvernance et de concertation<br>**O6.1-A2** Mette en place des systèmes de compensation<br>**O6.1-A3** Evaluer la connaissance et la reconnaissance des services dans le territoire |
| **O6.2** Développer les services écosystémiques de support favorables à la biodiversité | **O6.2-A1** Mobiliser à l'échelle de l'exploitation les fonctions écologiques pour accroître ou maintenir l'expression de la biodiversité et les services de support<br>**O6.2-A2** Maintenir ou développer les zones végétales en bord d'étang<br>**O6.2-A3** Réduire, limiter les pratiques défavorables au maintien de la diversité des espèces et des habitats<br>**O6.2-A4** Délimiter les surfaces d'habitat nécessaires aux fonctions écologiques<br>**O6.2-A5** Maintenir des corridors écologiques et trames d'écosystèmes<br>**O6.2-A6** Gérer la biodiversité à l'échelle des territoires |
| **O6.3** Développer les services écosystémiques de régulation | **O6.3-A1** Adapter la gestion hydrologique des ouvrages en tenant compte des fonctions de régulation hydrologiques et climatiques<br>**O6.3-A2** Favoriser l'épuration du milieu aquatique |
| **O6.4** Développer les services écosystémiques culturels et l'attractivité des territoires | **O6.4-A1** Maintenir les structures du paysage<br>**O6.4-A2** Favoriser l'entretien ou le maintien de composantes à valeur patrimoniale (bâtis, pratiques festives ou culinaires, habitats et paysages, conservation d'espèces d'intérêt et/ou emblématiques) |

| **O7. Adapter les dispositifs et instruments de gouvernance territoriale et faire participer les parties prenantes** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemples d'actions** |
| **O7.1** Favoriser la participation à des dispositifs de gouvernance territoriale | **O7.1-A1** Mettre en place ou élaborer des dispositifs et instruments facilitant la participation des acteurs, en particulier les pisciculteurs |
| **O7.2** Identifier et évaluer les services associés au territoire avec les acteurs locaux | **O7.2-A1** Identifier les perceptions et motivations des acteurs au développement des services non marchands<br>**O7.2-A2** Favoriser la reconnaissance sociale des services écosystémiques<br>**O7.2-A3** Réaliser des diagnostics de territoires et de systèmes d'acteurs<br>**O7.2-A4** Mettre en place des dispositifs de valorisation des services pour favoriser leur production (Paiement pour Services Ecosystémiques)<br>**O7.2-A5** Mobiliser la recherche et la formation (système d'innovation local) |
| **O7.3** Mettre en place des démarches de certification reconnaissant les services écosystémiques | **O7.3-A1** Favoriser les dialogues intersectoriels<br>**O7.3-A2** Mettre en place des procédures de reconnaissance (charte, label…) des services écosystémiques |
| **O7.4** Gérer la biodiversité et les ressources à l'échelle des territoires | **O7.4-A1** Définir la capacité d'accueil des territoires (intégrité écologique)<br>**O7.4-A2** Mettre en concordance les échelles de régulation et les échelles de gestion de la biodiversité et des ressources (trames, corridors, surfaces minimales…)<br>**O7.4-A3** Coordonner les activités au sein des territoires : gestion intégrée et concertée |
| **O7.5** Mettre en place des systèmes d'information adaptés pour faciliter le suivi de la mise en œuvre de l'intensification écologique | **O7.5-A1** Construire ou co-constuire des indicateurs d'intensification écologique<br>**O7.5-A2** Mettre en place des check-lists d'actions et d'indicateurs par objectif<br>**O7.5-A3** Inclure les diagnostics et indicateurs de suivi de l'intensification écologique des systèmes aquacoles dans les projets et observatoires des territoires |

# CHAPITRE 7. COMMENT MESURER LES EFFETS DE L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE ?

La mesure des résultats et des effets de l'intensification écologique de l'aquaculture suppose ensuite, comme tout innovation ou politique, quelle soit sectorielle ou territoriale, de disposer d'outils d'évaluation des résultats et des effets. Pour ce faire nous proposons ici quelques pistes méthodologiques pour la mise en place d'indicateurs appropriés ainsi qu'une check-list générique d'exemples d'indicateurs en lien avec les exemples d'actions proposées précédemment (§ 6). Nous envisagerons successivement :

(1) comment et pourquoi co-construire ces indicateurs (§ 71),

(2) l'importance du suivi des expérimentations (§ 72),

(3) des exemples d'indicateurs pour les actions relevant de l'échelle des exploitations (§ 73),

(4) des exemples d'indicateurs intervenant à l'échelle des filières et/ou des territoires (§ 74).

## 71. CONSTRUCTION OU CO-CONSTRUCTION DES INDICATEURS : PRINCIPES ET INTÉRÊT

**Les indicateurs ont de multiples fonctions : de mesure, de communication, de sensibilisation ou de normes sociales. Cette pluralité conduit à considérer les systèmes d'indicateurs et d'information comme des dispositifs à la fois techniques et sociaux qui résultent d'une construction sociale et d'un compromis** à un moment donné. La mesure de la durabilité des exploitations aquacoles ainsi que leur contribution à la durabilité des territoires où elles sont implantées

a été l'occasion d'étudier les rôles et les fonctions des indicateurs (Rey-Valette et *al.*, 2008 ; 2010) et de prôner une approche participative de co-construction d'indicateurs en fonction de principes et valeurs auxquels ils se réfèrent. **En effet, les démarches de co-construction d'indicateurs favorisent les apprentissages et l'appropriation des actions et politiques auxquels elles se réfèrent.**

Il est ainsi préconisé, à la suite des démarches de co-construction des scénarios et des actions, de poursuivre la logique de co-construction à propos des indicateurs d'intensification écologique. Il est en effet possible d'organiser des groupes de discussion autour du suivi de l'intensification écologique à partir des exemples fournis par le guide. Il s'agit de garder la référence au cadre logique en proposant aux participants de sélectionner et hiérarchiser en fonction des contextes, des objectifs et sous-objectifs, des actions et enfin des indicateurs de façon à pouvoir suivre les effets des changements envisagés. Cependant, le choix des indicateurs doit aussi tenir compte de l'état des dispositifs d'information existant et des conditions de collecte de l'information non existante. Il est primordial de ne pas répliquer ou multiplier les procédures de mesure et d'évaluation. Cette connaissance des informations disponibles suppose des compétences particulières. Il est donc possible aussi de ne pas avoir recours à une co-construction pour l'élaboration des indicateurs et de construire le système de suivi et d'information a posteriori pour les objectifs et actions qui ont été co-construits. La construction des indicateurs est alors le fait des porteurs de la démarche, avec l'appui de quelques chercheurs de diverses disciplines et quelques spécialistes divers de l'intensification écologique et des systèmes d'information.

## 72. MISE EN ŒUVRE D'UN SUIVI DES EXPÉRIMENTATIONS

Il s'agit de suivre à l'échelle globale pour un ensemble d'exploitations au sein d'un territoire, les changements enregistrés au niveau des interactions au sein des réseaux d'acteurs et des dispositifs institutionnels et formes de coordination, voire de mise en marché. Conjointement il est important à l'échelle des unités impliquées dans des expérimentations de proposer des fiches de suivi des expérimentations pour identifier et mesurer les changements. Ces changements peuvent concerner : la production, la qualité, la quantité, le type de travail demandé et le mode d'organisation au sein de l'entreprise, les coûts et économies occasionnés et bien évidemment les types de difficultés rencontrées. Une fiche technique peut être proposée assortie de photos pour rendre compte des évolutions au cours du temps.



## 73. PROPOSITIONS D'INDICATEURS À L'ÉCHELLE DES EXPLOITATIONS

Nous proposons ci-après en fonction des sous-objectifs une liste indicative, non exhaustive, d'indicateurs possibles, sachant que les arbitrages devront être faits en fonction de l'état des systèmes d'information déjà existants de façon à ne pas trop alourdir la collecte de l'information et garantir, par là même, la faisabilité du système de suivi, notamment sa pérennité. Les exemples fournis ci-après constituent de simples propositions qui doivent être complétées et adaptées sachant que le nombre d'indicateurs finaux retenus ne doit pas être trop important.

**O1. Minimiser la dépendance aux ressources externes**

| Sous-objectifs | Exemple d'indicateurs |
|---|---|
| **O1.1** Privilégier l'utilisation de ressources d'origine non anthropique | Nombre d'espèces par niveau trophique<br>Proportion des productions selon le niveau trophique<br>% des ingrédients alimentaires d'origine halieutique dans la ration<br>Biomasses produites par espèce par kg d'aliment (efficacité alimentaire)<br>Energie utilisée/ kg de produit<br>Energie fossile / kg de produit<br>Quantité d'intrants chimiques (médicaments, herbicides, pesticides) utilisés par kg de poisson produit<br>Indicateurs Emergy : ELR, EYR, %R (cf. encart 25) |
| **O1.2** Utiliser les ressources naturelles ou locales comme intrants ainsi que les fonctionnalités de l'écosystème | % de traitements alternatifs (sans produits de synthèse) /traitements totaux<br>Part de l'alimentation endogène (%)<br>Présence d'intégration avec des productions terrestres ou aquatiques<br>Biomasses produites par espèce par kg d'aliment (efficacité alimentaire)<br>Nombre d'espèces différentes élevées en polyculture<br>Nombre de contrats avec des agriculteurs pour la récupération des boues<br>Présence et proportion des espèces allochtones et niveaux de risque associé<br>Part des espèces allochtones dans la production totale (%) |

| **O2.Accroitre la performance des systèmes de production aquacoles et la qualité des produits** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemple d'indicateurs** |
| **O2.1** Faciliter/encourager les changements biotechniques favorisant l'accroissement des résultats économiques de l'exploitation | Nombre de compartiments d'élevage ou de culture au sein de l'exploitation<br>Variation de la marge brute<br>Nombre d'arrêts de travail ou d'accident/an<br>% d'heures d'arrêts de travail/heures travaillées<br>Productivité du travail (tonnes/emploi)<br>Quantité de travail mobilisée (nombre de travailleurs X heures) par tonne de produit<br>Variation de l'indice de conversion alimentaire (%)<br>Biomasses produites par espèce par kg d'aliment (efficacité alimentaire) |
| **O2.2** Augmenter et valoriser la qualité des produits : nutritionnelle, organoleptique, sanitaire, aptitude à la transformation | Présence de chartes de production<br>Différences de prix de vente / prix moyen du marché<br>Présence de test de qualité des produits<br>Procédures d'agrément obtenues<br>% de la production labellisée |
| **O2.3** Réduire les gaspillages | Biomasses produites par espèce par kg d'aliment (efficacité alimentaire)<br>Qualité de l'eau en sortie d'élevage (% de matières en suspension produits azotés et phosphorés notamment)<br>Indicateur de l'efficacité de l'azote apporté dans le système<br>Rejets en matière en suspension, produits azotés et phosphorés notamment dans l'eau en sortie d'élevage (kg/kg aliment)<br>Variation de la marge brute |
| **O2.4** Développer une culture de l'évaluation et du suivi | Présence d'outils de suivi techniques et financiers chez l'exploitant<br>Tenue d'une comptabilité<br>Présence d'un cahier d'enregistrement des performances de l'exploitation<br>Nombre d'heures de travail affectées au suivi de la qualité de l'eau et des produits<br>Nombre d'heures de travail affectées au suivi des performances des processus d'élevage (/ tonnage de produit) |

| **O3. Améliorer la robustesse, la plasticité et la résilience des systèmes par l'intégration et la complémentarité fonctionnelle** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemple d'indicateurs** |
| **O3.1** Valoriser les synergies: espèces, habitats, services, pratiques… de façon à optimiser l'utilisation des différents maillons trophiques et des habitats | Nombre d'espèces par rang trophique<br>Proportion des produits selon le rang trophique<br>Nombre d'heures consacrées aux actions d'entretien des habitats ou de protection des espèces autochtones (faune et flore)<br>Nombre et nature des actions d'entretien des habitats ou de protection des espèces autochtones (faune et flore)<br>Présence/absence de formations végétales à la périphérie des systèmes de production ou des limites de propriété |
| **O3.2** Renforcer la capacité d'adaptation des systèmes aquacoles | Taux de survie<br>Nombre de traitements sanitaires<br>Niveau des indicateurs biologiques de la qualité du milieu (IBGN (*), IBMR (**), IBD (***), IPR (***))<br>Indicateurs morphologique des cours d'eau (écoulement, brassage…)<br>Variation interannuelle de la production globale et de chaque espèce<br>Variation de la marge brute |
| **O3.3** Limiter les impacts environnementaux du système aquacole | Nombre d'espèces par rang trophique<br>Proportion des productions selon le rang trophique<br>Mesures de la biodiversité : diversité spécifique ordinaire (nombre d'oiseaux, végétaux, …)<br>Niveau des indicateurs biologiques de la qualité du milieu (IBGN (*), IBMR (**), IBD (***), IPR (****)<br>Fréquentation des habitats par l'homme (dérangement) et/ou calendrier saisonnier des pratiques<br>Mesure des régimes hydrologiques<br>Fréquence des accidents hydrologiques (inondations, assèchements)<br>Rapport flux de matières organiques /quantités d'aliments distribuées<br>Qualité de l'eau en sortie d'élevage (concentration en matière en suspension produits azotés et phosphorés notamment)<br>Concentration en xénobiotiques<br>Catégories d'impact ACV (eutrophisation, acidification,…) (Encart n°23) |
| **O3.4** Favoriser les capacités de résilience des écosystèmes récepteurs | Indices de biodiversité : diversité spécifique ordinaire (nombre d'oiseaux, végétaux,)…<br>Présence/absence d'espèces ou d'habitats à valeur patrimoniale<br>Présence/absence de formations végétales à la périphérie des systèmes de production ou des limites de propriété<br>Nombre d'espèces élevées de niveaux trophiques différents<br>Poids (kg) de produits élevés/cultivés en utilisant les rejets de la pisciculture<br>Présence de systèmes de traitement indépendants<br>Rapport entre la production et la capacité épuratrice du milieu récepteur<br>Indice de dilution<br>Mesure des régimes hydrologiques |
| **O3.5** Prévenir les risques d'évasion d'espèces à risques | Nombre d'espèces allochtones élevées/nombre total d'espèces élevées<br>Présence/absence d'espèces invasives ou indésirables<br>Taux d'évasion: nombre de poissons échappés / nombre poissons produits<br>Taux d'introgression génétique |

(*) Indicateur biologique global normalisé, (**) Indicateur biologique macrophyte en rivière, (***) Indicateur biologique diatomée, (****) Indice Poisson en Rivière.

| **O4. Diversifier les services écosystémiques marchands des systèmes aquacoles** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemple d'indicateurs** |
| **O4.1** Diversifier les itinéraires de production (sur le même site) | Nombre d'itinéraires de production distincts présents sur l'exploitation |
| **O4.2** Diversifier les produits en développant les services culturels marchands (loisir) | Nombre de visiteurs accueillis sur l'année<br>Nombre de visites de scolaires<br>Nombre et types de services récréatifs offerts<br>Nombre de piscicultures ayant un parcours de pêche<br>Nombre de piscicultures ayant des activités d'accueil à titre onéreux<br>% des revenus des activités de loisir par rapport au revenu total<br>Année du démarrage des activités d'accueil<br>Coût des aménagements induits par l'accueil des visiteurs |
| **O4.3** Diversifier les produits en valorisant les co-produits | Nombre de co-produits vendus par l'exploitation<br>% des revenus de la commercialisation des co-produits/revenu total<br>Quantité (ou %) de boues exportées<br>Distance/ sites d'exploitation des boues |
| **O4.4** Diversifier les marchés | Nombre de produits vendus par l'exploitation<br>Nombre de produits vendus autres que le poisson pour la consommation<br>% des revenus de la commercialisation des produits transformés/total<br>% chiffre d'affaires hors vente de poisson<br>Type de circuits de distribution (% marchés locaux directs ; traditionnels ; grossistes ; produits exportés…) |

## 74. PROPOSITIONS D'INDICATEURS A L'ÉCHELLE DES FILIÈRES ET DES TERRITOIRES

| **O5. Promouvoir la reconnaissance des services et valoriser les compétences et le savoir-faire** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemple d'indicateurs** |
| **O5.1** Identifier et valoriser les services écosystémiques associés au territoire | Existence d'un diagnostic des services rendus à l'échelle du territoire<br>Existence d'une stratégie de développement des services non marchands<br>Existence d'incitations à la valorisation des services<br>Existence d'enquêtes sur les perceptions des populations et des parties prenantes<br>Nombre d'actions de sensibilisation dispensées auprès des populations et des parties prenantes. |
| **O5.2** Utiliser et/ou adapter les savoir-faire traditionnels pour développer des pratiques plus adaptées aux territoires | Nombre de jours de formation suivis par les aquaculteurs/an<br>Nombre de formations ou actions de sensibilisation dispensées auprès des aquaculteurs<br>Existence de guides ou de fiches techniques adaptés<br>Existence de vulgarisateurs et de réunions d'information<br>Structuration des réseaux professionnels |
| **O5.3** Utiliser des systèmes d'information, spatialiser les services et adapter les diagnostics territoriaux intervenant en appui de la planification territoriale | Prise en compte des services dans les systèmes d'information territoriaux<br>Elaboration d'un système d'indicateurs spatialisés quantifiant la présence des services écosystémiques sur la zone et les interactions avec les systèmes aquacoles |
| **O5.4** Améliorer la capacité d'éco-innovation des pisciculteurs et des autres acteurs des territoires | Nombre de jours de formation suivis par les aquaculteurs/an<br>Nombre de formations ou actions de sensibilisation dispensées<br>Existence de vulgarisateurs et de réunions d'information<br>Structuration des réseaux professionnels<br>Existence de guides ou de fiches techniques adaptés<br>Offre de financements adaptés<br>% financements spécifiques de type recherche-innovation en aquaculture / financements totaux (ex. crédit impôt recherche) |

| **O6. Améliorer l'intégration territoriale des systèmes de production en favorisant la production de services écosystémiques non marchands** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemple d'indicateurs** |
| **O6.1** Gérer la compétition entre les services d'approvisionnement et les autres services dans le territoire et entre territoires | Existence de diagnostics des services rendus à l'échelle du territoire<br>Existence d'une stratégie de développement des services non marchands<br>Représentation des aquaculteurs dans les instances d'aménagement du territoire à diverses échelles (% de participants)<br>Nombre de réunions profession/recherche/gestionnaires/an |
| **O6.2** Développer les services écosystémiques de support favorables à la biodiversité | Indices de biodiversité: diversité spécifique ordinaire (nombre d'oiseaux, végétaux, …)<br>Présence/absence d'espèces ou d'habitats à valeur patrimoniale<br>Existence de chartes d'insertion paysagère<br>Nombre d'actions de sensibilisation aux services rendus par l'activité aquacole au sein du territoire<br>Respect de la capacité de charge du milieu récepteur<br>Qualité du milieu récepteur (IBGN (*), IBMR (**), IBD (***), IPR (****), …)<br>Surface des exploitations participant aux corridors et trames vertes<br>Surface des zones végétales autour de l'étang<br>Nombre de contrats d'incitation financière aux pratiques respectueuses de la biodiversité |
| **O6.3** Développer les services écosystémiques de régulation | Qualité de l'eau en sortie de l'exploitation<br>Existence d'incitation à la gestion hydraulique des exploitations<br>% de surface et périmètre des étangs végétalisés<br>Rapport surface et périmètre des plans d'eau (Indice de développement littoral)<br>Nombre d'habitants à proximité des exploitations bénéficiant de la protection contre les crues et les tempêtes |
| **O6.4** Développer les services écosystémiques culturels et l'attractivité des territoires | Nombre d'actions de valorisation touristique des systèmes aquacoles<br>Nombre et types de services récréatifs offerts<br>Nombre de pisciculture ayant un parcours de pêche<br>Nombre de pisciculture ayant des activités d'accueil à titre onéreux<br>Rapport entre la surface en eau et la surface du territoire (indice de limnicité)<br>Indice de % du territoire concerné par la pisciculture (paysage)<br>Nombre d'équipements d'accueil à proximité des zones aquacoles<br>Existence d'une signalétique spécifique<br>Existence de musées, structures ou expositions portant sur les systèmes aquacoles et nombre de personnes accueillies/an<br>Nombre de personnes accueillies dans les exploitations/an<br>Nombre de manifestations collectives consacrées aux activités aquacoles ou à leurs produits |

(*) Indicateur biologique global normalisé, (**) Indicateur biologique macrophyte en rivière, (***) Indicateur biologique diatomée, (****) Indice Poisson en Rivière.



| **O7. Adapter les dispositifs et instruments de gouvernance territoriale et faire participer les parties prenantes à la définition des objectifs et des moyens** | |
|---|---|
| **Sous-objectifs** | **Exemple d'indicateurs** |
| **O7.1** Favoriser la participation à des dispositifs de gouvernance territoriale | Représentation (%) des aquaculteurs dans les instances d'aménagement et de gestion du territoire à diverses échelles<br>Nombre de réunions profession / recherche / gestionnaires /an<br>Existence d'organisations professionnelles<br>Taux d'adhésion aux organisations professionnelles |
| **O7.2** Identifier et évaluer les services écosystémiques associés aux territoires avec les acteurs locaux | Existence d'un diagnostic des services rendus à l'échelle du territoire<br>Existence d'une stratégie de développement des services non marchands<br>Existence d'enquêtes sur les perceptions des populations et des parties prenantes<br>Prise en compte des services dans les systèmes d'information territoriaux |
| **O7.3** Mettre en place des démarches de certification reconnaissant les services écosystémiques | Existence d'incitations à la valorisation des services<br>Existence de chartes ou de labels valorisant l'intensification écologique et les services rendus<br>Taux d'adhésion des exploitations à des labels valorisant l'intensification écologique et les services rendus |
| **O7.4** Gérer la biodiversité et les ressources à l'échelle des territoires (trames, corridors, surfaces minimales…) | Existence d'incitations à la valorisation des services<br>Surfaces des systèmes aquacoles intégrées dans les trames vertes et bleues<br>% du territoire concerné par les mesures de conservation de la biodiversité (Parcs Naturels, zones Ramsar, Natura 2000, Espaces naturels sensibles…)<br>% des systèmes aquacoles concernés par les mesures de conservation de la biodiversité (Parcs Naturels, zones Ramsar, Natura 2000, Espaces naturels sensibles…) |
| **O7.5** Mettre en place des systèmes d'information adaptés pour faciliter le suivi de la mise en œuvre de l'intensification écologique | Prise en compte des services dans les systèmes d'information territoriaux<br>Elaboration d'un système d'indicateurs spatialisés quantifiant la présence des services écosystémiques sur la zone et les interactions avec l'aquaculture<br>Nombre de guides et de fiches techniques<br>Existence de réseaux de partage d'expérience sur l'intensification écologique ; Nombre de participants<br>Existence d'un système d'indicateurs adaptés<br>Existence de moyens/ supports de communication/diffusion des résultats |

# CHAPITRE 8. RETOUR RÉFLEXIF SUR QUELQUES EXPÉRIMENTATIONS

Nous présentons enfin quelques applications concrètes des principes d'intensification écologique réalisées sur les terrains étudiés dans le projet PISCEnLIT, c'est-à-dire pour :

(1) l'élevage intensif de Pangas en Indonésie (§ 81),

(2) des expérimentations relatives à l'élevage de carpes en France (§ 82)

(3) des systèmes de pisciculture intégrée au Brésil (§ 83)

(4) l'élevage intensif de saumon en circuit recirculé (§ 84)

## 81. L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE EN ZONE TROPICALE : LE CAS DE L'ÉLEVAGE INTENSIF DE PANGAS EN EAU DOUCE À SUMATRA (INDONÉSIE)

### 811. Description synthétique du système d'élevage antérieur

Les bassins de production aquacole ont été récemment aménagés dans la région de Jambi à Sumatra en réponse à une volonté des acteurs de diversifier les productions agricoles. Il s'agit de bassins de terre de 300 m2 dont la profondeur est de 2,5 mètres. Ces étangs se remplissent par la nappe phréatique et accumulation de l'eau de pluie sans renouvellement. En fin de cycle, la vidange s'effectue par pompage et génère des rejets de boues et d'eau chargée en nutriments. La mise en charge est de 2000 à 3000 Pangas (Pangasianodon hypophthalmus) par étang avec deux cycles de production annuels qui permettent de passer en six mois de juvéniles de 5 g à des poissons de 600 g en moyenne. L'élevage s'effectue avec une alimentation artificielle à satiété qui représente l'essentiel du coût de production (>80%).

## 812. Scénarios d'intensification écologiques mis en œuvre

Amélioration des rendements de la production de poissons sans augmentation des intrants (Objectif O2.)

Diversification des produits (polyculture poissons et production maraichères) (Objectif O2., 04. et O3.)

Epuration partielle de l'eau par la biomasse végétale (Objectif O2. et 06.)

Recyclage des effluents comme fertilisants pour la production agricole (Objectif O2. et O6.)

## 813. Modalités de mise en œuvre des scénarios

Ces scénarios d'intensification écologique ont consisté à confiner des Pangas dans une cage (de 5 m sur 10 m) au centre de l'étang comme l'illustre la photo ci-dessus. La zone libre de l'étang a ensuite été empoissonnée avec 500 Gouramis (*Osphronemus goramy*) qui est une espèce de poisson omnivore dont le prix est largement plus rémunérateur (le triple) que celui du Pangas. Une lentille d'eau *Lemna minor* est utilisée pour pomper les éléments dissous rejetés dans l'étang par l'élevage de Pangas, ainsi que comme alimentation pour l'élevage de Gouramis. Il y a toujours une distribution d'aliments composés mais ceux-ci ne sont donnés qu'aux Pangas sur la base d'une ration alimentaire fixée en fonction de la biomasse de poissons. A la fin du cycle d'élevage, l'eau et les boues des bassins sont recyclées vers les exploitations agricoles situées à proximité et pratiquant du maraichage, de la production de palmiers à huile et d'arbres fruitiers. Les Gouramis sont élevés jusqu'à une taille marchande de 600 à 800 grammes en une année, ce qui correspond à deux cycles d'élevage des Pangas.

## 814. Résultats observés

La figure suivante synthétise l'importance des flux entre compartiments avant et après l'expérimentation. On observe une augmentation du recours aux ressources naturelles et fonctionnalités naturelles et une réduction des dis-services. La légère augmentation des intrants par rapport à la situation initiale correspond à l'acquisition des juvéniles de Gouramis en début de cycle. Ces changements s'accompagnent d'une augmentation à la fois de la production marchande (production de Gouramis) et des services écosystémiques produits par les exploitations (utilisation des effluents comme fertilisants ; production maraichère).

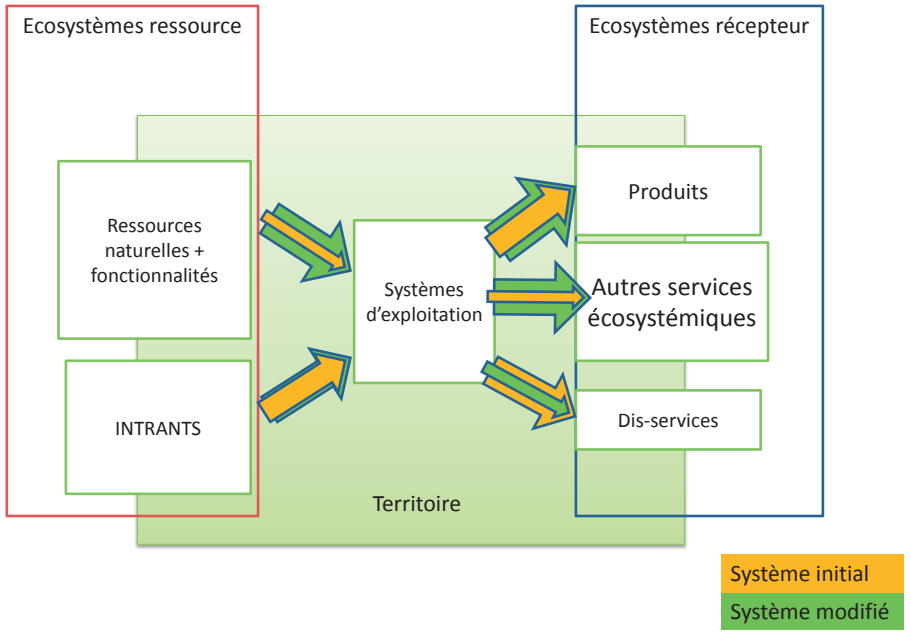



Figure 11 : Conséquences de l'intensification écologique expérimentée en Indonésie

## 815. Points de vigilance

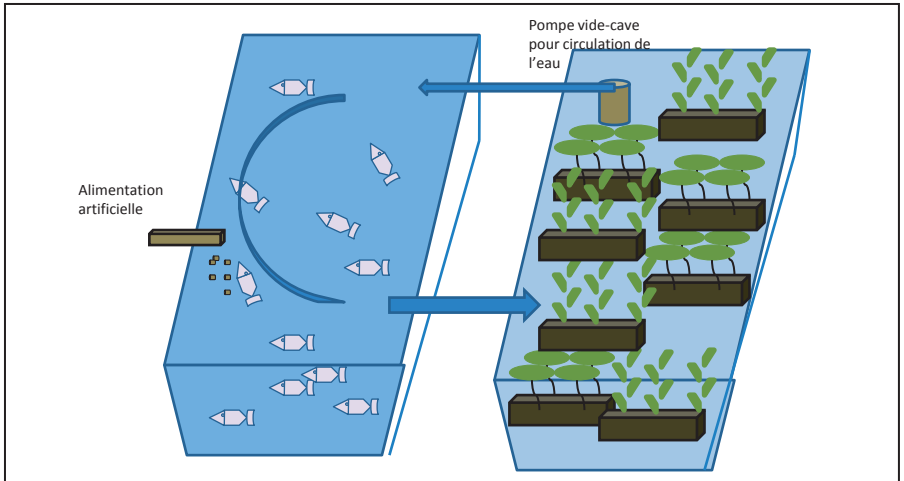
Les *Lemna minor* sont assez peu consommées par les jeunes Gouramis et il faut donc veiller à ce qu'ils ne prolifèrent pas en début de cycle en équilibrant leur multiplication et leur consommation par les Gouramis. L'autre point d'attention porte sur la manipulation des Gouramis. Il s'agit d'une espèce fragile qui doit être manipulée avec précaution et peu fréquemment.

# 82. L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE EN FRANCE : EXEMPLE D'EXPÉRIMENTATION SUR L'ÉLEVAGE DE CARPES

## 821. Description synthétique du système d'élevage antérieur

La carpe (*Cyprinus carpio*) est une des principales espèces d'étang élevées en France, essentiellement dans des étangs extensifs. Le cycle de production est d'environ 3 ans. Les carpes sont élevées en polyculture avec des poissons blancs (gardons, rotengles…) et quelques carnassiers (brochets, perches, sandres). Cette polyculture valorise la chaine trophique présente dans l'étang, qui peut être stimulée par l'apport de fertilisants minéraux ou organiques (lisier, fumier). Une des voies de développement possible pour la production de carpe est une production intensive, en bassins de petite taille, nourrie par des aliments granulés permettant une meilleure croissance des poissons.

## 822. Scénario d'intensification écologique mis en œuvre




Mise en place d'un élevage intensif nourri avec un aliment artificiel (Objectif O2.)

Bouclage d'un circuit d'eau avec un étang-lagune planté d'espèces aquatiques autochtones ou ornementales pour épurer l'eau (Objectif O3.)

Installation d'un nouvel écosystème (Objectif O6.)

Offre de sources de revenu complémentaire (Objectif O4.)

## 823. Modalités de mise en œuvre des scénarios

L'expérimentation, menée sur des bassins en terre de 500 m2 (en dupliquât), a permis de comparer trois conditions d'élevage, à partir de carpes de 20g : une condition extensive (3 ind./4 m2) non nourries, une condition intensive (8 ind./4 m2) nourries, une condition intensive bouclée avec un étang de même taille planté. Dans chaque étang empoissonné ont été ajoutés 50 gardons et 2 tanches pour améliorer l'utilisation de la biomasse planctonique. 300 plantes aquatiques autochtones ont été implantées dans les étangs-lagune : menthe, Typha, glycérie, nénuphar, cératophylle, Phalaris.

## 824. Résultats observés

Malgré des problèmes de mortalité importants en début d'expérience (dans tous les étangs) dus à la mauvaise qualité des carpes, les étangs « nourris » montrent un meilleur niveau de production (2,3 fois plus élevé) que les extensifs et ne sont pas différents des intensifs. La mesure de la qualité d'eau dans les étangs montre que le système couplé a en moyenne une moindre concentration en azote total de 45% par rapport au système intensif simple et de 20% par rapport au système extensif. On note aussi une moindre concentration en phosphore total de 69% par rapport au système intensif et de 56% par rapport au système extensif. Un bilan de la biodiversité associée dans l'étang planté reste à faire. Cette première expérience est prometteuse et doit être poursuivie dans de meilleures conditions sanitaires. Elle montre l'intérêt de l'association poissons et végétaux et de façon plus générale l'intérêt du couplage de zones productives intensives avec des zones extensives chargées de la remédiation et de support de biodiversité.



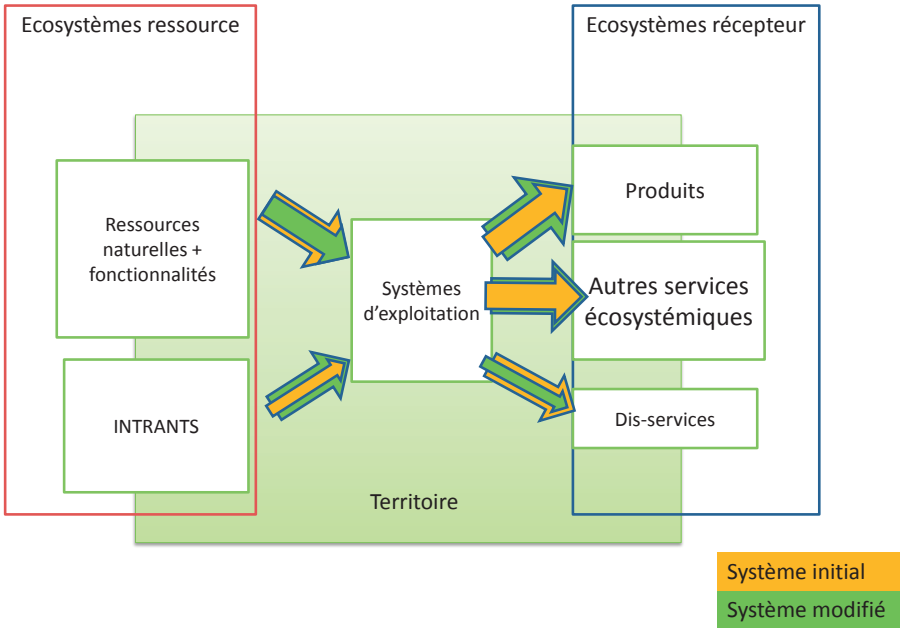



Figure 12 : Conséquences de l'intensification écologique de l'élevage de carpes

## 825. Points de vigilance

L'aliment pour poisson est une ressource chère et les tables de rationnement pour les carpes restent à valider. Le contrôle visuel de la prise alimentaire n'est pas simple en étang ; il faut utiliser cette ressource avec vigilance. On préfèrera un aliment avec peu ou pas de ressource halieutique dans la composition. La qualité des carpes utilisées pour empoissonner est un point important. Les risques de pathologie existent et doivent être maitrisés. Enfin une lagune plantée n'est pas d'emblée efficace. Il faut un temps d'implantation des végétaux avant qu'ils n'utilisent efficacement les nutriments des rejets des poissons. Il faut aussi penser à exporter une partie des végétaux pour permettre leur renouvellement et éliminer les parties mortes en fin de période végétative.

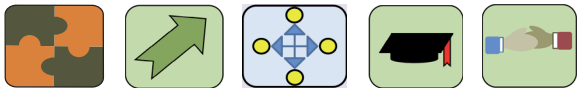
## 83. L'INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE DE LA PISCICULTURE INTÉGRÉE : L'ÉLEVAGE PORCS/POISSONS À CHAPECO (BRESIL)

### 831. Description synthétique du système d'élevage antérieur

Dans la région de Chapeco la construction des étangs date des années 1980. Leur objectif principal était de constituer des réserves d'eau. La plupart de ces étangs ont été construits par détournement des cours d'eau, donc à proximité des rivières. Le code forestier de 2012 a instauré des aires de protection (*Area de Preservaçao Permanente*, APP) le long des cours de d'eau, de 30 mètres de large, si le cours d'eau a moins de 10 mètres de large. De ce fait les exploitations piscicoles, dans cette région, ne se trouvent pas en conformité avec la réglementation APP. Les étangs font partie d'exploitations (50 hectares en moyenne) où l'agriculture et l'élevage sont les principales activités. Après avoir mis en place des systèmes de polyculture (tilapia, carpe commune, carpe à grosse tête) intégrés à l'élevage de porcs sur des étangs de superficie moyenne (0,14 à 3,5 hectares) pendant une dizaine d'années, les pisciculteurs de cette région sont revenus à des systèmes de polyculture/élevage non-intégrés avec une alimentation artificielle à base d'aliments composés ou de végétaux de l'exploitation. La densité est de 5000 poissons par hectare avec un cycle de production de 11 mois. Le remplissage des étangs se fait par l'eau de pluie et pompage dans la nappe. La production par cycle varie entre 4 à 6 tonnes par hectare. Elle est en majorité commercialisée sur les marchés locaux. La principale difficulté pour les producteurs est leur absence de conformité avec la loi APP et de ce fait, les expérimentations menées dans le cadre du projet, visent à mettre en évidence les services de régulation de l'eau que procurent ces étangs et ces systèmes piscicoles. Ces services interviennent non seulement en termes de stockage de l'eau mais aussi vis-à-vis de la qualité de l'eau et plus généralement pour le maintien de la biodiversité.



### 832. Scénarios d'intensification écologiques mis en œuvre



| | |
|---|---|
| Epuration partielle de l'eau par la biomasse végétale (Objectif O3..)<br><br>Diversification des produits. Production de biomasse et production de compost (Objectif O2 et 04.)<br><br>Amélioration des rendements de la production de poissons sans augmentation des intrants (Objectif O2.)<br><br>Favoriser l'acceptation sociale et politique de la pisciculture dans la région (Objectif 05)<br><br>Améliorer la résilience des systèmes (Objectif 03.) et des territoires (Objectif 07.) | |

### 833. Modalités de mise en œuvre des scénarios

Le scénario d'intensification écologique proposé vise à concilier la pisciculture avec la loi « APP », et améliorer l'image de pisciculture auprès de la population locale ainsi que plus généralement contribuer à la dynamique du développement local en favorisant l'utilisation des ressources locales (étang) et des savoir-faire. Après avoir été présenté aux pisciculteurs, ce scénario d'« épuration de l'eau rejetée » a été expérimenté dans quatre situations différentes. Il consiste en la construction d'une lagune de traitement de l'eau couverte de *Pistia Stratiotes*. Les premiers bassins ont été creusés. Les prélèvements pour le suivi de la qualité de l'eau sont effectués dans différents points : dans l'étang, dans le bassin d'épuration, à la sortie du bassin et en amont de la rivière. Par ailleurs, il est prévu de réaliser des expérimentations de compost avec *Pistia Stratiotes*, qui sera prélevé régulièrement des bassins d'épuration. Des journées de présentation des résultats ont été organisées.

## 834. Résultats observés

On observe une augmentation du recours aux ressources et fonctionnalités naturelles et une réduction des dis-services. Ces changements s'accompagnent d'une légère augmentation de la production marchande (poissons, compost) et des services écosystémiques (qualité de l'eau).

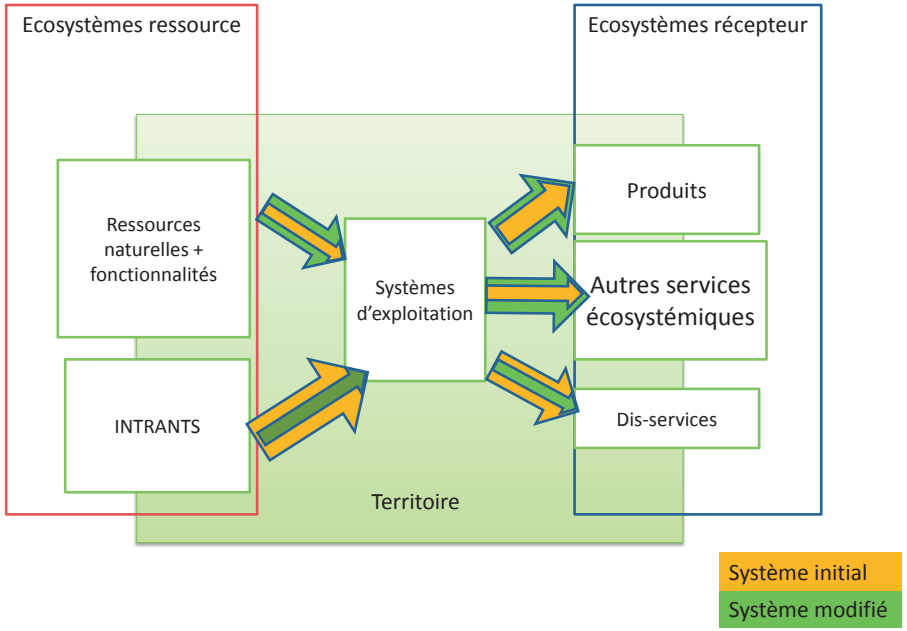



Figure 13 : Conséquences de l'intensification écologique à Chapéco

## 835. Points de vigilance

La Pistia Stratiotes ayant une croissance rapide il faut veiller à maintenir une bonne densité dans les bassins et éviter le débordement de la végétation hors bassin.



# 84. INTENSIFICATION ÉCOLOGIQUE D'UN SYSTÈME EN RECIRCULATION : EXEMPLE DE L'ÉLEVAGE INTENSIF DE SAUMON EN NORMANDIE (FRANCE)

## 841. Description synthétique du système en recirculation

Dans un contexte général de diminution des ressources en eau et de limitation des rejets dans le milieu naturel (Directive Cadre Eau Européenne), les systèmes d'élevage en recirculation offrent la possibilité de réduire les consommations en eau, de contrôler la qualité de l'eau d'élevage, de réduire et de traiter les eaux rejetées (lagunage ou traitement par marais) (Encart n°3). Le cas étudié est une entreprise produisant des saumons Atlantiques (*Salmo salar*), installée en Normandie près de la Baie des Veys. En 2013, l'entreprise dispose de 2 bassins de 5 m de profondeur et 15 m de diamètre. L'eau est pompée à 15 m de profondeur ce qui permet une certaine inertie thermique (16 °C en été et 10 °C en hiver). Un courant est généré dans les bassins et induit une nage active des saumons. A l'issue d'un cycle de 12-15 mois, la production s'élève à 50 tonnes de saumons par bassin, soit 120 kg par m-3. La production totale est de 80 tonnes en 2013 et l'objectif est de produire 240 tonnes en 2015. Les boues sont stockées dans un bassin de décantation et utilisées comme fertilisant (culture de mais, blé et colza à proximité). Les eaux de sorties sont rejetées au niveau des polders où elles s'épurent naturellement avant de rejoindre la mer. Les saumons sont vendus en France et destinés à la restauration gastronomique et aux poissonneries traditionnelles.

## 842. Présentation des scénarios d'intensification écologiques en cours et envisagés

| | |
|---|---|
| Automatisation de la pêche et optimisation du système en recirculation afin de limiter l'utilisation d'eau de mer pompée et de l'énergie (Objectif O1. et O2.)<br>Recrutement d'un nouvel employé afin de répartir la charge de travail (Objectif O2.)<br>Epuration par lagunage à haut rendement algal (ulves) et création d'un marais (Objectifs O2., O3. et O6.)<br>Recyclage des boues (Objectif O2. et O3.)<br>Démarche de certification et développer la vente directe (Objectifs O2., O3. et O4.)<br>Développement des liens avec la recherche et accueil de scolaires et de touristes (Objectif O5. et O6.)<br>Modification du bâtiment afin d'améliorer l'intégration paysagère (Objectif O6.) | <br> |

## 843. Modalités de mise en œuvre des scénarios

S'agissant d'une entreprise de création récente, toutes les options n'ont pas encore été mises en œuvre. Des liens étroits sont entretenus avec les organismes de recherche et de formation. Ainsi des expérimentations pour tester la sensibilité des résultats ont été effectuées parallèlement à la station Ifremer de Palavas. Dans ce cadre ont été notamment analysés (i) les effets des ratios N/P sur la croissance des ulves, (ii) les effets comparatifs du NH4+ (système ouvert) et du NO3- (système en eau recirculée) sur la croissance d'*Ulva* et (iii) les flux de nutriments et de CO2 dans un système de lagunage à haut rendement algal (LHRA). Il est prévu d'aménager un marais planté pour traiter l'eau en sortie du bassin d'ulves et du bassin de décantation des boues et permettre la création d'habitats favorables aux services de support et à la biodiversité. L'entreprise a aussi la volonté d'offrir des services culturels en développant l'accueil de scolaires et de touristes et en participant à la mise en place d'un Centre Aquacole Régional (multi-filière). Enfin le développement de la vente directe à hauteur de 30% permettra à terme de renforcer l'accueil et de diversifier les circuits de commercialisation.

## 844. Résultats observés

Ce type d'intensification à travers la co-production d'ulve et le traitement des rejets par marais construit permet une diminution des dis-services au niveau des rejets. La concentration en nitrate à l'entrée des cultures d'algues est de 25 mg L-1 et les algues permettent une réduction de 20-30%. Ce système permet de traiter l'eau avec un coût minimal, sachant que la production d'algues pourrait être augmentée en utilisant le CO2 provenant du dégazage du système en recirculation. Il n'existe pas encore de débouché pour les ulves, mais des pistes de valorisation sont envisagées (additif alimentaire de haute qualité, algue fraîche). Les boues sont déjà utilisées comme fertilisant par un agriculteur à proximité.

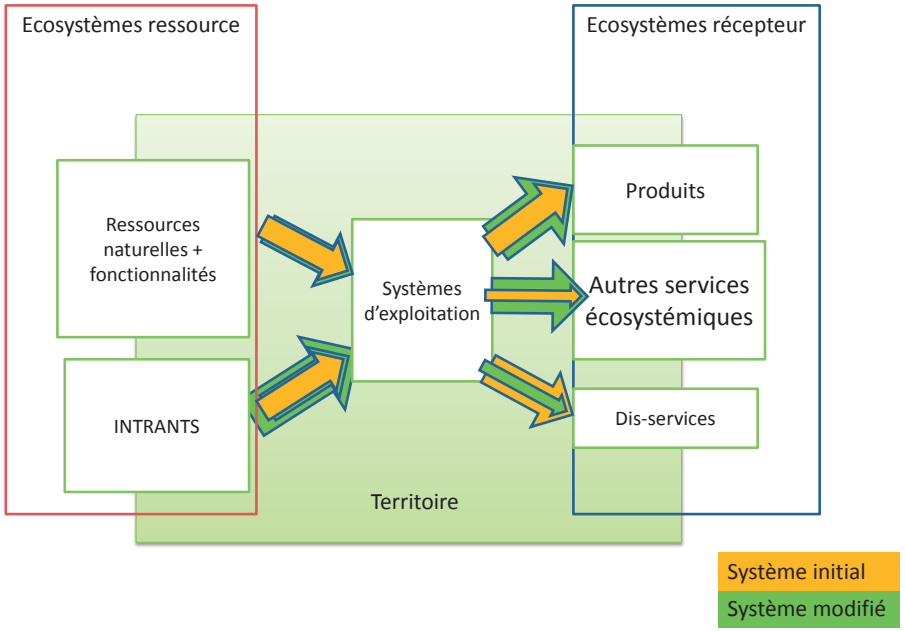



Figure 14 : Conséquences de l'intensification écologique d'un élevage en circuit recirculé

### 845. Points de vigilance

Les obstacles potentiels sont les coûts liés à la mise en place et/ou à l'entretien des bassins à haut rendement algal et du marais construit, dont le dimensionnement est difficile à optimiser. Les options prévues entraînent des besoins de personnel supplémentaires, notamment pour le suivi et la récolte des ulves et pour la commercialisation directe sur site. Les analyses de qualité des boues et des eaux rejetées en mer sont à la charge de l'exploitant.

# CHAPITRE 9. CONDITIONS, CONTRAINTES ET RECOMMANDATIONS POUR UNE AQUACULTURE ÉCOLOGIQUEMENT INTENSIVE

Les futurs de l'aquaculture seront à la fois confrontés à de très forts enjeux de développement et à des contraintes croissantes qui obligent à **repenser les relations entre les systèmes aquacoles et les écosystèmes, au profit d'une meilleure intégration territoriale.** L'intensification écologique, jusqu'alors surtout développée en agriculture, **offre des perspectives prometteuses pour diversifier les voies permettant de renforcer la durabilité de l'aquaculture. Elle suppose la mise en place de processus d'éco-innovations qui impliquent non seulement des savoir-faire, des fonctionnalités biologiques et écologiques, mais aussi des conditions sociologiques et institutionnelles adaptées.** En effet, la conception et l'adoption de ces nouvelles pratiques de « renaturalisation » des systèmes (Stassart et *al.*, 2012) impliquent conjointement des changements de logique et de valeur à différentes échelles : (i) dans la conduite des exploitations aquacoles, (ii) dans l'organisation des filières et des instances professionnelles et plus largement encore, (iii) dans les dispositifs de planification et d'aménagement territoriaux.

Nous n'avons pas voulu offrir ici un modèle de référence préétabli mais au contraire, proposer **d'explorer différentes voies** en fonction des contextes ou des itinéraires passés **en considérant une variété d'objectifs complémentaires.** C'est par l'intégration progressive d'expérimentations réussies et la mise en place d'une communauté de pratiques autour de cette problématique que la définition d'une aquaculture écologiquement intensive devrait progressivement se co-construire et s'opérationnaliser. Pour accompagner ce processus, à partir des connaissances scientifiques et des pratiques observées sur des terrains d'étude

différentiés, **ce guide fournit pour chaque type d'objectif des check-lists d'exemples d'actions et d'indicateurs. A partir de ces éléments, il devient possible de co-construire des scénarios d'intensification écologique adaptés à chaque système aquacole.**

A l'issue de cet ouvrage, nous souhaitons :

(1) insister, dans une posture de réflexivité, sur quelques points clés relatifs aux conditions et contraintes pour l'intensification écologique de l'aquaculture (§ 91),

(2) proposer quelques recommandations en fonction des grands principes de mise en œuvre des politiques de développement durable (§ 92).

## 91. CONDITIONS ET CONTRAINTES POUR L'INTENSIFICATION ECOLOGIQUE DE L'AQUACULTURE

### 911. Adhésion pro-active ou progressive des producteurs et des parties prenantes

Le projet PISCEnLIT a permis à la fois d'explorer les fondements théoriques et scientifiques de l'intensification écologique mais aussi de discuter cette notion avec des partenaires d'organisations professionnelles, des gestionnaires et des pisciculteurs. Les deux situations suivantes ont principalement été rencontrées.

(1) Une adhésion proactive de certains partenaires et producteurs, qui avaient même pour une partie d'entre eux déjà expérimenté ponctuellement certains des scénarios proposés. C'est le cas par exemple des systèmes d'élevage combinés qui ont donné lieu à quelques essais en Lorraine et en Brenne. Dans cette situation, la formalisation de la démarche d'intensification écologique, en plus du renforcement de la légitimité de ces pratiques vis-à-vis des parties prenantes, a revêtu un double intérêt en permettant de : (i) montrer la nécessité d'adopter une logique systémique et territoriale en formalisant les services écosystémiques et (ii) souligner les contraintes sociologiques et institutionnelles à la généralisation de ces pratiques. Dans le cas du Brésil, la formalisation des pratiques existantes dans un référentiel englobant a favorisé un changement de regard de l'administration en faveur de l'activité aquacole.

(2) Des situations où les partenaires n'avaient pas connaissance de cette notion d'intensification écologique et où est apparue la nécessité d'avoir une approche progressive et adaptative. Il convient alors d'accompagner ces démarches par des mesures de formation, de sensibilisation non seulement des producteurs mais aussi des acteurs de la filière et des territoires. Une fois les principes d'intensification écologique explicités, ces processus ont recueilli un intérêt certain des producteurs, qui par exemple en Indonésie, ont en majeure partie autofinancé la deuxième phase d'expérimentation.

**Quelles que soient ces situations, l'appropriation du concept implique des processus concertés qui relèvent des conditions d'appropriation des innovations mais aussi des processus d'engagement et d'enrôlement collectif qui doivent être progressifs et auto-renforçants (Aoki, 2006).**

### 912. Les conditions et contraintes de l'appropriation collective du processus

Nous avons identifié de multiples contraintes potentielles, qu'il s'agit de lister de façon à pouvoir les anticiper et les dépasser. La diversité des profils et des logiques des exploitations sur un même territoire, constitue un frein à la mise en œuvre de ce nouveau référentiel qui suppose une dynamique collective, même si une diversité d'options techniques peut ensuite être retenue. Nous avons pu montrer que ce sont surtout des différentiels de capacité d'éco-innovation liés à leur âge, à leur statut et à leur sensibilité écologique, qui expliquent les positions plus ou moins favorables des producteurs, à une mise en œuvre généralisée de

ces pratiques. **L'impératif d'avoir une démarche procédurale, au sens « *d'une démarche itérative et adaptative* » (Clément et Madec, 2006), est renforcée par la complexité des processus et fonctionnalités naturelles qui sont mobilisées. De fait, l'intensification écologique nécessite une approche globale avec des réglages fins qui supposent un temps d'adaptation et des apprentissages spécifiques pour être maîtrisés.**

La complexité des interactions entre facteurs fait apparaitre un paradoxe : d'une part la prise en compte des fonctionnalités écologiques et la plus grande intégration aux milieux naturels renforce la robustesse à long terme et la résilience des systèmes aquacoles, mais cette intégration au milieu peut augmenter les risques à court terme, en relation avec la variabilité des conditions environnementales et climatiques. **De ce fait, il est primordial de diversifier les expérimentations et de renforcer les capacités des acteurs et plus généralement des systèmes aquacoles en termes d'apprentissage collectif et d'anticipation par des suivis adaptés.** Les spécificités des éco-innovations dont relève l'intensification écologique impliquent en outre des conditions institutionnelles favorables à l'échelle des filières et des territoires. Nous avons mis l'accent sur cette dimension institutionnelle, en particulier en distinguant au sein des objectifs ceux qui relèvent de décisions individuelles à l'échelle des exploitants de ceux qui impliquent des décisions collectives à l'échelle des territoires.

## 913. Des synergies institutionnelles porteuses de prolongements bénéfiques

De même que pour les approches écosystémiques des pêches (Young et *al.*, 2010), **l'intensification écologique doit être pensée en recherchant des synergies avec d'autres référentiels structurants.** Il convient d'articuler les actions d'intensification écologique avec les politiques et les mesures en faveur du développement durable et de la conservation de la biodiversité mais aussi



avec les mesures en faveur des moyens d'existence durable, du maintien des systèmes de production familiale et plus généralement de les articuler avec les politiques d'adaptation au changement climatique. **Il s'agit dans tous les cas d'approches intégrées impliquant des apprentissages et nécessitant des mesures d'information et de sensibilisation essentielles et interactives.** Il s'agit aussi de dépasser l'échelle de l'exploitation en s'interrogeant sur les synergies entre compartiments en aval et en amont et notamment en facilitant les recompositions des interactions entre acteurs dans les filières productives. Les évolutions en matière de valorisation des co-produits et des déchets peuvent tout à la fois impulser des résistances chez les fournisseurs ou les faire évoluer vers des activités de services et de conseils en s'inscrivant dans les perspectives offertes par l'ingénierie écologique et l'écologie industrielle. Plus généralement, ces interactions circulaires vont conduire à de nouvelles proximités (Torre et Zuindeau, 2009) qui pourraient conduire à définir, sur la base des externalités positives observées en économie territoriale (Courlet et *al.*, 2013), des « clusters écologiques » pour renforcer la co-production de services écosystémiques.

## 914. De nouvelles relations aux consommateurs et à la société

L'intensification écologique peut être assimilée selon Griffon (2013b) à la septième révolution technologique agricole apte à produire plus tout en respectant l'environnement. Elle est issue de conflits de société notamment entre environnementalistes et acteurs du monde agricole. Cette nouvelle révolution opère des changements qui conduisent à un éloignement de l'agriculture (pisciculture) conventionnelle et à un renouvellement de la confiance des consommateurs. Le processus d'institutionnalisation de cette nouvelle forme de production procède autant « par le haut » à travers la mise en place de législation que « par le bas » avec le développement d'initiatives issues du milieu paysan (Van Dam et *al.*, 2012). L'agriculture conventionnelle a eu pour effet le désencastrement des produits de leur contexte socio-politique (Audet et Gendron, 2012). Cela a conduit à l'abandon des fonctions écologiques des sols et de la biodiversité. **L'intensification écologique offre un réencastrement des productions, fondé sur l'amélioration de leur intégration aux écosystèmes et aux territoires.** Les produits issus de la pisciculture sont des biens de confiance : c'est-à-dire que le consommateur ne peut s'assurer des caractéristiques du bien consommé qu'à travers l'avis d'un expert tiers (Salladarré et *al.*, 2013). Ce type de bien nécessite des informations sur les modes de production qui ne peuvent être délivrés que par le lien de confiance direct avec le producteur ou l'existence d'un écolabel. La demande d'écolabels sera plus marquée pour les biens de confiance que pour d'autres types de biens (Bonroy et Constantatos, 2004 cités par Salladarré et *al.*, 2013). Cette demande sera d'autant plus motivée que les consommateurs auront une préférence pour les comportements responsables

issus d'une conscience écologique. **Il s'agit là de la construction d'un nouveau contrat social et environnemental (Griffon, 2013b) qui devra être mis en place de manière concertée** avec les pisciculteurs comme avec les agriculteurs pour faire face aux challenges de la sécurité alimentaire, de la lutte contre la pauvreté et de l'adaptation au changement climatique.

## 915. De nouvelles perspectives pour des recherches interdisciplinaires

Cette recherche exploratoire sur l'intensification écologique des systèmes aquacoles a permis d'identifier de nombreuses voies de recherche intéressantes au-delà de celles souvent privilégiées des interactions écologiques et des processus de remédiation et de restauration écologique. En agriculture cette intensification écologique, le plus souvent abordée à l'échelle décisionnelle des exploitations ou de groupes d'exploitations, a souvent conduit à privilégier les recherches sur les ressorts et atouts d'une agriculture paysanne de façon à concilier la dimension environnementale et les principes éthiques de ce courant (Griffon, 2013a). Dans le cas des systèmes aquacoles, cette recherche faisait suite à un programme sur la co-construction d'indicateurs de durabilité des systèmes aquacoles (Rey-Valette et *al.,* 2008) qui a permis de bénéficier d'importants acquis interdisciplinaires, notamment sur la reconnaissance de la contribution de l'aquaculture à la durabilité des territoires et sur la nécessaire adaptation des dispositifs de gouvernance sectoriels et territoriaux. Cette prise de conscience peut en effet prendre du temps et implique un dialogue interdisciplinaire pour



construire une représentation commune de la notion d'aqua-écosystème. Celle-ci constitue à la fois un objet intermédiaire (Vinck, 2000) pour la dynamique des interactions disciplinaires et un résultat de la recherche.

**Cette dimension territoriale redéfinit les frontières de la recherche** et l'interroge sur des concepts tels que la solidarité écologique entre territoires ou le paysage (De Groot et *al.,* 2010). Cette notion de paysage porte une dimension écologique où elle implique de penser les continuités et discontinuités ainsi que les formes géomorphologiques, mais aussi en sciences sociales où le paysage constitue un construit social et une ressource patrimoniale (Burel et Baudry, 1999). **Nous avons aussi appréhendé les interactions territoriales à travers des outils spécifiques d'évaluation comme l'analyse du cycle de vie avec des prolongements nouveaux qui ont été menés sur les analyses sociales du cycle de vie (Mathé, 2014).** Cependant pour ce champ, nos travaux se sont heurtés à d'importants problèmes de représentativité et de disponibilité de données. La généralisation de ces approches aux sciences sociales offre néanmoins des perspectives de recherche intéressantes pour comparer des activités ou des filières (Macombe., 2013b). De même, le projet PISCEnLIT a été l'occasion de **prolonger ces approches en associant et en articulant avec succès des indicateurs utilisant l'Emergy (Wilfart et *al.,* 2012).** Néanmoins malgré ces perspectives prometteuses, ces approches ont du mal à intégrer les services écosystémiques dans les indicateurs utilisés qui restent ainsi encore trop largement centrées sur les entreprises et les filières. De même d'autres types d'indicateurs auraient aussi pu être élaborés à des échelles plus fines correspondant aux unités élémentaires de production (bassins, étangs) qui constituent aussi des unités élémentaires du paysage forgé par l'homme.

Parmi les prolongements envisageables à moyen terme, **il est nécessaire de poursuivre la réflexion sur les indicateurs** permettant de rendre compte et d'orienter la mise en œuvre de l'intensification écologique. Il s'agit en particulier de co-construire à l'issue d'expérimentations quelques indicateurs phares propices au suivi et à la comparaison des résultats et des effets générés par l'intensification écologique à l'échelle des exploitations et des territoires, en intégrant plus largement les services écosystémiques.

## 916. De la reconnaissance vers l'institutionnalisation des services

Notre recherche montre l'importance d'appréhender les perceptions des services écosystémiques et de questionner les facteurs déterminants de ces perceptions. Ces facteurs sont pluriels, individuels et collectifs. Ils peuvent être étudiés au niveau des populations en termes d'acceptabilité, des exploitations en termes d'incitation et plus généralement au sein des territoires et des filières quant aux besoins d'innovations institutionnelles. **L'importance de la reconnaissance sociale de ces services constitue en effet une condition indispensable,** comme le rappellent Dendoncker et Van Herzele (2012) qui soulignent que «*la perte des services écosystémiques au sein et en dehors des agro-écosystèmes découle largement du fait que ceux-ci ne sont pas pris en compte, ni dans la législation, ni dans les décisions relatives à l'aménagement du territoire. Ceci plaide en faveur de l'utilisation d'une approche intégrée, multi-écosystèmes, afin d'évaluer la situation actuelle et d'anticiper les changements attendus en terme de services écosystémiques*». **Nos travaux ont pu montrer à cet effet l'intérêt d'explorer la diversité des représentations vis-à-vis de ces services, en appui aux décisions publiques, notamment pour renforcer l'acceptabilité des mesures.**



## 92. RECOMMANDATIONS

Il convient de rappeler que la mise en œuvre de l'intensification écologique, que ce soit pour les systèmes aquacoles ou pour l'agriculture, ne peut être «une recette» prête à appliquer quel que soit le système. **Tout comme le développement durable, elle relève d'un ensemble de principes et d'objectifs qui doivent être déclinés en fonction des systèmes et des objectifs propres à chaque aquaculteur.** Sa mise en place nécessite dès lors un accompagnement particulier à l'échelle des exploitations, des filières et des territoires. Dans cet esprit on formulera ainsi quelques recommandations générales concernant cet accompagnement, que l'on organisera en fonction des principes de référence du développement durable (CGDD, 2009) :

(1) Principe de participation : L'intensification écologique des systèmes aquacoles implique de promouvoir des arrangements et des dispositifs institutionnels adaptés. Ceux-ci devront faciliter la participation pour la co-construction de scénarios et de plans d'action de façon à renforcer la sensibilisation et la reconnaissance sociale de ces éco-innovations. Des interactions accrues doivent notamment être promues entre les acteurs des aqua-écosystèmes et les gestionnaires territoriaux.

(2) Principe de pilotage : La mise en œuvre de l'intensification écologique nécessite un pilotage fin et adaptatif des actions, et de leur articulation. Une attention particulière est à porter aux réglages des changements de pratiques impliquant des expérimentations en série pour identifier les effets de différents facteurs. L'emboîtement des échelles auxquelles les services écosystémiques doivent être gérés, suppose une logique de gouvernance multi-niveaux. Enfin la logique de résilience sous-jacente à ces nouvelles pratiques, implique de revoir la philosophie de gestion au profit d'une gestion adaptative prônée par les travaux sur la résilience (Holding, 1978 ; Gallopin, 2006)

(3) Principe de transversalité : L'intensification écologique des systèmes aquacoles suppose d'appréhender les actions et les interactions à l'échelle de l'ensemble des composantes et compartiments des aqua-écosystèmes conformément à la grille d'analyse systémique des systèmes aquacoles proposée par le guide (c'est-à-dire les écosystèmes ressources, les systèmes d'exploitations, les écosystèmes récepteurs et les territoires).

(4) Principe d'évaluation : Les expérimentations de la mise en œuvre de l'intensification écologique doivent impérativement faire l'objet d'un suivi et donner lieu à l'élaboration et à la standardisation progressive d'indicateurs, pensés en articulation avec les indicateurs d'aquaculture durable et avec ceux éventuellement utilisés dans le cadre du développement durable des territoires. Il s'agit prioritairement de favoriser l'adhésion à une culture de l'évaluation sur laquelle pourra s'appuyer le pilotage de ces processus, ainsi que des outils adaptés de diagnostic et de suivi. Par ailleurs, les travaux sur les politiques publiques relatives à la gestion des services écosystémiques mettent l'accent sur le besoin de disposer de cartographies de ces services et par là de favoriser la spatialisation de l'information (Maes et al., 2012).

(5) Principe d'amélioration continue : L'intensification écologique des systèmes aquacoles requiert des assemblages de connaissances qui doivent mobiliser des savoirs traditionnels, des connaissances acquises dans le cadre d'expériences et les apports de la recherche dans diverses disciplines déjà associées aux systèmes aquacoles ; ainsi que les nouvelles approches de l'écologie, de l'agro-écologie et de l'écologie industrielle. Ces connaissances et compétences sont le plus souvent portées par des réseaux dont l'articulation doit être facilitée (Roth, 2008). Elles doivent être in fine mobilisées dans des dispositifs permettant une gestion adaptative et multi niveaux des systèmes aquacoles et des territoires concernés par l'intensification écologique.

# BIBLIOGRAPHIE


Aggeri, F. 2011. Le développement durable comme champ d'innovation. Scénarisations et scénographies de l'innovation collective. *Revue Française de Gestion*, 215 : 87-106.

Aggeri F., 2000. Les politiques d'environnement comme politiques de l'innovation. *Annales des Mines-Gérer & Comprendre*, n° 60 : 31-43.

Akrich M., Callon M., Latour B., 1988-a. A quoi tient le succès des innovations ? 1. L'art de l'intéressement. *Annales des Mines, Gérer et comprendre*, 11 : 4-17.

Akrich M., Callon M., Latour B., 1988-b. A quoi tient le succès des innovations ? 1. L'art de choisir les bonnes paroles. *Annales des Mines, Gérer et comprendre,* 12 : 17-29.

Altieri M. A., 2002, Agroecology: the science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93: 1-24.

Altieri M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agrosystems. *Agriculture Ecosystem & Environment*, 74 : 19-31.

Altieri A.M., 1995. *Agroecology, The science of sustainable agriculture*. Westview Press, Inc., Boulder, Colorado, USA.

Amigues J.P., Chevassus-au-Louis, 2011. *Evaluer les services écologiques des milieux aquatiques : enjeux scientifiques, politiques et opérationnels*. Onema Ed., Coll. Comprendre pour agir, Paris, 172 p.

Aoki M., 2006. *Fondement d'une analyse institutionnelle comparée*. Albin Michel Ed. Coll. Économie, Paris, 604 p.

Argyris C., Schön D.A., 1996. *Apprentissage organisationnel. Théorie, méthode, pratiques*. De Boeck Paris, 380 p.

Aubin J., 2013. Life Cycle Analysis as applied to environmental choices regarding farmed or wildcaught fish. CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, *Nutrition and Natural Resources*. 8, N°11.





Audet R., Gendron C., 2012. Agro-écologie système, agro-écologie politique et agro-écologie humaine. In Van Dam D., Streith M., Nizet J., Stassart P., *Agro-écologie. Entre pratiques et sciences sociales.* Educagri, collection Références, Dijon, 309 p.

Aznar O., Déprés C., Froger G., Jeanneaux P., Méral P., 2010. *Les différents cadres d'analyse économique pour les services environnementaux : premiers éléments de réflexions.* Document de travail n°2010-01, Projet Serena : Service environnementaux et usages de l'espace rural, 15 p.

Balmford A., Bruner A., Cooper P., Costanza R., Farber S., Green R.E., Jenkins M., Jefferiss P., Jessamy V., Madden J., Munro K., Myers N., Naeem S., Paavola J., Rayment M., Rosendo S., Roughgarden J., Trumper K., R.K. Turner, 2002. Economic reasons for conserving wild nature. *Science*, 297(5583): 950-995.

Barnaud G., Fustec E., 2007. *Conserver les zones humides : pourquoi ? comment ?* Educagri édition / Quae éditions. Paris, 296 p.

Beaumont N.J., Austen M.C., Atkins J.P., Burdon D., Degraer S., Dentinho T.P., Derous S., Holm P., Horton T., van Ierland E., Marboe A.H., Starkey D.J., Townsend M., Zarzycki T., 2007. Identification, definition and quantification of goods and services provided by marine biodiversity: Implications for the ecosystem approach. *Marine Pollution Bulletin,* 54 : 253-265.

Beck U., 2003. *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité.* Flammarion Ed Coll. Champs Essais. Paris, 521 p.

Becker M., Félonneau M.L., 2011. Pourquoi être pro-environnemental ? Une approche socio normative des liens entre valeurs et « pro-environnementalisme ». *Pratiques psychologiques* 17 : 237–250.

Benoit C., Norris G. A., Valdivia S., Ciroth A., Moberg A., Bos U., Prakash S., Ugaya C., Beck T., 2010. The guidelines for social life cycle assessment of products: just in time! *International Journal of LCA* 15 (2) : 156–163.

Billard R., 2010. *Derrière chez moi, il y a un étang. Les étangs, textes d'hier, regards d'aujourd'hui et de demain.* Quae Ed., Paris, 303 p.

Black K.D., Wilson A.M., 2008. Ecasa - An Ecosystem Approach for Sustainable Aquaculture. *Shellfish News* 25 : 11-13. http://www.ecasa.org.uk/

Blancheton J.P., Mathé S. Chopelet J., Rey-Valette H., Marino G., Rigos G., Mozes N., Kara H., Poelman M., Callier M., Bello-Gomez E., Murphy D.,. 2012. AQUAMED: The future of research on aquaculture in the Mediterranean region. *AQUA 2012, World Aquaculture Society*, Prague, Czech Republic, September 1- 5. http://www.aquamedproject.net/

Bonin M., Antona M., 2012. Généalogie scientifique et mise en politique des services écosystémiques et services environnementaux. Introduction au numéro spécial Emergence et mise en politique des services environnementaux et écosystémiques. *VertigO* vol 12 (3) http://vertigo.revues.org/13147

Bouzillé J-B., 2007. Gestion des habitats naturels et biodiversité. Concepts, méthodes et démarches. *Fish bioenergetics*. Chapman & Hall, London.

Brossier J., Vissac B., Le Moigne J.L., 1990. *Modélisation systémique et système agraire.* Inra Ed. Paris.365 p.

Burel F., Baudry J., 1999. *Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications.* Editions tec & Doc. Paris, Lavoisier, 359 p.

Callon M., Lascoumes P., Barthes Y., 2001. *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique.* Le Seuil, Paris, 358 p.

Caruso D., 2009. La pathologie en pisciculture tropicale et l'approche éco-pathologique: méthodologie et étude de cas sur les élevages de Pangasiidae. *Cahiers Agricultures,* 18(2) : 242-248.

Caruso D., Lusiastuti A.M., Taukhid A., Slembrouck J., Komarudin O., Legendre M., 2013. Traditional pharmacopeia in small scale freshwater fish farms in West Java, Indonesia: An ethnoveterinary approach. *Aquaculture*, 416 : 334-345.

Charue-Duboc F., Midler C., 2011. Quand les enjeux environnementaux créent des innovations stratégiques. Le cas du véhicule électrique de Renault. R*evue Française de Gestion*, Vol 6, 215 : 107-122.

Chevassus-au-Louis B., Griffon M., 2008. *La nouvelle modernité : une agriculture productive à haute valeur écologique. Demeter Economie et Stratégies Agricoles.* Paris, Club Déméter : 7-48.

Chevassus-au-Louis, B., Salles J.-M., Pujol J.-L., 2009. Approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes. Contribution à la décision publique. Centre d'Analyse Stratégique, Paris, 378 p.

CIPA/ITAVI, 2011. IDAQUA exemple de démarche initiée par la profession aquacole. *Rencontre Aquaculture, le Touquet*, France, 12-14 mai.

Cirad, 2007. L'intensification écologique : du concept au terrain quelles démarches de recherche mettre en œuvre ? *Communication aux rencontres Cirad* 30 août 2007 Montpellier.

Clément O., Madec P., 2006. Un outil pour la construction d'indicateurs de développement durable: la méthode Delphi. Une expérience en aquaculture. *Natures, Sciences, Sociétés*, 14, 297-302.

Commissariat Général du Développement Durable, 2009. Références. *Référentiel pour l'évaluation des projets territoriaux de développement durable et Agendas 21 locaux.* Paris, 72 p.

Courlet C., Pecqueur B., Lacour C., 2013. *L'économie territoriale*. Presses Universitaires de Grenoble, Coll. Economie en +, 142p.

Dale V.H., Polasky S., 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics,* 64 : 286-296.

De Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L., Willemen L., 2010. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecological Complexity* 7, 260-272.

De Schutter O., 2010. *Promotion and protection of all human rights, civil, political, economic, social and cultural rights, including the right to development.* Report submitted by the Special Rapporteur on the right to food. United Nations, 21 p.

De Young C., Charles A., Hjort A., 2010. *Dimensions humaines de l'approche écosystémiques des pêches. Une vue d'ensemble du contexte, des concepts, outils et méthodes.* FAO Document technique sur les pêches N°489, Rome, 162 p.



Dendoncker N., Van Herzele A., 2012. La contribution des services écosystémiques à l'agro-écologie. In Van Dam D., Streith M., Nizet J., Stassart P., Agro-écologie. *Entre pratiques et sciences sociales*. Educagri, collection Références, Dijon, 309 p.

Dietz T., Amy D., Shwom R., 2007. Support for climate change policy: social psychological and social structural influences. *Rural Sociology* 72 (2) : 185–214.

Douglas M., 1992. *Risk and Blame. Essays in cultural theory.* Rootledge, London.

Dreezens E., Martijn C., Tenbült P., Kok G., de Vries N.K., 2005. Food and values: an examination of values underlying attitudes toward genetically modified- and organically grown food products. *Appetite* 44 : 115–122.

Dreyer L.C., Hauschild M.Z., Schierbeck J., 2010. Characterisation of social impacts in LCA. Part 1: Development of indicators for labour rights. *International Journal of LCA* 15 (3) : 247-259.

Dumont B., Fortun-Lamothe L., Jouven M., Thomas M., Tichit M., 2012. Prospects from agro-ecology and industrial ecology for animal production in the 21st century. *Animal* 7 (6) : 1-16.

Esnouf C., Russel M., Bricas N., 2011. *DuALIne : Durabilité de l'alimentation face à de nouveaux enjeux. Questions de recherche*. Rapport INRA-CIRAD, 238 p

FAO, 2012-a. *The state of world Fisheries and aquaculture* 2012. Food and Agriculture Organisation of United Nations, Rome, 261 p.

FAO 2012-b. *Qu'est-ce que l'agriculture de conservation* ? http://www.fao.org/ag/ca/fr/1a.htlm

FAO, 2010. Aquaculture development. Ecosystem approach to aquaculture. In *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries,* Vol. 5, Suppl. 4, FAO, Rome, Italy, 4 p.

FAO, 2007. *La Situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture : Payer les agriculteurs pour les services environnementaux,* Vol. 38, Food and Agriculture Organization, Roma, Italy.

Fernandes P., Temple L., Cranceand J., Minatchi S., 2009. Innovations agro écologiques en Martinique : freins et leviers organisationnels, institutionnels, techniques et économiques. *Innovations Agronomiques* 4 : 457-466.

Fischoff B., Slovic P., Lichetenstein S., Read S., Combs B., 1978. How safe is safe enough: a psychometric study of attitudes towards technological risks and benefits. *Policy Sciences*, 9 : 127-152.

Fleury P., Chazouleand C., Peigné J., 2011. Agriculture biologique et agriculture de conservation : ruptures et transversalités entre deux communautés de pratiques. *Colloque SFER/RMT Les transversalités de l'agriculture biologique,* Strasbourg, 23-24 juin.

FOESA, 2010. *Définition d'indicateurs de durabilité dans l'aquaculture méditerranéenne.* Madrid, Espagne, FOESA.

Foresight, 2011. *The Future of Food and Farming. Final Project*. Report. The Government Office for Science, London.

Friederichs K., 1930. D*ie Grundfragen und Gesetzmäßigkeiten der land- und forstwirtschaftlichen Zoologie.* Vol. 1: Ökologischer Teil, Vol. 2: Wirtschaftlicher Teil. Verlagsbuchhandlung Paul Parey, Berlin, Germany, 417 et 443 p.



Froger G., Méral P., Le Coq J.-F., Aznar O., Boisvert V., Caron A., Antona M., 2012. Regards croisés de l'économie sur les services écosystémiques et environnementaux. In Emergence et mise en politique des services environnementaux et écosystémiques. *VertigO* vol 12 (3) http://vertigo.revues.org/12900

Füllner G., Gottschalk T., Pfeifer M., 2007. Experiments for the production of hybrid striped bass in in-pond circulation systems. *Aquaculture international* 15 (3-4) : 241-248.

Gallopin G.S., 2006. Linkages between vulnerability, resilience and adaptative capacity. *Global Environemental Change* 16 (3) : 293-303.

Giddens A., 1994, *Les conséquences de la modernité.* L'Harmattan Coll. Théorie sociale contemporaine. Paris, 192 p.

Gliessman S.R., 1998. *Agro-ecology : Ecological processes in Sustainable Agriculture.* Ann Arbor Press, Chelsea, MI.

Gomez-Baggethun E., de Groot R., S., Lomas P.,L., Montes C., 2010. The history of ecosytem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. *Ecological Economics*. 69 : 1209-1218.

Goulet F., 2013. Mettre en récits et partager l'expérience » Éléments pour l'étude des savoirs dans des collectifs professionnels, *Revue d'anthropologie des connaissances*, 2013/2 Vol. 7, n° 2 : 501-524

Goulet F. 2012. Travailler avec l'incertain. Cadrages cognitifs et temporels de l'innovation en céréaliculture. *Sciences de la société*, 87 : 67-83.

Griffon M., 2013-b. Vers une septième révolution agricole. *Projet* 1/332 : 11-19.

Griffon M., 2013-a. *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?* Quae Ed., Coll. Matière à débattre & décider, Versailles, 221 p.

Griffon, M., 2010. *Pour des agricultures écologiquement intensives*. Editions de l'Aube, La Tour d'Aigues.

Griffon M., 2006. *Nourrir la planète.* Odile Jacob, Paris, 455 p.

Hanson H.C., 1939. Ecology in agriculture, *Ecology* 20 : 111-117.

Holling, C. S., 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management.* United Nations Environment Programme. International Institute for Applied Systems Analysis, 377 pages

ISO, 1997. *International Standard 14040. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework.* International Organisation for Standardisation, Geneva, 20 p.

Jørgensen A., Lai L. C. H., Hauschild M. Z.: 2010. *Assessing the validity of impact pathways for child labour and well-being in social life cycle assessment. International Journal of LCA* 15 : 5–16

Kaplowitz M.D., 2000. Identifying ecosystem services using multiple methods: Lessons from mangrove wetlands of Yucatan, Mexico. *Agriculture and Human Values*, 17: 169-179.

Kumar M., Kumar P., 2008. Valuation of the ecosystem services: A psycho-cultural perspective. *Ecological Economics*, 64 : 808-819.



Kluts I.N., Potting J., Bosma R.H., Phong L.T., Udo H.M.J., 2012. Environmental comparison of intensive and integrated agriculture-aquaculture systems for striped catfish production in the Mekong Delta, Vietnam, based on two existing case studies using life cycle assessment. *Reviews in Aquaculture* 4 : 195-208.

Laganier R., Villalba B. et Zuindeau B., 2002. Le développement durable face au territoire : éléments pour une recherche pluridisciplinaire. *Revue Développement Durables & Territoires*, 21 p.

Lemery B., 2010. Comprendre le changement pour réfléchir et agir. *Travaux & Innovation*, 165 : 27-28.

Lemery, B. 2003. Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture. *Sociologie du travail* 45 : 9-25.

Leroux X., Barbault R., Baudry J., Burel F., Doussan I., Garnier E., Herzog F., Lavorel S., Lifran R., Roger-Estrade J., Sarthou J.-P., Trommetter M., 2008. *Agriculture et biodiversité. Valoriser les synergies*. Expertise Scientifique collective. Quae, Paris, 178 p.

Liu S., Costanza R., Farber S., Troy A., 2010. Valuing ecosystem services. Theory, practice, and the need for a transdisciplinary synthesis. *Ecological Economics*, 1185 : 54-78.

Livet P., Thévenot L., 2004. Les catégories de l'action collective. In Orléans A. *Analyse économique des conventions*, PUF, Paris (1er éd. 1994) : 139-167.

Lucas A., 1993. *Bioénergétique des animaux aquatiques.* Masson-Lavoisier. Editions Tec & Doc, Paris.

Macome C. (coord.), 2013-b. *ACV sociales. Effets socio-économiques des chaînes de valeurs*. FRuiTROP Coll. Théma, Cirad Ed., 171 p.

Macombe C., 2013-a. Comment prévoir les effets et impacts sociaux. *In* Macombe C., *ACV sociales Effets socio-économiques des chaînes de valeurs.* Coll. FruiTrop Thema, Cirad, Montpellier : 141-156.

Macombe C., Loeillet D., 2013. L'analyse du cycle de vie, pour qui et pourquoi ? In Macombe C., *ACV sociales Effets socio-économiques des chaînes de valeurs.* Coll. FruiTrop Thema, Cirad, Montpellier: 35-52.

Maes J., Egoh B., Willemen L., Liquete C., Vihervaara P., Schägner J.P., Grizzetti B., Drakou E., La Notte A., Zulian G., Bouraoui F., Paracchini M.L., Braat L., Bidoglio G., 2012. Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1, 31–39.

Maitre d'Hôtel E., Pelegrin F., 2010. *Les Valeurs de la biodiversité. Un Etat des lieux de la recherche française*. Fondation pour la Recherche sur la Biodiversité. Série Expertise et Synthèse, Paris, 48 p.

Mathé S, 2014. Integrating participatory approaches in social LCA : The SLCA participatory approach. *International Journal of Life Cycle Assessment* (in press), 13p

Mathé S., Rey-Valette H., 2011. Towards the implementation of sustainable development of aquaculture in the Mediterranean: the condition of governance. *Studies and Reviews General Fisheries commission for the Mediterranean,* FAO 90 : 164-187

Mathevet, R., Thompson J., Delanoë O., Cheylan M., Gil-Fourrier C., Bonnin M., 2010. La solidarité écologique: un nouveau concept pour la gestion intégrée des parcs nationaux et des territoires. *Natures Sciences Sociétés* 18(4) : 424-433.



Melville N.P., Ross S.M., 2010. Information systems innovation for environmental sustainability. *MIS Quarterly* 34 (1): 1-21.

Millennium Ecosystem Assessment (MEA), 2005. *Ecosystem and Human Well-being : A framework for Assessment*, Island Press, Washington DC.

Michel-Guillou E., 2006. Représentations sociales et pratiques sociales : l'exemple de l'engagement pro-environnemental, agriculture. *Revue européenne de psychologie appliquée* 56 : 157-165.

Michelik F., 2008. La relation attitude-comportement: un état des lieux. *Ethique et Economie* 6 (1) http://ethique-economie.net/

Milstein A., 2005. *Polyculture in aquaculture.* Animal Breeding Abstract. CABI Publishing : 15-41.

Moser G., 2009. *Psychologie environnementale. Les relations homme-environnement.* De Boeck, Paris, 298 p.

Naylor R.L., Goldberg R.J., Primavera J.H., Kautsky N., Beveridge M.C.M., Clay J., Folke C., 2000. Effects of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405 : 1017-1024.

Odum H.T., 1996. *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*. Wiley, New York, 370 p.

Ortega E., 2008. *Análise sistêmica e energética da aqüicultura*. 2nd Seminário de Aqüicultura Sustentável. CA-UNESP, Jaboticabal, São Paulo, Bresil : 28-29.

Passet R., 2010. *Les grandes représentations du monde et de l'économie.* Actes Sud, coll. Thésaurus, Arles, 950 p.

Pervanchon, F., A. Blouet. 2002. Lexique des qualificatifs de l'agriculture. *Le courrier de l'Environnement* 45. http://www7.inra.fr/dpenv/pervac45.htm

Petrosillo I., Costanza R., Aretano R., Zaccarelli N., Giovanni Z., 2013. The use of subjective indicators to assess how natural and social capital support residents' quality of life in a small volcanic island. *Ecological Indicators*, 24: 609-620.

Pourriot R., Meybeck M., 1995. *Limnologie générale*. Masson, Paris, 956 p.

Quétier F., Rivoal F., Marty P., De Chazal J., Thuiler W., Lavorel S., 2009. Social representation of an alpine grassland landscape and socio-political discourses on rural development. *Regional Environment Change*, 10 : 119-130.

Renning K., 2000. Redefining innovation. Eco-innovation research and the contribution from Ecological Economics. *Ecological Economics*, 32 : 319-332.

Rey-Valette H., Pinto M., Maurel P., Chia E., Guiheneuf P.-Y., Michel L., Nougaredes B., Soulard C., Jarrige F., Guillemot S., Cunnac M., Mathé S., Barbe E., Ollagnon M., Delorme G., Prouheze N., Laurent A., Suita L.A., Bertrand J., Dieudonne C., Champorigaud A., 2011. *Guide pour la mise en œuvre de la gouvernance en appui au développement durable des territoires* © Cemagref, CNRS, Geyser, Inra, Supagro, Université Montpellier 1. Diffusion INRA-Montpellier, 155 p. www.lameta.univ-montp1.fr/ggov

Rey-Valette, H, Clément O., Aubin J., Mathé S., Chia E., Legendre M., Caruso D., Mikolasek O., Blancheton J.-P., Slembrouck J., Baruthio A, René F., Levang P., Morrissens P., Lazard J., 2008. *Guide to the co-construction of sustainable development indicators in aquaculture*. Montpellier, © Cirad, Ifremer, INRA, IRD, Université Montpellier 1 (en Français et en anglais), 144 p.

Rey-Valette, H., Clément O., Mathé S., Lazard J., Chia E., 2010. Quelques postulats relatifs aux indicateurs de développement durable : l'exemple de l'aquaculture. *Natures Sciences Sociétés*, 18 : 253-265.

Roth C., 2008. Réseaux épistémiques : Formaliser la cognition distribuée. *Sociologie du travail* 50, 353-371.

Salladarré F., Guillotreau P., Lesage C-M., Ollivier P., 2013. Les préférences des consommateurs pour un label. Le cas des produits de la mer. *La revue d'étude en Agriculture et Environnement* 94, 3 : 339-362.

Sarter S., Kha Nguyen H. N., Hung L. T., Lazard J., Montet, D., 2007. Antibiotic resistance in Gram-negative bacteria isolated from farmed catfish. *Food Control*, 18(11) : 1391-1396.



Schumpeter J., 1999. *Théorie de l'évolution économique.* Dalloz, Paris, 371 p.

Serrano P. H., 2005. *Responsible use of antibiotics in aquaculture*. N° 469. FAO, Rome. 97p.

Shwom R., Bidwell D., Dan A., Dietz T., 2010. Understanding U.S. public support for domestic climate change policies. *Global Environmental Change*, 20 : 472–482.

Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Hishamunda, N. 2008. *Building an ecosystem approach to aquaculture : FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop, 7-11 May, 2007, Palma de Mallorca, Spain*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome,229 p.

Stassart P., Baret P., Grégoire J-C., Hance T. Mormont M., Reheul D., Stilmant D., Vanloqueren G., Vissier M., 2012. L'agroécologie : trajectoire et potentiel. Pour une transition vers des systèmes alimentaires durables. In Van Dam D., Streith M., Nizet J., Stassart P., *Agro-écologie. Entre pratiques et sciences sociales.* Educagri, collection Références, Dijon, 309 p.

Stassart P.M., Brandenburg A., Isaguire K., 2011. Les systèmes participatifs de garantie : critique de la certification Bio & nouveau mode de gouvernance ? *Colloque SFER/RMT Les transversalités de l'agriculture biologique,* Strasbourg, 23-24 juin.

Tacon A.G.J., Metian M., Turchini G.M., De Silva S.S., 2010. Responsible Aquaculture and Trophic Level Implications to Global Fish Supply. *Reviews in Fisheries Science*, 18 : 94-105.

Tanguy H., Ferlin P., Suche J.M., 2008. *Rapport final de la mission sur le développement de l'aquaculture.* Ministère de l'agriculture et de la pêche & Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, Octobre 2008, 44 p. + annexes

TEEB, 2010. *L'économie des écosystèmes et de la biodiversité: intégration de l'économie de la nature. Une synthèse de l'approche, de conclusions et des recommandations de la TEEB*, 46 p.

Torre A., Zuindeau B., 2009. Les apports de l'économie de la proximité aux approches environnementales : inventaires et perspectives. *Natures, Sciences, Sociétés* 17 : 349-360.

Union Européenne, 2004. *Lignes directrices. Gestion du Cycle du projet.* Commission Européenne, 160 p.

Van Dam D., Streith M., Nizet J., Stassart P. (coord.), 2012. Agro-écologie. *Entre pratiques et sciences sociales*. Educagri, collection Références, Dijon, 309 p.

Vinck, D., 2000. Approches sociologiques de la cognition et prise en compte des objets intermédiaires. *7° école d'été de l'ArCo Bons* 10-21 juillet 2000.

Wezel A., Bellon S., Doré T., Francis C., Vallod D., David C.. 2009. Agro-ecology as a science, a movement and a practice. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 29 : 503-515.

Wilfart A., Corson M.-S., Aubin J., 2012. La méthode EMERGY : principes et application en analyse environnementale des systèmes agricoles et de production animale. INRA *Productions Animales* 25, 57-66.

Zhang W., Ricketts T. H., Kremen C., Carney K., Swinton S.M., 2007. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics*, 64 : 253-260.

# Guide de mise en œuvre de l'intensification écologique pour les systèmes aquacoles

Le développement très rapide de l'aquaculture au niveau mondial a offert, selon les espèces et les territoires, des exemples de « success story » mais a parfois aussi conduit à des crises sociales ou écologiques. Les enjeux de sécurité alimentaire à l'horizon 2050 nécessitent d'améliorer les technologies et les pratiques tout en évoluant vers des pratiques « d'aquaculture durable ». Ces évolutions favorisent l'intégration territoriale des systèmes aquacoles, dont les services écosystémiques doivent être mieux reconnus et maîtrisés. Le cadre proposé par l'intensification écologique des systèmes agricoles, offre une opportunité de redéfinir des objectifs pour l'aquaculture, en favorisant les leviers de l'écologie pour maintenir ou augmenter la production de ces systèmes. Il s'agit donc de diversifier les voies d'aquaculture durable et de favoriser le renforcement des fonctionnalités écologiques en tenant compte des contraintes sociologiques et de gouvernance.

Ainsi, l'objectif de ce guide, fruit d'un projet de recherche interdisciplinaire en partenariat conduit en France, au Brésil et en Indonésie, est de proposer des pistes pour la mise en œuvre de l'intensification écologique dans des aqua-écosystèmes aquacoles. Pour cela il fournit (i) plusieurs objectifs potentiels mobilisant les notions d'agro-écologie, de services écosystémiques et de processus de co-construction des éco-innovations, (ii) des outils de diagnostic et d'évaluation (indicateurs) et (iii) des exemples d'expérimentations pour quatre types de systèmes aquacoles contrastés.

Ce guide s'adresse à un large public : des représentants des filières ou des producteurs aquacoles, des représentants des collectivités territoriales ou des administrations et plus généralement tous les membres d'ONGs ou d'associations intéressées par le développement de l'aquaculture et/ou la mise en œuvre de projets intégrés de territoire, … mais aussi des chercheurs et des étudiants, … ainsi que tout acteur désirant mettre en oeuvre l'intensification écologique, y compris en dehors du champ de l'aquaculture.

cirad cnrs Ifremer INRA SCIENCE & IMPACT IRD Institut de recherche pour le développement

ITAVI UNIVERSITÉ DE LORRAINE UM1 Université Montpellier 1 Epagri