



HAL
open science

Prospective sur l'évolution de la recherche sur les poissons migrateurs amphihalins à l'horizon 2030

Patrick Lambert, Géraldine Lassalle, Marie-Laure Acolas, F. Bau, Gérard Castelnaud, Françoise Daverat, Hilaire Drouineau, Philippe Jatteau, Christian Rigaud, Eric Rochard, et al.

► To cite this version:

Patrick Lambert, Géraldine Lassalle, Marie-Laure Acolas, F. Bau, Gérard Castelnaud, et al.. Prospective sur l'évolution de la recherche sur les poissons migrateurs amphihalins à l'horizon 2030. *irstea*. 2015, pp.212. hal-02607689

HAL Id: hal-02607689

<https://hal.inrae.fr/hal-02607689>

Submitted on 16 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Prospective sur l'évolution de la recherche sur les poissons migrateurs amphihalins à l'horizon 2030



Juin 2015

Patrick Lambert¹, Géraldine Lassalle¹, Marie-Laure Acolas¹, Frédérique Bau¹, Gérard Castelnaud¹, Françoise Daverat¹, Hilaire Drouineau¹, Philippe Jatteau¹, Christian Rigaud¹, Eric Rochard¹, Charles Roqueplo¹ et François de Jouvenel²

¹Iristea, Centre de Bordeaux, UR EABX, 50 avenue de Verdun, 33612 Cestas

²Futuribles, 47 rue de Babylone, 75007, Paris

Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture

futuribles
L'anticipation au service de l'action

Section-A Introduction

1. Pourquoi une démarche de prospective sur les recherches sur les PMA

L'équipe « Poissons Migrateurs Amphihalins » (PMA) de l'Unité de Recherche « Ecosystèmes Aquatiques et Changements Globaux » (EABX) d'Irstea a entrepris une analyse de prospective sur les recherches sur cette thématique à l'horizon 2030 voire jusqu'en 2050. Les poissons migrateurs amphihalins (PMA) regroupent les poissons dont le cycle biologique se répartit entre le milieu marin et l'eau douce. Actuellement, en Europe, on compte une vingtaine d'espèces de PMA.

Les objectifs de travail étaient les suivants :

1. De construire une vision partagée par les membres de l'équipe des futurs possibles de la demande de recherche sur les PMA ;
2. De disposer d'une publication scientifique qui permette de situer les travaux de l'équipe dans une problématique plus large ;
3. De permettre à l'équipe d'orienter ses investissements en matière de recherche et l'évolution des profils des chercheurs.

Compte tenu de l'importance de la communauté scientifique actuelle autour des PMA, il nous semble que les conclusions de cette étude auront un intérêt au-delà de l'équipe et pourraient initier une réflexion élargie, par exemple, au sein du groupement d'intérêt scientifique français GIS GRISAM voire du réseau européen DiadFish (http://www.diadfish.org/english/home_page.htm).

Cette analyse a abordé quatre champs :

- Les évolutions possibles des PMA, eu égard à l'état actuel, plus ou moins menacé, de leurs stocks et de leur capacité d'adaptation face aux changements globaux à venir ;
- Les modifications envisageables du contexte de gestion de ces ressources naturelles en traitant d'abord les enjeux sociétaux (place dans la Société, valeur emblématique, intérêt économique) et organisationnels (instances de gestion) ;
- Les tendances d'évolution des demandes de recherche (de la part de la Société et du monde de la recherche) et d'expertise ;
- Les évolutions du monde de la recherche et de l'expertise du point de vue des sujets abordés et des acteurs impliqués.

L'horizon temporel fut double :

- d'une part, d'une quinzaine d'années (horizon 2030) pour rester en phase avec la stratégie d'une équipe de recherche (en cohérence avec la prospective et la réflexion stratégique Irstea menées en parallèle) ;
- et d'autre part, de 40 ans, correspondant à un période où les changements sociétaux commenceront à être sensibles (et pour faire écho aux travaux de prospective « Garonne 2050 » de l'Agence de l'Eau Adour Garonne).

L'échelle spatiale concerne les façades atlantique et méditerranéenne (voire plus large à l'échelle de l'hémisphère nord mais sans négliger l'ancrage régional fort dans le bassin de la

Gironde), du bassin versant à l'Europe en termes de gestion et le niveau mondial pour les questionnements de recherche.

Il a été décidé d'avoir recours à un consultant (Futuribles) pour rester dans un cadre méthodologique rigoureux.

Le projet s'est déroulé sur l'année 2014 au travers de 7 séminaires (14 février, 20 mars, 26 mai, 12 juin, 11-12 septembre, 13-14 octobre, 18-19 décembre soit 10 jours) et de travaux personnels de rédaction importants (20 fiches variable x 4 jours + 20 microscénarios x 2 jours + 6 scénarios globaux x 2 jours + rédaction de support 10 jours = 182 jours de travail ou 20 jours par personne). Une dizaine de personnes, principalement les chercheurs de l'équipe, se sont impliqués dans le travail.

2. Méthodologie de la démarche prospective

1- La définition du sujet et de l'horizon temporel

- Prise en compte des discontinuités, des ruptures, des marges de manœuvre des acteurs

2 - L'identification des variables clefs et de leurs relations

- Variables : acteurs et facteurs
- Outils éventuels : Analyse structurelle – Matrices d'impacts croisés

3 - L'exploration des évolutions possibles de chaque variable clef

- Définition des indicateurs pertinents
- Analyse rétrospective
- Tendances lourdes, faits porteurs d'avenir / signaux faibles, incertitudes majeures
- Construction d'hypothèses prospectives contrastées (travail de groupe, ateliers de créativité possibles)

4 - La construction des scénarios exploratoires

- Assemblage des hypothèses construites sur chacune des variables
- Construction de scénarios contrastés et exclusifs
- Outils et méthodes : analyse morphologique, ateliers de créativité éventuels

5 - Vers la stratégie ?

- L'identification des enjeux stratégiques
- L'exploration des options politiques souhaitables

Section-B Fiches variables

Tableau 1: Liste des fiches variables par composante

Composante 1	Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
V1.1	Instruments de gestion des populations – (plan de gestion ou de conservation, soutien des populations, etc.)
V1.2	Règlementations concernant les PMA
V1.3	Outils de diagnostic
V1.4	Espèces concernées et état des populations (à l'échelle mondiale)
V1.5	Qualité de l'environnement (eau, barrages)
Composante 2	Demande de recherche (pure, médiation) et d'expertise concernant les PMA (France-UE)
V2.1	Statut de l'animal (éthique, bien-être animal, etc.)
V2.2	Sensibilité des citoyens aux problématiques des PMA
V2.3	Importance vivrière, économique, des PMA
V2.4	Concurrences sur les usages des ressources ou des milieux (entre espèces, usagers, etc.)
V2.5	Reconnaissance des PMA comme indicateurs de qualité de l'environnement
Composante 3	Contexte de la recherche-expertise (France-UE)
V3.1	Moyens affectés à la recherche (financements, nature)
V3.2	Organisation du monde de la recherche (organisation, échelles, partenariats, etc.)
V3.3	Priorités de la recherche
V3.4	Sources de connaissance de la population (chercheurs, blogs, etc.)
V3.5	Evaluation de la recherche (recherche, chercheurs)
Composante 4	Recherche sur les PMA (Monde)
V4.1	Outils de mesure
V4.2	Concepts, disciplines mobilisées (changements de paradigme)
V4.3	Echelles de travail sur les PMA
V4.4	Espèces phares
V4.5	Chercheurs sur les PMA : existence, formation, spécialisation

1. Composante « Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer) »

1.1. Nature, conception, mise en œuvre et efficacité des instruments de gestion des PMA (V1.1)

Composante	: Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
Rédacteur	: Marie-Laure Acolas
Mise à jour	: 2 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

L'analyse ci-après porte essentiellement sur les instruments appliqués en France sur la base (souvent) de réglementations mises en place pour l'Europe sur la période 1980/2014. La nature de ces instruments ainsi que leur mise en œuvre est décrite dans la partie « rétrospective ». Les indicateurs pris en considération dans un premier temps sont la nature des instruments de gestion (portée réglementaire ou non ?), les espèces de PMA concernées par les mesures mises en place, les dates de mise en place des instruments et leur évolution.

En complément de cette fiche, les fiches V1.2 et V1.3 sont à consulter. Les instruments réglementaires qui peuvent être mis en œuvre pour gérer les PMA (exploitation des espèces ou de leurs habitats) sont présentés dans la fiche V1.2. Parfois, la frontière entre instruments de gestion et réglementation est difficile à appréhender ; certains outils de gestion pouvant avoir une portée réglementaire et d'autre non. La fiche V1.3 présente les outils de diagnostic à la disposition des gestionnaires, outils étroitement reliés aux instruments de gestion et à l'évaluation de leur efficacité.

2) Rétrospective

Pour la France, la Figure 1 résume le contexte de la gestion des PMA. Les mesures concernant les PMA peuvent porter sur les espèces en tant que telles, les habitats de ces espèces et la pêche des PMA. Les intérêts sociétaux sur les PMA peuvent être des intérêts halieutiques et sanitaires, si l'espèce est exploitée ou utilisée comme indicatrice de la qualité du milieu, et des intérêts patrimoniaux afin de préserver la biodiversité aquatique. Les mesures réglementaires qui cadrent l'exploitation des espèces et leur gestion peuvent être d'origine internationale (ex : engagements de la France via des conventions internationales comme OSCAN pour le saumon atlantique, (NASCO, 1996)) ou dictées par la législation européenne (ex : directive habitat faune flore 1992) qui se décline en réglementation nationale (ex : loi sur l'eau 1992 déclinée localement avec les SDAGE et SAGE qui sont des mesures de gestion) puis locale (ex : arrêté de protection de biotope pris au niveau préfectoral) (cf. fiche V1.2 pour les aspects réglementaires). Les principaux instruments de gestion qui concernent les PMA en vigueur en France sont les suivants : les SDAGE déclinés en SAGE, les SDVP déclinés en PDPG, les contrats de rivière et les PGE qui constituent des instruments de gestion des milieux aquatiques en intégrant la présence des PMA. Plus particulièrement, les COGEPOMI mettant en place les PLAGEPOMI constituent des spécificités françaises dédiées à la gestion des PMA uniquement. A une échelle spatiale plus large, Natura 2000, les plans internationaux déclinés en plan nationaux concernent également les PMA.

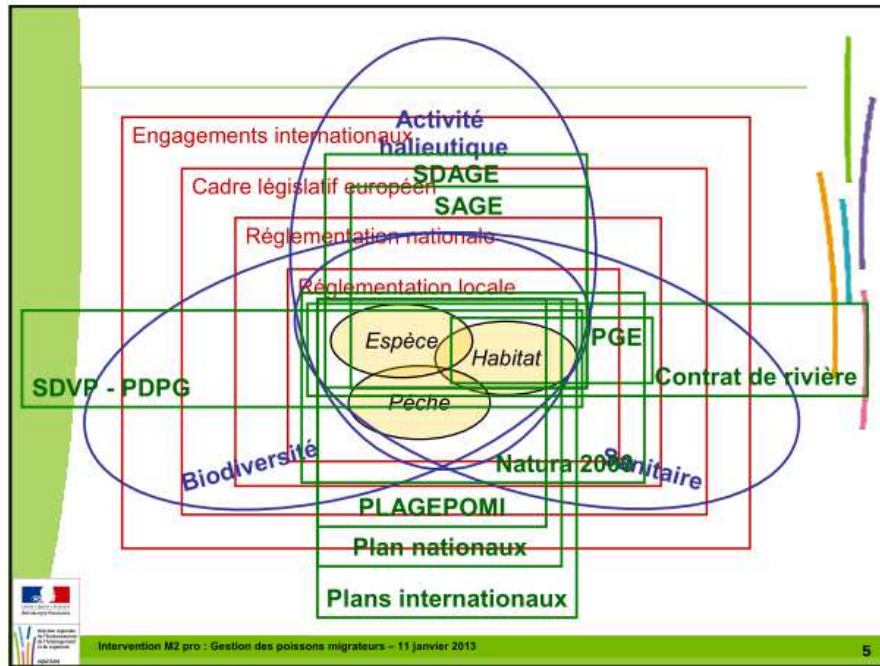


Figure 1: La gestion des PMA en France (Adam, 2013) : le cadre réglementaire (en rouge), les mesures de gestion (en vert), les intérêts de la Société (en bleu), les facteurs sur lesquels la réglementation et la gestion agissent (en jaune : les espèces de PMA, leurs habitats, la pêche des PMA)

2.1) Les instruments de gestion des PMA en France et en Europe

En France...

Afin de protéger la qualité et la quantité des ressources en eau, la loi sur l'eau (1992) a institué, à l'échelle des grands bassins hydrographiques, les SDAGE (Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux) et, localement, au niveau des petits bassins versants, les SAGE (Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux). Leur mission est d'organiser la gestion de l'eau et des milieux aquatiques afin d'harmoniser la protection du milieu et la satisfaction des usages pour un développement durable. Les SDAGE sont élaborés par un comité de bassin constitué par des représentants des collectivités territoriales, des représentants des usagers et des représentants de l'état et de ses établissements publics. Le PDM (programme de mesures) présente les actions nécessaires pour atteindre les objectifs environnementaux définis dans le SDAGE en application de la DCE (Directive Cadre sur l'Eau). Concernant les mesures qui touchent plus spécifiquement les PMA, le SDAGE doit prendre en compte les PLAGEPOMI (cf partie 2-1-1), préserver les habitats, les zones de reproduction prioritairement, prendre en compte la continuité écologique, la gestion halieutique et stopper la dégradation des zones humides. Les SAGE sont élaborés par une commission locale de l'eau pour le bassin versant concerné, y sont déclinés les prescriptions du SDAGE. Ces instruments de gestion (SDAGE et SAGE) dit « concertée » ont une portée juridique, les décisions des administrations doivent être en accord avec les mesures indiquées et les documents de cadrage sont opposable aux tiers. Depuis la mise en place de ces instruments, selon les régions leur rédaction effective peut être très variable. Par exemple, en Gironde, actuellement 15 SAGE sont en cours de rédactions, 5 en cours de révision.

Les Plans de Gestion des Etiages (PGE) ont été introduits par les SDAGE en 1996. Il s'agit de documents contractuels entre l'État, les usagers et les agences de l'eau. Ils doivent établir les

règles de partage de la ressource et établir les débits des cours pendant les périodes d'étiage. La gestion des débits est d'un intérêt majeur pour la montaison ou la dévalaison des PMA et pour la qualité de leurs habitats d'eau douce.

Localement, avant la mise en place des SDAGE et des SAGE et, toujours d'actualité, des contrats de rivière ont également été mis en place. Ce type de contrat repose sur une forte mobilisation des élus locaux, des riverains et des usagers sur un territoire autour d'un projet commun. Des objectifs collectifs sont définis. Ils sont ensuite traduits dans un programme d'aménagement et de gestion, généralement sur 5 ans, tirant parti des potentialités écologiques du cours d'eau. L'agence de l'eau, le département, la Région et l'État contribuent fortement à son financement. Depuis 1981, plus de 150 contrats de rivière et de baie ont été engagés dont une cinquantaine sont achevés. Plus de 10% du territoire national est concerné, principalement dans le Sud de la France. Contrairement au SAGE, les contrats de rivière n'ont pas de portée juridique.

Les Schémas Départementaux à Vocations Piscicoles (S.D.V.P.) constituent les premières versions des Schémas Départementaux de préservation, de restauration et de mise en Valeur des Milieux Aquatiques (SDVMA) actuels. Ils ont été mis en place par instruction ministérielle en 1982 (PN/SPH86/2920) tout d'abord avec 11 départements pilotes puis formalisés dans la circulaire ministérielle de 1986 (PN/SPH86/2930). Ces schémas départementaux sont formalisés par l'élaboration d'un plan de gestion piscicole départemental (P.D.P.G.), en général élaboré par les fédérations de pêche, qui constitue un outil de gestion halieutique pour la Fédération, le PDPG visant, en premier lieu, à satisfaire la demande des pêcheurs, tout en respectant la qualité des milieux aquatiques. Il sera décliné localement au travers des Plans de Gestion Piscicole Locaux (PGPL), programmes mis en place à l'échelle d'un bassin versant dans lesquels les Associations Agréées pour la Pêche et la Protection des Milieux Aquatiques (AAPPMA) prévoient les mesures et interventions à mettre en œuvre en termes de : protection, restauration, surveillance, et exploitation équilibrée des milieux aquatiques et des ressources piscicoles et de gestion, développement et promotion du loisir pêche. Ces derniers sont construits en cohérence avec les orientations départementales inscrites dans le PDPG et le SDDL (Schéma Départemental de Développement du Loisir Pêche). Dans les bassins versants où sont présents les PMA, ces différents instruments peuvent impliquer les espèces de PMA. Cependant certains acteurs constatent un manque d'intégration des PMA dans ces PDPG (Lelièvre, 2010).

En Europe ...

A l'échelle européenne suite à la Directive Habitat Faune Flore (1992), un réseau de sites écologiques bénéficiant de mesures de protection (les mesures de protection pouvant être considérées comme des mesures de gestion) a été mis en place : le réseau Natura 2000. Certains des sites prennent en compte les PMA. En Europe, c'est le cas des 4 espèces de PMA suivantes : la grande alose (78 sites), l'alose feinte (73 sites), l'esturgeon européen (9 sites) et le saumon atlantique (99 sites) (site INPN, inventaire national du patrimoine naturel <http://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/listeEspeces/>). Depuis 2010, ce réseau vise également à s'étendre en mer « Natura 2000 en mer » et pourrait prendre en compte la phase marine des espèces de PMA.

Même s'il s'agit plutôt d'instruments financiers, les programmes européens LIFE Nature et maintenant LIFE+ peuvent également participer à la gestion des espèces migratrices :

élevage, repeuplement, étude du comportement, suivi de l'efficacité des mesures, amélioration du franchissement des ouvrages. De manière générale, le LIFE (L'Instrument Financier pour l'Environnement) est un programme spécifique de la Commission Européenne dont l'objectif est d'accompagner la mise en œuvre des politiques communautaires en faveur de l'environnement. Le LIFE a évolué progressivement en plusieurs phases : LIFE I 1992/1995, LIFE II 1996-1999, LIFE III 2000-2004 prolongé jusqu'à fin 2006 pour coller avec les échéances des votes de budgets européens puis LIFE+ en 2007-2013 et 2014-2020. Les principales nouveautés du programme LIFE+ 2014-2020, par rapport à la précédente période de programmation, sont la prise en compte plus marquée des enjeux liés au changement climatique avec un sous-programme spécifique et la possibilité de financement de plusieurs types de projets dont les projets dits « intégrés ».

Parmi les programmes LIFE qui concernent les PMA, on peut citer :

- Les programmes LIFE Nature concernant l'esturgeon européen : 1994-1997, 1998-2001 (Elie, 1997 ; Rochard, 2002) ;
- Le suivi du plan « Sauvegarde du grand saumon de Loire » mis en place dans le cadre du programme européen LIFE (2001-2004) ;
- Les programmes LIFE grande alose (2007-2010) et LIFE+ alose débuté en 2011.

Dans ces programmes, à la fois l'acquisition de connaissance mais aussi la mise en œuvre de mesures de gestion ou de conservation sont financées. Pour les PMA, les partenaires concernés sont souvent les associations « migrateurs », des bureaux d'étude, des universités, des organismes de recherche, et des EPTB.

2.2) *Les mesures de gestion spécifiques aux PMA*

Depuis 1994, en France, la gestion spécifique des PMA s'organise à l'échelle de grands bassins fluviaux. Ceci résulte du décret n°94-157 du 16 février 1994 relatif à la pêche des poissons appartenant aux espèces vivant alternativement dans les eaux douces et les eaux salées (décret dit « amphihalins »), codifié dans le Code de l'Environnement (articles R.436-44 à R.436-68). Est ainsi créé, pour chaque bassin, un Comité de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) qui a la charge d'établir un Plan de Gestion de Poissons Migrateurs (PLAGEPOMI) sur le territoire qui le concerne. Ce plan est arrêté par le président du COGEPOMI et est publié au recueil des actes administratifs de chacun des départements concernés. Il détermine, pour une durée de cinq ans, et pour les espèces concernées, par bassin, par cours d'eau ou par groupe de cours d'eau :

- Les mesures utiles à la reproduction, au développement, à la conservation et à la circulation de ces poissons ;
- Les modalités d'estimation des stocks et d'estimation de la quantité qui peut être pêchée chaque année ;
- Les plans d'alevinage et les programmes de soutien des effectifs, lorsque nécessaire ;
- Les conditions dans lesquelles sont fixées les périodes d'ouverture de la pêche ;
- Les modalités de la limitation éventuelle des pêches, qui peuvent être adaptées en fonction des caractéristiques propres à la pêche professionnelle et à la pêche de loisir ;
- Les conditions dans lesquelles sont délivrés et tenus les carnets de pêche.

Il existe 8 COGEPOMI : Artois-Picardie, Rhin-Meuse, Rhône-Méditerranée-Corse, Bretagne, Loire, Garonne, Adour et Seine Normandie.

Sept espèces diadromes sur les 12 présentes en France sont visées par ces instruments de gestion : le saumon atlantique (*Salmo salar*), la truite de mer (*Salmo trutta*), la grande alose (*Alosa alosa*), l'alose feinte (*Alosa fallax*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*) et l'anguille (*Anguilla anguilla*). Ces espèces sont en grande partie des espèces d'intérêt halieutique historique ou actuel. Leur statut IUCN est considéré comme « préoccupation mineure » sauf l'anguille qui est classée en « danger critique d'extinction » et fait l'objet d'un règlement européen et d'un plan national. La grande alose serait passée en statut IUCN « vulnérable » en 2010 (mais selon les sources les informations sont contradictoires). Le saumon fait également l'objet d'un plan national de gestion. En France, dans la liste rouge des poissons d'eau douce, les deux espèces d'aloses, le saumon, la lamproie fluviatile sont considérées comme « vulnérables », les lamproies marines comme « quasi menacée » et l'anguille en « danger critique d'extinction ». Parmi les espèces non incluses dans les COGEPOMI, le flet (*Platichthys flesus*) et le mulot (*Liza ramada*) sont classés comme « préoccupation mineure » par l'IUCN et ne font l'objet d'aucune mesure de gestion particulière mise à part une taille minimale de capture pour la pêche récréative (pas de taille pour la pêche professionnelle). L'esturgeon européen, de par son statut en « danger critique d'extinction » fait l'objet d'un plan national de restauration, sa pêche étant interdite depuis 1982 en France. Quant à la vimbe (*Vimba vimba*) et à l'éperlan (*Osmerus eperlanus*), statut « préoccupation mineure », le premier aurait été observé dans le Rhin lors d'un inventaire « saumons » en 2005 et le second serait redevenu abondant sur la Seine (Duhamel et al., 2006) mais il n'existe aucune mesure de gestion spécifique les concernant à notre connaissance.

Les structures représentées aux COGEPOMI sont des représentants de l'État (préfecture, DREAL, affaires maritimes, etc.), des représentants des pêcheurs professionnels et amateurs maritimes et fluviaux, des élus régionaux et départementaux, l'ONEMA, l'Ifremer ainsi que des experts invités sur une base consultative. Des représentants d'associations ou d'industries en fonction des régions sont invités de manière permanente. Sur le plan humain, la communication entre les acteurs dont les intérêts diffèrent peut être compliquée. Par ailleurs, la position des scientifiques peut être considérée comme relativement difficile, par exemple, dans les cas d'interdiction de la pêche d'une espèce suite à des analyses scientifiques basées sur les déclarations des pêcheurs (Pelligrini, 2008).

Plus récemment, cet effort de gestion des PMA à l'échelle nationale a été renforcé en 2010 par l'adoption de la Stratégie Nationale pour la Gestion des Poissons Migrateurs – STRANAPOMI – (STRANAPOMI, 2011) qui vise à assurer une cohérence des politiques susceptibles d'avoir un impact sur la gestion des PMA en fédérant l'ensemble des acteurs concernés. Cette stratégie, pérenne, a vocation à promouvoir et à rendre visible les actions engagées sur le sujet à différents niveaux. A travers quatre axes stratégiques - préservation et restauration des populations et de leurs habitats ; rénovation de la gouvernance de la politique de gestion des espèces ; renforcement de l'acquisition des connaissances, du suivi et de l'évaluation ; développement du partage d'expériences, de la communication et de la formation autour des problématiques associées aux PMA - et 22 orientations, elle renforcerait les mesures de gestion déjà existantes. Document-cadre, elle évoluerait progressivement et sera actualisée en même temps que la révision des SDAGE. Dans cette optique, par soucis de synchronisation des instruments, les SDAGE devant être révisés pour fin 2015, les nouveaux PLAGEPOMI doivent être établis pour fin 2014.

L'anguille européenne, le saumon atlantique et l'esturgeon européen disposent de leur propre plan national.

Le « Plan de Gestion Anguille » français, découlant du règlement européen adopté en 2007, vise à enrayer le déclin de l'espèce en agissant à court et moyen terme sur les principaux facteurs anthropiques de mortalité et de dérangement de l'espèce. Il se compose d'un volet national et de dix volets locaux, soit un par unité de gestion anguille (<http://www.onema.fr/Plan-anguille-approuve>).

Pour le saumon atlantique, la France est membre de l'Organisation pour la conservation du saumon de l'Atlantique Nord (OCSAN) – la North Atlantic Salmon Conservation ou NASCO –, par son statut de pays membre de l'Union Européenne. Elle doit, avec l'ensemble des pays adhérents, mettre en œuvre les orientations émises par NASCO (1996), qui s'appuient entre autres sur les travaux du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM), la France a élaboré un plan français de préservation du saumon qui a été validé en 2008. Ce plan doit détailler les mesures à prendre concernant les pêcheries, la protection et restauration de l'habitat et les actions de repeuplement.

Classé "en danger critique d'extinction" sur la liste rouge mondiale des espèces menacées de disparition, la situation critique de l'esturgeon européen a conduit le comité permanent de la convention de Berne à adopter un plan d'action européen pour sa conservation et sa restauration en 2007 (Rosenthal et al., 2007). Ce plan implique l'ensemble des pays signataires couvrant l'aire de répartition - historique et actuelle - de l'esturgeon européen, dont la France qui a élaboré un plan national d'actions en faveur de l'espèce pour 2010-2015 (DREAL, 2011). Au niveau européen, l'Allemagne s'est également doté d'un plan national pour cette espèce.

A l'échelle européenne, on notera également des plans de restauration pour l'alose, le saumon et l'houting dans le Rhin.

2.3) *Les acteurs de la gestion des PMA*

Pour mettre en place les mesures de gestion, différents acteurs interviennent avec des missions spécifiques permettant soit la conception des mesures, leur mise en œuvre (technique ou financière) ou leur évaluation. L'évolution de ces structures pour l'avenir des PMA semble également importante à prendre en compte dans une démarche prospective :

A l'échelle française on peut citer :

- **Les associations « migrants »** : suite au décret amphihalins de 1994 qui a décentralisé la gestion des PMA au niveau de chaque bassin fluvial et l'a confié aux COGEPOMI, les pêcheurs ont créé des structures pour répondre à cette nouvelle organisation afin de réaliser les opérations de gestion des PMA définies par ces COGEPOMI. Les associations « migrants » assurent la maîtrise d'ouvrage d'opérations prévues par les plans de gestion des PMA de la même façon que les Fédérations de Pêche et de protection du milieu aquatique sont en charge de la gestion des autres espèces dans le cadre des Plans Départementaux de Protection des milieux aquatiques et de Gestion des ressources piscicoles (PDPG) ;
- **L'Office national de l'eau et des milieux aquatiques** est un établissement public national relevant du service public de l'environnement. L'ONEMA a été créé par la loi

sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 et le décret d'application du 25 mars 2007. Sa création vise à favoriser une gestion globale et durable de la ressource en eau et des écosystèmes aquatiques. L'établissement étant financé pour l'essentiel par les agences de l'eau. Avant cela l'ONEMA était le CSP (Conseil supérieur de la pêche) établissement public financé à l'origine par la taxe piscicole (réglée par les pêcheurs lors de l'acquisition de leur carte de pêche), puis par des subventions d'équilibre croissantes d'année en année consenties par l'Etat. Dans le futur, cette structure va de nouveau évoluer et être incluse dans une agence pour la biodiversité ;

- **Les directions régionales de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement :** depuis 2007, les DREAL remplacent les Directions Régionales de l'Environnement (DIREN), les Directions Régionales de l'Équipement (DRE) et les Directions Régionales de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement (DRIRE), dont elles reprennent les missions hormis le développement industriel et la métrologie. Sous l'autorité du préfet de région, la DREAL assume des missions majoritairement dédiées à la mise en œuvre du Grenelle Environnement ;
- **Les associations ou Institutions représentant les pêcheurs** professionnels et amateurs (fédération de pêche, CNPME / niveau national et déclinaison en régions)
- **Les agences de l'eau :** la loi du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur *pollution* crée des établissements publics **chargé du développement durable**: les agences financières de bassin. Elles sont au nombre de 6 (<http://www.lesagencesdeleau.fr>). Les agences de l'eau mettent en œuvre, dans les sept bassins hydrographiques métropolitains, les objectifs et les dispositions des SDAGE en favorisant une gestion équilibrée et économe de la ressource en eau et des milieux aquatiques, l'alimentation en eau potable, la régulation des crues et le développement durable des activités économiques (article L213-8-1 Code de l'Environnement ; Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006 – article 82). Acteurs de la mise en œuvre de la politique publique de l'eau, organisée en France autour du principe de la gestion concertée par bassin versant, les agences de l'eau exercent leurs missions dans le cadre de programmes d'actions pluriannuels avec pour objectif final l'atteinte du bon état des eaux (directive cadre sur l'eau d'octobre 2000) ;
- **Les établissements publics territoriaux de bassins**, en charge de la coopération des collectivités territoriales qui interviennent dans l'aménagement et la gestion des fleuves et des grandes rivières ;
- **Les organismes de recherche** comme Irstea, l'INRA ou les universités ;
- **Les organisations non gouvernementales** de protection de la nature comme le WWF ;
- **Les acteurs locaux** (industriels, pêcheurs, agriculteurs, collectivités locales, citoyens etc.) ;
- **Les bureaux d'étude** intervenant dans le domaine de l'environnement.

Ces acteurs interagissent à différents niveaux, certains ont un rôle de financeurs (agence de l'eau, parfois l'ONEMA), de mise en place des mesures de gestion avec leur portée réglementaire (DREAL), d'exécution de ces mesures (ONEMA, associations « migrants »), d'évaluation de l'efficacité de ces mesures (ONEMA, associations « migrants », chercheurs, ONG, bureaux d'étude). Les acteurs locaux peuvent intervenir au moment de la mise en

place des mesures de gestion (aux COGEPOMI, par exemple) ou lors d'une consultation publique (tout citoyen en mairie). Avant, pendant ou après, les différents acteurs (notamment acteurs locaux, ONG) pouvant faire du lobbying pour faire évoluer certaines décisions.

Selon les régions, on peut noter que l'importance de certains acteurs et que les réseaux d'interactions peuvent être très différents : par exemple, associations « migrants » plus ou moins dynamiques, coordination avec les chercheurs effective ou pas.

2.4) *Cas particuliers des PMA d'outre-mer*

(Origine des informations ci-dessous : site ONEMA)

Les peuplements piscicoles d'eau douce des départements d'outre-mer sont majoritairement composés d'espèces de PMA (sauf les espèces introduites). Différentes des espèces de métropole, leur cycle biologique reste mal connu (Tabouret, 2012). Elles ne sont pas identifiées dans le Code de l'Environnement et ne bénéficient pas de l'ensemble des mesures nationales mises en œuvre pour la protection et la conservation des poissons amphihalins. Ces départements ne disposent actuellement pas de structure spécifique dédiée à la gestion des PMA ni de plan de gestion. Un travail d'actualisation de la liste des PMA et de réflexion sur la mise en place d'un système de gestion des poissons amphihalins dans ces départements est en cours afin de répondre aux orientations n°11 et n°12 de la STRANAPOMI.

Trente-sept espèces migratrices ont été identifiées dans les cours d'eau de Guadeloupe, de Martinique, de Mayotte et de la Réunion. Pour mémoire, en Europe de l'Ouest et en Amérique du Nord, on recense respectivement 14 à 15 espèces diadromes. En ce qui concerne la Guyane, seul département d'outre-mer français situé en milieu continental, parmi plus de 400 espèces piscicoles identifiées, 15 sont amphihalines. L'absence de fédération départementale de pêches en Guyane se traduit par un manque d'encadrement de l'activité et d'information sur son impact sur ces espèces.

L'état des lieux des connaissances actuelles sur les PMA dans les départements d'outre-mer, associé à l'expérience internationale de gestion des poissons amphihalins en milieu tropical, a permis de définir 6 mesures prioritaires réalisables pour élaborer des outils de gestion et de conservation de ces espèces tout en tenant compte du contexte socio-économique de chaque DOM et en concertation avec les différents acteurs :

- Transposer la liste des espèces de PMA indigènes des DOM dans le Code de l'Environnement ;
- Améliorer les connaissances sur ces espèces ;
- Evaluer l'impact des ouvrages ;
- Sensibiliser le grand public et former le personnel engagé dans la surveillance et la gestion des cours d'eau ;
- Améliorer les techniques de prélèvements, de transport et de traitement de l'eau prélevée ;
- Evaluer l'impact de la déforestation et de la dégradation des berges.

3) Prospective

Rappel historique sur la prise en compte des milieux aquatiques dans le droit français (Figure 2) :



Figure 2 : Evolution de la prise en compte des milieux aquatiques dans le droit français (© agence de l'eau RMC) (<http://www.eaurmc.fr/pedageau/la-gestion-de-leau-en-france/historique.html>)

Au vu de l'exercice de rétrospective réalisé ci-dessus, pour les 30 dernières années, on peut donc distinguer 3 périodes :

1980/1994

Les PMA font l'objet de recherche, de pêcheries, l'abondance de plusieurs espèces décline drastiquement (ex : interdiction de la pêche pour l'esturgeon européen en 1982).

Les instruments de gestion existant pour les milieux aquatiques sont très généraux et orientés sur les eaux douces : SDVP, contrat de rivière etc.

Les premiers projets LIFE Nature (1992) concernant les PMA sont mis en œuvre

1994/2004

Des outils spécifiques à la gestion des milieux aquatiques (SDAGE et SAGE en 1992) et à celle de PMA (COGEPOMI et PLAGEPOMI en 1994) sont mis en place

Dans le même temps, des associations « migrants » sont créées pour mettre en œuvre les mesures de gestion (1994)

D'autres projets LIFE sur les PMA sont mis en œuvre

2004/2014

Les instruments de gestion commencent à s'harmoniser : STRANAPOMI, SDAGE etc.

Les premiers plans d'action spécifiques à l'échelle européenne et française sont définis : anguille, esturgeon

Extension des sites Natura 2000 en mer

Toujours des projets LIFE sur les PMA

Début des connaissances et des propositions de mise en place d'instruments de gestion pour les PMA dans les territoires outre-mer

On remarquera que les mesures de gestion spécifiques aux PMA sont apparues dans les années 90, plusieurs années après les observations du déclin des abondances de ces espèces (pour celles exploitées). Les plans nationaux de gestion voire de restauration des espèces les plus menacées ne sont mis en place qu'à partir de 2007. La mise en place des instruments

peut donc sembler assez longue mais il semble que l'organisation s'améliore avec le temps. En effet, au niveau français, il y a de nombreux instruments de gestion qui peuvent concerner les PMA, au départ ils n'étaient pas forcément bien articulés entre eux mais visiblement des projets d'articulation semblent être mis en œuvre ces dernières années, notamment depuis 2010, concernant les projets d'harmonisation SDAGE, PLAGEPOMI, et STRANAPOMI.

D'après des travaux récents, un intérêt particulier pour les territoires d'outre-mer commence à émerger avec la rédaction de synthèse des connaissances sur ces espèces et de proposition de gestion car tout est à faire et la diversité des PMA en outre-mer pourrait constituer un enjeu important pour le maintien de la biodiversité au niveau national.

Depuis le début de la mise en place des instruments de gestion spécifiques, les mesures semblent concerner essentiellement des espèces d'intérêt halieutique historique à forte valeur ajoutée ou toujours d'actualité. Quid des autres espèces de PMA qui pour l'instant ne font pas l'objet de gestion particulière ? Est-ce qu'elles sont peu connues ? Est-ce que leur niveau d'abondance n'est pas alarmant ? Sont-elles exploitées ? Ce constat est vrai pour certaines espèces en France (flet, mulot, éperlan) et pour toutes les espèces d'outre-mer. Il semble qu'encore actuellement les PMA soient associés à un intérêt halieutique, la considération des PMA sous l'angle du maintien de la biodiversité est relativement récente. Les interactions entre chercheurs/gestionnaires et leurs missions respectives seraient un point à creuser avec la mise en place de suivis scientifiques en partenariat avec les acteurs locaux.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : « make a wish »

Les instruments de gestion dédiés aux PMA sont harmonisés avec les instruments de gestion et de préservation de la qualité des milieux aquatiques (e.g. la STRANAPOMI est bien intégrée dans les SDAGE) dans une optique de conservation de la biodiversité et de développement durable des activités humaines (e.g. l'intégration de l'ONEMA dans une future Agence Française de la Biodiversité (AFB) est un succès). L'efficacité des mesures de gestion est évaluée de manière indépendante et prévue dès la conception, l'articulation entre les différents acteurs étant facilitée. En outre-mer, une structure équivalente au COGEPOMI est mise en place afin d'intégrer la présence des PMA, atout fort de la biodiversité locale, à la gestion locale des milieux aquatiques.

Tendance dominante : conservation de la biodiversité, les PMA étant partie intégrante de la démarche en tant qu'indicateurs de la qualité des milieux aquatiques au sens large de par leur caractère migratoire entre les eaux douces et les océans et leurs exigences écologiques (qualité des habitats, connectivité, etc.).

Hypothèse 2 : la « tortue attitude »

L'harmonisation des instruments de gestion est difficile à mettre en place (l'articulation entre STRANAPOMI et SDAGE est complexe, la mise en place de mesures compensatoires se généralise), l'intérêt des PMA est noyé dans l'intérêt global pour la biodiversité des milieux aquatiques (l'intégration de l'ONEMA dans l'AFB dilue l'intérêt porté aux PMA). Des mesures positives pour certaines espèces ou certains habitats sont néfastes pour d'autres et la prise de décision est difficile dans la plupart des bassins versants. Les instruments de gestion en

outré-mer ne sont pas mis en place et on assiste à une érosion importante de la biodiversité des PMA avant même de savoir ce que l'on perd. Seules les espèces majeures, dites emblématiques d'un point de vue halieutique ou historique selon les régions, bénéficient de mesures adéquates ou d'un répit.

Tendance dominante : les gestionnaires essaient de contenter les différents acteurs avec le jeu du compromis et des mesures compensatoires. Par exemple, un consensus pourra être obtenu sur une espèce emblématique comme le saumon mais s'il s'agit du flet ... c'est quoi ça déjà le flet ? La biodiversité n'est pas oubliée dans les mesures de gestion mais les PMA ne deviennent qu'une métrique de la biodiversité de façon globale et pas spécifique (on conserve une ou deux espèces mais pas « besoin » de toutes).

Hypothèse 3 : « Godzilla »

Les instruments de gestion sont en perte de vitesse, les priorités sociétales sont dictées par des besoins énergétiques, alimentaires et sanitaires face à l'accroissement de la population et au changement climatique. Les SDAGE se maintiennent en s'orientant sur les aspects sanitaires (e.g. qualité de l'eau pour assurer l'eau potable et la production énergétique), la STRANAPOMI devient une relique. Localement, les PMA peuvent être exploités pour la consommation humaine quel que soit leur statut antérieur. Les PMA s'adapteront ou pas.

Tendance dominante : gestion de crise, la survie, pas de « superflu », les aspects biodiversité ne font plus partie des discussions. La qualité intrinsèque de l'eau reste une priorité car elle peut être vectrice de maladie.

Hypothèse 4 : « Jurassic parc »

La biodiversité et les PMA sont importants pour la Société mais avec les mesures de gestion classiques, il n'est pas possible de limiter l'érosion de la biodiversité en Europe et on assiste à des extinctions progressives. Pour pallier à cela, dans un contexte de changement climatique, les ONG exercent des pressions sur les gouvernements pour que des espèces exogènes soient importées et acclimatées en Europe (translocations d'espèces), quelques scientifiques s'orientant par ailleurs vers la mise au point de « chimères » à partir d'échantillons d'ADN conservés. On assiste à une refonte du modèle de gestion actuel.

Tendance dominante : mise en place de nouveaux acteurs et de nouveaux paradigmes dans une Société en pleine mutation, refonte totale des instruments de gestion qui ont échoué.

5) Poursuite du travail

- Décrire l'évolution de la nature des interventions ? alevinage, communication, protection des habitats, mesures compensatoires ... ;
- Renseigner ce qui a conduit à mettre en place les SDAGE, les COGEPOMI, pourquoi la loi Barnier ? Rappeler les conséquences imposées par le découpage administratif (voir également fiche réglementation V1.2) ;
- Mettre en dynamique des jeux d'acteurs et des objectifs dominants ;
- Identifier les objectifs de la gestion des PMA pour chaque dispositif? Travail à faire avec les acteurs qui mettent en place les dispositifs.

6) Références

Adam, G. 2013. Poissons migrateurs, Réglementation et Gestion. Enseignements Master 2 BEC.

Barthélémy C., Menozzi M.J., Pellegrini P., 2009 Socio-natural dynamics of COGEPOMI plans for diadromous-fish management on the Garonne and Seine rivers. Sciences eaux et territoires n°3-bis

Duhamel, S., Gouneau, N., Lefrançois, T., Mayot, S., Hanin, C., Feunteun, E., 2006. Le peuplement ichtyologique de l'estuaire amont de la Seine: étude spatio-temporelle dans les milieux profonds, Programme Seine-Aval / Thème I, Rouen, 37 pp.

DREAL Aquitaine. 2011. Plan national d'actions en faveur de l'esturgeon européen *Acipenser sturio* 2011-2015. 69.

Elie, P. 1997. Restauration de l'esturgeon européen *Acipenser sturio*. Contrat LIFE, rapport final du programme d'exécution. Bordeaux: Cemagref de Bordeaux.

Lelièvre M., 2010. Gestion et poissons « grands » migrateurs : quelle place pour le PDPG ? FDPPMA 03, présentation journées nationales d'échange technique. Fédération National Pêche.

NASCO. 1996. The Atlantic salmon as the predator and the prey. Report of the special session of the Council. Publication CNI (96) 59. North Atlantic Salmon Conservation Organisation.

Rochard, E. 2002. Restauration de l'esturgeon européen *Acipenser sturio*. Rapport scientifique contrat LIFE n°B-3200/98/460. 224. Etude Cemagref n°80, groupement de Bordeaux.

Rosenthal, H., P. Bronzi, J. Gessner, D. Moreau, E. Rochard & C. Lasen. 2007. Draft action plan for the conservation and restoration of the European sturgeon (*Acipenser sturio*). 47. Strasbourg: Council of Europe, Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats.

STRANAPOMI, 2011. Les poissons migrateurs amphihalins, les grandes orientations de la stratégie nationale de gestion. Ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, 26p.

Rapport "*Les poissons migrateurs amphihalins des départements d'Outremer : état des lieux - Synthèse générale sur les DOM insulaires*" du partenariat MNHN et ONEMA 2011.

Rapport "*Les poissons migrateurs amphihalins des départements d'Outremer : état des lieux. Partie 1 : Synthèse générale sur la Guyane*" du partenariat MNHN, ONEMA 2012.

Rapport "*Les poissons migrateurs amphihalins des départements d'Outremer : état des lieux. Partie 2 : Quels outils de gestion ? Expérience internationale et propositions*".

1.2. Règlementation aux échelles européennes et françaises qui concernent les PMA, directement ou indirectement (V1.2)

Composante : **Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)**
Rédacteur : Françoise Daverat
Mise à jour : 10 septembre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) Définition de la variable

Cadre réglementaire portant toutes mesures de protection des PMA, soit spécifiquement (plan de restauration, gestion de la pêche), soit plus largement (plan de restauration multi-spécifique, protection des habitats). Les réglementations qui concernent directement ou indirectement les PMA sont de trois natures :

- Des règlements concernant l'exploitation par la pêche des PMA;
- Des règlements portant sur la qualité du milieu (bon état écologique, continuité écologique) ;
- Des règlements portant sur la sécurité alimentaire.

1.2) Indicateurs de la variable

Nature des lois, cadre d'application (national, international, européen)

2) Rétrospective

Les principales conventions ciblant des espèces sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Principales convention ciblant les PMA

Conventions et directives	Lieu	Date	Abréviation
Convention relative aux zones humides d'importance internationale	Ramsar	1971	Ramsar
Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction	Washington	1975	CITES
Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe	Berne	1979	Berne
Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage	Bonn	1979	CMS
Convention sur la diversité biologique	Rio	1992	CBD
Directive européenne pour la conservation des habitats naturels, de la faune et de la flore sauvage	Bruxelles	1992	HFF
Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord Est	Paris	1992	OSPAR

La CITES

L'esturgeon est dans l'annexe I de la convention et l'anguille dans l'annexe II. Décliné dans un texte de loi Européen EU : Commission Reg. (EU) No 750/2013 of 29 July 2013

Cadre européen

La directive cadre sur l'eau 2000-2003, est déclinée dans chaque pays par des River Basin Management Plans, soit les SDAGE en France (gestion par grand bassin versant) et concerne indirectement les PMA en donnant une obligation d'atteinte du « bon état écologique » des habitats des PMA (voir fiche sur qualité de l'environnement V1.5).

Cadre national

Réglementations liées à la protection de la biodiversité, espèces dont le statut menacé est reconnu

- Le Code de l'Environnement (articles L.411-1 et L.411-2)

La France a pour objectif, comme d'autres pays de par le monde, de préserver les espèces animales et végétales présentes sur la planète, et en particulier celles occupant son territoire. Elle s'est ainsi dotée d'une réglementation permettant la protection de la faune et de la flore menacée à travers les articles L.411-1 et L.411-2 du Code de l'Environnement. Par cette réglementation, la France veut assurer le maintien de ces espèces ou leur rétablissement dans un état de conservation favorable. Les articles précités du Code de l'Environnement présentent un dispositif de protection stricte des espèces menacées dont les listes sont fixées par arrêtés interministériels. Ce dispositif consiste en une série d'interdictions d'activités ou d'opérations qui peuvent porter atteinte à ces espèces. Cependant, il est possible de demander une dérogation à cette protection stricte des espèces, sous réserve de respecter les conditions fixées à l'alinéa 4 de l'article L.411-2 du Code de l'Environnement. Elle peut être accordée notamment à condition qu'il n'existe pas d'autres solutions satisfaisantes, et si la dérogation ne remet pas en cause le maintien des espèces concernées dans un bon état de conservation. L'état de conservation d'espèces menacées inscrites dans les arrêtés ministériels nécessite parfois en plus de la protection de ces espèces par la réglementation, des actions spécifiques, notamment volontaires, pour restaurer leurs populations et leurs habitats. Les plans nationaux d'actions ont été mis en place pour répondre à ce besoin.

- Les articles 23 de la loi Grenelle I et 129 de la loi Grenelle

Ils constituent une reconnaissance législative des conclusions du Grenelle Environnement quant à la protection des espèces menacées en France. L'article 23 de la loi Grenelle I fixe l'objectif de mettre en place des plans de conservation ou de restauration compatibles avec les activités humaines d'ici à 2013. Ces plans doivent protéger les espèces végétales et animales en danger critique d'extinction dans le monde, et pour lesquelles la France a une responsabilité patrimoniale. En 2007, 131 espèces devant faire l'objet d'un plan national d'action ont été listées par cet article. L'article 129 de la loi Grenelle II est rédigé comme suit : « Des plans nationaux

d'actions pour la conservation ou le rétablissement des espèces visées aux articles L. 411-1 et L. 411-2 ainsi que des espèces d'insectes pollinisateurs sont élaborés et, après consultation du public, mis en œuvre sur la base des données des instituts scientifiques compétents lorsque la situation biologique de ces espèces le justifie. » Il précise, en outre, que ces plans doivent tenir compte des « exigences économiques, sociales et culturelles ».

- Continuité écologique : les Articles L.432-5 à L.432-8 du Code de l'Environnement

Ces articles obligent légalement les propriétaires d'ouvrages hydrauliques à assurer la continuité du passage pour les espèces migratrices, ainsi qu'à assurer des débits minimums (les débits réservés). Ce même code fixe les sanctions financières en cas de non-respect de la loi.

- PLAGEPOMI (articles R. 436-45 à R. 436-54 du Code de l'Environnement)

Les modalités de gestion des PMA sont définies dans un plan de gestion des PMA (PLAGEPOMI), arrêté par le Préfet de Région, Président du COGEPOMI. Ce plan définit pour 5 ans les mesures utiles à la reproduction, au développement, à la conservation et à la circulation des espèces, les plans de soutien d'effectifs ainsi que les conditions d'exercice de la pêche (périodes et autorisations). Cette gestion est définie par le décret du 16 février 1994 qui institue les Comités de Gestion des Poissons Migrateurs (COGEPOMI) (Figure 3). Ces comités ont compétence pour proposer les mesures relatives à l'exploitation des PMA, là où elle existe. Ses membres sont nommés pour 5 ans par le préfet coordonnateur de bassin, président, et représentent les collectivités territoriales, l'administration gestionnaire et les différentes catégories de pêcheurs, usagers, concessionnaires et propriétaires concernés ainsi que des scientifiques.

Principalement, trois espèces sont l'objet d'une réglementation spécifique, que ce soit pour le commerce, la pêche, et la conservation : le saumon, l'anguille, et l'esturgeon.

- Le saumon atlantique est géré et protégé par une convention établie sous l'égide de la North Atlantic Salmon Conservation Organization (NASCO). A l'échelle européenne, le saumon fait l'objet de mesures émanant de la convention OSPAR.
- Le règlement européen du 18 septembre 2007 institue des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes. Les ministères en charge de l'écologie et de la pêche en eaux douces et en eaux marines ont, pendant plus d'un an, travaillé ensemble avec les usagers de l'eau pour mettre en place un plan de gestion national visant à reconstituer le stock d'anguilles à l'échelle nationale. Ce plan a été remis à la Commission européenne qui l'a approuvé par une décision du 15 février 2010 il comporte des mesures sur les différents facteurs de mortalités anthropiques. En application du règlement européen, un premier rapport de mise en œuvre a été transmis par la France à la Commission européenne.
- L'esturgeon est protégé par la convention de Bonn, la convention de Berne et il est listé en rouge (Annexe I) dans l'IUCN, il fait l'objet d'un Plan national d'actions en

faveur de l'esturgeon européen (*Acipenser sturio*) 2011-2015 (sous l'égide du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie)

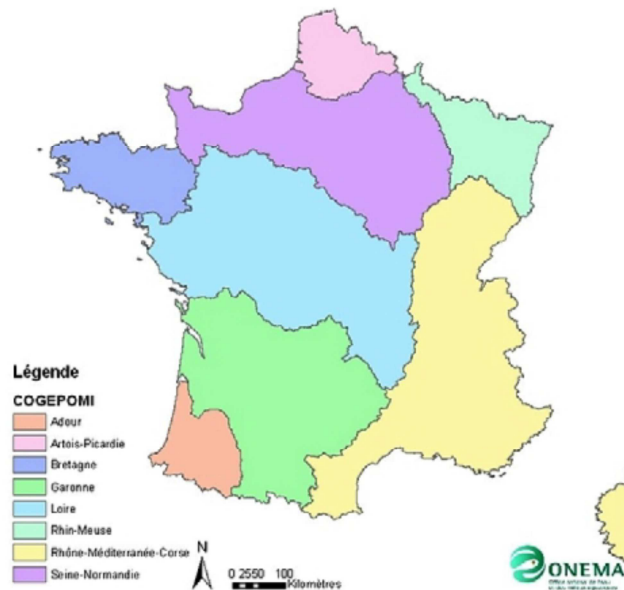


Figure 3 : Carte des COGEPOMI en France

Sécurité alimentaire exemple des Arrêtés préfectoraux pris sur avis de l'ANSES dans le cadre du plan national PCB :

Depuis 2008, la prise en compte réglementaire de la contamination par les PCB s'est étendue : plusieurs dizaines d'arrêtés préfectoraux supplémentaires ont interdit ou limité la pêche ou la consommation des poissons sur de nouveaux cours d'eau. L'heure est au cloisonnement en fonction de l'espèce, de la taille et du cours d'eau concerné. (Arrêtés préfectoraux, et parfois un manque réel de cohérence régionale et biologique).

3) Prospective

Tendance lourde pour l'évolution de la réglementation portant directement ou indirectement sur les PMA :

D'une manière générale, comme les PMA vont devenir plus un patrimoine qu'une ressource, les réglementations qui les concernent vont plus relever de l'approche biodiversité et protection des biens et services écosystémiques que de l'halieutique.

National :

- Mise à jour la loi sur la protection de la nature de 1976 et le Code de l'Environnement sur les questions de diversité biologique.
- Création de l'agence de la biodiversité dont le statut, les missions et moyens seront cadrés par une loi sur la biodiversité. Elle doit donner plus de cohérence et de dynamisme à la préservation des espèces sauvages et des milieux naturels. Notamment il y aura une extension des mesures réglementaires sur de plus nombreuses espèces que précédemment notamment pour les territoires et départements outre-mer.

- La trame verte et bleue deviendra une réglementation importante, avec bientôt les décrets d'application : La loi n°2009-967 du 3 août 2009 de mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement dite "Loi Grenelle I" instaure dans le droit français la création de la Trame verte et bleue, d'ici à 2012, impliquant l'État, les collectivités territoriales et les parties concernées sur une base contractuelle. La loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite "Loi Grenelle II", propose et précise ce projet parmi un ensemble de mesures destinées à préserver la diversité du vivant. Elle prévoit notamment l'élaboration d'orientations nationales pour la préservation et la remise en bon état des continuités écologiques, ces dernières devant être prises en compte par les schémas régionaux de cohérence écologique co-élaborés par les régions et l'État. Les documents de planification et projets relevant du niveau national, notamment les grandes infrastructures linéaires de l'État et de ses établissements publics, devront être compatibles avec ces orientations. Les documents de planification et projets des collectivités territoriales et de l'État devront prendre en compte les schémas régionaux.
- Concernant la sécurité alimentaire, de nouvelles mesures de protection des consommateurs (interdictions de consommation, de pêche) vont s'étendre, alors que des contrôles sur de nouveaux territoires vont s'effectuer, après des lancements d'alerte (ex : risques alimentaires portant sur le mercure et la lamproie, les aloses etc.).

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : Réglementations sur listes des espèces spécifiques

La réglementation cible explicitement quelques espèces, considérant que les changements de pratique induits profiteront à l'ensemble de l'écosystème. Les PMA par la valeur économique et patrimoniale sont de plus en plus inclus.

Hypothèse 2 : Réglementations portant sur la biodiversité, centrées plutôt sur l'habitat, le milieu (ex des trames vertes et bleues)

L'approche retenue par le législateur se focalise sur la limitation de l'érosion de la biodiversité en insistant sur la protection, la restauration de l'habitat et du milieu. Les PMA sont noyés au même titre que les listes d'espèces dans les décrets d'application.

Hypothèse 3 : Réglementations dictées par les activités humaines

Ce sont clairement les usages qui orientent la réglementation des grés des rapports de force entre les lobbies. On voit souvent le secteur de la pêche des PMA s'opposer aux protecteurs de l'environnement.

Hypothèse 4 : Hétérogénéité des règlements face à la diversité des situations locales

Un foisonnement des règlements voit le jour en réponse à la diversité des situations régionales. Des solutions pour le PMA sont apportées aux problèmes locaux mais souffrent d'incohérences aux échelles spatiales supérieures limitant les effets positifs sur le long terme.

1.3. Outils de constat ou de diagnostic sur l'état des espèces (V1.3)

Composante	: Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
Rédacteur	: Christian Rigaud
Mise à jour	: 22 septembre 2014

1) Variable et principaux facteurs structurants

1.1) Définition de la variable

Quelle que soit son échelle de travail (international, national, régional, local), le « gestionnaire » concerné par la phase continentale d'une espèce de PMA souhaite disposer de constats quant à l'état de cette espèce. Lorsqu'il les possède, des éléments de référence (valeurs théoriques, valeurs anciennes, comparaison avec d'autres sites, etc.) lui sont indispensables pour porter un jugement.

En cas de jugement défavorable, l'étape suivante peut consister à établir un diagnostic (rechercher l'origine du problème). En l'absence de pressions, le niveau et la qualité de la production biologique arrivant en mer (futurs géniteurs pour les catadromes ou juvéniles pour les anadromes) en sortie de bassin sont en rapport avec le flux entrant initial et avec le potentiel naturel du bassin.

L'une des options de gestion peut donc consister à rechercher les pressions les plus impactantes (quantifications directes, évaluations à dire d'expert, extrapolations à partir de cas étudiés), cette étape contribuant à l'élaboration de plans pertinents d'intervention pour améliorer la situation, se rapprocher de la situation « naturelle » et conserver durablement l'espèce.

1.2) Quelques facteurs structurants

Un certain nombre de facteurs majeurs influent sur les types de constat, de jugement et/ou de diagnostic effectué(s) et donc sur les méthodes qui sont ou seront utilisées :

- L'échelle concernée, du local à l'international, les niveaux de précision dans les observations et les objectifs sont fort différents tout en étant *a priori* complémentaires,
- Le caractère plus ou moins plurispécifique de la question posée. A la dominance de la seule problématique saumon des années 70 succède progressivement un regard plus large englobant selon les bassins, tout ou partie des autres PMA (*anguille, aloses, lamproies, flets, mulets, éperlans, voire esturgeon*),
- Le contexte de multi-usages auquel se trouve confrontée toute application d'un plan d'actions ciblant une espèce ou un groupe d'espèces de PMA, la manière d'intégrer cette facette environnementale particulière étant susceptible d'évoluer dans les années à venir (voir fiche V2.4),
- L'implication plus ou moins importante de la communauté de recherche pour travailler non seulement sur les approches disciplinaires classiques, mais aussi sur la conception et la validation d'outils et de méthodes de diagnostic et de remédiation.

2) Etat de la question et principales tendances observées

2.1) Nature des données traitées

La phase de constat sur l'état d'une espèce, voire d'un stade biologique est bien sûr importante et peut concerner une grande variété de données avec des éléments de nature « quantitative » (abondance, indices d'abondance, voire seulement des données de présence-absence) et/ou qualitative (sexe-ratio, état sanitaire, niveau de contamination et/ou bio-marqueurs, caractères génétiques,...) (Tableau 3).

Tableau 3 : Nature de l'information utilisée pour évaluer la situation d'une population de PMA

	Sources d'informations	Observations
<p>Présence/Absence de l'espèce (Shea et Mangel, 2001, ; Rhodes et al., 2006)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Réseaux participatifs et réseaux de surveillance des pêcheries ○ Inventaires spécifiques ou pas ○ Observations aux ouvrages (passes) ○ Consultation d'archives 	<ul style="list-style-type: none"> • % des BV avec présence, évolution historique • Limites spatiales de présence dans chaque BV, évolution historique
<p>Indices d'abondance (Prévoist et Nihouarn, 1999 ; Chanseau et al., 2005)</p>	<p>Observation normalisée sur un stade biologique donné (<i>réseau d'inventaires, comptage aux passes, comptage sur frayères, CPUE,.....</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Intérêt sur une durée longue pour observer la tendance générale d'évolution relative en prenant garde au maintien du protocole mis en œuvre
<p>Bilan entrée-sortie à l'échelle d'un BV, d'un sous bassin, voire d'un tronçon (NASCO, 1995)</p>	<p>Comptages exhaustifs, indices ou évaluations standardisés pour mettre en perspective un flux d'entrée (<i>géniteurs ou juvéniles</i>) et de sortie</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Double suivi visant à observer le niveau de fonctionnalité du territoire considéré • Démarche originale pouvant s'intéresser à des stades non visualisés par la pêche ou par les inventaires classiques
<p>Qualité des individus présents (Flammarion et al., 2000 ; Amiard et al., 2008 ; Elie et Girard, 2014 ; Alexandrino et al., 2000)</p>	<p>Echantillonnages divers (<i>pêcheries, inventaires, stations de comptage,.....</i>)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analyses génétiques • Marqueurs biochimiques de contamination chimique (contact et/ou dommage) • Age (<i>dont mer</i>) et croissance (<i>taille/poids</i>) • Etat sanitaire (<i>parasites, contaminations</i>) • Sex-ratio sur les sub-adultes et adultes • Potentiel reproducteur (<i>état des gonades, réponse aux stimuli,.....</i>) • Microchimie. Repérage du BV d'origine sur les géniteurs

Quelques commentaires généraux peuvent être formulés à ce propos :

- derrière toutes ces données se profile le besoin de méthodes normalisées de recueil de l'information et d'analyse de cette information. Cet aspect est essentiel pour pouvoir effectuer des analyses pertinentes entre bassins et/ou entre périodes
- les données issues du suivi de pêcheries sont bien sûr liées à la pérennité et/ou à la gestion (*quotas notamment*) de ces activités dans un territoire donné. Devant l'évolution souvent difficile des pêcheries, on constate de plus en plus la recherche d'autres sources d'information pour garantir des séries chronologiques significatives et homogènes,
- les données quantitatives sont de plus en plus nombreuses et sont issues de différentes actions mises en œuvre le plus souvent sans réelle coordination par différentes structures (ONEMA (*réseau national*), Associations « migrants » (*échelle bassin*), Fédérations de pêche (*échelle département*), bureaux d'études et équipes scientifiques (*dans le cadre de programmes ou d'études sur quelques mois ou années*),
- les démarches basées sur la seule occurrence, moins gourmandes en temps, se développent de plus en plus sur de nombreuses espèces et commencent à voir le jour pour certains amphihalins,
- même si on assiste actuellement à une petite montée en puissance des constats qualitatifs sur les stades continentaux des différentes espèces (*état sanitaire, niveaux de contamination*), cette approche reste encore faiblement développée dans le cadre des réseaux d'observation, un certain nombre d'indices étant encore au stade de la mise au point (*marqueurs biochimiques, potentiel reproducteur, indice sanitaire*)
- pour les PMA, l'intérêt d'un bilan entrée / sortie d'un système (*échelle bassin, sous-bassin, tronçon,...*) se fait nettement sentir. Il permet en effet d'effectuer une évaluation du niveau de fonctionnalité de la zone observée vis-à-vis d'une espèce. Malgré tout son intérêt, cette double observation entrée/sortie est rarement mise en œuvre hormis sur quelques petits bassins versants bretons ou normands pour le saumon atlantique et l'anguille.

2.2) Niveau actuel de prise en compte des pressions d'origine humaine

Dans une démarche de gestion « naturelle » de ces systèmes continentaux, le gestionnaire doit repérer les pressions les plus impactantes sur son territoire. Cela passe tout d'abord par un inventaire spatialisé des différentes pressions, puis dans un second temps par une évaluation des niveaux d'impact sur les PMA (*quantifications directes, évaluations à dire d'expert, extrapolations à partir de cas étudiés*), cette étape devant lui permettre au final de concevoir des plans pertinents d'action visant à minimiser ces impacts pour conserver durablement l'espèce (Tableau 4).

Tableau 4 : Nature de l'information utilisée pour évaluer les pressions anthropique sur d'une population de PMA

	Éléments d'informations	Observations
Etat des pressions d'origine humaine	<ul style="list-style-type: none"> ○ Prélèvement eau (<i>quantité, périodes, fréquence</i>) ○ Obstacles (<i>répartition, transparence</i>) : <i>barrages et turbines</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ● Analyse spatialisée et par phase

<p>(recherche de l'origine des éventuels dysfonctionnements observés)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Frayères (localisation, état, niveau d'utilisation, survie des œufs, larves et alevins) ○ Contexte hydrologique annuel (Chroniques de débit, températures, mises en assec, éclusées,...) ○ Cartographie de la qualité de l'eau et des habitats ○ Pêcheries (intensité, localisation) ○ Réseau d'analyse de la contamination de certaines espèces (PCB, métaux lourds,...) 	<p>biologique pour identifier la zone, la phase ou la pression la plus concernée par le dysfonctionnement</p>
---------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

En complément de la phase de description des pressions exercées et de leur répartition spatiale, la phase de diagnostic doit disposer d'éléments sur l'impact effectif de ces pressions.

Or, les travaux de recherche alimentant cette thématique sont assez rares. Ils concernent les évaluations d'impacts de turbines (Baran et Basilico, 2011 ; Bau et al., 2012), de certaines pêcheries (Adam et al., 2008) ou de certaines stratégies d'alevinage chez les salmonidés.

La quantification des impacts fait donc majoritairement défaut actuellement. Ainsi par exemple (*liste non exhaustive*), le lien entre un niveau de contamination chimique et le potentiel de survie et de reproduction d'un individu, l'impact de l'assèchement de zones humides ou de la modification volontaire du débit printanier sur un axe migratoire, le niveau de mortalité par prédation induit par la présence d'un obstacle sont autant d'éléments qui sont globalement non-quantifiés actuellement.

2.3) La question de l'échelle de gestion

Sur le plan réglementaire européen avec sa traduction en droit national, on assiste depuis une trentaine d'années à une multiplication de directives et de textes à vocation environnementale (Directive-cadre sur l'eau avec son objectif de bon état écologique et la mise en place de démarches par bassin versant, Directive Habitats, Directive sur la Responsabilité des usagers surtout utilisée actuellement dans les contextes de pollutions accidentelles avec des réflexions engagées sur la manière d'évaluer les préjudices (Courtoisier et al., 2014)).

Ceci étant, la CE et l'État rédigent d'autres directives sectorielles, parfois contradictoires avec les précédentes (*exemple de la directive Energie avec son volet hydraulique*). Enfin, au niveau au moins national, une tendance se fait jour de spatialisation de la gestion environnementale. Classement des cours d'eau au titre de la libre circulation, statut Natura ou pas, statut de corridor biologique ou pas, création de réserves naturelles...

En écho à cette évolution réglementaire visant la protection de l'eau et des milieux aquatiques, on assiste à l'émergence de programmes internationaux déclinés par espèce et s'appuyant sur des analyses et des modèles à grande échelle. Ils amènent une meilleure cohérence à la fois dans la définition à la fois des objectifs à atteindre et de la manière de le faire (*types de mesures, échéanciers,...*).

Pour les populations de PMA très liées à leurs bassins versants, leur prise en considération face aux autres usages de l'eau ainsi que la manière de les gérer peuvent être très disparates en l'absence de ce type de plan général à grande échelle. Pour une espèce panmictique comme l'anguille, cette large échelle de travail se justifie par la nécessité de bien coordonner les efforts de gestion pour avoir une chance d'être efficace.

Cependant, les actions concrètes de gestion en phase continentale se déclinent au final au sein de chaque bassin, à l'échelle de la rivière, de l'estuaire, de la zone humide, de l'ouvrage ou de l'habitat, le bilan final à grande échelle résultant de la somme de toutes ces actions locales.

Or chaque bassin versant est singulier en termes de positionnement, de caractéristiques naturelles, d'aménagements et d'usages avec de plus, un niveau d'hétérogénéité parfois significatif entre les sous-bassins qui le composent. Idéalement, la gestion continentale d'une espèce à l'échelle d'un bassin devrait donc reposer sur des éléments spatialisés pour constater et diagnostiquer avec des outils et des méthodes adaptés à cette échelle de travail.

La manière d'associer le niveau général qui fixe des objectifs voire des types de méthodes et de stratégies à mettre en œuvre et les niveaux locaux qui développent les actions concrètes adaptées à la diversité des situations (environnement naturel *aménagement* usages) a bien sûr une importance très significative dans l'efficacité, l'acceptabilité et la durabilité des mesures prises. Elle influe aussi beaucoup sur les méthodes et outils utilisés pour établir les diagnostics et pour suivre l'évolution des systèmes.

Ainsi, pour les trois espèces faisant actuellement l'objet de plans internationaux, on remarque, pour leurs phases continentales, des associations très différentes entre les échelles de travail.

Dans le cas de l'esturgeon européen, une équipe scientifique et technique resserrée anime et assume la démarche de suivi et de restauration engagée, le nombre de bassins versants et d'acteurs impliqués étant encore très réduit pour le moment du fait l'état critique de l'espèce.

Pour le saumon atlantique à fort niveau de fidélité à son bassin d'origine, le plan international NASCO s'appuie fortement sur la dimension locale (*bassin versant*) de la gestion, mais en encadrant les méthodes de diagnostic (*bilan entrée-sortie, confrontation à un potentiel*) pour déboucher sur des décisions locales en termes d'exploitation par pêche et de gestion des habitats.

Enfin, pour l'anguille européenne, l'échelon européen assure clairement la fixation d'objectifs quantifiés de survie entre civelles et argentées et d'échappement de géniteurs. Il a instauré au travers d'un groupe scientifique expert, la définition de méthodes d'évaluation de la situation à grande échelle (*tendance générale de recrutement, stock et échappement au sein de chaque état partenaire*) avec utilisation de modèles. En ce qui concerne les actions concrètes de gestion, en France, les modalités de pêche aux différents stades ont été décidées au niveau national, seul le choix des lieux de transfert de civelles et des axes prioritaires pour la libre circulation étant sous responsabilité « régionale et locale »

(COGEPOMI). La cohérence globale de la démarche est indéniable, mais on assiste aussi à une certaine dé-responsabilisation des acteurs locaux, avec un risque de remise en cause de la pertinence des diagnostics fournis par les échelons supérieurs ne prenant pas ou peu en compte les spécificités des bassins versants, ce qui peut au final influencer sur la durabilité et l'efficacité des actions.

2.4) PMA et gestion multi-usages du territoire

Aujourd'hui, le contexte international de gestion et de recherche se justifie par la dimension des aires de répartition des amphihalins et par leur statut plus ou moins précaire au vu des expertises du CIEM (*Conseil international pour l'exploration de la mer*), de la CECPAI (*Commission européenne consultative pour les pêches et l'aquaculture intérieures*) ou de l'IUCN (*Union Internationale pour la Conservation de la Nature*).

Dans ces démarches, ces espèces à l'éco-biologie singulière (McDowall, 2003) et occupant une place particulière au sein de la biodiversité aquatique, ne sont plus seulement considérées comme des ressources actuelles ou potentielles, mais comme un patrimoine biologique avec une dimension de bio-indication de l'état et du fonctionnement des milieux qu'elles utilisent (Limburg et Waldman, 2009).

Des plans internationaux spécifiques ont ainsi vu le jour, mais leur mise en application, notamment pour les phases continentales, se confronte toujours à la gestion multi-usages des territoires (Challeat et Lavarde, 2014) avec une très grande diversité d'acteurs impliqués. Le même constat a d'ailleurs été fait dans le cadre de la stratégie pour la gestion de la biodiversité (<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Presentation-generale-de-la,23451.html>).

Pour tout ce qui relève de la qualité des milieux continentaux de vie des PMA, l'entrée par le territoire (*approche systémique*) semble donc se justifier avec un regard plurispécifique dans l'analyse des linéaires, des ouvrages ou des habitats et une nécessaire prise en compte des usages et du fonctionnement général du système local.

Quelle que soit l'échelle de gestion concernée, du bassin voire du sous bassin (avec un grand nombre d'acteurs et usagers du territoire) aux échelles nationale (bilan entre régions, bassins hydrographiques ou COGEPOMI) ou internationale (bilan entre états partenaires), le même problème est posé en termes de modalités d'échange, d'analyse et de partage des informations disponibles.

La diversité des données à traiter ainsi que le regard propre à chaque acteur en fonction de son secteur de compétence et des données auxquelles il a accès, renforce donc l'intérêt des tableaux de bord (TdB) à la fois comme outil d'aide à la décision et comme vecteur de communication.

Un certain nombre de fonctions peuvent être rattachées au TdB :

- Faciliter et améliorer la gestion du système en organisant l'information à travers d'indicateurs synthétiques et lisibles avec une meilleure prise en compte des acteurs et des savoirs de chacun ;
- Aboutir à une vision partagée de la situation d'une espèce ou d'un groupe d'espèces ;

- Actualiser régulièrement l'état du système pour permettre un pilotage proactif ;
- Mettre en évidence les thématiques où le manque de données est ressenti comme étant problématique ;
- Suivre la mise en œuvre des actions décidées et évaluer leurs retombées.

L'une des méthodes d'élaboration d'un TdB est celle proposée par Harwell et al. (1999). Elle s'organise en deux grandes phases. La première consiste à déterminer les objectifs de travail du groupe et les types de données qui lui sont nécessaires. La seconde vise à agréger les données disponibles de manière à construire des indicateurs utiles, pertinents et lisibles par tous les acteurs (Collin et Rochard, 2012). Cette phase permet également le repérage des données importantes mais manquantes.

Le point important et difficile de cette démarche est de concilier l'approche scientifique de la question et l'approche sociétale afin de répondre aux besoins exprimés dans le cadre d'une gestion multi-usages d'un territoire. Cette conciliation passe notamment par tout un travail de synthèse de la connaissance scientifique sur l'espèce ou le stade concerné et sa traduction en termes de modalités privilégiées d'observation pour collecter les informations essentielles à une gestion raisonnée.

C'est plus actuellement l'absence ou la rareté des valeurs de référence et des éléments sur les impacts associés aux différentes pressions présentes dans un bassin donné qui compliquent ce type de démarche.

2.5) *Le lien avec les travaux de recherche*

Toute la filière, du constat au diagnostic et à l'intervention sur le système, devrait pouvoir se nourrir de travaux de recherche soit généraux sur les espèces (approches disciplinaires), soit ciblés sur la conception et la validation de méthodes et d'outils adaptés (non similaires aux protocoles d'étude) et sur la définition d'éléments de référence.

Cette démarche de recherche à visée opérationnelle doit prendre en compte non seulement l'aspect technique et biologique de la question, mais aussi sa dimension financière (coût de l'information sur des séries longues notamment).

La recherche scientifique est à l'origine d'une acquisition régulière de connaissances le plus souvent disciplinaires (*génétique, comportement, biologie, écologie,.....*) recueillies à différentes échelles (*de l'ensemble de la population à l'individu*) en s'appuyant sur des moyens techniques de plus en plus performants (Nikolic et al., 2011).

Ces connaissances sont importantes car elles amènent des éléments nouveaux dans l'approche de ces espèces. On peut citer par exemple :

- La prise en compte du niveau d'errance et d'attachement à un bassin versant, voire à un sous bassin (Lochet et al., 2008) ;
- L'existence de parcours individuels différents au sein d'une même espèce (Daverat et al., 2006 ; Hendry et al., 2006) ;

- L'importance de la contamination des milieux avec l'utilisation de bio-marqueurs de défense et de biomarqueurs de dommage (Amiard et Amiard-Triquet, 2008) ou de codes pathologiques externes (Elie et Girard, 2014) ;
- La mise en évidence d'habitats fonctionnels pour les différents stades et/ou tailles (Laffaille et al., 2004 ; Elie et Taverny, 2010) d'une espèce ;
- L'importance du maintien de la diversité génétique d'une population (Taylor et al., 1994 ; Alexendrino et al., 2003 ; Lage et Kornfield, 2006) avec en corollaire la notion de taille efficace (Caballero, 1994 ; Consuegra et Nielsen, 2007) et la connaissance des impacts des stratégies d'alevinage (McGinnity et al., 2003).

Cependant, tous ces éléments, rarement connus du monde de la gestion des territoires, des milieux aquatiques et/ou des espèces, sont difficiles à mobiliser car ils sont surtout valorisés sous forme de publications, en anglais dans des revues spécialisées ciblant la seule communauté scientifique.

De plus, toutes ces avancées de la connaissance « académique » sur ces espèces ne sont généralement pas en lien direct avec les questions concrètes de gestion. Ainsi, par exemple, très rares sont les travaux qui ciblent les besoins précédemment évoqués en termes de conception et de validation d'outils et de méthodes de diagnostic ou de remédiation, cet objectif réclamant pourtant une démarche scientifique tout aussi rigoureuse que dans les approches disciplinaires.

3) Perspectives et hypothèses

Si les PMA font encore l'objet d'une attention dans les décennies à venir, la manière de les prendre en compte dans la gestion des bassins versants et des territoires pourra fortement varier notamment selon le type de lien établi entre le niveau international/européen et le niveau régional/local.

Parmi les différents facteurs structurants évoqués au départ, c'est cette question de l'échelle de gestion qui nous semble avoir le plus de retombées sur la nature des besoins d'outils et de méthodes de suivi, de diagnostic et d'intervention sur les systèmes dans les années à venir.

Hypothèse 1 : Outils et méthodes de suivi et de diagnostic gérés par le niveau européen et national

Les espèces migratrices sont ici considérées comme des bioindicateurs de la gestion de nos systèmes aquatiques continentaux avec un effort collectif financier significatif (*passes, alevinages, restauration d'habitats, effacement d'ouvrages, etc.*).

Tendance à rechercher l'absence d'exploitation par pêche professionnelle ou amateur (*sauf le « no kill »*) pour optimiser les chances de réussite de la gestion tout en la simplifiant.

Les niveaux international et national fixent les objectifs (*durabilité des espèces*) avec des critères d'évaluation issus de groupes scientifiques d'inter-calibration (*type indicateurs DCE*). L'analyse se fait à partir des réseaux non spécifiques à larges mailles (*coûts moindres*) ou de statistiques de remontées aux grands ouvrages. Utilisation de modèles à large échelle.

Application de plans d'action basés sur des méthodes homogènes au niveau des ouvrages, des habitats ou des stratégies de soutien de population.

Avantage : Cohérence d'ensemble, moindres coûts dans les réseaux de surveillance, diagnostic global

Inconvénient : Relative déresponsabilisation des acteurs locaux, efficacité non garantie car non prise en compte de la spécificité des différents BV

Exemple actuel : Cas de l'anguille au moins pour partie avec le PGE et sa déclinaison nationale (PGA)

Hypothèse 2 : Contexte de subsidiarité avec des objectifs généraux à l'échelle européenne, et des suivis et diagnostics sous responsabilité locale

Complémentarité entre les échelles de travail :

- l'échelon supérieur fixe les objectifs et les échéances. Il fournit des outils et méthodes de travail (*diagnostic, remédiation*) via des programmes de recherche ciblant ce type de résultats avec la prise en compte de la diversité des contextes locaux et des contraintes techniques et financières pour les suivis à long terme. De la même manière, cet échelon supérieur se donne les moyens d'évaluer l'atteinte des objectifs qu'il a fixés.

- les échelons locaux ont la totale responsabilité de la mise en œuvre raisonnée des suivis et des interventions sur le système pour répondre aux objectifs fixés avec des références issues de travaux généraux (*niveau moyen de productivité d'un bassin, taux de survie à respecter,....*).

Avantages : Cohérence d'ensemble, mais avec partenariat raisonné et maîtrisé avec le local.

Inconvénient : Coût des suivis sauf si conception et diffusion de méthodes optimisées de surveillance et de priorisation à l'échelle des BV

Exemple actuel : Saumon atlantique dans le cadre du programme NASCO

Hypothèse 3 : Démarches de suivi et de diagnostic sous unique responsabilité régionale/locale

Les échelons centraux se concentrent sur des domaines précis avec peu de moyens financiers et humains dans le domaine de l'environnement. En revanche, dans le cadre de la régionalisation au sein de l'Europe et des SDAGE et SAGE mis en place par la DCE, montée en puissance des responsabilités « locales » en termes de gestion de l'eau et de l'environnement.

Si la dimension patrimoniale des milieux aquatiques est prise en compte dans la gestion d'un bassin, il y a une plus forte probabilité d'appropriation de l'objectif de préservation des

PMA par les acteurs locaux au moins sur certaines parties du chevelu (pratiques de compensation, sous-bassins « nature »). Exploitation par pêche dans le cadre d'une dynamisation du milieu rural.

Travail basé sur une cartographie précise et actualisée des habitats et des pressions avec des réseaux de suivi adaptés permettant de surveiller le niveau de fonctionnalité du bassin ou groupe de bassins vis-à-vis des PMA concernés. Besoin d'outils et méthodes adaptés au contexte pour repérer et hiérarchiser les problèmes. Références locales et suivi de l'évolution relative des phénomènes.

Avantage : bonne intégration dans la gestion multi-usages du territoire avec une approche systémique et la prise en compte des spécificités locales. Meilleure garantie de durabilité (projet commun local)

Inconvénient : coût de la surveillance, risque de désintérêt de certains bassins ou régions, redondance dans les efforts de mise au point d'outils et de méthodes sauf si organisation de forums réguliers pour échanger en inter-BV

Exemple actuel : Aloses-lamproies

4) Références

- Adam G., Feunteun E., Prouzet P., Rigaud C., 2008. L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. Rapport final du programme européen Indicang. Editions Quae, 392 p.
- Alexandrino P., Boisneau P., 2000. Diversité génétique. In "Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.) : Ecobiologie et variabilité des populations" J.L. Baglinière et P. Elie (Eds), INRA-CEMAGREF, Paris, 179-196.
- Amiard JC et Amiard-Triquet C. 2008. Les biomarqueurs dans l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques. Ed. Tec et Doc. Lavoisier.
- Anonyme, 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Rapport d'expertise scientifique collective (Inra, Cemagref, Brgm, Ird) , 68 pages
- Baran P., Basilico L., 2011. Plan de sauvegarde de l'anguille. Quelles solutions pour optimiser la conception et la gestion des ouvrages. Les Rencontres de l'ONEMA, Synthèse, 156 p.
- Bau F. Gomes P., Baran P., Drouineau H., Larinier M., Travade F., De Oliveira E., 2012. Migration de dévalaison et franchissement d'aménagements hydroélectriques en série. Synthèse de trois années de suivi sur le Gave de Pau. Rapport ONEMA/EDF. Programme R&D Anguilles/Ouvrages, 78 p et annexes.
- Béguer M., Beaulaton L., Rochard E., 2007. Distribution and richness of diadromous fish assemblages in Western Europe : large-scale explanatory factors. *Ecology of Freshwater Fish*, 16(2) : 221-237.
- Caballero A., 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity*, vol. 73: 657-679.
- Castelnaud G., E. Rochard et al. 2001. Analyse de la tendance de l'abondance de l'alose *Alosa alosa* en Gironde à partir de l'estimation d'indicateurs halieutiques sur la période 1977-1998. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 362/363: 989-1015.
- Challeat M., Lavarde P., 2014. Les plans nationaux d'actions en faveur des espèces menacées : une politique à refonder. Rap. Conseil général de l'Environnement et du Développement durable, 2014-0099290-01, 119 p.
- Chanseau M, Castelnaud G, Carry L, Martin Vandembulcke D, Belaud A. 2005. Essai d'évaluation du stock de géniteurs d'alose *Alosa alosa* du bassin versant Gironde-Garonne-Dordogne sur la période 1987-2001 et comparaison de différents indicateurs d'abondance. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 374, 1-19.
- Collin S., Rochard E., 2012. Projet de tableau de bord sur la grande alose du bassin Gironde-Garonne-Dordogne. Rap. Irstea Bordeaux n° 145, 154 p.
- Daverat F., Limburg K.E., Thibault I., Shiao J.C., Dodson J-J., Caron F., Tzeng W-N., Iisuka Y., Wickström H., 2006. Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species (*A. Anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol 308 : 231-241.
- Elie P. and P. Girard 2009. Effets des micropolluants et des organismes pathogènes chez l'Anguille européenne *Anguilla anguilla* L. 1758, Cemagref: 121.
- Elie P., Girard P., 2014. La santé des poissons sauvages: les codes pathologiques, un outil d'évaluation. Eds Association « Santé des Poissons sauvages »/ Fédération nationale de Pêche, 265 p.

Flammarion P., Devaux A., Garric J., 2000. Marqueurs biochimiques de pollution dans les écosystèmes aquatiques continentaux. Exemples d'utilisation et perspectives pour les gestionnaires. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 357/358: 209-226

Harwell M.A., Myers V., Young T., Bartuska A., Gassman N., Gentile J.H., Harwelle C.C., Appelbaum S., Barko J., Johnson C., McLean A., Smola R., Templet P., Tosini S., 1999. A framework for an ecosystem integrity report card. *Bioscience* 49(7): 543-556.

Hendry A.P., Bohlin T., Jonsson B., Berg O.K., 2004. To sea or not to sea? Anadromy versus non-anadromy in salmonids. In: *Evolution Illuminated – Salmon and their relative* (Hendry A.P. & Stearns S.C., Eds). Oxford University Press, New York, 92-125.

Laffaille P., Baisez A., Rigaud C., Feunteun E., 2004. Habitat preferences of different European eel size classes in a reclaimed marsh: a contribution to species and ecosystem conservation. *Wetlands*, 24, 3, 642-651.

Lassalle, G., M. Béguer, et al. 2008. Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues: An approach using biogeographical models. *Biological Conservation* 141: 1105-1118.

Limburg K.E., Waldman J.R., 2009. Dramatic declines in North Atlantic diadromous fishes. *Biosciences*, 59 (11), 955-965.

Lochet, A., Jatteau, P., Tomas, J., Rochard, E. - 2008. Retrospective approach to investigating the early life history of a diadromous fish: allis shad *Alosa alosa* (L.) in the Gironde-Garonne-Dordogne watershed. *Journal of Fish Biology*, vol. 72, p. 946 - 960

McDowall R.M., 2001. Anadromy and homing: two life-history traits with adaptive synergies in salmonid fishes? *Fish and Fisheries* 2: 78-85.

McGinnity P., Prodöhl P., Ferguson A., Hynes R., O Maoiléidigh N., Baker N., Cotter D., O'Hea B., Cooke D., Rogan G., Taggart J., Cross T., 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270: 2443-2450.

NASCO. 1996. The Atlantic salmon as the predator and the prey. Report of the special session of the Council. Publication CNI (96) 59.

Nikolic N., Taverny C., Rigaud C., Masquillier M.L., Baglinière J.-L., 2011. Bibliometric analysis of diadromous fish research. *Scientometrics*, 88(3): 929-947.

Prévost E., Nihouarn A., 1999. Relation entre indicateur d'abondance de type CPUR et estimation d'abondance par enlèvements successifs pour les juvéniles de l'année de saumon atlantique (*S. salar*). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 352: 19-29.

Rhodes J.R., Tyre A.J., Jonzen N., McAlpine C.A., Possingham H.P., 2006. Optimizing presence/absence surveys for detecting population trends. *Journal of Wildlife management*, 70(1): 1-18.

Shea K., Mangel M., 2001. Detection of population trends in threatened coho salmon (*O. kisutch*). *Canadian Journal Fish. and Aquatic Sci.*, 58: 375-385.

Taverny C., Elie P., 2010. Les lamproies en Europe de l'Ouest: écophases, espèces et habitats. Eds Quae, Coll. Guide pratique, 112 p.

1.4. Espèces concernées et état des populations à l'échelle mondiale (V1.4)

Composante	: Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
Rédacteur	: Patrick Lambert
Mise à jour	: 2 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) Définition de la variable

La première définition d'un poisson migrateur amphihalal (traduit de l'anglais par poisson diadrome) est attribuée à Myers (1949). Il s'agit d'un poisson qui effectue une migration vraie (en opposition à une émigration (déplacement sans retour) ou à un nomadisme (déplacement sans but et sans gîte)) entre l'eau douce et la mer. Il s'oppose donc à un poisson holobiotique qui vit uniquement dans un seul milieu (salé ou doux). Cet auteur distingue les catadromes (migration de reproduction vers la mer) des anadromes (migration de reproduction vers l'eau douce) et les amphidromes (migration eau douce – eau de mer non liée à la reproduction). Par la suite, Fontaine (1975 ; 1976) et McDowall (1992) ont précisé cette définition en insistant d'une part sur le caractère régulier de ces déplacements intervenant à des moments et des stades de développement prévisibles et d'autre part sur la dépendance physiologique de ces déplacements. Ils ont également souligné que ces migrations concernaient la majorité des membres d'une population bien que la diadromie facultative ait été démontrée depuis chez beaucoup d'espèces.

On parle d'espèces de PMA quand au moins une population de cette espèce exhibe ce type de comportement migratoire.

L'état d'une population vise à caractériser la viabilité sur le long terme du fonctionnement de la population (succession des processus biologiques résumée dans un cycle de vie). A l'échelle des espèces, l'union mondiale pour la nature (2012) définit les statuts suivants par ordre croissant de risque d'extinction : préoccupation mineure, quasi menacé, vulnérable, en danger, en danger critique d'extinction, éteint à l'état sauvage et éteint.

1.2) Indicateurs de la variable

Nombre d'espèces de PMA recensés dans le monde

Classification des espèces par IUCN

Trois critères ont été retenus par Limburg et Waldman (2009) pour évaluer l'état d'une espèce de PMA :

- Nombre originel *versus* nombre actuel de populations
- Evolution des abondances ou des captures
- Statut officiel de conservation

Auxquels on pourrait rajouter le nombre des populations exploitées.

2) Rétrospective

Le nombre de PMA reste une question ouverte. Parmi les 32 000 espèces de poissons (Eschmeyer et al., 2010) étaient jusqu'à récemment recensés entre 140 et 160 espèces de PMA (McDowall, 1987). Cela représente moins de 1% de des espèces de poissons (Limburg et Waldman, 2009) mais toutefois avec un manque d'information pour la majorité des

espèces (Riede, 2000). Une requête de la base « FishBase », (Froese et Pauly, 2013) trouve maintenant plus de 700 espèces PMA avec une augmentation substantielle du nombre de poissons amphidromes (Tableau 5).

Tableau 5 : Nombre d'espèces migratrices (* : avec nom valide dans FishBase)

	(McDowall, 1987)	(McDowall, 1988) (*)	(Riede, 2000)	FishBase (Froese et Pauly, 2013)
Catadrome	41	56	35	86
Anadrome	87	109	109	175
Amphidrome	34	61		452
Total	160	226 (219)	144	713

En Europe, en Afrique du Nord et au Moyen Orient, Lassalle et al. (2009) considèrent 29 espèces (si les deux espèces de corégones nordiques *Coregonus albula* et *C. maraena* sont distinguées) auxquelles il faut ajouter l'esturgeon atlantique *Acipenser oxyrinchus* dont la présence en Europe est maintenant avérée (Chassaing et al., 2013). A cette échelle spatiale, les désaccords avec le recensement de McDowall (1988) et celui issu de FishBase (Tableau 5) s'expliquent par :

- Des erreurs manifestes comme pour le sterlet considéré comme anadrome pour McDowall ;
- Des diadromies abusives, par exemple, pour la perche fluviatile qui effectue effectivement des migrations de reproduction jusque dans la mer Baltique mais vers des secteurs à des salinités inférieures à 4 (Nesbø et al., 1998) ;
- Des espèces considérées comme migratrices dans FishBase de par l'existence de populations migratrices en dehors d'Europe, c'est le cas du mulot cabot *Mugil cephalus* non migrateur en Europe mais considéré comme tel à Taiwan (Chang et al., 2004) ;
- Des espèces considérées comme migratrices (peut-être à tort par McDowall (1988)) parce que c'était le cas historiquement même si actuellement elles sont strictement holobiotiques, cas du sterlet *Acipenser ruthenus* (Kottelat et Freyhof, 2007) ;
- Des généralisations abusives à tout un genre sans éléments précis pour chaque espèce, cas des mulets dans FishBase, par exemple ;
- Des arbitrages discutables entre amphidromes marins (ou catadromes) et espèces marines secondaires ou sporadiques comme pour le gobie commun *Pomatoschistus microps* ou le syngnathe *Syngnathus abaster*. Des vérifications de l'autoécologie de ces espèces sont nécessaires pour vérifier si le but des migrations est bien la reproduction et non l'alimentation (Jager et al., 2008).

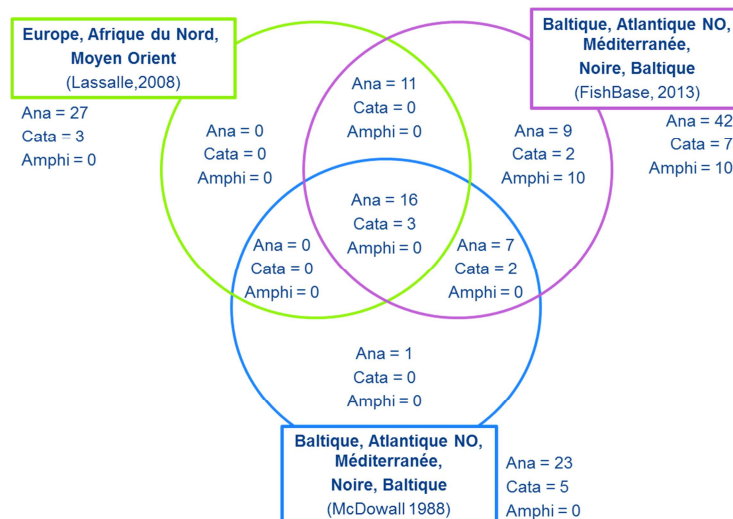


Figure 4 : Diagramme de Venn représentant le nombre d'espèces de PMA en Europe en fonction des trois sources d'information

En France métropolitaine, il est admis qu'il y a 11 espèces de PMA. Par contre, le décret de 1994 codifié aux articles 436 à 444 du Code de l'Environnement ne désigne que 7 espèces oubliant de fait l'esturgeon européen (qui fait l'objet d'un plan d'actions dédié), le flet, le mulot, l'éperlan et les PMA des territoires ultramarins.

Globalement, à partir de la liste des PMA issus de FishBase (Tableau 6) le statut IUCN est mal connu (63%). Les espèces menacées (vulnérable, en danger, en danger critique d'extinction) représentent une vingtaine de pourcents parmi les espèces dont le statut est connu.

Tableau 6 : Proportion d'espèces en fonction de leur statut IUCN (2012) pour les 712 espèces de PMA issus de FishBase

	anadrome	catadrome	amphidrome	total
Statut connu	48%	29%	33%	37%
Éteinte ou menacée	15%	2%	5%	7%
Eteinte ou menacée parmi les connus	31%	8%	14%	19%

A l'échelle de l'Europe, le statut des espèces est évidemment mieux connu. Seul le saumon de la caspienne et l'aloise algérienne n'ont pas été évalués. Près d'un 1/3 des PMA est considéré comme menacé. Dans la littérature scientifique, le houting (*Coregonus oxyrhincus*) est éteint depuis les années 1940. Il a été classé comme telle en 2008 mais a fait l'objet de d'un programme de réintroduction dans la Baltique dans les années 1990 qui semble être une réussite. Cinq espèces d'esturgeon (*Acipenser sturio*, *A. gueldenstaedtii*, *A. naccarii*, *A. stellatus*, *Huso Huso*) et l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) sont classées en danger critique d'extinction, une alose (*Alosa volgensis*) en danger, l'aloise immaculée (*Alosa immaculata*) et un corégone (*Coregonus maranea*) sont vulnérables. Par rapport à l'évaluation de Lassalle et al. (2008), le statut s'est dégradé. A l'époque, il n'y avait pas d'espèce éteinte, 1 seule était en danger critique d'extinction, 3 en danger et 1 vulnérable.

Tableau 7 : Proportion d'espèces en fonction de leur statut IUCN (2012) pour les 30 espèces de PMA en Europe

	anadromous	catadromous	total
Statut connu	93%	100%	93%
Éteinte ou menacée	33%	33%	33%
Éteinte ou menacée parmi les connus	36%	33%	36%
Éteinte (EX)	1	0	1
En danger critique d'extinction (CR)	5	1	6
En danger (EN)	1	0	1
Vulnérable (VU)	2	0	2
Presque menacée (NT)	2	0	2
Faible préoccupation (LC)	13	2	15
Faible risque / Faible préoccupation (LR/lc)	1	0	1
Manque de donnée (DD)	1	0	1
Non évalué	1	0	1
Total	27	3	30

A noter des disparités entre les façades maritimes de l'Atlantique nord (Limburg et Waldman, 2009), avec plus de statuts non déterminés sur la côte ouest, révélant une stratégie différente de classement.

Les effectifs de populations sauvages de saumon atlantique ont diminué notablement dans toute l'aire de répartition naturelle de l'espèce depuis les années 1980, du fait principalement de la construction de barrages sur les cours principaux des rivières mais également de la surpêche et, plus récemment, de modifications de conditions océaniques et de l'impact de l'aquaculture (Parrish et al., 1998 ; Chaput, 2012 ; Mills et al., 2013).

Les populations d'esturgeons à travers le monde sont, à de rares exceptions près, très fragiles (Pikitch et al., 2005). Concernant l'esturgeon européen, la dernière reproduction en milieu naturel de la dernière population a eu lieu en 1994 (Jarić et al., 2011).

Les trois espèces d'anguilles tempérées (*Anguilla anguilla*, *A. rostrata* et *A. japonica*) connaissent une baisse depuis les années 1980 (Dekker et al., 2003) même si une inversion de la tendance semble se dessiner depuis les 3 dernières années (ICES, 2013).

Après avoir connu une contraction de l'aire de répartition de l'espèce au début des années 1980 (Baglinière et al., 2000), la population de grande alose du bassin Gironde-Garonne-Dordogne, considérée jusque-là comme la population de référence, a connu un crash spectaculaire au milieu des années 2000 (Rougier et al., 2012). Toutefois, des populations semblent en bonne santé dans des petits fleuves normands.

L'abondance de d'alose feinte dans le bassin de la Garonne était à la baisse jusqu'à très récemment (Girardin et Castelnaud, 2013). Plus au Nord, cette espèce semble se maintenir même si les effectifs ont largement diminué (Aprahamian et al., 2003 ; Thiel et al., 2008).

La population d'éperlan a quasiment déserté le bassin de la Gironde, considéré comme la limite méridionale de son aire de répartition (Pronier et Rochard, 1998). L'explication avancée serait un allongement du cycle vital du fait d'un ralentissement de la croissance induit par l'augmentation des températures. Au contraire, la population de l'Elbe semble bien se porter du fait de l'amélioration de la qualité de l'eau (Thiel et al., 2003).

La lamproie marine ne semble pas présenter de signes de raréfaction dans le bassin de la Garonne (Beaulaton et al., 2008 ; Girardin et Castelnaud, 2013).

Plus globalement, 14 espèces de PMA anadromes considérées par Limburg et Waldman (2009) ont connu des réductions du nombre de populations. Les espèces nord-américaines fortement gérées (*Acipenser oxyrhincus*, *A. brevirostrum* et *Morone saxatilis*) ont connu des réductions plus faibles. Le saumon atlantique a souffert de moins d'extirpations sur la côte ouest-atlantique qu'est-atlantique. Les corégones sont en situation périlleuse ainsi que l'esturgeon européen. Pour les populations encore fonctionnelles, la tendance générale est à la baisse des abondances avec une diminution de 32 sur les 35 stocks considérés (Limburg et Waldman, 2009). Seules les lamproies dans le bassin de la Gironde (Beaulaton et al., 2008), la truite en Islande (Guðbergsson, 2007) et le bar rayé en Amérique du Nord (NOAA Fisheries statistics) connaissent des embellies. Ce travail de synthèse a conduit au schéma conceptuel expliquant l'histoire générale et les facteurs ayant conduit au déclin des populations de PMA mettant en exergue le risque de disparitions des têtes des gestionnaire après leur disparition des têtes et des bas de bassins versants (Limburg et Waldman, 2009).

Certaines populations font l'objet de programmes de gestion ou de restauration, depuis longtemps pour le saumon, ou plus récemment pour l'esturgeon européen, les anguilles européenne (Europe) et américaine (est de l'Amérique du Nord), l'aloise savoureuse (côte ouest-atlantique), le bar rayé (Saint-Laurent) ou la vimbe (mer Baltique). Certains plans sont en gestation comme pour la grande alose (Gironde).

Les facteurs de succès de ces programmes sont encore largement incertains. Clairement, la domestication des souches associées à l'alevinage massif à partir de reproductions contrôlés est soulevée. La non-prise en compte des causes multiples de diminution des stocks explique également les échecs de la restauration de certaines populations. L'intervention trop tardive diminue également les chances de succès. Au contraire, lorsque une seule cause majeure est identifiée (e.g. surpêche, dégradation d'un habitat essentiel), la réussite est souvent au rendez-vous. La mobilisation de l'ensemble des acteurs concernés est également un gage de réussite.

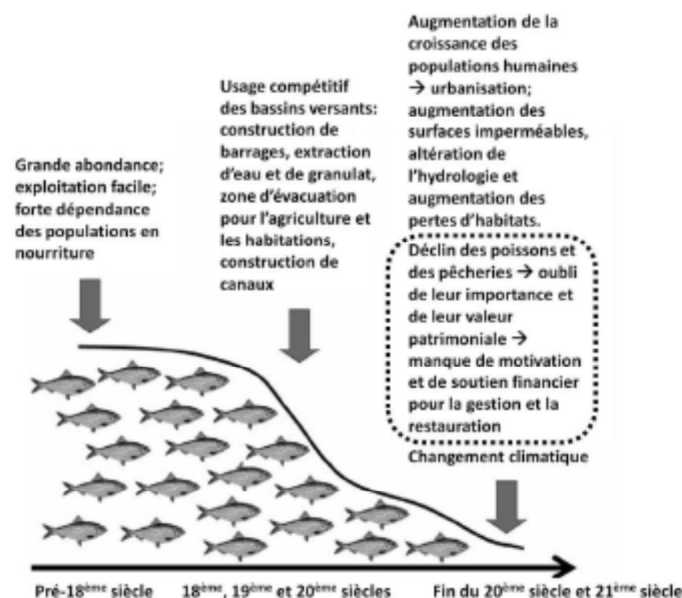


Figure 5 : Schéma conceptuel de l'histoire générale et des facteurs ayant conduit au déclin des populations de PMA en Atlantique Nord. Adapté de Limburg et Waldman (2009)

3) Prospective

3.1) *Tendance lourde*

La fragilisation du fonctionnement des populations actuelles de PMA (e.g. surpêche, pollution, destruction d'habitat, artificialisation des débits, obstacles à la migration, changement climatique) se poursuit avec un risque croissant d'extirpation de populations voire d'extinction de certaines espèces.

3.2) *Principales incertitudes*

- Mise en œuvre et efficacité des programmes de gestion ou de restauration
- Fluctuations des conditions environnementales
- Prise en compte ou arrivée de nouvelles espèces de PMA

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : Augmentation du nombre d'espèces menacées malgré quelques populations résiduelles fragiles

En Europe et en Amérique du Nord, les PMA voient la taille de la plupart de leurs populations se réduire sous l'effet des pressions anthropiques régionales et du changement climatique. En réponse aux changements environnementaux, de plus en plus de populations perdent leur caractère migrateur. Les mesures de protection se généralisent mais leurs effets positifs tardent à se faire sentir. C'est maintenant ailleurs qu'en Europe et en Amérique du nord que l'on trouve et que l'on étudie intensément les PMA.

Hypothèse 2 : Quelques populations en bonne santé

Le risque d'extirpations dans les pays occidentaux s'éloigne pour quelques populations suite à des conditions environnementales exceptionnelles, à la réussite de plans de restauration et à l'introduction/arrivée de nouvelles espèces de PMA ou à l'acquisition du caractère migrateur pour quelques populations (mulet cabot). L'existence des espèces ne repose que sur ces quelques populations devenues abondantes conduisant à une gestion sectorisée des PMA. Les autres espèces ont quasiment disparu et ne plus l'objet d'attention de la part des gestionnaires.

Hypothèse 3 : les PMA, le retour

La quasi-totalité des populations de PMA se reconstruisent. On assiste à un maintien voire une expansion de l'aire de répartition mais décalée vers les hautes latitudes par rapport à leur aire historique du fait des changements climatiques. Par exemple, au nord de l'Europe, les espèces cryophiles sont remplacées par les espèces actuelles de la zone tempérée (arrivée du flet en Islande). Cette dernière voit se maintenir les espèces les plus thermo-résistantes (l'anguille) et arriver des espèces du sud (le tarpon ?). Cette reconfiguration des aires de répartition est renforcée par la pratique de la migration assistée.

Hypothèse 4 : Europe, terre d'asile (artificielle pour les PMA)

Les espèces historiques ont quasiment déserté l'Europe mais sous l'effet d'actions volontaristes de migration assistée (Vitt et al., 2009), un nouveau cortège de PMA se met en place. La survie de certaines populations ne tient que par des soutiens massifs de populations justifiés par l'intérêt porté par la Société (écotourisme et pêche). D'autres populations se maintiennent sans problèmes. Certaines sont même à la limite d'être considérées comme envahissantes.

5) Références

- Aprahamian M.W., Aprahamian C.D., Baglinière J.L., Sabatié M.R., and Alexandrino P. (2003) *Alosa alosa* and *Alosa fallax* spp. Literature Review and Bibliography. 346, Environment Agency
- Baglinière J.L., Sabatié M.R., Alexandrino P., Aprahamian M.W., and Elie P. (2000) Les aloses : une richesse patrimoniale à conserver et à valoriser. In Les aloses (*Alosa alosa* et *Alosa fallax* spp.) (Baglinière, J.L., and Elie, P., eds), 263-275, Cemagref Editions - INRA Editions
- Beaulaton L., Taverny C., and Castelnaud G. (2008) Fishing, abundance and life history traits of the anadromous sea lamprey (*Petromyzon marinus*) in Europe. Fisheries Research 92, 90-101
- Chang C.W., Iizuka Y., and Tzeng W.N. (2004) Migratory environmental history of the grey mullet *Mugil cephalus* as revealed by otolith Sr:Ca ratios. Marine Ecology Progress Series 269, 277-288
- Chaput G. (2012) Overview of the status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the North Atlantic and trends in marine mortality. ICES Journal of Marine Science 69(9), 1539-148
- Chassaing O., Desse-Berset N., Duffrais M., Hughes S., Hänni C., and Berrebi P. (2013) Palaeogenetics of western French sturgeons spotlights the relationships between *Acipenser sturio* and *Acipenser oxyrinchus*. Journal of Biogeography 40, 382-393
- Dekker W., Casselman J.M., Cairns D.K., Tsukamoto K., Jellyman D., and Lickers H. (2003) Worldwide decline of eel resources necessitates immediate action. Québec Declaration of Concern. Fisheries 28, 28-30
- Eschmeyer W.N., Fricke R., Fong J.D., and Polack D.A. (2010) Marine fish diversity: History of knowledge and discovery (Pisces). Zootaxa, 19-50
- Fontaine M. (1975) Physiological mechanisms in the migration of marine and amphihaline fish. Adv. Mar. Biol. 13, 241-355
- Fontaine M. (1976) Les mécanismes physiologiques des migrations des poissons. Océanis 2, 343-363
- Girardin M., and Castelnaud G. (2013) Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde : Suivi des captures 2012. Etude de la faune circulante 2012. 256, Cemagref
- Guðbergsson G. (2007) Icelandic salmon, trout and charr catch statistics 2006. Rep Inst Freshw Fish VMST/07024
- ICES (2013) Report of the 2012 session of the joint EIFAAC/ICES Working Group on Eels. 18–22 March 2013 in Sukarietta, Spain- 4–10 September 2013 in Copenhagen, Denmark. 816, ICES/EIFAC
- IUCN (2012) IUCN Red list categories and criteria: version 3.1, Second edition. 32, Species Survival Commission. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Jager H.I., Rose K.A., and Vila-Gispert A. (2008) Life history correlates and extinction risk of capital-breeding fishes. Hydrobiologia 602, 15-25
- Jarić I., Knežević-Jarić J., Cvijanović G., and Lenhardt M. (2011) Population viability analysis of the European sturgeon (*Acipenser sturio* L.) from the Gironde estuary system. In Biology and Conservation of the European Sturgeon *Acipenser sturio* L. 1758 (Williot, P., et al., eds), 603-619, Springer Berlin Heidelberg
- Kottelat M., and Freyhof J. (2007) Handbook of European freshwater fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany
- Lassalle G., Béguer M., Beaulaton L., and Rochard E. (2008) Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues: an approach using biogeographical models. Biological Conservation 141, 1105-1118
- Lassalle G., and Rochard E. (2009) Impact of twenty-first century climate change on diadromous fish spread over Europe, North Africa and the Middle East. Global Change Biology 15, 1072-1089
- Limburg K., and Waldman J.R. (2009) Dramatic declines in North Atlantic diadromous fishes. BioScience 59, 955-965
- McDowall R.M. (1987) The occurrence and distribution of diadromy among fishes. American Fisheries Society Symposium 1, 1-13
- McDowall R.M. (1988) Diadromy in fishes: migration between freshwater and marine environments. Croom Helm
- McDowall R.M. (1992) Diadromy - Origins and definitions of terminology. Copeia, 248-251
- Mills K.E., Pershing A.J., Sheehan T.F., and Mountain D. (2013) Climate and ecosystem linkages explain widespread declines in North American Atlantic salmon populations. Global Change Biology 19, 3046-3061
- Myers G.S. (1949) Usage of anadromous, catadromous and allied terms for migratory fishes. Copeia, 89-97
- Nesbø C.L., Magnhagen C., and Jakobsen K.S. (1998) Genetic differentiation among stationary and anadromous perch (*Perca fluviatilis*) in the Baltic sea. Hereditas 129, 241-249
- Parrish D.L., Behnke R.J., Gephard S.R., McCormick S.D., and Reeves G.H. (1998) Why aren't there more Atlantic salmon (*Salmo salar*)? Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 55, 281-287

- Pikitch E.K., Doukakis P., Lauck L., Chakrabarty P., and Erickson D.L. (2005) Status, trends and management of sturgeon and paddlefish fisheries. *Fish and Fisheries* 6, 233-265
- Pronier O., and Rochard E. (1998) Fonctionnement d'une population d'éperlan (*Osmerus eperlanus*, Osmériformes, Osmeridae) située en limite méridionale de son aire de répartition, influence de la température. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 350-51, 479-497
- Riede K. (2000) Conservation and modern information technologies: The global register of migratory species (GROMS). *Journal of International Wildlife Law & Policy* 3, 152-165
- Rougier T., Lambert P., Drouineau H., Girardin M., Castelnaud G., Carry L., Aprahamian M., Rivot E., and Rochard E. (2012) Collapse of allis shad, *Alosa alosa*, in the Gironde system (southwest France): environmental change, fishing mortality, or Allee effect? *ICES Journal of Marine Science* 69, 1802-1811
- Thiel R., Cabral H., and Costa M.J. (2003) Composition, temporal changes and ecological guild classification of the ichthyofaunas of large European estuaries - a comparison between the Tagus (Portugal) and the Elbe (Germany). *Journal of Applied Ichthyology* 19, 330-342
- Thiel R., Riel P., Neumann R., Winkler H., Böttcher U., and Gröhsler T. (2008) Return of twaite shad *Alosa fallax* (Lacépède, 1803) to the Southern Baltic Sea and the transitional area between the Baltic and North Seas. In *Fish and Diadromy in Europe (ecology, management, conservation)* (Dufour, S., Prévost, E., Rochard, E., and Williot, P., eds), 161-177, Springer Netherlands
- Vitt P., Havens K., and Hoegh-Guldberg O. (2009) Assisted migration: part of an integrated conservation strategy. *Trends in Ecology and Evolution* 24, 473-474

1.5. : Qualité de l'environnement des PMA (V1.5)

Composante	: Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
Rédacteur	: Cécile Désaunay, Futuribles
Mise à jour	: 10 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) Définition de la variable

La qualité de l'eau, qu'elle soit douce ou de mer, est fondamentale pour la vie aquatique, notamment pour la santé des poissons. La pollution des eaux entraîne des déséquilibres au sein des écosystèmes qui peuvent avoir des impacts sur la biodiversité : des études auraient ainsi enregistré la quasi-disparition d'une espèce de poissons exposés aux œstrogènes dans un lac, celle d'une population de vautours après la consommation de proies contenant des antibiotiques au Pakistan, ainsi que la féminisation de certaines espèces de poissons dans plusieurs pays ¹.

Au sein de l'Union Européenne, la qualité des eaux est suivie dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau pour les eaux intérieures de surface, les eaux de transition, les eaux côtières et les eaux souterraines. Elle a pour objectif de prévenir toute dégradation supplémentaire de la qualité des eaux, de préserver et d'améliorer l'état des écosystèmes aquatiques. Elle vise aussi à promouvoir une utilisation durable de l'eau afin d'atteindre un bon (ou très bon) état écologique et chimique des eaux.

Définitions ²

Eaux intérieures: toutes les eaux stagnantes et les eaux courantes à la surface du sol et toutes les eaux souterraines en amont de la ligne de base servant pour la mesure de la largeur des eaux territoriales.

Eaux de surface: les eaux intérieures, à l'exception des eaux souterraines, les eaux de transition et les eaux côtières, sauf en ce qui concerne leur état chimique, pour lequel les eaux territoriales sont également incluses.

Eaux souterraines: toutes les eaux se trouvant sous la surface du sol dans la zone de saturation et en contact direct avec le sol ou le sous-sol.

Eaux de transition: des masses d'eaux de surface à proximité des embouchures de rivières, qui sont partiellement salines en raison de leur proximité d'eaux côtières, mais qui sont fondamentalement influencées par des courants d'eau douce.

Eaux côtières: les eaux de surface situées en-deçà d'une ligne dont tout point est situé à une distance d'un mille marin au-delà du point le plus proche de la ligne de base servant pour la mesure de la largeur des eaux territoriales et qui s'étendent, le cas échéant, jusqu'à la limite extérieure d'une eau de transition.

¹ <http://www.actu-environnement.com/ae/news/samuel-pollet-micro-polluants-aqueux-15398.php4> ;
<http://www.actu-environnement.com/ae/news/agence-europeenne-environnement-pollution-substance-chimique-eau-mer-13067.php4>

² http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/l28002b_fr.htm

Bassin hydrographique: toute zone dans laquelle toutes les eaux de ruissellement convergent à travers un réseau de rivières, fleuves et éventuellement de lacs vers la mer, dans laquelle elles se déversent par une seule embouchure, estuaire ou delta.

District hydrographique: une zone terrestre et maritime, composée d'un ou plusieurs bassins hydrographiques ainsi que des eaux souterraines et eaux côtières associées, identifiée comme principale unité aux fins de la gestion des bassins hydrographiques.

1.2) Indicateurs de la variable

Pour les eaux douces

Quantité de nitrates, mesurée en mg/l

Eutrophisation : modification et dégradation d'un milieu aquatique causées par un apport excessif de substances nutritives (azote), entraînant une hausse de la production d'algues et d'espèces aquatiques.

Pour l'eau de mer

Évolution de la température et du pH des eaux

Évolution de la biodiversité

2) Rétrospective

2.1) Évolution de la qualité des eaux douces³

a) Programme européen

L'Union Européenne fixe des critères de qualité pour les cours d'eau et les lacs visant à réduire ou éliminer leur pollution pour maintenir la diversité des espèces de poissons.

La directive [2000/60/CE](#) dite directive cadre sur l'eau établit la politique communautaire dans le domaine de l'eau⁴. La directive porte sur : les eaux intérieures de surface, les eaux souterraines, les eaux de transition et les eaux côtières. Elle vise plusieurs objectifs, notamment la prévention et la réduction de la pollution, la promotion d'une utilisation durable de l'eau, la protection de l'environnement, l'amélioration de l'état des écosystèmes aquatiques et l'atténuation des effets des inondations et des sécheresses. Il s'agit notamment d'atteindre un «bon état» écologique et chimique de toutes les eaux de l'Union Européenne d'ici 2015.

Dans le cadre de cette directive, les États membres doivent identifier et analyser les eaux européennes, recensées par bassin et par district hydrographique. Ils doivent notamment recenser tous les bassins hydrographiques présents sur leur territoire et les rattacher à des districts hydrographiques. Pour chacun de ces bassins, ils doivent identifier ses caractéristiques, les impacts des activités humaines sur sa qualité, les zones de vulnérabilité, etc. Cette analyse a été réalisée une première fois en 2004, puis en 2013, et sera révisée tous les six ans.

Puis les États membres doivent adopter des plans de gestion et des mesures spécifiques à chaque district hydrographique.

³

http://europa.eu/legislation_summaries/maritime_affairs_and_fisheries/fisheries_resources_and_environment/l28010_fr.htm

⁴ http://europa.eu/legislation_summaries/agriculture/environment/l28002b_fr.htm

b) Le suivi des concentrations en nitrates

Les pollutions des eaux douces ont trois origines principales : industrielles, agricoles et domestiques.

Les nitrates figurent parmi les composants les plus surveillés en Europe. Les nitrates sont naturellement présents dans l'eau mais en faibles quantités. Une eau non polluée ne contient naturellement que 2 à 3 mg/l de nitrates, une concentration supérieure à 10 mg/l résultant d'apports excessifs d'azote liés à des activités humaines : agriculture (engrais), élevage intensif, assainissement défectueux...

La réglementation européenne estime qu'une eau est potable si elle contient moins de 50 mg de nitrates par litre, tout en recommandant un taux inférieur à 25 mg/l. Mais l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) fixe, elle, un seuil maximal de 10 mg/l.

Le dernier bilan réalisé porte sur la période 2008-2011 (le premier sur la période 2004-2007), soit six ans après le début de la mise en œuvre de la directive cadre sur l'eau 5 [3].

Au cours de cette période, 14,4% des stations de surveillance des eaux souterraines de l'UE-27 ont dépassé le seuil de 50 mg de nitrates par litres (et 6% étaient entre 40 et 50 mg), soit une baisse de 0,6 point par rapport à la période précédente. Les plus faibles concentrations ont été enregistrées en Europe du Nord, et les plus élevées en Allemagne et à Malte.

Les nappes captives présentent globalement la meilleure qualité (85% ont un résultat inférieur à 25 mg/l), alors que les nappes phréatiques situées entre 5 et 15 mètres enregistrent les plus mauvais résultats.

La qualité des eaux douces superficielles est globalement bonne (les deux tiers ont un taux de nitrates inférieur à 10 mg/l) et en amélioration : seules 2,4% ont dépassé les 50 mg/l de nitrates, en baisse de 0,6 point par rapport à 2004-2007.

La mesure de l'eutrophisation des cours d'eau européens est compliquée par les différences de méthodes utilisées par les Etats membres et par la qualité des données qu'ils fournissent. Globalement, il apparaît que 22% des eaux européennes sont riches en éléments nutritifs (eutrophes ou hypertrophes), alors que 56% présentent un milieu nutritif dégradé (oligotrophe ou ultra-oligotrophe). Les meilleurs résultats ont été enregistrés en Belgique, aux Pays-Bas et en Finlande, les plus mauvais résultats en Espagne, en Bulgarie et en Slovénie.

L'état trophique des eaux souterraines est globalement stable par rapport à la période précédente et celui des eaux douces superficielles s'est amélioré (le pourcentage de stations dépassant 25 ou 50 mg de nitrates par litre est en baisse).

c) Autres polluants

D'autres polluants font l'objet, depuis quelques années, d'une surveillance ou d'une législation spécifique. Selon une étude de l'AEE (Agence européenne de l'environnement) publiée en 2011, 60% des rivières européennes analysées et 25% des eaux souterraines contiennent toutes un grand nombre de substances chimiques⁶. Parmi les substances détectées avec les concentrations les plus élevées figurent par exemple des métaux lourds, un tensio-actif (l'acide perfluorooctanoïque, présent dans la quasi-totalité des rivières étudiées), un anti-corrosif (methylbenzotriazole, plus de 80% des rivières étudiées), un anti-épileptique (carbamazepine, plus de 90% des rivières étudiées), un médicament (l'ibuprofène, plus de 60% des rivières), un herbicide (isoproturon, 70% des rivières)...

⁵ <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52013DC0683&from=EN>

⁶ <http://www.eea.europa.eu/publications/hazardous-substances-in-europes-fresh>

En réponse à ces nouvelles pollutions, le Parlement européen a accepté, en juillet 2013, d'ajouter 12 substances à la liste prioritaire des polluants des eaux de surface, qui doivent faire l'objet d'un suivi particulier. Par ailleurs, trois substances pharmaceutiques ont été ajoutés à la « liste de surveillance » des polluants émergents qui pourraient un jour être ajoutés à la liste prioritaire 7.

2.2) *Évolution de la qualité des eaux de mer*

L'Union Européenne a adopté la directive 2008/56/CE pour la protection et la conservation de l'environnement marin d'ici 2020 8. Dans le cadre de cette directive, les États membres doivent élaborer leur propre stratégie de protection des écosystèmes marins.

Les mers européennes couvrent environ 11,22 millions de km², soit plus que le territoire européen terrestre 9. 23 des 28 États membres ont un accès à la mer et 40% de la population européenne vit dans les régions côtières. L'UE compte aussi 25 pays et territoires d'outre-mer qui couvrent à eux seuls une zone marine de taille équivalente à celle des zones marines européennes.

L'environnement marin est directement touché par les activités humaines, qu'elles soient liées à la vie côtière ou marine (pêche, transport...). En réponse, l'Union Européenne a mis en place une politique en trois temps :

- 2012-2018 : objectifs de court terme pour les politiques sectorielles
- 2020-2030 : objectifs de moyen terme dans le cadre du 7e programme d'action environnementale
- vision 2050 : objectifs de long terme dans le cadre de la transition écologique européenne.

La qualité des eaux de mer peut être altérée par plusieurs facteurs, notamment les pollutions liées aux activités terrestres et marines, les activités de pêche, la présence de déchets et les changements climatiques. Les eaux des zones côtières sont particulièrement vulnérables, compte tenu de leur proximité avec les activités humaines.

a) Pollutions liées aux activités terrestres et marines

Les pollutions des mers peuvent avoir des causes diverses, certaines substances étant présentes naturellement dans de faibles quantités, mais la plupart étant introduites via les activités humaines. Elles sont notamment liées aux eaux usées, à l'agriculture, au transport maritime, à l'aquaculture, aux activités industrielles et portuaires, etc.

Les polluants peuvent se dissoudre dans l'eau, être stockés dans les sédiments ou ingérés par les animaux. Ils peuvent perturber la reproduction des animaux et des fruits de mer. En vertu de la directive cadre sur l'eau, plus de 90% des étendues d'eau estuaires et côtières en Suède, Danemark, Pays-Bas, en Belgique et nord de la France ont été classées comme ayant un état chimique médiocre. Les substances polluantes présentes dans les mers européennes sont variées, leur concentration et leur évolution variant selon les régions, les usages, etc. Ainsi, alors que les concentrations en plomb ont tendance à diminuer au nord de l'océan Atlantique depuis 20 ans, elles augmentent au contraire dans la mer Méditerranée.

Entre 1985 et 2010, selon les données de l'AEE, les concentrations de nitrate et de phosphates dans les mers européennes sont restées stables ou ont diminué. En effet, des

⁷ <http://www.euractiv.com/health/new-chemicals-pharmaceuticals-ad-news-529073>

⁸ http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/l28164_fr.htm

⁹ <http://www.eea.europa.eu/publications/marine-messages>

efforts ont été faits pour réduire les sources d'émissions de ces substances, notamment les engrais pour l'agriculture et les eaux usées. Il s'agit là des deux polluants dont les concentrations font l'objet du plus grand nombre d'évaluations, mais d'autres polluants peuvent être présents dans les eaux de mer.

b) Impact des pêches

Les pêches entraînent des modifications des écosystèmes et des pressions croissantes sur les espèces prélevées. En 2013, selon l'AEE, 88% des stocks connus de poissons en Méditerranée et en mer Noire étaient surexploités. Cependant, grâce aux mesures mises en place dans l'Union Européenne, le nombre de stocks de poissons exploités à des niveaux ne permettant pas leur renouvellement est passé de 94% en 2007 à 39% en 2013.

La pêche a aussi des impacts sur les écosystèmes marins, notamment le chalutage profond, qui détruit les habitats des fonds marins.

c) Impact des déchets

Une autre source de pollution des mers est liée à la croissance des volumes de déchets qui y sont jetés ou s'y retrouvent finalement, en lien avec les activités humaines sur terre et sur la mer. Le plastique est la substance la plus présente, la moitié de ce plastique provenant d'emballages. Cependant, les données sont encore très limitées concernant l'étendue de cette pollution, son évolution et ses impacts sur les écosystèmes marins.

d) Changement climatique

Selon l'AEE, le réchauffement climatique mondial a d'ores et déjà trois types d'impacts sur les mers européennes : hausse de la température de l'eau, une baisse de la concentration en oxygène (hypoxie) et une acidification. Au cours des 25 dernières années, l'augmentation de la température des mers a été 10 fois plus rapide que la moyenne des périodes similaires au cours des deux siècles passés. Au cours des dernières décennies, l'acidification des océans observée a été plusieurs centaines de fois plus rapide que celle enregistrée au cours des 55 millions d'années précédentes. Le pH moyen des eaux marines de la planète est ainsi passé de 8,2 à 8,1 et, selon les projections de l'AEE, il pourrait être au maximum de 7,8 d'ici 2100. Ces phénomènes entraînent des migrations des espèces végétales et animales et des modifications des écosystèmes.

Les écosystèmes marins sont aussi perturbés par la prolifération d'espèces non-indigènes qui peuvent être invasives. Leur arrivée est souvent liée à la mondialisation des échanges et des déplacements de populations, et peut causer de graves dommages. Selon l'AEE, plus de 1 350 espèces marines étrangères ont été introduites dans les mers européennes depuis les années 1950, dont 300 depuis 10 ans.

e) Évolution de la biodiversité marine

Les différentes sources de pollution et de dégradation des milieux marins ont des impacts directs sur la biodiversité¹⁰. Selon l'AEE, de nombreuses pertes de biodiversité sont enregistrées dans les mers européennes. Elles sont liées notamment à la pêche, mais aussi aux changements climatiques et aux pollutions générées par les activités humaines. Les pertes peuvent être d'abord localisées, mais s'étendre ensuite progressivement, ce qui fait craindre que des points de non-retour soient bientôt atteints : des pertes irréversibles pourraient être enregistrées, menant à plus ou moins long terme à l'extinction des espèces et des habitats concernés. Cependant, jusqu'à présent, compte tenu du manque de données

¹⁰ AEE, Marine messages, 2014.

sur les espèces animales et végétales marines, il reste difficile d'analyser leurs évolutions et leur capacité de résilience. Selon les données de l'AEE, moins de 20% des espèces, habitats et écosystèmes marins européens sont considérés comme étant « en bon état environnemental ». Ce taux peut être plus faible pour certaines espèces, mais il concerne toutes les régions marines. Selon l'AEE, en dépit des efforts faits par les pays européens, l'état de la biodiversité marine est donc préoccupant.

2.3) *L'impact environnemental des barrages*¹¹

Les barrages entraînent une modification des flux (d'eau, de matières, d'organismes...) et du régime thermique des eaux. Ils peuvent donc perturber les écosystèmes de différentes façons. En particulier :

- ils entraînent la présence d'eau stagnante dont la qualité est souvent dégradée ;
- ils bloquent la migration des poissons et perturbent leur cycle de vie.

Ces perturbations peuvent varier selon plusieurs facteurs tels que la localisation du barrage, sa taille, la présence d'autres barrages à proximité, etc.

Des mesures peuvent être prises pour réduire ces impacts : installation de « passes à poissons » leur permettant de franchir le barrage, arrêt des turbinages pendant les périodes de dévalaison, etc.¹²

3) Prospective

Tendance lourde pour l'évolution de la qualité des eaux douces

La lutte contre la pollution des eaux douces devrait se poursuivre en Europe, compte tenu des préoccupations des citoyens et des pouvoirs publics pour la question. En particulier, la question des évolutions des concentrations en nitrates devrait rester cruciale.

Incertitudes majeures pour l'évolution de la qualité des eaux douces

Deux incertitudes majeures peuvent être relevées :

1. Les évolutions des pratiques de l'agriculture et de l'élevage, et leurs impacts sur la qualité des eaux
2. La capacité des pays européens à identifier, mesurer et lutter contre les « nouveaux polluants » liés aux activités agricoles, industrielles et aux ménages (substances chimiques, résidus de médicaments, de cosmétiques, etc.). L'enjeu pour l'avenir sera d'améliorer les capacités de mesure de ces polluants, de définir des valeurs de référence et d'étudier leurs impacts.

Tendance lourde pour l'évolution de la qualité des eaux de mer

La qualité de l'eau marine dépendra de l'évolution des activités humaines. Or, les activités en lien avec les océans ne cessent de s'accroître : production d'énergies renouvelables, aquaculture, production d'algues, extraction de ressources minières, tourisme, etc. Ces activités devraient continuer à se développer à l'avenir, en réponse à une demande mondiale toujours plus forte pour les produits de la mer. En conséquence, leur impact sur la qualité environnementale des eaux marines risque aussi de s'accroître.

Incertitudes majeures pour l'évolution de la qualité des eaux de mer

L'évolution de la qualité des eaux marines dépendra de deux incertitudes majeures :

¹¹ <http://www.irstea.fr/sites/default/files/ckfinder/userfiles/files/Impacts%20des%20barrages-1.pdf>

¹² <http://www.developpement-durable.gouv.fr/La-correction-et-la-compensation.html>

1. La coopération des pays européens, voire de la communauté internationale, pour lutter contre la dégradation des mers ;
2. l'ampleur et l'impact du réchauffement climatique, qui pourraient varier fortement selon les régions.

Tendances lourdes pour la fragmentation¹³

La construction de gros barrages a connu une accélération énorme au cours de la seconde moitié du XXème siècle avec un pic de plus de 5000 grands barrages construits dans les années 70 (en excluant la Chine). Cette tendance s'est très largement affaïssée, particulièrement en Amérique du Nord et en Europe du fait du peu de sites encore disponibles et d'une meilleure prise en compte des impacts écosystémiques. Aujourd'hui la tendance est même plutôt à l'effacement de barrages du XXème siècle devenus obsolètes, chers à entretenir et ayant de forts impacts sur l'écosystème.

Incertitudes majeures pour l'évolution la fragmentation

- si historiquement, l'utilisation première des barrages (en particulier des gros) étaient la production d'énergie (hydroélectricité), les besoins croissants en eau liés au réchauffement climatique (irrigation et eau potable) risquent de redistribuer les cartes ;
- si le potentiel pour de nouveaux ouvrages hydroélectriques dans les pays développés semble limité, l'émergence de techniques de modes de productions alternatifs (hydroliennes) aux conséquences peu connues constitue une incertitude majeure ;
- incertitude sur l'évolution des pays émergents, par exemple sur les deux fleuves ayant les plus forts débits au monde (Amazone et Congo) qui sont encore modérément affectés par la fragmentation.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : amélioration des pollutions organiques, nouvelles pollutions, dégradation de la qualité des habitats

L'état des eaux européennes connaît une dualisation progressive. D'un côté, les indicateurs « anciens », qui font l'objet du plus grand nombre de mesures et de suivi (comme les nitrates et les phosphates) connaissent une amélioration progressive. En revanche, les concentrations en « nouveaux » polluants ne cessent d'augmenter, et ces derniers sont de plus en plus diversifiés. Ils sont notamment liés aux activités industrielles, mais aussi aux eaux usées des ménages. La lutte contre ces nouvelles sources de pollution est d'autant plus difficile que leurs origines sont très diverses et que les outils de mesure restent insuffisants. Les eaux de mer connaissent aussi une dégradation de leur qualité liée aux activités de pêche et des perturbations des écosystèmes liées au réchauffement climatique. De plus, les inégalités peuvent se creuser entre les pays concernant les émissions de polluants, l'intensité des phénomènes environnementaux, du changement climatique... Les barrages continuent de se construire en Europe là où il existe encore des potentiels hydroélectriques, accentuant les phénomènes de fragmentation.

¹³ Nilsson, C., Reidy, C.A., Dynesius, M., Revenga, C., 2005. Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River Systems. *Science* 308, 405–408. doi:10.1126/science.1107887

World commission on dams, 2000. Dams and development, a new framework for decision making, final report)

Hypothèse 2 : Amélioration qualité eaux continentales (renaturation des débits, habitats préservés), dégradation eaux marines

Les différentes mesures prises à l'échelle européenne et par chacun des pays membres permettent d'améliorer continuellement la qualité des eaux douces. En amont, les sources de pollution sont de mieux en mieux contrôlées par le biais de réglementations spécifiques (agriculture, industrie, ...). Un effort particulier est fait pour identifier les nouveaux polluants, les mesurer et les réduire à la source. En aval, des mesures sont également prises pour améliorer la qualité des eaux marines, lutter contre les déséquilibres des écosystèmes, etc. Cependant ces efforts menés par les pays européens notamment se heurtent aux tendances lourdes de la dégradation globale des eaux marines mondiales.

Hypothèse 3 : Artificialisation et amélioration des qualités physico-chimiques des eaux continentales et dégradation eaux marines

La lutte contre les sources de pollution des eaux semble un combat perdu (trop de facteurs de pression) alors même que la qualité de l'eau devient une préoccupation majeure des sociétés européennes. Les solutions envisagées sont techniques. Progressivement, on artificialise certains réseaux d'eau pour les isoler de leur environnement et ainsi les protéger des pollutions. Ces réseaux compartimentés font l'objet d'un monitoring attentif et d'interventions multiples pour garantir une qualité physico-chimique optimale à ces eaux. A contrario, les eaux non protégées voient leur qualité se détériorer fortement, tous les moyens étant mis sur les réseaux protégés.

Hypothèse 4 : Crises environnementales majeures ou répétées

Cette hypothèse est marquée par une crise environnementale majeure ou des crises multiples et répétées qui aboutissent à la pollution majeure et durable d'une partie des eaux douces et/ou de mer en Europe : crise nucléaire, environnementale (naufrage d'un navire, rejets d'une usine...) ou diffusion d'une espèce invasive. Il en résulte une pollution massive des eaux et de fortes perturbations des écosystèmes.

5) Références

<http://www.eea.europa.eu/publications/marine-messages>

<http://www.eea.europa.eu/publications/balancing-the-future-of-europes>

<http://www.eea.europa.eu/publications/hazardous-substances-in-europes-fresh>

2. Composante « Demande de recherche et expertise (France - Europe) »

2.1. Le statut de l'animal (V2.1)

Composante	: Demande de recherche et expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Charles Roqueplo
Mise à jour	: 13 juin 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) *Définition de la variable*

Au cours des civilisations successives, l'homme a toujours côtoyé l'animal pour son plaisir, son alimentation, ou pour qu'il l'aide dans ses travaux. La définition de la relation entre l'homme et l'animal a toujours été la source de réflexions et de discussions philosophiques et morales. Est-il légitime de tuer ou de faire souffrir un animal pour se nourrir, se divertir, ou faire progresser la science ?

Le statut juridique de l'animal, qui est la seule méthode pour officialiser cette relation a rapidement évolué au cours du dernier siècle, mais en suivant beaucoup plus lentement l'évolution observée dans la Société, qui considère de plus en plus que l'homme doit prendre en considération la sensibilité et le bien-être de l'animal.

Il faut toutefois remarquer que le statut de l'animal est très différent d'un pays à l'autre. Si l'Europe et l'Amérique du Nord ont bien progressé dans la mise en place d'un statut juridique pour protéger l'animal, nous sommes loin d'une homogénéité parfaite entre eux. Dans d'autres pays (Asie, Afrique, Amérique du Sud,) la relation entre l'homme et l'animal n'est pas la priorité et il sera difficile d'attribuer un statut aux animaux.

1.2) *Indicateurs de la variable*

Expérimentation animale : pour améliorer les connaissances de certaines espèces, pour répondre aux exigences en matière de santé humaine. L'utilisation d'animaux à des fins d'expérimentation est remise en question depuis une trentaine d'années bien qu'historiquement justifiée. Depuis 7 ans, le nombre des tests toxicologiques sur les molécules chimiques est en nette augmentation, mais les expérimentations sur les animaux sont de mieux en mieux encadrées.

Bien-être animal : sa prise en compte par la Société commence à partir de la moitié du 19^{ème} siècle, avec la création d'associations anti-vivisection, de mouvements de protection des animaux et a pris de l'ampleur depuis une trentaine d'années.

Protection juridique de l'animal : Code civil, code rural, code pénal, directives européennes. C'est la seule façon d'officialiser les relations entre l'homme et l'animal et de prévenir tout risque possible de dérives en utilisant les animaux.

Les avancées scientifiques : qui démontrent que des groupes d'animaux présentent bien toutes les conditions physiologiques pour ressentir la douleur et que les limites biologiques entre l'homme et l'animal ne sont pas aussi rigoureuses que ce que l'on croyait.

Evolution morale de la Société : la prise en compte de la nature sensible de l'animal progresse dans la Société depuis la moitié du 19^{ème} et va en s'accélégrant depuis une

trentaine d'années. L'animal est de plus en plus présent dans nos sociétés ; augmentation du nombre d'animaux de compagnie, augmentation du nombre de tests toxicologiques et pharmacologique pour assurer une meilleure santé et longévité à l'homme, augmentation du nombre d'animaux en élevage pour subvenir à notre alimentation.

2) Rétrospective

Depuis plusieurs millénaires les animaux sont présents dans les différentes sociétés, avec des rôles et des statuts changeant suivant les espèces et évoluant au fil du temps.

Aujourd'hui, de nouvelles relations avec les animaux semblent se dessiner ; jamais le souci des bêtes n'a été aussi grand, source de réflexions et de discussions sans fins, tant morales que philosophiques et juridiques, sur la manière dont nous devons nous comporter avec elles.

Certains expliquent même les différences de comportement de l'homme vis-à-vis de l'animal dans diverses sociétés, par le rôle donné à l'animal dans nos religions ; avec une interrogation majeure : l'animal a-t-il une âme ? (Baratay, 1995).

Animal et religion

Le judaïsme et l'islam attribuent une âme à toutes les créatures vivantes, qu'elles soient humaines ou animales. Dans ces deux religions il est interdit de tuer les animaux pour le plaisir (chasse) et il est demandé de prendre soin des animaux que l'on utilise, comme les bêtes de somme.

Le christianisme insiste sur la différence entre l'homme, qui est le seul à posséder une âme car créé par Dieu à son image, et les animaux créés à partir de l'eau et de la terre et qui en sont dépourvus (Brisebarre, 2011). Le texte de la Genèse (I-24, II-7) a servi de base à toute une doctrine qui présente l'homme comme l'aboutissement de la création. Il n'est alors pas surprenant que l'homme estime être une créature supérieure à l'animal.

Cette position a été renforcée au 17^{ème} siècle par l'influence de la Réforme catholique et les théories cartésiennes. Pour Descartes (1646), la théorie des animaux machines est une pièce maîtresse de son raisonnement, de la domination et de l'exploitation de la nature par la raison. (Baratay, 1996).

Malebranche (1647) pousse la théorie de Descartes à l'extrême en affirmant que les animaux parce qu'ils n'ont pas d'âme ne sauraient souffrir. « *Qu'on ne se laisse pas apitoyer : les animaux crient sans douleur* ».

Cette position a duré jusqu'à l'aube de l'ère industrielle et elle est même très influente dans le droit français jusqu'à une date récente.

Dans les années 1960, apparaissent en milieu urbain des bénédictions d'animaux de compagnie, tandis que le Pape Paul VI affirme que la législation protectrice des animaux est « en parfaite harmonie avec la morale catholique » et il réclame l'interdiction des jeux cruels impliquant des animaux (tirs aux pigeons vivants et corridas) (Baratay, 1996).

Animal et société

L'animal est omniprésent dans notre société. Sa place est de plus en plus importante depuis une trentaine d'années avec :

- L'augmentation du nombre des animaux de compagnie. Les français qui possèdent 65 millions d'animaux de compagnie (toutes espèces confondues) sont les champions d'Europe.

- La modification de nos régimes alimentaires. Plus le niveau de vie augmente dans un pays plus la tendance à la consommation de viande augmente aussi, ce qui se traduit par l'augmentation des élevages.
- Les animaux sont de plus en plus utilisés pour faire progresser nos connaissances en médecine et pour vérifier la toxicité éventuelle de diverses substances pour l'homme.
- Du fait de la mondialisation (échanges commerciaux, voyages,..) et de la densification de la population, de plus en plus de zoonoses (maladie transmise par un animal et pouvant atteindre l'homme) sont répertoriées. L'OMS considère que 75% des maladies émergentes sont des zoonoses ; grippe aviaire, dengue, virus West Nile. (Dufour, 2011). De plus un fort ancrage de ces maladies reste présent dans la mémoire collective, avec les souvenirs de la peste, de l'épidémie de vache folle.

A partir de la seconde moitié du 19^{ème}, on assiste à une véritable réhabilitation de l'animal dans la Société. Il retrouve sa place sur l'échelle des créatures et la majorité des sources s'accorde pour lui reconnaître une âme (Chapouthier, 1998). Rapidement on prohibe le sadisme envers les bêtes, non pas pour les protéger mais plutôt pour épargner aux humains un spectacle d'actes de cruauté qui pourraient les choquer. La loi Gramont de 1850 en est la traduction. Mais les amendes et les peines de prison prévues ne s'appliquent qu'à celui qui ferait subir abusivement et en public des mauvais traitements à des animaux domestiques.

Depuis 2011, en France et en Amérique du Nord, sont organisés de nombreux colloques et tables rondes, traduisant une évolution des mentalités sur la sensibilité animale et surtout un besoin de faire changer les relations entre l'homme et l'animal. Le dernier en date : « Nous et l'animal » colloque organisé au Sénat le 7 février 2014 par Chantal Jouano. Un numéro spécial de la Revue Scientifique et Technique, collaborant avec l'OIE (organisation mondiale de la santé animale) est programmé pour mai 2014 sur « Bien-être animal : quelles évolutions ? »

Mais l'intérêt porté aux animaux trouve son origine il y a plus de deux siècles. Le changement dans les mentalités commence à partir du 18^{ème} siècle, où en Grande Bretagne apparaît un mouvement revendiquant un droit pour les animaux. Le principe d'une reconnaissance du statut moral de l'animal est posé. Ainsi la première association anti vivisection est créée en Angleterre en 1864 et a eu comme premier président Victor Hugo qui s'est battu pour améliorer le sort des animaux en élevage et les méthodes d'abattage en public. « *Les animaux n'iront pas en enfer ; ils y sont déjà* ».

Cette tendance s'est accélérée au cours des dernières décennies qui sont marquées par des évolutions majeures dans les relations entre l'homme et l'animal et qui en ont modifié l'approche classique par la philosophie (Vanelle, 2011). Est-il légitime de tuer ou de faire souffrir un animal pour se nourrir, se divertir, ou faire progresser la science ?

Cette tendance est marquée par la création d'associations visant à la protection des animaux et à l'amélioration de leur bien-être. Cette modification de la conscience a abouti aussi à l'amélioration des conditions d'élevage et d'abattage de quelques-unes des espèces animales les plus consommées.

Animal et sciences

L'expérimentation animale remonte à l'Antiquité (Chapouthier, 1998) et était pratiquée par le biais de dissection pour connaître les bases de la physiologie et de l'anatomie. Plus près de nous, les investigations menées chez l'animal ont conduit à l'attribution de plus de la moitié des prix Nobel décernés en médecine et en physiologie depuis 1901 (Maurin-Blanchet, 2007).

De nos jours l'utilisation de l'animal en expérimentations perdure, même si elle est plus ciblée, avec des modèles animaux mieux définis génétiquement et obtenus dans des conditions sanitaires élaborées

L'utilité de l'expérimentation animale est très largement reconnue, tant dans le domaine de la recherche biomédicale, que pour assurer la sécurité des produits mis sur le marché. En revanche deux revendications fortes émergent : limiter le plus possible les dommages causés aux animaux et développer des méthodes de substitution (Lejeune, 2009). Il existe une forte pression sociale pour réduire le nombre d'animaux en expérimentation tout en multipliant les essais toxicologiques sur les substances chimiques consommées et utilisées par l'homme, pour assurer une meilleure protection de sa santé.

En 1959, Russell et Burch présentent la règle des 3R, qui constitue le fondement de la démarche éthique liée à l'expérimentation animale en Europe et en Amérique du Nord. (Pévot, 2011) et s'appuie sur :

- *Reduce* : réduire le nombre d'animaux en expérimentation
- *Refine* : optimiser la méthodologie, limiter ou éviter la douleur et la souffrance notamment en fixant des points limites.
- *Replace* : remplacer les modèles animaux à chaque fois que possible, par des méthodes in vitro (études sur cellules), ou in silico (modélisation mathématique).

Le concept des 3R ne fait pas l'objet d'une mention explicite au sein de la législation européenne, mais ses principes sont intégrés dans la Directive de 1986 et celle de 2010 sur l'expérimentation animale.

Pour veiller au bien-être animal, l'Europe a édicté en 1986 une Directive visant à protéger les animaux utilisés dans le cadre expérimental. En même temps, plusieurs structures ont été créées au niveau européen pour le développement et la validation des méthodes alternatives, qui permettront de remplacer les animaux (mammifères, oiseaux, poissons) utilisés dans les expérimentations (GIS FRANCOIPA, 2012). En France, la communauté scientifique a devancé le législateur et a mis en place dès 2001 les comités régionaux d'éthique, chargés d'évaluer toute expérience sur l'animal pouvant lui provoquer du stress ou de la douleur.

En 2010, une nouvelle directive européenne pour encadrer l'expérimentation animale a été promulguée et traduite en droit français en février 2013. Son champ d'application a été étendu à certains invertébrés (céphalopodes) et à des formes larvaires. Elle met en place un système d'autorisation d'expérimenter délivrée par le MESR, après une évaluation des procédures expérimentales par des comités d'éthiques régionaux spécialisés dans les différents domaines de l'expérimentation animale.

Pour prendre en compte d'avantage la santé humaine, l'Europe a mis en place en 2007 le règlement REACH (Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals), qui

visé à évaluer la toxicité de substances chimiques pour la santé humaine ; 100 000 molécules seront à tester pendant 10 ans. Cette réglementation concerne en particulier les substances carcinogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction (CMR). (Durand, 2012).

La règle des 3 R est-elle bien appliquée ?

Les méthodes substitutives en expérimentation animale

Depuis 1991, où cette problématique a été prise en compte au niveau européen, des méthodes substitutives ont été validées réglementairement ; 15 pour la toxicité et 6 types de tests pour le contrôle défini par la pharmacopée européenne. Ce nombre reste faible, car :

- La démarche de validation reste longue (de 10 à 20 ans) ;
- Elle est coûteuse (200 000 € / étude). Chaque méthode doit faire la preuve de sa reproductibilité et de son efficacité à détecter des propriétés toxiques de nombreuses familles de molécules (Milhaud, 2013) ;
- L'absence de réelle stratégie coordonnée de remplacement au niveau européen, due en partie à la faible mobilisation des états (Lejeune, 2009). En 2009, la Commission européenne a alloué à l'industrie cosmétique 100 millions d'euros afin de développer de nouvelles méthodes de substitution, dans le domaine de la toxicité systémique qui interdit à partir de 2013 l'utilisation d'animaux pour tester les produits cosmétiques mis sur le marché européen.

Les méthodes substitutives ne semblent pas pouvoir être utilisées, pour le moment, dans tous les cas. On ne peut pas se passer de l'expérimentation animale ; c'est la seule façon d'étudier un organisme complet et les résultats sont plus fiables : 40% des résultats obtenus sur les primates sont transposables à l'homme, contre 1% des tests sur les cellules (Demey, 2014).

Mais pour les tests toxicologiques ciblés sur certaines fonctions biologiques particulières (reproduction) des tests concluants ont été réalisés sur des cultures cellulaires. (Durand, 2012). Ces tests ont donné d'excellents résultats du fait de la complémentarité des techniques employées : physiologie cellulaire, transcriptomique, protéomique, jusque-là étanches.

Ces tests pourraient cribler des centaines de produits chimiques pour connaître leur toxicité sur la fertilité masculine et ainsi de pouvoir diminuer drastiquement le nombre d'animaux utilisés en repro-toxicologie. Mais la question importante reste de savoir si les observations faites chez l'animal sont transposables à l'homme.

Le nombre d'animaux mis en expérimentation

Le nombre d'animaux mis en expérimentation dans l'Union Européenne a baissé de 40% depuis 1990. Mais les chiffres restent à peu près stables depuis 2000, avec toutefois une augmentation du nombre de primates non-humains, ainsi que du nombre d'animaux braconnés. Dans ces statistiques, la France occupe la première place (2 millions d'animaux contre 10 millions pour tous les pays européens) ; où en plus des expérimentations toxicologiques et biomédicales, les animaux sont largement utilisés dans les cycles de formation scientifiques. (One Voice, 2014).

Au cours des 25 dernières années, le nombre de centres d'expérimentation animale a chuté de plus de 60%. Mais le regroupement de ces centres n'a eu aucun effet ni sur la mise en

commun de moyens pour le développement de méthodes alternatives, ni sur la mutualisation des données ; le nombre d'animaux mis en expérimentation reste stable depuis 2000.

Cas particulier des poissons

Parmi les vertébrés, ce sont les poissons qui ont le plus souffert d'une conception erronée de l'échelle de l'évolution. Dans nos sociétés le poisson est ressenti comme un animal stupide, pour lequel nous avons peu d'égards (Brown, 2004). Ceci est dû à la position des poissons dans l'évolution animale ; c'est le plus primitif des vertébrés et donc il aurait la plus faible évolution cérébrale. Mais, depuis 1960 et surtout depuis 1990, le nombre de travaux fondamentaux sur les poissons a considérablement augmenté (500 articles recensés en 2003 sur le comportement d'apprentissage) et notre connaissance de leurs capacités a fortement évolué. Nous nous rendons compte maintenant que, comme le reste des vertébrés, les poissons présentent un riche éventail de comportements complexes et que l'apprentissage joue un rôle central dans le développement de leur comportement. Les poissons peuvent mémoriser et avoir des interactions sociales.

Il a fallu attendre 2003 pour que Sneddon démontre que les poissons possèdent l'équipement neurologique indispensable pour ressentir la douleur et donc qu'ils peuvent souffrir. Mais cette démarche ne fait pas l'unanimité chez les scientifiques et Rose (2011) réclame que la mise en évidence de la perception de la douleur chez les poissons soit démontrée par des critères objectifs comme la reproduction, le taux de croissance, la résistance aux maladies. Il conclue en affirmant que si les poissons ont des connections neurologiques leur permettant de ressentir inconsciemment la douleur (nociception), ils ne peuvent pas avoir conscience de la souffrance.

Animal et réglementation

La situation en France

La 1^o prise en compte juridique du statut des animaux date de 1850, avec La loi Gramont.

En 1976, une loi définit l'animal comme un être sensible et servira de base aux différents règlements servant à encadrer l'expérimentation animale.

En 1994, la réforme du Code Pénal place les atteintes faites aux animaux en dehors de la catégorie des atteintes faites aux biens. Une application récente a été la condamnation en 2014, à de la prison ferme d'un homme qui a maltraité un chat.

Un rapport commandé en 2005 par le Ministère de la Justice montre bien les incohérences du statut de l'animal dans le droit français et donc la difficulté à le protéger. (Antoine 2005) Ce rapport conclut à la nécessité de réformer le code civil et de reconnaître les animaux comme une entité à part entière. Cette modification a bien eu lieu, mais en février 2014 (Afp, 2014), par laquelle l'animal perd son statut de « meuble ».

L'évolution du droit pour la protection des animaux s'appuie aujourd'hui sur une éthique fondée sur le respect de la sensibilité spécifique de l'animal apte à ressentir la douleur ou à éprouver des émotions. Ce thème a fait l'objet d'un colloque en 2012 à Paris, sous l'égide de l'organisation mondiale de la santé animale. Ce colloque nous apprend :

- Il semble effectivement délicat de mettre en évidence que les différentes espèces étudiées ressentent la douleur. Même les scientifiques ne sont pas tous d'accord sur les méthodes à employer, qui sont basées sur des approches neurologiques et éthologiques.
- Le droit tend à adapter ses règles aux mouvements scientifiques et éthiques découlant des avancées scientifiques devenues des certitudes. Mais, il a du mal à adapter ses textes. En France, la panoplie juridique contient de nombreuses dispositions protectrices de la condition animale, mais on ne se décide toujours pas à adopter une définition claire et incontestable de la sensibilité de l'animal (Coulon, 2012)

La situation en Europe

Le bien-être des animaux utilisés en expérimentation est pris en compte dans l'Union Européenne, par la Directive de 2010. Celle-ci précise que :

- Les animaux soumis à la réglementation : les vertébrés non humains, les céphalopodes les formes larvaires autonomes, et les formes fœtales de mammifères.
- Le principe des 3R doit être systématiquement appliqué.
- Les établissements d'expérimentation doivent être agréés et leur personnels avoir suivi une formation particulière.
- Chaque projet d'étude doit avoir une autorisation préalable, après un avis favorable sur l'intérêt scientifique et les considérations éthiques.
- Les États membres doivent encourager les méthodes alternatives.

En 1992, la Convention européenne pour la protection des animaux de compagnie est entrée en vigueur. Elle interdit de leur causer inutilement de la douleur, de la souffrance et de l'angoisse.

La situation aux USA

Le texte de l'Animal Welfare Act (1966) prend en compte les animaux utilisés en recherche, dans les spectacles et dans l'enseignement. Au contraire de la Directive européenne qui insiste sur les stades de développement des animaux entrant dans le cadre réglementaire, l'AWA définit la liste des animaux soumis aux contraintes réglementaires pour l'expérimentation animale. Il ne s'agit que d'animaux vertébrés à sang chaud. Les poissons en sont donc exclus.

Cette particularité a permis à l'équipe d'écotoxicologie de l'Université de Bordeaux de réaliser facilement aux USA, dans un laboratoire partenaire, des tests de contamination sur des adultes de poissons Medaka (Oryzias latipes). En France, une telle étude se serait heurtée à l'obtention d'une autorisation d'expérimenter, ce qui allonge considérablement les délais administratifs.

Ce texte a été complété en 1985 par le Health Research Extension Act, qui définit les règles à respecter dans les établissements de recherche utilisant des animaux, avec en particulier :

- Tout établissement pratiquant l'expérimentation animale doit être rattaché à un comité de surveillance du bien-être animal (l'équivalent de nos comités d'éthique), qui pratique des contrôles périodiques pour donner un agrément de conformité avec la réglementation.

- Toutes les personnes participant aux expérimentations animales suivent une formation spécifique.
- Si des manquements sont observés ou si les conditions du bien-être animal ne sont pas respectées, le National Institut of Health peut suspendre ou annuler les aides ou les contrats attribués à l'établissement.

La situation au Royaume-Uni

C'est en 1876 qu'a été publiée la première loi au monde sur la protection des animaux utilisés en recherche. Actuellement, la législation est contraignante et elle impose que l'établissement, les personnes et le projet d'étude soient déclarés et approuvés. A l'occasion de l'application de la Directive européenne de 2010, le Royaume-Uni va réviser sa réglementation pour réduire les contraintes administratives tout en maintenant un niveau élevé de protection des animaux en expérimentation.

La situation au Canada

Le Conseil Canadien de Protection des Animaux, créé en 1968, encadre l'utilisation éthique des animaux en recherche. Le Canada est actuellement le seul pays qui réunit sous la responsabilité d'un seul organisme des activités diverses, comme :

- Edicter les lignes directrices et les normes en vigueur au Canada ;
- Dresser le bilan annuel des animaux utilisés dans les centres de recherche ;
- Assurer la formation des personnes qui les manipulent;
- Evaluer les programmes et certifier les établissements ;
- Inciter à l'application du principe des 3 R.

La situation en Chine

Le développement très rapide du pays et les échanges avec l'Europe et les USA ont permis de faire progresser les conditions de la recherche. Le Ministère des Sciences et de la technologie applique la législation datant de 1983, en recommandant surtout l'application de pratiques visant au bien-être des animaux de laboratoire. Il travaille au rapprochement de ces recommandations avec celles de l'Europe et de l'Amérique du Nord.

La position de l'animal sauvage

Une demande de plus en plus pressante émanant d'associations de protection des animaux ainsi que de juristes a vu le jour ces dernières années en France pour protéger de façon efficace les animaux sauvages. Elle est basée sur la reconnaissance de la sensibilité des animaux et la demande de l'application de peines en cas de maltraitance avérée sur les animaux. (Marguenaud, 2013).

Le colloque « La souffrance animale, de la science au droit » en 2012, a permis d'aborder le statut de l'animal sauvage. Il n'est pas reconnu dans les textes comme un être vivant doté de sensibilité ; le droit de l'environnement se préoccupe de la gestion de ses effectifs et l'animal sauvage bénéficie d'une protection à titre collectif et non individuel. L'animal sauvage n'est en effet pas reconnu dans les textes comme un être vivant doté de sensibilité. Il est protégé par des textes règlementaires, uniquement dès qu'il est enfermé dans un zoo ou un cirque. Ainsi en France se côtoient un régime de destruction d'animaux ayant un statut d'espèces nuisibles, avec un régime de protection intégrale d'autres espèces (Ambrosini, 2012).

La Commission européenne, à l'occasion de la révision de sa stratégie 2012-2015 pour le bien-être animal, a lancé une consultation en ligne sur le thème : "Est-il important que l'Union Européenne s'implique dans une politique de bien-être des animaux sauvages ?", 88% des 9 000 participants se sont révélés en désaccord avec cette option. En effet, les chasseurs avaient voté en masse pour s'opposer à la reconnaissance de la sensibilité des animaux sauvages, qu'ils considèrent comme une contrainte supplémentaire pour l'exercice du droit de chasse ou de pêche.

L'état des populations d'animaux sauvages est évalué régulièrement dans les pays membres de l'IUCN (International Union for Conservation of Nature), dont un des objectifs est le maintien de la biodiversité. Le classement de ces populations du stade non vulnérable jusqu'à celui d'espèce en danger d'extinction, voire d'espèce disparue permet aux États de prendre des dispositions pour protéger ces populations. Des actions peuvent être prises au niveau international en limitant ou interdisant les échanges commerciaux des espèces en voie d'extinction, afin d'en assurer la survie. Actuellement 180 États font partie de la CITES (Convention sur le commerce international des espèces de faune et flore menacées d'extinction), qui a permis, depuis sa création en 1973, de protéger plus de 35 000 espèces sauvages animales et végétales.

Cas particulier des poissons

La préoccupation du bien être des poissons dans le milieu naturel ne fait l'objet d'aucune prise en compte réglementaire. En 2007, Cooke, dans un long article bien argumenté, suggère qu'il serait temps d'intégrer la prise en compte du bien-être des poissons dans les activités de pêche de loisir et commerciales en améliorant les méthodes de capture et de manipulation pour minimiser leur douleur et souffrance et que même la pratique de la pêche de loisir en « no kill » (relâcher après capture) n'est pas sans risque pour le poisson, tant d'un point de vue souffrance qu'en modifiant son comportement se traduisant par une réduction de l'alimentation et une moindre efficacité à éviter les prédateurs.

Animal et élevage

La réglementation protégeant les animaux d'élevage est sous-tendue par la reconnaissance de leur sensibilité, c'est-à-dire de leur capacité à ressentir le plaisir, la souffrance, des émotions. En France, c'est l'[article L214 du code rural](#) (codification d'une loi de 1976) qui mentionne leur caractère d'être sensible (Dantzer, 2002).

Les avancées réglementaires sur la protection des animaux dans les élevages sont avant tout le fait de l'Union Européenne. La France a plutôt tendance à freiner les évolutions positives proposées dans le secteur de l'élevage. La Directive européenne de 1986 (http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/animal_welfare/l12100_fr.htm), ratifiée par tous les États membres, établit les règles générales pour la protection des animaux dans les élevages, quelle que soit l'espèce, à l'exception des animaux d'expérimentation, les animaux sauvages et les invertébrés. Les États membres doivent garantir le bien-être de leurs animaux et que ceux-ci ne subissent aucune douleur, souffrance ou dommage inutile, dans les domaines :

- De l'élevage ; en établissant des règles générales, toutes espèces confondues, pour la protection des animaux en élevage, en s'inspirant largement de la Convention européenne sur la protection des animaux dans les élevages (1978).

- Du transport ; en définissant une densité maximale par camion, des temps de repos à respecter, les aménagements des camions.
- De l'abattage; avec l'obligation de ne pas faire souffrir les animaux et la pratique de l'étourdissement avant l'abattage. Avec une dérogation pour tous les abattages rituels, où les animaux doivent être conscients avant d'être saignés puis découpés. A noter que le Danemark est le premier pays à avoir rendu obligatoire la pratique de l'étourdissement avant l'abattage, même pour les abattages rituels.

Les textes ne concernent que quelques espèces bien précises (poules pondeuses, cochons, veau, poulets de chair). La réglementation est donc insuffisante pour garantir une protection minimale des animaux dans les élevages, dans les transports et dans les abattoirs. Pour certaines filières, elle est tout simplement inexistante : élevage des bovins, élevages des lapins, élevage de toutes les volailles autres que les poules et les poulets, élevage et pêche des poissons (Agrobiosciences, 2011).

Cas particulier des poissons

La prise en compte du bien-être des poissons est récente.

Des recommandations préconisent la pratique de bons usages pour protéger le bien-être des poissons, mais les textes réglementaires existant sont :

- Soit généraux : la [directive 98/58/CE du Conseil de l'Europe](#) qui définit des normes minimales relatives à la protection des animaux dans les élevages, y compris les poissons, reptiles et amphibiens.
- Soit focalisés sur certains aspects de l'aquaculture, sans prendre en compte directement le poisson. Il s'agit de réglementer l'impact des rejets sur l'environnement aquatique et les éléments qui ne doivent pas entrer dans la composition des farines destinées à l'alimentation des poissons (depuis la crise de l'encéphalite spongiforme bovine) et de définir le délai entre un traitement pharmacologique et la consommation humaine du poisson.

Une recommandation émise par le Conseil de l'Europe en 2005 est destinée plus spécifiquement aux poissons en élevage :

http://www.coe.int/t/e/legal_affairs/legal_co-operation/biological_safety_and_use_of_animals/Farming/Rec%20fish%20E.asp

Elle précise les conditions d'élevage, de manipulation, de transport et d'abattage qui doivent être pratiquées de façon globale dans les élevages de poissons pour garantir leur bien-être.

Mais, il ne s'agit que de recommandations et par exemple, dans le cas particulier de l'abattage il est souhaité que la méthode employée entraîne un mort rapide du poisson, avec ou sans anesthésie préalable. A noter que dans ses recommandations, la CE demande de ne pas utiliser la section de l'artère branchiale ainsi que l'asphyxie par la diffusion de gaz carbonique dans le bac de stabulation.

3) Prospective

- L'homme qui vit de plus en plus longtemps, réclame une protection efficace de sa santé (contre les risques de cancers, contre les risques de maladies neuro dégénératives, contre les risques de baisse de la fertilité, etc.). Les tests de toxicologie et les essais pharmaceutiques vont être employés systématiquement, sous contrainte réglementaire. Le nombre d'animaux issus d'élevage utilisés dans ces essais va augmenter. Le scepticisme de certains scientifiques sur le transfert des

résultats à l'homme des résultats obtenus avec des rongeurs amènera à utiliser des primates non humains, dont de nombreux spécimens seront capturés dans la nature.

- Par manque de financements pour valider de nouvelles méthodes substitutives, pouvant limiter le nombre d'animaux vertébrés mis en expérimentation, les procédures seront allégées, mais en faisant appel à plusieurs disciplines conjointement.
- Les pays les plus industrialisés (USA, Europe) protègent de plus en plus l'animal pour toutes leurs utilisations (expérimentation, élevage, abattage). Les expérimentations animales sont maintenue surtout pour l'aspect toxicologie en rapport direct avec la santé humaine, mais les contraintes seront de plus en plus sévères sur l'utilisation de vertébrés, avec :
 - Réduction drastique des expériences sur primates non humains ;
 - Utilisation de plus en plus de stades embryonnaires ou larvaires ainsi que des invertébrés ;
 - Utilisation de plus en plus de l'analyse de la modification du génome (techniques « omiques ») et des cultures cellulaires.

Mise en commun des données issues des expériences et des tests toxicologiques dans une banque de données européenne pour réduire le nombre d'animaux mis en expérimentation

- L'expansion mondiale de certaines espèces (moustiques, tiques, rongeurs, etc.) porteurs de pathogènes virulents pour l'homme, ainsi que l'apparition chronique de zoonoses facilement diffusables par les échanges mondiaux, vont obliger les États à réguler ou éradiquer ces populations d'espèces nuisibles pour l'homme.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 - Sacralisation de l'animal

La protection de l'animal est maximale ; des contraintes réglementaires et morales vont empêcher toute contrainte comportementale de l'animal ainsi que toute atteinte à son intégrité physique.

Hypothèse 2 - La santé humaine est prioritaire

Tout est mis en œuvre pour augmenter la durée de vie dans de bonnes conditions de l'homme. En particulier, toutes les nouvelles molécules doivent prouver leur innocuité pour la santé humaine ; elles doivent faire l'objet de test de toxicologie sur des animaux avant d'être commercialisées. Une expérimentation sur des animaux ne peut s'envisager que si elle apporte un avantage pour la santé humaine.

Hypothèse 3 - L'encadrement croissant de l'expérimentation animale

Les contraintes réglementaires pour encadrer l'expérimentation animale sont devenues très contraignantes ; les animaux vertébrés ne sont plus utilisés en laboratoires. Le nombre des centres d'expérimentation a été fortement réduit, car ils sont devenus des spécialistes de cultures cellulaires et de l'étude des modifications du génome

Hypothèse 4 - Priorité à la science

Le besoin de connaissances scientifiques est devenu très important. Les procédures pour utiliser les animaux dans les laboratoires et en formation ont été considérablement allégées

et le nombre d'animaux provenant d'élevages spécifiques et du milieu naturel a été fortement augmenté.

5) Références

Animal et société

- Baratay E., 2011. L'histoire des relations entre l'homme et l'animal. D'une histoire humaine à une histoire animale. Colloque L'évolution des relations entre l'homme et l'animal. Paris. http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Actes_29112011_SD_cle0dd1ba.pdf
- Brown C. 2004. Not just a pretty face? New scientist vol. 182 issue 2451, p. 42.
- Descartes René. 1647. Lettre au Marquis de Newcastle. Œuvres et lettres. La Pléiade. p. 1254-1257. <http://www.ac-grenoble.fr/PhiloSophie/logphil/oeuvres/descarte/newcastl.htm>
- Etienne J-L, 2008. Les statuts de l'animal. Rapport du groupe de travail « Animal et société ». Ed. Ministère de l'Agriculture et de la Pêche, 23 p. <http://www.nosamislesanimaux.com/resources/Rapport-du-groupe-de-travail-n1-Les-statuts-de-l-animal.pdf>
- Kieffer J.P. 2014. Nous et l'Animal. Colloque Paris. Sénat. http://www.oaba.fr/pdf/Lettre_2014_1.pdf

Animal et religions

- Baratay E., 1995 Zoologie et église catholique dans la France du XVIII^e siècle (1670-1840) : une science au service de Dieu. Rev. Hist. Sci. XLVIII/3, 241-265 <http://www.buffon.cnrs.fr/etudes/pdf/zoologie-et-eglise.pdf>
- Baratay E. 1996. L'Eglise et l'animal, XVII^e-XX^e siècle. Editions du Cerf. 386 p.
- Brisebarre A.M. 2011. Les traditions culturelles concernant les animaux dans les religions. <http://www.mediation-animale.org/les-traditions-culturelles-concernant-les-animaux-dans-les-religions/>

Animal et sciences

- Chapouthier G., 1998. L'évolution de l'expérimentation animale : Claude Bernard et la période du XIX^e siècle. Colloque Ed. Ligue française des droits de l'animal. <http://www.equipe19.univ-paris-diderot.fr/Colloque%20animal/Chapouthier%20Expe%20XIX%C2%B0.pdf>
- Demey 2014. Six questions clés sur l'expérimentation animale. Journal Du Dimanche de Janvier 2014. <http://www.lejdd.fr/Societe/L-experimentation-animale-en-France-646852>
- DGCIS. 2010 Etat des lieux, des moyens et compétences en toxicologie et écotoxicologie dans le secteur privé français. Rapport Ministère de la Recherche. 57 p. <http://archives.dgcis.gouv.fr/2012/www.industrie.gouv.fr/portail/chiffres/rapport-toxicologie-ecotoxicologie-2010.pdf>
- Dufour B., 2011. Zoonoses, épidémiologie et mondialisation. Colloque « L'évolution des relations entre l'homme et l'animal », Paris, France. http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Actes_29112011_SD_cle0dd1ba.pdf
- Durand Ph., Prat O., 2012. Test alternatif pour la toxicologie de la reproduction ; L'actualité chimique, n°367-368 <http://www.kallistem.com/test-alternatif-pour-la-toxicologie-de-la-reproduction-i-l-actualite-chimique-n-367-368-i,128.pdf>
- GIS FRANCOPIA. 2012. Etat des lieux des méthodes alternatives dans le domaine de l'expérimentation animale en France. Rapport MESR, 177 p. <http://www.francopa.fr/web/pdf/francopa/rapportGIS.pdf>
- Lachapelle F., 2001. Quelle éthique en expérimentation animale ? Conférence Agrobiosciences. <http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/MPcahiersLaChapelle.pdf>
- Lejeune M., Touraine J-L, 2009. Expérimentation animale en Europe : Quelles alternatives. Quelle éthique ? Quelle gouvernance ? Ed. Office parlementaire. Assemblée nationale. <http://www.assemblee-nationale.fr/13/rap-off/i2145.asp>
- Maurin-Blanchet H., 2007. L'expérimentation animale au cours du temps : un beau sujet de controverse. Bull. Soc. Hist. Méd. Sci. Vét. 7, 50-60
- Milhaud C., 2013. Recherche scientifique et expérimentation animale. Etat de la question. Rapport Académie vétérinaire. 68 p. http://www.recherche-animale.org/sites/default/files/rapport_academie_veterinaire_de_france.pdf
- OIE. 2012. La souffrance animale. De la science au droit. Colloque Paris. Ed. OIE et La Fondation Droit Animal Ethique & Sciences <http://www.fondation-droit-animal.org/documents/colloque2012.pdf>
- One-Voice 2014. Expérimentation animale : des statistiques désolantes. <http://www.one-voice.fr/sante-sans-torture/experimentation-animale-des-statistiques-desolantes/>

Prévot A., 2011. Méthodes alternatives en expérimentation animale. INERIS, 19p. <http://www.ineris.fr/centredoc/dp-methodes-alternatives.pdf>

Rose J. D., 2012. Can fish really feel pain? Fish and Fisheries 15(1), 97-133.

Sergent D., 2014. Beaucoup d'espèces animales ressentent la douleur. La Croix. Science et Ethique. 11-02-2014. <http://www.la-croix.com/Ethique/Sciences-Ethique/Sciences/Beaucoup-d-especes-animales-ressentent-la-douleur-2014-02-10-1104251>

Sneddon L.U., 2003. The evidence for pain in fish: the use of morphine as an analgesic. Applied Animal Behaviour Science 83: 153-162.

Animal et réglementation

Ambrosini A., 2012. Réforme 2012 sur l'animal « nuisible » : l'Etat soumis au lobby de la chasse. Revue semestrielle du Droit Animalier. 1/201 ; 225-. http://www.unilim.fr/omij/files/2013/10/98_RSDA_1-2012.pdf

AFP. 2014. Le statut des animaux progresse dans le code civil. 15-04-2014.

Agrobiosciences, 2011. Elevage et société : apprivoiser les mutations. Table ronde, Toulouse. http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/Cahier_elevage-Ensat-Dec-2011.pdf

Antoine S., 2005. Rapport sur le régime juridique de l'animal. 50 p. Ed. Ministère de la Justice. <http://www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/054000297/0000.pdf>

Cooke S.J, Sneddon L.U., 2007. Animal welfare perspectives on recreational angling. Applied Animal Behaviour Science 104: 176-198

Coulon J.-M., 2012. De la science à la loi, quelle diversité d'approches juridiques à la sensibilité douloureuse des animaux ? Colloque Paris « La souffrance animale ; de la science au droit » <http://www.fondation-droit-animal.org/documents/colloque2012.pdf>

Dantzer R., 2002. Le bien-être des animaux d'élevage. Conférence Agrobiosciences, Vic-en-Bigorre, France. <http://www.agrobiosciences.org/IMG/pdf/dantzer.pdf>

Denoix de Saint Marc R., 2011. Les animaux ont-ils des droits. Nature et Société 292, 37-41

Nadaud S., 2011 La nouvelle donne du droit animalier. Colloque "L'évolution des relations entre l'homme et l'animal", Paris, France. http://agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Actes_29112011_SD_cle0dd1ba.pdf

Efsa 2010. Bien-être des poissons. Autorité européenne de sécurité des aliments. <http://www.efsa.europa.eu/fr/topics/topic/fishwelfare.htm>

Health Research Extension Act de 1985 <http://grants.nih.gov/grants/olaw/references/hrea1985.htm>

La réglementation. 2014. <http://www.recherche-animale.org/decouvrir-la-recherche-animale/la-reglementation>

US Animal Welfare Act de 1966 <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/USCODE-2012-title7/html/USCODE-2012-title7-chap54.htm>

Marguenaud J.P., 2013. Retour sur la proposition de réforme du statut de l'animal. Revue Semestrielle du Droit Animalier 1/2013: 179-182. <http://www.unilim.fr/omij/files/2013/11/RSDA-1-2013.pdf>

2.2. Sensibilité des citoyens aux problématiques des PMA (V2.2)

Composante	: Demande de recherche et expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Eric Rochard (relecture Gérard Castelnaud)
Mise à jour	: 10 juin 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) Définition de la variable

La sensibilité des citoyens aux problématiques des PMA est définie ici comme la capacité des citoyens et des collectifs de citoyens à se sentir concernés/intéressés par certains ou tous les PMA, ou par les enjeux associés à ces PMA.

Elle intègre les facteurs patrimoniaux ou culturels associés à cette sensibilité et les conséquences en matière de gestion de ces espèces.

1.2) Indicateurs de la variable

Quatre indicateurs peuvent être considérés :

- La couverture médiatique des PMA
- Le nombre et l'importance des structures et agences s'intéressant à cette thématique
- La place des PMA dans les annonces et les programmes des collectivités
- Les financements accordés aux travaux de recherche sur les PMA

2) Rétrospective

2.1) Un intérêt multiforme pour ces espèces

L'intérêt pour les PMA est clairement multiforme.

Ils représentent tout d'abord des ressources alimentaires (cf. fiche V2.3.) surtout en Afrique (e.g. cas des aloses du genre *Ethmalosa* avec 175 000 t/an pour *Ethmalosa fimbriata* ; Charles Dominique et Albaret, 2003) ou en Asie du sud-est (e.g. genre *Tenualosa* qui représente 25% des protéines consommées au Bangladesh ; Blaber, 2001).

Ils sont également le support de traditions locales en France et ailleurs. On peut citer :

- Les confréries et les fêtes, y compris quand l'espèce est devenue rare (e.g. persistance de la fête de l'alose à Cologne encore 50 ans après sa disparition, la fête de l'alose encore cette année 2014 à Lormont, St Pierre d'Aurillac, Macau etc.)
- La gastronomie (Figure 6) à laquelle des activités festives sont liées, basée sur des plats régionaux, souvent en association avec les vins régionaux en France (e.g. lamproie à la bordelaise, alose aux pruneaux, matelote d'anguille au riesling, friture d'éperlan de la Seine, saumon fumé, caviar de Gironde). Elles ont contribué au maintien d'une activité économique en zone rurale en lien avec des pêches commerciales (phénomène des tapas d'angulas en Espagne), mais aussi de loisir. Par exemple, à l'échelle de l'aire de distribution de ces espèces avec un lien également très fort avec la période de remontée, la pêche du poulamon atlantique (*Microgadus tomcod*) dans la rivière Sainte-Anne au Québec, ouvrant les activités plus purement récréatives.



Figure 6: Illustrations de la place des PMA dans la Société : carte postale avec la recette de la lamproie à la Bordelaise, publication présentant la pêche du poulamon atlantique, fête de l’alose à Audon (plus de 800 participants, source Sud-Ouest du 17/05/2014)

Les PMA sont le support d’activités de loisir, comme :

- la pêche du saumon Atlantique (Scandinavie, Russie, Alaska, etc.) avec, par exemple, pour le Québec des retombées importantes (40 M\$ et plus de 980 emplois)
- l’écotourisme avec, par exemple, la visite des frayères d’esturgeons dans la Wisconsin, ou encore la remontée des saumons de la rivière Adams (500 000 visiteurs en 2002, http://www.youtube.com/watch?feature=player_detailpage&v=hBwCFOasIiY ou encore les chambres de vision installées dans les passes à poissons pour montrer au public des enregistrements de passage de PMA (par exemple sur le site de l’EPTB Vilaine <http://www.eptb-vilaine.fr/site/index.php/les-migrateurs/les-passes-a-poissons/video-passes-a-poissons>). Certains site vont plus loin avec des webcams permettant en direct de suivre ce qui se passe (ex la shadcam installée au barrage de Boshier <http://www.dgif.virginia.gov/fishing/shadcam/> pour suivre le passage des aloses)

Ces PMA ont, enfin, des valeurs symboliques :

- Symbole historique (Figure 7) avec les traces laissées par les hommes préhistoriques (saumon atlantique gravé de 25 000 ans),
- Symbole de prestige (Figure 7) avec les éperlans sur les armoiries de Caudebec-en-Caux, source de richesse pour la commune transformés en saumons atlantiques par décret royal, avec les nombreuses représentations dans les blasons des communes (ex esturgeon à Isle- St-Georges et Bonnetan, lamproie à Ste-Terre) et plus récemment au milieu des ronds-points (ex alose à Agen et Macau, esturgeon à St-Georges-de-Didonne ou au bord de l’Oste).



Figure 7 : Saumon gravé à l’abri du poisson (Dordogne), blason d’Isle-St-Georges (Gironde) et esturgeon en bois au milieu d’un rond-point à St-Georges-de-Didonne (Charente maritime)

- Symbole de qualité d’eau, de nature, de saison (Figure 8) et utilisé comme tel par les publicitaires (e.g. publicité de la RATP ou de Décathlon)



Figure 8 : Campagne de la RATP, la grande alose poisson de l’année 2004 en Allemagne, publicité pour Décathlon

Espèces	Nombre d’articles
Aloses	30
Truite	17
Anguille	16
Esturgeon	15
Saumon	12
Lamproies	11
Eperlan	4
Mulet	3
Flet	0

Figure 9 : Nombre d’articles consacrés aux PMA dans le journal Sud-Ouest depuis 2010 (source Google), tous angles d’approche confondus

Ces espèces migratrices, de par leur rôle de symbole et indicateur de qualité de l’eau, de par leur statut sauvage et migratoire (qui, pour certaines les fait comparer par les praticiens à du gibier), de par leur valeur gastronomique, font ressortir les dérives de l’aquaculture intensive (saumon en particulier), les questions de qualité nutritionnelle et gustative, de qualité sanitaire (de certains animaux d’élevage mais aussi des animaux sauvages contaminés, impropres à la consommation et révélateurs de la pollution et dégradation du milieu naturel).

2.2) Dispositifs réglementaires et de gestion

En France, ils résultent des Ministères, des collectivités territoriales, des associations de pêcheurs professionnels et amateurs et donc en partie d'une pression et d'une volonté citoyennes (Figure 10) :

- De 1976 à 1981, la mise en place d'un Plan saumon visant à restaurer et réintroduire si besoin le saumon atlantique *Salmo salar* et la truite de mer *Salmo trutta*.
- De 1981 à 1986, la mise en place d'un plan « migrateurs » élargi à la grande alose *Alosa alosa*, l'Alose feinte *Alosa fallax*, la lamproie marine *Petromyzon marinus*, lamproie de rivière *Lampetra fluviatilis*, l'anguille européenne *Anguilla anguilla* et esturgeon européen *Acipenser sturio*.
- De 1991 à 1995, le Contrat retour aux sources dans le prolongement direct du plan « migrateurs ».
- Création en 1994 des Comités de Gestion des Poissons Migrateurs pour décider de la gestion des PMA à travers un plan de gestion PLAGEPOMI établi à l'échelle des bassins. En fait il ne considère que 8 espèces : l'anguille européenne, la grande alose, l'alose feinte, le saumon atlantique, truite de mer, lamproie marine, lamproie de rivière.
- La création des associations « migrateurs » (statut association loi de 1901) à l'initiative du Ministère chargé de l'Environnement et du Conseil Supérieur de la Pêche (actuellement ONEMA). Actuellement, MIGADO (Migrateurs Garonne Dordogne), LOGRAMI (Loire Grands Migrateurs), Migradour (migrateurs Adour) Saumon Rhin, Seinormigr (Seine Normandie Migrateurs) et BGM (Bretagne Grands Migrateurs). Elles consacrent une partie importante de leur temps à la communication et à la sensibilisation (séminaires, plaquettes, lobbying etc.) (Figure 10).

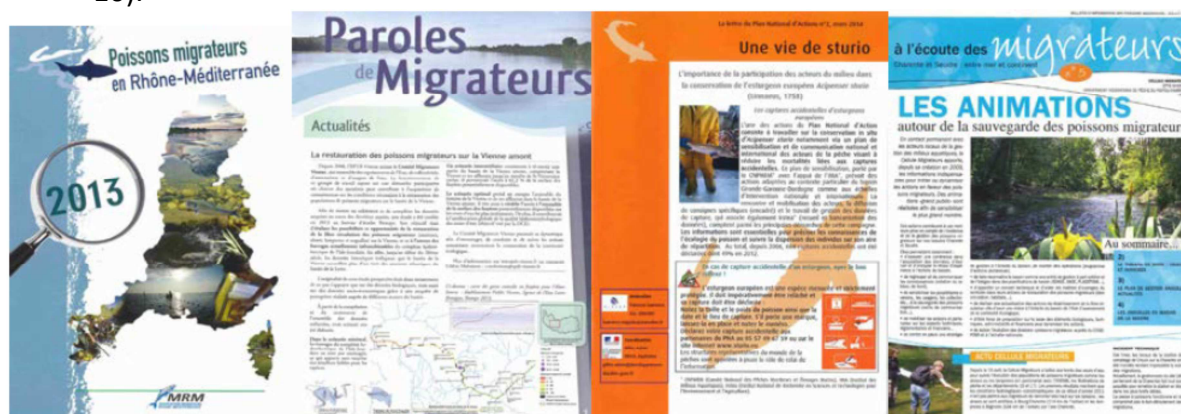


Figure 10 : Exemples de couvertures des journaux diffusées par des associations « migrateurs » ou des plans d'action

- Le lancement, en 2009, d'une réflexion pour la mise en place d'une stratégie nationale concernant les PMA (STRANAPOMI) avec comme objectif de donner un cadre national pour les priorisations d'action, de revoir la gouvernance (intégration de nouveaux acteurs) et d'articuler ces décisions dans les SDAGE. Différents scénarios ont été proposés.
- Le plan de gestion européen sur l'anguille, règlement CE du 18 septembre 2007, avec déclinaisons nationales (PGA France du 15 février 2010).

2.3) Implication des chercheurs

En 1986 est créé le Groupe Permanent de concertation « poissons amphihalins » qui se transformera en 1993 en Groupe d'Intérêt Scientifique GIS « poissons amphihalins » (GRISAM). Ces groupes rassemblaient des chercheurs de l'INRA, l'Ifremer, le Cemagref (devenu Irstea) et le Conseil Supérieur de la Pêche (CSP devenu ONEMA). Très actif dans les années 1990-2000 avec la gestion d'un appel à projet dédié (financement Ministère chargé de l'environnement), l'organisation de séminaires, journées techniques, il a été par la suite, à l'exception de ce qui concerne l'anguille, moins actif. A noter toutefois depuis quelques temps, les demandes de plus en plus fréquentes d'expertises collectives sollicitées par l'État ou des opérateurs.

3) Prospective

Le statut des espèces migratrices (cf. V1.4) et donc leur prise en charge par des instances réglementaires reflète autant l'intérêt porté par les citoyens aux différentes espèces que leur statut réel. Sur ce point, peu de changement est à attendre. Les espèces phares demeureront car l'intérêt est profondément ancré, en lien avec la pêche de ces espèces, sa « sportivité » (cf. la distinction entre « game fish » et « coarse fish ») ou l'intérêt gastronomique associé. On peut juste imaginer que l'intérêt pour certaines espèces peu prisées comme le mulot porc (*Liza ramada*) par exemple progresse.

La réforme des COGEPOMI et leur mise en cohérence avec les SDAGE devrait un peu rationaliser les actions (le changement climatique pourrait également y aider) et donner de la cohérence au niveau national. Des opérateurs souhaitent aussi bénéficier d'une analyse des actions financées et des résultats obtenus, le GRISAM est la structure la mieux placée pour coordonner ces expertises collectives.

Les approches autour de la biodiversité (intégrant les PMA dans des approches plus globales) sont actuellement plutôt des approches « en plus » que des approches « à la place de ». Elles se développent mais les financements sur cette thématique sont limités au niveau national (ex arrêt des appels à projet de la FRB en 2013 faute de fonds), ils existent à l'échelle européenne mais aussi à l'échelle de certaines collectivités (e.g. Pas de Calais ; <http://www.pasdecalais.fr/Developpement/La-Biodiversite-dans-le-Pas-de-Calais>).

Avec la montée des considérations éthiques envers les animaux (cf. fiche V4.1 sur les outils de mesure), on peut imaginer une augmentation de l'intérêt porté aux PMA : on voit, par exemple, des personnes se mobiliser pour le sauvetage de l'ours « machin » dans telle ou telle région, ce type d'évènement permet d'interpeller sur la disparition de telle ou telle espèce. On peut imaginer que des évènements similaires se produiront avec les PMA dans quelques années (on le voit déjà avec les baleines, les dauphins). On peut en faire l'hypothèse mais sans plus.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 (moyenne)

L'intérêt du grand public pour les espèces migratrices est maintenu entraînant la poursuite du soutien des collectivités locales et des opérateurs de l'État. On assiste à une prise en compte globale des PMA dans le cadre des politiques liées à la biodiversité (ex trame verte et bleue). Sur les autres sujets, la focalisation sur certaines espèces phares se poursuit.

Hypothèse 2 (basse)

Les espèces déclinant et les plans de restauration échouant, la Société se détourne se détourne des PMA. Les moyens anciennement affectés aux PMA sont mis sur d'autres sujets de préoccupations.

Hypothèse 3 (haute)

Les PMA sont sacralisés et minutieusement comptabilisés, protégés, valorisés, suite à une mobilisation irrationnelle pour leur valeur patrimoniale et gastronomique. D'une manière générale la sensibilité environnementale de la Société augmente et les PMA deviennent des indicateurs du vivant et à forte valeur symbolique.

5) Références

- Balland P., Manfredi A., 2006. Le devenir des programmes de restauration en faveur des poissons migrateurs. Paris: Ministère de l'écologie et du développement durable, Rapport de l'inspection générale de l'environnement 90 pp.
- Blaber S.J.M., Milton D.A., Brewer D.T., Salini J.P., 2001. The shads (genus *Tenuulosa*) of tropical Asia: an overview of their biology, status and fisheries. In: Proceedings of the International Terubok Conference, Sarawak, Malaysia (Eds. S.J.M. Blaber, D.T. Brewer, D.A. Milton, C.H. Baiano). Sarawak Development Institute, 9-17.
- Bonnieux F., 2001. Évaluation de l'impact sur l'économie régionale de la pêche amateur : l'exemple des salmonidés migrateurs. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 357/360: 421-437.
- Charles-Dominique E., Albaret J.-J., 2003. African shads, with emphasis on the West African shad *Ethmalosa fimbriata*. American Fisheries Society Symposium 35: 27-48.
- Pellegrini P., Rochard E. 2008. Les poissons migrateurs des indicateurs de la qualité des relations des humains entre eux et avec leur milieu. In : L'après développement durable, espace nature, culture et qualité (Eds. A. Da Lage, J.-P. Amat, A.-M. Frèrot et al.). Ellipses, 277-284.
- Pellegrini P., Rochard, E., 2008. Gouvernance et poissons migrateurs : analyse de l'outil COGEPOMI. Appel à projet interne "Maitrises". Bordeaux, Cemagref, Muséum National d'Histoire Naturelle: 38.
- Rochard E., et al. 2007. Identification éco-anthropologique d'espèces migratrices, emblématiques de la reconquête d'un milieu fortement anthropisé, la Seine. Programme Seine aval, Cemagref Bordeaux, Rennes Agrocampus, Muséum National d'histoire Naturelle: 143.
- Rochard E., et al. 2009. Identification of diadromous fish species on which to focus river restoration: an example using an eco-anthropological approach (the Seine basin, France). In: Challenges for Diadromous Fishes in a Dynamic Global Environment (Eds. A. J. Haro, K. L. Smith, R. A. Rulifson et al.). Bethesda (MD, USA), American Fisheries Society 69: 691-711.
- Site web de la FGRSQ <https://www.saumonquebec.com/QuiSommesNous/QuiSommesNous.aspx>
- Mission d'animation des Agrobiosciences INRA (www.agrobiosciences.org)
- Burgat F., 2014. « ANIMALITÉ », *Encyclopædia Universalis* [en ligne], consulté septembre 2014. URL : <http://www.universalis.fr/encyclopedie/animalite/>
- Vincent C., 2012. Animaux, êtres sensibles, sujets de droit. Le Monde. Sciences et Technologie. p. 1-5.

2.3. Aspect vivrier et importance économique des PMA (V2.3)

Composante	: Demande de recherche et expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Gérard Castelnaud
Mise à jour	: 3 juin 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) Définition de la variable

Les PMA font l'objet de pêche récréative et commerciale (pêche professionnelle mais aussi braconnage) qui se traduisent par un apport vivrier en protéines nobles et par des retombées économiques, liées au marché des poissons (traitement, conditionnement, vente), aux dépenses d'équipement, de déplacement et d'hébergement des pêcheurs, aux activités touristiques et culturelles (gastronomie, fêtes, confréries).

La dimension vivrière, liée à la satisfaction de base des besoins alimentaires et à la phase de production des denrées alimentaires, a été oubliée depuis plusieurs décennies dans nos pays développés, au profit de la dimension financière et de la phase de consommation et de vente de produits alimentaires. Cette situation entraîne la perte de repères et de référence par rapport aux logiques écologiques dans un monde fini où les ressources se rétrécissent et la population augmente. Ceci est renforcé par une économie libérale et le consumérisme, avec la circulation et la disponibilité des produits alimentaires, leur surabondance et une offre pléthorique forcée par la publicité et le système de distribution-commercialisation monopolisé par les grandes et moyennes surfaces et leurs centrales d'achat.

Cet aspect permet d'imaginer qu'on fera peut-être seulement de la « biologie nécrologique », selon le mot de Ch. Lévêque et que le devenir de ces PMA, de la recherche les concernant, dépend de leur devenir à eux et des options sociétales liées à nos modes de vie.

1.2) Indicateurs de la variable

a) Statut vivrier passé, actuel

Le niveau de besoin vivrier détermine la vocation de ressource en protéines des PMA, une exploitation, un choix de priorité et donc de confrontation aux autres usages de l'eau (concurrence V2.4) par rapport à leur maintien et leur abondance.

Ce statut justifie les recherches sur les indicateurs et le partage du stock de l'espèce et des usages de l'eau et du milieu environnant.

b) Statut économique

La valeur monétaire dégagée des activités de pêche et des activités touristiques et culturelles et/ou la valeur patrimoniale et indicatrice des PMA, déterminent le niveau d'implication politique et le niveau de financement de la recherche et des actions de gestion/aménagement :

- valeur économique globale des PMA
- valeur du marché de consommation
- valeur du marché culturel et touristique passé, actuel

- valeur économique en tant que « capital nature », « indicateur » de santé des milieux aquatiques

Ce statut conditionne une partie du financement de la recherche sur les PMA et justifie des recherches sur l'économie de la pêche, sur la valeur patrimoniale, sur les indicateurs de statut, sur la sociologie politique et sur la gouvernance.

Cette valeur dépend de l'espèce (cas particulier civelle et saumon), du lieu géographique, des réglementations, des populations humaines (en particulier, leurs réponses, leurs structures (proportion citadin/ruraux), leurs traditions et leurs sensibilité (V5.2), leurs réactions d'intéressement, de consommation).

2) Rétrospective

L'aspect vivrier des PMA était une réalité certainement forte jusqu'au début du XX^{ème} siècle. La plupart des espèces était consommé comme n'importe quelle autre espèce commune. Certains PMA ont été considérés et valorisés comme des espèces nobles, c'est-à-dire réservées à la classe possédante, noblesse, clergé, bourgeoisie. On peut citer les associations saumon-roi ou esturgeon-poisson royal et épiscopal). Le statut de la lamproie est peu connu mais en Aquitaine, cette espèce a acquis ses titres de noblesse (à une date inconnue) avec la préparation à la Bordelaise. Les statuts de l'anguille et de l'alose ont évolué en fonction du prix de vente et de la rareté, la première dépendant de la consommation en Espagne et de l'utilisation du stade civelle pour l'aquaculture à partir des années 1970 et pour la seconde de la fermeture de la pêche dans le bassin de la Garonne, principal site de production en Europe.

Cet aspect vivrier n'a plus vraiment d'actualité avec la baisse prononcée de leur abondance mais il ne doit pas être oublié et éludé. Il peut reprendre sens dans le futur pour certains PMA s'ils réapparaissent exploitables par pêche, en conjonction avec la croissance démographique mondiale prévisionnelle et le possible déplacement des populations.

La valeur économique qui a pu être quantifiée et la valeur du marché de consommation (dont l'utilisation aquacole pour la civelle) sont dépendantes des quantités débarquées. Ces débarquements sont fonction de l'effort de pêche (nombre et statut des pêcheurs, moyens de pêche) qui est dirigé par le marché et le prestige (esturgeon caviar et gastronomie, civelle gastronomie et aquaculture Asiatique, saumon pêche « aristocrate » à la mouche et gastronomie). Ces quantités débarquées étaient très importantes globalement, en Europe, en France et en Aquitaine jusqu'au sortir de la 2^{ème} guerre mondiale. Les captures d'esturgeons et de saumons ont chuté à partir de là, celles des aloses ont baissé mais se sont maintenues à des niveaux conséquents jusqu'au début du XXI^{ème} siècle. Les captures de flets et de lamproies fluviatiles ont fortement décliné et celles d'aloses feintes et de mulets ont régressé. Les captures d'anguilles sont restées importantes aussi jusqu'au sortir de la 2^{ème} GM avec à partir de 1958, année charnière, une forte augmentation des débarquements en Méditerranée et à partir de 1970 un développement considérable de la pêche de la civelle France, l'espèce montrant des signes d'essoufflement dès le début des années 1980.

Seule la lamproie, après une baisse dans les années 1970, fait encore l'objet de captures élevées (dans le relatif par rapport à d'autres espèces) et en augmentation cette dernière décennie, avec des pêches très localisées du fait d'une demande gastronomique conduisant à une offre maximale de la part des pêcheurs spécialisés.

La valeur économique du marché culturel et touristique passé (après la 2^{ème} GM) et actuel est dominée par le saumon en France et en Europe, pour lequel des estimations d'effets induits de la pêche aux lignes ont été menées (notamment sur les fleuves bretons et ligérien) qui montrent la haute valeur symbolique et pécuniaire du poisson capturé puis conservé ou relâché (pratique du « no-kill »). D'autres espèces comme l'aloise étaient concernées dans le passé, mais à une échelle très locale. Comme pour l'esturgeon actuellement, c'est essentiellement le symbole qui entraîne des effets économiques indirects.

La valeur économique en tant que « capital nature », « indicateur » de santé des milieux aquatiques, on en suppose la réalité, mais c'est peut-être pour demain !

a) Données historiques de référence sur l'importance halieutique (captures) et socio-économique (pêcheurs, valeurs) des PMA

Les valeurs sont en € constant 2012.

Les compilations historiques de Thibault (1987) n'indiquent que des tendances, les quantités rapportées, issues des statistiques officielles n'ayant, pour certaines espèces, aucune validité et correspondance avec la réalité (pour la lamproie, graphe non-rapporté, ni les quantités moyennes de 12 tonnes par an pour la France, ni les tendances n'ont de sens).

Valeurs globales par espèces, en France, Europe + aquaculture salmonidés

Saumon en Europe en 1999 : 2217 t (captures déclarées) + 1200 t (captures non-déclarées)

Anguille en Europe :

- en 1996 : 25 000 pêcheurs, 22-30 000 tonnes capturées pour une valeur de 250 000 000 € (Moriarty et Dekker, 1996)
- en 2007 : anguille jaune et argentée 5 000 tonnes pour 40 000 000 € ; civelle 100 tonnes = 60 000 000 € (WGEEL, 2008)

Tous PMA en France en 2011 : Pêche Pro France : 35 500 000 €

Estimation valeur moyenne des PMA en France

Esturgeon

1920-1940 : 40 tonnes de chair à 10 €/kg = 400 000 €

3 tonnes de caviar à 800€/kg = 2 400 000 €

Anguille

2000t, 8€/kg = 16 000 000 €

Civelle

20t, 400€/kg = 8 000 000 €

Alose

200t, 8€/kg = 1 600 000 €

Lamproie

200t, 8€/kg = 1 600 000 €

Saumon

20t, 20€/kg = 400 000 €

Truite de Mer

10 t, 10€/kg = 100 000 €

Autres PMA (mulet, flet, etc.)

100t, 5€/kg = 500 000 €

Total PMA France= 31 000 000 €

Estimation valeur moyenne des PMA en Europe de référence (hypothèse 2)

Place prépondérante de l'anguille avec 10 000 tonnes, puis salmonidés avec 2 000 tonnes
Avec autres espèces = 120 000 000 €, englobant la civelle

Production aquaculture PMA en Europe d'après STECF (2013)

Anguille

6 700t pour 35 000 000 €

Esturgeon

2 250 tonnes de chair pour 9 000 000 €

40 tonnes de caviar pour 32 000 000 €

Saumon (+ Norvège)

Europe : 171 000t pour 754 000 000 €

Norvège : 1 000 000t pour 3 500 000 000 €

Soit un total de 4 254 000 000 €

Total aquaculture en Europe= 4 330 000 000 €

Compilation des données de pêche des salmonidés 1955-2004

Dépense moyenne par an du pêcheur en 1^{ère} catégorie (salmonicoles)

en 1991 : 5270 Francs soit 1160 € constant (Arrignon 1991 ; 1992)

Coût moyen d'une saison de pêche aux salmonidés migrateurs

en 1999 : 6500 Francs soit 1270 € (Bonnieux 2000)

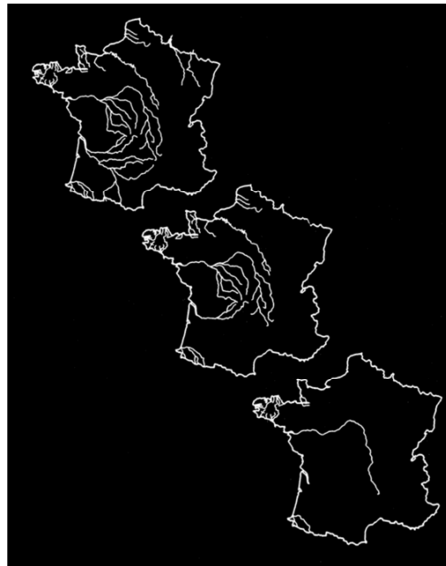


Figure 1bis : Evolution de la distribution du saumon Atlantique en France depuis le milieu du XVIII^{ème} siècle

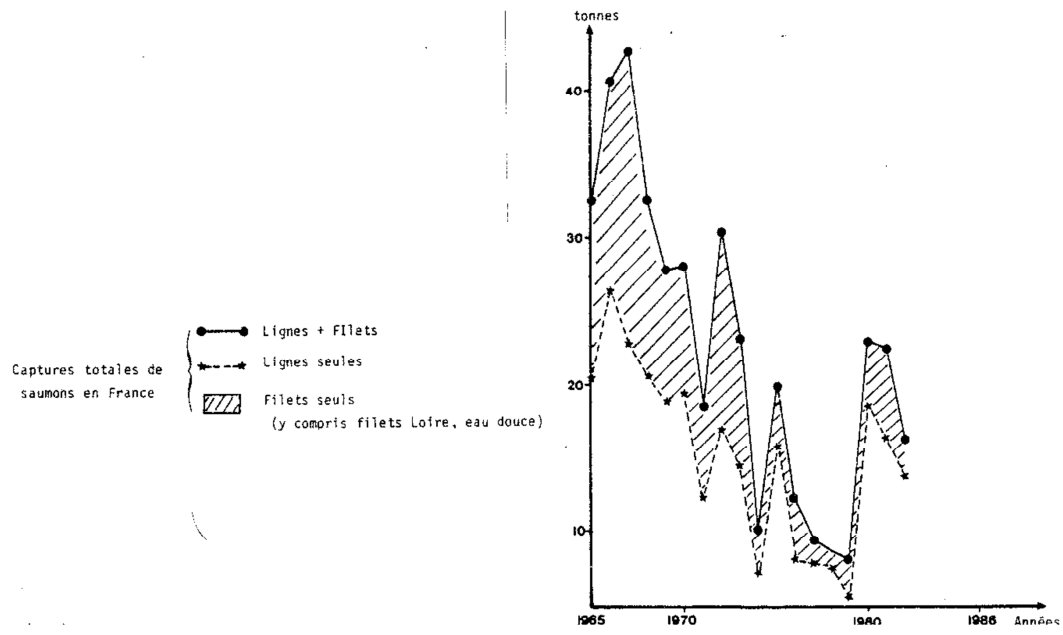


Figure 2bis : Captures de saumons France 1965-1985

b) PMA détails captures, valeurs, pêcheurs en France

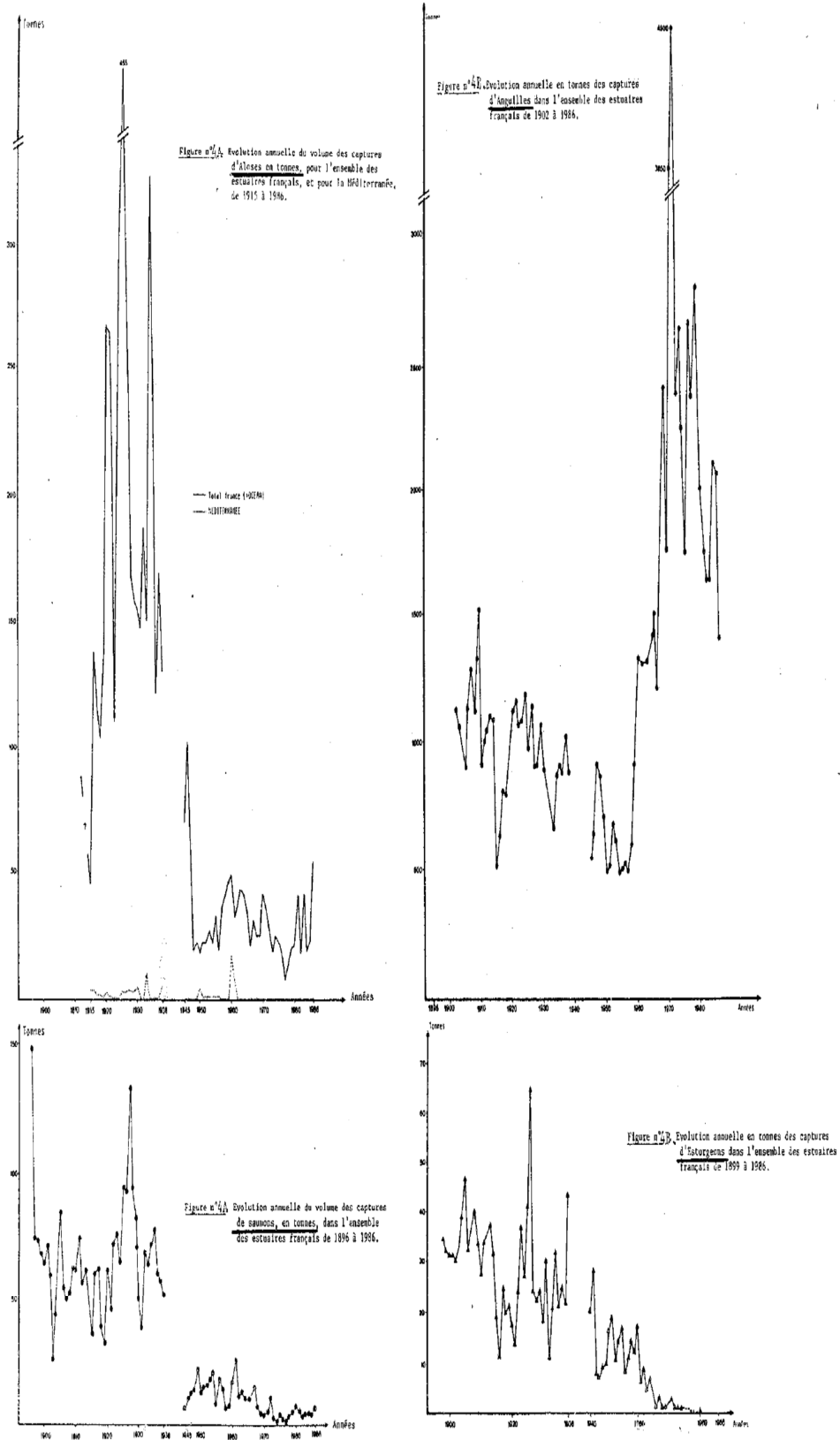


Figure 3bis : Evolution des captures de saumons, anguilles, aloses, esturgeons en France de 1896 à 1986

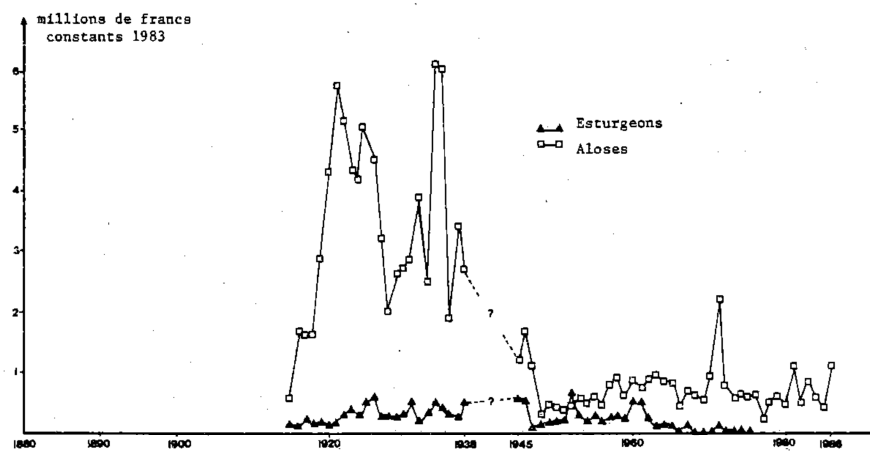
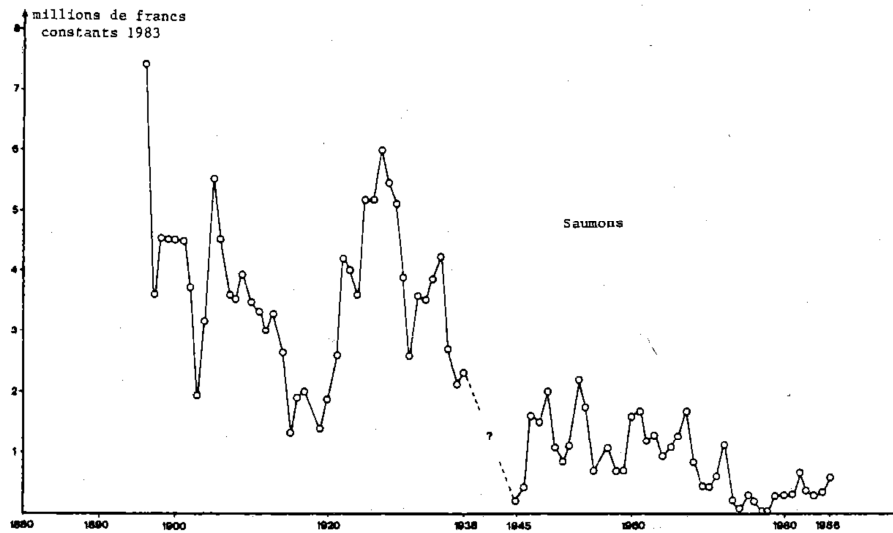


Figure n° 26. Evolution annuelle, pour la France, de la valeur totale des captures de Saumons (A) Aloses et Esturgeons (B) (1896-1986 ; en Francs constants 1983).

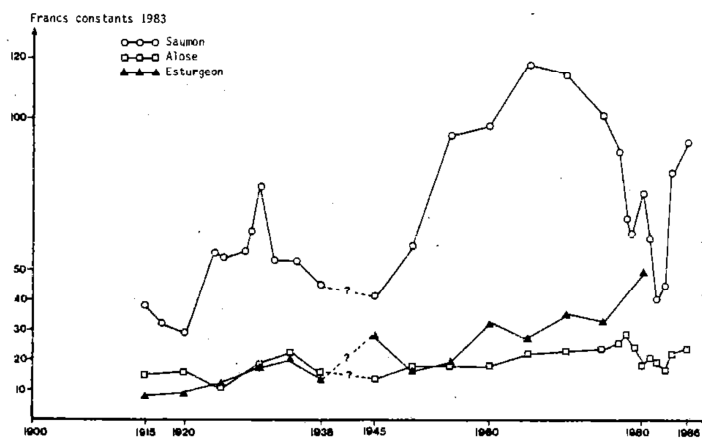


Figure n° 27. Evolution annuelle, pour la France, du prix moyen de vente au kilo de l'Alose, Saumons et Esturgeons (1915-1986 ; en Francs constants 1983).

Figure 4bis : Evolution de la valeur des captures de saumons, aloses, esturgeons en France de 1915 à 1986

Tableau 1bis : Quantités et chiffres d'affaires par espèce ou groupe d'espèces de l'ensemble des secteurs fluviaux et lacustres et du secteur lagunes méditerranéennes (année de référence 1997 ; salmonidés lacustres essentiellement)

Espèce ou groupes d'espèces	Bassins fluviaux et lacs		Lagunes méditerranéennes		Total général			
	Poids (t)	Valeur (MF)	Poids (t)	Valeur (MF)	Poids (t)	(%)	Valeur (MF)	(%)
Civelle	410,5	410,5			410,5	6,5	410,5	69
Anguille	313,2	18,8	900	31,5	1213,2	19	50,3	8,5
Aloses	618	9,1			618	10	9,1	1,5
Lamproie	140	15,4			140	2	15,4	2,5
salmonidés	205	8,3			205	3	8,3	1,5
Autres amphihalins	327,5	2,45	450	3,15	777,5	12,5	5,6	1
Carnassiers	208,5	8,8			208,5	3	8,8	1,5
Poissons blancs	305,5	4,7			305,5	5	4,7	0,8
Poissons de mer	113	6,8	1050	40,5	1163	18,5	47,3	8
Crustacés	200	5			200	3	5,	0,8
Mollusques	610	7,5	500	20	1110	17,5	27,5	4,5
TOTAL	3451,2	497,35	2900	95,15	6351,2	100	592,5	100

Tableau 2bis : Pêcheurs filets et engins France évolution (1950-1975)-1989-2011

Pêcheurs	1950-1975	1989	1997	2008	2011	Evolution sur 36 ans; 12 ans
Pro Marins Est	500	250	200	100	80	1/6
Pro Marins Méd	1000	800	510	350	280	1/3.5
Pro Fluviaux	4000	660	510	400	320	1/12; 1/2
Am Marins	?	4000	3000	3000	2000	
Am Fluviaux	15000	15000	8000	7000	7000	1/2
Marins pro Civ	650	900	900	800	600	
Pro Fluv Civ	270	260	300	330	160	
Non-pro Mar Civ	?	2000	1400	1400	0?	Arrêt?
Non-Pro Fluv Civ	2300	1250	460	420	0	Arrêt

Tableau 3bis : Captures Pros France principales espèces 1981-1997-2011

Espèces	1981	1997	2011	Evolution 30 ans; 14 ans
Aloses	600	600	100	1/6

Lamproies	150	140	250	
civelle	1800	410	31	1/50; 1/13
Anguille	1800	1200	800	1/2; 2/3
Salmonidés	/	200	200?	
Carnassiers	/	200	200?	
Poissons blancs	/	300	300?	
Ecrevisses	/	5	5?	
Crevettes	70	47	40	
TOTAL		5100	3200	

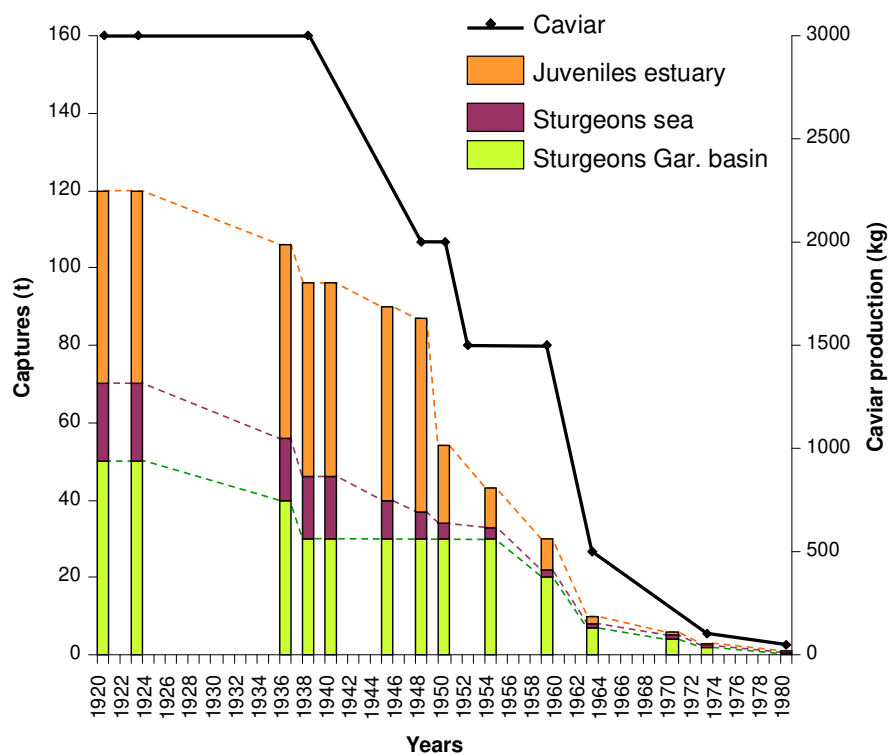


Figure 5bis : Production BV Garonne de caviar et captures d'esturgeons juvéniles en estuaire, adultes et juvéniles en mer et en estuaire et fleuves sur la période 1920-1980

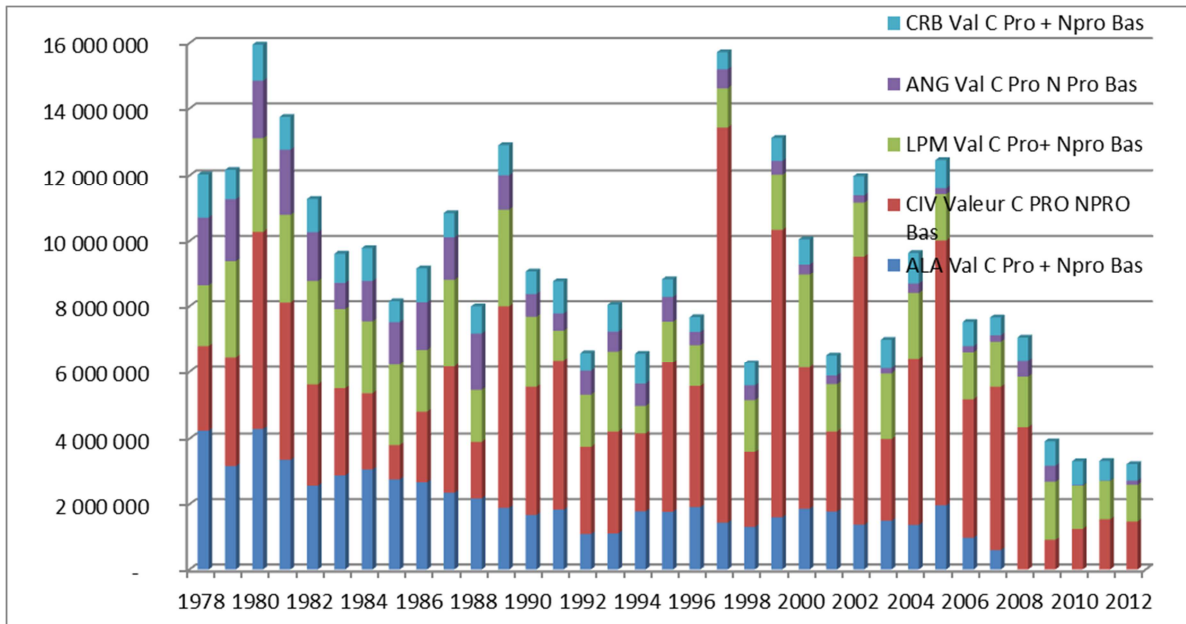


Figure 6bis : Valeur en € constants de la production du BV Gironde 1978-2012

3) Prospective

a) Les tendances lourdes d'évolution de la variable

Les tendances lourdes qui se dessinent sur la base de l'évolution historique et de la situation des PMA et de leur contexte écologique et socio-politico-économique sont :

- L'état de dégradation actuel des milieux aquatiques assez peu améliorable par restauration, du fait des barrages, non-renouvellement des graviers et diminution des quantités d'eau par limitation des précipitations et détournement de la ressource au profit de l'agriculture et de l'industrie ;
- Le niveau d'abondance de la plupart des PMA faible et difficile à faire remonter par forçage (repeuplement) ;
- L'intérêt vivrier et économique très en déclin au niveau exploitation par pêche et anecdotique au niveau culture et patrimoine, pouvant augmenter mais de façon limitée.

b) Les incertitudes

Les incertitudes découlent des tendances lourdes et sont communes à beaucoup de variables :

- L'évolution de l'environnement écologique (milieu « naturel ») sous pression anthropique (impact délétère) ;
- L'évolution des stocks de PMA sous pression de l'environnement écologique en lien avec les pressions anthropiques et de l'environnement socio-politique et réglementaire ;
- L'évolution de la demande alimentaire et sociale (changement volontaire ou forcé des besoins de populations humaines et des modes de production/consommation, des modes de relation aux écosystèmes).
- en lien avec le point précédent, l'évolution de la production aquacole aux fins de consommation et de repeuplement sous contraintes écologiques, spatiales et sanitaire et de l'importance des produits dérivés : sacs à main Gucci, et molécules anticancéreuses, par exemple.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : Déclin très prononcé de l'importance économique et vivrière

Que ce soit :

- des PMA sauvages avec une baisse d'abondance et de colonisation plus faible ;
- des PMA produits par l'aquaculture du fait de contraintes écologiques, spatiales et sanitaires top fortes.

L'intérêt économique et vivrier devient alors insignifiant, voire nul, par rapport aux autres usages des milieux aquatiques.

Hypothèse 2 : Les PMA au centre de plusieurs filières économiques telles que la pêche, l'écotourisme, l'aquaculture, autres produits dérivés

Le déclin des PMA est enrayé. Une activité de pêche aux retombées sociales et économiques significatives se maintient. Une gestion globale rationalisée émergente est acceptée et suivie. Le retour de filière(s) de pêcherie structure l'aménagement du territoire. De nouvelles filières de « sea-ranching » se développent. L'appropriation sociale et l'aspect patrimonial et culturel sont acquis et vivifiés.

Hypothèse 3 : Retour à l'exploitation vivrière des PMA qui met l'économie au service des populations environnantes et leur donne plus de sens culturel et patrimonial

Un changement profond, dicté par les impératifs de survie et/ou une conversion de la conscience sociale et écologique vers la terre nourricière et des valeurs de parcimonie et de partage se mettent en place et les milieux aquatiques retrouvent leur priorité de véhicule de vie par la connectivité et leur priorité de productivité biologique par l'assainissement et la protection de l'eau et des milieux. Les PMA retrouvent leur abondance moyenne passée et leur étendue moyenne passée de colonisation, leur fonction vivrière est logiquement assurée.

5) Références

Arrignon J., 1991. Le poids économique de la pêche. *La Gazette Officielle de la Pêche et de l'Eau*, 27 mars 1991, pp:11-13.

Arrignon J., 1992. Le budget des pêcheurs : portée des enquêtes. *La Gazette Officielle de la Pêche et de l'Eau*, 31 janvier 1992, pp:14-15.

Beaulaton L., 2008. Systèmes de suivi des pêches fluviéo-estuariennes pour la gestion des espèces : construction des indicateurs halieutiques et évaluation des impacts en Gironde. Thèse INP Toulouse, Ecole doctorale Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques et Bioingénierie, Spécialité Agrosystèmes, Ecosystèmes et Environnement. Cemagref, Groupement de Bordeaux, Unité EPBX. 340p.

Bonnieux F., 2000. Evaluation de l'impact sur l'économie régionale de la pêche amateur : l'exemple des salmonidés migrateurs. Séminaire national sur les poissons migrateurs amphihalins GRISAM, GIP hydrosystèmes, Paris, 27 et 28 mai 1999. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 357/358: 4121-438.

Briand C., Bonhommeau S., Castelnaud G., Beaulaton L., 2008. An appraisal of historical glass eel fisheries and markets: landings, trade routes and future prospect for management. Proceedings of the Institute of Fisheries Annual conference 2007, Westport, Ireland.

Briand C., Castelnaud G., L. Beaulaton, L., De Casamajor, M.N., Lafaille P., 2008. Report on the eel stock and fishery in France, 2007. In: Annexe 9 of EIFAC Occasional Paper No. 43; ICES CM 2008/ACOM:15. Report of the 2008 session of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels. Leuven, 3-9 September 2008. Rome, FAO/Copenhagen, ICES 2008. p335-368.

Castelnaud G., 2000. Localisation de la pêche, effectifs de pêcheurs et production des espèces amphihalines dans les fleuves français. Séminaire national sur les poissons migrateurs amphihalins GRISAM, GIP hydrosystèmes, Paris, 27 et 28 mai 1999. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 357/358: 439-460.

Castelnaud G., 2002. Caractéristiques de la pêcherie civellière du golfe de Gascogne. Contrat Européen N° 99/023EC/DG FISH (DG XIV). Historique des captures de civelles, intensité actuelle de leur exploitation,

variation de leur capturabilité par la pêche professionnelle maritime et indices de colonisation sur la bassin versant de l'Adour. Cemagref, Groupement de Bordeaux, 32 p.

Castelnaud G., 2011. Sturgeon fishing and landings, caviar production during the XXth century in the Garonne Basin and the coastal sea In: Biology and conservation of the Atlantic European sturgeon *Acipenser sturio* L., 1758 (Eds. P. Williot, E. Rochard, N. Desse-Berset, F. Kirschbaum, J. Gessner). Springer, p. 177-194.

Castelnaud G., Babin D., 1992. La pêche professionnelle fluviale et lacustre en France. Enquête au fil de l'eau. Coll. Etudes, Ressources en eau, CEMAGREF/Min. Environnement, 291 p.

Castelnaud G., Cargou A-L., Lauronce V., 2012. Estimation des captures d'anguilles des pêcheurs amateurs aux filets et aux engins du bassin de la Garonne et relativisation des captures de l'ensemble des catégories de pêcheurs. Rapport n° 147, Irstea Bordeaux EPBX, Cestas, 44 p.

Castelnaud G., Cauvin G., 2002. Site atelier de la Gironde. Caractéristiques des petites pêches côtières et estuariennes de la côte Atlantique du sud de l'Europe. Rapport final, contrat européen PECOSUDE n°99/024 ED/DG FISH (DGXIV). Cemagref, Groupement de Bordeaux, 58 p.

Castelnaud G., Coutancier B., Cerezuelle D., 1984. L'évolution des pêcheries traditionnelles des migrateurs dans le système estuarien de la Gironde : Eléments pour une meilleure gestion. Actes Coll. Nat. Société d'Ethnologie Française, Boulogne-sur-Mer, novembre 84, Cahier n° 2, Anthropologie Maritime, pp. 195-214.

Castelnaud G., De Verdilhac Ph., 1982. Etat de la production des pêches d'estuaires : Importance de cette évaluation et méthodologie. Colloque sur la production et la commercialisation du poisson d'eau douce, 30 Mars-1 Avril 1982. Association Internationale des Entretiens Ecologiques, Dijon, cahier n° 12, p. 98-107.

Castelnaud G., Feral A., 1998. Aménagement expérimental de la digue de Macau dans la Gironde pour le passage des poissons migrateurs.. Evolution naturelle et artificielle des estuaires français : quel avenir pour les zones d'intérêt biologique ? Paris, FRA, 26-27 novembre 1997, Ifremer, Plouzané, in : Les estuaires français, AUGER C., VERREL J.L., p. 234-241.

Castelnaud G., Gascuel D., 1984. Groupe National Anguille, thème 3 : Exploitation et suivi de la ressource *Anguilla anguilla*. Inventaire et analyse des travaux français, réflexions et bilan, novembre 1983, pp. 116-142.

Castelnaud G., Guerault D., Desaunay Y., Elie P., 1994. Production et abondance de la civelle en France au début des années 90. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture 335: 263-287.

Castelnaud G., Loste C., Champion L., 2000. La pêche commerciale dans les eaux intérieures françaises à l'aube du XXI^{ème} siècle : bilan et perspectives. Symposium CECPI on fisheries and society, Budapest, 1-3 June 2000, 24p.

Fournel F. et Coll, 1998. La truite de mer en France, année 1998. CSP, 47p + Annexes.

Girardin M., Castelnaud G., 2013. Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde. Suivi des captures 2012-étude de la faune circulante 2012. Rapport pour EDF CNPE du Blayais, étude n°152, Irstea Bordeaux EPBX, Cestas, 256 p.

Porcher J.-P. et Coll, 1999. Le saumon atlantique en 1998 (en France), CSP, 47p

Porcher J.-P., 2000. Salmon fisheries and status of stocks in France: National report for 1999. ICES North Atlantic Salmon WG Working Paper 2000/29, 6p + Annexes.

SAUMONS, revue de l'AIDSA, 1985-1997

STECF (Scientific, Technical and Economical Committee for Fisheries, 2013. Summary of the 2013 Economic Performance report on the EU Aquaculture sector. Publication Office of the European Union, Luxembourg, EUR EN, JRC, 56 pp.

Thibault M., 1987. Les captures de poissons migrateurs dans les estuaires français depuis le milieu du XIX^{ème} siècle. Lab. Ecologie Hydrobio. /Labo économie Halieutique Rennes/Secrétariat d'Etat à la Mer. 48p + Annexes.

2.4. Concurrences avec les autres usages (V2.4)

Composante	: Demande de recherche et expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Christian Rigaud et Gérard Castelnaud
Mise à jour	: 19 septembre 2014

1) Définition de la variable et principaux facteurs structurants

Les cycles de vie des PMA présentent des phases se déroulant dans un plus ou moins grand nombre de bassins versants. Ils viennent y réaliser soit leur reproduction (*espèces anadromes, phase courte*) avec un attachement plus ou moins marqué à leur bassin d'origine (*homing*), soit y trouver des habitats favorables à leur croissance (*espèces catadromes, phase longue*). Leur temps de présence dans les eaux continentales varie donc de quelques mois à 20 ans voire plus selon les espèces avec une colonisation plus ou moins massive des réseaux hydrographiques.

En métropole, les surfaces en eau couvrent en moyenne 0,5% (*données Agences*) des bassins versants et leur qualité dépend en partie du niveau de maîtrise des impacts liés aux usages humains des territoires.

Or, le recours à la ressource en eau a été intégré dans l'évolution de nombreux usages avec des niveaux de prélèvement ou de stockage qui peuvent altérer le fonctionnement normal des cours d'eau. Les milieux aquatiques sont aussi le réceptacle des résidus issus de toutes les activités (*industries, agriculture, urbanisation, aménagements routiers et ferroviaires,...*). Ils constituent aussi une source et un potentiel de production d'énergie (*houille blanche ou bleue*) appelé de ses vœux par une directive européenne spécifique. Enfin, ce compartiment aquatique apparaît comme un élément à maîtriser dans le cadre soit de la protection des personnes et des biens, soit du drainage de certaines zones à des fins diverses.

Toutes ces pressions d'origine humaine (prélèvements d'eau, altération des débits, barrages-obstacles, turbines, pollutions chroniques ou aiguës, dégradation d'habitats, exploitation excessive par pêche, pollutions génétiques, etc.) peuvent bien sûr être à l'origine de perturbations significatives pour les espèces migratrices présentes.

Diverses études de prospective (Aqua 2030, Eau - Ressources et besoins 2030, Garonne 2050, Explore 2070) identifient d'ailleurs un risque important de tension forte entre le développement économique des territoires et le respect de leur qualité environnementale, notamment aquatique. Ces travaux insistent cependant sur l'hétérogénéité des situations rencontrées à l'échelle métropolitaine (*diversité des caractéristiques naturelles des bassins, de leurs positionnements géographiques avec des retombées en termes de température et de précipitations, importance relative et absolue des divers usages des territoires*).

Le futur des PMA va donc dépendre en grande partie de la volonté et de la capacité de la collectivité à prendre en compte la dimension vivante des milieux aquatiques continentaux. Ce devenir nous semble dépendre de deux facteurs majeurs :

- La montée en puissance ou pas du niveau des connaissances sur les impacts liés aux différentes pressions, de manière à évaluer leurs responsabilités relatives dans les

dysfonctionnements observés, étape importante pour élaborer des plans d'actions pertinents,

- Le type de gestion multi-usages vers lequel on va tendre que ce soit au niveau national (*métropole*) ou européen : *recherche de cohabitation généralisée ? cohabitation spatialisée ? gestion artificialisée ?*

2) Rétrospective

2.1) *Evolution des pressions exercées sur les milieux aquatiques*

Déjà caractérisé par sa taille et sa localisation géographique, un bassin versant apparaît toujours comme un assemblage particulier d'habitats (*gamme d'altitudes et pentes associées, proportion particulière des divers types d'habitat, organisation spatiale de ces habitats, types de substrats,...*). Tous ces éléments déterminent au final son hydrologie et son potentiel d'accueil pour les PMA.

Ces bassins versants sont également des territoires de vie et donc d'activité d'une population humaine plus ou moins dense (moyenne européenne actuelle de 32 hab/km², minimum de 13 en Norvège, maximum de 404 aux Pays-Bas, 117 en France métropolitaine).

A l'échelle française, on assiste à un double phénomène depuis le milieu du 20^{ème} siècle, un net accroissement de la population (41 millions en 1950, 66 millions en 2013) ainsi qu'une concentration de cette population dans et autour de grands centres urbains, très majoritairement situés sur de grands axes fluviaux (Figure 11).

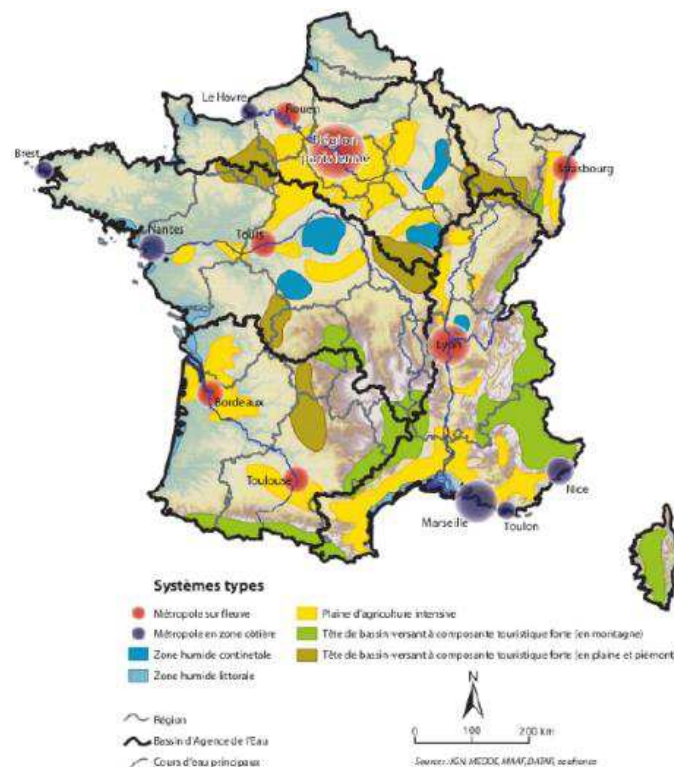


Figure 11 : Occupation des sols en lien avec la gestion des bassins versants en France (Aqua2030)

En lien avec les divers usages et activités développés, différentes pressions sont venues progressivement modifier le fonctionnement des milieux aquatiques avec en toile de fond, la montée en puissance des moyens techniques d'aménagement et de maîtrise de l'eau.

Toutes ces atteintes, qu'elles concernent la qualité de l'eau et des habitats dans un bassin ou bien la fragmentation physique des axes ont un effet cumulatif sur l'état général et le taux de survie de tous les stades biologiques des PMA (Maes et al., 2007).

2.2) *Fragmentation des axes hydrographiques*

Initiée au Moyen-Age, la construction d'ouvrages hydrauliques de divers calibres n'a cessé de se développer pour répondre à de multiples besoins (*minoterie, eau potable, soutien d'étiage, irrigation, production électrique, industries,...*). En Europe, les 2/3 du débit des rivières font aujourd'hui l'objet d'une régulation notamment avec des grands barrages implantés de plus en plus en aval sur les axes fluviaux depuis le dernier conflit mondial. En France, un ouvrage hydraulique apparaît en moyenne tous les 10 km de rivière (ONEMA, 2012). L'ensemble de ces ouvrages hydrauliques impacte bien sûr fortement le bon déroulement des écophases continentales des espèces migratrices (Limburg et Waldman, 2009).

Ces obstacles perturbent en effet les migrations vers l'amont des bassins avec des phases d'attente successives le long des axes et des essais de franchissement synonymes de fatigue supplémentaire, d'augmentation du niveau de prédation (*y compris pêche*) et l'apparition de pathologies. A dire d'expert (Larinier et al., 1994), la présence d'un ouvrage même équipé d'une passe à poissons performante réduit le flux migratoire de 40 à 50% en moyenne. Certains de ces ouvrages ont une vocation hydro-électrique avec des turbines plus ou moins impactantes sur la dévalaison des individus, l'impact cumulé pouvant être important lorsqu'un axe est fortement aménagé. *Idem* avec l'implantation de conduites forcées en sortie de grandes réserves ou la succession des chutes que doivent négocier les individus dévalant (adultes ou juvéniles) pour rejoindre la mer.

Actuellement, un double phénomène contradictoire est discernable au niveau des ouvrages : d'une part, le constat des premières procédures d'arasement de quelques barrages à l'échelle nationale, et d'autre part, la montée en puissance des rééquipements d'ouvrages à des fins de production électrique.

2.3) *Prélèvements d'eau*

La grande majorité des études prospectives mettent l'accent sur la distinction entre eau prélevée et eau consommée avec des niveaux très différents pour trois des quatre usages dominants présentés (Figure 12). On notera, toutefois, que cette vision quantitative (m^3) passe sous silence les impacts en termes de modification de la qualité de l'eau restituée (température, pollution, etc.) et d'impacts physiques liés à cette restitution plus ou moins rapide de l'eau (passage de poissons dans les turbines, chutes d'eau, passages en conduites forcées), autant d'éléments importants en termes d'impacts biologiques.

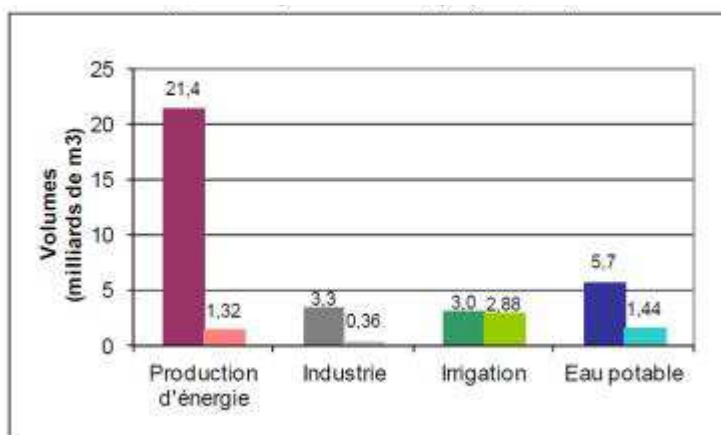


Figure 12 : Prélèvements et consommations d'eau par usage en France en 2009 (source Agences de l'eau) d'après BRL 2012

Ceci étant, la situation apparaît très contrastée à l'échelle métropolitaine pour ces quatre usages dominants (Figure 13).

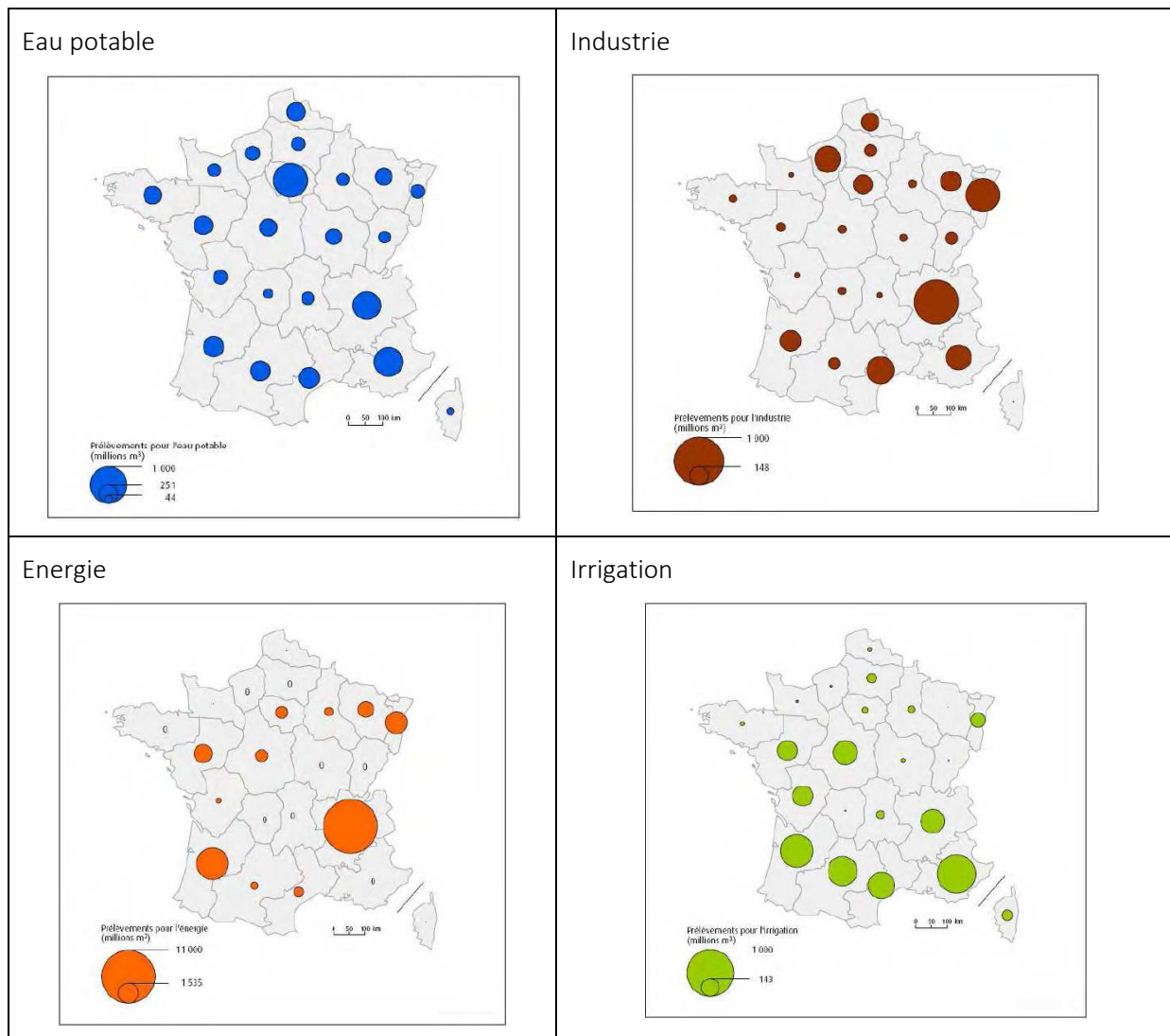


Figure 13 : Cartographie des usages de l'eau par région en France (source : étude BRL, 2012)

Certains de ces prélèvements se concentrent en saison estivale au moment où les ressources se font parfois rares. Donc, au final, si globalement la situation paraît satisfaisante, des situations de très fortes tensions peuvent apparaître dans certains bassins (notamment zone sud) et surtout en période estivale.

Figure 5 : Evolution des volumes d'eau prélevés par usage entre 1955 et 2002
(Sources : Agences de l'eau, Medd, BRGM ; graphe IFEN 2005)

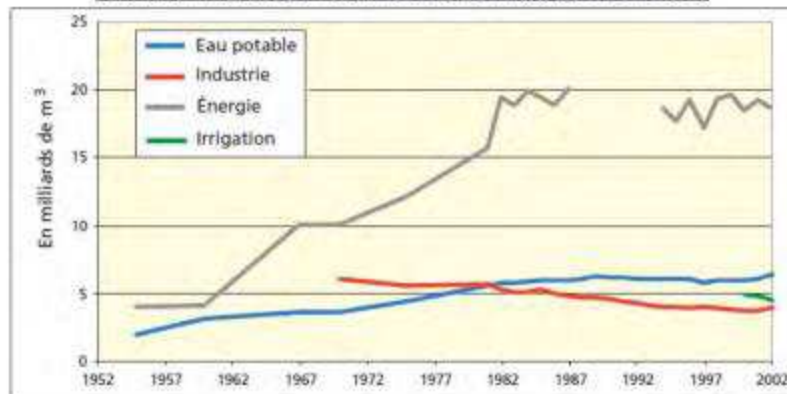


Figure 14 : Evolution des volumes d'eau prélevés par usages entre 1955 et 2002 (sources : agences de l'eau, MEDD, BRGM; graphe IFEN 2005)

La même source (Figure 14) propose un regard sur l'évolution des prélèvements depuis 1955. On note que pour l'irrigation, aucune donnée fiable n'était disponible jusqu'en 2000. L'évolution la plus criante concerne les prélèvements pour la production d'énergie (turbinage, refroidissement de centrales) depuis le début des années 60, le prélèvement pour AEP évoluant en lien avec l'accroissement de la population, même si l'on observe ces dernières années une tendance à la baisse des prélèvements moyens par individu.

2.4) Réduction des débits voire mise en assec

La présence des ouvrages donne la possibilité de contrôler et donc de modifier l'hydrologie de la rivière et du fleuve avec des phases très intenses d'évacuation (*drainage hivernal du BV, fonctionnement par éclusées*) auxquelles peuvent succéder des phases à très faible débit (*faible pluviométrie, phase de forte consommation ou de stockage*). Ces phases de rétention ont bien sûr des retombées biologiques en termes de stimulation des migrations, d'auto-entretien des rivières, de qualité de l'eau et de réussite de phases de reproduction (Courret et al., 2012).

Plusieurs études ont montré l'augmentation du temps de blocage au niveau des obstacles sur l'Aulne, la Loire, la Garonne ou le Gave de Pau, augmentation liée aux altérations du régime hydrologique dues pour partie aux épisodes de sécheresse de ces dernières années (Vauclin et Valadou, 2007).

La combinaison d'une augmentation moyenne de la température de l'eau et de la modification des régimes hydrauliques peut déboucher sur un déplacement des zones de présence des espèces, et sur une modification de leurs dynamiques de migration et de survie avec au final des extinctions locales si les changements sont trop rapides (e.g. Stenseth et al., 2002 ; Parmesan, 2006 ; Schlesinger, 2006).

En écho à ces observations biologiques, l'analyse hydrologique réalisée par Giuntoli et al. (2013) sur une chronique historique de 45 ans environ de l'évolution des débits observés sur 236 stations débouche sur une conclusion identique tout en relevant le caractère contrasté des situations observées en métropole (contraste nord/sud notamment).

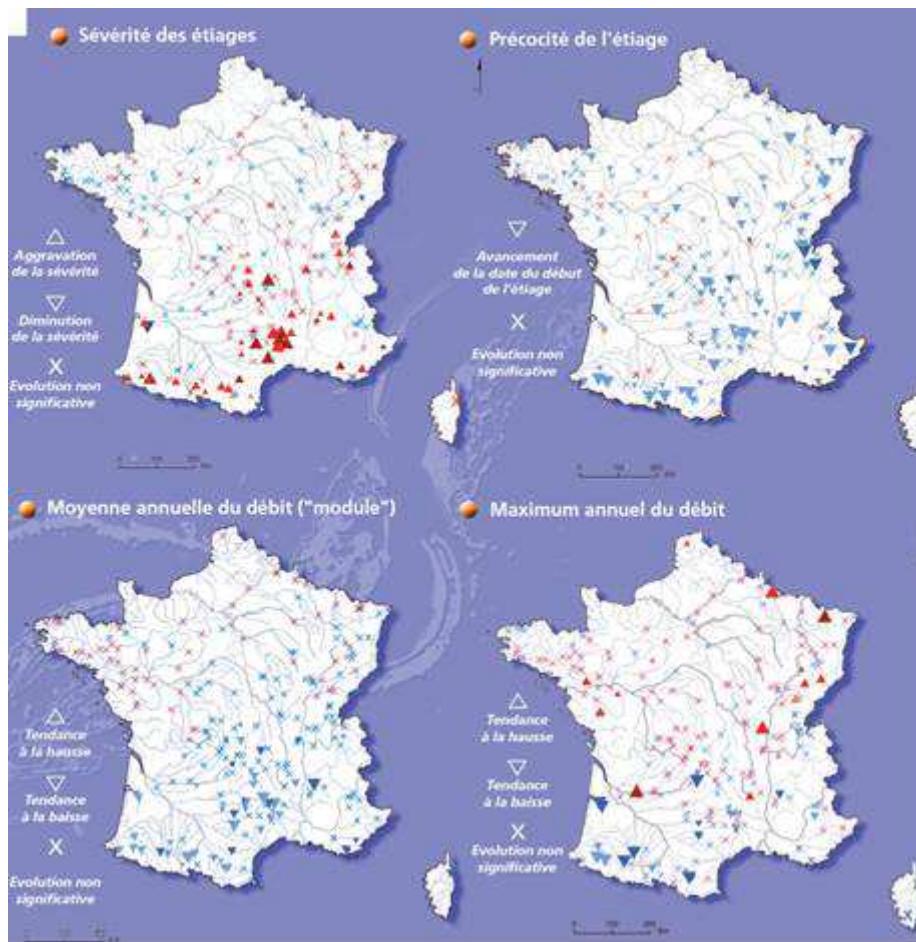


Figure 15 : Cartographie des étiages en France

2.5) Assèchement des zones humides

Pouvant jouer un rôle important de stockage temporaire de l'eau et de recharge des nappes et d'accueil d'une importante biodiversité faunistique et floristique, les zones humides font l'objet de réglementations et de dispositifs de protection importants (notamment la convention de Ramsar de 1971 ratifiée actuellement par près de 170 États). Cependant, ces zones continuent de disparaître de manière régulière. La moitié de ces zones ont ainsi disparu au cours du 20^{ème} siècle en France (Bernard, 1994).

Quelques évaluations des services rendus par ces zones (recharge des nappes, purification de l'eau, régulation du climat, soutien des débits, habitats fonctionnels, usages productifs extensifs, paysages particuliers, etc.) ont été effectuées en Amérique du Nord et en Europe. Ces évaluations aboutissent à une valeur de ces services variant entre 4 000 et 10 000 €/ha/an, ce qui n'apparaît pas négligeable mais qui a du mal à rivaliser avec les perspectives de retombées de projets agricoles, industriels ou touristiques.

2.6) Hypoxies en milieu estuarien

Les espèces migratrices sont amenées à utiliser le milieu estuarien soit comme corridor (entrée-sortie du bassin versant), soit comme zones de reproduction ou de croissance.

Or, de grands estuaires comme la Gironde et la Loire abritent un bouchon vaseux (concentrations 100 à 500 fois plus importantes que celles observables dans un cours d'eau ou en mer ; Romana, 1994) correspondant à un stock sédimentaire piégé dans ces zones. Son expulsion en mer n'intervient qu'à la faveur de débits fluviaux très importants (effet de

chasse). Dans un contexte de bouchon vaseux, le débit fluvial, la température et le cycle Vives Eaux/Mortes Eaux sont les facteurs clés qui gouvernent l'apparition de crises de déficits en oxygène voire d'anoxie (Chaudon, 2005). Quelques études historiques notamment sur la Loire (Ottman, 1987) illustrent bien l'évolution des interventions humaines en amont de l'estuaire, sur l'estuaire et sur ses berges au cours du 20^{ème} siècle avec leurs retombées en termes de salinité et d'aggravation du phénomène de bouchon vaseux.

2.7) *Hypoxies littorales*

Depuis le milieu du 20^{ème} siècle, on assiste à l'apparition de plus en plus fréquente de phases d'hypoxie (très faibles taux d'oxygène dissous) dans les zones côtières, une grande partie de ce phénomène étant à relier à l'apport accru de nutriments provenant des bassins versants. De 60 cas observés à la fin des années 1960, le nombre est passé respectivement à 120 et 275 à la fin des années 1970 et 1980.

À la fin des années 1990, la plupart des zones côtières proches des centres urbains a été affectée par l'hypoxie (UNEP, 2010). L'association hypoxie et urbanisation est forte dans l'hémisphère nord et la France est concernée sur l'ensemble de ses côtes métropolitaines.

2.8) *Extraction de granulats, érosion des berges et des sols*

Un million de tonnes de granulats sont utilisées chaque jour en France. Si aujourd'hui, l'extraction en lit mineur a quasiment disparu, l'extraction intensive de sables et de graviers a sévèrement dégradé de nombreux habitats de reproduction après la deuxième guerre mondiale avec un aspect irréversible (peu de transit de graviers et galets provenant de l'amont du fait des barrages). Cette extraction a produit un enfoncement du lit, non seulement vers l'amont du fait de l'érosion régressive, mais aussi vers l'aval étant donné que le débit solide, lors des crues, est arrêté au niveau des fosses d'extraction. En période de basses eaux cette érosion et la baisse de la ligne d'eau entraînent l'affleurement des radiers qui deviennent des obstacles à la migration.

Ces extractions émettent des matières en suspension occasionnant une turbidité importante, avec en corollaire une diminution de la pénétration de la lumière dans l'eau et donc de l'activité photosynthétique (de 60 à 80% pour des teneurs en particules de l'ordre de 50mg/l - Carnac 1988).

L'érosion des sols et des berges participe également à augmenter les matières en suspension dans l'eau. À partir d'un certain ralentissement du courant, ces particules se déposent sur le fond. Lorsque le colmatage intervient sur des zones de reproduction, la survie des œufs et la croissance des alevins (Massa, 2000 ; Wilber et Clarke, 2001) est bien sûr impactée. Plus en aval, dans les zones soumises à marée, ce phénomène associé à une diminution des débits est à l'origine des bouchons vaseux évoqués dans le paragraphe précédent (hypoxies estuariennes).

2.9) *Pollution de l'eau et des sédiments*

Toutes les activités présentes sur un territoire ont un lien plus ou moins direct avec l'eau et son cycle local. Rivières, fleuves et estuaires constituent ainsi les réceptacles de l'ensemble des résidus issus de ces activités. Ces résidus sont variés et on retrouve ainsi dans l'eau tout un cocktail de substances comprenant insecticides, herbicides, défoliants, engrais, détergents, retardateurs de flamme bromés, perfluorés, phtalates, biphénols, métaux

lourds, polychlorobiphényles (PCB), hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs), polybromo diphényls éthers (PBDE), hormones, antibiotiques...

Tous ces produits et ceux issus de leur dégradation sont potentiellement dangereux à des degrés divers pour la flore et la faune (Expertise Inra-Cemagref, Anonyme, 1995). Leur fabrication et leur usage se sont clairement intensifiés au cours du 20^{ème} siècle, et la réglementation évolue au fil des constats de toxicité pour la santé humaine ou l'environnement. Pour certains d'entre eux, l'interdiction totale de commercialisation et d'utilisation est même apparue.

L'analyse historique n'est pas réalisable d'une part du fait d'une surveillance en permanente évolution (outils de plus en plus performants, fréquence d'observation en hausse, augmentation régulière du nombre de contaminants pris en compte), mais également du fait de l'apparition assez récente de bon nombre de contaminants (le phénomène est quasiment continu).

Présents sous forme dissoute dans l'eau ou stockés plus ou moins temporairement dans les sédiments, ces polluants ou leurs dérivés de dégradation, ont différentes formes d'action sur les organismes vivants aquatiques et sur la qualité de leurs milieux de vie. Deux grandes formes de toxicité sont généralement citées lorsque l'on aborde l'impact de ces substances sur l'environnement et les organismes vivants (Forbès et al., 1997) :

- une toxicité aigüe, repérée lors de tests normalisés se soldant par des impacts (souvent la mortalité) repérables et mesurables sous 96 heures,
- une toxicité chronique correspondant à des doses sub-léthales avec des impacts décelables après plusieurs semaines voire mois d'exposition (impacts sur le potentiel reproducteur, fragilisation des individus, impacts comportementaux, etc.).

D'après Elie et Girard (2014), tous les micropolluants organiques et inorganiques ainsi que les organismes pathogènes influent sur toutes les fonctions physiologiques du poisson notamment celles liées à la reproduction. Les espèces aquatiques les plus susceptibles d'être touchées sont celles vivant au contact des sédiments et celles à régime carnassier en raison de leur position en fin de chaîne alimentaire (phénomène de bio-concentration le long de la chaîne alimentaire). Outre la voie trophique (ingestion de proies contaminées), la pénétration des contaminants peut également s'opérer par voie branchiale ou cutanée.

2.10) *Changement climatique*

En lien étroit avec l'ensemble de nos activités humaines, il est prévu d'ici la fin du 21^{ème} siècle un réchauffement qui aura pour conséquence de perturber les régimes thermiques et hydrauliques des habitats (Poff, 1992 ; Webb, 1996). A l'échelle mondiale, entre 2000 et 2100, un doublement de la concentration en CO₂ aurait pour conséquence un accroissement de la température de 2 à 4.5°C (4^{ème} rapport du GIEC ¹⁴) avec une moyenne à 3°C environ (Dufresne et al., 2006).

Donnant du crédit aux modèles prédictifs, un certain nombre d'observations sont d'ores et déjà enregistrées. Ainsi, l'aloise feinte réapparaît progressivement dans l'extrême sud de la Baltique, depuis les années 90, en parallèle avec l'élévation de la température de la zone et une amélioration de la qualité des eaux (Thiel et al., 2008).

¹⁴ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_fr.pdf

Quelques études ont également montré des changements dans la phénologie de migration (Lassalle, 2008). Le changement climatique peut également modifier l'abondance des espèces. Ceci étant, globalement, les études sur les effets du changement climatique sur ces espèces migratrices sont encore peu développées actuellement (Nikolic et al., 2011).

2.11) Pêcheries

Par ses prélèvements souvent importants et le développement de pratiques non durables (Masters et al., 2006), la pêche fait partie des trois grands types de pressions anthropiques fréquemment associés au déclin des PMA avec les barrages (Larinier, 2001) et la pollution au sens large (Maes et al., 2007). Cette facette halieutique est très souvent la première à être ciblée lors des constats de dysfonctionnement et de baisses d'abondance.

2.12) Aquaculture et liens avec les populations naturelles

Aujourd'hui, dans la grande majorité des pays industrialisés, l'aquaculture est un secteur économique de première importance et en expansion. La production a ainsi progressé de 5% par an de 1950 à 1969, de 8% par an au cours des années 1970 et 1980 et de 10% par an depuis 1990 (Knockaert, 2006). La raréfaction des poissons marins et la maîtrise des élevages sont à l'origine de cette augmentation. Mais beaucoup reste à faire pour le développement d'une aquaculture durable, à impact limité sur l'environnement.

Une analyse bibliographique (Nikolic et al., 2011) a révélé l'abondance des études scientifiques sur l'impact de formes intensifiées d'aquaculture sur l'environnement (échappement d'individus, transmission des pathologies, pollution de l'eau).

Dans le cadre de populations présentant des signes évidents de détérioration, l'un des réflexes de gestion les plus répandus consiste à mettre en œuvre soit des alevinages à partir de reproductions contrôlées en élevage lorsque l'espèce s'y prête, soit des actions de transfert d'individus sauvages (cas de l'anguille).

En ce qui concerne les Salmonidés qui ont le plus fait l'objet de ce type de démarche de gestion, il n'y a aucune preuve scientifique solide indiquant que le repeuplement a un effet positif sur l'accroissement des populations. En revanche, les poissons de repeuplement ont deux impacts majeurs sur les populations sauvages : (1) compétition et (2) hybridation (McGinnity et al., 2003 ; Fleming et Petersson, 2001).

Pour l'anguille, le règlement du Conseil de l'Union Européenne n°11000/2007 institue des mesures de reconstitution du stock par le transfert de juvéniles de moins de 12 cm dans le cas où une exploitation civellière est maintenue et démontrée compatible avec les objectifs de survie fixés à l'échelle du bassin.

Cependant, des débats importants ont lieu lors des rencontres régulières du groupe de travail international CECPAI/CIEM car les retombées positives pour l'espèce de cette pratique ne sont pas clairement établies.

3) Prospectives

Ces espèces migratrices sont très exigeantes en termes de libre circulation, de quantité et de qualité d'eau, de ressources trophiques, de maintien d'habitats fonctionnels particuliers (zones de fraie, de nourriceries, de croissance). Elles sont donc très révélatrices du niveau de

gestion écosystémique que la collectivité a mis en œuvre à l'échelle des différents bassins versants.

Le type d'intégration et de prise en compte des milieux aquatiques en tant que milieux vivants dans la gestion des territoires va donc peser très lourdement dans le devenir de ces PMA. Or, on observe, d'une part, le caractère très contrasté des contextes environnementaux dans lesquels évoluent ces espèces avec en corollaire l'intérêt d'actions locales de gestion adaptées à ces contextes, mais aussi, une réglementation et des plans d'action élaborés à l'échelle nationale et européenne sur des bases de travail très homogènes. On assiste également ces dernières décennies au développement d'actions de repeuplement cherchant à pallier les baisses d'abondance naturelle observées.

4) Hypothèses

Partant de tous ces constats, nous avons envisagé ici quatre hypothèses contrastées d'évolution de la prise en compte de ces espèces dans la gestion des territoires.

Hypothèse 1 : Gestion vertueuse et homogène sur l'ensemble des territoires

Les usages se plient aux contraintes de quantité et qualité des milieux aquatiques notamment par rapport à leur dimension « migrants ». Les gestionnaires cherchent donc à minimiser les pressions exercées et ce, de manière raisonnée, efficiente et homogène sur tous les territoires.

La prise de décision passe par un inventaire précis et spatialisé des pressions au niveau de chaque bassin et par une évaluation hiérarchisée de leurs impacts. Une telle démarche nécessite des progrès très significatifs dans la connaissance des impacts liés à chaque type de pression.

Intérêts : La démarche est homogène au niveau d'un bassin et conforme aux objectifs de la DCE (*bon état écologique des eaux*). Renforcement de la responsabilité environnementale auprès de l'ensemble des usagers tant en routine qu'en phase de crise (*pollution accidentelle, etc.*)

Contraintes :

- Evolution des mentalités vers le bien commun, fermeté et cohérence politique
- Coûts associés (*inventaires, recherches, aménagements, actualisations*). Compromis incontournables avec au final, une situation biologiquement non optimale

Hypothèse 2 : Gestion contrastée entre bassins ou sous-bassins versants

On assiste au développement d'une gestion environnementale à deux vitesses au sein des territoires :

- dans certains bassins ou sous-bassins (% à fixer), gestion vertueuse de l'environnement notamment aquatique et donc des PMA ;
- dans les autres bassins ou sous-bassins, priorité aux usages anthropiques et moindre attention portée aux PMA.

Intérêts : Evolution bien dans la lignée des démarches actuelles consistant à classer les cours d'eau (prioritaires ou non vis-à-vis de la libre circulation, statut Natura 2000, corridor biologique, etc.). Correspond à une recherche d'optimisation des efforts fournis par la collectivité pour prendre en compte les PMA sur l'ensemble de leurs phases continentales. Bien en phase également avec le concept de démarche compensatoire autorisée depuis la fin des années 2000 dans la gestion de l'environnement en Europe et en France.

Contraintes : Perte de facto d'un % très significatif de bassins versants pour les PMA avec un risque non-négligeable de remise en cause régulière du statut des bassins protégés. Démarche peu applicable au fleuve principal et à l'estuaire, ces derniers étant des passages obligés. Réactions des habitants-citoyens des sous-bassins sacrifiés sur l'autel des usages productifs ? Question posée de la taille minimale des bassins ou sous-bassins protégés pour garantir la durabilité de l'espèce (*taille minimale effective des généticiens*).

Hypothèse 3 : Gestion artificialisée des PMA anadromes

La collectivité ne peut plus se permettre de mobiliser des budgets conséquents pour étudier ces espèces, aménager les ouvrages, restaurer des habitats mais souhaite afficher la présence de ces espèces patrimoniales maintenue au moyen d'interventions fortes sur le système (repeuplement, transfert d'individus, etc.), toutes ces actions servant de support au développement d'emplois et à la production de ressources alimentaires.

Pour les espèces anadromes, tout un secteur d'aquaculture de repeuplement soutenu par la recherche se développe pour produire, à partir de géniteurs interceptés et sélectionnés à l'entrée des bassins versants, des juvéniles des différentes espèces anadromes en nombre très significatif chaque année. Ces jeunes individus partent en mer pour effectuer une croissance « bio » et peu coûteuse pour la collectivité. Au retour dans leurs bassins de départ, les géniteurs font l'objet d'une intense exploitation professionnelle dans les estuaires et sportive en amont.

Pour l'anguille, des démarches de compensation se mettent en place. Les zones aval (estuaires, ZH littorales, fleuves jusqu'aux premiers obstacles) sont privilégiées pour accueillir une forte densité de population (entretien habitats, ouvrages adaptés, etc.) avec le soutien financier d'acteurs amont au titre de la compensation des impacts qu'ils infligent aux milieux. En amont, seuls les petits ouvrages sont équipés de passes rustiques et peu onéreuses. Pas de montée favorisée en amont de barrages hydro-électriques bloquants situés dans les parties moyennes et aval des bassins.

Intérêt : Minimiser les coûts d'aménagement des ouvrages et de restauration des habitats. Maintenir la présence des différentes espèces migratrices au sein des systèmes. Développement d'emplois induits par la filière « migrateurs ».

Contraintes : Appauvrissement génétique régulier. Perte de l'aiguillon que constituent les PMA pour la prise en compte de la dimension vivante des milieux aquatiques.

Hypothèse 4. Les PMA sont perdants dans tous les territoires

La collectivité ne se préoccupe que de la ressource en eau (quantité, qualité sanitaire), la dimension vivante des milieux aquatiques n'étant plus trop prise en compte (trop complexe, trop onéreuse).

Les PMA pâtissent en premier de cette situation du fait des contraintes multiples qu'ils imposent à la gestion des bassins versants pour se maintenir tout en restant sous influence de facteurs extérieurs (exploitation en phase marine, changement climatique, etc.).

Dans un tel contexte, seules les espèces effectuant leur phase continentale dans les zones aval des bassins arrivent à résister et la demande en termes de recherche s'éteint.

5) Références

- Adam G., Feunteun E., Prouzet P., Rigaud C., 2008. L'anguille européenne. Indicateurs d'abondance et de colonisation. Rapport final du programme européen INDICANG. Editions Quae, 392 p.
- Anonyme, 2005. Pesticides, agriculture et environnement. Rapport d'expertise scientifique collective (Inra, Cemagref, Brgm, Ird) , 68 pages
- Baran P., Basílico L., 2011. Plan de sauvegarde de l'anguille. Quelles solutions pour optimiser la conception et la gestion des ouvrages. Les Rencontres de l'ONEMA, Synthèse, 156 p.
- Bau F., Gomes P., Baran P., Drouineau H., Larinier M., Travade F., De Oliveira E., 2012. Migration de dévalaison et franchissement d'aménagements hydroélectriques en série : synthèse des trois années d'étude sur le Gave de Pau. Rapport ONEMA/EDF. Programme R&D Anguilles et Ouvrages.
- Bernard P., 1994. Rapport d'évaluation sur les Zones humides françaises. Comité inter-ministériel des politiques publiques, Commissariat au Plan. La Documentation française, 392 p.
- Borgstrøm R, Skaala O, Aastveit AH. 2002. High mortality in introduced brown trout depressed potential gene flow to a wild population. *Journal of Fish Biology* 61: 1085-1097.
- Caballero A., 1994. Developments in the prediction of effective population size. *Heredity*, vol. 73: 657-679.
- Champigneulle A, Cachera S. 2003. Evaluation of large-scale stocking of early stages of brown trout, *Salmo trutta*, to angler catches in the French-Swiss part of the river Doubs. *Fisheries Management and Ecology* 10: 79-85.
- Chaudon A. 2005. Les crises d'anoxie dans l'estuaire de la Loire : caractérisation et approche de leur incidence sur la transparence migratoire. Nantes, Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire: 34.
- Courret D., Chanseau M., Lascaux J.M., Larinier M., 2012. Impacts écologiques des éclusées hydro-électriques. Caractérisation des régimes d'éclusées et retour d'expériences sur la Maronne. *La Houille blanche*, 1 : 8-14.
- Courtoiser P., Gaubert H., 2014. Analyse d'une méthode d'évaluation d'un dommage environnemental: la méthode ressource-ressource européenne. Coll. « Etudes et documents du Commissariat général au Développement durable, n°104, 33 p.
- Dufresne, J. L., D. Salas y Mélia, et al. 2006. "Simulation du climat récent et futur par les modèles du CNRM et de l'IPSL." *La Météorologie*, from <http://hdl.handle.net/2042/20120>
- Elie P., Girard P., 2014. La santé des poissons sauvages: les codes pathologiques, un outil d'évaluation. Eds Association « Santé des Poissons sauvages »/ Fédération nationale de Pêche, 265 p.
- Fleming IA, Petersson E. 2001. The ability of released, hatchery salmonids to breed and contribute to the natural productivity of wild populations. *Nordic Journal of Freshwater Research* 75: 71-98.
- Forbes N.E., Forbes T.L., Rivières J.L., 1997. *Ecotoxicologie, théorie et applications*. Inra Eds, 256 pages
- Giuntoli I., Renard B., Bard A., 2013. Low flows in France and their relationships to large scale climate indices. *Journal of Hydrology*, 482 : 105-108.
- Hansen MM, Ruzzante DE, Nielsen EE, Bekkevold D, Mensberg KLD. 2002. Long-term effective population sizes, temporal stability of genetic composition and potential for local adaptation in anadromous brown trout (*Salmo trutta* L.). *Molecular Ecology* 11: 2523-2535.
- Larinier M., Porcher JP, Travade F., Gosset C., 1994. Expertise et conception des ouvrages de franchissement. Editions ONEMA, Coll. « Mise au point », 342 p.
- Lassalle G. 2008. Impacts des changements globaux sur la distribution des poissons migrateurs amphihalins : Une approche par modélisation à l'échelle continentale. Doctorat sciences et environnement, spécialité écologie aquatique, Université Bordeaux I. 247 p.

- Lassalle, G., M. Béguer, et al. 2008. "Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues: An approach using biogeographical models." *Biological Conservation* 141: 1105-1118
- Limburg K.E., Waldman J.R., 2009. Dramatic declines in North Atlantic diadromous fishes. *Biosciences*, 59 (11), 955-965.
- Maes J, Stevens M, Breine J. 2007. Modelling the migration opportunities of diadromous fish species along a gradient of dissolved oxygen concentration in a European tidal watershed. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75, 151-162.
- Massa F., 2000. Sédiments, physico-chimie du compartiment interstitiel et développement embryo-larvaire de la truite commune (*Salmo trutta*) : Etude en milieu naturel anthropisé et en conditions contrôlées. Thèse de l'INAPG, Mention Sciences de l'Environnement 199 p.
- McGinnity P, Prodöhl P, Ferguson A, Hynes R, O Maoiléidigh N, Baker N, Cotter D, O'Hea B, Cooke D, Rogan G, Taggart J, Cross T., 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Society of London B* 270: 2443-2450.
- McGinnity P, Prodöhl P, O Maoiléidigh N, Hynes R, Cotter D, Baker N, O'Hea B, Ferguson A., 2004. Differential lifetime success and performance of native and non-native Atlantic salmon examined under communal natural conditions. *Journal of Fish Biology* 65 (Supplément A): 173-187.
- Nikolic N, Taverny C, Rigaud C, Baglinière JL, Gardes C., Masquillier ML, 2011. Bibliometric analysis of diadromous fish research from 1970s to 2010: a case study of seven species. *Scientometrics*, 88(33), pp 929-947.
- ONEMA, 2014. Référentiel des obstacles à l'écoulement en France métropolitaine. Rap. MEDDE/ Agences de l'Eau/ IGN/ ONEMA.
- Ottman F., 1987. Les modifications physiques de l'estuaire de la Loire et leurs conséquences socio-économiques. *Norais*, vol. 133, N°133-135, pp 81-89.
- Parmesan C. 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637-669.
- Poff N. 1992. Regional Hydrologic Response to Climate Change: An ecological Perspective. *Global Climate Change and freshwater Ecosystems*. P. F. a. S. G. Fisher. New York, Springer-Verlag: 88-115.
- Romana, L.-A. 1994 "Les grands estuaires français." *Equinoxe, spécial environnement littoral* 47-48: 6.
- Schlesinger W. 2006. Global change ecology. *Trends in Ecology & Evolution* 21:348-351.
- Stenseth N, Mysterud A, Ottersen G, Hurrell J, Chan K, Lima M. 2002. Ecological effects of climate fluctuations. *Science* 297:1292-1296.
- Thiel R, Riel P, Neumann R, Winkler HM, Böttcher U, Gröhsler T. 2008. Return of twaite shad *Alosa fallax* (Lacépède, 1803) to the Southern Baltic Sea and the transitional area between the Baltic and North Seas. *Hydrobiologia*, Volume 602, Number 1, 161-177.
- UNEP/RAMOGE, 1999. Manual of the Biomarkers Recommended for the MED POL Biomonitoring Programme, UNEP/RAMOGE, Athens, Greece (1999).
- Vauclin V. Valadou B. 2007. Plan français de mise en oeuvre des recommandations de l'OCSAN en matière de protection, de gestion et de mise en valeur du saumon atlantique et de son habitat. ONEMA.
- Webb, B. W., 1996. "Trends in stream and river temperature." *Hydrol. Processes* 10: 205-226.
- Wilber DH, Clarke DG. 2001. Biological effects of suspended sediments: a review of suspended sediment impacts on fish and shellfish with relation to dredging activities in estuaries. *North American Journal of Fisheries Management* 21, 855-875.

Plus quatre études générales de prospective

- Garonne 2050: Etude prospective des besoins et des ressources en eau à l'échelle du bassin versant de la Garonne. Acteon Environnement, Coteaux de Gascogne, Groupe Futuribles
- Explore 2070, Eau et biodiversité. Service Prospectives du MEDDE
- Ressources et besoins en eau en France à l'horizon 2030. Bureau BRL Ingénieries, Centre d'analyse stratégique
- Aqua 2030. Eau, milieux aquatiques et territoires durables. Etude de 2012 Acteon Environnement, Bureau Futuribles, Irstea

2.5. Reconnaissance des PMA comme indicateurs de qualité de l'environnement (V2.5)

Composante	: Demande de recherche et expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Géraldine Lassalle
Mise à jour	: 22 septembre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) *Définition de la variable*

Les PMA sont-ils perçus, utilisés pour eux-mêmes ou comme des indicateurs de qualité de l'environnement par la Société, le législateur ?

Certaines espèces sont plus sensibles que d'autres et nécessitent des conditions particulières pour se maintenir dans leur milieu naturel. Lorsque les conditions du milieu naturel sont altérées, par exemple dans le cas de contamination par des polluants, ces espèces peuvent être affectées de plusieurs façons reflétant ainsi le déséquilibre des conditions initiales du milieu naturel. De telles espèces sont appelées indicateurs biologiques (ou indicateurs écologiques) en raison de leur capacité à caractériser l'état d'un écosystème soumis à un stress environnemental, ainsi qu'à permettre de détecter ou prévoir des changements significatifs pouvant survenir à l'intérieur de ce même écosystème (Kaiser, 2001 ; Sammarco et al., 2007). Un bioindicateur peut être ainsi défini comme une espèce ou un groupe d'espèces qui, par son absence, sa présence, son abondance ou sa distribution, nous donne des informations de nature qualitative, sur l'état d'un environnement ou d'une partie de celui-ci (Kaiser, 2001 ; Markert et al., 2003). Ce sont des outils pratiques pour l'élaboration des politiques publiques, des « décisions ».

1.2) *Indicateurs de la variable*

- Espèces démontrées comme présentant une réponse marquée à une altération de l'environnement ;
- Espèces démontrées comme ayant un rôle écologique clé dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes ;
- Nombre de publications scientifiques dans des revues spécialisées, comme *Ecological Indicators*, citant le terme « anadromous » ou « diadromous » ;
- Positionnement des PMA dans les COGEPOMI et STRANAPOMI.

2) Rétrospective

A la question « pourquoi préserver les PMA », le directeur de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, Laurent Bergeot, a apporté les deux pistes de réflexion suivantes à la fin d'année 2013. Premièrement, « ils constituent une ressource : la pêche professionnelle comme la pêche de loisir ont vocation à exploiter ces espèces de manière responsable et durable... l'état des populations de PMA sur le bassin Adour-Garonne n'est pas en mesure de répondre à cette attente légitime ». Deuxièmement, « cette ressource est directement liée à la qualité des milieux aquatiques. Ce ne sont pas les pressions qui s'exercent sur ces poissons et fragilisent les populations, qui nous font découvrir les maux dont souffrent nos cours d'eau. Ce sont plutôt des réalités sensibles qui parlent aux plus grand nombre : l'érosion des sols de nos bassins versants, les œufs asphyxiés dans les graviers des frayères, des régimes hydrologiques perturbés, des poissons bloqués en aval des barrages ou se perdant en route... ».

Historiquement, du fait de leurs vastes abondances, de la prédictibilité de leur présence dans le temps et l'espace, et donc de la « facilité » des captures, les PMA étaient une ressource alimentaire et économique majeure (e.g. Castelnaud, 2011 ; Gessner et al., 2011), dont les sociétés étaient, en partie, dépendantes. Cependant, leur abondance a considérablement diminué au cours des deux derniers siècles (Limburg et Waldman, 2009) (Figure 16). Graduellement, ce déclin a conduit à une conséquence inattendue, à savoir la perte de la mémoire institutionnelle et sociétale sur les abondances et importances (biens et services) passées de ces espèces lorsque les écosystèmes continentaux étaient plus intacts (Limburg et Waldman, 2009). Par exemple, aucune espèce n'a été considérée comme emblématique de la reconquête d'un milieu anthropisé (à savoir la Seine) parmi les personnes interrogées vivant à proximité du fleuve (Rochard et al., 2009).

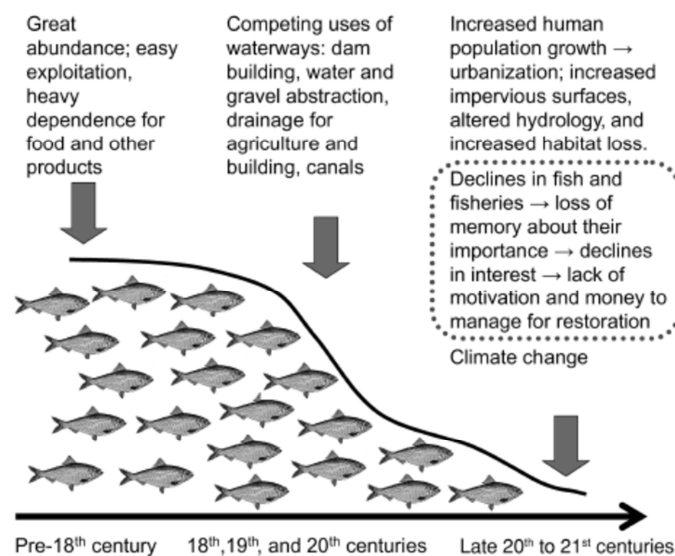


Figure 16 : Diagramme conceptuel de l'histoire générale et des facteurs ayant conduit au déclin des PMA de l'Atlantique Nord (Limburg et Waldman, 2009)

Au titre du maintien de la biodiversité globale, les PMA ont été inscrits dans la liste rouge mondiale des espèces menacées de l'IUCN, dans la convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices, dans la convention sur le commerce international des espèces de faunes et de flore sauvages menacées d'extinction, ainsi que dans d'autres instances à l'échelle européenne (e.g. la convention de Berne relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu en Europe, la directive cadre habitat faune-flore) et nationale (Lassalle et al., 2008).

Tableau 8 : Statut de conservation des PMA européens

Latin species names	Habitat directive	CITES	Bern Convention	IUCN
<i>Caspiomyzon wagneri</i>				NT
<i>Lampetra fluviatilis</i>	Appendix II***, V		Appendix III	LC
<i>Petromyzon marinus</i>	Appendix II****		Appendix III	LC
<i>Anguilla anguilla</i>		Appendix II		CR
<i>Acipenser gueldenstaedti</i>		Appendix II		CR
<i>Acipenser naccarii</i>	Appendix II, IV, V	Appendix II	Appendix II	CR
<i>Acipenser stellatus</i>		Appendix II	Appendix III	CR
<i>Acipenser sturio</i>	Appendix II, IV, V	Appendix I	Appendix II	CR
<i>Huso huso</i>		Appendix II	Appendix III*	CR
<i>Alosa algeriensis</i>				DD
<i>Alosa alosa</i>	Appendix II, V		Appendix III	LC
<i>Alosa caspia</i>				LC
<i>Alosa fallax</i>	Appendix II, V		Appendix III	LC
<i>Alosa immaculata</i>			Appendix III	VU
<i>Alosa kessleri</i>				LC
<i>Alosa tanaica</i>				LC
<i>Alosa volgensis</i>				EN
<i>Vimba vimba</i>				LC
<i>Osmerus eperlanus</i>				LC
<i>Coregonus oxyrinchus</i>	Appendix II, IV		Appendix III	EX
<i>Coregonus sp.</i>	Appendix V		Appendix III	
<i>Salmo caspius</i>				
<i>Salmo labrax</i>				LC
<i>Salmo salar</i>	Appendix II**, V**		Appendix III**	LR/lc
<i>Salmo trutta</i>				LC
<i>Salvelinus alpinus</i>				LC
<i>Liza ramada</i>				LC
<i>Platichthys flesus</i>				LC

* Appendix II in Mediterranean, ** Freshwater only, *** except Swedish and Finnish populations, **** except Finnish populations

Depuis 1994, en France, des comités de gestion des PMA (COGEPOMI) par grands bassins (8 au total) ont été créés. Leur but n'est pas de gérer en local les poissons uniquement dans leur propre intérêt, mais de développer des interactions durables entre la ressource et les pratiques de pêche, pour déterminer « quelles mesures sont utiles ou cruciales pour la conservation de ces espèces et leur exploitation optimale »¹⁵ (Barthélemy et al., 2011). Cependant, la stratégie nationale pour les PMA (STRANAPOMI) vise la préservation à long terme de ces espèces en insistant sur leur caractère essentiel d'indicateur du bon état de santé des écosystèmes aquatiques. Elle reconnaît également l'enjeu économique associé à leur préservation par la dépendance de l'activité de pêche professionnelle à certaines de ces espèces.

Les rôles écologiques de ces poissons, au-delà des pures considérations halieutiques, sont de plus en plus reconnus. Les PMA ont souvent été présentés comme vecteurs de nutriments entre écosystèmes : (1) de nutriments d'origine marine vers les écosystèmes aquatiques continentaux et terrestres par consommation directe (Wilson et Halupka, 1995 ; 16) et décomposition des carcasses sur la ripisylve (Naiman et al., 2002) ; et (2) des rivières vers l'océan en entrant dans le régime alimentaire d'espèces inféodées au milieu marin (Mehaffie et al., 2011 ; Wilson et Womble, 2006). Leur rôle d'ingénieur dans l'écosystème a aussi été mentionné du fait des perturbations engendrées sur le sédiment, le biofilm et les macroinvertébrés associés par la construction des nids au moment de la reproduction (Janetski et al., 2009). Certains auteurs ont employé le terme « d'espèce clé » pour qualifier la place des saumons dans le cycle des nutriments dans les écosystèmes (« anadromous nutrient pump »). Ces études se géolocalisent en dehors de l'Europe, particulièrement sur le continent américain. Ceci étant très vraisemblablement à mettre en relation avec le développement d'approche écosystémique et les abondances plus fortes de PMA outre-Atlantique.

Du fait de cette grande mobilité inhérente à la réalisation de leur cycle biologique, les PMA ont été logiquement associés à la connectivité à l'échelle des bassins versants au moins dans sa dimension longitudinale (Lasne, 2007). Dans le contexte de la Directive Cadre européenne sur l'eau (DCE) et de la recherche d'indicateurs du « bon état écologique » des masses d'eau superficielles et souterraines, une métrique, basée sur les grands PMA (saumon, aloses, lamproies...), comparant les présences historiques et actuelles des espèces sur les sites d'étude, a ainsi été récemment proposée au sein de l'indice piscicole français IPR+ (Indice Poisson Rivière). Cette métrique « grands migrateurs » permettra de donner des éléments de diagnostic importants concernant l'impact de la fragmentation des cours d'eau par des ouvrages transversaux (seuils, digues, barrages). Les PMA sont, en effet, à ce jour le seul élément de qualité biologique susceptible d'apporter un niveau d'information suffisant concernant ce type d'altération du milieu. Une approche relativement similaire a été publiée reliant la distribution d'espèces de poisson, notamment les PMA, à la qualité de l'environnement sur la base de données australiennes (Growth et al., 2013). La densité de migrateur a été aussi incluse dans l'indicateur poissons ELFI pour les masses d'eau de

¹⁵ <http://www.driea.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/gestion-des-poissons-migrateurs-r129.html>

¹⁶ Ces auteurs ne dénombrent pas moins de 43 espèces de mammifères, d'oiseaux et de poissons se nourrissant sur les œufs, les juvéniles et les saumons adultes (vivants ou sous la forme de carcasses) en Alaska.

transition (estuaires et lagunes) (Delpech et al., 2010). Il est attendu une diminution de cette densité avec la baisse de la qualité du milieu.

Certaines espèces peuvent aussi servir de bioindicateurs de la qualité chimique comme par exemple le flet *Platichthys flesus* dans les estuaires européens (Amara et al., 2009). Parmi les bioindicateurs, les espèces sentinelles, par leur sensibilité, ont la capacité de mettre en évidence des signes précurseurs d'altération du milieu naturel avant même que les effets soient ressentis à l'intérieur du milieu affecté. Ils agissent, par conséquent, comme une sorte de signal d'alarme pour l'ensemble de l'écosystème (Markert et al., 2003). Le flet est considéré depuis quelques années comme une espèce sentinelle en écotoxicologie (Marchand et al., 2003). Ici, ce n'est plus le caractère migratoire qui est pris en compte.

La recherche dans la revue spécialisée « Ecological Indicators » avec comme mot-clé « anadromous » (« diadromous ») a abouti à 15 (22) références toutes postérieures à 2009 et dont 3 par des équipes françaises. Dans la revue « Journal of Environmental Monitoring », une référence sur le saumon atlantique de 2007 apparaît. Cependant, aucune des références mentionnées ci-dessus ne contient une mention explicite des PMA dans le titre. Au bilan, les PMA ne sont donc pas présentés comme des indicateurs à part entière mais plutôt comme une métrique dans des indicateurs composites de la qualité de l'environnement basés sur les communautés/les assemblages piscicoles. Du point de vue écotoxicologique, le flet, voire l'anguille, sont par contre présentées comme des espèces bio-indicatrices.

3) Prospective

La tendance lourde identifiée est le glissement dans la perception des PMA (ou la multiplication des points de vue à leur sujet). Ils sont passés de ressources à exploiter durablement par la pêche, à espèces menacées par le changement global nécessitant d'être conservées à, finalement, espèces faisant partie d'un ensemble et pouvant nous renseigner sur le fonctionnement et le statut de cet ensemble. Le dernier point étant le plus récent.

En relation avec ce dernier point, le développement d'indicateurs poissons (Pont, 2010), leur application, leur comparaison, leur harmonisation devraient se poursuivre voire s'accroître, en particulier, connaissant les échéances et les dérogations inscrites dans la DCE et la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) pour l'atteinte du « bon état écologique » (i.e. première moitié du XXIème siècle).

Dans ce courant fort de recherche appliquée, la place des PMA a été déjà bien délimitée : (1) évaluer la connectivité longitudinale du réseau hydrographique en suivant l'évolution de leur distribution ; et (2) évaluer la qualité chimique des eaux côtières et de transition au travers de quelques espèces sentinelles. Cependant, ces travaux devraient s'affiner. Très clairement pour le second point, une nouvelle façon d'appréhender le flet comme espèce bio-indicatrice est en train de voir le jour. Les otolithes, ou les pièces calcifiées au niveau de l'oreille interne des poissons, sont susceptibles de permettre de retracer la composition physico-chimique et la contamination métallique passées et présentes des eaux fréquentées par cette espèce (projet FHOTOMOD de Françoise Daverat (Irstea) et Jonathan Selleslagh (UMR EPOC) en cours).

Le mulot porc est au cœur de réflexion en lien avec la bioindication. Le mulot serait intégrateur de variations dans la qualité de proies en base de réseau trophique (à savoir les

microalgues formant le biofilm des vasières intertidales côtières et estuariennes), variations tendant à être reliées au changement climatique (i.e., émergence d'espèces moins riches en acides gras). Ces travaux constituent une piste pour une nouvelle métrique basée sur les acides gras dans les membranes cellulaires chez le mulot porc renseignant sur la qualité de l'environnement en lien avec le changement climatique (Marie Vagner, communication personnelle, travaux de post-doctorat : <http://lienss.univ-larochelle.fr/Vagner-Marie>). Ceci est d'autant plus intéressant que le mulot est une des rares espèces de PMA dont les effectifs ont augmenté sur les 20 dernières années.

La connectivité est à relier aux transferts de matière (énergie, nutriments et contaminants). De ce fait, et en lien avec l'émergence de travaux sur le rôle écologique des PMA outre-Atlantique, convertir les variations dans la connectivité des systèmes en variations de flux de matière le long du continuum océan-estuaire-bassin versant opérés par les PMA abondants, et donc en fonctionnalité des systèmes, est potentiellement porteur. L'importance des déplacements et migrations de l'ichtyofaune dans le fonctionnement des écosystèmes (cycles et flux de nutriments) a été évoquée au niveau de vasières colonisées temporairement par l'ichtyofaune (avec comme espèce le mulot porc) en fonction des marées, à l'interface lagunes côtières/océan etc.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 « Business as usual »

Les liens PMA-pressions identifiés ne changent pas ou peu. Les PMA restent associés à la pression de fragmentation de l'habitat et à la qualité chimique des eaux. Pour le premier, il pourrait bénéficier de l'enrichissement des bases de données sur les ouvrages, les distributions passées et présentes du cortège de PMA. Il repose sur la présence/absence des espèces en lien avec la connectivité. Pour le second, le développement de nouvelles mesures (e.g. otolithométrie..) apporterait un caractère rétrospectif (e.g. retrouver les conditions environnementales passées enregistrées dans les otolithes). A ceci pourrait s'ajouter le développement de métriques nouvelles plus en lien avec le changement climatique (travaux sur le mulot énoncés ci-dessus etc.). Le lien écotoxicologie-PMA semble cependant le plus durable/opérationnel parmi ceux évoqués.

Hypothèse 2 : « Rien sur les PMA »

Les travaux traitant de la bioindication et des PMA sont abandonnés. Plusieurs raisons évoquées en séance de présentation de la fiche variable : - abandonnés car ne correspondent pas à ce que l'on veut (comme en écotoxicologie, le caractère migratoire n'est pas pris en compte, les PMA pourraient être facilement supplanter par le gobie), - faire d'espèces en péril d'extinction un élément de bioindication a semblé trop étrange, - pratiques d'alevinage tellement mal gérées que ça ne représenterait plus rien d'un point de vue de la fonctionnalité de l'habitat (comme par exemple de l'alevinage au-dessus de barrages), le stock est abondant mais artificialisé - la sélection d'indicateurs les plus pertinents dans le cadre de la DCE et de la DCSSM n'inclut aucun éléments sur les PMA, tout étant histoire de lobbying etc.

Hypothèse 3 : « Les PMA : indicateurs de processus fonctionnels »

L'intérêt pour le rôle écologique des PMA s'accroît en lien avec le développement des indicateurs d'état fonctionnel des écosystèmes et les approches écosystémiques. Il y a une prise de conscience que cette biomasse mobile assure des transferts importants de

nutriments au sein d'un écosystème et entre écosystèmes adjacents et que ces flux sont encore mal connus pour les espèces présentant de fortes abondances (mulets et flets en Europe, saumon, alose, lamproie sur le continent américain, etc.). Les variations dans les transferts opérés par ces espèces peuvent être associables à des modes de fonctionnement différents du système. L'accent est mis sur le caractère « migrateur » de ces espèces.

5) Références

- Amara, R., Selleslagh, J., Billon, G., and Minier, C. (2009). Growth and condition of 0-group European flounder, *Platichthys flesus* as indicator of estuarine habitat quality. *Hydrobiologia* 627, 87-98.
- Barthélémy, C., Menozzi, M.-J., and Pellegrini, P. (2011). Socio-natural dynamics of COGEPOMI plans for diadromous-fish management on the Garonne and Seine rivers. *Sciences, Eaux et Territoires* 03bis, 126-131.
- Castelnaud, G. (2011) Sturgeon fishing, landings, and caviar production during the twentieth century in the Garonne basin and the coastal sea. *Biology and conservation of the European sturgeon *Acipenser sturio* L. 1758*, P. Williot, E. Rochard, N. Desse-Berset, F. Kirschbaum, J. Gessner, editors (Berlin : Springer-Verlag), pp. 177-194.
- Delpech, C., Courrat, A., Pasquaud, S., Lobry, J., Le Pape, O., Nicolas, D., Girardin, M., Boet, P., and Lepage, M. (2010). Development of a fish-based index to assess the ecological quality of transitional waters: The case of French estuaries. *Marine Pollution Bulletin* 60: 908-918.
- Gessner, J., Spratte, S., and Kirschbaum, F. (2011) Historic overview on the status of the European sturgeon (*Acipenser sturio*) and its fishery in the North Sea and its tributaries with a focus on German waters. *Biology and conservation of the European sturgeon *Acipenser sturio* L. 1758*, P. Williot, E. Rochard, N. Desse-Berset, F. Kirschbaum, J. Gessner, editors (Berlin : Springer-Verlag), pp. 195-220.
- Growns, I., Rourke, M., and Gilligan, D. (2013). Toward river health assessment using species distributional modelling. *Ecological Indicators* 29, 138-144.
- Janetski, D.J., Chaloner, D.T., Tiegs, S.D., and Lamberti, G.A. (2009). Pacific salmon effects on stream ecosystems: a quantitative synthesis. *Oecologia* 159, 583-595.
- Kaiser, J. (2001). *Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution and Risk Assessment* (Enfield: Sciences publishers inc.).
- Lasne, E. (2007). *Connectivité hydrologique et distribution de l'ichtyofaune dans le bassin versant de la Loire : de l'assemblage à la population (cas de l'anguille européenne)*. Thèse de Doctorat. Université de Rennes 1, Rennes, France.
- Lassalle, G., Béguer, M., Beaulaton, L., and Rochard, E. (2008). Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues: an approach using biogeographical models. *Biological Conservation* 141, 1105-1118.
- Marchand, J., Tanguy, A., Laroche, J., Quiniou, L., Moraga, D., 2003. Responses of European flounder *Platichthys flesus* populations to contamination in different estuaries along the Atlantic coast of France. *Marine Ecology Progress Series* 260, 273-284.
- Markert, B.A., Breure, A.M. and Zechmeister, H.G. (2003). Definitions, strategies and principles for bioindication/biomonitoring of the environment. *Bioindicators and biomonitors: principles, concepts and applications*, B.A. Markert, A.M. Breure, H.G. Zechmeister, editors. (Oxford : Elsevier Science Limited), pp. 3-39.
- Mehaffie, N.C., Sutton, S.E., Smith, B.E., Link, J.S., and Miller, T.J. Quantifying the contribution of diadromous species to the diets of marine predators in the Gulf of Maine. 141st Annual Meeting of the American Fisheries Society, Seattle, WA, September 2011.
- Munawar, M., Hänninen, O., Roy S., Munawar, N., Kärenlampi, L. and Brown, D. (1995). *Bioindicators of Environmental Health* (New York: SPB Academic Pub).
- Naiman, R.J., Bilby, R.E., Schindler, D.E., Helfield, J.M. (2002). Pacific salmon, nutrients, and the dynamics of freshwater and riparian ecosystems. *Ecosystems* 5, 399-417.
- Pont, D. (2010). Bio-indication et peuplement piscicole dans les cours d'eau : une approche fonctionnelle et prédictive. *Sciences, Eaux et Territoires*, 01, 40-45.
- Rochard, E., Pellegrini, P., Marchal, J., Béguer, M., Ombredane, D., Lassalle, G., Menvielle, E., and Baglinière, J.-L. (2009). Identification of Diadromous Fish Species on which to Focus River Restoration: An Example Using an Eco-Anthropological Approach (The Seine Basin, France). *American Fisheries Society Symposium* 69, 691-711.
- Sammarco, P.W., Hallock, P., Lang, J.C. and LeGore, R.S. (2007). Roundtable discussion groups summary papers: environmental bio-indicators in coral reef ecosystems: the need to align research, monitoring, and environmental regulation. *Environmental bioindicators* 2, 35-46.

Wilson, M.F., and Halupka, K.C. (1995). Anadromous fish as keystone species in vertebrate communities. *Conservation Biology* 9, 489-497.

Wilson, M.F., and Womble, J.N. (2006). Vertebrate exploitation of pulsed marine prey: a review and the example of spawning herring. *Review in Fish Biology and Fisheries* 16, 183-200.

3. Composante « Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe) »

3.1. Moyens affectés à la recherche (V3.1)

Composante	: Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Eric Rochard
Mise à jour	: 10 juin 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) Définition de la variable

Il s'agit de mesurer l'ampleur des moyens financiers dédiés à la recherche au niveau européen et au niveau français. Cela comprend le financement de personnels statutaires (emplois de chercheurs, ITA, IATOS), de personnels contractuels (doctorants, post doctorants, autres), le fonctionnement de base des établissements (fonctionnement), d'équipements (au sens de grands équipements ; ex satellites, navire océanographique) et de projets (au sens ANR ou PCRD du terme, un début une fin, des personnels, du fonctionnement des investissements). Le budget de l'enseignement supérieur ne fait pas partie de cette variable, même si dans certains cas il est partiellement chevauchant (ex effectifs d'enseignants chercheurs).

Les budgets ciblant la recherche militaire et/ou nucléaire n'ont pas été pris en compte. Les budgets affectés à la recherche privée ont été identifiés autant que possible. Les dépenses intérieures en recherche et développement (DIRD) incluent les dépenses publiques et privées.

1.2) Indicateurs de la variable

On peut prendre comme indicateurs

- Le montant des Programmes de recherche européens (Programmes Commun de Recherche et Développement)
- Le nombre de chercheurs et d'enseignants chercheurs, nombre de post doctorants
- Le budget de la recherche civile
- Le budget des principaux programmes de recherche
- Le budget des EPST français

2) Rétrospective

Les financeurs de la recherche sont le Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche, les autres ministères, les collectivités territoriales, l'Union Européenne et les autres (fondations, privés).

Au sein du budget de l'État les financements publics consacrés à la recherche et au développement se situent à 2,2% du PIB. L'objectif affiché lors du conseil européen de Barcelone (2002) de consacrer 3% du PIB à la recherche n'a jamais été atteint en France (le Japon ou la Suède sont au-delà de 3% du PIB depuis 2000). L'écart par rapport à d'autres pays de l'OCDE tiendrait à une part trop faible de la R&D dans les entreprises (1,43% du PIB en France).

Au niveau national, plusieurs ministères bénéficient des crédits de la Mission Interministérielle Recherche et Enseignement Supérieur (MIREs). La MIREs est composée de

10 programmes dont 5 dépendent du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche (23 Md€ en 2014).

2.1) Les financements du ministère chargé de la recherche

Tableau 9 : Budget de la recherche française en million d'euros (DIRD, dépense intérieure de recherche et développement)

	Organismes de recherche	Autres (investissements d'avenir, recherche spatiale civile, organisations scientifiques internationales)	Action de soutien de la recherche (ANR)	Total	% du PIB
1995					2.29
1996					
1997					
1998					
1999					
2000					2.15
2001					2.2
2002					2.23
2003					2.18
2004					2.16
2005			350		
2006			641		
2007			888		
2008			750		
2009			976	514	
2010			985		
2011					
2012	5201				
2013	5330		838	7853	
2014	5310	1707	754	7771	

Les entreprises emploient 59% des ETP de R&D, les administrations 41%.

Tableau 10 : Emplois dans la recherche en France (en nombre absolu et pour mille emplois)

	Recherche		Chercheurs	
	Effectifs total R&D	Pour mille emplois	Total R&D	Public
1992	291515			
1993	293272			
1994	293830			
1995		6.7		
1999		6.8		
2000		7.1		
2001		7.2		
2002	339800	7.5	186400	40700
2003	342300	7.7	192800	41300
2004	352000		202400	42200
2005	349700		202500	43700
2006	365800		210600	44200
2007	375200		221900	44300
2008	382700		227700	45700
2009	387800		232800	45800
2010	397800		243500	45600
2011	402000		249100	45700
2012				
2013				

2014	68841		169518	
------	-------	--	--------	--

La distribution des emplois en R&D est très inégale entre les régions, l’Île de France et la Région Rhône Alpes rassemblant la majorité des effectifs. On observe un patron identique si on considère que les chercheurs.

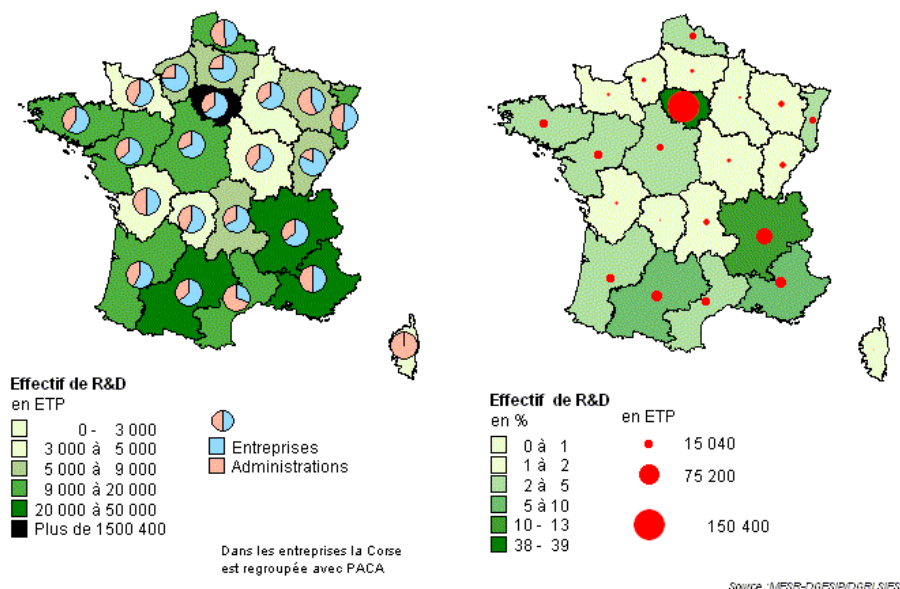


Figure 17 : Répartition du personnel de R&D en 2011

Jusqu’à 2005, le financement de la recherche est réalisé selon les besoins, sous la forme d’un soutien récurrent aux activités (San Remo) (effectifs, emplois administratifs et technique, surfaces). A partir de 2009 on assiste à un financement selon les besoins et la performance. Ces dernières années, des soutiens ponctuels très conséquents ont été apporté via les opérations Plans Campus (pour un budget total affecté à cette opération immobilière de 1.3Md € une dotation par exemple de 2013 de 158 M€ sur 30 projets prioritaires concernant 10 sites) et les investissements d’avenir (22Md € pour l’enseignement supérieur et la recherche).

2.2) Les programmes cadres européens (PCRD, FP)

Ils émergent au début des années 1980 et sont formalisés lors du 1^{er} PCRD en 1983. Les budgets sont distribués aux opérateurs de recherche sous forme d’appel à projet et visent à une meilleure intégration de la recherche européenne. Les programmes cadres sont élaborés par la commission.

FP1 (1984-1987)	3.75 Md€
FP2 (1987-1991)	5.4 Md€
FP3 (1991-1994)	6.6 Md€
FP4 (1994-1998)	13.22 Md€
FP5 (1998-2002)	14.96 Md€
FP6 (2002-2006)	17.83 Md€
FP7 (2007-2013)	50.5 Md€
Horizon 2020 (2014-2020)	70.2 Md€

2.3) Financement par les collectivités

Ce type de financement est très variable selon les régions en importance et en thématique. Une partie est réalisée 2.4) dans le cadre des CPER (surtout immobilier).

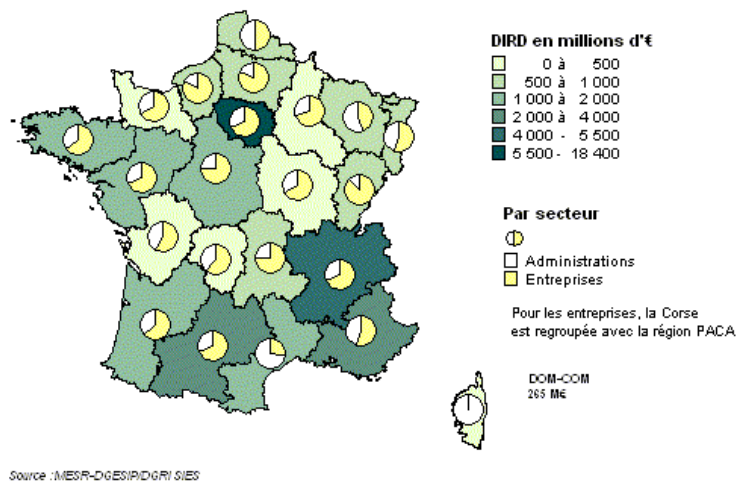


Figure 18 : Dépense intérieure de recherche et développement (DIRD) en 2011

3) Prospective

La mise en place d'une programmation coordonnée et harmonisée entre la France et l'UE autour des priorités H2020/FP8 va fortement focaliser les financements sur quelques thématiques prioritaires. Les partenariats avec des entreprises de taille moyenne à petite (SME) vont demeurer privilégiés.

Le % du PIB consacré à la DIRD devrait demeurer constant, de même que le nombre de chercheurs statutaires. L'intéressement des chercheurs pourrait faire son retour pour favoriser l'implication des chercheurs dans des projets avec des retombées industrielles.

Il est probable que le système reste basé sur le financement par projet, par contre plusieurs options demeurent possible pour mieux rétribuer les organismes : augmentation de leur dotation de base ou changement des règles de financement (ex doublement du préciput pour les programmes ANR).

Les budgets européens demeureront à des niveaux élevés avec une panoplie de projets de tailles différentes

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : Maintien du financement sur projet

Le principe du financement sur projet qui permet de flécher des financements sur des thématiques jugés prioritaires et/ou les meilleures équipes demeure même si les règles sont améliorées pour les opérateurs. On s'attend malgré tout à une légère baisse des financements publics, notamment suite à une réduction importante des crédits pour la recherche et à une focalisation renforcée des financements régionaux, les financements privés demeurent à des niveaux faibles.

Hypothèse 2 : Retour au financement des opérateurs par les ministères

Sans doute associé avec des fusions/regroupements entre opérateurs voire universités et des contrats d'objectifs non-chevauchant entre les opérateurs. Cette option s'accompagne de la suppression de l'ANR et de l'AERES et de l'harmonisation réglementaire des opérateurs

(ESCP, EPST, EPIC, etc.). Les financements connaissent, malgré tout, une légère baisse, notamment au niveau régional, les financements privés demeurent à des niveaux faibles.

Hypothèse 3 : Focalisation renforcée sur l'innovation

Afin de combler le déficit majeur de la recherche française en termes d'innovation, les appels d'offre sont de plus en plus ciblés et le partenariat avec les entreprises largement encouragé au travers d'intéressements des chercheurs au développement industriel. Les financements, notamment régionaux, sont maintenus mais avec une focalisation renforcée. Les financements privés augmentent substantiellement avec un recours au financement participatif.

Hypothèse 4 : Rééquilibrage entre appui à l'innovation et nouvelles connaissances

L'innovation est principalement attendue dans les entreprises soutenues par le Crédit d'Impôt Recherche. Les chercheurs publics voient leurs effectifs baisser mais se concentrent sur les aspects académiques ou en appui aux politiques publiques. Les financements publics et des collectivités baissent.

Hypothèses

H1 : Fonctionnement par projet généralisé avec maintien des bailleurs de fonds actuels (UE, France, régions, privés) avec maintien des équilibres

H2 : Financement des organismes de recherche sur dotations augmente (éventuellement projets d'établissements) – financements constants

H3 : Financement de la recherche publique en chute importante, uniquement privée, + crowd-funding

H4 : Financement de la recherche à 3% du PIB – Moyens en recherche fondamentale et appliquée

5) Références

Le financement public de la recherche un enjeu national. 2013 Rapport public thématique de la cour des comptes. 283 p.

Réflexion sur la recherche scientifique en France. Le monde science et techno. 01 :11 :2012

Site web INSEE

Site web Data.gouv.fr

Site web Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/reperes/public/chiffres/france>

Document issu de la réunion prospective DP2vist

3.2. Structuration du monde de la recherche aux niveaux européens et français

Composante	: Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Hilaire Drouineau
Mise à jour	: 26 mai 2014

1) Rétrospective

L'organisation de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche est historiquement compliquée avec la coexistence de 4 entités : les opérateurs de recherche publique sous tout un tas de formes (EPIC et EPST pour ne citer qu'eux), des universités, des grandes écoles et des entreprises qui font de la R&D. On avait historiquement 4 groupes là où dans la plupart des autres pays, on se limitait à un ou deux types d'acteurs (peu d'équivalent des grandes écoles) et où les universités ont toujours eu une vocation de recherche marquée.

Pour essayer de comprendre le pourquoi de ces 4 structures, j'ai voulu comprendre à quoi étaient initialement destinées les 4 structures. Pour schématiser, les grandes écoles ont eu vocation à former les élites du secteur public (hauts-fonctionnaires etc.) et du secteur privé (chefs d'entreprises, grands dirigeants, etc.) alors que les universités formaient la masse et les futurs chercheurs. Dans les deux cas, la part recherche était limitée puisque les recherches étaient la chasse gardée des opérateurs de recherche. Là-dedans, on avait le CNRS, à vocation recherche multidisciplinaire et fondamentale dont le but était d'être un leader international et d'incarner la « grandeur » de la France. Autour, d'autres opérateurs à but plus finalisé : l'INRA et l'IFREMER en agronomie et halieutique, le Cemagref sur le machinisme, etc.

Au tournant des années 1980, deux constats : les instituts de recherche ont bien bossé, on mange, on a de l'électricité, des routes et le téléphone, les missions premières sont donc pour partie atteintes et doivent évoluer. Deuxième constat, la crise économique est passée par là et le quatrième acteur, la R&D du privé, peut-être une solution à la crise. Là, nos politiques inaugurent un nouveau concept, "l'innovation scientifique". L'innovation scientifique n'est pas comme on pourrait le croire, la création de connaissances nouvelles, mais le transfert des résultats de la recherche publique vers la recherche privée. Par la suite, l'essentielle des réformes de la recherche et de l'enseignement vont avoir pour but de favoriser l'innovation. Une première loi de 1982 (dite loi d'orientation et de programmation pour la recherche et le développement technologique de la France) ajoute la valorisation comme mission de la recherche publique (« La politique de la recherche et du développement technologique vise à l'accroissement des connaissances, à la valorisation des résultats de la recherche, à la diffusion de l'information scientifique » traduisant le *distinguo* entre valorisation économique et création et diffusion de la connaissance) et propose toute une série de mesures visant à faciliter le transfert public-privé. On peut citer des dispositions visant à faciliter les échanges de chercheurs entre public et privé, les possibilités pour les opérateurs de recherche d'ouvrir une filiale dédiée à la valorisation économique ou encore la possibilité offerte aux chercheurs de siéger dans des conseils d'administration d'entreprises privées. Ce mouvement se prolonge ensuite par la loi sur l'innovation et la recherche de 1999 (dans un contexte économique pourtant beaucoup plus favorable : on est en plein dans la bulle internet) avec entre autres l'extension du crédit d'impôt recherche. Puis, la loi de programmation de 2006 qui visent à faciliter encore les échanges recherche publique, recherche privée. La LRU de 2006 vise aussi à rapprocher universités et entreprises privées sur un modèle américain.

Malgré tous ces efforts, la France reste, d'après ses dirigeants, à la traîne en termes d'innovation (Door, 2004; Inspection Générale des Finances, 2007), pas aidée par un secteur R&D privé particulièrement faible (comme le mentionne le rapport 2013 de la cour des comptes "le financement de la recherche publique : un enjeu national"). Ces mêmes dirigeants constatent aussi qu'au début des années 2000, les établissements publics de recherche n'occupent plus la place qu'ils occupaient au niveau mondial (Door, 2004), que les universités ne sont pas attractives à l'international, car sans doute trop séparées de la recherche, et que les grandes écoles sont à peine mieux placées, car trop petites (difficile d'avoir un prix Nobel dans une petite structure). De plus, la différence de publics visés par les grandes écoles et l'université ne facilite pas ensuite le dialogue recherche publique et entreprises (puisqu'ils ne sont pas formés au même endroit). Trop petit, trop cloisonné, dans la rénovation immobilière, on aurait fait un loft, mais avec la recherche, c'est un poil plus compliqué. On ne va pas casser les murs, mais ouvrir des portes, créer des ponts, des couloirs pour que les 4 groupes dialoguent. Des exemples : au niveau des unités de recherche, création des UMR, des UMR internationales. Au niveau universités, création des pôles de compétitivité, puis des PRES, puis des IDEX. Au niveau recherche nationale, création des Alliances. La ligne directrice semble malgré tout de faire de l'université "les principaux intégrateurs de la recherche" (Cour des Comptes, 2013). Et pour éviter les différents types de regroupement locaux (PRES, les réseaux thématiques de recherche avancée, Centres thématiques de recherche et de soins) la loi de 2013 sur l'orientation pour l'enseignement supérieur et la recherche supprime le tout et met en place et créer les communautés scientifiques.

Bon par contre, c'est un peu comme la tour d'habitation de Benidorm, à force de rajouter des étages, on a du mal à s'y retrouver dans les plans (voir la partie sur "la multiplication de structures partenariales, source de complexité" dans (Cour des Comptes, 2013)). Et puis tous ces gens, on a beau vouloir qu'ils bossent ensemble et qu'ils bossent bien (ce qu'il faut traduire par "ils valorisent", ce qu'il faut traduire par "ils gagnent des places au classement de Shanghai et ils aident à déposer des brevets"), eh ben ils font rien que ce qu'ils veulent (et encore, ils sont que le 6ème pays en termes de publications et ils se font dépasser par la Chine) et ben ça marchent pas. Alors, soit on éradique Shanghai (plus de classement et plus de publications chinoises), soit on les force un peu. Et à défaut de pouvoir restructurer comme on veut (le bâton) on va jouer sur les financements (la carotte) pour un peu mieux contrôler la stratégie de recherche. Alors plutôt qu'avoir 6 ministères qui financent des activités de recherche, on met en place une mission interministérielle (MIREC créée par la loi relative aux lois de finances – LOLF 2006- passée depuis sous l'égide de la Direction Générale pour la Recherche et l'Innovation) qui élabore la stratégie nationale, c'est-à-dire les grandes priorités de la recherche française, avec notamment 10 grands programmes et les enveloppes budgétaires qui vont en face. La MIREC s'appuie sur le Conseil stratégique de la recherche, sorte de conseil des sages qui a pris la place en 2013 de feu le Haut Conseil de la Science et de la Technologie (fondée en 2006) qui servait apparemment relativement à rien (mais les cocktails valaient le déplacement).

On a la stratégie, l'enveloppe budgétaire, reste à faire le boulot. Et toujours dans l'idée de pouvoir piloter, on va encourager le financement sur contrats (courts si possible). C'est notamment la fondation de l'ANR en 2005 qui va financer les projets après soumission à appels d'offres. Afin d'orienter la stratégie et les appels d'offres, les opérateurs de recherche organisent le lobbying au travers des alliances nationales et font "pression" auprès du

Conseil Stratégique et de la Recherche (on a l'équivalent au niveau européen avec le réseau Peer par exemple). L'ANR fait de plus l'objet de critiques : côté chercheurs, des projets courts précarisant les emplois et limitant les projets ambitieux, côté administration, des projets souvent trop amont et donc pas assez valorisable (en tout cas moins que les projets PCRD. Autre mécanisme, l'évaluation avec la création de l'AERES. Là aussi, la valorisation devient un critère largement pris en compte.

En parallèle à cette vaste réorganisation française, l'Europe cherche à mettre en place l'Espace Européen de la Recherche (stratégie de Lisbonne en 2000). Constatant que les pays leaders au niveau mondial étaient des pays qui investissaient dans la R&D, l'Europe a affirmé ses ambitions en la matière : devenir leader en R&D. Pour cela, les pays se sont engagés à dépenser 3% du PIB en R&D (mais le financement privé en France est pas tout à fait à la hauteur, même si le financement public a effectivement monté (Cour des Comptes, 2013)), et a favorisé les échanges de chercheurs (libre circulation des chercheurs, des étudiants, UMR internationales, réseaux de partenariat). Donc, sur un même constat de valorisation et de R&D faible, on assiste aux mêmes tendances qu'en France, avec le PCRD à la place de l'ANR qui met encore plus en avant les aspects transferts.

Petit bilan : On avait un système initial un peu compliqué et un peu fragmenté avec un secteur privé un peu isolé. Le gros des réformes a visé à améliorer la valorisation de la recherche publique. On a voulu que les 4 groupes se parlent, échangent. On a créé des ponts et des passerelles dans tous les sens avec des résultats mitigés en termes de production (tant de connaissances qu'en valorisation) et pour le moment une complexification du système bien loin de la rationalisation des coûts (mutualisation des services ou autres qui étaient imaginés). Deux grandes forces semblent pourtant émerger : des pôles régionaux autour des universités mais de compositions très variées, et des alliances nationales (dont ne font pas partie les universités) qui jouent un rôle important dans l'élaboration de la stratégie nationale. Dans le même temps, l'Espace Européen de la Recherche n'a pas apporté les résultats escomptés et son avenir reste flou.

Concernant les opérateurs, on constate que la spécificité de la recherche française avec 4 types d'opérateurs semblent avoir vécu, elle est en tout cas fortement remise en question. La tendance est donc de regrouper au maximum au travers de pôles et d'alliances. L'option « pôles régionaux » se traduirait par du tout universitaire. L'option alliance laisserait sans doute plus de marges à des différences entre opérateurs de recherche et universitaires. Dans les deux cas, les grandes écoles ont du souci à se faire. Concernant le statut du chercheur, la volonté de rapprocher à résulter en une complexification qui n'a pas eu les effets escomptés. La tendance logique serait de n'avoir plus qu'un statut de chercheur (au moins dans le public) et de continuer à encourager les échanges avec le privé. Cependant, ce n'est pas parce que tout le monde a le même statut que tout le monde fera le même boulot.

2) Hypothèses

Hypothèse 1 : L'espace Européen remporte la mise

Les financements nationaux directs baissent parce que réorientés vers l'Europe. On assiste à une fusion intense des équipes de recherche dans le paysage français pour atteindre des groupements de taille suffisante. Les partenariats internationaux (réseaux, UMR mixtes, échanges, etc.) se multiplient. La valorisation devient un des critères principaux pour l'obtention des financements.

Hypothèse 2 : Les alliances sont les gagnantes

Les États ne s'entendent pas complètement sur l'espace européen, souhaitant garder la main mise sur la recherche, notamment fondamentale, jugée trop stratégique. Les agences nationales type ANR prennent un rôle majeur dans le financement de la recherche. Largement influé par les alliances, les opérateurs de recherche traditionnels voient leur poids se renforcer vis-à-vis des universités.

Hypothèse 3 : Les Pôles régionaux gagnent

Souhaitant rationaliser les moyens, les regroupements régionaux aboutissent à des fusions entre opérateurs et universités, et des rapprochements forts avec les entreprises locales. Ces pôles acquièrent une autonomie suffisante pour pouvoir une programmation propre via les financements nationaux (au détriment des agences de financement), régionaux et privés. Ces pôles se spécialisent autour des thématiques fortes du tissu économique local.

Hypothèse 4 : L'État impose des mesures drastiques

Devant le peu d'avancée en matière de valorisation, des nouvelles mesures de rapprochement forcées sont ainsi élaborées restreignant alors considérablement la part de la recherche fondamentale. Les entreprises privées rentrent en force dans l'élaboration de la stratégie nationale alors que les grands pôles régionaux et les alliances perdent leur influence.

3) Poursuite du travail

- Différences et évolutions de statut des opérateurs
- Evolutions de statut des chercheurs

3.3. Priorités de la Recherche (V3.3)

Composante	: Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Géraldine Lassalle
Mise à jour	: 10 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) *Définition de la variable*

Thématiques de recherche prioritaires en termes d'affectation de crédits aux niveaux Européen et français. Place relative des thématiques qui peuvent concerner les PMA.

1.2) *Indicateurs de la variable*

En complément de la fiche V3.2. « Organisation du monde de la recherche » et, dans une moindre mesure, de la fiche V3.1 « Moyens affectés à la recherche (financements, nature), il a fallu identifier clairement le cadre dans lequel les priorités de la recherche étaient définies, prendre connaissance des documents produits sur la dernière décennie si possible et évaluer dans quelles mesures les PMA pouvaient trouver leur place. Les indicateurs de la variable retenus sont :

- Présence de mots-clés en relation avec l'écologie, à tous les niveaux d'intégration (du génome à l'écosystème) ;
- Présence de mots-clés en relation avec des thématiques de recherche dans lesquelles les PMA constituent des objets potentiels et pertinents de recherche.

2) Rétrospective

D'un point de vue très général, l'écologie en tant que discipline de recherche aurait émergé dans les années 70 avec de nombreux engagements en termes de protection de l'environnement entre 1960 et 1970 (Matagne, 2002). De 1970 à 2010, les grandes thématiques de recherche sur les PMA ont été à améliorer notre compréhension de leur biologie et leur écologie avec des recherches plus récentes utilisant des techniques informatiques et moléculaires avancées afin de modéliser les effets du changement climatique, d'étudier la génétique des populations et de développer des outils de conservation (Nikolic et al., 2011).

Avant 2008, selon Valérie Pécresse alors ministre de la Recherche, la recherche française procédée par focalisations successives (sida, cancer, environnement, etc.), sans vision cohérente d'ensemble.

Au niveau national, les axes prioritaires de recherche sont désormais définis dans la Stratégie Nationale de Recherche et d'Innovation (SNRI). La SNRI constitue la référence pour définir les budgets annuels de l'Etat, la programmation de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et l'action des organismes de recherche et des universités à travers les contrats pluriannuels passés avec l'Etat. En d'autres termes, l'exercice est d'identifier un nombre limité de priorités scientifiques et technologiques permettant de répondre aux défis majeurs des prochaines décennies. La SNRI met l'accent sur (1) la réponse aux défis scientifiques, technologiques, environnementaux et sociétaux en maintenant/promulguant une recherche fondamentale de haut niveau, et (2) la valorisation des résultats de la recherche au service de la Société. A cet effet, la SNRI veille au développement de

l'innovation, du transfert de technologie, de la capacité d'expertise et d'appui aux politiques publiques et aux associations et fondations, reconnues d'utilité publique. Elle doit être révisée tous les 4 ans.

La première SNRI a été proposée en 2009. La seconde est en cours de finalisation pour courant 2014. La première SNRI¹⁷ insiste sur - les sciences humaines et sociales, - la nécessité de la pluridisciplinarité, - la coopération public-privés, - l'innovation, et - la valorisation auprès des citoyens. Le Tableau 11 synthétise les axes prioritaires et où des recherches sur les PMA pourraient s'y intégrer.

Concernant la SNRI 2014, un colloque de restitution des ateliers a eu lieu en avril 2014¹⁸. Lors du discours d'ouverture, plusieurs points marquants ont été évoqués. Premièrement, rien ne sert d'opposer les deux grandes formes de recherche, les deux sont nécessaires. Deuxièmement, l'importance du rapprochement entre recherche publique et recherche privée a été soulignée. Troisièmement, étant données les difficultés budgétaires de la France, il est encore plus important de prioriser et de justifier des dépenses devant les contribuables. Enfin, un tissu collaboratif dense (accueils/mobilités...) doit être mis en place. Une structure sous la forme de 4 à 5 grandes priorités est mentionnée mais sans plus de détails pour le moment. Parmi les 10 ateliers correspondant à dix défis sociétaux, celui le plus susceptible d'être en lien avec les PMA est « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique ». Les titres des autres ateliers n'évoquent que très peu l'écologie/la biologie. Les éléments issus de cette réunion de restitution constituent la partie « prospective » de cette fiche variable.

(Entre parenthèses, je présente l'échelle nationale puis européenne mais il faut garder à l'esprit le fonctionnement plutôt top-down avec les décisions prises à l'échelle nationale qui sont dans la continuité des discussions menées au sein de la Commission Européenne. Cependant, l'atelier « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » est le premier à l'échelle française et n'apparaît qu'en cinquième position dans les instances européennes. Ceci pourrait être interprété comme une « décision stratégique de la France ».)

¹⁷ http://media.enseignementsup-recherche.gouv.fr/file/SNRI/69/8/Rapport_general_de_la_SNRI_-_version_finale_65698.pdf

¹⁸ <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid78783/s.n.r.-ouverture-du-colloque-de-restitution-des-ateliers.html>

Tableau 11 : Synthèse du rapport général de 2009 sur la SNRI vu sous le prisme des PMA

	Intitulé	Éléments intéressants pour les PMA	Phrases ou mots-clés en lien avec les PMA
Axe prioritaire n°1	La santé, le bien-être, l'alimentation et les biotechnologies	Caractériser le vivant du génome à l'écosystème, pour faire progresser notre connaissance de sa complexité, en particulier : - suivre des cohortes, observatoire sur le long terme de la population pour mieux comprendre les enjeux de santé publique ; - développer la modélisation du vivant pour aller vers la simulation et la prédiction.	« La diversité et la complexité des mécanismes régissant les relations au sein des écosystèmes » « La modélisation du vivant permettra de proposer des réponses prédictives, quantitatives et qualitatives, aux besoins de la recherche appliquée »
Axe prioritaire n°2	L'urgence environnementale et les écotechnologies	Comprendre et mieux modéliser l'évolution de la biodiversité : - Comprendre la réaction du vivant aux agressions extérieures (toxicologie et écotoxicologie) liées aux activités humaines et lui assurer une meilleure protection.	« Modéliser l'évolution des écosystèmes sur le long terme » « Modéliser de façon intégrée les différents types de ressources et services fournis par les milieux et les écosystèmes permettra d'évaluer les impacts sur la demande, de mettre en perspective les besoins et de fixer ainsi des objectifs sur le long terme » « Plate-forme intergouvernementale d'expertise sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) »
Axe prioritaire n°3	L'information, la communication et les nanotechnologies		

L'UE ne finance pas ou peu de recherche fondamentale car pas d'appels blancs comme pour les ANR.

A l'échelle européenne, H2020 est le 8^{ème} programme cadre de l'Union Européenne pour la recherche et l'innovation. Il a démarré en 2014 pour 7 années (2020)¹⁹. H2020/FP8 concentre ses financements sur la réalisation de trois priorités : l'excellence scientifique, la primauté industrielle, et les défis sociétaux. Les mêmes mots-clés que dans la SNRI se retrouvent : recherche fondamentale, innovation, mobilité, interdisciplinaire, collaboratif, partenariats public-privé... Parmi les défis sociétaux identifiés dans H2020/FP8, les PMA se positionneraient sur le défi sociétal n°5 « Lutte contre le changement climatique, environnement, utilisation efficace des ressources et matières premières »²⁰. Derrière ce défi se cachent les objectifs suivants : « parvenir à une économie et une société à basse consommation de ressources et d'eau, résiliente au changement climatique, assurer la protection et la gestion durable des ressources naturelles et des écosystèmes et un approvisionnement et une utilisation durables de matières premières, afin de répondre aux besoins d'une population mondiale en augmentation, dans les limites durables des ressources naturelles et des écosystèmes de la Planète ». Ici, les termes ressource et matière première ressortent plus particulièrement. Dans les sous-points du défi sociétal 5, celui identifié avec des mots-clés portant sur l'écologie et des thématiques de recherche en lien avec les PMA est²¹ :

5.2 Protéger l'environnement, gérer les ressources naturelles, l'eau, la biodiversité et les écosystèmes de manière durable	
	<i>5.2.1. Approfondir notre compréhension de la biodiversité et du fonctionnement des écosystèmes, de leurs interactions avec les systèmes sociaux et de leur rôle dans la prospérité économique et le bien-être humain</i>
	<i>5.2.2 Mettre au point des approches intégrées pour traiter les problèmes liés à l'eau et la transition vers une gestion et une utilisation durables des ressources et des services dans le domaine de l'eau</i>
	<i>5.2.3 Apporter les connaissances et les outils nécessaires à une prise de décision efficace et à une participation du public</i>

Toujours à l'échelle européenne, afin de répondre au mieux aux défis sociétaux, les initiatives de programmation conjointe (IPC ou JPI) ont été lancées en 2008. On en compte aujourd'hui 10 dont le JPI Oceans, JPI Climate, ... et le JPI Water, auquel participe Irstea (Patrick Flammarion, directeur du département « Eaux ») par le biais d'AllEnvi (alliance nationale de recherche pour l'environnement qui couvre les problématiques scientifiques de l'environnement, de l'alimentation, de l'eau, du climat et des territoires) (voir fiche V3.2. « Organisation du monde de la recherche »). Un agenda stratégique de recherche et d'innovation (SRIA) va être défini d'ici 2015 pour la JPI Water. La Commission européenne utilisera cet agenda pour préparer les appels à projets du programme de financement Horizon 2020, et débloquer des financements pour la recherche. Dans ce sens, 5

¹⁹ <http://www.horizon2020.gouv.fr/>

²⁰ Les autres défis sociétaux sont : la santé, la sécurité alimentaire, les énergies, les transports, l'Europe dans un monde en mutation et des sociétés sûres.

²¹ http://cache.media.education.gouv.fr/file/Documents_officiels/43/5/Decision_du_Conseil_2013-743_Programme_specifique_Horizon_2020_291435.pdf

thématiques de recherche prioritaires dans le domaine de l'eau ont été définies, les PMA s'intégrant plus particulièrement dans la première :

- 1- Une gestion équilibrée et durable des écosystèmes aquatiques
- 2- Une eau saine, enjeu vital pour la population
- 3- Une industrie de l'eau compétitive
- 4- Une bio-économie respectueuse de la ressource en eau
- 5- Une gestion durable de la ressource en eau

1. Maintaining ecosystem sustainability	
	<i>1.1 Integrated approaches: Developing and applying ecological engineering and ecohydrology</i>
	<i>1.2 Managing the effects of hydro-climatic extremes on ecosystems</i>
	<i>1.3 Developing ecosystem services approaches</i>

La version 1.0 de l'agenda stratégique est attendue en juin 2014, avant une nouvelle mise à jour : le SRIA 2.0, fin 2015.

Les thèmes qui seront abordés lors de la venue de la Présidence le 23 juin prochain sont à mettre en relation avec ces actualités.

3) Prospective

Dans la phase de concertation pour la SNRI 2014, en particulier, dans la restitution de l'atelier 1 (avril 2014) « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique »²², il y a l'émergence de l'importance des régions. La gestion sobre des ressources se fera nécessairement par une approche intégrée et croisée (pas chacune des ressources seule dans son coin, cette notion a fait consensus entre tous les membres de l'atelier). La transition énergétique mais aussi écologique, suite logique d'une gestion sobre, ne pourra se faire qu'avec la contribution des sciences sociales.

Ces questions ne peuvent être abordées que par un traitement interdisciplinaire et transdisciplinaire avec nécessité des réunir des équipes sur le long-terme (plus de 10 ans).

Les priorités proposées par cet atelier regroupent trois priorités spécifiques et deux plus transverses. Pour les trois spécifiques, - un monitoring intelligent et pérenne du climat et de l'environnement, - les ressources naturelles critiques, - les éco(bio)technologies au service de la transition écologique. Pour les deux plus transverses, - évaluation et anticipation des risques climatiques et environnementaux, - le littoral.

La priorité la plus pertinente pour les PMA est celle concernant les ressources naturelles critiques. En particulier, l'accent est mis sur l'évaluation des services écologiques et économiques rendus par les écosystèmes et la biodiversité ; le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes terrestres et marins et de leur biodiversité ; fonctionnement et évolution de la zone critique (bassins versants, sols, zone saturée et non-saturée, transition continent-océan).

²² <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid78802/strategie-nationale-de-recherche-bilan-des-travaux-des-10-ateliers.html#atelier1>

Des résonances avec les PMA sont apparues aussi dans la priorité « éco(bio)technologies au service de la transition écologique » avec des mentions de stratégies d'adaptation des écosystèmes naturels aux conditions climatiques nouvelles, stratégies de conservation de la biodiversité.

Pour le moment, il ne s'agit que de priorités à l'échelle d'un atelier (sur 10). Sur les 38 priorités proposées par les 10 ateliers, seulement 5 seront retenues dans le document final de la SNRI (à vérifier). C'est ce qui constitue la plus grosse incertitude pour le moment.

Un dernier point de nouveau soulevé : le manque de communication des scientifiques (français en particulier) vers le public !

Une analyse du champ lexicale du compte-rendu de l'atelier 1 « Gestion sobre des ressources et adaptation au changement climatique » montre la chose suivante en termes de nombres de citation :

Gène(s) : 1 ; Espèce(s) : 5 ; Population(s) : 4 ; Peuplement(s) : 1 ; Communauté(s) : 2 ;
Ecosystème(s) > 55 fois ; Biodiversité > 45 fois.

4) Hypothèses

Dans la prospective menée par la DP₂VIST à l'Irstea concernant les modalités d'approbation de nos recherches en 2030 (septembre 2013), une variable « politique de recherche et d'innovation » a été retenue. Trois hypothèses d'évolution de cette variable ont été proposées auxquelles j'ai ajouté des éléments issus d'une autre prospective Irstea sur « la recherche et l'innovation pour l'environnement en 2030 » (Intranet Irstea ; <http://intranet-dp2vist.irstea.fr/>), et des « impressions » issues de mes lectures. En rouge, les éléments plus relatifs aux PMA dans chaque scénario :

Hypothèse 1 : Priorité à l'innovation, au développement, à la technologie au détriment de la recherche fondamentale

La recherche est évaluée avant tout sur son utilité sociale immédiate. La recherche est contrainte par la nécessité de répondre le plus vite possible à des événements imprévus, en appui aux politiques publiques et aux besoins de la Société. L'objectif est de trouver des solutions à la fois pour réduire les impacts et les consommations de ressources et développer les moyens de s'adapter aux changements. On se concentre sur des thèmes pilotés par les enjeux économiques et les effets de mode. Les services écosystémiques permettent néanmoins de justifier certaines recherches écologiques notamment sur les biens et services associés aux PMA.

Hypothèse 2 : Priorité à la recherche fondamentale publique civile

On part du principe que ce n'est pas en essayant d'améliorer la bougie que l'on a inventé l'électricité. On veut faire progresser les connaissances pour pouvoir en extraire à plus ou moins long terme les solutions aux problèmes à venir. Le champ des possibles en recherche est donc très vaste et plus libérale. Les recherches sur les PMA peuvent couvrir un large panel de thématiques.

Hypothèse 3 : Ciblage de secteurs privilégiés favorables à l'innovation et, dans les autres domaines, place pour la recherche fondamentale

L'équilibre et la complémentarité des différents types de recherche est capital. Si la science appliquée se développe à partir des découvertes fondamentales, la recherche fondamentale utilise en retour les innovations technologiques pour poursuivre sa quête. Recherche fondamentale plutôt dans les domaines de la santé, de l'agronomie, des sciences politiques. En ce sens, la recherche sur les PMA se concentrerait plus sur le développement d'outils de gestion « clé en main ».

5) Références

Matagne, P. (2002). Comprendre l'écologie et son histoire. Collection La Bibliothèque du naturaliste. Lausanne: Delachaux et Niestlé.

Nikolic, N., Baglinière, J.-L., Rigaud, C., Gardes, Ch., Masquillier, M.L., Taverny, C.. Bibliometric analysis of diadromous fish research from 1970s to 2010: a case study of seven species. *Bibliometrics* 88: 929-947.

3.4. Source de connaissances de la population (V3.4)

Composante	: Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Laurie Grzesiak
Mise à jour	: 10 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) *Définition de la variable*

Depuis une trentaine d'années, on remarque une augmentation de la participation citoyenne dans l'expertise qu'elle soit politique, scientifique, etc. C'est ainsi, que sont apparus, largement favorisés par l'essor des technologies de l'information et de la communication, les blogs d'information, la veille citoyenne, les sciences participatives, etc. Pour prendre part à cette expertise, la population a accès à de nombreuses sources de connaissances (école, famille, médias) qui se sont diversifiées au fil des années. Nous traiterons donc dans cette fiche des modalités de constitution des connaissances de la population et de sa participation à la production de connaissance à l'échelle européenne et française.

1.2) *Indicateurs de la variable*

Les différentes sources d'acquisition des connaissances et leur utilisation par la population : école, famille, médias (télévision, journaux, magazines, radio, Internet, etc.)

Les différentes formes de participation citoyenne dans la construction de l'expertise et de la connaissance

Les rapports des citoyens à l'expertise

2) Rétrospective

Le sociologue Jean-François Tchernia explique l'augmentation de la participation citoyenne dans l'expertise politique, scientifique, etc. par une tendance dominante du système de valeur européen : la valorisation de l'individu. En effet, explique-t-il, la valorisation de l'individu s'accompagne d'un nouveau type de rapport à l'autorité, celle-ci n'étant acceptée que lorsqu'elle est négociée et correspond à un échange entre l'individu et le pouvoir qui détient cette autorité²³. Le discours scientifique et technique s'est longtemps imposé aux citoyens, avec une forme particulière d'autorité, celle qui vient du savoir. Aujourd'hui, sa force de conviction dans l'espace social a diminué, la connaissance scientifique et technique apparaît limitée (notamment en ce qui concerne les problèmes économiques et sociaux) et ses effets sont jugés ambivalents (elle produit des bienfaits mais aussi des nuisances)²⁴.

Tchernia s'appuie notamment sur l'enquête Eurobaromètre spéciale réalisée par la Commission Européenne en 2010 concernant, entre autre, l'avis des citoyens européens sur l'expertise scientifique²⁵. Selon cette enquête, près de trois Européens sur cinq (58%) considèrent qu'« on ne peut plus faire confiance aux scientifiques pour nous dire la vérité sur des sujets de controverse en matière de science et de technologie car ils dépendent de

²³ Contrairement à ce que pouvait donner à penser la contestation de l'autorité dans les années 1970-1980, celle-ci n'est pas rejetée, elle est même souhaitée pour garder une forme d'ordre dans la Société, mais elle n'est plus acceptée d'emblée, elle doit être justifiée.

²⁴ Tchernia Jean-François, « Engagement des citoyens dans les débats scientifiques et techniques en France », *Note d'alerte n°82*, 19 janvier 2011, Futuribles International, 13 p.

²⁵ ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_340_en.pdf#page=10#page=10

plus en plus de l'argent de l'industrie ». En France, ce chiffre est encore plus élevé puisque deux Français sur trois sont de cet avis.

Tchernia met en évidence une autre tendance qui découle de la première : un nombre croissant d'individus souhaitent être entendus dans la gestion de toutes les affaires publiques, y compris celles qui impliquent des enjeux scientifiques et techniques. En France, cette tendance est davantage marquée que dans l'ensemble des pays européens

La plupart des Européens considèrent que les décisions associées à la science et à la technologie devraient être prises par des scientifiques, des ingénieurs et des politiciens, et que le public devrait être uniquement informé de ces décisions (36% en 2010 et 31% en 2013) ; en deuxième position, les Européens considèrent que le public devrait être consulté et ses opinions prises en compte lors des décisions associées à la science et à la technologie (29% en 2010 et 31% en 2013). En France, cette proportion est inversée, en 2013, 43% des Français pensent que le public devrait être consulté (contre 36% en 2010) et 32% pensent que les experts doivent prendre seuls les décisions (contre 27% en 2010).

Ces constats dans l'évolution des rapports à la science et à l'expertise peuvent être expliqués par plusieurs phénomènes :

- une foi dans le progrès (« on n'arrête pas le progrès ») bien moins forte aujourd'hui qu'elle ne l'était hier, sans doute parce que les connaissances scientifiques donnent à voir davantage de catastrophes (climatiques, énergétiques, etc.) qu'un récit positif sur l'avenir ;
- un doute plus systématique vis-à-vis de la parole scientifique (les consensus des experts du GIEC donnent naissance à des théories du complot..) ;
- Etienne Klein mentionne aussi la mise en cause de la science comme source du « vrai » et la revendication de fonder ses opinions sur d'autres critères que les critères scientifiques ;
- la concurrence entre les paroles scientifiques et des paroles plus « communicantes » reflétant davantage des opinions, mais largement véhiculées par les médias, qu'ils soient traditionnels ou web.

Une implication croissante de la population dans l'expertise

Les pouvoirs publics mais également, les entreprises, les centres de recherche, etc. commencent à prendre conscience de ces tendances et multiplient les possibilités d'impliquer les citoyens dans leurs travaux. En voici plusieurs exemples :

- **La participation citoyenne**

Il s'agit le plus souvent d'implication au niveau local (de la communauté, de la ville) mais cela est aussi fait depuis les années 1990 au niveau national à travers la mise en place de « comités de dialogue » voire de « conférences de citoyens » / « conférence de consensus ». Ces arènes visent à recueillir l'opinion de citoyens sur un sujet technique ou scientifique. En France, la première conférence a eu lieu en 1998 sur les OGM. Elle a été organisée par l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques (OPECST) avec 15 citoyens et faisait suite à une décision controversée prise en 1997 d'autoriser la culture de certains maïs transgéniques. Depuis de nombreux sujets ont fait l'objet de conférences de citoyens, notamment le changement climatique, les boues domestiques, la fin de vie, les

nanotechnologies, les radiofréquences, entre autres²⁶. Ces démarches s'inscrivent dans le courant dit de la « démocratie participative ». En France, différents organismes jouent ce rôle d'interface de dialogue entre l'expert scientifique et la Société : le Conseil économique social et environnemental, le Haut conseil des biotechnologies, l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, l'Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail, la Commission nationale du débat public, entre autres.

- **La citizen science / science participative**

Une forme plus poussée d'implication des citoyens consiste à les intégrer dans des projets de recherche scientifique et dans l'élaboration des connaissances elles-mêmes, en lien avec les universitaires ou chercheurs du domaine. On parle alors de « science participative » en français ou encore de « sciences citoyennes » ou d'*open science* ou *citizen science* en anglais. Cette forme d'implication du citoyen, surtout développée en Europe et en Amérique du Nord, touche différents champs comme par exemple la participation à l'observation de la faune et de la flore²⁷, la contribution au déchiffrement de papyrus²⁸, l'étude d'images liées au cancer²⁹, etc. Ces projets peuvent aller d'initiatives locales à des observations internationales de larges dimensions. On peut trouver des projets où l'implication peut être rapide pour le citoyen (quelques clics sur une page Web) pour uniquement transmettre des données d'observation ou au contraire demander un travail plus conséquent en termes de collecte et de classement de données, voire de résolution de problèmes rencontrés par la communauté scientifique.

ENCADRE 1 : L'EXEMPLE DU PROJET FOLD IT

Créée en 2008 par une équipe de l'université d'État de Washington, *Fold it* est un projet de sciences participatives sur le déploiement des protéines. À l'origine, il s'agissait pour les scientifiques de proposer un jeu aux internautes qui les aideraient, en leur permettant d'utiliser les ressources de calcul de leurs ordinateurs personnels. En 2010, le projet *Fold it* a franchi une étape nouvelle en proposant aux citoyens d'aider les scientifiques à résoudre des énigmes scientifiques. Neuf cas ont été proposés en ligne sur la page du projet. Le neuvième, qui porte sur une protéine impliquée dans la maturation et la propagation du virus du sida chez le singe, a fait l'objet, en septembre 2011, d'une publication dans la revue scientifique *Nature Structural and Molecular Biology*. En trois semaines, les joueurs ont résolu cette énigme qui tenait en échec la communauté scientifique depuis une dizaine d'années. L'équipe de l'université de Washington dispose désormais d'une protéine 3D dont l'architecture ouvre la voie à la fabrication de nouveaux médicaments rétroviraux.

Sources : <http://fold.it/portal/> ; et OLIVIER Claude, LELEUX Jean-Pierre, *Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur faire connaître et partager les cultures scientifique, technique et industrielle : un impératif*, Paris : Sénat, janvier 2014. URL: http://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/opepst/auditions_publicques/rapport_CSTI_defpdf.pdf

²⁶ OLIVIER Claude, LELEUX Jean-Pierre, *Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur faire connaître et partager les cultures scientifique, technique et industrielle : un impératif*, Paris : Sénat, 2014. URL :

http://www.senat.fr/fileadmin/Fichiers/Images/opepst/auditions_publicques/rapport_CSTI_defpdf.pdf

²⁷ Exemple : lancé conjointement par la LPO et le Muséum national d'histoire naturelle, *l'Observatoire des oiseaux des jardins* vise à en apprendre plus sur l'évolution d'espèces d'oiseaux proches des hommes sous l'effet de certains facteurs comme le changement climatique, l'agriculture ou l'urbanisation :

<http://www.jagispourlanature.org/content/observatoire-des-oiseaux-des-jardins> ; le projet The big Butterfly Count, quant à lui, vise à recenser les papillons. Environ 27 000 personnes ont participé depuis 2012 :

<http://www.bigbutterflycount.org>

²⁸ Exemple : projet *Ancient lives* de l'université d'Oxford, qui contribue à la transcription de documents. Depuis l'ouverture du site, quatre millions de transcriptions ont été proposées : <http://ancientlives.org>

²⁹ Exemple : <http://www.cellslider.net/>

- **Les (res)sources des citoyens**

Cette volonté de participation des citoyens est corrélative du développement des technologies de l'information et de la communication qui ont permis de favoriser la diffusion d'informations jadis réservées aux experts, les différents médias à la disposition des citoyens contribuent également à vulgariser la connaissance. Quelles sont donc les ressources disponibles pour les individus et qui leur permettent d'enrichir leurs connaissances ?

- **La formation scolaire**

En 2013, dans un Eurobaromètre consacré aux sciences et technologies³⁰, la Commission Européenne a recensé les individus ayant eu une formation scientifique au cours de leur scolarité.

Il a été demandé aux répondants s'ils avaient déjà étudié les sciences ou les technologies, que ce soit à l'école, à l'université, dans un établissement d'enseignement supérieur ou dans tout autre cadre. Globalement, 47% des personnes interrogées disent avoir étudié les sciences ou les technologies. La plupart des répondants (31%) les ont étudiées à l'école, 14% l'ont fait à l'université ou dans un établissement d'enseignement supérieur, et 2% dans un autre cadre. La majorité, en revanche, déclare ne jamais avoir étudié les sciences ou les technologies (52%).

En France, 58% des répondants ont étudié les sciences ou les technologies : 42% à l'école, 14% à l'université et 2% dans un autre cadre.

Au-delà de la formation scolaire, la formation réalisée à titre personnel par les individus dans des cadres structurés, peut contribuer à renforcer la culture scientifique et technique. Les cours du CNAM par exemple, les Universités du temps libre, les Universités inter-âges, ou de façon plus nouvelle, les MOOC (Massive open on line courses) peuvent répondre à ces besoins. Malgré le succès de ces dispositifs (Université de tous les savoirs par exemple), ils ne touchent qu'une frange réduite de la population.

- **La famille**

L'enquête Eurobaromètre de 2013 consacrée aux sciences et technologies a également demandé aux répondants si un membre de leur famille a un travail ou un diplôme universitaire lié aux sciences ou aux technologies. De façon générale, 23% des répondants disent que c'est le cas. Pour un peu plus de trois quarts des répondants (76%), en revanche, aucun membre de leur famille n'a de travail ou de diplôme universitaire liés aux sciences ou technologies. En France, 28% des répondants ont un membre de leur famille qui a un travail ou un diplôme universitaire lié aux sciences ou aux technologies.

- **Les médias**

Dans le cadre de l'Eurobaromètre, les citoyens européens ont été interrogés sur les sources utilisées pour obtenir des informations sur les développements en sciences et technologies. La télévision est la source la plus citée (65%), suivie des journaux (33%) et des sites Internet (32%). Globalement, 32% des personnes interrogées obtiennent des informations sur

³⁰ ec.europa.eu/public_opinion/archives/ebs/ebs_401_fr.pdf

Internet (y compris les médias sociaux et les blogs). Un peu plus d'un quart des répondants s'informent dans les magazines (26%), alors que la radio (17%), les livres (14%) et les médias sociaux et les blogs (10%) sont moins populaires.

Plus d'un répondant sur dix (16%) déclare ne pas chercher d'informations sur les développements en sciences et technologies **Figure 19**.

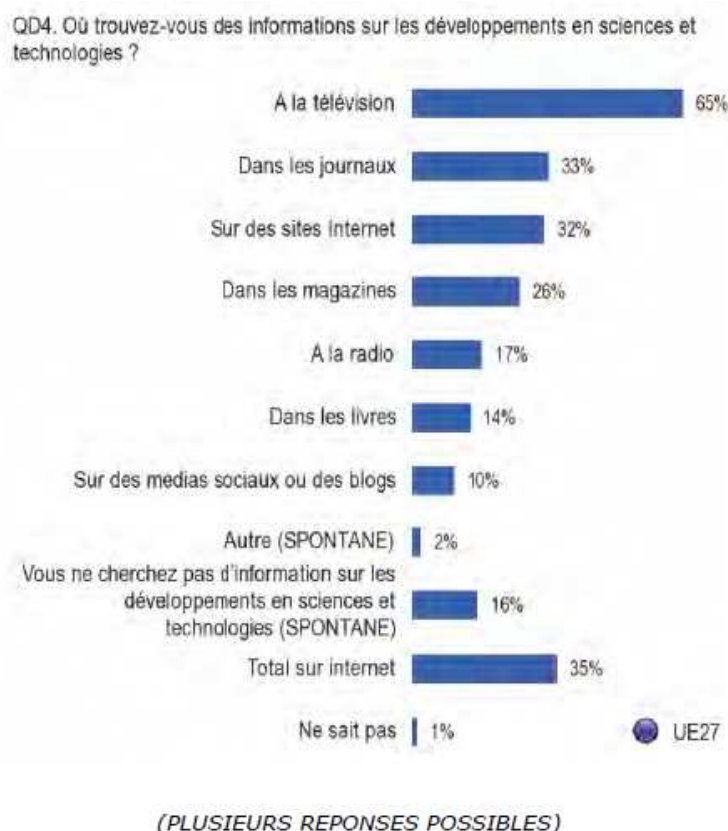


Figure 19 : Sources d'information sur les développements en sciences et technologie (Source : Eurobaromètre, 2013)

La télévision est la source d'information sur les développements en sciences et technologies la plus citée dans chacun des pays, les proportions allant de 84% des répondants en Suède, à 44% en Irlande. En effet, l'Irlande est le seul pays où moins de 50% des personnes interrogées disent obtenir ces informations à la télévision.

Une majorité de répondants dans six pays déclarent obtenir des informations sur les développements en sciences et technologies dans les journaux : Suède (74%), Finlande (57%), Luxembourg (55%), Pays-Bas (54%), Danemark (53%) et Allemagne (51%). En revanche, c'est le cas de seulement 18% des personnes interrogées en Pologne et au Portugal.

Au moins la moitié de l'ensemble des répondants dans quatre pays disent qu'ils obtiennent des informations sur les développements en sciences et technologies sur les sites Internet: Danemark (57%), Pays-Bas (56%), Suède (54%) et Luxembourg (51%).

Moins d'une personne interrogée sur cinq au Portugal (17%), en Hongrie (18%) et en Italie (19%) donne cette réponse.

En ce qui concerne la France, 63% des répondants déclarent obtenir des informations à la télévision, 30% dans les journaux, 45% sur les sites Internet, 36% dans les magazines, 18% à la radio, 13% dans les livres et 6% sur des blogs et des médias sociaux.

Lorsqu'on leur demande dans quelle mesure ils se sentent informés sur les progrès des sciences et technologies, 40% des répondants indiquent qu'ils ont le sentiment d'être bien informés. Un peu plus d'un tiers des sondés (34%) se sentent assez bien informés, tandis que 6% se sentent très bien informés. La majorité, cependant, n'a pas le sentiment d'être bien informée. Quatre répondants sur dix (40%) disent ne pas être très bien informés, et 18% qu'ils ne sont pas du tout informés au sujet des développements en sciences et technologies.

En France, 51% des répondants se déclarent bien informés.

Les citoyens ont donc un accès croissant aux sources d'information avec toutefois une limite majeure : l'infobésité (ou surcharge informationnelle) qui désigne le trop plein d'informations reçues par la population. Les individus sont abreuvés par un flux d'informations continu donnant parfois à l'individu l'impression d'être toujours informé mais la rapidité avec laquelle ces informations sont diffusées empêche, bien souvent, toute hiérarchisation des informations.

Les individus qui en ont conscience peuvent développer des capacités de scanning : c'est ainsi que certains parviennent à se repérer immédiatement dans une page web, trouvant les liens principaux, les menus, accédant rapidement aux informations essentielles, tandis que d'autres, moins expérimentés, vont s'égarer, perdre du temps et finalement ne pas trouver ce qu'ils cherchent, mais qui est pourtant là³¹.

3) Prospective

3.1) *Tendances lourdes*

Si la population continue de vouloir s'impliquer de plus en plus dans la production de connaissances et d'expertise, les sources d'information pourraient se diversifier : les médias traditionnels tels que la télévision ou les journaux pourraient être moins utilisés par les citoyens pour s'informer notamment du fait de la remise en cause de la parole des experts et du manque de confiance des citoyens dans ces derniers. A l'horizon 2030, les médias traditionnels pourraient être autant utilisés que d'autres sources d'informations produites par le citoyen et pour le citoyen (blogs, médias sociaux, veille citoyenne, etc.)

Il est intéressant, dans le cas de cette tendance, de regarder le modèle des pays nordiques qui pourrait être précurseur du modèle européen à l'horizon 2030. En effet, la démocratie participative est un concept beaucoup plus développé dans ces pays que dans les autres pays de l'Union Européenne. Par exemple, les pays scandinaves ont mis en place les conférences de consensus dès les années 1980 (en France, la première a eu lieu en 1998). La sollicitation des citoyens dans les domaines politiques et scientifiques y est plus répandue que dans les autres pays de l'Union Européenne.

Ainsi, selon l'Eurobaromètre sciences et technologies de 2013, 22% des danois et 23% des suédois et des finlandais trouvent des informations sur des médias sociaux ou des blogs contre 10% en moyenne pour l'UE27.

Quelles nouvelles sources de connaissance pour la population ?

La veille citoyenne

Il s'agit pour des citoyens engagés de collecter des informations scientifiques avec un regard indépendant et critique sur les études en cours, les recommandations, et les choix

³¹ ENLART Sandra, CHARBONNIER Olivier. *Faut-il encore apprendre ?* Paris: Dunod, 2010.

politiques. Sur de nombreux sujets complexes (nucléaires, OGM / organismes génétiquement modifiés, radiofréquences, nanotechnologies), les démarches sont portées par des associations. Des réunions régulières ont lieu et des sites Internet ont été créés pour permettre des échanges d'information sur les choix techniques et scientifiques, et pour parfois remettre en cause la parole des experts. On peut citer les exemples d'Inf'OGM³² ou de la Criirad³³, entre autres. Depuis 2009, cette veille citoyenne s'institutionnalise en France, avec par exemple l'organisation en octobre 2009 d'un colloque à l'Assemblée nationale³⁴. De nombreux débats existent sur les différentes formes d'associations et de réseaux de veille citoyenne, notamment sur leur positionnement (entre militantisme et quête d'information indépendante/production de savoir indépendant ; entre spécialisation thématique et liens avec des sujets de santé-environnement de plus en plus complexes ; entre actions européennes et interventions locales).

Les médias sociaux

L'expression « **médias sociaux** » est de plus en plus utilisée et tend à remplacer le terme de Web 2.0 et recouvre les différentes activités qui intègrent la technologie, l'interaction sociale, et la création de contenu. Les médias sociaux utilisent l'intelligence collective dans un esprit de collaboration en ligne. Par le biais de ces moyens de communication sociale, des individus ou des groupes d'individus qui collaborent créent ensemble du contenu Web, organisent le contenu, l'indexent, le modifient ou font des commentaires, le combinent avec des créations personnelles. Les deux termes de Web 2.0 et de médias sociaux demeurent assez proches et concernent une grande variété de sites différents : les blogs, les wikis, et les réseaux sociaux numériques de tout type. L'exemple le plus connu et le plus emblématique est celui de Wikipedia qui offre un contenu gratuit, construit par la communauté de ses contributeurs, et dont la qualité, si elle reste discutée, est indéniable même si la fiabilité des informations n'est à tout moment aussi sûre qu'elle peut l'être dans des publications scientifiques traditionnelles.

Le Web 2.0 a permis entre autre le développement du *crowdsourcing*³⁵ qui a donné lieu à la mise en ligne de sites collaboratifs où chacun peut contribuer au projet porté par une équipe de scientifiques. Ces nouvelles organisations sont peu à peu entrées en lien avec des institutions scientifiques reconnues, légitimant pas à pas par ce biais leur rôle et leurs actions. Ainsi, le Centre européen de recherche nucléaire s'est lié avec des groupes de citoyens, mais aussi avec l'*UN Institute for Training and Research* et l'*Imperial College* à Londres, entre autres³⁶.

ENCADRE 2 : THE CITIZEN CYBERSCIENCE CENTRE (CCC)

Créé en 2009, ce centre allie des citoyens et des structures scientifiques comme l'université de Genève, le Centre européen de recherche nucléaire et l'*UN Institute for Training and Research*. Il a pour but de promouvoir le développement de la *citizen science* sur Internet. Le CCC peut aider des personnes voulant monter des projets de sciences participatives à accéder aux bons outils, à avoir de l'assistance en termes d'organisation, etc. Des acteurs privés se sont liés à cette initiative comme IBM, HP, etc. Le CCC donne aussi

³² www.infogm.org

³³ www.criirad.org

³⁴ Colloque « Veilles citoyennes d'information : des outils au service du droit d'ingérence dans les choix technologiques », 24 octobre 2009, Assemblée nationale, présenté sur www.infogm.org/spip.php?article4144

³⁵ Le *crowdsourcing* consiste à utiliser la créativité, de l'intelligence et du savoir-faire d'un grand nombre de personnes, en sous-traitance, pour réaliser certaines tâches traditionnellement effectuées par un employé ou un entrepreneur

³⁶ COMMISSION EUROPEENNE, « In Depth Report: Environmental Citizen Science », *Science for Environment Policy*, n° 9, 2013.

des cours et autres sessions de formation pour les personnes souhaitant s'investir dans la *citizen science* en ligne.

Source : <http://www.citizencyberscience.net>

3.2) Ruptures

Une insatisfaction croissante liée au contenu d'Internet

Au fil des années, Internet est devenue une réelle source d'information pour la population et en 2013, 32% des Européens déclarent trouver des informations sur Internet concernant les sciences et technologies. Toutefois, Internet présente plusieurs limites notamment en termes de neutralité du contenu qu'il livre à l'utilisateur. En effet, lors d'une recherche d'informations sur Internet et notamment via Google, les résultats obtenus diffèrent souvent en fonction des utilisateurs : le référencement de Google passe par des algorithmes qui reposent sur la capture de traces numériques. Ainsi, selon les recherches précédentes et l'activité d'un individu sur le net, Google propose une hiérarchie des résultats différente en fonction du profil de l'internaute. C'est également ce que fait Amazon avec ses suggestions d'achat³⁷.

On assiste également aujourd'hui à de nombreux débats sur la neutralité du net. La neutralité consiste à transmettre un paquet d'information d'un point A vers un point B, quels que soient les points A et B, et sans aucune altération, priorisation ou suppression. Ce principe de neutralité vise à garantir une utilisation d'Internet transparente et égalitaire, sans discrimination de contenus ou d'utilisateurs. Ce principe vient d'être remis en cause par la *Federal Communication Commission* (FCC), le gendarme américain des télécoms qui prévoit l'instauration d'un « *traitement préférentiel* ». Les opérateurs pourront désormais faire payer les sites Web pour maintenir une vitesse de connexion optimale. Ceux qui ne paieront pas devront se contenter d'un débit plus lent³⁸.

Ainsi, tous ces biais dans le référencement des informations recherchées sur Internet pourraient conduire à une remise en cause d'Internet comme source d'information fiable. D'ailleurs, selon l'Eurobaromètre sur les habitudes médiatiques des Français³⁹, alors que l'utilisation d'Internet progresse, la confiance qui lui est accordée recule : 46% des personnes interrogées en 2013 n'ont pas confiance en Internet, soit 7 points de plus qu'en 2011.

On pourrait assister à une diminution de l'utilisation d'Internet pour rechercher des informations et les médias traditionnels (télévisions, journaux, etc.) pourraient rester les principales sources d'information.

Une perte de confiance vis-à-vis des médias traditionnels

On pourrait assister dans les années à venir à une perte de confiance croissante des individus dans toute forme d'autorité et notamment les médias traditionnels.

En 2013, **Ipsos a conçu et réalisé pour *Le Monde*, la Fondation Jean Jaurès et le Cevipof la vague 1 d'un baromètre sur les Nouvelles Fractures qui traversent la société française**. Les résultats de l'enquête mettent en évidence un autre mouvement : **le profond repli de l'opinion**. Ce mouvement se caractérise par une **très forte défiance à l'égard du monde**

³⁷ Wendling Cécile, « Les algorithmes de demain », *Note d'analyse prospective n°143*, Futuribles International, 3 octobre 2013.

³⁸ http://abonnes.lemonde.fr/economie/article/2014/05/17/aux-etats-unis-l-autorite-de-regulation-ouvre-la-voie-a-un-internet-a-deux-vitesses_4420451_3234.html?xtmc=neutralite_du_net&xtcr=5

³⁹ ec.europa.eu/public_opinion/archives/eb/eb80/eb80_media_fr.pdf

extérieur et d'autrui. Pour 78% des personnes interrogées, « on n'est jamais trop prudent quand on a affaire aux autres », 58% pensent que « la France doit se protéger davantage du monde d'aujourd'hui plutôt que de s'ouvrir au monde extérieur ». On observe parallèlement **un important rejet du système démocratique et médiatique.** Pour 62% des Français, « la plupart des hommes et des femmes politiques sont corrompus » et pour 58% des Français, les médias (télévision, radio et presse) font mal leur travail⁴⁰. En 2014, les questions sont posées en des termes différents mais 77% des Français déclarent ne pas faire confiance aux médias⁴¹.

Ainsi, cette perte de confiance pourrait favoriser le développement des nouveaux médias et notamment des médias sociaux où l'information serait produite par et pour les citoyens.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : des sources d'information multiples / cohabitation des médias traditionnels et des nouveaux médias

Dans cette hypothèse, les sources de connaissance de la population se multiplient. La télévision, la radio, les journaux continuent d'être utilisés par la population pour s'informer mais en parallèle Internet est de plus en plus utilisé : le Web 2.0 devient une plateforme idéale pour le partage de connaissance et la création de contenu. On voit se multiplier les initiatives de veilles citoyennes, les wikis, les blogs, etc. La parole « scientifique » et l'expertise sont une des sources de connaissance parmi d'autres.

Hypothèse 2 : Retour aux sources d'information traditionnelle et confiance retrouvée envers une science faisant la preuve de son utilité

Suite à des scandales au sujet de la manipulation de données par les acteurs d'Internet et à la totale remise en cause de la neutralité du net, la population perd de plus en plus confiance en Internet en son contenu. La population continue d'utiliser Internet mais réduit ses recherches d'information sur le net. Pour améliorer ses connaissances, elle s'appuie davantage sur les médias traditionnels. On pourrait même assister à un retour du papier (journaux, magazines, livres...) jugé plus noble et plus digne de confiance (résultat d'une réaction de rejet de l'information en ligne). En parallèle, la confiance accordée à la science et aux scientifiques s'accroît, notamment car la recherche scientifique réussit à faire la preuve de ses impacts sur les sujets de préoccupation de la population.

Hypothèse 3 : Développement des médias sociaux (web 2.0) et crise des médias traditionnels

Dans cette hypothèse, un climat de morosité (entraîné par une crise économique, politique ou écologique, etc.) entraîne un accroissement de la remise en cause de toute forme d'autorité : parole des politiques, des experts, mais également des médias. Les médias sociaux se développent en réaction et en opposition à ce climat de méfiance, ils représentent un gage de qualité et de neutralité : l'information est produite pour et par le citoyen.

Hypothèse 4 : Désintérêt de la population pour la connaissance

Dans cette hypothèse, la majorité des citoyens se désintéresse totalement de la connaissance soit du fait d'une crise de confiance dans les différentes sources d'information

⁴⁰ <http://www.ipsos.fr/ipsos-public-affaires/actualites/2013-01-24-france-2013-nouvelles-fractures>

⁴¹ <http://www.cevipof.com/fr/france-2013-les-nouvelles-fractures/fractures-francaises-2014-vague-2/>

(traditionnelles et médias sociaux), soit du fait d'une scission entre le monde des experts (politiques, scientifiques) et des citoyens. Cette scission pourrait être due à l'échec de plusieurs initiatives citoyennes dans plusieurs domaines par exemple. Dans tous les cas, les médias traditionnels connaîtraient un déclin significatif tout comme les médias sociaux qui continueraient d'être alimentés par une minorité de citoyens maîtrisant parfaitement Internet (des *hackers* ?).

5) Références

- Colloque « Veilles citoyennes d'information : des outils au service du droit d'ingérence dans les choix technologiques », 24 octobre 2009, Assemblée nationale
- Commission européenne, « In Depth Report: Environmental Citizen Science », *Science for Environment Policy*, n° 9, 2013.
- Commission européenne, « Les habitudes médiatiques dans l'Union Européenne », *Eurobaromètre standard 80*, automne 2013, 73 p.
- Commission européenne, « Recherche Responsable et Innovation (RRI), sciences et technologies », *Eurobaromètre spécial 401*, 223 p.
- Commission européenne, « La science et la technologie », *Eurobaromètre spécial 340*, 171 p.
- Enlart Sandra, Charbonnier Olivier. *Faut-il encore apprendre ?* Paris: Dunod, 2010.
- IPSOS, « France 2014 : nouvelles fractures », IPSOS, 2014, 98 p.
- IPSOS, « France 2013 : nouvelles fractures », IPSOS, 2013, 87 p.
- Lauer Stéphane, « Aux États-Unis, l'autorité de régulation ouvre la voie à un Internet à deux vitesses », *Le Monde*, 15 mai 2014
- Olivier Claude, Leleux Jean-Pierre, Rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques sur faire connaître et partager les cultures scientifique, technique et industrielle : un impératif, Paris : Sénat, 2014.
- Tchernia Jean-François, « Engagement des citoyens dans les débats scientifiques et techniques en France », *Note d'alerte n°82*, 19 janvier 2011, Futuribles International, 13 p.
- Wendling Cécile, « De la veille citoyenne à la *citizen science*. Quels changements dans les implications citoyennes dans les sciences et techniques ? » ; *Note d'analyse prospective n°157*, Futuribles International, 21 mars 2014.
- Wendling Cécile, « Les algorithmes de demain », *Note d'analyse prospective n°143*, Futuribles International, 3 octobre 2013.

3.5. L'évaluation de la recherche (V3.5)

Composante	: Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Hilaire Drouineau
Mise à jour	: 3 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) *Définition de la variable*

L'évaluation de la recherche consiste à mesurer la qualité ou la quantité de la production scientifique d'une unité de recherche donnée (Bloch, 2010; Geuna et Martin, 2003a) (par unité de recherche, on entend ici tout regroupement de chercheurs : chercheur individuel, laboratoire, instituts, pays etc.). Quatre critères sont généralement évalués : la quantité, la qualité, l'impact et l'utilité (Académie des sciences, 2009; Geuna et Martin, 2003a). Celle-ci peut se faire à différentes échelles (échelle du chercheur, de l'unité de recherche, de l'institut ou du pays). Elle peut également répondre à différents objectifs. Elle peut permettre de comparer les unités de recherche afin d'orienter des choix stratégiques (allocation de financements, promotions, etc.), on parle d'évaluation sommative. Elle peut au contraire être conçue pour informer les unités sur leur pertinence pour les aider dans leur orientation, les aider à s'améliorer, on parle alors d'évaluation formative (Bloom, 1971). En résumé, une évaluation sommative sert à l'ordonnateur de l'évaluation alors qu'une évaluation formative sert à l'évalué. Les deux objectifs peuvent cependant être liés : une évaluation affichée comme formative peut cependant vite découcher sur des choix stratégiques sommatifs (Owens, 2013).

1.2) *Indicateurs de la variable*

Trois grandes familles de critères vont influencer sur l'organisation et les conséquences de l'évaluation.

a) *Une évaluation sur quels critères*

L'évaluation visant à mesurer la quantité et la qualité de la production scientifique, elle dépend énormément des indicateurs choisis

- Un premier critère est ainsi la qualité scientifique. Ce critère évalue la pertinence des travaux par rapport au questionnement de la communauté scientifique : le travail apporte-t-il des réponses et quel est la portée de la réponse apportée. C'est alors une mesure basée uniquement sur les "outputs" (Gingras, 2008). Le jugement de la qualité scientifique nécessitant un travail approfondi et une culture scientifique du domaine concerné, ce genre d'évaluation est, en général, mené par des pairs.
- Devant la diminution des sources de financements et des moyens humains ('Research evaluation', 2013) et dans une volonté de rapprocher le monde de la recherche des acteurs du monde économique, un second critère de plus en plus pris en compte est celui de la "productivité" scientifique où l'on cherche à mettre en balance la production scientifique "output" par rapport aux moyens alloués, les inputs (Gingras, 2008). Ce genre d'approche répond à des besoins en termes d'orientations stratégiques et doit donc permettre de comparer les unités de recherche. Elle repose donc, au moins pour partie, sur des critères simples pouvant se calculer facilement et quelques soit le

domaine. Ont ainsi été développés une multitude d'indicateurs simples, voir simplistes, avec une grande composante bibliométrique. La plupart de ces indicateurs et leur utilisation brute font l'objet de vives critiques (Charle, 2009; Geuna et Martin, 2003a; Gingras, 2008). L'exemple du programme d'évaluation australien est à ce titre intéressant (Bloch, 2010) : dans ce programme, le gouvernement australien ne cherchait pas à évaluer les institutions, mais la qualité de sa recherche par discipline pour orienter ses investissements de recherche vers certains champs.

- Si dans un premier temps, la mise en balance output/input s'est fait en jugeant les outputs sur des critères essentiellement académiques (nombres de publications, prix reçus, etc.) et les inputs sur des critères économiques (investissements), la pression est forte pour imaginer de nouveaux critères jugeant la pertinence par rapport aux attentes de la Société (Abramo et D'Angelo, 2013; Dance, 2013; Derrick et Pavone, 2013)

b) Pourquoi est-on évalué ?

L'évaluation de la recherche a dorénavant lieu à toutes les échelles. Cependant les objectifs peuvent varier selon le grain de l'évaluation. La balance entre formatif et sommatif n'est ainsi pas la même selon l'échelle d'analyse. Les évaluations à très grandes échelles visant à établir de grandes orientations stratégiques sont ainsi plus à but sommatif et basées sur de grands indicateurs génériques, alors que les évaluations à plus petites échelles peuvent laisser encore de la place au formatif et être plus menées au cas par cas.

c) Par qui est-on évalué ?

La question est ici de savoir par qui est menée l'évaluation de la recherche. La plupart des instituts avaient mis en place en interne des commissions d'évaluation depuis très longtemps. Tous les pays industrialisés ont dorénavant des "agences indépendantes" en charge de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur (le Haut Conseil de l'évaluation de la recherche et de l'enseignement supérieur en France qui prend la suite de l'AERES, le Higher Education Funding Agency au Royaume-Uni, l'Association of Netherlands Universities, etc.). Ces agences qui ont uniformisé l'évaluation nationale, ont par contre chacune des objectifs et des critères différents rendant les évaluations peu comparables entre pays.

Ces agences utilisent généralement un double système : des indicateurs synthétiques génériques facilitant les comparaisons, et des commissions composées de pairs permettant de juger de la qualité scientifique de la production.

Toutefois, dans une démarche où la recherche serait redevable à la Société et une volonté de démocratiser l'évaluation de la recherche (Derrick et Pavone, 2013), il n'est pas impensable de voir de plus en plus les évaluations évoluer et impliquer plus largement les autres parties prenantes (or recherche), tendance qui se manifeste déjà au Royaume-Uni et en Australie (Derrick et Pavone, 2013).

Autre point important, il faut distinguer l'évaluation ex post, jugement a posteriori de la qualité du travail de l'évaluation, et l'évaluation ex-ante qui évalue la pertinence d'un travail avant sa réalisation (par exemple, jugement de la qualité d'une réponse à appel d'offres). Les agences mentionnées précédemment sont en charge essentiellement de l'évaluation ex post à partir d'indicateurs synthétiques et de "peer-review", alors que les évaluations ex ante sont réalisées par le financeur et sont généralement plus basées sur le "peer-review". Au

Royaume-Uni, le financement public obtenu par les universités ne reposait plus du tout sur de l'évaluation ex-ante mais uniquement sur l'évaluation ex-post : on n'est dans le système de la performance à tout va (Geuna et Martin, 2003a).

2) Rétrospectif

2.1) *De l'évaluation endogène vers l'évaluation stratégique recherche stratégique*

Contrairement aux idées reçues, l'évaluation de la recherche est ancienne, y compris en France (Charle, 2009). Elle est même plutôt plus précoce par exemple qu'aux Etats-Unis (Averch, 1991). Les travaux des chercheurs ont ainsi toujours été évalués, notamment par les pairs, ne serait-ce qu'au travers du système de review des publications, des jugements d'appels d'offres, des évolutions de carrière, etc.

Ainsi, pour prendre l'exemple de feu le Cemagref, des commissions spécialisées pour l'évaluation existent dès 1988. Pour remonter encore plus loin, le Comité National de la Recherche Scientifique fondé en 1945 et rattaché au CNRS a déjà pour mission l'évaluation des chercheurs (Fossey, 2003).

Cependant, cette évaluation est pendant très longtemps endogène : elle est basée sur la revue par les pairs principalement sur des critères scientifiques. Un premier tournant s'opère à la fin des années 1980, et comme le veut le dicton nos amis d'outre-Manche tirent les premiers (Anterroches, 1745).

Dès 1986 sous le gouvernement Thatcher, puis environ tous les 5 ans, le Royaume-Uni met en place le Research Assessment Exercise (RAE), sous l'égide de la Higher Education Funding Agency (Barker, 2007; Geuna et Martin, 2003b; Henkel, 1999). Le but est alors très clairement stratégique : maintenir la compétitivité de la recherche britannique en primant les universités les plus compétitives. On veut augmenter les outputs en rationalisant les inputs (Henkel, 1999). Cette dimension stratégique de l'évaluation apparaît plus tardivement en France, elle est notamment au cœur de la mission parlementaire Cohen-Le Déault de 1998 et fait ensuite partie du projet d'établissement 2001-2004 du CNRS.

Aujourd'hui, tous les pays sont dotés de comité d'évaluation, à visée essentiellement stratégique et sommative, appliquant des grilles d'analyse harmonisées à l'échelle nationale. Si cette évolution a concerné d'abord les évaluations à grande échelle (celles des instituts, des laboratoires, etc.), la tendance actuelle est la même pour l'évaluation individuelle.

2.2) *De la revue par les pairs à l'évaluation par indicateurs (Donovan, 2007; Moed, 2007)*

L'évaluation de la recherche a été pendant très longtemps basée essentiellement sur la revue par les pairs, le critère scientifique étant alors l'excellence scientifique avec le postulat que les pairs sont les plus à même de juger de la pertinence des travaux. Autre avantage, la revue par les pairs est applicable quelles que soient les disciplines. Toutefois, ce système présente quelques limitations (Moed, 2007). Parmi celles-ci, on peut relever tous les biais pouvant s'exercer sur le groupe d'évaluateurs (copinage, pressions, etc.) et les risques de primer les chercheurs renommés ou mena des activités proches des siennes. Deux autres arguments ont sans doute poussé à l'émergence des indicateurs. Premièrement, bien qu'applicable à toutes les disciplines, le peer-review est peu répétable et peu comparable (effet du groupe de reviewer fort), sans grille de lecture commune, il est alors difficile de comparer les unités évaluées ce qui est pourtant l'objectif de l'évaluation stratégique.

Deuxièmement, le peer-reviewing implique de trouver les pairs, or l'activité est coûteuse en temps, et assez peu valorisable pour les pairs.

Face à ces limites, on a vu émerger une multitude d'indicateurs quantitatifs de productions, Gingras (2008) parle notamment "d'usages sauvages de la bibliométrie", pratique pourtant très largement critiquée (Charle, 2009; Gingras, 2008; Herther, 2009; Kostoff, 1997, 1998; 'The maze of impact metrics', 2013). On aboutit à des indicateurs comme le classement de Shanghai où l'indice h, mal conçu, peu ou pas compris, et pourtant à la base des décisions stratégiques. S'ils sont toujours calculables, ils sont en revanche difficiles à comparer entre disciplines (la pratique de la publication n'est pas la même dans les sciences du vivant que dans les SHS par exemple). La poussée des indicateurs bibliométriques dans toutes les formes d'évaluation conduit au fameux "publish or perish" ('Publish or perish', 2010). Devant produire vite, notamment en début de carrière, le chercheur va prendre en compte le délai de publication pour choisir la revue où soumettre ses travaux. En réponse, les revues raccourcissent les délais, diminuant d'autant le temps imparti à la revue par les pairs et sélectionnant de plus en plus les reviewers en fonction de leur temps libre plus qu'en fonction de leur compétence.

2.3) *De l'évaluation de l'excellence vers l'évaluation de l'utilité (Donovan, 2007) ?*

Historiquement, l'évaluation de la recherche s'est principalement basée sur l'avis des pairs et donc sur l'excellence scientifique. L'évolution au cours des années 1990/2000 des modalités d'évaluation, avec une évaluation plus stratégique valorisant la performance, ont même eu tendance dans un premier temps à accentuer cette recherche d'excellence scientifique (Charle, 2009) : il faut soumettre dans les meilleures revues, être cité le plus possible, obtenir des prix, etc. Dans le même temps, les appels d'offre type ANR ou projet Européen mettent très largement en avant l'excellence scientifique et les aspects fondamentaux. Tout cela aboutit à un système favorisant la recherche fondamentale au détriment de la recherche plus appliquée qui se retrouvent par exemple dans des appels d'offres distincts. Cette tendance se retrouvait notamment dans la grille d'évaluation proposée par l'AERES comparée à la grille EREFIN.

La montée de l'évaluation stratégique de la recherche basée sur la performance incarnait les prémices d'une science redevable à la Société : l'argent investi dans la recherche doit produire des résultats, les meilleurs résultats. L'étape suivante est maintenant de juger de l'utilité des résultats, non plus uniquement sur des critères d'excellence scientifiques, mais aussi sur des critères d'utilité sociale (Derrick et Pavone, 2013 ; Jong et al., 2011 ; 'Research evaluation', 2013) : c'est le "quality versus impact" suggéré par Donovan (2007). Et dans le contexte de crise économique actuelle, qui explique d'ailleurs sans doute la frénésie européenne de l'évaluation comparée à l'Amérique du Nord (Gingras, 2008), la meilleure recherche n'est plus nécessairement l'excellente, mais aussi celle qui produit des richesses, des emplois, transfère ses résultats. Cela se retrouve dans la mise en avant des partenariats publics/privés, la mise en avant des partenariats avec les PME dans les appels d'offre H2020/FP8, etc.

2.4) *Bilan*

L'évolution de l'évaluation est schématisée sur la Figure 20: d'une évaluation très endogène et formative qui allait bien à tout le monde à part bien sûr Madame Thatcher (Renaud, 1985), la volonté de rationaliser la recherche à pousser à une évaluation plus sommative basée de plus en plus sur des critères simples qui poussent à la production à tout va ("publish or

perish") et privilégiant l'excellence. Plus récemment, la crise économique aidant, les fonds alloués à la recherche diminuant, l'utilité sociale des activités devient un paramètre de plus en plus important à prendre en compte.

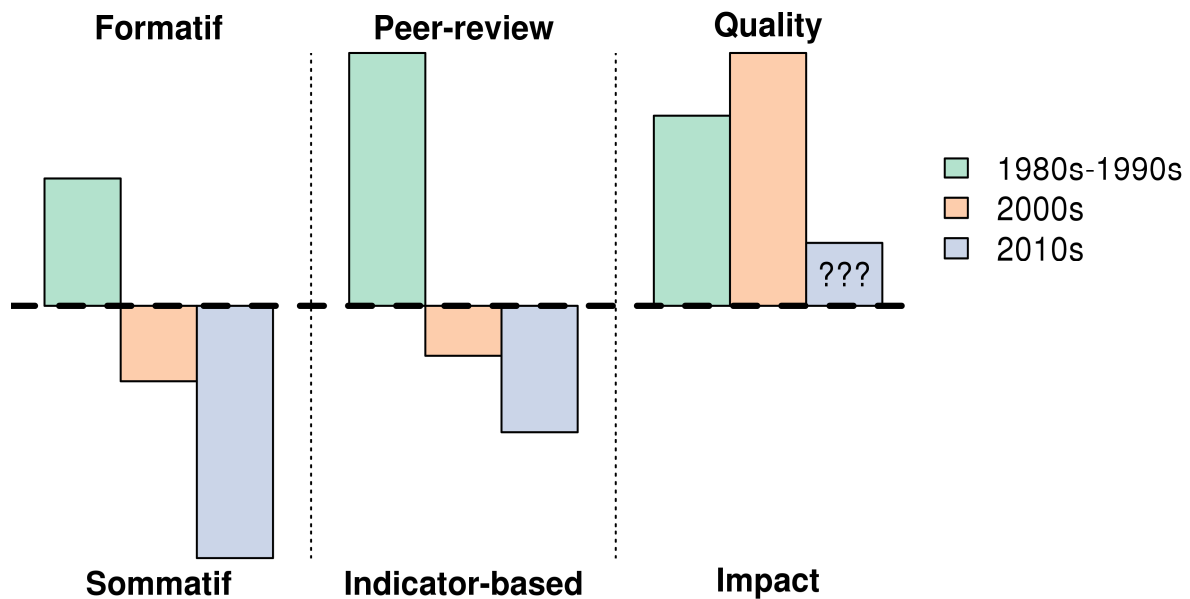


Figure 20 : Évolution de trois principaux critères au cours du temps. Impact doit ici s'entendre au sens de Donovan (2007), c'est à dire au sens de l'utilité sociale

3) Hypothèses

Hypothèse 1 : Vers le tout « impact »

La crise économique s'aggravant, la montée du scepticisme scientifique dans la Société pousse les pouvoirs publics à accentuer encore l'importance de l'utilité sociale immédiate dans l'évaluation de la recherche. Une agence européenne d'évaluation est montée pour harmoniser les procédures d'évaluation. Cette agence est composée de scientifiques, mais également de représentants du monde économique et d'organisations non gouvernementales, et a tendance à pénaliser la recherche fondamentale.

Hypothèse 2 : Deux modes d'évaluation cohabitent

Devant les risques de contraindre la recherche amont innovante, un équilibre s'opère entre les recherches plus amont et d'autres plus appliquées. Deux modes d'évaluation distincts sont alors mis en œuvre, un basé sur du peer-reviewing visant l'excellence scientifique, et un autre basé sur des critères plus larges et notamment des indicateurs d'utilité sociale.

Hypothèse 3 : La « slow science »

La qualité de la production est mise en avant, celle-ci étant jugée tant sur l'excellence scientifique pure que sur l'utilité sociale. Les universités de recherche disposent d'une autonomie suffisante pour avoir des possibilités d'orientations stratégiques par elle-même. La revue par les pairs reprend de l'importance dans l'évaluation, cohabitant avec des indicateurs standardisés appropriés.

4) Références

- Abramo, G., and D'Angelo, C. A. 2013. Rethinking research evaluation indicators and methods from an economic perspective: The fss indicator as a proxy of productivity. *In* Proceedings of ISSI 2013 - 14th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference, pp. 1536–1549.
- Académie des sciences. 2009. L'évaluation individuelle des chercheurs et des enseignants-chercheurs en sciences exactes et expérimentales. Académie des Sciences. http://www.academie-sciences.fr/actualites/textes/recherche_08_07_09.pdf (Accessed 17 July 2009).
- Anterroches, J. C. P. 1745. Messieurs les anglais, tirez les premiers ! Bataille de Fontenoy.
- Averch, H. 1991. The practice of research evaluation in the United States. *Research Evaluation*, 1: 130–136.
- Barker, K. 2007. The UK Research Assessment Exercise: the evolution of a national research evaluation system. *Research Evaluation*, 16: 3–12.
- Bloch, H. 2010. Research Evaluation Down Under: An Outsider's View from the Inside of the Australian Approach. *American Journal of Economics and Sociology*, 69: 1530–1552.
- Bloom, B. S. 1971. *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. McGraw, New York. 800 pp.
- Charle, C. 2009. L'évaluation des enseignants-chercheurs. *Vingtième Siècle. Revue d'histoire*, n° 102: 159–170.
- Dance, A. 2013. Impact: Pack a punch. *Nature*, 502: 397–398.
- Derrick, G. E., and Pavone, V. 2013. Democratising research evaluation: Achieving greater public engagement with bibliometrics-informed peer review. *Science and Public Policy*, 40: 563–575.
- Donovan, C. 2007. Introduction: Future pathways for science policy and research assessment: Metrics vs peer review, quality vs impact. *Science and Public Policy*, 34: 538–542.
- Fossey, J. 2003. L'évaluation scientifique au CNRS. *La revue pour l'histoire du CNRS*. <http://histoire-cnrs.revues.org/559> (Accessed 20 May 2014).
- Geuna, A., and Martin, B. R. 2003a. University Research Evaluation and Funding: An International Comparison. *Minerva*, 41: 277–304.
- Geuna, A., and Martin, B. R. 2003b. University Research Evaluation and Funding: An International Comparison. *Minerva*, 41: 277–304.
- Gingras, Y. 2008. La Fièvre de l'évaluation de la recherche du mauvais usage de faux indicateurs. *Bulletin de Méthodologie Sociologique*, 100: 41–44.
- Henkel, M. 1999. The Modernisation of Research Evaluation: The Case of the UK. *Higher Education*, 38: 105–122.
- Herther, N. K. 2009. Research evaluation and citation analysis: key issues and implications. *Electronic Library*, The, 27: 361–375.
- Jong, S. P. L. de, Arensbergen, P. van, Daemen, F., Meulen, B. van der, and Besselaar, P. van den. 2011. Evaluation of research in context: an approach and two cases. *Research Evaluation*, 20: 61–72.
- Kostoff, R. N. 1997. Use and misuse of metrics in research evaluation. *Science and Engineering Ethics*, 3: 109–120.
- Kostoff, R. N. 1998. The use and misuse of citation analysis in research evaluation. *Scientometrics*, 43: 27–43.
- Moed, H. F. 2007. The future of research evaluation rests with an intelligent combination of advanced metrics and transparent peer review. *Science and Public Policy*, 34: 575–583.
- Owens, B. 2013. Research assessments: Judgement day. *Nature*, 502: 288–290.
- Publish or perish. 2010. *Nature*, 467: 252–252.
- Research evaluation: Impact. 2013. *Nature*, 502: 287–287.
- The maze of impact metrics. 2013. *Nature*, 502: 271–271.

4. Composante « Recherche sur les PMA (Monde) »

4.1. Outils de mesure (V4.1)

Composante	: Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur	: Bau, Bons, Deligne, Fraty, Grégoire et Le Barh
Mise à jour	: 13 juin 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) *Définition de la variable*

La variable « Outils de mesure » regroupe les outils d'investigation et d'analyse mobilisés et mobilisables pour les recherches actuelles et futures sur les PMA, avec en autres comme grandes catégories prédéfinies : engins de capture et/ou d'observation, métrologie, dispositifs expérimentaux, marquage-biologging-télémétrie, sclérochronologie, physiologie, génétique-transcriptomique-protéomique, etc. Le champ très large de la variable se complexifie d'autant plus que ce point de vue technique et méthodologique est étroitement imbriqué avec les variables « disciplines mobilisées » (V4.2) et « échelles de travail » (V4.3). Ces 3 variables interagissent fortement entre elles, puisqu'une question de recherche ou de gestion posée définit un ou des niveau(x) d'observation donné(s) faisant appel à une ou des discipline(s) particulière(s), supportée(s) par une ou des technologies, techniques et outils qui lui (leur) sont propres. C'est la version de l'outil comme (simple) moyen de recherche. A l'inverse ou bien en parallèle ou même en complément, l'apparition d'un nouvel outil et sa possibilité d'application dans les champs de recherche sur les PMA pourront réorienter la question de recherche initiale voire favoriser l'émergence de nouvelles pistes et questionnements. C'est la version de l'outil en tant que créateur de recherche.

Et c'est bien là, l'objectif de la veille scientifique et technique que de suivre (1) les progrès réalisés au niveau mondial dans les technologies existantes qui aideront aux recherches de demain sur les PMA ainsi que (2) le développement de nouvelles pratiques de recherche et l'essor de nouvelles technologies susceptibles d'être mises en œuvre voire même de conditionner les programmes de recherche du futur sur les PMA.

1.2) *Indicateurs de la variable*

Les indicateurs de la variable retenus sont :

- instrumentation : niveau et évolution en termes de quantité, qualité et (bon) usage des outils de mesure ; mot clés : instrumentation, automatisation, miniaturisation, ..., éthique
- innovation : nature et applicabilité ; il ne s'agit pas là aussi d'une véritable veille scientifique et technique mais d'une recherche par mots clés (e.g. new product, new technology ou first application) dans les champs prédéfinis de la variable, effectuée sur des moteurs de recherche généralistes et des sites spécialisés.

2) Rétrospective

2.1) Niveau et évolution de l'instrumentation en termes de quantité, qualité (nature) et bon usage des outils utilisés

Depuis les premiers travaux des naturalistes et le premier inventaire ichtyologique de France⁴², les outils de mesure utilisés pour étudier les poissons et leur environnement n'ont cessé d'évoluer. Les progrès notables réalisés au XVIIe dans la navigation et construction navale ont d'abord été le point de départ d'une nouvelle pratique de l'ichtyologie. Puis, de missions d'observations in situ, d'inventaires et de collectes d'informations sur l'animal (entier) et son milieu, c'est-à-dire d'une ichtyologie essentiellement descriptive et (assez) peu invasive, on est ensuite passé dès le milieu du XIXe siècle à une recherche biologique (ichtyologique) plus moderne, plus physiologique, plus analytique et expérimentale⁴³, et donc nettement plus technique et spécialisée. Comme souvent en science, le développement de nouvelles voies et approches de recherche s'appuie sur l'invention d'instruments. Et à cette époque-là, ça a bien été le cas avec le premier microscope dont le développement a révolutionné la biologie en rendant accessible le monde cellulaire.

En progressant, la recherche en ichtyologie s'est donc spécialisée en de multiples domaines, tous plus ou moins liés aux autres, couvrant une large variété d'échelles (des niveaux moléculaire, cellulaire, physiologique, individuel jusqu'aux niveaux populationnel et écosystémique) grâce à (1) l'apparition de nouvelles technologies, techniques et procédés (innovation), (2) le développement et l'application d'outils de mesure de plus en plus nombreux (instrumentation) et performants (tant dans les macro- que dans les micro (nano) échelles), (3) la mise en place de protocoles de plus en plus élaborés dans (4) des dispositifs expérimentaux de plus en plus sophistiqués.

2.2) Les mésocosmes, des enjeux scientifiques et techniques

Depuis des décennies, en écologie comme dans d'autres sciences, des dispositifs expérimentaux de plus en plus instrumentés et perfectionnés, et de tailles de plus en plus grandes (micro-, méso-, macrocosmes) ont été développés (e.g. SCOLA à Irstea, ECO-AQUATRON de Lyon1, ..., ou les Ecotrons⁴⁴ du CNRS, mais aussi des zones de frayères artificielles, des fluviariums, des rivières artificielles etc.). Tous ces dispositifs expérimentaux sont en général des enceintes contrôlées (ou semi contrôlées) où l'expérimentateur peut faire varier tout ou partie des paramètres du milieu pour étudier les réponses d'espèces dans leur milieu (reconstitué) ou soumises à des variations de l'environnement ou à des toxiques. Le contrôle environnemental et les mesures en temps réel sont suffisamment précis pour permettre de tester des hypothèses ou des modèles de fonctionnement. À cet effet, les enceintes sont dotées d'un appareillage important permettant de mesurer en continu des flux, des états ou des caractéristiques biologiques. D'autres mesures ponctuelles, in situ et ex situ, sur des échantillons prélevés complètent ces mesures en ligne.

⁴² Belon P. (1555) La nature et la diversité des poissons avec leurs pourtraicts représentés au plus près du naturel. Estienne, Paris, 448 p.

⁴³ « la biologie doit être une science expérimentale » Claude Bernard dans Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux (1878)

⁴⁴ labellisés en 2009 Très Grande Infrastructure de Recherche (TGIR), servant la communauté de recherche des écologues, des sciences agronomiques, de la biologie de l'évolution et des organismes, mais aussi des sciences de l'atmosphère et de la planète.

Un nombre suffisant d'enceintes de confinement, indépendantes, est nécessaire pour assurer l'étude de plusieurs facteurs en interaction, dans un cadre d'inférence statistique.

- Des Enjeux techniques : un bain à capteurs ?

En Métrologie, on a parlé d'évolution de certains capteurs dans le champ notamment de la précision et fiabilité, avec des démarches Qualité sur les produits chez les fournisseurs (et sur les pratiques chez les utilisateurs) plus modernes et mises en œuvre tout au long des développements de matériels et de logiciels, assurant ainsi une amélioration constante des performances. En prenant le cas particulier de la mesure de l'O₂ dissous, on a évoqué l'importante (r)évolution technologique qu'a été le passage d'un principe de mesure physico-chimique à une mesure optique. Le développement de centrales d'acquisition de mesures multi-paramétriques, aux fonctionnalités plus avancées et plus pérennes, et les possibilités croissantes de leur télégestion et télécontrôle ont facilité et optimisé les recherches dédiées aux liens PMA/milieus/habitats, en milieu naturel et surtout en dispositif expérimental (via de simples automates communiquant ou des systèmes automatisés télégérés type Sofrel permettant télésurveillance (téléalarmes), télécontrôle et télécommande (rationalisation) des équipements et télégestion des installations techniques...). Les avancées majeures en métrologie/dispositif expérimental ont été à ce niveau-là, ce qui implicitement implique qu'il y a eu progrès en techniques d'acquisition, automatisme, numérisation, informatisation, communication [réseau mobile (du modem RTC à la 4G), réseau satellitaire, fibre optique], précédées d'améliorations structurelles : miniaturisation, portabilité, faible consommation.

- Des enjeux scientifiques :

Ci-après quelques usages possibles plus ou moins appliqués pour un Écotron (source CNRS 2009) :

- Paramétrisation de modèles de dynamique des populations face à un changement d'aires de distribution induit par le dérèglement climatique,
- Paramétrisation ou test de modèles de fonctionnement écosystémique ou d'organismes dans certains contextes
- Expression des gènes et interactions génotype-environnement, comparaison de réponses physiologiques et adaptatives de génotypes exposés à certaines variations de l'environnement,
- Interactions climat/microclimats-biodiversité,
- Conséquences écosystémiques d'événements extrêmes, et impacts sur la biodiversité,
- Évaluation ou mise au point de techniques d'ingénierie écologique,
- Test et calibrage de capteurs et d'instrumentation utiles pour l'évaluation ou le bio-monitoring de processus écosystémiques, etc.

En rétrospective, on peut déjà évoquer qu'allant de pair avec le niveau d'instrumentation des recherches scientifiques, la qualité et le « bon usage » des outils de mesure se sont également considérablement renforcés. C'est le fondement même de la démarche scientifique⁴⁵, *a fortiori* en recherche (quantitative), que d'avoir une méthodologie

⁴⁵ Descartes (1637) « Discours de la méthode »

expérimentale rigoureuse (cf. Tab 1), avec un protocole répondant aux critères (entre autres) de reproductibilité de l'expérience, de transférabilité des conclusions, et de fiabilité et objectivité de l'étude (e.g., par examen des biais techniques/instrumentaux).

Tableau 12 : Caractéristiques de la recherche quantitative (Méthodologie : les critères de rigueur scientifique en recherche, d'après Pelletier et Pagé, 2002)

- Épistémologie : Science dure « hard », Vérification de théories, Fondement de la connaissance : relations causales				
- Ontologie : Focus de la réalité : restreint et précis ; Perspective réductionniste				
- Finalité : Généralisation				
- Méthodologie : Mode de raisonnement : logique, hypothético-déductif				
	Vérification, contrôle, prévision			
	Instruments, interprétation numérique			
	Unités de base de l'analyse : nombres			
	Analyses statistiques			
	Données objectives			

Dans la même démarche scientifique de « bon usage » (et dans le souci particulier de bonne reproductibilité et qualité de la donnée), des précautions étaient généralement prises vis-à-vis de l'animal d'expérience, notamment leur stabulation pré-expérimentale, et ce d'autant plus lorsque le sujet expérimental était un vertébré supérieur. Même dans la Société en général, il faut en fait attendre 1976 pour que l'animal soit considéré comme « un être sensible devant être placé dans des conditions compatibles avec les impératifs biologiques de son espèce » (Art. L214-1 du Code Rural). La loi deviendra de plus en plus répressive, avec en 1986 la première Directive sur la protection des animaux utilisés à des fins expérimentales. Pour le poisson, la prise de conscience a été plus tardive, ne serait-ce que parce que, bien que nociception et stress soient reconnus, la notion même de *douleur* fait encore controverse (Rose et al., 2014) (voir la fiche V2.1 « Statut de l'animal » (Ch. Roqueplo)).

2.3) *Qualité et Ethique : 2 tendances lourdes structurantes des recherches sur l'animal :*

De même qu'il existe des niveaux d'exigence de qualité de plus en plus élevés en ce qui concerne (entre autres) les outils de mesure et les dispositifs expérimentaux mis ou à mettre en place pour les recherches scientifiques (voir à ce propos la multiplication à tous niveaux des procédures Qualité et des réunions des collectifs « Mesures » au sein d'Irstea allant dans le sens de la Démarche Qualité globale portée par l'établissement), il y a également, dans le véritable enjeu actuel du bien-être animal⁴⁶, des exigences éthiques fortes à respecter au niveau des protocoles expérimentaux impliquant poissons et céphalopodes (Directive 2010/63/UE relative à la protection des animaux utilisés à des fins expérimentales ou à d'autres fins scientifiques).

Déjà déterminante dans les recherches relatives aux PMA, la composante Ethique changera à terme toute la donne dans la mesure où « la présente directive représente une étape importante vers la réalisation de l'objectif final que constitue le remplacement total des procédures appliquées à des animaux vivants à des fins scientifiques et éducatives, dès que ce sera possible sur un plan scientifique ».

⁴⁶ Animaux : des droits en souffrance. Edition Le Monde : Science et Techno du 27/10/2012, p. 1-5

3) Prospective

En attendant, amendé en 2012 le rapport du GIS FRANCOPA⁴⁷ « Plateforme française pour le développement des méthodes alternatives en expérimentation animale » donne le cadre des méthodes alternatives 3R (soit Remplacement, Réduction, Raffinement) et de leur développement. A noter qu'il s'agit bien d'une obligation réglementaire d'utiliser les méthodes alternatives en recherche (Directive 86/609 valable dans tous les domaines de la recherche et en R&D). Donc il est clair que les pistes prospectivistes sur les outils de mesure à investir (au sens large du terme) incluant outils d'investigation et d'analyse, dispositifs et protocoles expérimentaux et autres approches pour les études menées en laboratoire ou en milieu naturel devraient, doivent fortement rester dans ces rails.

3.1) Méthodes de substitution :

On parle ici de méthodes *in silico* basées sur la modélisation de données ou de méthodes *in vitro* utilisant des éléments biologiques (tissus, cellules, organites, molécules) et des méthodes de chimie analytique.

3.2) Méthodes de réduction :

Il s'agit de méthodes *ex vivo* (cellules, tissus, organes prélevés d'organismes vivants). La réduction de l'utilisation des animaux peut être obtenue en développant le recours aux techniques « omiques » (mesures, souvent à haut débit, de matériel génétique, de protéines, de métabolites) et aux banques de données, et la réduction des effectifs des lots expérimentaux en appliquant des tests statistiques pertinents ou des approches intégratives.

Dans le champ de la variable Outils ont déjà été prédéfinies certaines sciences « omiques » même si pour l'instant, elles ne sont utilisées dans nos recherches sur les PMA que par le biais de collaborations avec des équipes universitaires spécialisées donc plus spécifiquement outillées. Mais ces technologies sont d'actualité, certaines sont même en plein essor et restent en tout cas pour certains instituts de recherche comme l'INRA des technologies du futur stratégiques. Par certains aspects, elles nous concerne(ro)nt aussi directement.

Ces technologies « omiques » sont apparues dans les années 1990, avec d'abord la génomique (cartographie linéaire du génome, séquençage de l'ADN à grande échelle et comparaison des génomes entre espèces). Elles ont considérablement modifié le débit et l'échelle des données analysables (d'où l'essor de la bioinformatique) ainsi que la forme des protocoles de recherche scientifique⁴⁸. Elles permettent de générer des quantités énormes de données à des niveaux biologiques multiples : du séquençage des gènes (génomique), leur expression et régulation (transcriptomique) à l'expression des protéines (protéomique) et des structures métaboliques (métabolomique), couvrant ainsi tous les mécanismes qui influencent le fonctionnement des systèmes organiques dans leur totalité. Ces approches peuvent être utiles pour mettre en évidence et identifier de nouveaux biomarqueurs (d'exposition, d'effet ou de susceptibilité) ou encore élaborer de nouveaux outils de

⁴⁷ <http://www.francopa.fr/web/pdf/francopa/rapportGIS.pdf>

⁴⁸ <http://www.omics-ethics.org/fr/what-is-omics-science>

toxicologie prédictive. C'est actuellement « la décennie des omics »⁴⁹, l'ère de la « grande biologie »⁵⁰ ou l'étude (intégrative) des systèmes.

Citons comme exemples dans les champs actuels ou possibles d'application sur les PMA :

- la métagénomique (ou génomique environnementale) visant à étudier (tout) le contenu génétique d'un échantillon issu d'un environnement complexe sans culture préalable en laboratoire⁵¹. Le but de cette approche, via le séquençage direct de l'ADN de l'échantillon, est d'avoir non seulement une description génomique du contenu de l'échantillon mais aussi un aperçu du potentiel fonctionnel d'un environnement. Ainsi, les biopuces ou puces à ADN puisque que c'est de ça dont il s'agit, permettent d'analyser le niveau d'expression des gènes (transcrits) dans un organisme ou encore un mélange complexe, à un moment donné et dans un état et/ou une condition donnée, par rapport à un échantillon de référence. Ces biopuces sont utilisées en toxicogénomique pour étudier l'influence de diverses substances toxiques sur l'expression des gènes (par exemple une substance polluante dans l'eau), et le couplage, ensuite, des protéines codées à une protéine fluorescente sert de biocapteur pour détecter cette pollution. Les biocapteurs sont un domaine de recherche très actif ayant de multiples applications en physiologie, en environnement etc., car ils permettent une mesure spécifique, de manière non destructrice, in situ et sans étape de purification préalable, de la concentration d'une molécule présente dans un tissu ou un échantillon d'eau, d'air, de sol.
- Approche intégrative : L'ADN environnemental est une méthode innovante également pour évaluer la biodiversité aquatique car l'ADN peut être extrait de l'échantillon d'eau sans avoir besoin d'isoler au préalable des individus (poissons) cibles. Il y a en fait 2 approches, avec l'eDNA barcoding (pour la recherche d'une espèce cible) et l'eDNA metabarcoding (pour la recherche de plusieurs espèces cibles d'un même ou autre groupe taxonomique). Certains parlent de véritable saut méthodologique, servant à évaluer la biodiversité dans des échantillons variés, analyser des régimes alimentaires, détecter des espèces menacées ou invasives même présentes en faible abondance ou discrètes. Mais à signaler que dans ces technologies « omiques », tout semble aller très vite⁵².
- Protéomique. Même si, comme on vient de le voir, les microarrays ont été utilisés avec succès pour étudier le transcriptome et ainsi faire indirectement un monitoring de stress environnementaux, savoir qu'un gène donné est exprimé reste une information assez limitée si l'on n'étudie pas ensuite la combinaison des protéines exprimées. De sorte que la protéomique (et ses déclinaisons) apparaît comme une science « omique » en plein essor, supportée par des techniques sans cesse en développement. Les procédés de purification et les approches immunologiques ont été remplacés dans les années 90 par le fractionnement des protéines par électrophorèse (gel 2D) et l'analyse des peptides par spectrométrie de masse. Le nouveau paradigme de la protéomique est basé sur les progrès réalisés dans le domaine de l'analyse par spectrométrie de masse, avec de nouveaux systèmes (FT ICR, Orbitrap), de meilleures précision (1-2ppm), résolution ($R_s > 100000$) et sensibilité (10^{-15} mol).

⁴⁹ <http://www.sciencepresse.qc.ca/actualite/2013/03/18/decennie-mots-omique>

⁵⁰ <http://www.nature.com/news/big-biology-the-omes-puzzle-1.12484>

⁵¹ Quetier F. & Wincker P. (2013) L'avènement de la métagénomique. Dossier Pour la Science, N°81, Octobre-Décembre, p. 24-28.

⁵² Ledford H. (2008) The death of microarrays? NATURE|Vol 455|16 October 2008

3.3) Méthodes d'optimisation :

Il s'agit de l'utilisation d'espèces présumées moins sensibles (e.g. certains invertébrés) et l'utilisation de techniques d'exploration non invasives (imagerie du petit animal, RMN in vivo, examen clinique, évaluation comportementale, télémétrie).

Citons comme exemples dans les champs actuels ou possibles d'application sur les PMA :

- L'échographie est une technique d'imagerie employant des ultrasons. Courante en médecine (en obstétrique dès le début des années 1970, couplée à une sonde Doppler), elle est utilisée en recherche, notamment en exploration vétérinaire. Les sondes des échographes modernes possèdent plus de 12000 transducteurs ultrasonores (contre 64-128 à l'origine), ce qui les rend plus performants en termes de qualité d'image. Les systèmes portables sont entrés dans les pratiques vétérinaires, comme c'est le cas depuis 2013 sur la station de St Seurin pour vérifier de manière non intrusive, par exemple, l'état de maturité des gonades chez l'esturgeon ou l'anguille. L'imagerie est un domaine d'innovations particulièrement diversifié : tomographie aux rayons X, perfectionnements de la microscopie électronique, techniques de diffraction d'électrons.
- L'imagerie par résonance magnétique, vers une imagerie d'individus entiers. L'IRM est une technique d'imagerie permettant d'obtenir des vues 2D ou 3D de l'intérieur du corps de façon non invasive avec une résolution en contraste relativement élevée. L'IRM repose sur le principe de la résonance magnétique nucléaire (RMN). Depuis ses premiers développements au début des années 1970, l'IRM est devenue une technique puissante et reconnu du domaine de l'imagerie médicale. On peut également anticiper le développement d'outils permettant d'obtenir une image globale de petits organismes (souris, poisson) dans des conditions non destructrices, comme le permet la RMN sur de petits volumes. F. Mariette (Irstea Rennes) en 2013 a présenté la plateforme PRISM (Imagerie et Spectométrie Structurale et Métabolique) qui est dotée d'IRMs dont un IRM (résolution < mm ; adapté à la taille d'un gros lapin) utilisé habituellement en recherche sur modèle rat/souris et transportable par camion. Dès lors, des études physio-énergétiques (e.g. distinction muscle/gras, cartographie des taux de lipides, et surtout teneur en ATP (par utilisation de phosphore)) peuvent être envisagées sur individu vivant.
- l'observation comportementale par l'imagerie dynamique issue d'améliorations techniques en traitement et reconnaissance d'images (scanner-laser 3D pour reconnaissance de formes et modélisation de déformations ; reconstruction 3D ; reconnaissance d'objets par apprentissage d'images ; stéréovision active à venir (soit la reconstruction 3D et l'analyse ou le suivi du mouvement d'objets déformables en temps réel et sans marqueur ; projet RAHA⁵³, CNRS),

⁵³ <http://le2i.cnrs.fr/-Reconstruction-et-analyse-du->

- l'observation comportementale par écho intégration sous-marine, issue d'améliorations techniques en hydroacoustique : Sondeur MultiFaisceaux Halieutique, sonar/caméra acoustique haute résolution type DIDSON ou ARIS⁵⁴ etc.).
- et si l'on ne peut éviter de capturer l'animal au moins une fois, en privilégiant le suivi par une télémétrie moins invasive à durée de vie illimitée, basée sur Le nano-émetteur éternel renseignant à la fois la position, l'état physiologique et l'état environnemental de l'animal, donc en lien avec des avancées dans les domaines de la microélectronique et du bio-logging en termes (i) de miniaturisation et de multiplication des capteurs (e.g. microsystèmes de télémétrie DSI) pour mesurer en temps réel en continu et sans limite de mémoire température et activité (pour l'instant), mais à suivre de près sur la plateforme de R&D MIBE (CNRS Strasbourg), marques archives de géolocalisation par détection de luminosité (via fibre optique même à 400m de profondeur) miniaturisées (2 g) pour marquage de jeunes stades et suivi complet de leur migration (light-archival tag_Lotek) http://www.andrewsafer.com/IOS_01_12.pdf ; en attendant la miniaturisation des PSATs (Pop-up satellite archival tags)⁵⁵ ... et (ii) la miniaturisation et la multiplication des fonctionnalités des émetteurs, qui passent d'abord par une miniaturisation de leur batterie : (vers la taille d'un grain de poussière⁵⁶)

Des chercheurs du MIT ont conçu des batteries ultraperformantes à base de virus. Ils ont mis au point des piles utilisant des virus pour booster leur puissance. Cette nanotechnologie permettrait de confectionner des batteries puissantes (X3) et miniaturisées⁵⁷. Cette nouveauté intervient après une autre découverte du MIT permettant de recharger une batterie en quelques secondes. IBM se penche sur l'ADN pour concevoir les microprocesseurs du futur⁵⁸. Cet ADN artificiel des nanostructures (origami ADN) permettrait de pousser la miniaturisation en ayant recours à des polymères. Une promesse pour l'avenir, mais encore lointaine. Les premières puces de ce type ne sortiront pas avant une dizaine d'années (Eureka Presse)

- micro batteries et autre mini énergie : des chercheurs américains créent une éolienne de 2 mm de haut ! <https://www.lenergieenquestions.fr/tag/miniaturisation/>
- mais pourquoi une batterie ? Faire comme Bosch : de la RFID à tous les étages^{59, 60} ... ou comment faciliter une «surveillance démultipliée»⁶¹ grâce aux micropuces RFID rendues invisibles à force d'être miniaturisées. Et la CNIL dans tout ça ? Traçabilité, surveillance...

⁵⁴ <http://www.seabotix.com/products/aris.htm> ; <http://www.at-kb.nl/files/vistelemetrie/pitches/MacArtney.pdf>

⁵⁵ <http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/satellite-and-data-logger-telemetry-of-marine-966437>

⁵⁶ http://www.knowtex.com/nav/miniaturisation-de-batteries-vers-la-taille-d-un-grain-de-poussiere_12842

⁵⁷ www.zdnet.fr/.../des-chercheurs-ont-concu-des-batteries-ultra-performantes-a-base-de-virus-39390879.htm

⁵⁸ <http://www.zdnet.fr/actualites/ibm-se-penche-sur-l-adn-pour-concevoir-les-microprocesseurs-du-futur-39704667.htm>

⁵⁹ <http://www.usinenouvelle.com/article/bosch-la-rfid-a-tous-les-etages.N251167>

⁶⁰ <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00922787>

⁶¹ http://www.knowtex.com/nav/implants-miniaturises-ou-puces-espions-les-nanos-qui-font-peur_7583

- ...et **la surveillance tous azimuts**. Le drone, la technologie 2.0 au service de l'environnement⁶² (20/05/2014), des moyens légers aéroportés d'observation : <http://dronologue.fr/des-drones-pour-lidentification-des-cetaces/>. Depuis 10 ans, les progrès technologiques permettent une utilisation de plus en plus aisée des drones pour l'acquisition d'informations sur les terres et les mers. Les limites à leur déploiement sont devenues plus réglementaires que techniques. Il n'y a pas de tailles pour les drones, ils peuvent être aussi gros qu'un gros porteur et aussi petit qu'une mouche. L'université technologique de Delft (Pays Bas) développe dans leur projet DelFly un pilote automatique pour microdrone incluant sur une surface comparable à celle d'une pièce d'1€ : gyroscope, accéléromètre, altimètre, GPS et processeur, le tout pour moins de 2 g ! <http://dronologue.fr/miniaturisation-des-drones/>. Le tout satellitaire : pour tout suivre, partout, du bureau...

Et si le capteur ou l'émetteur ou le détecteur idéal (ou même le PMA super résistant) n'existe pas encore, ils le créeront... par imprimante 3D ? La médecine et la recherche profitent déjà de l'impression 3D, avec la création d'un matériau semblable à un os ou encore la création de prothèses et implants et d'exosquelettes personnalisés. Fin 2013, le crayon BioPen a été conçu, capable d'imprimer des cellules souches (nerveuses, musculaires, osseuses) sur des zones lésées. L'impression tridimensionnelle, permet de matérialiser des espaces creux ou des organes mous, et la précision de l'impression, et les typologies de matériaux sont susceptibles d'augmenter à l'avenir au fur et à mesure des progrès techniques⁶³.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : Les outils comme créateurs de recherche

Les avancées techniques dictent les questions de recherche. Il faut être à la pointe de la technique. Ce sont des recherches à la mode, encore plus instrumentées en hautes technologies, avec une multiplication de plateformes expérimentales collaboratives et de zones ateliers sur le terrain.

Hypothèse 2 : Les outils comme simples moyens de recherche

Les questions sont premières, les outils ne sont sollicités qu'en fonction des besoins.

Hypothèse 3 : Des outils en sourdine

C'est le retour au terrain avec une instrumentation réduite aux acquis pour la collecte de données. La partie analyse des échantillons / laboratoire est externalisée. Une grande part du travail de recherche passe par la modélisation

⁶² <http://agriculture.gouv.fr/drone-agriculture-de-precision-azote-airinov>

⁶³ <http://nextbigfuture.com/2014/04/microscale-3-d-printing-that-mixes-inks.html>

4.2. Concepts, disciplines mobilisés (V4.2)

Composante	: Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur	: Patrick Lambert
Mise à jour	: 5 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) *Définition de la variable*

Il s'agit d'étudier les évolutions des paradigmes mobilisés dans les recherches sur les PMA. Un paradigme est une représentation idéalisée de la réalité, acceptée par une communauté scientifique et qui permet de définir implicitement les problèmes et les méthodes légitimes d'un domaine de recherche (Kuhn, 1983). Eprouver un paradigme est une démarche naturelle en science qui vise à lui apporter plus de finesse, d'extension et de précision et, le cas échéant, à détecter des anomalies qui conduiront à le remettre en cause.

Un des moyens pour analyser ces évolutions de paradigmes est d'étudier les tendances émergentes et les patrons transitoires dans la littérature scientifique (Chen, 2006) et d'identifier les causes internes (ex la découverte d'un impact de comète dans la recherches sur les extinctions massives) ou externes (ex le 11 septembre dans les recherches sur les troubles de stress post-traumatique) à la discipline associées à ces changements brutaux.

1.2) *Indicateurs de la variable*

Evolution des proportions relatives des thèmes de recherche (Research Area du WOS) par période de 5 ans près de 20 000 références bibliographiques ciblant une trentaine de PMA.

Evolution des nuages de mots-clés par périodes de 5 ans trouvés dans les titres de près de 20 000 références bibliographiques ciblant une trentaine de PMA une fois débarrassés des noms latin et vernaculaires des espèces et des considérations géographiques.

2) Rétrospective

Les deux thématiques majoritaires restent sur la période les pêcheries et la biologie marine ou d'eau douce (Figure 21). L'âge d'or de la seconde est dans les années 1980, la première dans les années 1990. Certaines thématiques (Figure 21 et Figure 22) connaissent un déclin sur la période comme la zoologie, l'endocrinologie-métabolisme, la biologie cellulaire, l'anatomie-morphologie.

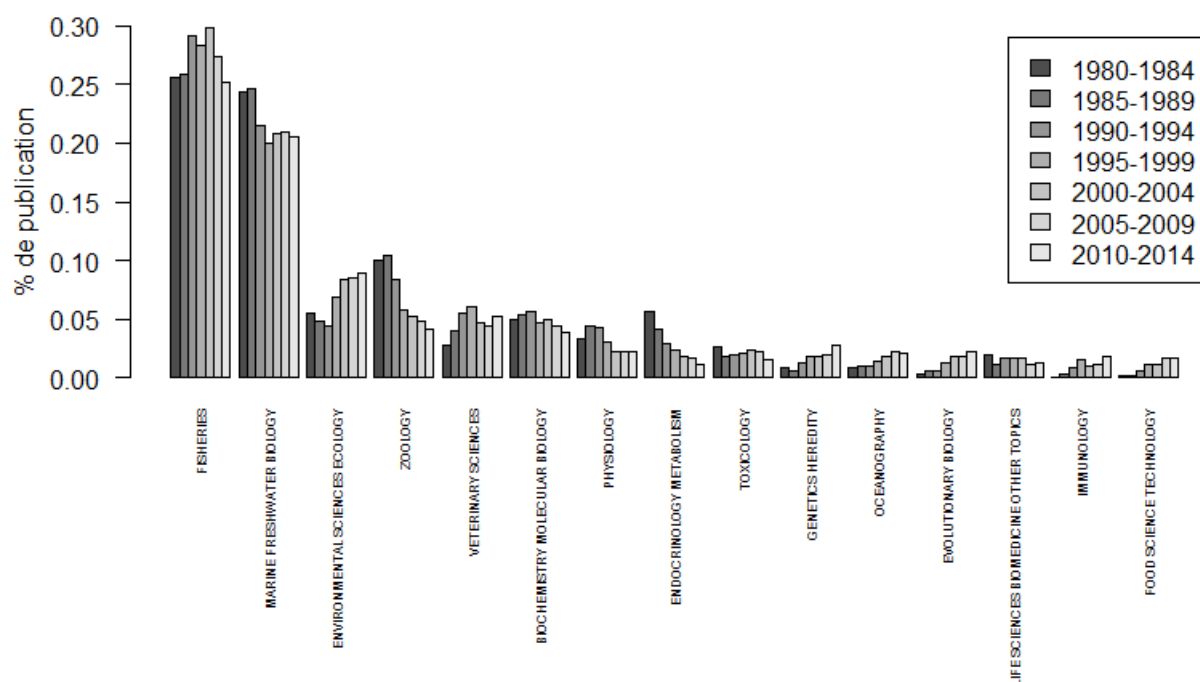


Figure 21 : Evolution par période de 5 ans des proportions relatives de publications ciblant les PMA pour les 15 premiers thèmes de recherches du WOS

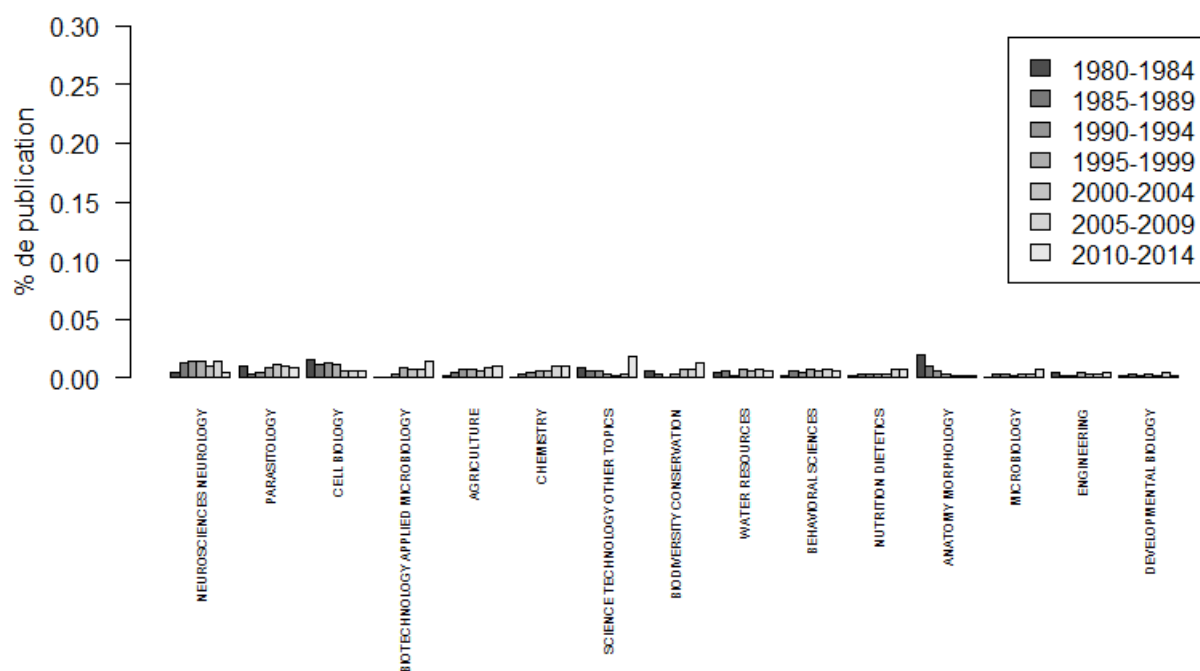


Figure 22 : Evolution par période de 5 ans des proportions relatives de publications ciblant les PMA pour les 15 suivants thèmes de recherches du WOS

Au contraire, d'autres se développent comme l'écologie-science de l'environnement, la génétique-hérédité, l'océanographie, l'immunologie, science et technologie de l'alimentation, la chimie, la microbiologie. Enfin certaines connaissent un regain récent comme la parasitologie, la conservation de la biodiversité.

Concernant l'analyse des titres, le terme « croissance » reste prépondérant au cours de ces 35 ans, certainement lié à la facilité d'analyse de ce processus. Il est associé dans un premier temps à des questionnements clairement d'élevage (« culture », « alimentation », « ferme »,

« sauvage ») puis ensuite c'est son caractère intégrateur permettant d'aborder des questions de physiologie puis d'écologie qui est privilégié.

Le terme « juvénile » est très présent jusque dans le milieu des années 1995, concurrencé ensuite par le terme « population ». On peut y voir un glissement de l'étude d'un stade particulier à une vision globale du cycle de vie et du fonctionnement général d'une population.

Dans la première décennie on, trouve des termes associés à la physiologie (« concentration », « cellule », « foie », « niveau »). Dans la dernière décennie, clairement les approches génétiques (« gène », « génétique », « expression ») émergent.

Le terme « température » connaît un déclin jusqu'en 2000 pour connaître un regain depuis 2010, en lien avec la question du réchauffement climatique.

Paradoxalement lorsque l'on s'intéresse à des PMA, le terme « migration » n'apparaît seulement qu'à partir de 2000. A relier à la préoccupation grandissante vis-à-vis des impacts des ruptures de connectivité mais également et surtout de l'intérêt des poissons issus d'élevage dans le fonctionnement des populations en milieu naturel.

Au-delà de cette analyse focalisée sur les PMA, il est possible d'identifier des évolutions (qui mériteraient d'être supportées par des faits objectifs) :

- Un glissement des visions naturalistes (classification linnéenne, autoécologie) vers des approches prenant en compte de la théorie de l'évolution (cladistique, phylogénie, fitness)
- Développement des approches de fonctionnement de populations (exploitées puis menacées) avec une convergence dans les années récentes avec l'écologie évolutive
- Intérêt croissant vis-à-vis des recherches sur les déplacements et l'habitat avec le développement constant des outils de marquages, de télémétrie et d'analyses rétrospectives (microchimie, etc.) et avec le développement récent des systèmes d'information géographique
- La reconnaissance de la variabilité individuelle incitant à des approches centrées sur un nombre croissant d'individus et qui se trouve renforcée avec le développement actuel spectaculaire des applications « omiques » en écologie.
- La prégnance croissante des concepts de protection de la nature et de maintien de la biodiversité qui conduisent au développement de l'Ingénierie écologique (tableau de bord, soutien de population, restauration d'habitat et de connectivité écologique, migration assistée)
- La lente prise en compte des concepts d'adaptation et d'adaptabilité des populations face aux pressions anthropiques, pourtant renforcée par le changement global
- Le couplage de plusieurs techniques « de pointe » dans les projets de recherche
- Le développement des concepts de biens et services écosystémiques faisant en écho à la vision utilitariste de la science (innovation)

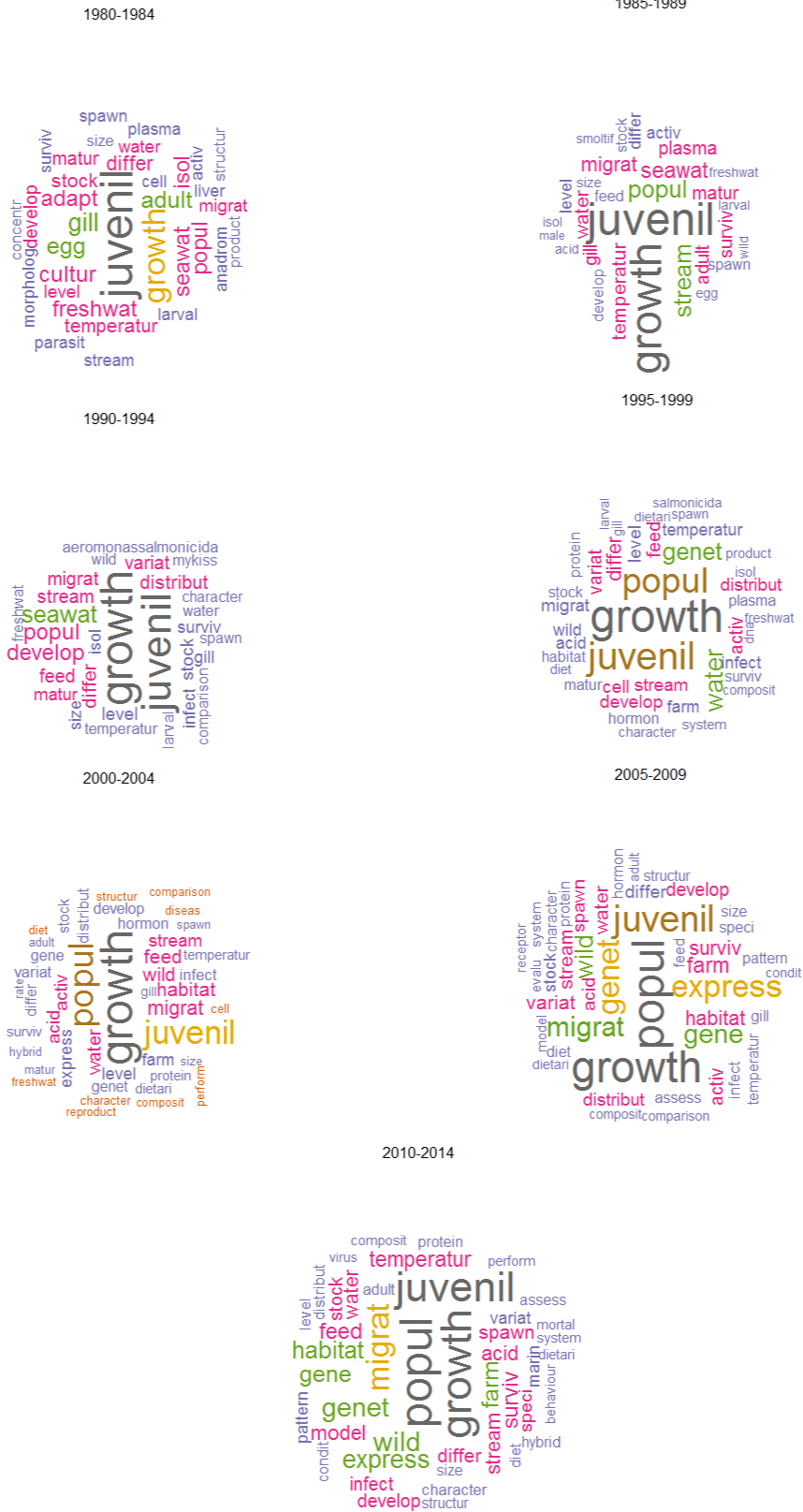


Figure 23 : Evolution des mots-clés les plus utilisés dans les titres des publications ciblant une trentaine d'espèces de PMA entre 1980 et 2014

3) Prospective

3.1) *Tendances lourdes*

- Développement des techniques « omiques » (voir fiche V4.1 « Outils de mesure »). On assiste à une vulgarisation de ces techniques dont le coût ne cesse de baisser. L'interprétation des résultats devient de plus en plus performante, imposant une vision du fonctionnement à l'échelle individuelle de l'objet de recherche.
- Couplage d'analyse « micro » avec des interprétations « macro ». Dans le même temps, les efforts d'intégration à des échelles supérieures (fonctionnement de populations voire approches écosystémiques) sont poursuivis.
- Les sciences humaines et sociales, fortement encouragées par la définition des grands programmes de recherche, visent à enrichir les visions biologiques des problématiques. Pour autant, le travail interdisciplinaire reste largement superficiel.

3.2) *Incertitudes*

- Emergence de nouvelles technologies : émergence d'une analyse applicable en routine à un grand nombre d'individus
- Orientation programmatique de la recherche : La Société, en fonction de ses peurs et de ses aspirations, focalise ou écarte certains sujets

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : les recherches sur les PMA orientées par le service écosystémique de production de protéines

Les recherches sur les PMA se concentrent sur leur fonction de ressource alimentaire. Dans les pays occidentaux, il s'agit d'optimiser les filaires de production aquacole. Dans les pays en voie de développement, les recherches portent encore sur la définition et la mise en place de pêcheries durables.

Hypothèse 2 : les PMA comme indicateurs de la biodiversité et de la qualité de l'environnement

Les PMA n'intéressent plus les chercheurs en tant que tel. Les recherches concernant ces espèces s'intègrent maintenant dans des approches globales des communautés et des fonctionnements des écosystèmes. Toutefois compte tenu de leur importance modeste dans ces systèmes, l'apport de connaissances concernant ces espèces se marginalisent.

Hypothèse 3 : les PMA espèces emblématiques des recherches de conservation

Les PMA, par leur caractère symbolique pour la Société et par la complexité de leur écologie, deviennent des objets pertinents pour les recherches sur la biologie de la conservation dans les milieux aquatiques. Il est alors possible de mettre en œuvre des technologies innovantes pour leurs études. Les sciences humaines apportent un éclairage constructif sur la définition de programme de restauration de ces espèces patrimoniales.

Hypothèse 4 : Science anarchique des PMA

Les PMA deviennent des modèles biologiques pour des recherches variées (migration, physiologie, évolution, etc.). De nombreux points de vue sur les PMA sont développés sans

nécessairement rechercher une synthèse des connaissances sur le fonctionnement et la protection de ces espèces.

5) Poursuite du travail

Revoir l'évolution en fonction des espèces ou des types de diadromie (voir fiche V4.5)

Analyse des fronts scientifiques, espèce par espèce par la méthodologie de (Chen, 2006)

Constitution et analyse d'un corpus d'appels d'offres pour lesquels des recherches sur les PMA (ANR, Europe, Région, etc.) ont été proposées (qu'elles aient été financées ou non)

Constitution et analyse d'un corpus de nos propositions de recherches à des appels sur les PMA (ANR, Europe, Région, etc.)

6) Références

Chen C. (2006) CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for Information Science and Technology* 57, 359-377

Kuhn T.S. (1983) La structure des révolutions scientifiques. Champs Flammarion

4.3. Echelles de travail sur les PMA (V4.3)

Composante	: Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur	: Géraldine Lassalle (et Tomasz Podgorniak)
Mise à jour	: 9 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) Définition de la variable

Les différents niveaux d'intégration du vivant auxquels ont été étudiés les PMA, de la cellule, aux tissus, en passant par les organismes et les populations. Un bref encart sera fait sur le niveau écosystémique.

1.2) Indicateurs de la variable

- Le nombre d'espèces migratrices élevées en aquaculture à des fins de conservation ou d'exploitation commerciale ;
- L'évolution de l'état des populations naturelles soutenues ou pas, le déclin se poursuit-il au point d'avoir des espèces jugées comme rarissimes ou éteintes ?
- L'avènement de certaines espèces comme modèles biologiques associés à un thème de recherche, par exemple les mugilidés souvent associés à des études sur la plasticité du fait de leur caractère euryhalin, les pleuronectidés associés à des recherches en écotoxicologie ;
- Le développement de l'exploitation massive de bases de données existantes ('big data in science').

2) Rétrospective

Cette fiche dans sa partie rétrospective aurait pu circuler entre tous les membres de l'équipe PMA pour que chacun y rajoute son expérience sur une échelle ou plusieurs échelles données. A noter que le saumon est une des rares espèces qui a été étudiée à toutes les échelles.

La reproduction des PMA en captivité est devenue rapidement un sujet d'étude primordial du fait du déclin sévère des stocks en milieu naturel. Les PMA faisant l'objet d'élevage en pisciculture ou d'un maintien en stock ex-situ, comme par exemple l'esturgeon sibérien (*Acipenser baerii*) et l'esturgeon européen (*Acipenser sturio*) respectivement, ont été beaucoup étudiés au niveau des mécanismes de contrôles hormonaux intervenant lors de la reproduction et de la croissance (e.g. production d'hormones thyroïdiennes et stéroïdiennes ; Cuisset et al., 1994 ; Davail et al., 1998). En milieu naturel, les hormones en lien avec des étapes-clés du cycle de vie des PMA, étapes impliquant des métamorphoses comme la smoltification chez le saumon ou encore les migrations de montaison et de dévalaison pour diverses espèces, font l'objet d'un ouvrage récent de synthèse (Dufour et al., 2012). Pour certaines espèces pour lesquelles la reproduction en captivité n'est pas encore acquise, les études en endocrinologie ont été fortement complétées par de la génétique moléculaire. C'est le cas des anguilles qui ont bénéficié en début d'année 2014 d'une conférence internationale sur leur génome. Le génome de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) a été séquencé en partie et fait l'objet d'une base de données (EelBase ; Coppe et al., 2010). Deux exemples de travaux récents sur la génétique de l'anguille : le travail de thèse de Tomasz Podgorniak (1) à l'Irstea-Bordeaux et celui de Mélanie Gaillard à

l'institut de la mer à Rimouski (2). (1) L'anguille européenne fait l'objet de recherche sur l'expression d'un ensemble de gènes dans le cerveau, les muscles et le foie de façon à évaluer la pression sélective exercée par les barrages à la migration. (2) L'anguille américaine (*Anguilla rostrata*) bénéficie de recherche sur l'expression génique de gènes candidats pour des hormones impliquées dans la dispersion en eau douce et en eau salée au stade civelles. Dans le contexte de l'aquaculture à but de conservation, la gestion de programmes de reproduction assistée nécessite des analyses de filiation en routine, i.e. associer la progéniture à la paire la plus probable de géniteurs (Congiu et al., 2011 pour l'esturgeon de l'Adriatique (*Acipenser naccarii*) et en cours pour l'esturgeon européen (travaux de post-doctorat de Séverine Roques)). Ce type d'analyse est particulièrement mis en place pour les esturgeons dont le groupe, dans son ensemble, a été listé en 2010 par l'IUCN comme étant le groupe d'espèces le plus en danger à l'échelle mondiale.

La physiologie des PMA est un autre pan important de recherches les concernant. Des fonctions à l'échelle de l'organisme ont été étudiées comme l'évolution des performances de nage, cardiaques, respiratoires, de croissance en fonction de gradients de salinité, de température ou de qualité de la nourriture (McCormick et al., 1996 ; McKenzie, 2001) auxquels ces animaux sont soumis lors de leur cycle de vie complexe. Le mulot porc (*Liza ramada*) et le flet (*Platichthys flesus*), la lamproie (*Petromyzon marinus*) sont des espèces souvent utilisées comme modèles par les écophysiologistes concernant la physiologie et la biologie des poissons en général. Les salmonidés ont bénéficié d'une attention particulière concernant leur physiologie en lien avec la plasticité phénotypique, notamment les modifications physiologiques conduisant à la forme migratrice par rapport à la forme résidente au sein d'une même population (Nielsen et al., 2006 ; Boel et al., 2014). Ces données peuvent être intégrées dans des modèles de budget énergétique ou DEB permettant de quantifier les échanges et la transformation d'énergie et de matière entre un être vivant et son environnement et d'analyser la stratégie de répartition de l'énergie entre la croissance, la reproduction et la maintenance au sein d'un organisme (Sigourney et al., 2008).

La dynamique de population est la composante de l'écologie qui traite de la variation dans l'espace et le temps de la taille et de la densité de la population d'une ou plusieurs espèces (Begon et al., 1990). Les études sur la dynamique de population ont pour objectif, outre de prévoir les accroissements ou diminutions des populations, de comprendre les influences environnementales (comme l'effet de variations de température) et anthropiques (comme l'effet de la pêche) sur les fluctuations des effectifs des populations. Pour les PMA, des travaux ont consisté en une approche régionale en considérant l'échelle d'un bassin versant et d'une population (Martin van Dembulcke, 1999 ; Dauphin et al., 2008) à une approche continentale en considérant l'ensemble d'un stock dans une région du Monde (Modèle GlobAng pour l'anguille européenne, Lambert et Rochard, 2007 ; modèle générique pour les PMA et, plus particulièrement, pour les espèces du genre *Alosa*, Rougier et al., 2014 ; modèle de distribution d'espèces combinant l'information sur l'ensemble des populations d'une aire de répartition, Lassalle et Rochard, 2009). Les deux premiers types de modèles mentionnés précédemment sont alimentés à partir des principaux traits d'histoire de vie caractérisant des processus biologiques fondamentaux telles que la croissance, la maturité, ou encore, la fécondité (Stearns, 2000). Ces traits d'histoire de vie ont bénéficié d'une large attention pour les PMA avec l'étude de leurs variations entre populations d'une même

espèce (L'Abée-Lund et al., 2004 ; Power et al., 2005), leur valeur adaptative, leur lien avec les principaux facteurs abiotiques comme la température (Mangel, 1994).

La rôle des PMA au sein des écosystèmes a aussi fait l'objet d'études, principalement aux Etats-Unis et au Canada (Janetski et al., 2009). Les PMA ont souvent été évoqués comme des vecteurs de nutriments marins dans les écosystèmes continentaux. L'exemple célèbre de l'ours consommant les saumons capturés sur le bord des rivières et contribuant ainsi à l'enrichissement en azote de la ripisylve et à la chaîne alimentaire terrestre (Naiman et al., 2002). Des travaux en cours proposent d'utiliser les modèles écosystémiques afin d'évaluer l'importance des assemblages de PMA dans les réseaux trophiques pour le maintien de processus et de fonctions vitales (Thèse de doctorat de Kayla Smith, University of New England). Ces recherches restent cependant confidentielles et largement limitées aux salmonidés. En effet, les lamproies marines (*Petromizon marinus*) et les aloses américaines (*Alosa sapidissima*) sont deux espèces considérées comme invasives dans certaines parties de leur aire de distribution actuelle (Grands Lacs et côte américaine Pacifique respectivement). Cependant, ces conclusions ne reposent sur aucune étude concrète de leurs interactions avec l'environnement abiotique et le réseau trophique. Au-delà de leur rôle écologique dans les écosystèmes, la place des PMA au sein des écosystèmes peut s'évaluer sur la base des biens et services qui leur sont associés (Hasselman et al., 2012). De nombreuses espèces migratrices ont un intérêt patrimonial et économique qui en font une ressource-clé pour la gestion des écosystèmes. Cependant, ce type de recherche reste à développer pour les PMA.

3) Prospective

Concernant les PMA, les recherches à leur sujet apparaissent « drivées » principalement par leur niveau d'abondance. A l'heure actuelle, dans la majorité des cas, leurs effectifs décroissants interrogent et, dans quelques rares cas, leurs fortes abondances inquiètent. Dans l'ensemble de ces situations, les PMA sont étudiés à différents niveaux d'intégration pour eux-mêmes en tant que ressources. Dans quelques cas de figure, l'intérêt du migrateur est d'être un bon modèle biologique pour une thématique donnée, à savoir la plasticité pour des espèces euryhalines comme le mulot porc faisant de nombreux aller-retours entre estuaires et bande côtière ou encore le flet dont la résistance aux polluants intéresse pour des études en écotoxicologie. Le niveau d'abondance semble jouer sur le niveau d'intégration visé par les recherches. Seules de fortes abondances autorisent des réflexions à l'échelle de l'écosystème et la pérennité des recherches au niveau populationnel même si ce dernier point reste discutable. De faibles abondances qui plus est associées à une demande sociétale relative aux PMA tendent à favoriser des recherches allant de la cellule à la population. Cependant, une tendance forte est le développement de l'exploitation massive de l'analyse de données en écologie au travers de méta-analyses et de modélisation à tous les niveaux d'intégration (modèle de budget énergétique (organisme), modèle de dynamique de population (population), modèle de niche (population/espèce), modèle écosystémique (écosystème)...). Ceci permet dans une certaine mesure de s'affranchir de l'abondance des espèces et de l'influence que cela peut avoir sur les niveaux d'intégration couverts.

4) Hypothèses

Des hypothèses avec chaque échelle au moins une fois à son apogée. Comme vu dans la partie rétrospective, on peut supposer que c'est l'abondance des PMA qui orienterait l'émergence d'une hypothèse par rapport à une autre.

Hypothèse 1 : « Ensemble des échelles »

Toutes les échelles à des niveaux équilibrés

Hypothèse 2 : « Sciences des 'omiques' »

Cellule/tissu/organe/organisme

Hypothèse 3 : « Individus/populations »

Individuel (aquaculture) et populationnel (fonctionnement de populations et dynamique de population)

Hypothèse 4 : « Holistique »

Monter en puissance des approches écosystémiques, biens services, assemblages/communautés/modèle écosystémique des pêches

5) Références

- Begon, M., Harper, J.L., & Townsend, C.R., 1990 Ecology: Individuals, Populations and Communities. Blackwell Scientific Publications, Oxford, U.K.
- Boel, M, Aarestrup, K., Baktoft, H., Larsen, T., Søndergaard Madsen, S., Malte, H., Skov, C., Svendsen, J.C., Koed, A., 2014, The physiological basis of the migration continuum in brown trout (*Salmo trutta*). *Physiological and Biochemical Zoology* 87, 334-345.
- Cuisset, B., Pellissero, C., Kime, D.E., Kuhn, E.R., Babin, P., Davail, S., & Le Menn F., 1994, Enzyme immunoassay for 11-ketotestosterone using acetyl-cholinesterase as label : application to sex identification in farm Siberian sturgeon. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 108, 229-241
- Congiu, L., Pujolar, J.M., Forlani, A., Cenadelli, S., Dupanloup, I., Barbisan, F., Galli, A., & Fontana, F., 2011, Managing polyploidy in *ex situ* conservation genetics: The case of the critically endangered Adriatic sturgeon (*Acipenser naccarii*). *PLoS ONE* 6(3): e18249.
- Coppe, A., Pujolar, J.M., Maes, G.E., Larsen, P.F., Hansen, M.M., Bernatchez, L., Zane, L. & Bortoluzzi, S., 2010, Sequencing, de novo annotation and analysis of the first *Anguilla anguilla* transcriptome: EelBase opens new perspectives for the study of the critically endangered european eel. *BMC Genomics*, 11, 635.
- Davail, B., Pakdel, F., Bujo, H., Perazzolo, L. M., Waclawek, M., Schneider, W. J., and Le Menn, F., 1998, Evolution of oogenesis: the receptor for vitellogenin from the rainbow trout. *Journal of Lipids Research*, 39, 1929-1937.
- Dufour, S., Rousseau, K., Kapoor, B.B., 2012, Metamorphosis in fish. CRC Press. 268 pp.
- Dauphin, G., Prévost, E., Adams, C., & Boylan, P., 2008, A Bayesian approach to model A. Salmon life cycle in the Foyle catchment (Northern Ireland). International statistical ecology conference, Saint Andrews, Scotland, July 2008.
- Hasselman, D.J., Hinrichsen, R.A., Shields, B.A., & Ebbesmeyer, C.C., 2012, American shad of the Pacific coast: A harmful invasive species or benign introduction? *Fisheries* 37, 115-122.
- Janetski, D.J., Chaoner, D.T., Tiegs, S.D., & Lamberti, G.A., 2009, Pacific salmon effects on streams ecosystems: a quantitative synthesis. *Oecologia* 159, 583-595.
- L'Abée-Lund, J.H., Vollestad, L.A. & Beldring, S., 2004, Spatial and temporal variations in the grilse proportion of Atlantic salmon in Norwegian rivers. *Transactions of the American Fisheries Society* 133, 743-761.
- Lambert, P., & Rochard, E., 2007, Identification of the inland population dynamics of the European eel using a pattern-oriented modelling. *Ecological Modelling*, 206, 166-178.
- Lassalle, G., & Rochard, E., 2009, Impact of twenty-first century climate change on diadromous fish spread over Europe, North Africa and the Middle East. *Global Change Biology* 15, 1072-1089
- Mangel, M., 1994, Climate change and salmonid life history variation. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 41, 75-106.

Martin Van Dembulcke D., 1999, Modélisation de la dynamique de la population d'alose dans le bassin versant Gironde - Garonne - Dordogne. PhD Thesis in Aquatic ecology ENSA Toulouse. 120 p.

McCormick, S.D., Shrimpton, J.M., Zydlewski, J.D., 1996, Temperature effects on osmoregulatory physiology of juvenile anadromous fish. In: Wood, C.M., McDonald, D.G. (eds) *Global warming: Implications for freshwater and marine fish*. Society for Experimental Biology Seminar Series 61, 279-301.

McKenzie, D.J., 2001, Effects of dietary fatty acids on the respiratory and cardiovascular physiology of fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 128, 605-619.

Naiman, R.J., Bilby, R.E., Schindler, D.E., & Helfield, J.M., 2002, Pacific salmon, nutrients, and the dynamics of freshwater and riparian ecosystems. *Ecosystems* 5: 399-417.

Nielsen, C., Aarestrup, K., Madsen, S.S., 2006, Comparison of physiological smolt status in descending and non-descending wild brown trout (*Salmo trutta*) in a Danish stream. *Ecology of Freshwater Fish* 15, 229-236.

Power, M., Dempson, J.B., Reist, J.D., Schwarz, C.J. & Power, G., 2005, Latitudinal variation in fecundity among Arctic charr populations in eastern North America. *Journal of Fish Biology* 67, 255-273.

Rougier, T., Drouineau, H., Dumoulin, N., Faure, T., Deffuant, G., Rochard, E. & Lambert, P., 2014, The GR3D model, a tool to explore the Global Repositioning Dynamics of Diadromous fish Distribution. *Ecological Modelling* 283, 31-44.

Sigourney, D.B., Letcher, B.H., Obedzinski, M., & Cunjak, R.H., 2008, [Size-independent growth in fish: patterns, models and metrics](#). *Journal of Fish Biology* 72, 2435-2455.

Stearns, S.C., 2000, Life history evolution: successes, limitations, and prospects. *Naturwissenschaften* 87, 476-486.

4.4. Espèces phares (V4.4)

Composante : Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur : Patrick Lambert
Mise à jour : 2 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

Il s'agit des espèces de PMA mises en avant dans les publications et pour lesquels les équipes de recherche revendiquent une certaine compétence voir une certaine excellence. Ils constituent des objets de recherche en soi ou des modèles biologiques pour étudier des questionnements scientifiques plus généraux.

Le pendant dans la Société de ces espèces phares des scientifiques sont des espèces qui ont une existence dans l'inconscient collectif, une présence médiatique et dans la sphère politique (question à l'Assemblée, textes réglementaires, programmes politiques).

Le focus sur telle espèce plutôt qu'une autre mérite d'être précisé et expliqué pour détecter d'éventuels effets de mode et d'éventuelles orientations de la Recherche.

Le nombre de PMA reste une question ouverte. Actuellement on considère qu'il y a quelques centaines de PMA parmi les 32 000 espèces de poissons (voir fiche V1.4 « Espèces concernées et état des populations »)

En Europe, en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, Lassalle et collaborateurs (2009) considèrent 29 espèces (si les deux espèces de corégones nordiques *Coregonus albula* et *C. maraena* sont distinguées) auxquelles il faut ajouter l'esturgeon atlantique *Acipenser oxyrhincus* dont la présence en Europe est maintenant avérée (Chassaing et al., 2013).

En France métropolitaine, il est admis qu'il y a 11 espèces de PMA. Par contre, le décret de 1994 codifié aux articles 436 à 444 du Code de l'Environnement ne désigne que 7 espèces oubliant l'esturgeon européen (qui fait l'objet d'un plan d'actions dédié), le flet, le mulot, l'éperlan et les PMA des territoires ultramarins.

2) Rétrospective

Nous avons considéré 24 espèces de PMA sans exigences de représentativité mais qui illustraient a priori la diversité des situations de recherche. Le nombre de publication concernant ces espèces de par le monde est d'environ 18 500 sur la période 1975-2013. L'espèce la plus représentée est le saumon atlantique. Dans les 10 espèces les plus fréquentes, on trouve les 4 salmonidés considérés, les 3 anguilles considérées, la lamproie marine, le bar rayé et le flet. L'importance des salmonidés est avérée car ils constituent le groupe le plus étudié en science halieutique (Jarić et al., 2012).

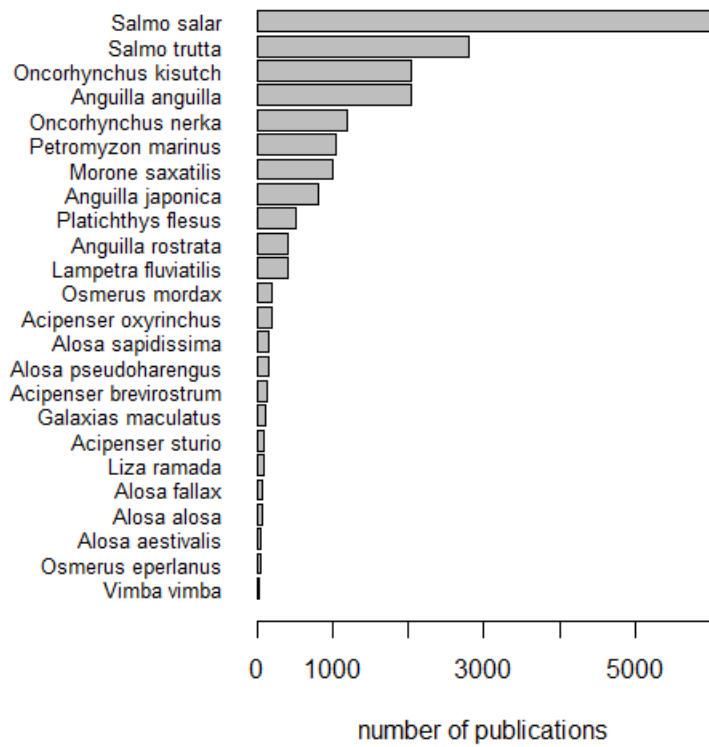


Figure 24 : Nombre de publications ciblant des espèces de PMA issues du WOS sur la période 1975-2013

Leur nombre, tous espèces confondues, est en croissance exponentielle avec possiblement une stabilisation dans la dernière décennie, à l’instar du nombre de publications qui s’intéressent aux poissons, aux migrations associées aux poissons, et aux migrations associées aux oiseaux.

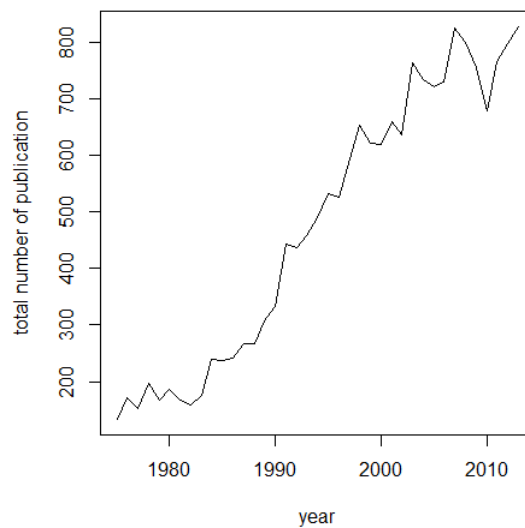


Figure 25 : Evolution du nombre de publications ciblant au moins une des 24 espèces de PMA à partir de la base du WOS sur la période 1975-2013

Si on s'intéresse aux évolutions annuelles du nombre absolu de publications et de la proportion de publications ciblant une espèce par rapport au nombre total de publications, on peut distinguer qualitativement les espèces

- Dont les publications débutent sensiblement aux milieux des années 1990 (*A. sturio*, *A. oxyrinchus*, *A. brevirostrum*, *G. maculatus*) dans les années 2000 (*V. vimba*, *A. alosa*, *A. fallax*). Jarić et Gessner (2012) trouvent l'augmentation des publications sur les esturgeons entre 1996 et 2010.

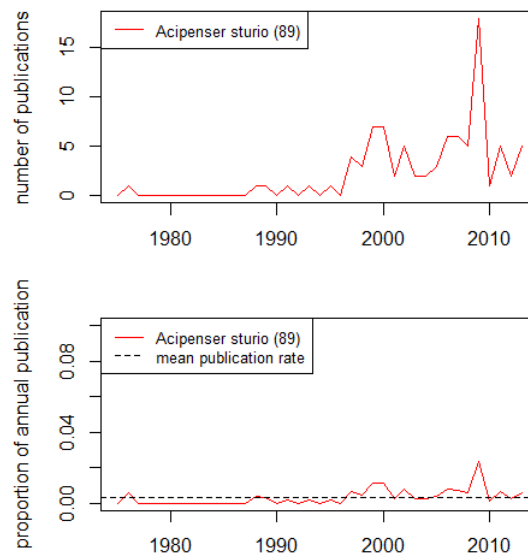


Figure 26 : Evolution des publications concernant *Acipenser sturio*

- dont le niveau de publication augmente plus vite que la tendance sur la période (*A. japonica*, *O. nerka*), dont le niveau a augmenté plus vite que la tendance au début des années 90 (*Salmo salar*). Nikolic (2011) trouvent une augmentation continue pour *S. salar*.

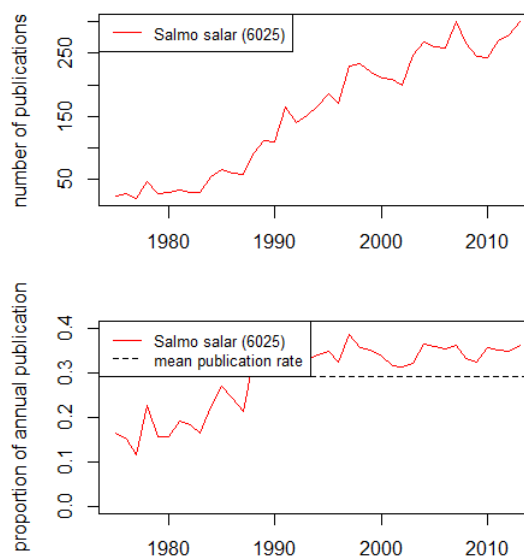


Figure 27 : Evolution des publications concernant *Salmo salar*

- dont le niveau de publication suit la tendance moyenne (*A. aestivalis*, *A. sapidissima*, *L. ramada*, *O. eperlanus*, *P. marinus*, *S. trutta*). Sauf pour la truite, le niveau de publication est faible. Nikolic (2011) trouvent une croissance puis une stabilisation pour la décennie 2000-2010, pour *S. trutta* qui se rapproche effectivement de la tendance générale de publication

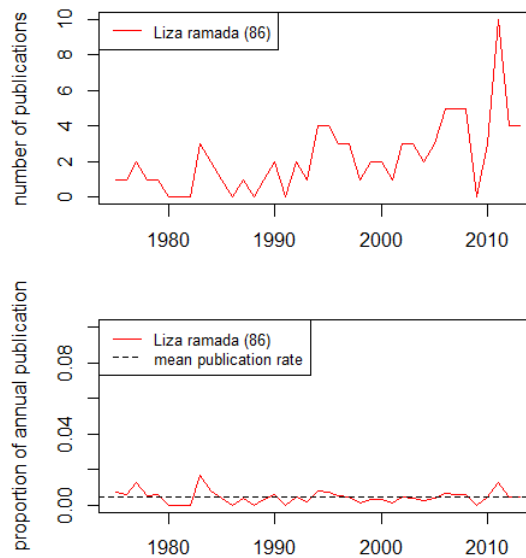


Figure 28 : Evolution des publications concernant *Liza ramada*

- dont le niveau a baissé à la fin des années 1990 (*O. mordax*, *O. kisutch*, *A. rostrata*, *A. anguilla*, *A. pseudoharengus*). Nikolic (2011) trouvent pour *A. anguilla* une augmentation puis une diminution pour la décennie 2000-2010

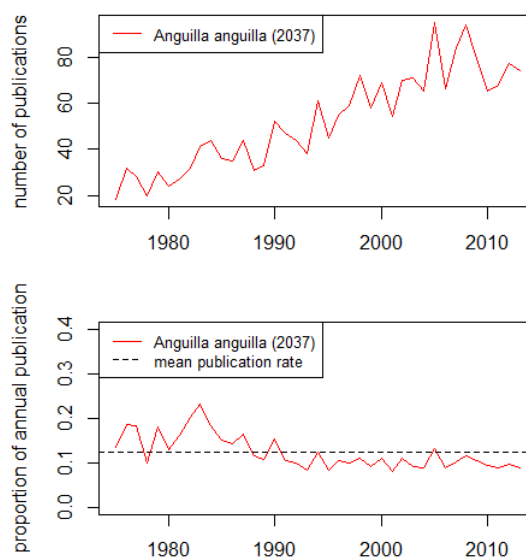


Figure 29 : Evolution des publications concernant *Anguilla anguilla*

- dont le niveau décroche depuis les années 1980 par rapport à la tendance conduisant à une stabilisation du nombre absolu de publication (*L. fluviatilis*),

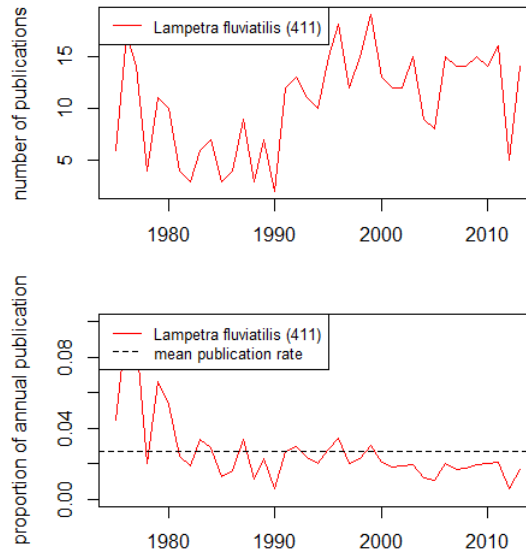


Figure 30 : Evolution des publications concernant *Lampetra fluviatilis*

- dont le niveau décroche depuis les années 2000 par rapport à la tendance conduisant à une diminution du nombre absolu de publications (*P. flesus*)

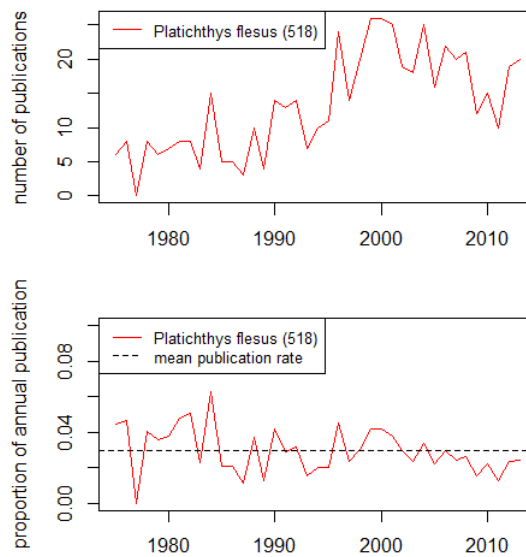


Figure 31 : Evolution des publications concernant *Platichthys flesus*

- dont le niveau a connu une embellie entre 1990 et 2005 (*Morene saxatilis*).

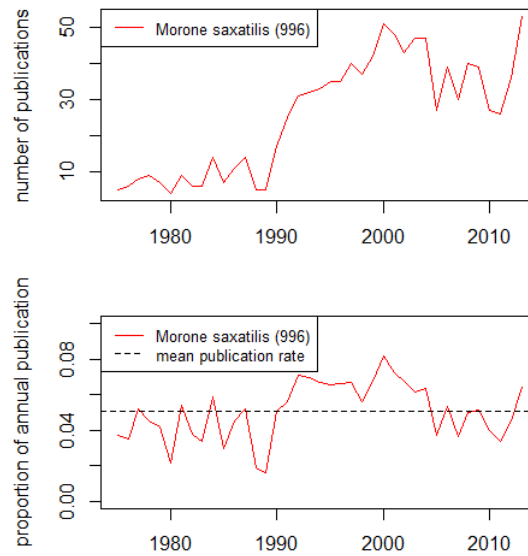


Figure 32 : Evolution des publications concernant *Morone saxatilis*

A noter qu'ils existent des disparités régionales avec par exemple des patrons de publications français différents de ceux internationaux pour le saumon et la truite (Nikolic et al., 2011).

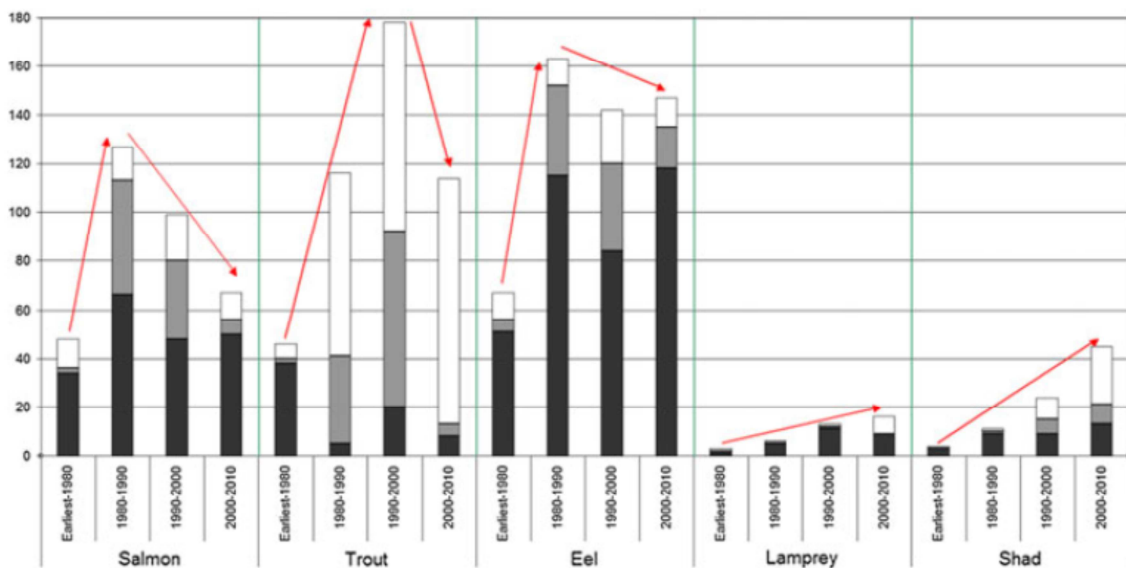


Figure 33 : Nombre d'articles (noir), de conférences (gris) et de livres (blanc) français pour le saumon atlantique, la truite et l'anguille européenne et les deux lamproies et les deux aloses (Nikolic et al., 2011)

La pêche est la thématique de recherche majoritaire pour toutes les espèces à l'exception de l'inanga (biologie marine et d'eau douce en 1^{er}, pêche en 2^{ème}), les lamproies fluviatile (biochimie et biologie moléculaire en 1^{er}, pêche en 8^{ème}) et marine (zoologie en 1^{er}, pêche en 3^{ème}), le mulot porc (biologie marine et d'eau douce en 1^{er}, pêche en 2^{ème}), le flet (biologie marine et d'eau douce en 1^{er}, pêche en 4^{ème}).

3) Prospective

La littérature sur les PMA ne semble pas atypique par rapport à d'autres objets de recherche (poisson en général, migrations chez les poissons, oiseaux migrateurs, tortue migratrices

Avant 1960, les recherches sur les PAM sont rares et se développent à partir du début des années 1900 en même temps que l'émergence de l'écologie et d'engagements nationaux puis internationaux de protection de ressources naturelles (Nikolic et al., 2011). Il se peut que le patron de publication soit sous-estimé en début de période par une numérisation plus faible des articles les plus anciens.

Notons tout d'abord l'importance des salmonidés et en particulier du saumon atlantique dans la production scientifique sur les PMA. Cela s'explique certainement par l'importance de l'aquaculture de saumon (voir fiche V2.3 « Importance vivrière, économique des PMA ») et par l'importance symbolique du saumon (pêche de loisir)

Sur les 24 espèces regardées, aucune désaffectation massive n'a été enregistrée. On peut à la marge considéré une stabilisation pour la lamproie fluviatile et une diminution pour le flet. Cela peut s'expliquer par une inertie thématique des laboratoires de recherches : une fois qu'une équipe (un chercheur) a investi sur une espèce, elle (il) continue à l'étudier.

Il semble avoir un effet de la politique générale avec un ralentissement des recherches sur les PMA d'Amérique du nord (autre que les salmonidés et le bar rayé) au début des années 1990. Les disparités du profil français par rapport au profil général observées par (Nikolic et al., 2011) pourrait être interprétés dans ce sens. A mettre en parallèle avec la remise en cause de certains plans saumon et l'intérêt croissant porté à d'autres espèces d'intérêt halieutique. Il est surprenant de ne pas voir une augmentation importante sur l'anguille européenne qui fait l'objet d'un règlement européen depuis 2007. Peut-être est-il trop tôt pour en mesurer l'effet.

On assiste à un engouement :

- pour les esturgeons en Europe et en Amérique du nord depuis le milieu des années 1990, suite aux alertes de diminution inquiétante voire alarmante de leur stock exploité ;
- pour les espèces « mineures » (l'inanga, les aloses, la vimbe, ...) d'intérêt plus local mais toujours avec une thématique pêcherie marquée depuis les années 2000.

Quelques conjectures sur les moteurs des évolutions observées :

- Une inertie des laboratoires (des chercheurs) qui n'abandonnent pas facilement les espèces sur lesquelles ils ont investi depuis plusieurs années ;
- Le lobbying de porteurs d'enjeux lorsque des biens et services importants sont associée à certaines espèces (aquaculture et pêche récréative pour le saumon, maintien de la biodiversité pour l'esturgeon, la vimbe) ;
- Des changements de paradigme scientifique, voire la fin de l'âge d'or des approches monospécifiques annoncée par Quinn {, 2003 #6152} ou la montée en puissance des approches écosystémiques ou de la biodiversité dans les priorités de recherche (fiche V3.3 « Priorités de la recherche »). Toutefois ces changements sont le plus souvent prophétisés mais ne se réalisent dans les proportions annoncées.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : Intérêt halieutique et aquacoles

L'essentiel des recherches se concentre autour des espèces d'intérêt halieutique dont certaines populations, exploitées ou ayant été exploitées, sont fragilisées (saumons, truite,

anguilles, esturgeons, aloses, bars rayés). Aucune nouvelle espèce entre dans le cortège des espèces étudiées d'ici 2030.

Hypothèse 2 : Emergence d'espèces modèles (en plus des espèces halieutiques et aquacoles)

Aux principales espèces étudiées pour leur importance vis-à-vis des pêcheries, viennent s'ajouter quelques espèces comme modèles biologiques pour des questionnements scientifiques qui dépassent la stricte gestion de leurs populations (comme la lamproie fluviatile pour des questions de biochimie ou de biologie moléculaire, ou le tarpon pour les migrations longues distances). Ces espèces sont partiellement abandonnées une fois la question scientifique associée moins à la mode. Pour ces espèces, l'inscription territoriale n'est pas déterminante.

Hypothèse 3 : Régionalisation des espèces étudiées

Le cortège d'espèces étudiées fluctue au cours des décennies d'une manière différentielle d'une région à l'autre. Dans certains cas, les espèces historiques sont conservées. Dans d'autres, des espèces sont moins étudiées au profit d'autres sous pression de la demande sociétale (importance halieutique, risque d'extirpation, risque d'espèce invasive) comme le tarpon en France ou le flet en Islande.

Hypothèse 4 : communauté de poissons

Les approches spécifiques sont abandonnées au profit d'analyses des communautés piscicoles. C'est moins les biens et services associées à chaque espèce mais plus les biens et services associée aux milieux dans lesquels vivent ces poissons qui sont le moteur des recherches.

5) Poursuite du travail

Compléter l'analyse bibliométrique en intégrant de nouvelles espèces. Regarder les approches sur les PMA qui ne ciblent pas une espèce en particulier. Réaliser une analyse factorielle dynamique (Zuur et al., 2003) sur les séries chronologiques de publication. Récupérer un corpus de coupures de presse sur les PMA (en France, historique ?)

6) Références

- Chassaing O., Desse-Berset N., Duffrais M., Hughes S., Hänni C., and Berrebi P. (2013) Palaeogenetics of western French sturgeons spotlights the relationships between *Acipenser sturio* and *Acipenser oxyrinchus*. *Journal of Biogeography* 40, 382-393
- Eschmeyer W.N., Fricke R., Fong J.D., and Polack D.A. (2010) Marine fish diversity: History of knowledge and discovery (Pisces). *Zootaxa*, 19-50
- Jarić I., Cvijanović G., Knežević-Jarić J., and Lenhardt M. (2012) Trends in Fisheries Science from 2000 to 2009: A Bibliometric Study. *Reviews in Fisheries Science* 20, 70-79
- Jarić I., and Gessner J. (2012) Analysis of publications on sturgeon research between 1996 and 2010. *Scientometrics* 90, 715-735
- Lassalle G., and Rochard E. (2009) Impact of twenty-first century climate change on diadromous fish spread over Europe, North Africa and the Middle East. *Global Change Biology* 15, 1072-1089
- Limburg K., and Waldman J.R. (2009) Dramatic declines in North Atlantic diadromous fishes. *BioScience* 59, 955-965
- McDowall R.M. (1987) The occurrence and distribution of diadromy among fishes. *American Fisheries Society Symposium* 1, 1-13
- McDowall R.M. (1988) Diadromy in fishes: migration between freshwater and marine environments. *Croom Helm*

Nikolic N., Baglinière J.L., Rigaud C., Gardes C., Masquillier M., and Taverny C. (2011) Bibliometric analysis of diadromous fish research from 1970s to 2010: a case study of seven species. *Scientometrics* 88, 929-947

Riede K. (2000) Conservation and modern information technologies: The global register of migratory species (GROMS). *Journal of International Wildlife Law & Policy* 3, 152-165

Zuur A.F., Tuck I.D., and Bailey N. (2003) Dynamic factor analysis to estimate common trends in fisheries time series. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60, 542-552

4.5. Chercheurs sur les PMA : existence, formation, spécialisation (V4.5)

Composante : Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur : Marie-Laure Acolas et Françoise Daverat
Mise à jour : 7 octobre 2014

1) Définition et indicateurs

1.1) 1-1 Définition de la variable

La variable « chercheurs sur les PMA » est définie en premier lieu par le nombre de chercheurs qui travaillent sur les espèces de PMA à l'échelle mondiale, et qui ont publié sur ce sujet, de façon spécifique ou non spécifique. Au-delà des chercheurs, il s'agit d'identifier les équipes de recherche travaillant sur les PMA et leur localisation à l'échelle internationale. L'identification des disciplines de recherche choisies permet d'appréhender les champs de recherche privilégiés dont les objets sont les PMA (écologie, mais également toutes les disciplines qui peuvent être appliquée aux PMA de la biologie moléculaire à l'aquaculture ...) et également la formation des chercheurs (formations généralistes ou spécialisées).

1.2) 1-2 Indicateurs de la variable

Les indicateurs choisis s'appuient sur des critères bibliométriques (nombre de publications correspondant aux mots clés dans les publications).

Une liste de mots clés a été choisie au préalable pour orienter les recherches bibliométriques.

Mots clés généraux :

- diadromous fish (recherche « diadrom* »); anadromous fish (recherche « anadrom* »); catadromous fish (recherche « catadrom* ») ; amphidromous (recherche « amphidrom* »)

Mots clés correspondant à des espèces de chaque grand groupe de PMA :

Ces espèces ont été en grande partie choisies sur la base des espèces listées dans la fiche V1.4 sur les espèces de PMA.

Parmi les espèces anadromes :

- « *Osmerus mordax* » ; « *Osmerus eperlanus* » ; « *Acipenser oxyrinchus* » ; « *Acipenser sturio* » ; « *Petromyzon marinus* » ; « *Alosa* » ; « *Morone saxatilis* » ; « *Oncorhynchus kisutch* » ; « *Salmo salar* » ; « *Salmo trutta* »

Parmi les espèces catadromes :

- « *Anguilla* » ; « *Liza ramada* » ; « *Platichthys flesus* » ; « *Petromyzon marinus* »

Parmi les espèces amphidromes :

« *Sicyopterus* » ; « *Galaxiid* »

Pour chacun de ces mots clés le nombre de publications correspondant aux indicateurs suivants a été recherché:

- les auteurs « Authors »
- les laboratoires de recherche « Organisation »
- les états d'affiliation « Countries »

- les domaines de recherche « Research area »

Pour chacun de ces indicateurs, la sélection a été effectuée sur la base d'au moins 4 publications sur chaque période.

La recherche bibliométrique a été effectuée à partir du moteur de recherche WOS. Les recherches ont été effectuées pour les 4 périodes suivantes : 1994-1999, 2000-2005, 2006-2011, et 2012-2014 de manière à aborder les tendances récentes. De manière à positionner les publications sur les PMA pour ces périodes dans l'ensemble des publications sur les poissons, ces indicateurs ont été analysés également pour les mots clefs « freshwater fish » et « marine fish ».

Dans la partie rétrospective ci-après sont présentés les premiers résultats de ces analyses pour les 4 mots clefs généraux : diadromes, anadromes, catadromes, et amphidromes.

La recherche des informations concernant la formation des chercheurs est fastidieuse car il s'agit d'aller rechercher le CV des chercheurs identifiés parmi un sous-échantillonnage des chercheurs publiant sur les PMA. Une recherche sur « Research Gate » à partir des 4 mots clefs généraux a également été effectuée. La recherche sur les formations spécifiques sur les PMA été réalisé sur internet.

2) Rétrospective

2.1) Les domaines de recherche concernant les PMA

Depuis 1994, le nombre de domaines de recherche sur les PMA a augmenté surtout entre les périodes 1994-1999 et 2000-2005 pour les anadromes, les diadromes de manière générale et les catadromes puis l'augmentation s'est ralentie pour la période 2006-2011 (Figure 34). Pour les amphidromes, les domaines de recherche ont peu évolués entre 1994-1999 et 2000-2005 mais l'augmentation est flagrante surtout entre 2000-2005 et 2006-2011, le nombre de domaine de recherche ayant plus que doublé et dépassant le nombre de thème de recherche des catadromes. De manière générale, les thématiques de recherche sur les anadromes sont deux fois plus nombreuses que pour les catadromes et les amphidromes.

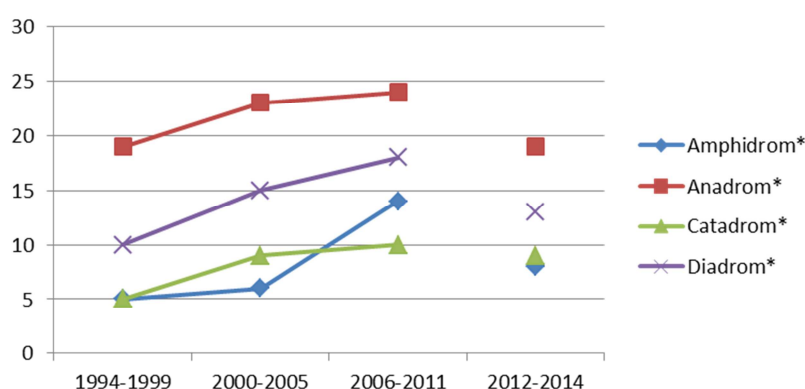


Figure 34 : Evolution du nombre de domaine de recherche abordé dans les publications sur les grands groupes de PMA

Globalement, les 3 thèmes de recherche principaux pour les 3 catégories de PMA sont « fisheries », « marine freshwater sciences » et « environmental science ecology » (Figure 35). La thématique « zoology » est en diminution pour les anadromes et les catadromes et

augmente encore pour les amphidromes. La thématique « oceanography » fait partie des 4 premières thématiques pour les catadromes et les amphidromes mais elle est très éloignée des thèmes principaux pour les anadromes ce qui peut indiquer que la phase de vie en mer des anadromes est peu étudiée. L'augmentation importante du nombre de thème de recherche sur les amphidromes sur la période 2006-2011, décalée de 6 ans par rapport aux deux autres groupes correspondant principalement à des thèmes de recherche déjà abordés plus tôt pour les espèce anadromes et catadromes comme « evolutionary biology », « genetic heredity », « biochemistry », « molecular biology », « biodiversity et conservation ». Pour les anadromes, depuis 2000, de nouveaux domaines de recherche sont apparus comme « behavioral sciences », « endocrinology » « metabolism » et « parasitology » qui ne sont pas recensés pour les amphidromes et les catadromes.

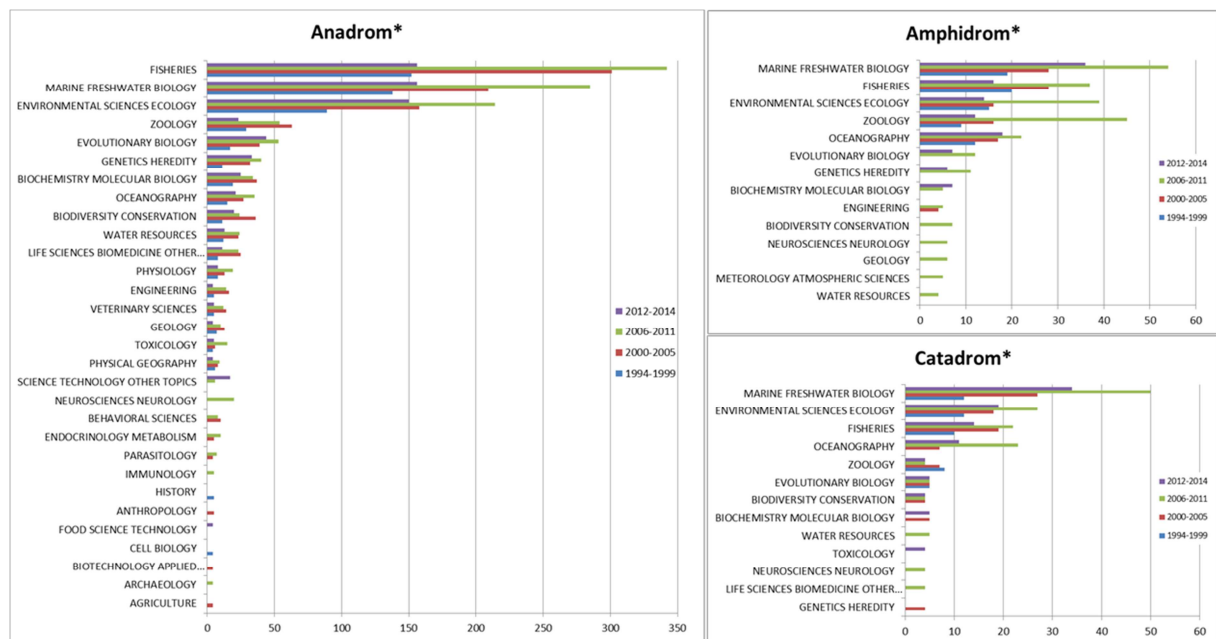


Figure 35 : Nombre de publications par période pour chaque thème de recherche associé aux PMA

2.2) Les pays menant des recherches sur les PMA

Le nombre de pays publiant sur les anadromes et les diadromes en générale a doublé entre 1994-1999 et 2006-2011 et a quadruplé sur le même laps de temps pour les amphidromes (Figure 36). Pour les catadromes, le nombre de pays a doublé entre 1994-1999 et 2000-2005 pour se stabiliser en 2006-2011. Le nombre de pays publiant sur les anadromes étant tout de même au moins deux fois supérieur à ceux sur les catadromes et les amphidromes.

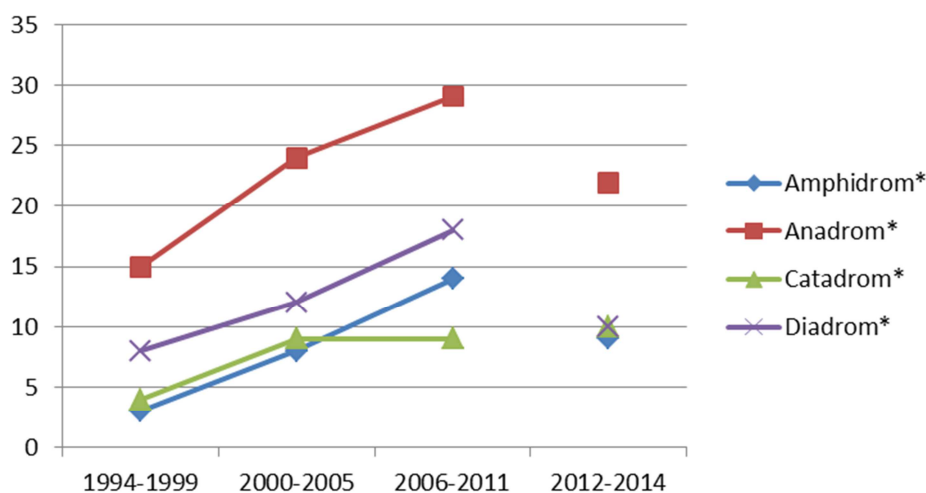


Figure 36 : Evolution du nombre de pays publiant sur les grands groupes de PMA

Pour les catadromes les pays publiant depuis 1994 sont le Japon, les USA et l’Australie puis sur la période 2000-2005 commencent à publier la France, Taiwan, le Canada et l’Allemagne (Figure 37). Pour l’Italie des publications sont recensées uniquement sur la période 1994-1999, de même pour l’Angleterre et la Nouvelle Zélande sur la période 2000-2005 uniquement. La Chine et la Belgique ont publié en 2006-2011 et depuis 2012 des publications de Suède, de Malaisie et du Danemark sont recensées.

Concernant les amphidromes, le Japon, les USA et, dans une moindre mesure, l’Angleterre publient depuis 1994 (Figure 37). En 2000, apparaissent la France, la Chine, la Nouvelle Zélande, les Pays-Bas et Taiwan. En 2006-2011, des publications sont recensées par des auteurs affiliés au Canada, à la Réunion (France), à la Thaïlande, à l’Allemagne et à la Malaisie. Les publications provenant du Brésil émergent à partir de 2012.

Pour les anadromes les pays publiant depuis 1994 sont essentiellement les USA et le Canada suivis par la Norvège et le Japon puis par un troisième groupe constitué de la Suède, de la France de l’Angleterre, de l’Ecosse, de la Russie, du Danemark, de l’Espagne, de la Finlande et de l’Australie dont le nombre de publication tend à augmenter ou reste équivalent entre 2000-2005 et 2006-2011 (Figure 37). La Belgique et les Pays Bas publient également depuis 1994 mais le nombre de publication diminue depuis 2006-2011. A partir de 2000 la Chine, l’Allemagne, le Portugal, l’Irlande, la Pologne, l’Italie, l’Argentine, la Nouvelle Zélande et la Suisse publie sur les anadromes. En 2006-2011 émergent des publications affiliée à l’Autriche, à l’Iran, à la Corée du Sud et à la république tchèque ; le Brésil et l’Estonie commencent à publier sur la période 2012-2014.

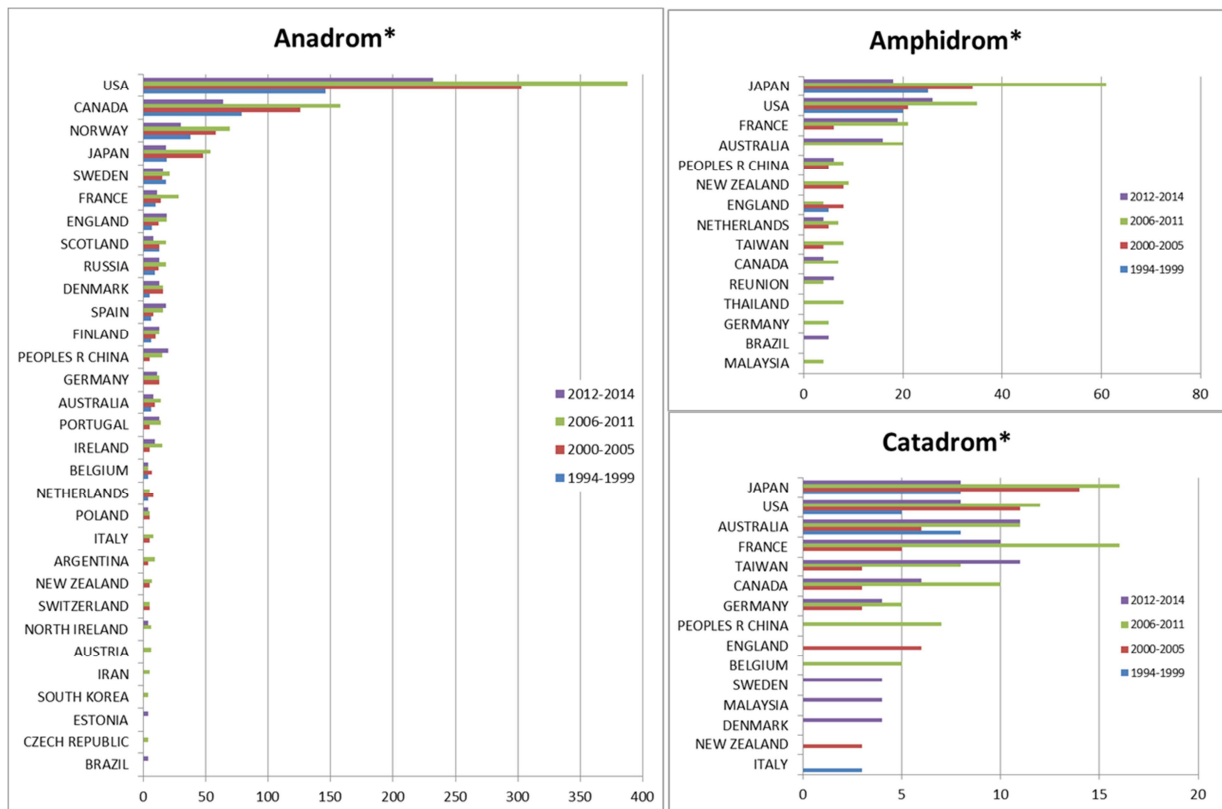


Figure 37 : Nombre de publications par pays par périodes sur les grands groupes de PMA

2.3) Les laboratoires de recherche travaillant sur les PMA

Les laboratoires de recherche publiant sur les grands groupes de PMA sont listés dans les Figure 38 (diadromes), Figure 39 (catadromes), Figure 40 (amphidromes) et Figure 41 (anadromes).

Seulement trois laboratoires publient avec le mot clefs diadrome depuis 1994 : NIWA (nouvelle Zélande), le CNRS et l'université de Tours. A partir de 2000, USGS, Fisheries and Ocean (Canada) et l'Université du Queensland (Australie) publient régulièrement avec ce mot clef. C'est à partir de la période 2006-2011 que des publications issus de nombreux laboratoires à travers le monde (une vingtaine) sont recensés avec, en terme de nombre de publications, les trois premiers instituts suivants : l'université de Tokyo, Irstea et l'université de Melbourne.

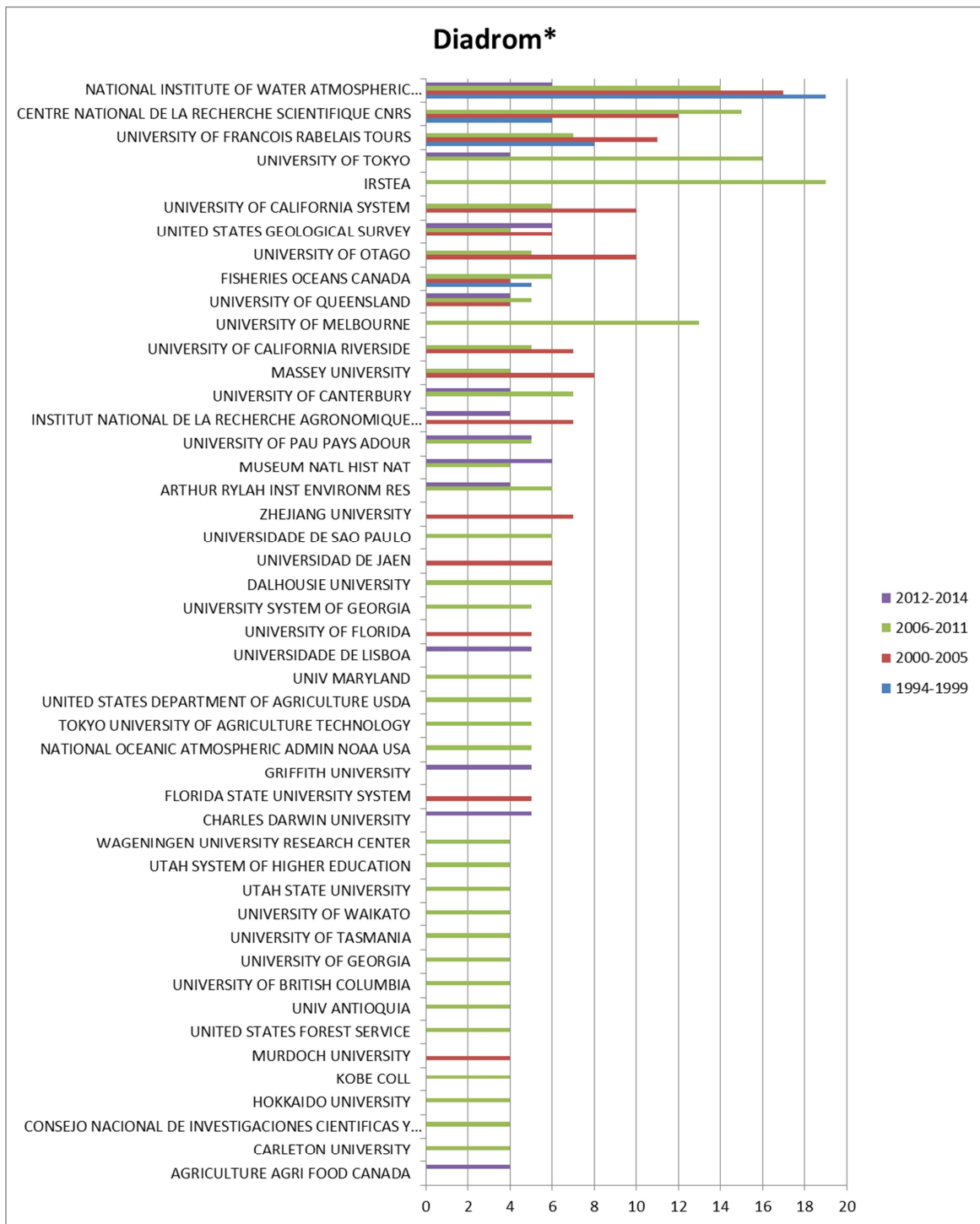


Figure 38 : Nombre de publications par périodes depuis 1994 pour les laboratoires de recherche publiant sur les « diadromes »

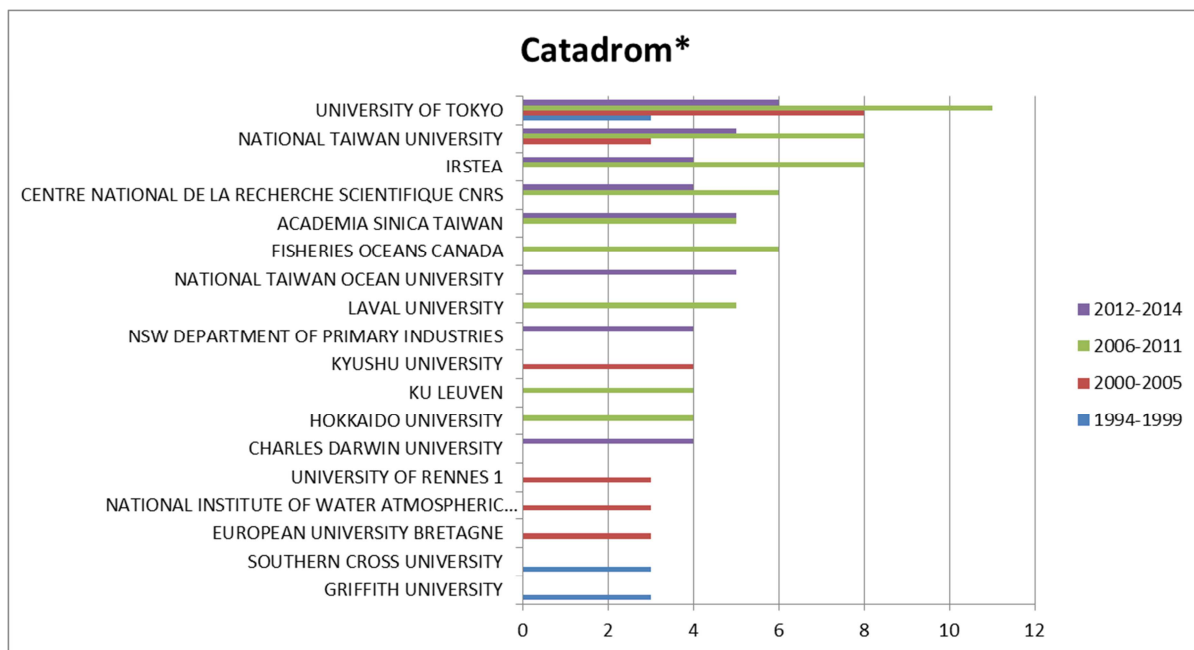


Figure 39 : Nombre de publications par périodes depuis 1994 pour les laboratoires de recherche publiant sur les « catadromes »

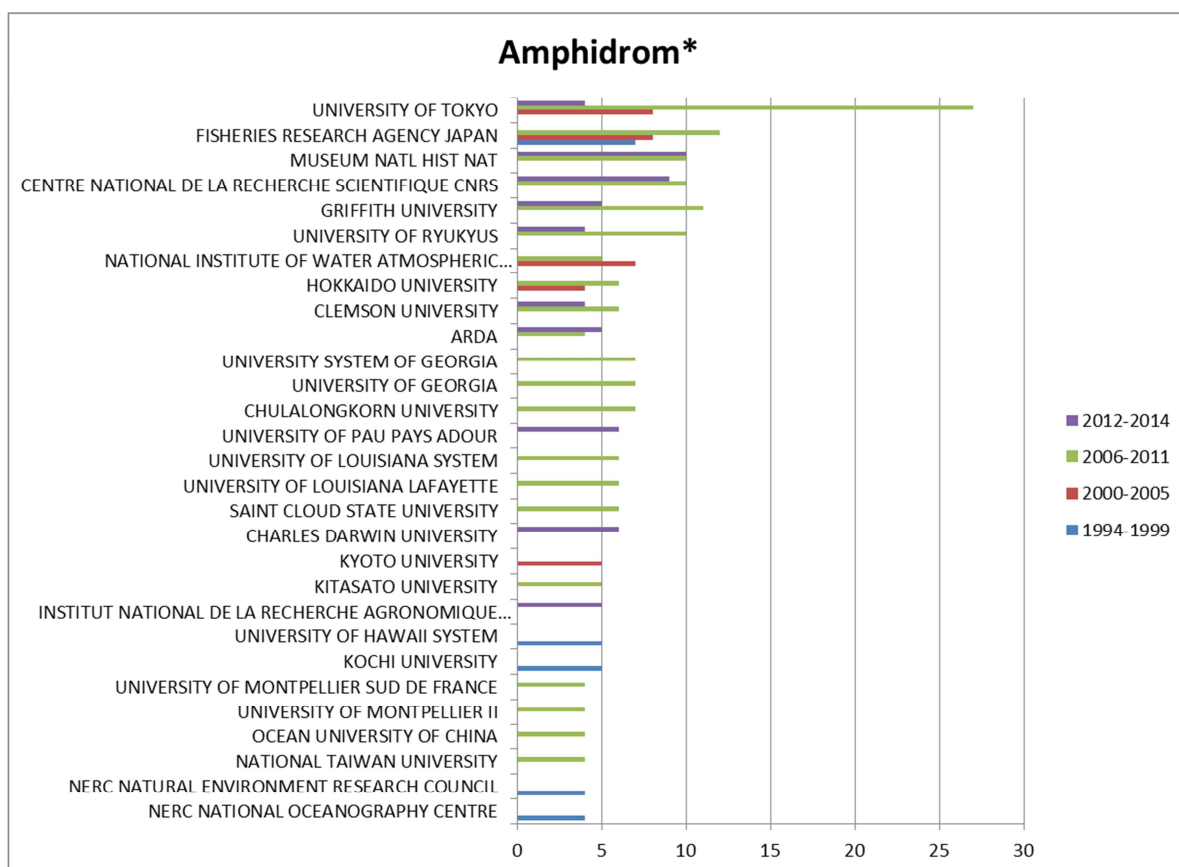


Figure 40 : Nombre de publications par périodes depuis 1994 pour les laboratoires de recherche publiant sur les « amphidromes »

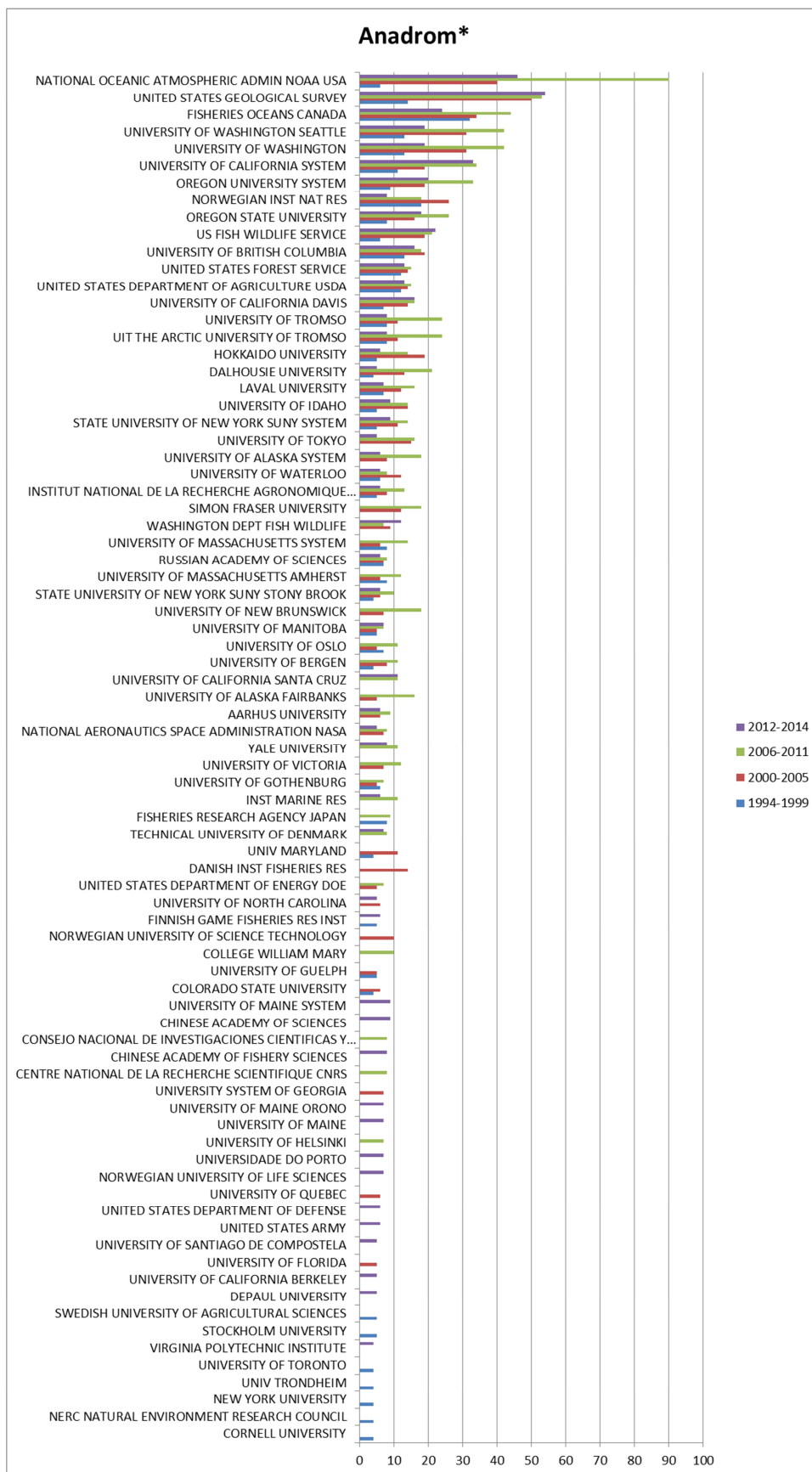


Figure 41 : Nombre de publications par périodes depuis 1994 pour les laboratoires de recherche publiant sur les « anadromes »

2.4) Les chercheurs sur les PMA

En effectuant une recherche avec les mots clefs suivants dans Research Gate : diadromous, anadromous, catadromous et amphidromous, on obtient les résultats suivants :

Pour « diadromous », 8 chercheurs sont identifiés dont 4 étudiants (PhD ou master) travaillant en France, aux USA, au Royaume Uni, en Nouvelle Zélande et en Espagne ; une équipe de recherche est référencée : Irstea unité EPBX. Au total, 446 publications liées sont recensées.

Pour « anadromous », 13 chercheurs sont identifiés dont 5 étudiants travaillant aux USA, au Canada, au Royaume-Uni, en Norvège et au Portugal ; 5 équipes sont référencées appartenant à 3 institutions : USGS, Université du New Hampshire et la North Pacific Anadromous Fish Commission. Au total, 2916 publications sont recensées et dans la catégorie « topics », les espèces suivantes bénéficient d'une page spécifique : *Oncorhynchus keta*, *O. kisutch* et *O. sp.*

Pour « catadromous », aucun chercheur n'est identifié mais 244 publications sont recensées. Pour « amphidromous », 2 chercheurs sont identifiés, un étudiant en thèse (Université d'Otago, Nouvelle Zélande) et un post doc (University des Ryukyus, Japon) et 281 publications.

On peut noter la présence importante de jeunes ou futurs chercheurs sur Research Gate mais au vu de nos objectifs, Research Gate ne semble pas le moteur de recherche le plus performant. De plus les mots clefs généraux ne sont peut-être pas utilisés par la majorité des chercheurs, la plupart des chercheurs mentionnant plutôt les espèces étudiées ou leur spécialisation thématique.

Dans WOS, 52 auteurs ont été recensés à partir du mot clef diadrome, 157 à partir du mot clefs anadrome, 26 à partir du mot clefs catadrome et 43 à partir du mot clef amphidrome. La plupart des chercheurs ont une formation générale en biologie. Certains se spécialisent sur un domaine : par exemple la génétique, la modélisation, la physiologie, la gestion des populations ou des pêcheries et font des PMA soient leur modèle d'étude privilégié soit un modèle occasionnel. Au-delà des disciplines, les outils à maîtriser dans la recherche sur les PMA sont de plus en plus pointus (cf. fiche V4.1 sur les outils de mesures). La majorité des chercheurs sur les PMA ont un doctorat, même si la plus ancienne génération actuellement pouvait exercer sans doctorat (expérience), ce dernier est un passeport obligatoire pour les jeunes chercheurs.

De manière générale, en Europe, on observe une augmentation générale des personnels précaires en contrat à durée déterminée (15000 postes générés par les ANR), il n'y a pas d'exception pour le thème des PMA. D'après des données nationales, il y a un vieillissement général de la population des chercheurs (fonctionnaires).

PYRAMIDE DEMOGRAPHIQUE DES ENSEIGNANTS EN FONCTIONS EN 2008-2009
VENTILATION PAR SEXE ET AGE

Groupe 10 : Biologie et biochimie - Tous corps confondus -

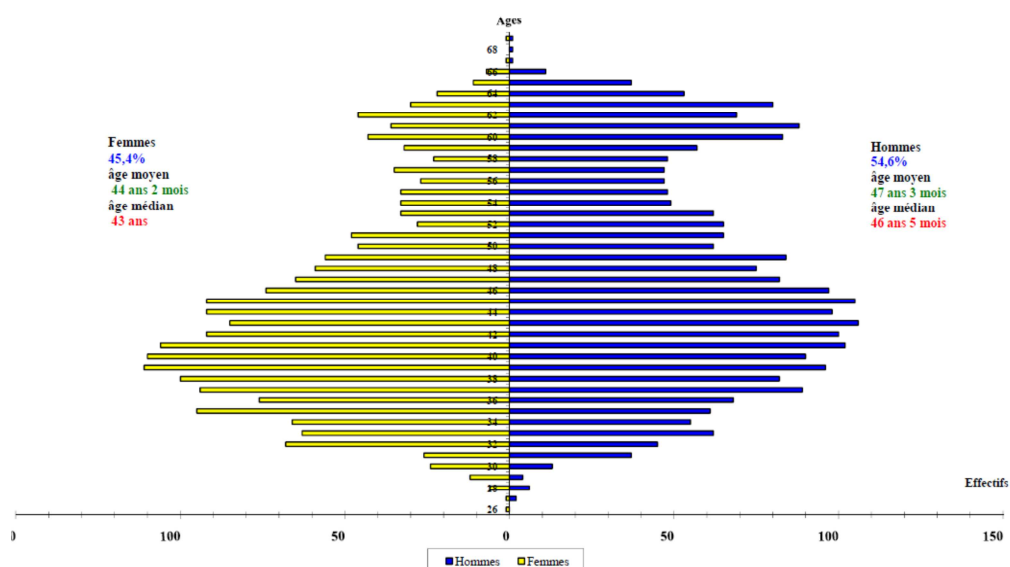


Figure 42 : Pyramide des âges des enseignants-chercheurs en 2008-2009 en France (Source : rapport de la direction générale des ressources humaines service des personnels enseignants de l'enseignement supérieur et de la recherche, sous-direction des études de gestion prévisionnelle, statutaires et des affaires communes, bureau des études de gestion prévisionnelle : Démographie des personnels enseignants affectés dans l'enseignement supérieur au cours de l'année 2008-2009).

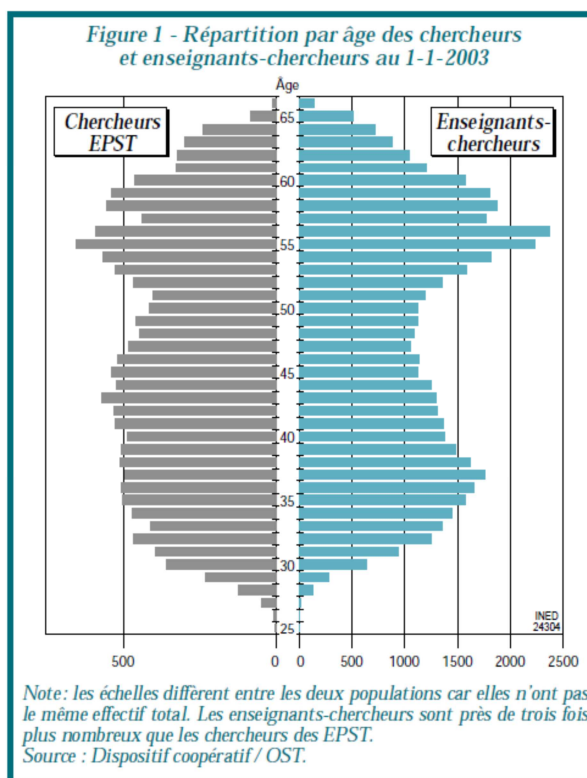


Figure 43 : Pyramide des âges des chercheurs et enseignants-chercheurs en 2003 en France

2.5) *Les formations sur les PMA*

Quelques formations spécifiques ont pu être recensées par le biais de recherche sur internet. Il s'agit surtout de formations généralistes sur les migrations ou sur la conservation des organismes aquatiques qui prennent des exemples dans les PMA.

- University of Massachusetts Amherst Dr Alex Haro
 - OEB 697A/WFCON 491 – Animal Migration and Movement
 - WFCON 697G – Ecology of Diadromous Fishes (team taught) - See more at: <http://eco.umass.edu/people/faculty/haro-alexander/#sthash.cXdKE7ol.dpuf>
- University of New Hampshire Anadromous Fish & Aquatic Invertebrate Research Laboratory - See more at: <http://www.colsa.unh.edu/facility/anadromous-fish-aquatic-invertebrate-research-laboratory#sthash.J6jfHMX2.dpuf>
- University of Hokkaido Sapporo: salmon, migratory fish Studies on Marine Bioresources Conservation and Management
- The arctic University of Norway BIO-8012 Fish migration: Theory and technology – http://en.uit.no/studies/courses/course?p_document_id=333067&ar=2013&semester=H
- Suède : Université de Lund : Centre for Animal Movement Research – CanMove; cours non spécifiques, dont les PMA.
- France : Université de Bordeaux master biodiversité et écosystème continentaux Unité d'enseignement « Conservation et PMA »

3) Prospective

Un des déterminants de l'évolution future de cette variable est la politique en matière d'emplois dans le secteur et également la politique de priorité thématique : quelle importante pour les sciences environnementales ?

- La tendance lourde est la diminution du nombre de chercheurs avec un emploi statutaire, et une augmentation du nombre de chercheurs en contrat précaire (maximum 6 ans). Pour les personnels permanents les carrières sont allongées et il n'y a pas beaucoup de recrutement malgré le nombre important de jeunes chercheurs (doc et post-doc et post-post-doc) mais qui sont précaires
- Quelle sera la priorité donnée en matière de moyens humains pour la recherche sur les PMA ?
- L'existence de pays émergents correspond à une tendance mondiale dans les domaines de la recherche (source rapports OCDE) avec des investissements important de certains pays émergents en matière de recherche, avec en particulier l'émergence de la Chine (sciences environnementales).
- Certains pays maintiennent leur effort de recherche en maintenant la part du PIB consacré à la recherche comme le Japon (PIB consacré à la recherche maintenu au Japon alors qu'il diminue en Europe et reste stable en Amérique du nord). Des raisons culturelles peuvent expliquer la priorité des recherches sur les poissons de manière générale dans certains pays.

4) Hypothèses

Hypothèse 1 : le nombre de chercheurs diminue car il existe un désintérêt pour la biologie de manière générale de la part des jeunes

Dans le monde entier, le nombre de chercheurs sur les PMA est en forte réduction (non compensation du nombre de départs à la retraite), reste un petit nombre en vieillissement. Les étudiants se désintéressent des filières en biologie et écologie, et il y a un manque de candidats pour les thèses sur le sujet. La communauté scientifique se réduit et les formations n'évoluent pas. Les chercheurs travaillent occasionnellement sur le PMA (pas d'équipes spécifiques) en fonction des intérêts de lobbys et des financements mis en place.

Hypothèse 2 : renouvellement et dynamisme de la communauté de recherche

Les politiques de recherche conduisent à recruter de nouveaux chercheurs. Il existe un renouvellement des chercheurs permanents travaillant sur les questions environnementales car la prise de conscience sociétale pour l'environnement est forte. La communauté est renouvelée et dynamique, les PMA sont l'objet d'une recherche y compris pour les disciplines émergentes. Les formations proposées sont nombreuses et variées et il existe des formations spécifiques sur le PMA.

Hypothèse 3 : changement du pôle géographique dans la recherche sur les PMA

Il se produit une diminution importante des recherches sur les PMA en Europe et Amérique du nord (manque de moyens et d'intérêt environnemental), le nombre de chercheur diminue et les chercheurs vieillissent. Dans les pays du Sud, il y a une émergence d'une communauté de chercheurs sur les PMA amphidromes y compris poussée par des mesures environnementales prises par les politiques publiques en particulier en Asie. Dans l'hémisphère nord, le nombre de chercheurs se maintient uniquement pour des pays culturellement tournés vers le milieu aquatique (exceptions culturelles, Islande, Japon...).

Hypothèse 4 : la poursuite de l'existant

Le paysage de la recherche sur les PMA est éclaté mais le nombre de chercheurs reste stable (*business as usual*).

Section-C Micro-scénarios

Le Tableau 13 rassemble le titre (qui donne l'idée forte) des micro-scénarios. Pour chacune des 4 composantes, 4 ou 5 micro-scénarios ont été créés en combinant une hypothèse pour chaque variable de la composante.

1. Composante « Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer) »

1.1. Cap sur quelques espèces (espèces bonne conscience) (MS1.1)

Composante	: Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
Rédacteur	: Patrick Lambert
Mise à jour	: 23 décembre 2014

Les instances nationales mais surtout européennes prennent des mesures ciblant des espèces de PMA à haute valeur économique et symbolique, sous pression des acteurs des filières économiques qui trouvent un soutien auprès de certaines associations environnementalistes. A l'instar du règlement européen sur l'anguille pris en 2007, le saumon atlantique et l'esturgeon européen font l'objet de plan de restauration de leur stock coordonné au niveau européen depuis quelques années. Un projet concernant les deux lamproies est toujours en cours de discussion. Ces règlements fixent des objectifs globaux en biomasse de géniteurs minimale et en mortalité anthropique maximale pour une viabilité sur le long terme des populations et pour une durabilité des activités humaines associées. Chaque Etat membre a la responsabilité du diagnostic, de la définition des actions de gestion, de leur mise en œuvre et de leur évaluation. En France, ces missions sont confiées aux agences de l'eau. Toutefois leur mise en œuvre est compliquée d'une part par des problèmes de cohérence entre les politiques de l'agence de l'eau et l'agence de la biodiversité (en particulier sur la place des PMA dans le maintien de la biodiversité des écosystèmes) et d'autre part par la recherche difficile de consensus entre les différents acteurs. Au niveau local, les objectifs de gestion ont du mal à être compris mais des actions s'engagent et finalement donnent des résultats encourageants. Ces efforts se concentrent sur les quelques hydro-systèmes qui font l'objet d'un monitoring attentif et d'interventions multiples des acteurs locaux ou régionaux pour garantir une qualité physico-chimique optimale à ces eaux. Globalement, la gestion des PMA renforce l'artificialisation des écosystèmes engagée depuis une dizaine d'années en promouvant des pratiques de soutien massif ou de relocalisation de population, de gestion des débits par des automates programmables pour répondre aux besoins des PMA. Le coût élevé de ces mesures, pourtant souvent dénoncé par quelques groupes de pression, est encore accepté et supporté par la Société. Au final, ces espèces d'intérêt voit leur population se maintenir voire se développer sans souffrir encore du réchauffement climatique. Parallèlement, sous l'effet du changement global mais sans faire l'objet d'attention particulière, les populations de mulot porc montrent des signes évidents de bonne santé depuis quelques années. Les autres espèces de PMA, malgré un effort pour les inclure dans les métriques de la biodiversité sont largement délaissées.

Des évaluations similaires sont observées dans les pays développés. Dans les pays émergent, la prise en compte des PMA balbutie.

V1.2-H1 -> V1.3-H2 ->V1.1-H2 -> V1.5-H3

1.1. Poissons et environnement au service des usages humains (MS1.2)

Composante : **Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)**
Rédacteur : Géraldine Lassalle
Mise à jour : 10 décembre 2014

De nouvelles pollutions émergent même si la pollution concernant les composés organiques se réduit. Globalement, la qualité de l'habitat se dégrade conduisant à une augmentation du nombre d'espèces menacées malgré le maintien de populations résiduelles fragiles pour quelques espèces. Dans ce contexte, les priorités sociétales sont dictées par des besoins énergétiques, alimentaires et sanitaires. De ce fait, la gestion des PMA est envisagée sous l'angle de l'utilité de cette ressource pour l'homme. Les PMA sont gérés non plus dans une stratégie qui leur est dédiée (STRANAPOMI) mais plutôt comme éléments des SDAGE et uniquement dans la mesure où ils répondent à des usages humains, le plus évident étant l'approvisionnement en protéines animales, mais il faut considérer aussi leur capacité à indiquer la qualité de l'eau ou à être utiles d'un point de vue récréatif. De ce fait, la réglementation concernant les PMA est guidée par les usages. Les outils de diagnostics et les méthodes de suivi et de diagnostic sont définis au niveau européen et national.

V1.5-hypothèse 1 → V1.4-hypothèse 1 → V1.1-hypothèse 3 → V1.2-hypothèse 3 → V1.3-hypothèse 1

1.2. Crise environnementale et pas de réponse / des PMA malgré tout (MS1.3)

Composante : **Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)**
Rédacteur : Marie-Laure Acolas
Mise à jour : 5 décembre 2014

On assiste à une crise environnementale majeure ou à des crises multiples et répétées qui aboutissent à la pollution d'une partie des eaux douces et/ou de mer en Europe : crise nucléaire, environnementale (naufrage de navires, rejets d'usines...) ou biologique par le biais de l'introduction d'espèces invasives. Il en résulte une pollution massive des eaux et de fortes perturbations des écosystèmes.

Les instruments de gestion sont en perte de vitesse voir anarchiques, les priorités sociétales sont dictées par des besoins énergétiques, alimentaires et sanitaires face à l'accroissement de la population et au changement climatique. En France, les SDAGE se maintiennent en s'orientant sur les aspects sanitaires (qualité de l'eau pour assurer l'eau potable et la production énergétique), la STRANAPOMI devient une relique. Au vu de la diversité des situations locales (hétérogène dans les différents pays européens), on assiste à un foisonnement des réglementations au sein de chaque pays.

Tableau 13 : Titres des micro-scénarios (MS) pour les 4 composantes

Composante 1	Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
MS1.1	Cap sur quelques espèces (espèces bonne conscience)
MS1.2	Poissons et environnement au service des usages humains
MS1.3	Crise environnementale et pas de réponse / des PMA malgré tout
MS1.4	Biodiversité artificialisée
MS1.5	Biodiversité et nature
Composante 2	Demande de recherche (pure, médiation) et d'expertise concernant les PMA (France-UE)
MS2.1	Les PMA ne sont plus un objet de recherche qu'en tant qu'objet de production
MS2.2	Les PMA ne font plus l'objet de recherche qu'en tant que symbole, que patrimoine sacralisé
MS2.3	PMA, objets de recherche sur toutes ses facettes – Appétit pour les PMA
MS2.4	Les PMA, simples bioindicateurs de l'état des milieux naturels aquatiques
MS2.5	Les PMA ne sont plus objets de recherche
Composante 2	Contexte de la recherche-expertise (France-UE)
MS3.1	Back to basics par le biais des Alliances
MS3.2	Une recherche qui vise l'excellence économique des régions
MS3.3	Organisation par projets, de l'Europe au local
MS3.4	L'Europe finance la recherche fondamentale, les Régions à la manœuvre sur l'innovation et la R&D
Composante 4	Recherche sur les PMA (Monde)
MS4.1	Recherche sur les PMA comme indicateurs de qualité de l'environnement, avec de l'« omique » par les pays émergents
MS4.2	Une approche des communautés piscicoles intégrant les PMA avec dynamisme de la communauté de recherche.
MS4.3	Science opportuniste : PMA, supports de recherche
MS4.4	Cap sur l'aquaculture
MS4.5	PMA au centre de l'intérêt scientifique
MS4.6	Cap sur la simplicité de la recherche sur les PMA (

L'existence des espèces migratrices ne repose que sur quelques populations devenues relativement abondantes. Les populations qui se maintiennent le doivent à leur capacité intrinsèque d'adaptation et à la réussite de mesures de gestion antérieures (plans de restauration ou d'introduction). Quelques espèces du sud ont réussi à se relocaliser plus au nord. Les autres espèces ont quasiment disparu. Cette nouvelle diversité de PMA ne fait pas, le plus souvent, l'objet d'attention particulière de la part des gestionnaires. Localement, les PMA peuvent être exploités pour la consommation humaine quel que soit leur statut antérieur (i.e. protections, quotas). Il n'y a pas d'outil de diagnostic spécifique mis en place pour les PMA, les aspects biodiversité ne font plus partie des discussions, seule la qualité intrinsèque de l'eau pour les besoins en eau potable fait l'objet de mesures draconiennes au niveau de réservoirs localisés.

V1.4-hypothèse 4 → V1.1-hypothèse 3 → V1.2-hypothèse 4 → V1.4-hypothèse 2 → V1.3-hypothèse 4

1.3. Biodiversité artificialisée (MS1.4)

Composante	: Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)
Rédacteur	: Frédérique Bau
Mise à jour	: 19 janvier 2015

Dans un contexte de crise environnementale brutale et majeure ou de crises multiples et répétées qui aboutissent à des pollutions massives et durables des eaux douces et/ou de mer et donc à de fortes perturbations des écosystèmes en Europe, les Etats (sous pressions des ONG et/ou des citoyens) réagissent rapidement pour préserver voire restaurer la biodiversité perdue.

La biodiversité redevient un objectif commun et primordial, un enjeu sociétal, et les PMA en particulier deviennent un patrimoine à conserver coûte que coûte. Ils deviennent le seul critère en fonction duquel se juge la qualité de la biodiversité. L'artificialisation concerne donc avant tout leur milieu. Ceci passe par un recentrage fort des réglementations, tout d'abord sur la restauration des habitats pour à terme mieux préserver ou restaurer la diversité du vivant. Les réglementations portant engagement pour la remise en bon état des continuités écologiques et la durabilité des espèces sont édictées au niveau européen.

Leur pilotage et leur suivi sont ainsi gérés à l'échelle européenne et nationale, à partir de critères communs et avec des réseaux de surveillance à large échelle pour des diagnostics globaux permettant des plans d'action coordonnés cohérents.

On assiste ainsi en Europe à une refonte des mesures de gestion classiques et localisées qui ont échoué, au profit de nouvelles stratégies mieux coordonnées et plus largement soutenues par de nouvelles méthodes de maintien de la biodiversité telles que la translocation d'espèces ou la création de chimères à partir d'échantillons d'ADN conservés.

La voie naturelle n'existe plus mais, coûte que coûte, par cet effort collectif très instrumenté, l'Europe (re)devient une terre d'asile pour tous les PMA : c'est l'aire (ère) de la biodiversité artificialisée vivant dans des sanctuaires protégés.

V1.5-hypothèse 4 → V1.2-hypothèse 2 ou V1.3-hypothèse 1 → V1.1-hypothèse 4 → V1.4-hypothèse 4 → V1.5-hypothèse 3

1.4. Biodiversité et nature (MS1.5)

Composante : **Population et gestion des PMA (Europe + Outre-Mer)**
Rédacteur : Patrick Lambert
Mise à jour : 23 décembre 2014

Suite à des crises environnementales, la préservation de la biodiversité et le développement durable des activités humaines sont mises en avant comme des valeurs cardinales dans la Société. Les différentes mesures prises à l'échelle européenne et par chacun des pays membres permettent d'améliorer continuellement la qualité des eaux douces tant par rapport aux pollutions classiques et que vis à vis des polluants émergents. Des mesures sont également prises pour améliorer la qualité des océans sans toutefois réussir à contrebalancer les tendances lourdes de la dégradation globale des eaux marines mondiales. Les PMA sont des enjeux médiatisés d'autant que des premiers succès viennent encourager les premiers efforts de restauration. Des législations européennes et nationales définissent pour les PMA des objectifs clairs et des échéanciers raisonnables de restauration qui rencontrent une adhésion générale. Des outils et méthodes de travail (diagnostic, remédiation) adaptés à la diversité des contextes locaux sont mis à disposition via des programmes de recherche. Au niveau régional, les instruments de gestion dédiés aux PMA sont correctement harmonisés avec les instruments de gestion et de préservation de la qualité des milieux aquatiques. Les plans de gestion des PMA trouvent naturellement leur place dans les SDAGE et conduisent à des mesures de gestion efficace. L'efficacité des mesures est évaluée de manière indépendante et prévue dès la conception, l'articulation entre les différents acteurs étant facilitée. Par ailleurs, les PMA font partie intégrante de la démarche en tant qu'indicateurs de la qualité des milieux aquatiques et de la biodiversité. En particulier, en outre-mer, une structure équivalente aux COGEPOMI est mise en place afin d'intégrer la présence des PMA comme un atout fort de la biodiversité locale. Dans ce contexte favorable, la quasi-totalité des populations de PMA se reconstruisent. On assiste à un maintien voire une expansion de l'aire de répartition souvent décalée vers les hautes latitudes par rapport à leur aire historique du fait des changements climatiques. On voit même s'installer en Europe de nouvelles espèces d'origine sub-tropicale comme le tarpon qui connaissent un engouement auprès des pêcheurs.

V1.5-hypothèse 2 -> V1-3-hypothèse 3 -> V1.1-hypothèse 1 -> V1.2-hypothèse 2 -> V1.4-hypothèse 3

2. Composante « Demande de recherche et expertise (France - Europe) »

2.1. Les PMA ne sont plus un objet de recherche qu'en tant qu'objet de production (MS2.1)

Composante : **Demande de recherche et expertise (France - Europe)**
Rédacteur : Frédérique Bau
Mise à jour : 19 janvier 2015

En France, comme ailleurs en Europe, le contexte économique de plus en plus tendu multiplie les sources de préoccupations des citoyens comme des Etats. De fait, même si les préoccupations environnementales restent d'actualité, les demandes de recherche et

d'expertise concernant les PMA en tant que tels se raréfient, le public, le collectif, devenant de plus en plus pragmatique et donc de plus en plus indifférent ou insensible aux problématiques spécifiques des PMA. D'ailleurs, le collectif au mieux se détourne voire rejette les recherches concernant les PMA, estimant que les moyens disponibles devraient être mis ailleurs, sur d'autres sujets de préoccupations plus prioritaires, comme la santé humaine.

En quelque sorte, le PMA, comme tout autre animal, n'est plus un sujet mais un support de recherche au service du bien de tous, les expérimentations sur les animaux -poissons inclus- ne pouvant s'envisager que si elles apportent un avantage pour la santé humaine. C'est le cas par exemple des tests toxicologiques pratiqués sur des animaux pour tester l'innocuité pour la santé humaine de nouvelles molécules avant leur commercialisation.

C'est donc bien, de façon pragmatique, un PMA « bien de service » qui revient maintenant au centre de plusieurs filières économiques : santé mais aussi pêche, écotourisme, aquaculture, produits dérivés. Le déclin des PMA est ainsi enrayé... pour le compte de tous. Une gestion globale rationalisée, bien acceptée et suivie, permet le maintien d'une activité de pêche aux retombées sociales et économiques significatives (ex retour de filière(s) de pêcheries qui structurent l'aménagement du territoire, éventuellement par « sea ranching » (aquaculture)). L'appropriation sociale et l'aspect patrimonial et culturel en sont par ailleurs revivifiés (écotourisme).

Ainsi, la collectivité ne peut plus se permettre de mobiliser de gros budgets pour étudier les PMA et leurs problématiques (ouvrages, habitats...), mais elle souhaite afficher leur présence maintenue au moyen d'interventions fortes sur le système (repeuplement...), toutes ces actions servant de support au développement d'emplois et à la production de ressources alimentaires. C'est l'ère d'une gestion artificialisée et rationalisée des PMA au service des usages, avec pour les anadromes, tout un secteur d'aquaculture de repeuplement soutenu par la recherche (sélection de géniteurs pour production de juvéniles, croissance « bio » en mer peu coûteuse pour la collectivité et rentable au retour avec exploitation professionnelle/sportive des adultes) et pour les catadromes, des interventions raisonnées (zones aval privilégiées, démarches de compensation pour l'amont).

Les priorités et les moyens étant ailleurs, cette gestion très raisonnée et artificialisée fait qu'il ne peut plus y avoir de travaux légitimes sur les PMA en tant que tels comme modèles à privilégier en écotoxicologie et en bioindication de la qualité des milieux et de la fonctionnalité des habitats. Les PMA ne sont plus un objet de recherche qu'en tant qu'objet de production.

2.2. Les PMA ne font plus l'objet de recherche qu'en tant que symbole, que patrimoine sacralisé (MS2.2)

Composante : **Demande de recherche et expertise (France - Europe)**
Rédacteur : Géraldine Lassalle
Mise à jour : 10 décembre 2014

Le statut de l'animal se sacralise, toutes atteintes à leur intégrité physique ou toutes contraintes comportementales sont rendues impossibles. La protection de l'animal est maximale y compris pour les PMA car ils deviennent des symboles. Les usages qui sont faits d'un territoire se plient aux contraintes de quantité et qualité des milieux aquatiques

notamment par rapport à leur dimension « migrants » (e.g. libre circulation, maintien d'habitats fonctionnels, apports trophiques etc.). Les PMA ne sont plus exploités. La pêche est arrêtée. De plus, les PMA ne sont plus envisagés comme outils à savoir des indicateurs de biodiversité.

V2.1-hypothèse 1 → V2.2-hypothèse 3 → V2.4-hypothèse 1 → V2.3-hypothèse 1 → V2.5-hypothèse 2

2.3. PMA, objets de recherche sur toutes ses facettes – Appétit pour les PMA (MS2.3)

Composante : **Demande de recherche et expertise (France - Europe)**
Rédacteur : Patrick Lambert
Mise à jour : 23 décembre 2014

Les PMA, sous toutes leurs facettes, écologiques, économique et culturelles, connaissent à l'horizon 2030 un réel engouement de la part de la Société.

On assiste en effet à une conversion de la conscience sociale et écologique vers la terre nourricière et des valeurs de parcimonie et de partage. Une exploitation vivrière des PMA renaît qui conduit à une réappropriation des PMA par les populations environnantes. A une échelle plus large, l'intérêt du grand public pour ces espèces migratrices se maintient. Les collectivités locales et des opérateurs de l'Etat sont maintenant enclins à soutenir les initiatives de recherche, de restauration et de la valorisation des PMA, au moins pour les espèces les plus emblématiques dans des territoires particuliers.

Cela conduit au développement d'une gestion environnementale sectorisée au sein des territoires. Dans certains bassins ou sous-bassins, une gestion vertueuse de l'environnement notamment aquatique et donc des PMA est mise en place. Ailleurs, la priorité est donnée aux usages anthropiques et une moindre attention est portée aux PMA. En parallèle, l'intérêt pour le rôle écologique des PMA s'accroît en lien avec le développement des indicateurs d'état fonctionnels des écosystèmes. En particulier, les variations dans les transferts entre écosystèmes opérés par les espèces de PMA abondantes (e.g. mulets et flets en Europe, saumon, alose, lamproie sur le continent américain) finissent par être associées à des fonctionnements différents du système (réseaux trophiques plus ou moins complexes au sein d'un écosystème et plus ou moins interconnectés entre écosystèmes), ce qui ouvre la possibilité d'une réelle gestion écosystémique.

Le besoin de connaissances scientifiques sur les PMA, à l'instar d'autres thématiques liés à l'environnement et à la santé humaine, ne se dément pas. Les procédures pour utiliser les animaux dans les laboratoires ont été considérablement allégées et le nombre d'animaux provenant d'élevages spécifiques et du milieu naturel a fortement augmenté.

V2.3-hypothèse 3 -> V2.2-hypothèse 2 -> V2.4-hypothèse 2 -> V2.5-hypothèse 3 -> V2.1-hypothèse 4

2.4. Les PMA, simples bioindicateurs de l'état des milieux naturels aquatiques (MS2.4)

Composante : **Demande de recherche et expertise (France - Europe)**
Rédacteur : Christian Rigaud
Mise à jour : 27 octobre 2014

Depuis près de quarante ans et la loi sur l'eau de 1992, les milieux naturels aquatiques, patrimoine fragile et commun à tous, ont trouvé leur place dans la politique nationale de l'eau. Cette évolution a été confirmée et renforcée avec la Directive-cadre européenne (DCE) de 2000 fixant l'objectif de bon état des ressources en eau et des milieux aquatiques pour permettre tous les usages (eau potable, usages économiques, de loisirs, biodiversité, etc.)

L'évaluation de cet état doit prendre en compte différents aspects (*qualité chimique de l'eau, état physique des berges et du fond, état des espèces animales et végétales*). Pour l'aspect biologique, la DCE a imposé quelques indicateurs jugés pertinents (phytoplancton, diatomées, algues macroscopiques, macrophytes enracinées, invertébrés benthiques, poissons).

Au vu des caractéristiques singulières des PMA et de la diffusion régulière des connaissances acquises (nature de leurs migrations, types d'habitats de reproduction et/ou de croissance, exigences en termes de qualité d'eau), les citoyens comprennent mieux l'intérêt de les utiliser comme bioindicateurs de la qualité générale du fonctionnement et de l'état des bassins versants européens.

En cas d'évaluation défavorable et avec l'objectif d'amélioration des constats futurs, la démarche retenue consiste à réduire les pressions d'origine humaine qui s'exercent sur ces espèces sans recourir à des actions d'alevinage. La pêche fait partie des pressions exercées et dans ce cadre, une exploitation vivrière maîtrisée peut persister dans quelques bassins, mais elle ne correspond pas à un objectif en soi.

Des groupes de travail se mettent en place avec la participation de scientifiques spécialisés soutenus financièrement par l'Europe et les niveaux nationaux. L'objectif de ces groupes est de confronter et d'harmoniser les méthodes d'évaluation de l'état des PMA ainsi que les grilles de référence. Ce travail est compliqué par l'hétérogénéité des bassins versants à l'échelle européenne, par l'évolution de leurs conditions environnementales qui, sous contrainte du réchauffement, redessine leurs potentiels vis-à-vis des espèces migratrices. Enfin dans quelques sites, des actions d'alevinage contrôlé à partir de piscicultures ou de transferts d'individus sauvages, actions menées pour soutenir des activités très localisées de pêche de loisirs, viennent perturber les signaux observés.

Ces groupes scientifiques et techniques doivent également intégrer des contraintes croissantes liées à la demande de prise en compte accrue du bien-être animal réclamée par la majorité des citoyens. Cela leur impose de définir de nouveaux protocoles adaptés de surveillance et d'échantillonnage.

Pour les actions visant à maîtriser les pressions d'origine humaine qui s'exercent sur ces espèces migratrices au sein des différents bassins versants, ce sont les structures locales de gestion qui définissent et coordonnent les interventions avec des niveaux de protection et d'intervention très contrastée entre bassins et sous-bassins.

A ce titre, parallèlement aux questions de recherche soulevées par la conception de méthodes d'échantillonnage et d'analyse pour obtenir une bio-indication « migratrice » pertinente, des demandes se font jour pour disposer au niveau des bassins versants, de méthodes et d'outils à même de poser un diagnostic global sur les pressions et de définir une stratégie d'intervention hiérarchisée et optimisée prenant en compte les aspects biologiques et économiques.

V2.5-hypothèse 3 → V2.2-hypothèse 1 → V2.3-hypothèse 1 → V2.1-hypothèse 3

2.5. Les PMA ne sont plus objets de recherche (MS2.5)

Composante : **Demande de recherche et expertise (France - Europe)**
Rédacteur : Gérard Castelnaud
Mise à jour : 1 décembre 2014

Avec la baisse très prononcée d'abondance et de colonisation des PMA sauvages, l'intérêt économique, vivrier devient insignifiant, voire nul, par rapport aux autres usages des milieux aquatiques liés à la ressource en eau et par rapport aux soucis majeurs de la collectivité : contrôle des crues, maîtrise de l'utilisation domestique et industrielle de l'eau. On se tourne essentiellement vers l'aquaculture, soumise cependant à des contraintes écologiques, spatiales et sanitaire.

Les contraintes réglementaires pour encadrer l'expérimentation animale sont devenues très contraignantes ; les animaux vertébrés ne sont plus utilisés en laboratoires. Le nombre des centres d'expérimentation a été fortement réduit, car ils sont devenus des spécialistes de cultures cellulaires et de l'étude des modifications du génome.

Les espèces déclinant et les plans de restauration échouant, le public, le collectif se détournent des PMA.

La collectivité ne se préoccupe que de la ressource en eau (*quantité, qualité sanitaire*), la dimension vivante des milieux aquatiques n'étant plus tellement prise en compte (*trop complexe, trop onéreuse*). La demande concernant les PMA sauvages en termes de recherche s'éteint.

Les travaux traitant de la bioindication et des PMA sont abandonnés. La sélection d'indicateurs les plus pertinents dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la Directive Cadre de Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), Aires Maritimes Protégées (AMP)

Les PMA sauvages ne sont plus objets de recherche.

3. Composante « Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe) »

3.1. Back to basics par le biais des Alliances (MS.3.1)

Composante : **Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)**
Rédacteur : Patrick Lambert
Mise à jour : 23 décembre 2014

Suite aux revendications de la communauté scientifique, le financement des organismes de recherche sur dotations augmente ce qui permet d'inscrire des recherches sur le moyen et le long terme. Pour autant le financement global de la recherche reste constant. Les États, ne s'étant pas complètement entendu sur l'espace européen, gardent la main mise sur la recherche, notamment fondamentale, en mettant en avant les alliances thématiques de recherche. Largement influés par ces dernières, les opérateurs de recherche traditionnels voient leur poids renforcé vis-à-vis des universités. L'ANR, notamment, garde un rôle majeur dans le financement de la recherche via des projets d'établissement. Chaque organisme de recherche (université, institut) dispose d'une autonomie suffisante pour avoir des possibilités d'orientations stratégiques par elle-même.

Les décideurs politiques sont convaincus qu'il est nécessaire de faire progresser les connaissances fondamentales pour pouvoir extraire à plus ou moins long terme les solutions aux problèmes à venir. Le champ des possibles en recherche est donc vaste et plus libéral. Logiquement, les recherches sur les PMA couvrent maintenant un large panel de thématiques.

La qualité de la production est mise en avant, celle-ci étant jugée tant sur l'excellence scientifique pure que sur l'utilité sociale. La revue par les pairs reprend de l'importance dans l'évaluation, cohabitant avec des indicateurs standardisés appropriés.

Globalement, la confiance accordée à la science et aux scientifiques s'accroît, notamment car la recherche scientifique réussit à faire la preuve de ses impacts sur les sujets de préoccupation de la population. Par contre, suite à des scandales au sujet de la manipulation de données par les acteurs d'Internet et à la totale remise en cause de la neutralité du net, la population perd de plus en plus confiance en Internet en son contenu. Dans ce contexte, la littérature scientifique redevient une source d'information digne de confiance et est utilisée directement par un grand nombre de citoyens.

V3.1-hypothèse 2 → V3.2-hypothèse 2 → V3.3-hypothèse 2 → V3.5-hypothèse 3 → V3.4-hypothèse 3

3.2. Une recherche qui vise l'excellence économique des régions (MS 3.2)

Composante	: Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Hilaire Drouineau
Mise à jour	: 17 novembre 2014

En période de crise économique, le grand public juge la recherche trop déconnectée de la réalité, peu génératrice d'emplois et de richesses. Une pression s'opère pour orienter les financements vers une recherche plus orientée vers l'économie.

La recherche d'innovation et de partenariats public-privé (PPP) ayant peiné à se mettre en œuvre, l'Etat accentue la réforme de la recherche et la structuration autour de grands pôles régionaux. C'est la politique des EX à outrance : les Idex, Labex, Equipex et leurs successeurs se renforcent et prennent un rôle fondamental. Au sein de ses structures, les entreprises privées trouvent leur place en termes d'opérateurs de R&D, de financeurs et de pilote de la recherche. Leur rôle est d'autant plus fort que dans le même temps, les financements nationaux type ANR, plus portés vers la recherche fondamentale, s'amenuisent.

Dans ce contexte de recherche très appliquée, plus portée sur le brevet technique que sur la connaissance, la recherche en écologie est en perte de vitesse, sauf les recherches en lien direct avec le développement économique (nouvelles énergies, etc.). Les termes « biens et services écosystémiques » deviennent le mot de passe obligatoire sur toute réponse à appel d'offres. Par ailleurs, l'évaluation de la recherche accentue le poids des indicateurs de production appliquée (création de brevets, transferts, nombre de partenariats PPP, traduction en termes d'emplois) dans ces critères.

Enfin, ce lien public-privé dans la recherche accentue la défiance du public. C'est le cercle vicieux : la défiance du public entraîne la baisse des financements nationaux qui accentuent la défiance du public.

V3.4-hypothèse 4 → V3.1-hypothèse 3 → V3.2-hypothèse 3 → V3.3-hypothèse 1 → V3.5-hypothèse 1

Variante du scénario

En période de crise économique, le grand public juge la recherche trop déconnectée de la réalité, peu génératrice d'emplois et de richesses. Une pression s'opère pour orienter les financements vers une recherche plus orientée vers l'économie.

La recherche d'innovation et de partenariats public-privé ayant peiné à se mettre en œuvre, l'État accentue la réforme de la recherche. On assiste à une refonte complexe du financement de la recherche. Les pôles régionaux n'ayant pas su monter en puissance face aux alliances nationales, l'État décide de changer son fusil d'épaule et de repasser à des financements nationaux. Toutefois, l'ANR est profondément remaniée afin de pousser à l'innovation. Le cofinancement public-privé des programmes de recherche devient notamment un critère primordial, tout comme la création d'emplois. De facto, le poids des alliances diminue.

Dans ce contexte de recherche très appliquée, plus portée sur le brevet technique que sur la connaissance, la recherche en écologie est en perte de vitesse, sauf les recherches en lien direct avec le développement économique (nouvelles énergies, etc.). Les termes « biens et services écosystémiques » deviennent le mot de passe obligatoire sur toute réponse à appel d'offres. Par ailleurs, l'évaluation de la recherche accentue le poids des indicateurs de production appliquée (création de brevets, transferts, nombre de partenariats PPP, traduction en termes d'emplois) dans ces critères.

Enfin, ce lien public-privé dans la recherche accentue la défiance du public. C'est le cercle vicieux : la défiance du public entraîne la baisse des financements nationaux qui accentuent la défiance du public.

V3.4-hypothèse 4 → V3.1-hypothèse 3 → V3.2-hypothèse 4 → V3.3-hypothèse 1 → V3.5-hypothèse 1

3.3. Organisation par projets, de l'Europe au local (MS3.3)

Composante	: Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)
Rédacteur	: Géraldine Lassalle
Mise à jour	: 10 décembre 2014

Le fonctionnement par projets de la Recherche se généralise et se maintient avec les mêmes bailleurs de fonds et les mêmes équilibres. Ce mode de financement est principalement piloté par l'Europe avec les fonds nationaux qui partent en majorité à l'Europe, une restructuration du paysage français avec des fusions pour atteindre des pôles de recherche de taille suffisante, et une intensification des partenariats internationaux. Les priorités de la Recherche sont donc définies au niveau européen et déclinées au niveau national puis local. Dans la mouvance de H2020/FP8, l'accent est mis sur l'innovation, le développement, et la technologie afin de créer de l'activité, des emplois et de la croissance. Dans ce contexte, seuls les services écosystémiques autorisent des travaux sur les PMA. Le Recherche et les chercheurs sont évalués selon deux modes principaux, le premier prenant de l'essor et basé sur l'utilité sociale et le second déjà prépondérant et reposant sur l'excellence scientifique au travers des publications. La parole « scientifique » et l'expertise sont une des sources de connaissances pour la population qui s'informe désormais via les médias traditionnels mais

aussi grâce aux nouveaux médias. En effet, la télévision, la radio, les journaux continuent d'être utilisés par la population pour s'informer mais en parallèle Internet est de plus en plus utilisé.

V3.1-hypothèse 1 → V3.2-hypothèse 1 → V3.3-hypothèse 1 → V3.5-hypothèse 2 → V3.4-hypothèse 1

3.4. L'Europe finance la recherche fondamentale, les Régions à la manœuvre sur l'innovation et la R&D (MS3.4)

Composante : **Contexte de recherche et d'expertise (France - Europe)**
Rédacteur : Christian Rigaud
Mise à jour : 10 février 2015

La recherche, synonyme d'acquisition de connaissances scientifiques et techniques validées, apparaît de nouveau comme l'un des moteurs d'une dynamique de progrès dans tous les domaines qu'ils soient liés aux activités économiques (nouveaux produits, télécommunications, transports, etc.) ou aux thématiques d'intérêt plus général (santé, qualité de l'environnement, histoire, relations sociales, etc.).

Les nouvelles sources d'information et de connaissances apparues à la fin du XX^{ème} siècle et basées sur de nouveaux modes (Wikis, blogs,...) de mise en relation de très nombreux usagers ont montré certaines limites notamment en termes de pertinence et de neutralité. Les citoyens ont appris progressivement à être critiques vis-à-vis de ces media et redécouvrent les sources scientifiques de connaissance diffusés *via* différents canaux. Le secteur de recherche est ainsi soutenu par des budgets de nouveau globalement conséquents (3% du PIB).

L'équilibre et la complémentarité de différents types de recherche sont considérés comme capitaux, chacun ayant à faire la preuve de son niveau de qualité et d'utilité sociale en retour de l'appui public dont ils font l'objet. Ces soutiens sont orchestrés soit par le niveau européen, les Etats ayant choisi de fédérer leurs capacités de financement pour en augmenter l'efficacité, soit par les Régions européennes aux caractéristiques diverses.

Dans ce contexte, la recherche fondamentale / académique est mise en œuvre par des réseaux internationaux de gros laboratoires d'excellence soutenus par le niveau européen. Les thématiques concernent essentiellement les sujets d'intérêt général et notamment ceux liés à la connaissance de notre environnement (air, eau, sols) et à ses critères de qualité. Toutes ces thématiques peuvent intéresser l'ensemble des Régions et des citoyens européens tout en étant détachées de tout intérêt mercantile immédiat.

En ce qui concerne les PMA, l'accent est mis sur les relations entre les espèces et la qualité des milieux avec divers aspects abordés tels que les comportements des individus (errance, stratégies/tactiques, liens avec qualité/quantité d'eau, etc.), l'évaluation du potentiel reproducteur des individus possiblement impacté par divers contaminants, les capacités d'accueil de différents types de milieux, etc.

Au niveau régional, l'objectif dominant est de développer des activités économiques reconnues, durables dans le cadre d'un aménagement harmonieux du territoire et synonyme de créations d'emplois et de valeur ajoutée. Les Régions (5 à 10 millions d'habitants le plus souvent) peuvent s'appuyer sur tout le corpus de connaissances issues des programmes européens, mais elles mettent également en œuvre des projets de

recherche appliquée et des secteurs de recherche particuliers bien adaptés à leurs propres objectifs.

Des pôles régionaux de recherche se mettent donc en place, appuyés par des fonds publics régionaux et nationaux, mais aussi par des soutiens privés sur certaines thématiques. Dans le cadre de l'environnement, si les méthodes de diagnostic et d'évaluation relèvent plus des programmes européens, l'accent régional est plus mis sur les actions de remédiation avec la mise en place d'opérations de gestion expérimentale associant gestionnaires du territoire et chercheurs.

En termes d'évaluation des acteurs et des structures impliqués dans ces divers types de recherche, deux modes distincts sont mis en œuvre, l'un étant appliqué à la recherche académique et basé sur la revue par les pairs ou « peer-reviewing » visant l'excellence scientifique, l'autre faisant appel à des critères plus larges et notamment à des indicateurs d'utilité socio-économiques.

4. Composante « Recherche sur les PMA (Monde) »

4.1. Recherche sur les PMA comme indicateurs de qualité de l'environnement, avec une recherche « omique » pilotée par les chercheurs des pays émergents qui ont investi dans ces domaines (MS4.1)

Composante	: Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur	: Françoise Daverat
Mise à jour	: 2014

Les PMA ne sont plus des objets de recherche en tant que populations ou individus mais en tant qu'indicateurs de la qualité des milieux aquatiques. Les efforts de recherche se portent plutôt sur la mise au point d'indicateurs pertinents de l'état écologique et sur des projets de restauration.

Les outils génomiques sont utilisés pour faire des inventaires qualitatifs rapides (sondes ADN) et également quantitatifs. L'objectif est plus d'établir des cartographies d'état écologique que de regarder le fonctionnement des communautés et des populations

La recherche en environnement se développe fortement dans les pays émergents et surtout en Chine où la protection de l'environnement est devenue une priorité absolue. Ce nouveau pôle mondial concentre les efforts de recherche sur les PMA et profitent du dynamisme des recherches technologiques dans ces régions alors qu'ailleurs les efforts de recherche en faveur de ces PMA stagnent ou sont diminués. Ce nouveau pôle voit émerger de très gros projets de restauration dans des secteurs géographiques localisés (sortes de sanctuaires) qui mobilisent des efforts de recherche très grands conséquents en termes d'effectifs. Les PMA ne sont plus des objets de recherche en tant que populations ou individus mais en tant qu'indicateurs de la qualité des milieux aquatiques. Les efforts de recherche se portent plutôt sur la mise au point d'indicateurs pertinents de l'état écologique et sur des projets de restauration. Les outils sont mobilisés en fonction des questions posées avec toutefois un développement des approches de génomiques à des fins d'inventaires qualitatifs rapides (sondes ADN) et quantitatifs. L'objectif est plus d'établir des cartographies d'état écologique que de regarder le fonctionnement des communautés et des populations

Vu le déplacement du pôle géographique de la recherche (Asie et pays du Sud), il existe un développement des recherches sur les individus et les populations des poissons de type amphidromes. Quelques espèces de PMA font l'objet de recherche spécifique dans la

mesure elles constituent des modèles biologiques pour étudier la contamination des milieux. Il reste quelques équipes de recherche qui travaillent sur les principales espèces aquacole. Les outils génomiques sont utilisés pour faire des inventaires qualitatifs rapides (sondes ADN) et également quantitatifs. L'objectif est plus d'établir des cartographies d'état écologique que de regarder le fonctionnement des communautés et des populations

4.2. Une approche des communautés piscicoles intégrant les PMA avec dynamisme de la communauté de recherche (MS4.2)

Composante : Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur : Patrick Lambert
Mise à jour : 23 décembre 2014

Suite à une prise de conscience sociétale forte pour l'environnement, la communauté scientifique sur les PMA (à l'instar de celle impliquée dans les questions environnementales) est dynamique. De nouveaux chercheurs statutaires, issus de disciplines variées, sont recrutés. Les formations proposées dans le domaine de l'environnement sont nombreuses et variées. Elles incluent des modules spécifiques sur les PMA qui présentent l'écologie spécifique de ces poissons mais surtout leur rôle fonctionnel dans les écosystèmes.

On assiste à une montée en puissance des approches écosystémiques. Les approches spécifiques des PMA sont complétées voire remplacées au profit d'analyses globales des communautés piscicoles dans lesquelles le fonctionnement des populations de PMA, exploitées ou non, trouve naturellement leur place. Les biens et services associés aux PMA mais également ceux associées aux milieux dans lesquels vivent ces poissons sont des axes de recherche privilégiés. Les PMA sont également reconnus comme indicateur de la biodiversité et de la qualité de l'environnement.

Les outils de recherche mobilisés sont multiples avec une recherche permanente d'adéquation avec la question posée.

V4.5-hypothèse 2 → V4.3-hypothèse 4 → V4.2-hypothèse 2 ou 3 → V4.1-hypothèse 2

4.3. Science opportuniste : PMA, supports de recherche (MS4.3)

Composante : Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur : Frédérique Bau
Mise à jour : 19 janvier 2015

Dans une société 2.0 de plus en plus versée dans les hautes technologies en tous genres, les centres de recherche en sciences de l'environnement ne font bien évidemment pas exception. Pour être performants, originaux voire novateurs, ils n'ont de cesse d'être à la pointe de la technique dans leurs domaines. Ainsi, les avancées techniques en viennent rapidement à dicter les questions de recherche. Les (nouveaux) outils sont alors les vrais moteurs de la recherche. Il en résulte des recherches à la mode, sexy, toujours plus instrumentées en hautes technologies (adossées à des plateformes expérimentales, zones ateliers...) et « surfant » rapidement des outils « omiques » du début à d'autres suivant le progrès technique.

De ce contexte général d'une recherche pilotée par l'innovation, les chercheurs deviennent erratiques et opportunistes sur les PMA, qui ne sont plus qu'un support de travail pour leurs

nouveaux bijoux (joujoux) technologiques. La multiplicité des sources de financement, la diversité et la difficulté de mises en œuvre des technologies conduisent à des positionnements de niche de chaque laboratoire de recherche qui change fréquemment leur stratégie. C'est l'ère de la science anarchique des PMA. On travaille de façon décousue, sans priorités sur les thématiques de recherche, en réorientant sans cesse les concepts et les compétences, et en adaptant les disciplines et les échelles de travail selon les outils mobilisés.

Aucun niveau d'intégration n'est donc à priori privilégié par rapport à un autre : « omiques », individus/populations, modèles, méta-analyses..., toutes ces échelles de travail peuvent coexister (apogée du « big data in science »), même si ce n'est pas forcément de façon équilibrée.

Quant au « support de travail », en plus des espèces halieutiques et aquacoles viennent s'ajouter quelques espèces comme modèles biologiques pour des questionnements scientifiques qui dépassent la stricte gestion de leurs populations. Ces espèces sont partiellement abandonnées une fois la question scientifique associée moins à la mode. L'inscription territoriale du « support de travail » n'est donc pas déterminante, celle du chercheur non plus.

Celui-ci, n'étant plus vraiment spécialiste des PMA en tant que tels ou ne travaillant plus qu'occasionnellement sur ces espèces, navigue allègrement entre outils innovants, sujets à la mode et laboratoires de recherche d'exception, ce qui rend difficile toute pérennité des équipes. Mais dans ce paysage certes éclaté, le nombre de chercheurs en sciences de l'environnement se maintient grâce à ce turn-over important.

V4.1-hypothèse 1 → V4.2-hypothèse 4 → V4.3-hypothèse 1 ou V4.4-hypothèse 2 → V4.5-hypothèse 4 et hypothèse 2

4.4. Cap sur l'aquaculture (MS4.4)

Composante	: Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur	: Gérard Castelnaud
Mise à jour	: 3 décembre 2014

Les recherches sur les PMA se concentrent sur leur fonction de ressources alimentaires. Dans les pays occidentaux, il s'agit d'optimiser les filières aquacoles. Elles sont orientées par la production de protéines en situation contrôlée à partir d'animaux d'élevage et de filières aquacoles.

L'essentiel des recherches se concentre sur les méthodes d'aquaculture intensive et extensive, la maîtrise des cycles physiologiques et de l'alimentation des espèces d'intérêt aquacoles dont certaines populations sauvages, exploitées ou ayant été exploitées, sont fragilisées (saumons, truite, anguilles, esturgeons, aloses, bars rayés). Aucune nouvelle espèce n'entre dans le cortège des espèces étudiées d'ici 2030. Les contraintes d'environnement (occupation de l'espace et concurrence, pollutions et interférences), constituent un volet connexe de recherches aux fins de limitation des impacts et de viabilité des élevages.

Dans le monde entier, le nombre de chercheurs sur les PMA sauvages est en forte réduction. Les étudiants se désintéressent des filières en biologie et écologie, et il y a un manque de

candidats pour les thèses sur le sujet. La communauté scientifique se réduit et les formations n'évoluent pas. Les chercheurs travaillent occasionnellement sur les PMA sauvages (pas d'équipes spécifiques) en tant que modèle biologique et comportemental de référence, en fonction des intérêts de lobbies et des financements mis en place.

L'échelle de travail sur les PMA se situe au niveau individuel (physiologie, éthologie, génétique, animal d'élevage vs animal sauvage) et populationnel (fonctionnement de populations en élevage intensif *versus* extensif, gestion des cheptels). Les outils de mesure concourent au contrôle et à la pérennité de l'élevage sous contrainte environnementale.

V4.2 hypothèse 1 → V4.4 hypothèse 1 → V4.5 hypothèse 1 → V4.3 hypothèse 3 → V4.1 hypothèse 2

4.5. PMA au centre de l'intérêt scientifique (MS4.5)

Composante	: Recherche sur les PMA (Monde)
Rédacteur	: Marie-Laure Acolas
Mise à jour	: 5 décembre 2014

Les PMA, par leur caractère symbolique pour la Société et par la complexité de leur écologie, font l'objet de recherches croissantes en biologie de la conservation dans les milieux aquatiques, marins comme continentaux. Ils deviennent également des modèles pertinents pour plusieurs thématiques de recherche (les mécanismes migratoires, la physiologie des organismes, la dynamique des populations, la bio-indication, etc.). Les espèces étudiées sont cependant liées à un contexte régional : le cortège d'espèces étudiées fluctue au cours des décennies d'une manière différentielle d'une région à l'autre. Dans certains cas, les espèces historiques sont conservées. Dans d'autres cas, des espèces sont moins étudiées au profit d'autres sous pression de la demande sociétale (importance halieutique, risque d'extirpation, translocation d'espèces, risque d'espèces invasives) comme l'arrivée du tarpon en France ou du flet en Islande ou selon leur qualité en tant que modèles biologiques pour répondre à des questions scientifiques en vogue.

Les recherches sur les PMA sont menées à toutes les échelles à des niveaux équilibrés : de la cellule à l'organisme, de l'individu à la population ou bien dans le cadre d'une approche holistique à l'échelle de l'écosystème. Il est alors possible de mettre en œuvre des technologies innovantes ou reconnues pour leurs études, les outils adaptés sont sollicités en fonction des questions de recherche. Les sciences humaines apportent un éclairage constructif sur la définition de programme de restauration de ces espèces patrimoniales.

La population de chercheurs travaillant sur les PMA reste stable malgré un paysage éclaté : quelques équipes de recherche travaillant spécifiquement sur les PMA cohabitent avec des chercheurs spécialisés sur une thématique utilisant les PMA comme modèle d'étude. Le nombre de chercheurs dans l'hémisphère nord se maintient, des échanges avec l'hémisphère sud sont initiés avec un nombre de chercheurs sur les PMA dans l'hémisphère sud qui s'accroît doucement.

V4.2-hypothèse 3 → V4.3-hypothèse 1 → V4.1-hypothèse 2 → V4.4-hypothèse 3 → V4.5-hypothèse 4

4.6. Cap sur la simplicité de la recherche sur les PMA (MS4.6)

Composante : **Recherche sur les PMA (Monde)**
Rédacteur : Patrick Lambert
Mise à jour : 23 décembre 2014

Les PMA n'intéressent plus les chercheurs en tant que tel. Le nombre de chercheurs concernés par ces espèces, en Europe comme dans le reste du monde, diminue. Cette tendance est renforcée par un désintérêt général pour la biologie de la part des jeunes scientifiques. Les travaux des quelques chercheurs restants (et vieillissants) trouvent maintenant leur place dans des approches globales des communautés et des fonctionnements des écosystèmes. Toutefois compte tenu de leur importance modeste dans ces systèmes, l'apport de connaissances directes sur ces espèces reste limité.

Contrairement au reste de la biologie qui mobilise de plus en plus d'outils de haute technologie, la recherche sur les PMA se concentre sur des approches de terrain avec une instrumentation réduite à la collecte de données. La partie analytique se limite à de la biométrie, parfois complétée par des analyses plus sophistiquées toujours sous-traitées. On assiste par contre à un raffinement des analyses statistiques. L'échelle de travail, sans être déterminante, est celle de l'individu, plutôt que celle de la cellule ou de la population des PMA.

Il n'existe plus d'équipes spécifiques sur ces poissons. Episodiquement, quelques consortiums focalisés sur les PMA se montent en réponse à des appels à projets très spécialisés. Les formations universitaires ne proposent plus de modules dédiés aux PMA.

V4.2-hypothèse 2 -> V4.5-hypothèse 1 -> V4.4-hypothèse 4 -> V4.1-hypothèse 2 -> V4.3-hypothèse 3

Section-D Scénarios globaux

Tableau 14 : Liste des scénarios globaux de prospectives sur les recherches sur les PMA

Sc1	<p><u>La fin des PMA :</u> Crises environnementales à répétition PMA sauvages plus objets de recherches, encore quelques recherches en aquaculture</p>
Sc2	<p><u>PMA modèles biologiques :</u> Organisation de la recherche par projets Chercheurs nomades « hors murs » PMA comme support de recherche sur les processus biologiques</p>
Sc3	<p><u>PMA objets de production :</u> La recherche vise l'excellence économique des régions PMA au service des humains en période de crise Recherches sur les PMA vers l'aquaculture</p>
Sc4	<p><u>PMA quelques espèces artificialisées :</u> Organisation de la recherche par projets Développement de PMA artificialisé au service de la biodiversité PMA, objet de recherches en tant symbole et patrimoine sacralisé</p>
Sc5	<p><u>PMA, éléments de la biodiversité :</u> Recentrage sur la recherche fondamentale via les alliances Les PMA au sein des communautés de poissons Recherche sur les PMA sous toutes les facettes</p>
Sc6	<p><u>PMA, indicateurs synthétiques :</u> L'Europe finance la recherche fondamentale et les régions la recherche appliquée Les poissons et l'environnement en général mis au service des usages humains PMA comme indicateur de la qualité de l'environnement avec développement des « omiques »</p>

1. Description des scénarios globaux

1.1. Scénario 1 : Fin des PMA

- *Les crises environnementales restent sans réponses politiques ;*
- *La recherche vise l'excellence économique des Régions, dans l'indifférence de la population ;*
- *Les PMA sauvages ne sont plus des objets de recherche, encore quelques recherches peu ambitieuses en aquaculture de PMA.*

Durant la dernière décennie, des crises environnementales majeures, en Europe, (e.g. rejets nucléaires, pollutions accidentelles, pollutions chroniques, introductions d'espèces invasives) ont conduit à une dégradation massive de la qualité de l'eau et de fortes perturbations des écosystèmes, tant dans les eaux continentales qu'en milieu marin. La réponse politique n'ont pas été à la hauteur de ces enjeux environnementaux. Au contraire, les priorités sociétales, définies localement et avec une vision à court terme, n'ont été dictées que par les besoins énergétiques, alimentaires et sanitaires face à l'accroissement de la population et au changement climatique. En France, les SDAGE se sont maintenus en s'orientant sur les aspects sanitaires (qualité de l'eau pour assurer l'eau potable et la production énergétique). La

dimension vivante des milieux aquatiques n'est plus prise en compte car perçue comme trop complexe et surtout trop onéreuse. En France, la STRANAPOMI devient une relique.

Par ailleurs, face à la crise économique, le grand public juge la recherche trop déconnectée de la réalité, peu génératrice d'emplois et de richesses. Une pression s'opère pour orienter les financements vers une recherche tournée vers l'économie locale.

L'Etat a poursuivi la structuration de la recherche autour de grands pôles régionaux en développant la politique dites des EX (Idex, Labex, Equipex et successeurs). Les collectivités territoriales régionales se sont emparées de ses structures et les considèrent maintenant comme des éléments majeurs de leur développement économique. Les entreprises privées, après des premiers partenariats public-privé qui n'ont pas tenu leurs promesses, trouvent enfin leur place dans ces pôles en tant que pilotes et de financeurs de la recherche et en tant qu'opérateurs de R&D. Ces pôles sont d'autant plus importants que dans le même temps, les financements nationaux type ANR, plus portés vers la recherche fondamentale, se sont amenuisés. Toutefois, ce lien public-privé dans la recherche induit la défiance du public dans un cercle vicieux : la défiance du public entraîne la baisse des financements nationaux qui accentue la recherche de financements privés entretenant ainsi la défiance du public.

Logiquement, l'évaluation de la recherche accentue le poids des indicateurs de production appliquée (dépôts de brevets, transferts vers les secteurs économiques, créations d'emplois).

Dans ce contexte de recherche très appliquée, plus portée sur le brevet technique que sur la connaissance, la recherche en écologie est en perte de vitesse à l'exception de celle en lien direct avec le développement économique (nouvelles énergies, etc.). L'affichage de la prise en compte des « biens et services écosystémiques » devient une obligation pour toute réponse à un appel d'offres de recherche.

Le cortège de PMA ne repose que sur quelques populations restées relativement abondantes du fait de leur capacité intrinsèque d'adaptation et à la réussite de mesures de gestion antérieures (plans de restauration ou d'introduction). La plupart des autres espèces ont quasiment disparu. Quelques espèces du sud ont réussi à se relocaliser plus au nord. Cette nouvelle diversité de PMA sauvages ne fait pas pour autant l'objet d'attention particulière de la part des gestionnaires. Il n'y a pas d'outils de diagnostic spécifiques mis en place pour les PMA. Avec la baisse prononcée des abondances et de la colonisation, l'intérêt économique/vivrier des PMA sauvages devient insignifiant à l'exception des quelques secteurs où les populations sont le support d'une activité de pêche pour la consommation humaine, encore rentable pour quelques temps. On se tourne essentiellement vers une aquaculture de production intensive hors sol sur très peu espèces (saumon, esturgeon, anguille), qui reste limitée du fait des contraintes spatiales et sanitaires. Le caractère migratoire des PMA est d'ailleurs perçu comme une contrainte technique et économique qui freine le développement de cette activité.

Globalement, comme la Société, les chercheurs se détournent des PMA. Le nombre de chercheurs concernés par ces espèces, en Europe comme dans le reste du monde, diminue. Depuis 5 ans, les formations universitaires ne proposent plus de modules dédiés aux PMA. Cette tendance est renforcée par un désintérêt général pour la biologie de la part des jeunes scientifiques et par les contraintes réglementaires qui encadrent l'expérimentation animale.

Les travaux des quelques chercheurs restant et (et vieillissants) travaillant sur les PMA sauvages trouvent maintenant leur place dans des approches globales des communautés malgré l'importance modeste dans le fonctionnement des écosystèmes reconnue pour ces espèces. Contrairement au reste de la biologie qui mobilise de plus en plus d'outils de haute

technologie, ces recherches, vivant sur les acquis du passé, se limitent à des approches de terrain avec une instrumentation réduite à la collecte de données. La partie analytique se limite à de la biométrie, parfois complétée par des analyses plus sophistiquées toujours sous-traitées. L'échelle de travail, sans être déterminante, est celle de l'individu, plutôt que celle de la cellule ou de la population des PMA. Le renouvellement de ces chercheurs, lors de leur départ à la retraite, sur des profils de poste centrés sur les PMA n'est pas à l'ordre du jour.

Episodiquement, des consortiums de recherche focalisés sur l'aquaculture, en réponse à des appels d'offre spécialisés, abordent les PMA et rassemblent les quelques chercheurs concernés par l'élevage de ces espèces, majoritairement issus du secteur privé.

1.2. Scénario 2 : PMA, modèles biologiques

- *Le financement de la recherche s'organise par projets qui se concentrent sur des problématiques et non sur un objet ; On assiste, au niveau français, à une refonte des structures de recherche (fusions) et au niveau international, à l'émergence de nouveaux pôles de recherche ;*
- *On voit émerger le concept de « chercheurs hors-murs » rattachés à une structure administrative mais sans « bureau fixe » ;*
- *Les équipements, outils et plateformes deviennent centraux dans la définition des questions de recherche et la manière d'y répondre ;*
- *Il n'a plus vraiment de chercheurs sur les PMA. On s'attache plus à l'étude de processus pour lesquels les PMA peuvent être un support de recherche.*

Le fonctionnement par projets de la Recherche se généralise et se maintient avec les mêmes bailleurs de fonds et les mêmes équilibres. Dans la mouvance de H2020/FP8, l'accent est mis sur l'innovation (i.e. la transposition de la connaissance scientifique dans la Société), le développement, et la technologie afin de créer de l'activité, des emplois et de la croissance. En ce sens, la Recherche est évaluée selon l'excellence scientifique mais aussi selon son utilité sociétale. Le lien entre Recherche et Société est donc maintenu voire accru. Néanmoins, la « parole » scientifique et l'expertise ne sont plus les seuls vecteurs de connaissance. De nouveaux médias dont internet avec les encyclopédies en ligne et les blogs à caractère scientifique apportent du savoir qui peut être d'ailleurs enrichi par la population elle-même du fait de l'émergence et de la pérennisation des sciences participatives associées à un développement de supports adéquats (e.g. saisie en ligne d'observations).

Au niveau français, les centres de recherche en sciences de l'environnement (i.e. EPST, EPIC, Universités) se restructurent afin d'être de « taille suffisante » pour prendre part au lobbying dans la définition des grandes thématiques d'avenir de la SNRI (i.e. Stratégie Nationale de Recherche et d'Innovation), puis pour intégrer des consortiums ou pour porter des projets dans les réponses aux appels d'offres à différentes échelles. En dehors de l'Europe et de l'Amérique du Nord, de nouveaux pôles de recherche se dessinent aussi tels que le Moyen Orient et la Chine. Ces pays émergents consacrent une partie importante de leurs fonds à la recherche en environnement. Ces pays financent des programmes conjoints pour encourager le transfert de savoir.

Dans ce contexte, et celui plus large d'une Société toujours plus versée dans les hautes technologies, il y a une restructuration autour d'équipements, d'outils, de plateformes. Les

avancées techniques en viennent rapidement à dicter une partie des manières de répondre aux questions de recherche afin d'apporter, à plus ou moins long-terme, des solutions concrètes aux principaux enjeux sociétaux. Les nouvelles structures de recherche décrites ci-dessus n'ont de cesse d'être à la pointe de la technologie dans leur domaine.

En conséquence, les recherches sur les PMA deviennent erratiques et opportunistes. Seuls les services écosystémiques/écologiques largement plébiscités dans le dernier PCRD (i.e. H2020/FP8) autorisent des travaux sur les PMA en tant que tels. Les PMA ne sont plus qu'un support de travail pour aborder des thématiques en vue et de plus en plus intégratives, ou pour appliquer les nouveaux « bijoux » technologiques. Aucun niveau d'intégration n'est donc à priori privilégié par rapport à un autre : « omiques », individus/populations, modèles, méta-analyses..., toutes ces échelles de travail peuvent coexister (apogée du « big data in science »), même si ce n'est pas forcément de façon « équilibrée ». Etant donné le statut généralement déclinant de ces espèces, la pérennité de ce groupe à l'échelle des temps géologiques, la variabilité des stratégies de vie exprimées par les PMA à l'échelle du Globe, et enfin leur caractère migratoire unique, les PMA sont le plus souvent associées à la notion d'adaptabilité du vivant face aux crises environnementales, et plus précisément à la dynamique mise en place par les populations menacées.

Dans la pratique, en Europe, aux espèces de PMA avec un caractère aquacole avéré (i.e. aquaculture de production pour le saumon et la truite, et aquaculture de conservation pour l'esturgeon), s'ajoutent quelques espèces employées comme des modèles biologiques pour ces thématiques scientifiques en vue comme les services écosystémiques/écologiques (e.g. transferts de matière inter-systèmes et mulot) et l'adaptation au changement global. Ces espèces peuvent d'ailleurs être partiellement « abandonnées » une fois la question scientifique associée moins à la mode. Principalement dans les pays émergents, des espèces « Totem » bénéficient de recherches spécifiques devant concourir à une restauration efficace.

En conclusion, le chercheur sur les PMA n'est plus vraiment spécialiste des PMA en tant que tels ou ne travaillant plus qu'occasionnellement sur ces espèces. Il navigue allègrement entre outils innovants, sujets à la mode et laboratoires d'exception dans les localités historiques de la recherche et dans les pôles émergents, ce qui rend difficile toute pérennité des équipes dans un format et avec des délimitations claires mais ouvre la voie vers de nombreuses collaborations. Mais, dans ce paysage certes éclaté, du moins pour la recherche sur les PMA, le nombre de chercheurs en sciences de l'environnement se maintient grâce à ce turn-over important.

1.3. Scénario 3 : PMA, objets de production

- *La recherche vise l'excellence économique des régions ;*
- *Les PMA sont mis au service des humains en période de crise ;*
- *Les recherches sur les PMA se concentrent sur les aspects de production avec, en particulier, un « cap » clairement envisagé sur l'aquaculture.*

Avec ce « cap sur l'aquaculture », le nombre de chercheurs sur les PMA sauvages est en forte diminution. Les étudiants se désintéressent des filières en biologie (sauf physiologie) et écologie, et il y a un manque de candidats pour les thèses sur le sujet. La communauté scientifique se réduit et les formations n'évoluent pas. Les chercheurs travaillent occasionnellement sur les PMA sauvages (pas d'équipes spécifiques) en tant que modèle

biologique et comportemental de référence, en fonction des intérêts de lobbies et des financements mis en place. De nouvelles pollutions émergent même si la pollution organique se réduit. La qualité générale de l'habitat se dégrade, les PMA sauvages déclinent, le nombre d'espèces menacées augmente mais quelques populations fragilisées se maintiennent. Localement, les PMA peuvent être pêchés pour le loisir et la consommation quel que soit leur statut antérieur ; ils s'adapteront ou pas. Comme les priorités sociétales sont dictées par des besoins énergétiques, alimentaires et sanitaires, dans ce contexte, la recherche et la gestion des PMA sont envisagées sous l'angle de l'utilité de cette ressource pour l'homme.

Les aspects liés à la biodiversité ne sont plus prioritaires mais la qualité intrinsèque de l'eau reste une préoccupation majeure concernant les aspects sanitaires (eau potable et production aquacole) et la viabilité des espèces sauvages résiduelles et issues du « sea-ranching » pour la pêche. Les PMA sont protégés dans la mesure où ils répondent à des usages économiques, l'activité de pêche étant le seul service écosystémique valorisé avec éventuellement un produit dérivé, l'écotourisme-pêche. La pêche récréative, sportive se fera toujours une place s'il y a du poisson... La recherche plutôt appliquée est mobilisée sur l'aquaculture, la limitation de ses impacts et l'aménagement des pêches.

L'aquaculture concerne l'élevage intensif et extensif de certaines espèces migratrices à différents stades biologiques pour la consommation humaine et l'ensemencement des bassins ou « sea-ranching ».

L'aquaculture de production de masse ne peut être que limitée car trop compliquée et trop onéreuse à mettre en œuvre avec les grands PMA comme les saumons, truites, aloses, lamproies, esturgeons ; peut-être réalisable avec anguille dans l'avenir ? Elle se fera plutôt à partir des « autres » PMA tels le flet, le mulot et des espèces d'eau douce tels le tilapia, la perche etc.

On peut cependant envisager la mise en place d'une filière « luxe », avec les espèces de PMA « haut de gamme » (label Bio...) mais confidentielle car très coûteuse.

Il ne peut plus y avoir de travaux légitimes sur les PMA en tant que tels comme modèles à privilégier en écotoxicologie et en bio-indication de la qualité des milieux et de la fonctionnalité des habitats. Ainsi, la collectivité ne peut plus se permettre de mobiliser de « gros » budgets pour étudier les PMA et leurs problématiques (ouvrages, habitats...), mais elle souhaite afficher leur présence maintenue au moyen d'interventions fortes sur le système (« sea-ranching », etc.) ; toutes ces actions servant de support au développement d'emplois et à la production de ressources alimentaires.

Le secteur d'aquaculture de production et d'ensemencement est soutenu par la recherche sur l'ingénierie et la gestion des élevages en intensif et extensif. Cette recherche fait appel en amont à la génétique, à la physiologie de la reproduction et de la croissance, à l'éthologie, à la nutrition aux différents stades de développement. Le « sea-ranching » nécessite une stratégie de lâcher et des méthodes de suivi pour évaluer son efficacité. L'échelle de travail sur les PMA se situe aux niveaux individuel et populationnel uniquement sur les « autres » espèces (fonctionnement de populations, gestion des cheptels).

L'aménagement des pêches est abordé sous ses deux aspects conservation des capacités de pêche et régulation de l'accès, avec les questions de stocks chevauchant (« straddling stocks ») et mobilise des spécialités de droit de l'environnement, de micro-économie, de géographie politique. Les contraintes d'environnement (occupation de l'espace et concurrence, pollutions et interférences) constituent un volet connexe de recherches visant la limitation des impacts et la viabilité des élevages.

Avec ce « cap sur l'aquaculture », le nombre de chercheurs sur les PMA sauvages est en forte diminution. Les étudiants se désintéressent des filières en biologie (sauf physiologie) et écologie, et il y a un manque de candidats pour les thèses sur le sujet. La communauté scientifique se réduit et les formations n'évoluent pas. Les chercheurs travaillent occasionnellement sur les PMA sauvages (pas d'équipes spécifiques) en tant que modèle biologique et comportemental de référence, en fonction des intérêts de lobbys et des financements mis en place.

1.4. Scénario 4 : PMA, quelques espèces artificialisées

- *On assiste au développement de PMA artificialisés au service de la biodiversité ;*
- *Les PMA ne sont objets de recherche qu'en tant que symboles, que patrimoine sacralisé mais gardent à ce titre un intérêt scientifique certain ;*
- *La recherche s'organise par projets, de l'Europe au local.*

Dans un contexte de crise environnementale brutale et majeure ou de crises multiples et répétées qui aboutissent à des pollutions massives et durables des eaux douces ou marines et donc à de fortes perturbations des écosystèmes en Europe, les États (sous pressions des ONG ou des citoyens) réagissent rapidement pour préserver voire restaurer la biodiversité perdue. Les efforts se portent particulièrement sur quelques espèces emblématiques, choisies à des échelles locales. Dès lors, ces espèces deviennent de véritables symboles sociétaux. Leur statut est sacralisé, toutes atteintes à leur intégrité physique ou toutes contraintes comportementales sont rendues impossibles.

Parmi ces espèces, certains PMA, et particulièrement les plus grands PMA, bénéficient de leur image et de leur forte valeur patrimoniale. Des efforts de restauration sont portés pour faciliter la présence visible de poissons dans des bassins-versants préalablement choisis. Des mesures de remédiation sont prises et l'on cherche à atténuer les impacts. Des passes à poisson de dernières générations sont aménagées partout sur le territoire et la pêche est arrêtée. Ces mesures ne suffisant pas à freiner l'effondrement des populations, les modes de gestion évoluent et la biodiversité est de plus en plus artificialisée. Ainsi, l'objectif d'atteindre une population écologiquement viable tend à s'effacer devant l'urgence de produire quelques individus à mettre en évidence devant le public, la tendance devient progressivement à plus soigner les symptômes (l'absence de poissons dans l'eau) que les véritables causes. Des travaux de génétique, ou plus généralement visant à « artificialiser » les cycles de vie, sont notamment menés pour produire des individus plus résistants aux pressions anthropiques. L'espèce migratrice qui ne migre plus devient un concept plus si absurde.

L'ingénierie écologique, l'aquaculture voire même la recherche en génétique autour des espèces ciblées connaissent un important essor. On assiste également au développement d'une nouvelle thématique de recherche centrée sur la coexistence d'espèces artificielles, qui agissent comment des espèces invasives soutenues, avec les espèces présentes naturellement dans le milieu. Plus marginalement, quelques travaux demeurent autour des mécanismes migratoires, la physiologie des organismes, la dynamique des populations, la bio-indication, l'écologie de la restauration, le changement global en fonction des espèces choisies et des régions considérées. Les sciences humaines apportent également un éclairage constructif sur la construction de programmes de sauvegarde de ces espèces patrimoniales et leur détournement vers des espèces artificielles.

La structuration de la recherche repose sur une double échelle : une coordination des plans de sauvegarde à l'échelle européenne et internationale, mais une mise en œuvre régionale reposant sur des pôles de recherche et d'acteurs de l'environnement locaux. Ces plans de sauvegarde sont envisagés comme un levier de croissance et de création d'emplois. Dans la mouvance de H2020/FP8, L'Europe lance une succession d'appels d'offres sur la sauvegarde d'espèces menacées. L'accent est mis sur l'innovation, le développement, et la technologie afin de créer de l'activité, des emplois et de la croissance, les projets devant associer recherche publique et opérateurs privés aux manettes des plans de sauvegarde. Des appels d'offre similaires, mais encore plus axés sur l'ingénierie ou les actions opérationnelles sont lancées au niveau des pôles régionaux.

1.5. Scénario 5 : PMA, éléments de la biodiversité

- *La priorité en termes de gestion se focalise sur la biodiversité et sur la nature. En conséquence, les PMA font l'objet de recherches sous toutes leurs facettes (indicateurs de biodiversité, recherches plus appliquées, etc.), mais ce qui prime sont des approches centrées sur les communautés de poissons, plus que centrées sur une ou l'autre espèce ;*
- *L'organisation de la recherche permet ces développements en se recentrant sur la recherche fondamentale via les alliances.*

Suite à des crises environnementales majeures, la préservation de la biodiversité et le développement durable des activités humaines sont mises en avant en tant que valeurs cardinales dans la Société. Les PMA font office d'indicateurs car ils sont touchés par les problèmes environnementaux comme les ruptures de connectivité, les modifications du climat, les pressions anthropiques comme la surpêche ou les pollutions. L'état des populations de PMA sont révélatrices des impacts anthropiques et de la capacité des mesures mises en œuvre pour inverser la situation. Certaines espèces emblématiques font office d'espèce parapluie ce qui permet également d'assurer la fonctionnalité des habitats pour les communautés piscicoles avec de grands projets de restauration du milieu aquatique continental (i.e. arasement de barrage) prévus à échéance d'une dizaine d'année. Les différentes mesures prises à l'échelle européenne et par chacun des pays membres permettent d'améliorer continûment la qualité des eaux douces tant par rapport aux pollutions classiques que vis-à-vis des polluants émergents. Des mesures sont également prises pour améliorer la qualité des océans sans toutefois réussir à contrebalancer les tendances lourdes de la dégradation globale des eaux marines mondiales. Les PMA constituent des enjeux médiatisés d'autant que des premiers succès viennent encourager les efforts antérieurs de restauration (i.e. l'esturgeon européen se reproduit en Gironde et dans l'Elbe en 2022). Les législations européennes et nationales définissent pour les PMA des objectifs clairs et des échéanciers raisonnables de restauration qui rencontrent une adhésion générale. Des outils et des méthodes de travail (diagnostic, remédiation) adaptés à la diversité des contextes locaux sont mis à disposition via des programmes de gestion appuyés par des actions de recherche.

Au niveau régional, les instruments de gestion dédiés aux PMA sont habilement harmonisés avec les instruments de gestion et de préservation de la qualité des milieux aquatiques. Les plans de gestion des PMA trouvent naturellement leur place dans les SDAGE et conduisent à

des mesures de gestion efficace pour les communautés aquatiques. L'efficacité des mesures est évaluée de manière indépendante et prévue dès la conception, l'articulation entre les différents acteurs étant facilitée. En outre-mer, une structure équivalente aux COGEPOMI est mise en place en 5 ans afin d'intégrer la présence des PMA comme un atout fort de la biodiversité locale.

Dans ce contexte favorable, après une quinzaine d'années de mesures appropriées, la quasi-totalité des populations de PMA se reconstruisent. On assiste à un maintien voire une expansion de l'aire de répartition de certaines espèces de PMA souvent décalée vers les hautes latitudes par rapport à leur aire historique du fait des changements climatiques. L'exploitation vivrière des PMA redevient d'actualité dans certaines régions du globe : on assiste dans la Société à une conversion de la conscience sociale et écologique vers la terre nourricière et des valeurs de parcimonie et de partage. A une échelle plus large, l'intérêt du grand public pour ces espèces migratrices se développe. Les collectivités locales et des opérateurs de l'Etat sont enclins à soutenir les initiatives de recherche, de restauration et de valorisation des communautés aquatiques dont font partie les PMA. Le développement des connaissances scientifiques sur les PMA, à l'instar d'autres thématiques liées à l'environnement et à la santé humaine, bénéficient d'un engouement général concernant ces espèces. La législation encadrant l'expérimentation animale permettant l'acquisition de connaissance veille à faire respecter le bien-être animal.

Suite aux revendications de la communauté scientifique, le financement par projet consommant beaucoup de temps de gestion au détriment de la Recherche, le financement des organismes de recherche sur dotations augmente ce qui permet d'inscrire des recherches sur le moyen et le long terme. Pour autant, le financement global de la Recherche reste constant. Les États, ne s'étant pas complètement entendus sur l'espace européen, gardent la main mise sur la Recherche, notamment fondamentale, en mettant en avant les alliances thématiques de recherche. L'ANR garde, cependant, un rôle dans le financement de la Recherche. Chaque organisme de recherche (universités, instituts) dispose d'une marge d'autonomie suffisante pour maintenir des possibilités d'orientations stratégiques et retrouve partiellement la temporalité d'une recherche moins frénétique (« slow science »). Les décideurs politiques sont convaincus qu'il est nécessaire de faire progresser les connaissances fondamentales pour pouvoir extraire à plus ou moins long-terme les solutions aux problèmes à venir.

Dans cette logique, les recherches sur les PMA dans les 10 prochaines années sont incluses dans un large panel de recherches thématiques sur les communautés aquatiques. Quarante-vingt pourcent des recherches sur les PMA sont partie intégrante de programmes de recherche visant à l'étude globale des communautés piscicoles. Vingt pourcent des recherches sur les PMA sont spécifiques à des programmes dédiés aux PMA. De nouveaux chercheurs statutaires, issus de disciplines variées, sont recrutés. Les formations proposées dans le domaine de l'environnement sont nombreuses et variées, il existe quelques formations spécifiques sur les PMA. Les outils de recherche mobilisés sont multiples avec une recherche permanente d'adéquation avec la question posée. Les questions peuvent être posées par la Société et les scientifiques en maintenant une certaine harmonie entre réponse à la demande sociétale (immédiate et future) et recherche fondamentale qui répondra aux questions du futur. La qualité de la recherche est mise en avant, celle-ci étant jugée tant sur l'excellence scientifique pure que sur l'utilité sociale. La revue par les pairs reprend de l'importance dans l'évaluation, cohabitant avec des indicateurs standardisés appropriés. Globalement, dans les vingt prochaines années, la confiance accordée à la

Science et aux scientifiques s'accroît, notamment car la recherche scientifique réussit à faire la preuve de ses impacts positifs sur les sujets de préoccupation de la population. La Société comprend que la recherche fondamentale pourra avoir une portée à longue échéance, on est dans une Société qui ne pense pas qu'aux « profits » immédiats (même si les aspects appliqués de la Recherche sont toujours à l'honneur), elle s'inscrit dans une démarche de prospective.

1.6. Scénario 6 : PMA, indicateurs synthétiques

- Les poissons et l'environnement en général sont clairement mis au service des usages humains ;
- Les PMA sont devenus des indicateurs techniques de la qualité de l'environnement orientant de fait les recherches sur ces espèces avec le développement en particulier des « omiques » ;
- L'Europe finance la recherche fondamentale et les régions la recherche appliquée.

Depuis la loi de 1992, les milieux naturels aquatiques ont trouvé leur place dans la politique nationale de l'eau. Cette évolution a été reprise et renforcée par la Directive-cadre de 2000 fixant un objectif de bon état des ressources en eau et des milieux aquatiques en Europe. La surveillance de la qualité de l'eau, avec sa dimension chimique, mais aussi biologique, y est jugée importante. Une telle attention entend contribuer à un développement plus harmonieux des usages humains (eau potable, usages économiques, usages ludiques, préservation de la biodiversité) dans les territoires, ceci afin de préserver la santé des générations actuelles et la qualité des environnements transmis aux générations futures.

Pour évaluer la qualité biologique des masses d'eau, la DCE a imposé quelques indicateurs jugés pertinents dont les poissons. Au vu des caractéristiques singulières des PMA (types d'habitats de reproduction et/ou de croissance, exigences en termes de qualité d'eau et de circulation au sein des bassins versants), les citoyens comprennent mieux l'intérêt de les utiliser comme bio-indicateurs de l'état et du fonctionnement des bassins versants.

Des groupes de travail se mettent donc en place avec la participation de scientifiques spécialisés, soutenus financièrement par l'Europe et les niveaux nationaux. Leur objectif est de confronter et d'harmoniser les méthodes d'évaluation de l'état des PMA ainsi que de définir les grilles de référence. Ces groupes doivent également intégrer la demande de prise en compte du bien-être animal émanant de la majorité des citoyens.

Pour préciser les relations entre les PMA et la qualité de l'eau et des milieux, des actions de recherche académique sont soutenues et mises en œuvre par un réseau européen de laboratoires d'excellence.

La définition de nouveaux protocoles de surveillance intégrant ces contraintes, s'appuie sur une connaissance de plus en plus fine des comportements des PMA et utilise des nouveaux outils et types d'analyse. Dans ce domaine, ces actions profitent pleinement de l'importante recherche environnementale qui se développe dans les pays émergents et surtout en Chine où la restauration de la qualité de l'air et de l'eau est devenue une priorité absolue. On y assiste notamment au développement d'approches de génomique à des fins d'inventaires qualitatifs rapides (sondes ADN) et quantitatifs (indicateurs de contacts avec contaminants ou d'impact).

Au travers de ces nouvelles analyses, on évalue de plus en plus régulièrement l'état du potentiel reproducteur ou de l'état de santé des PMA dans un bassin versant, l'objectif étant plus d'établir des cartographies de l'état écologique d'un hydro-système que d'évaluer le fonctionnement des populations piscicoles concernées.

En cas d'évaluation défavorable, la démarche de gestion vise à réduire les pressions d'origine humaine s'exerçant sur ces espèces sans recourir à des actions d'alevinage. Dans les cas où de tels soutiens se mettent en place, il ne s'agit que d'actions temporaires (délais nécessaires pour réduire les pressions) utilisant des individus marqués pouvant être repérés dans les inventaires réalisés.

Ce sont les structures locales de gestion qui prennent en charge l'objectif de réduction des pressions en définissant et en coordonnant des actions correspondant à des niveaux très contrastés entre bassins versants, voire entre sous-bassins. Ces différences entre systèmes traduisent l'intérêt plus ou moins marqué des acteurs locaux pour cette communauté migratrice particulière (pêche de loisirs, protection d'une espèce jugée importante localement, etc.).

Parallèlement à la conception à grande échelle de méthodes d'échantillonnage et d'analyse normalisées pour obtenir une bio-indication « migratrice » pertinente, des demandes se font donc également pour disposer au niveau des bassins versants, de méthodes, d'outils et d'indicateurs permettant de préciser les pressions les plus impliquées et de définir ainsi une stratégie d'intervention hiérarchisée et optimisée. Cette stratégie prend en compte les dimensions biologiques, mais aussi économiques de la question et se nourrit d'essais encadrés sur le plan scientifique.

Des structures locales de recherche opérationnelle développent donc des démarches de gestion expérimentale. Elles y accompagnent des acteurs dans l'analyse des retombées d'une intervention concrète sur un site et sur un type de pression, au travers de méthodes et d'indicateurs adaptés. La mise en réseau à large échelle (*nationale, européenne*) de ce type de démarches locales permet au final de disposer de tout un éventail de réponses en explicitant les contextes (*types de bassins, types d'usages,...*) pour lesquels elles apparaissent les plus adaptées.

L'équilibre et la complémentarité des différents types de recherche que nous avons évoqués ici sont considérées comme essentielles, chacun ayant à faire la preuve de son niveau de qualité et d'utilité sociale en retour de l'appui public dont ils font l'objet.

Ces soutiens sont orchestrés soit par le niveau européen, les États ayant choisi de fédérer leurs capacités de financement pour en augmenter l'efficacité, soit par les régions aux caractéristiques et aux objectifs divers.

2. Analyse des scénarios

Les 6 scénarios peuvent se disposer sur une frise temporelle en essayant d'identifier les bifurcations (Figure 44).

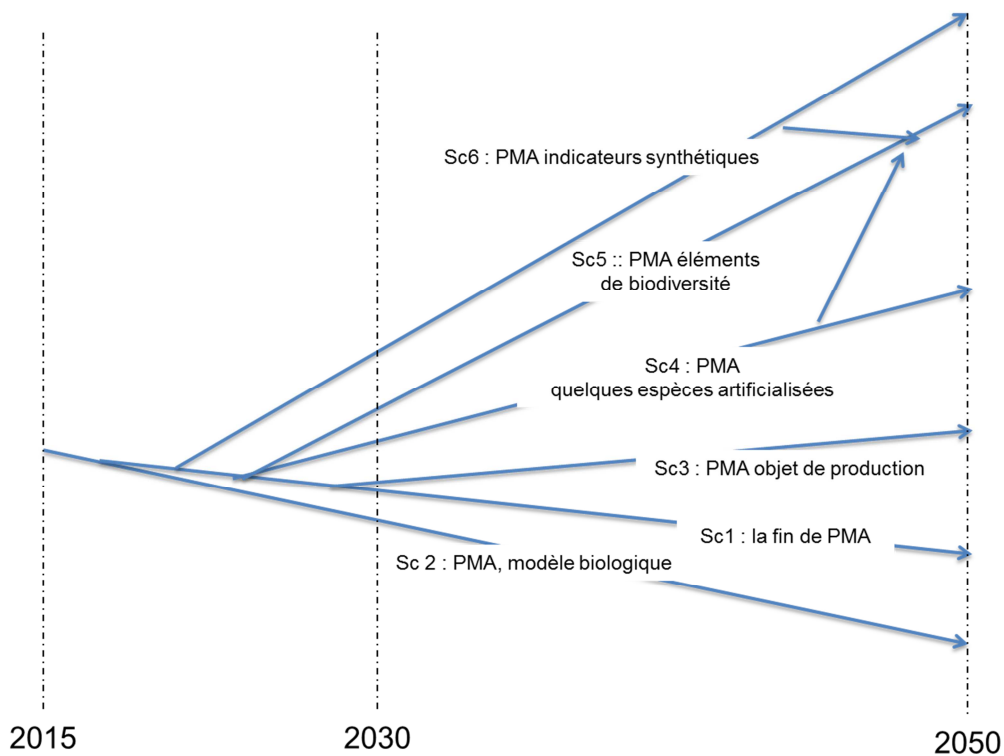


Figure 44 : Arborescence des scénarios

Après échanges au sein du groupe, une cartographie a pu être dressée (Figure 45) dans un plan où le premier axe oppose des objectifs sociétaux centrés sur la production à ceux plus tournés vers les approches écosystémiques, et le deuxième axe renseigne sur l'intensité des recherches sur les PMA.

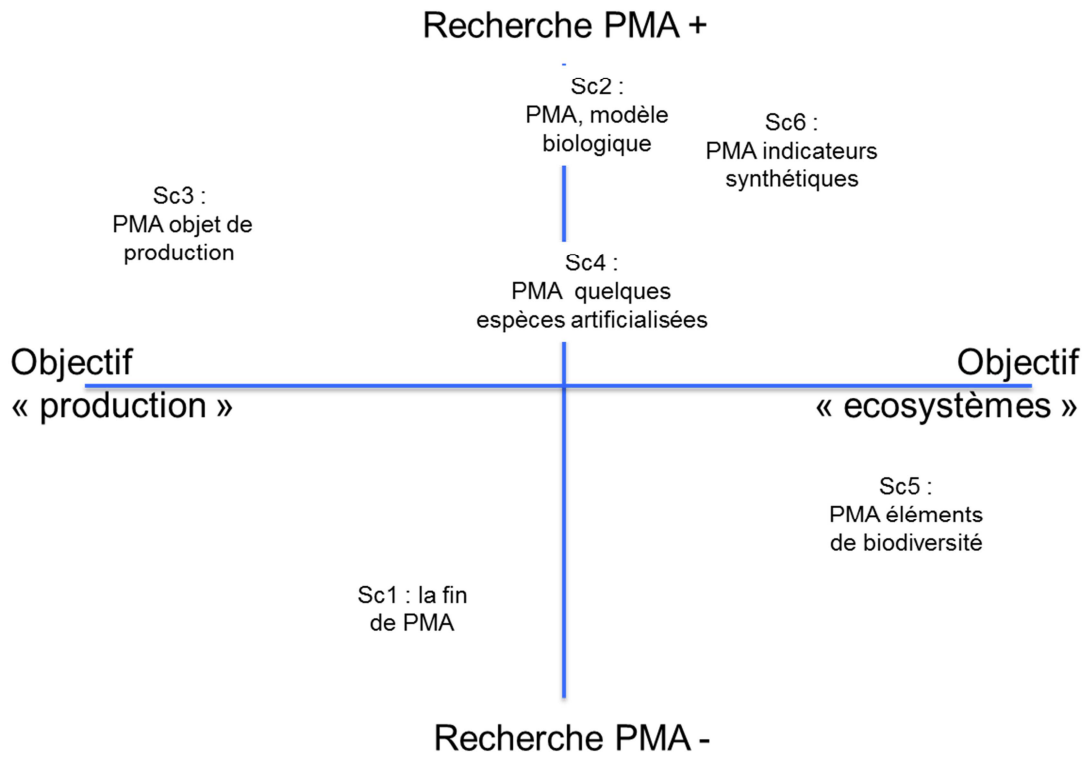


Figure 45 : Cartographie des scénarios en fonction de l'objectif et de l'intensité des recherches sur les PMA

Section-E Enjeux de recherche

Le groupe de prospective a identifié 5 enjeux concernant les objectifs de recherches, le choix des espèces, les objets de la recherche ainsi que l'organisation de la recherche qui ont été détaillé pour chaque scénario. A partir de cette description, les enjeux ont ensuite été synthétisés pour identifier les différentes options possibles pour une équipe (ou un chercheur) qui s'intéressent aux PMA. Ces éléments seront à mobiliser dans la phase de réflexion stratégique de l'équipe.

1. Enjeux par scénarios

1.1. Scénario 1 : Fin des PMA

1.1.1. Objectifs de la recherche

Il reste une recherche, vivant sur ses acquis, très largement spécialisée sur les thématiques qui permettent le développement de l'aquaculture.

1.1.2. Choix des espèces

La recherche se concentre sur les espèces de PMA qui ont une valeur ajoutée spécifique (rapport qualité/prix) par rapport à d'autres pour l'aquaculture. *A priori*, seules les espèces « luxueuses » (esturgeon, saumon, et nouvelles espèces : tarpon, alose ?) disposent de cet avantage comparatif.

1.1.3. Objets de la recherche

La recherche se concentre sur l'optimisation des performances aquacoles. Le caractère PMA n'est donc pas déterminant et peut même être un handicap. La recherche sur les PMA porte notamment sur l'affranchissement du caractère migratoire des PMA pour faciliter l'élevage des différentes phases du cycle de vie.

Les opérations de remédiation des habitats sont le fait d'actions empiriques de militants isolés et non le fruit de recherches structurées.

1.1.4. Organisation de la recherche

Le nombre de chercheurs est en diminution, notamment dans la recherche publique. La plupart des chercheurs travaillent pour des groupes privés cherchant à développer l'aquaculture et à optimiser leurs gains dans un contexte d'une aquaculture essentiellement productiviste, mais de haute qualité (luxe). La recherche publique qui demeure (encore pour un temps) sur les PMA se concentre sur l'identification des risques liés au développement de l'aquaculture sur les populations sauvages.

1.2. Scénario 2 : PMA, modèles biologiques

1.2.1. Objectifs de la recherche

Les recherches sur les PMA ont pour objectif d'alimenter des réflexions académiques sur des grandes problématiques animant la communauté scientifique au sens large (migration, viabilité des populations et extinction des espèces, adaptabilité des individus à des environnements changeants, services écosystémiques, biodiversité, ...).

1.2.2. Objets de recherche

Les PMA ne sont des objets de recherche que comme modèles biologiques de recherches plus larges.

1.2.3. Choix des espèces

Toutes les espèces peuvent être concernées, mais par intermittence, les chercheurs choisissant l'espèce qui leur semble, de par ses caractéristiques, la plus adéquate pour servir de support de recherche pour les concepts étudiés.

1.2.4. Organisation de la recherche

Chercheurs spécialisés par espèces et chercheurs spécialisés sur des concepts/problématiques travaillent ensemble dans une organisation par projets. Les équipes de recherche sont structurées soit sur des espèces (pool de spécialistes espèces mobilisés dans des projets spécifiques, avec risque de périodes creuses), soit sur des thématiques de recherche pouvant solliciter au coup par coup tel ou tel expert (à l'échelle internationale) de telle ou telle espèce pour les besoins de sa recherche. Les chercheurs sont évalués sur leurs contributions aux projets scientifiques.

1.3. Scénario 3 : PMA, objets de production

1.3.1. Objectifs de la recherche

Une recherche spécialisée permet le développement de l'aquaculture et du « sea ranching », avec maintien d'une recherche publique qui se concentre sur l'identification des voies et moyens d'optimiser l'aquaculture sans sacrifier le milieu (« aquaculture durable »).

1.3.2. Espèces concernées

Les recherches portent sur les espèces qui disposent de caractéristiques valorisables en terme d'aquaculture que ce soit pour leur valeur gustative ou purement nutritive, e.g. espèces « luxueuses » (saumon, esturgeon), appréciées (anguilles, truites, aloses, lamproies), ou à forte valeur nutritive (flet, mullets). Ces espèces font l'objet d'une aquaculture développée uniquement si elles sont un avantage comparatif (rapport qualité/coût) par rapport à d'autres espèces non-amphihalines.

1.3.3. Objets de recherches

Les recherches se centrent sur l'augmentation de la valeur ajoutée de l'exploitation aquacole des espèces. Les recherches en ingénierie aquacole sont très poussées.

On cherche à limiter le coût d'exploitation lié au caractère migratoire des poissons : recherche sur l'affranchissement du caractère migratoire des PMA dans les fermes aquacoles, ou rentabilisation de ce caractère migratoire pour permettre la croissance en dehors des fermes aquacoles (stock moins important, flux optimisés). Sur ce point, l'optimisation du « sea ranching » est prioritaire avec des recherches sur l'imprégnation (pour éviter l'errance et diminuer le taux de non-retour sur investissement) ou sur l'apprentissage (identification des risques et comportements d'évitements pour diminuer les risques de pertes en mer) ; de même, les recherches abordent la gestion des stocks chevauchant (« straddling stock »). En parallèle, le droit de la pêche, et plus généralement le droit d'accès à la ressource devient un enjeu majeur (pêcheurs en mer *versus* aquaculteurs). Une voie d'aquaculture « bio » se développe sur les espèces luxueuses ou chic, accompagnée par des recherches complémentaires sur la voie d'intensification écologique : limitation aux verrous de production (substituts naturels aux intrants; limitation des extrants).

Les opérations de remédiation des habitats sont le fait de militants isolés et non de professionnels.

1.3.4. Organisation de la recherche

La recherche directe sur les PMA est financée essentiellement par des filières et des acteurs privés, mais également par les autorités locales qui misent sur le développement aquacole pour dynamiser l'économie. La recherche publique travaille sur la remédiation des externalités liées au développement massif de l'aquaculture. Un pan actif de recherche publique se développe sur le droit de la pêche (juristes, économistes, politistes) pour gérer les conflits d'usage. C'est un domaine de lobbying fort.

1.4. Scénario 4 : PMA, quelques espèces artificialisées

1.4.1. Objectifs de la recherche

La recherche sur les PMA a pour objectif principal de permettre l'augmentation de l'abondance des populations d'espèces phares/symboliques.

1.4.2. Espèces concernées

Les espèces concernées sont celles les plus emblématiques aujourd'hui (saumon, esturgeon), et celles qui peuvent le devenir demain (tarpon ?). Certaines ont une aura universelle (saumon), d'autres sont déterminées localement (esturgeon dans la Gironde et dans le Rhin, lamproie dans la Gironde, tarpon dans la Seine...) : ce sont des espèces ayant une forte valeur culturelle dans les bassins versants.

1.4.3. Objets de recherche

Les recherches sont centrées sur le (re)peuplement par les espèces symboliques des cours d'eau, qu'ils soient encore naturels ou largement artificialisés. Ainsi, on travaille sur deux volets : une meilleure résistance des espèces aux menaces du milieu (artificialisation du cycle de vie avec perte du caractère migratoire par exemple, -amélioration génétique des individus pour accroître leur résilience (poisson-augmenté), recherche-ingénierie de la reproduction assistée et sur la préparation au lâcher pour une résilience accrue) et transformation du milieu pour le rendre plus accueillant (habitats), y compris par une artificialisation forte. Un pan de recherche se développe également sur l'influence de ces espèces plus ou moins artificialisées sur l'écosystème.

1.4.4. Organisation de la recherche

La recherche est essentiellement publique ; les espèces sont pour la majorité déterminées localement. Les relations recherche-ingénierie sont étroites. Des travaux en sciences sociales essaient de mesurer le niveau d'acceptabilité de l'artificialisation de la nature par les sociétés.

1.5. Scénario 5 : PMA, éléments de la biodiversité

1.5.1. Objectifs de la recherche

Les recherches sur les PMA visent à préserver ou restaurer la diversité des assemblages de PMA.

1.5.2. Espèces concernées

Toutes les espèces sont concernées, individuellement, et dans leurs rapports avec la communauté piscicole.

1.5.3. Objets de recherche

Au début de la période, les PMA sont étudiés comme indicateurs de la qualité de l'environnement ; les recherches portent à la fois sur la présence/absence à un instant

donné mais aussi et de plus en plus sur les évolutions du peuplement au cours du temps pour évaluer les progrès accomplis sur la qualité de l'environnement (qui fait par ailleurs l'objet de mesures actives).

Les PMA sont ensuite étudiés comme éléments de fonctionnement des écosystèmes (communautés piscicoles notamment). Enfin, la recherche porte sur les valorisations possibles de PMA abondants (exploitation durable). Les objets de recherche sont, donc, de connaissance et non de remédiation.

1.5.4. Organisation de la recherche

La recherche est centrée sur les enjeux de connaissance (« knowledge oriented »). Elle est publique et en liaison forte avec la préoccupation sociétale de préservation/restauration de la biodiversité.

1.6. Scénario 6 : PMA, indicateurs synthétiques

1.6.1. Objectifs de la recherche

Les recherches visent à transformer des PMA en bio-indicateur de la qualité des écosystèmes.

1.6.2. Espèces concernées

Toutes les espèces peuvent être *a priori* concernées ; elles sont sélectionnées en fonction de leurs caractères plus ou moins propres à servir d'indicateur (comportement, physiologie). Dans ce cadre, certaines espèces (flet, anguilles, saumon mais pas uniquement) sont privilégiées si elles combinent les différentes caractéristiques utiles à l'élaboration de l'indicateur (abondances élevées, large répartition spatiale, nature du cycle de vie, plus longue mémoire environnementale, etc.).

1.6.3. Objets de recherche

La recherche porte sur la mise au point de l'indicateur au regard de ce que l'on veut mesurer et des caractéristiques du poisson : construction de la métrique, sensibilité, intégration de l'expertise dans la métrique, etc. Les indicateurs sont conçus non seulement comme des indicateurs d'état, mais aussi de fonctionnement pouvant retracer des évolutions ce qui suppose une recherche sur l'écologie des espèces.

Les recherches portent également sur la récolte de la donnée (échantillonnage, ADN environnemental, science participative, etc.)

La recherche peut porter sur des traitements individuels (informations particulières données par tel ou tel poisson), mais elle se concentre sur l'analyse des grands nombres.

1.6.4. Organisation de la recherche

La recherche est développée en lien étroit avec les réglementations sur l'eau édictées notamment au niveau européen. La recherche est essentiellement publique et académique, portée par des laboratoires en compétition/coopération pour obtenir les marchés publics.

2. Synthèse des enjeux

2.1. Objectifs de la recherche

Les objectifs de la Recherche sont assez contrastés entre les scénarios. Globalement, ont été distinguées

- des recherches centrées sur des objectifs de production aquacole que ce soit pour la consommation (Sc 1 et 3), pour le repeuplement de populations artificialisées (c 4) ou pour disposer de meilleurs bio-indicateurs (Sc 6),
- des recherches centrées sur des questions de connaissances académiques pour comprendre les comportements et le fonctionnement, des individus, des populations ou des écosystèmes (Sc 2 et 5).
- les recherches à visée opérationnelle pour résoudre des problèmes (amélioration des habitats, soutiens de population, transparence d'ouvrages, etc.), le plus souvent implicites dans les scénarios (Sc 2,4, 5 et 6).

Sur ce dernier point, un enjeu majeur est lié à l'artificialisation croissante (des milieux ou des PMA) qui sont structurants dans de nombreux scénarios. La question des définitions de cette artificialisation (et donc de ce qu'est un état naturel), des objectifs, des paradoxes, de l'acceptabilité de cette artificialisation (artificialisation du milieu pour rétablir l'état naturel des espèces par exemple), et de ses modalités se posent dans plusieurs scénarios.

2.2. Espèces concernées

Certaines espèces font l'objet d'une recherche dans tous les scénarios : ce sont les espèces de luxe, les plus emblématiques (esturgeon, saumon) qui servent des usages à la fois alimentaires et symboliques. La recherche sur les autres espèces est plus erratique, dépendant de leur capacité à répondre aux fonctions qui en sont attendues (espèces symboliques locales dans le Sc 4, indicateurs de qualité dans le Sc 6, aquaculture rentable dans le Sc 3).

2.3. Objets de la recherche

Les objets de recherche portent selon les scénarios sur des aspects différents. Néanmoins, certains objets de recherche, en termes de processus biologiques (reproduction, croissance, migration survie), de variabilité d'histoires de vie ou de prise en compte par la Société, sont largement partagés dans les différents scénarios envisagés comme le montre le Tableau 15.

2.1. Disciplines mobilisées

Les disciplines mobilisées peuvent relever de champs divers : physiologie, comportement, écologie, dynamique des populations, génétique, évolution, microchimie, éco-toxicologie, halieutique, électronique, traitement de données, géographie, droit, économie, et sociologie-anthropologie. En partant des sections et de leurs description utilisées par le Conseil National des Universités (CNU) pour la qualification des enseignants-chercheurs, nous avons proposé un découpage en 14 disciplines pour les sciences naturelles (1 pour la biochimie, biologie moléculaire et la biologie cellulaire biologie moléculaire, 6 pour la biologie des organismes et 7 pour la biologie des populations et l'écologie) et 6 pour les sciences sociales et humaines (Tableau 16 et Tableau 17).

Aucun scénario ne cantonne la recherche sur les PMA à un seul champ disciplinaire. Les recherches sur les PMA se caractérisent donc par leur multidisciplinarité. Néanmoins, l'équilibre entre les différentes disciplines varie selon les scénarios. Le scénario 2 où les PMA sont des modèles biologiques est celui qui permet le développement disciplinaire le plus vaste. Au contraire le scénario 1, où les recherches sur les PMA sont en perte de vitesse n'intéresse plus que deux disciplines. Physiologie, aquaculture, dynamique de population, écologie comportementale et biostatistiques interviennent dans au moins 4 des 6 scénarios.

En sciences sociales et humaines, la discipline « géographie et l'aménagement du territoire » est présente dans tous les scénarios. Le scénario 4 « quelles espèces artificialisées » est celui qui fait appel à toutes les disciplines considérées dans ce travail.

Tableau 15 : Sujets de recherches étudiés prioritairement pour chaque scénario

	Sujets de recherche étudiés prioritairement					
	Reproduct ion	Croissance	Migration	Survie	Histoire de vie	Acceptation sociale
Scénario 1 : « fin de PMA »	+	+	+ (pour le limiter)	+		
Scénario 2 : « modèles biologiques »	+	+	+++	+	+++	+
Scénario 3 : « objet de production »	++	++	+ (pour le limiter)	++	+	+
Scénario 4 : « quelques espèces artificialisées »	+++	+	+	++	+	++
Scénario 5 : « éléments de biodiversité »	+	+	++	+	+++	+
Scénario 6 : « indicateurs synthétiques »					+++	+

Tableau 16 : Disciplines en sciences biologiques mobilisées dans chaque scénario

		Sciences biologiques															
		Biochimie, biologie moléculaire, biologie cellulaire			Biologie des organismes							Biologie des populations et écologie					
			Anatomie, systématique	Phylogénie	Physiologie	Ecotoxicologie	Aquaculture	Biotechnologie	dynamique de population, halieutique	Ecologie comportementale	Ecologie de la conservation	Ecologie des communautés, écologie fonctionnelle	Ecologie moléculaire, Ecotoxicologie	Ecologie évolutive, Génétique des populations	Biomathématiques, Biostatistiques,		
Scénario « fin de PMA »					1		2										
Scénario « modèles biologiques »	1			1	2	2	1		2	2	2	1	1	2	2		
Scénario 3 « objet de production »					2	1	2	1	1	1					1		
Scénario 4 « quelques espèces artificialisées »	1				1		2		2	1					1		
Scénario 5 « éléments de biodiversité »							1		1	2	1	2	1	1	2		
Scénario 6 « Indicateurs synthétiques »					2				1			2			2		

Tableau 17 : Disciplines en sciences humaines et sociales mobilisées dans chaque scénario

	Sciences humaines et sociales					
	Sciences économiques	Géographie, aménagement de l'espace	Science politique	Sociologie, démographie	Sciences juridiques	Sciences de l'éducation, sciences de l'information et de la communication
Scénario 1 : « fin de PMA »	1	1				
Scénario 2 : « modèles biologiques »	1	1	1	1		
Scénario 3 : « objet de production »	2	1	1		2	
Scénario 4 : « quelques espèces artificialisées »	1	1	1	2	1	1
Scénario 5 : « éléments de biodiversité »		2	2	2		2
Scénario 6 : « indicateurs synthétiques »		2		1		2

2.2. Organisation de la recherche

Les enjeux d'organisation de la recherche se présentent de façon différente selon les scénarios. Certains sont clairement marqués par une dualité recherche privée / publique, la première étant centrée sur l'optimisation de la production, et la seconde étant soit en appui à cette optimisation (recherche publique au service de l'économie régionale), soit en frein (étude des externalités). L'équilibre recherche publique/privée est très différent selon les scénarios.

Les chercheurs peuvent se trouver confrontés dans la recherche publique à des problèmes éthiques (œuvrer à soigner les effets sans remédier aux causes des perturbations pour donner l'illusion d'un bon état écologique); dans la recherche privée à des problèmes moraux (contradiction entre objectifs de leurs recherches et leurs valeurs personnelles).

La structuration des équipes de recherche peut prendre des configurations variées, non seulement entre les scénarios, mais également au sein de chacun. Si certains scénarios se prêtent a priori bien à la constitution d'équipes *ad hoc* centrées sur certaines espèces de PMA correspondant particulièrement bien aux fonctions attendues de ces poissons (scénarios 4, 3), d'autres supposent plutôt la constitution d'équipes flexibles se constituant essentiellement par assemblage de compétences diverses autour d'une mission définie. Dans cette deuxième configuration, il convient là encore de distinguer deux cas : des missions centrées sur les PMA, mais supposant de s'associer d'autres compétences (scénario

6) et des missions non centrées sur les PMA, mais pouvant s'enrichir de compétences PMA centrées (scénarios 2 et 5). Dans le premier cas de figure, le cœur de l'équipe peut être constitué par les PMA, dans le deuxième cas, non.

Dans tous les cas, les questions de gestion du nomadisme des chercheurs (souhaité ou subi) et de la structuration des équipes de recherche sont posées. Elles sont liées aux questions des partenariats. La question pour les équipes étant donc essentiellement celle de leur identité, de leur affichage, et de leur taille critique pour exister aux yeux des principaux commanditaires et destinataires de la recherche.

2.3. Enjeux technologiques

Les enjeux technologiques pour une équipe de recherche travaillant sur les PMA sont multiples :

- L'accès à des moyens d'échantillonnage (moyens nautiques, pêche électrique, drones, etc pour les Sc 2, 3, 4, 5, 6) et de caractérisation du milieu (capteurs, imagerie, ... pour les Sc 2, 5, 6), des plateformes d'expérimentation (batteries d'aquarium automatisées, écloseries, etc.) et à des centres d'analyses (microscopie, microchimie, chimie analytique, ... pour les Sc 2, 5, 6) maintenus à la pointe des développements technologiques. Soit ces plateaux sont adossés directement aux équipes de recherche soit les équipes ont un droit d'accès pour des plateaux mutualisés ;
- La mise au point d'outils non invasifs et massifs pour caractériser (pour la bio indication dans le Sc 6), suivre (par exemple pour la compréhension des migrations dans les Sc 2, 3 et 5) un grand nombre d'individus en limitant les perturbations comportementales. Dans ce cadre on peut penser aux outils biomédicaux (échographie dès à présent, IRM demain si la miniaturisation se poursuit, etc.) ou issus du génie génétique (puces à ADN, etc.), à la miniaturisation des marques avec les nano-batteries ;
- Le développement ou l'accompagnement du génie écologique allant des outils classiques de remédiation (passe à poissons, gestion coordonnée des débits, soutien de populations ... pour les Sc 5 et 6) au génie génétique (poissons génétiquement modifiés à croissance rapide (Sc 3), résistants aux contraintes de l'environnement (Sc 4), etc.).

Résumé/Abstract

Insights provided by futures analyses are becoming increasingly important for planning research activities in a rapidly changing world. Few examples exist in fisheries science. A structured methodology based on a series of facilitated workshops and consensual decisions was applied here to draw potential areas for future research on diadromous fishes circa 2030 that could be of relevance for European researchers. First, twenty drivers were identified and fell within the scope of (i) diadromous fish conservation, (ii) their place and roles in modern societies, (iii) the main features of the world of science and research, and (iv) the main characteristics of research activities on this biological group. Driver's evolution during the past and the estimation of their potential development in the future (i.e. hypotheses) were examined. Then, the combination of drivers' hypotheses within each of the four components listed above led to micro-scenarios describing how the components could plausibly change in the next fifteen years. Finally, global scenarios were obtained by the juxtaposition of four micro-scenarios, one for each of the components. The 6 global scenarios that present possible futures for diadromous fish research were arranged in a dimensional plot, with the first axis opposing food production objectives to ecosystem preservation approaches and the second axis representing the intensity level of studies on diadromous fishes. Challenges that were identified and discussed from these global scenarios were mostly structural, intellectual and ethical, and can be useful to better inform future changes in thematic positioning, missions, boundaries, technical investments, and funding opportunities operated by laboratories or individual researchers working on diadromous fishes.

Keywords: diadromous fishes; futures study; research activities; scenarios of evolution; strategic orientations