



**HAL**  
open science

## **Expertise sur les populations d'aloses et de lamproies : évolutions des populations et identification des pressions**

Marius Dhamelincourt, Maud Charles, Catherine Boisneau, Françoise Daverat, Guillaume Evanno, Patrick Lambert, Emilien Lasne, Sophie Launey, Céline Le Pichon, Cédric Tentelier, et al.

### ► **To cite this version:**

Marius Dhamelincourt, Maud Charles, Catherine Boisneau, Françoise Daverat, Guillaume Evanno, et al.. Expertise sur les populations d'aloses et de lamproies : évolutions des populations et identification des pressions. Pôle Gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, OFB, INRAE, INSTITUT AGRO, UNIV PAU & PAYS ADOUR/E2S UPPA (MIAME). 2024, pp.173. hal-04694570v2

**HAL Id: hal-04694570**

**<https://hal.inrae.fr/hal-04694570v2>**

Submitted on 6 Jan 2025

**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.

# Expertise sur les populations d'aloses et de lamproies

## Évolutions des populations et identification des pressions

### Rapport final

Marius Dhamelincourt<sup>1, 2</sup>

Maud Charles<sup>1, 2</sup>

Catherine Boisneau<sup>3</sup>

Françoise Daverat<sup>1, 4</sup>

Guillaume Evanno<sup>1, 5</sup>

Patrick Lambert<sup>1, 6</sup>

Emilien Lasne<sup>1, 5</sup>

Sophie Launey<sup>1, 5</sup>

Céline Le Pichon<sup>1, 7</sup>

Cédric Tentelier<sup>1, 4</sup>

Laurent Beaulaton<sup>1, 8</sup>

<sup>1</sup>Pôle Gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, OFB, INRAE, INSTITUT AGRO, UNIV PAU & PAYS ADOUR/E2S UPPA (MIAME)

<sup>2</sup>Unité expérimentale U3E (Unité Expérimentale d'Ecologie et d'Ecotoxicologie Aquatique), INRAE, OFB

<sup>3</sup>UMR CITERES (Cités, TERRitoires, Environnement et Sociétés), Université de Tours

<sup>4</sup>UMR ECOBIOP (Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons), INRAE, UPPA, Saint-Pée-sur-Nivelle

<sup>5</sup>UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, Institut Agro, IFREMER, Rennes

<sup>6</sup>Unité EABX (Écosystèmes aquatiques et changements globaux), INRAE, Cestas

<sup>7</sup>INRAE Antony

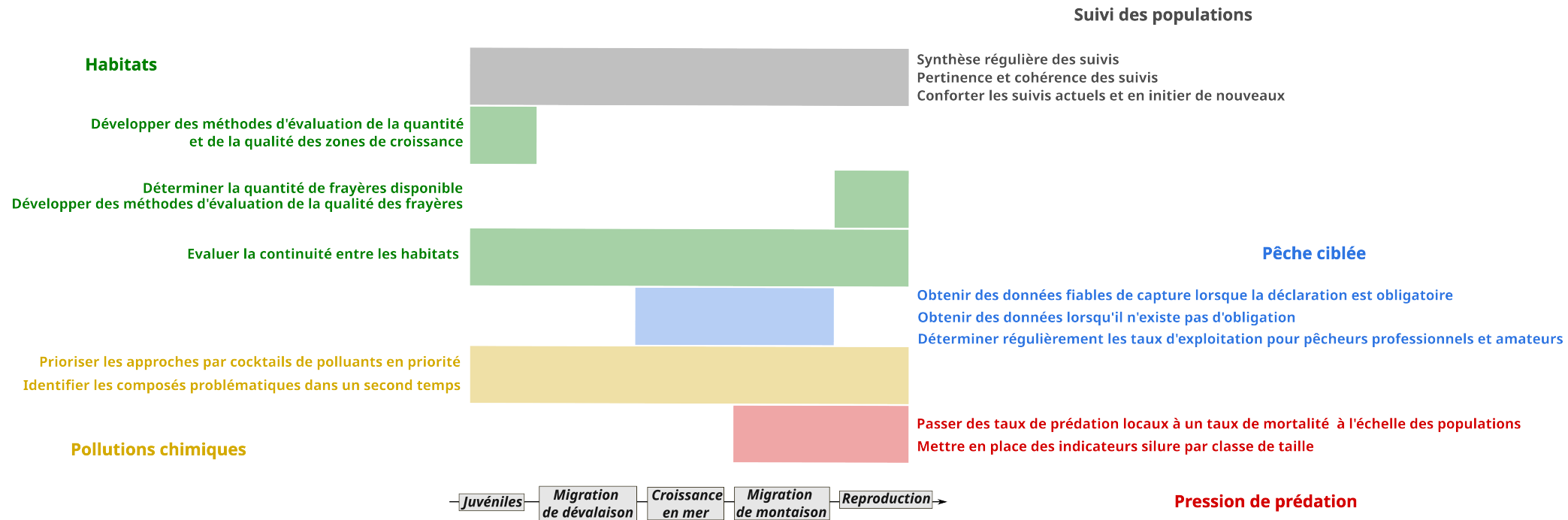
<sup>8</sup>Service Conservation et Gestion Durable des Espèces Exploitées, Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique, OFB, U3E, Rennes, France

## Résumé

Les populations d'aloses (*Alosa alosa*, *Alosa fallax*, *Alosa agone*) et de lamproies (*Petromyzon marinus*, *Lampetra fluviatilis*) anadromes sont menacées dans une grande partie de leur aire de répartition, avec une préoccupation particulière en France. Les populations françaises représentent un défi majeur en matière de conservation, en particulier pour la grande alose et la lamproie marine, car le pays abrite historiquement les plus grandes populations d'Europe. Cette synthèse vise à déterminer les tendances des populations dans les bassins hydrographiques français et à identifier les pressions les plus probables affectant les populations de lamproies et d'aloses. Des séries temporelles provenant de stations de comptage (25 séries pour les aloses, 24 pour les lamproies), de pêcheries (20 séries pour les aloses, 8 pour les lamproies), de comptages de bulls (5 séries pour les aloses), de comptages de nids (9 séries pour les lamproies) et de fronts de migration (1 série pour les aloses) ont été collectées. Une analyse factorielle dynamique a été appliquée aux séries temporelles remontant à 2005 au minimum. Une méthode pour les agréger en clusters a été développée, chaque cluster étant caractérisé par une tendance générale plus facilement interprétable. Douze clusters pour les aloses et 11 pour les lamproies ont été identifiés, différant principalement par des changements dans les périodes d'abondance maximale. Ces clusters révèlent un déclin important pour ces espèces au cours des dernières années : 9 groupes sur 12 montrent une tendance à la baisse pour les aloses et 8 sur 11 pour les lamproies. La situation actuelle est particulièrement alarmante car les principales populations historiques ont quasiment disparu. Une méthode d'élicitation d'experts a été appliquée pour déterminer les pressions expliquant *a priori* les tendances observées ces dernières années, ainsi qu'une revue de la littérature sur ces pressions. L'élicitation d'experts et la revue bibliographique ont permis d'identifier **la perte d'habitats, la prédation, l'altération physique, la pêche ciblée et la pollution chimique** comme étant les pressions les plus susceptibles d'expliquer les tendances observées. Ce travail met en évidence le **déclin presque généralisé** des populations d'aloses et de lamproies en France. Il identifie plusieurs domaines dans lesquels les connaissances peuvent être améliorées : l'habitat, la prédation, la pêche ciblée, la pollution chimique, la phase marine du cycle de vie et le fonctionnement de la population (voir notamment la Figure 1.). Les connaissances rassemblées dans ce document doivent inciter les gestionnaires à une **meilleure gestion de ces espèces sans délai**.

### À retenir

La situation de ces espèces est **très préoccupante**. Cette situation résulte vraisemblablement d'**une combinaison de pressions** qui se sont cumulées. Le manque de connaissance est important, mais ne doit pas servir de prétexte pour ne pas agir. Les connaissances disponibles, synthétisées ici, même si elles sont lacunaires, doivent servir de base à une **meilleure gestion**. Les experts réunis à l'occasion de ce travail **appellent à agir sans délai** sur l'ensemble des pressions responsables de ces déclins.



**Figure 1.** Synthèse des recommandations associées aux pressions mises en évidence dans la synthèse, selon les grandes périodes du cycle de vie des aloses et des lamproies.

## Auteurs

**Marius DHAMELINCOURT**, Ingénieur de Recherche contractuel, U3E INRAE - pôle MIAME, OFB, marius.dhamelincourt@inrae.fr

**Maud CHARLES**, Ingénieure de Recherche contractuelle, U3E INRAE - pôle MIAME, OFB, maud.charles@inrae.fr

## Auteurs, contributeurs et membres du collège d'experts

**Catherine BOISNEAU**, UMR CITERES (CItés, TERritoires, Environnement et Sociétés), Université de Tours, catherine.boisneau@univ-tours.fr

**Françoise DAVERAT**, UMR ECOBIOP (Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons), INRAE, UPPA, Saint-Pée-sur-Nivelle - pôle MIAME, francoise.daverat@inrae.fr

**Guillaume EVANNO**, UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, Institut Agro, IFREMER, Rennes - pôle MIAME, guillaume.evanno@inrae.fr

**Patrick LAMBERT**, Unité EABX (Écosystèmes aquatiques et changements globaux), INRAE, Cestas - pôle MIAME, patrick.mh.lambert@inrae.fr

**Émilien LASNE**, UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, Institut Agro, IFREMER, Rennes - pôle MIAME, emilien.lasne@inrae.fr

**Sophie LAUNEY**, UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, Institut Agro, IFREMER, Rennes - pôle MIAME, sophie.launey@inrae.fr

**Céline LE PICHON**, INRAE, UR HYCAR, Université Paris-Saclay, Antony - pôle MIAME, celine.lepichon@inrae.fr

**Cédric TENTELIER**, UMR ECOBIOP (Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons), INRAE, UPPA, Saint-Pée-sur-Nivelle - pôle MIAME, cedric.tentelier@univ-pau.fr

**Laurent BEAULATON**, Chef du pôle OFB-INRAE-Institut Agro-UPPA pour la gestion des Migrateurs AMphihalins dans leur Environnement (MIAME), Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique, OFB, U3E, laurent.beaulaton@ofb.gouv.fr

# Table des matières

<b>I</b>	<b>Introduction</b>	<b>8</b>
I.1	Contexte . . . . .	8
I.2	Cadre de l'expertise . . . . .	9
I.3	Objectifs . . . . .	11
<b>II</b>	<b>Elicitation d'experts</b>	<b>12</b>
II.1	Méthodes . . . . .	12
II.1.1	Elicitation : principe . . . . .	12
II.2	Résultats . . . . .	14
II.2.1	Aloses . . . . .	14
II.2.2	Lamproies . . . . .	16
<b>III</b>	<b>Revue bibliographique</b>	<b>19</b>
III.1	Rappels sur les cycles de vie des aloses et des lamproies anadromes	19
III.1.1	La grande alose, <i>Alosa alosa</i> . . . . .	19
III.1.2	L'alose feinte, <i>Alosa fallax</i> et l'alose feinte de Méditerranée, <i>Alosa agone</i> . . . . .	20
III.1.3	La lamproie marine, <i>Petromyzon marinus</i> . . . . .	22
III.1.4	La lamproie fluviatile, <i>Lampetra fluviatilis</i> . . . . .	23
III.2	Pressions identifiées . . . . .	24
III.2.1	Réduction ou perte d'habitats . . . . .	24
III.2.2	Augmentation de la pression de prédation . . . . .	26
III.2.3	Altération et modifications physiques des habitats . . . . .	28
III.2.4	Mortalité par pêche ciblée . . . . .	31
III.2.5	Pollutions chimiques des masses d'eau . . . . .	33
III.2.6	Mortalité par pêche non ciblée . . . . .	35
III.2.7	Raréfaction de la ressource trophique . . . . .	37
III.2.8	Mortalité directe par entraînement mécanique par les systèmes industriels . . . . .	38
III.2.9	Maladies . . . . .	39
III.2.10	Pollutions organiques des masses d'eau . . . . .	40
III.2.11	Perte de la structure génétique due à l'hybridation . . . . .	41
III.2.12	Pêche illégale . . . . .	41
III.3	Bases de données exploitables sur les pressions mises en évidence par l'élicitation . . . . .	42
<b>IV</b>	<b>Regroupement des séries temporelles en tendances</b>	<b>46</b>
IV.1	Données utilisées . . . . .	46
IV.2	Principe de la méthode utilisée . . . . .	52
IV.3	Mise en oeuvre . . . . .	53
IV.4	Traitement des données post-DFA . . . . .	54
IV.5	Résultats . . . . .	58

IV.5.1	Dynamiques générales des séries . . . . .	58
IV.5.2	Modèles et tendances sélectionnés . . . . .	63
IV.5.3	Regroupement des séries à partir des résultats de la DFA, pour les aloses . . . . .	64
IV.5.4	Compléments d'information aux séries temporelles, pour les aloses . . . . .	72
IV.5.5	Regroupement des séries à partir des résultats de la DFA, pour les lamproies . . . . .	74
IV.5.6	Compléments d'information aux séries temporelles, pour les lamproies . . . . .	80
IV.5.7	Caractéristiques des séries pouvant expliquer le clustering observé . . . . .	82
IV.5.8	Synthèse . . . . .	84
IV.6	Effet des pressions identifiées sur les dynamiques récentes obser- vées : analyse bibliographique . . . . .	85
IV.6.1	Réduction ou perte d'habitats . . . . .	85
IV.6.2	Pression de prédation . . . . .	86
IV.6.3	Altération et modifications physiques des habitats . . . . .	87
IV.6.4	Pêche ciblée . . . . .	88
IV.6.5	Pollution chimique des masses d'eau . . . . .	90
IV.6.6	Informations présentes dans les Plans de GEstion des POis- sons Migrateurs (PLAGEPOMIs) . . . . .	91
IV.6.7	Statuts de conservation en Europe . . . . .	96
<b>V</b>	<b>Bilan</b>	<b>101</b>
V.1	Effet des pressions identifiées sur les dynamiques récentes obser- vées : perspectives d'étude . . . . .	101
V.1.1	Tendances des populations . . . . .	101
V.1.2	Pressions . . . . .	101
V.1.3	Fonctionnement des populations . . . . .	104
V.2	Synthèse des recommandations . . . . .	104
V.3	Conclusion générale . . . . .	107
<b>VI</b>	<b>Annexes</b>	<b>138</b>
VI.1	Questionnaire adressé aux experts . . . . .	138
VI.1.1	Note et explication de la méthode de réponse . . . . .	138
VI.1.2	Questionnaire . . . . .	139
VI.2	Traitement statistique des résultats de l'élicitation d'experts . . . . .	141
VI.3	Séries temporelles obtenues . . . . .	141
VI.4	Valeurs d'AICc des différents modèles pour les aloses, les lam- proies, et les aloses et lamproies combinées . . . . .	150
VI.5	Graphiques en réseaux . . . . .	152
VI.6	DFA et clustering avec les aloses et les lamproies combinées . . . . .	154
VI.7	Références bibliographiques utilisées par pression . . . . .	158
VI.8	Règlementation de la pêche professionnelle et de loisir des aloses et des lamproies en France . . . . .	164
VI.9	Tableaux détaillés des informations des PLAGEPOMIs . . . . .	168
VI.10	Références bibliographiques sur le statut des lamproies et aloses migratrices en Europe . . . . .	180

# Table des figures

.1.	Synthèse des recommandations associées aux pressions mises en évidence. . . . .	2
II.1.	Réponses données par les 9 experts sollicités concernant l'importance de chacune des pressions dans le déclin des populations d'aloses en France. . . . .	14
II.2.	Distributions de probabilités de l'importance des pressions sur les aloses, basées sur les réponses des experts. . . . .	15
II.3.	Réponses données par les 9 experts sollicités concernant l'importance de chacune des pressions dans le déclin des populations de lamproies en France. . . . .	16
II.4.	Distributions de probabilités de l'importance des pressions sur les lamproies, basées sur les réponses des experts. . . . .	17
III.1.	Cycle de vie de la grande alose. . . . .	20
III.2.	Cycle de vie de l'alose feinte et de l'alose feinte de Méditerranée. . . . .	22
III.3.	Cycle de vie de la lamproie marine. . . . .	23
III.4.	Cycle de vie de la lamproie fluviatile. . . . .	24
III.5.	Exemple de carte de risque de captures accidentelles produite par Toison <i>et al.</i> (2023). . . . .	37
IV.1.	Données récupérées pour les aloses provenant des stations de comptage de migrateurs. . . . .	47
IV.2.	Données récupérées pour les aloses provenant de la pêche professionnelle ou amateur, de comptages de bulls et de fronts de migration. . . . .	48
IV.3.	Données récupérées dans le cadre de l'expertise pour les aloses. . . . .	49
IV.4.	Données récupérées pour les lamproies provenant des stations de comptage de migrateurs. . . . .	50
IV.5.	Données récupérées pour les lamproies provenant de la pêche professionnelle ou amateur et de comptages de nids. . . . .	51
IV.6.	Données récupérées dans le cadre de l'expertise pour les lamproies. . . . .	52
IV.7.	Méthodologie du clustering réalisé à partir des résultats de la DFA. . . . .	57
IV.8.	Évolution des valeurs des séries temporelles pour les aloses. . . . .	59
IV.9.	Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les aloses et incluses dans la DFA. . . . .	60
IV.10.	Évolution des valeurs des séries temporelles pour les lamproies. . . . .	62
IV.11.	Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les lamproies et incluses dans la DFA. . . . .	63
IV.12.	Dendrogramme réalisé à partir du clustering, pour les aloses. . . . .	68
IV.13.	Matrice indiquant les pourcentages d'affiliation à un même groupe entre les différentes séries pour les aloses. . . . .	69



IV.14.	Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les aloses (clusters 1 à 6). . . . .	70
IV.15.	Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les aloses (clusters 7 à 12). . . . .	71
IV.16.	Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les aloses et non incluses dans la DFA. . . . .	72
IV.17.	Dendrogramme réalisé à partir du clustering, pour les lamproies.	74
IV.18.	Matrice indiquant les pourcentages d'affiliation à un même groupe entre les différentes séries pour les lamproies. . . . .	75
IV.19.	Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les lamproies (clusters 1 à 5). . . . .	76
IV.20.	Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les lamproies (clusters 6 à 11). . . . .	77
IV.21.	Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les lamproies et non incluses dans la DFA. . . . .	78
IV.22.	Relation entre les clusters et la latitude, la surface du bassin versant ainsi que la date de première détection du silure sur la base de données ASPE (Application de Saisie des données Piscicoles et Environnementales), pour les aloses. Pour rappel, les clusters sont ordonnés en fonction de la date de survenue du pic d'abondance, de la plus ancienne à la plus récente. . . . .	83
IV.23.	Relation entre les clusters et la latitude, la surface du bassin versant ainsi que la date de première détection du silure sur la base de données ASPE (Application de Saisie des données Piscicoles et Environnementales), pour les lamproies. Pour rappel, les clusters sont ordonnés en fonction de la date de survenue du pic d'abondance, de la plus ancienne à la plus récente. . . . .	83
IV.24.	Statut de conservation de la grande alose par pays. . . . .	97
IV.25.	Statut de conservation de l'alose feinte par pays. . . . .	98
IV.26.	Statut de conservation de l'alose feinte de Méditerranée par pays.	98
IV.27.	Statut de conservation de la lamproie marine par pays. . . . .	99
IV.28.	Statut de conservation de la lamproie fluviatile par pays. . . . .	100
VI.1.	Valeurs d'AICc des différents modèles de DFA testés pour les aloses. . . . .	150
VI.2.	Valeurs d'AICc des différents modèles de DFA testés pour les lamproies. . . . .	151
VI.3.	Valeurs d'AICc des différents modèles de DFA testés pour les aloses et les lamproies combinées. . . . .	151
VI.4.	Graphique en réseaux du clustering basé sur les pourcentages d'affiliation au même groupe, pour les aloses. . . . .	152
VI.5.	Graphique en réseaux du clustering basé sur les pourcentages d'affiliation au même groupe, pour les lamproies. . . . .	153
VI.6.	Dendrogramme réalisé à partir du clustering, pour les aloses et les lamproies combinées. . . . .	155
VI.7.	Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les aloses et les lamproies combinées (clusters 1 à 5). . . . .	156

VI.8.	Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les aloses et les lamproies combinées (clusters 6 à 11). . . . .	157
VI.9.	Règlementation sur la pêche de loisir à la ligne des aloses en France, à l'échelle départementale. . . . .	164
VI.10.	Règlementation sur la pêche professionnelle des aloses en France, à l'échelle départementale. . . . .	165
VI.11.	Règlementation sur la pêche amateur aux engins des aloses en France, à l'échelle départementale. . . . .	166
VI.12.	Règlementation sur la pêche professionnelle des lamproies en France, à l'échelle départementale. . . . .	167
VI.13.	Règlementation sur la pêche amateur aux engins des lamproies en France, à l'échelle départementale. . . . .	168

## Liste des tableaux

III.1.	Données obtenues utilisables pour caractériser l'effet des pressions sur les populations de lamproies et d'aloses . . . . .	43
IV.1.	Tableau de synthèse des pressions caractérisées au sein des PLAGEPOMIs, avec indication de leur influence potentielle, pour les aloses. . . . .	94
IV.2.	Tableau de synthèse des pressions caractérisées au sein des PLAGEPOMIs, avec indication de leur influence potentielle, pour les lamproies. . . . .	95
VI.1.	Séries temporelles obtenues pour les aloses (ALA = grande alose, ALF = alose feinte ou alose feinte de Méditerranée, ALX= grande alose + alose feinte). . . . .	141
VI.2.	Séries temporelles obtenues pour les lamproies (LPM = lamproie marine, LPF = lamproie fluviatile). . . . .	146
VI.3.	Données sur les pressions citées dans le rapport, pour les aloses et les lamproies. . . . .	158
VI.4.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici perte d'habitats). . . . .	169
VI.5.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici prédation). . . . .	170
VI.6.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici altérations des habitats). . . . .	171
VI.7.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pêche ciblée). . . . .	172

VI.8.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pollutions chimiques).	173
VI.9.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pêche non ciblée).	174
VI.10.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici ressource trophique).	175
VI.11.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici entraînement mécanique).	176
VI.12.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici maladies).	177
VI.13.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici génétique).	178
VI.14.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pollutions organiques).	179
VI.15.	Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pêche illégale).	180

# I. Introduction

## I.1. Contexte

Parmi les espèces inscrites au sein de la CMS (Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage, ou Convention de Bonn), 97 % des poissons inscrits sont menacés d'extinction, en faisant le groupe taxonomique le plus menacé (Anonyme, 2024b). Ils représentent par ailleurs plus de la moitié des 399 espèces classées comme menacées ou quasi-menacées et non inscrites au sein de la CMS. Bien que non inscrites dans cette dernière, la grande alose (*Alosa alosa*) et la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) sont les migrateurs amphihalins qui ont connu le plus grand déclin ces dernières années, notamment en France. Ces espèces sont désormais classées respectivement en danger critique (CR) et en danger (EN) d'extinction sur la dernière liste rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France métropolitaine (Anonyme, 2019). Ces deux mêmes espèces étaient respectivement classées vulnérable (VU) et quasi menacée (NT) sur la précédente liste rouge (Anonyme, 2010). La tendance nationale d'évolution de leurs populations a été définie comme étant en diminution, ce qui, d'après les différents acteurs impliqués dans la gestion des poissons migrateurs, est toujours le cas actuellement dans une majorité des bassins versants français. Les trois autres espèces de lamproie et d'aloses anadromes : la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*), l'alse feinte de l'Atlantique (*Alosa fallax*) et l'alse feinte méditerranéenne (*Alosa agone*) sont elles aussi dans un état potentiellement préoccupant, puisqu'elles sont respectivement classées vulnérable pour la lamproie fluviatile et quasi menacées pour les deux espèces d'aloses (Anonyme, 2019).

Ces déclins de populations ont été assez brutaux, en environ 10-15 ans, alors même que les populations françaises de grande alose et de lamproie marine étaient les plus importantes d'Europe, au cœur de l'aire de répartition de ces espèces, et soutenaient des pêcheries importantes (Bagliniere et al., 2004; Beaulaton, 2008; Beaulaton et al., 2008). La population de grande alose du bassin Gironde-Garonne-Dordogne notamment a connu un important déclin au milieu des années 2000 alors qu'elle était considérée comme une population de référence (Rougier et al., 2012). Cependant, ces diminutions restent à ce jour encore mal documentées et ne font pas consensus auprès des acteurs concernés par les poissons migrateurs. En outre, les causes sous-jacentes à ces baisses de populations demeurent indéterminées.

L'aire de répartition actuelle des aloses et des lamproies est largement réduite par rapport à ce qui a pu être documenté par le passé. Merg et al. (2020) ont ainsi estimé qu'à l'échelle de la France, l'aire de répartition des lamproies anadromes a diminué de 41 % et celle des aloses de 69 %. Sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, la grande alose fréquentait encore le Lot, le Tarn, et la Garonne jusqu'à Toulouse dans les années

1950 (Anonyme, 2022h). Sur le bassin de la Seine, l'espèce était largement répartie sur le bassin jusqu'au milieu du 19ème siècle (Anonyme, 2022f). La construction du barrage de Poses en 1850 puis de celui de Martot en 1864 (détruit en 2018) sont suspectées d'avoir causé la diminution des remontées, allant jusqu'à la disparition de l'espèce sur le bassin au début du 20ème siècle. Sur le bassin du Rhin, plusieurs centaines de milliers de grandes aloses étaient autrefois capturées annuellement, faisant du Rhin l'un des principaux bassins abritant l'espèce (De Groot, 2002; Scharbert et Clavé, 2011), jusqu'à sa disparition vers 1940 (De Groot, 2002). On note la capture d'aloses jusqu'à Bâle (Anonyme, 2022e). La disparition des aloses de la partie haute du Rhin, en amont du linéaire français, remonte aux années 1870-1880 (Bartl et Troschel, 1997), avant la construction des premiers barrages. La pêche intensive serait ici la principale cause de la régression observée (De Groot, 1990). L'espèce a fini par disparaître du Rhin avant d'être de nouveau signalée dans les années 1970, suite à l'amélioration de la qualité de l'eau (Anonyme, 2022e).

Concernant la lamproie marine, il est fait état d'observations très en amont sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne par le passé : sur la Vézère entre 1992 et 1996, à Argentat sur la Dordogne, sur la Cère ou à Carbonne sur la Garonne (Anonyme, 2022h). Sur la Charente, la station de Crouin constitue actuellement le front de colonisation de l'espèce, à 100 km de l'océan. Historiquement, ce front était situé à Voulême, à 270 km de l'embouchure (source : Cellule Migrateurs Charente Seudre). Sur la Seine, des données historiques signalent la présence de la lamproie marine bien en amont de Paris (Beslagic, 2013), tandis que sur la Loire l'espèce est considérée comme pouvant coloniser *a minima* l'ensemble des zones occupées par la grande alose, notamment le Haut-Allier (Steinbach, 2000).

Cette synthèse insistera davantage sur les causes récentes de déclin des populations que sur les facteurs historiques ici évoqués à travers plusieurs exemples. Il est cependant à noter que les causes historiques peuvent soit toujours avoir un effet actuellement, constituer une nouvelle problématique dans d'autres bassins, ou accentuer les effets d'une autre pression.

## 1.2. Cadre de l'expertise

Compte tenu des enjeux de conservation, la réalisation d'un diagnostic national sur l'état des populations d'aloses et de lamproies anadromes en France, ainsi que d'une synthèse bibliographique sur les facteurs connus ou supposés de déclin, est apparue nécessaire et a un intérêt à être élargie au niveau international et pour des espèces proches. Ce travail d'expertise doit également identifier les causes possibles de déclin et déterminer lesquelles jouent *a priori* un rôle plus important. Ce travail est aussi voué à alimenter le Plan National en faveur des Migrateurs Amphihalins (PNMA, Anonyme, 2022i).

Le Pôle pour la gestion des Migrateurs AMphihalins dans leur Environnement (MIAME) a ainsi décidé de s'auto-saisir du sujet et a constitué un groupe d'experts regroupant des scientifiques aux profils complémen-

taires mais tous liés à l'étude des migrateurs amphihalins en général et aux aloses et aux lamproies en particulier. Les contributeurs et membres du collège d'expert sont ainsi :

- **Laurent BEULATON**, Direction de la Recherche et de l'Appui Scientifique Service « Conservation et Gestion Durable des Espèces Exploitées », OFB, U3E, Rennes – pôle MIAME ; chargé de recherche en dynamique de populations des migrateurs amphihalins et dans leur gestion
- **Catherine BOISNEAU**, UMR CITERES (Cités, TERRitoires, Environnement et Sociétés), Université de Tours ; enseignant-chercheur en écologie des communautés de poissons et des invertébrés dans des contextes de perturbations thermiques et liées à des espèces invasives
- **Françoise DAVERAT**, UMR ECOBIOP (Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons), INRAE, UPPA, Saint-Pée-sur-Nivelle – pôle MIAME ; chercheur en écologie, traits de vie, plasticité phénotypique et sciences des otolithes
- **Guillaume EVANNO**, UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, L'Institut Agro, IFREMER, Rennes – pôle MIAME ; directeur de recherche, effets des changements environnementaux, perturbations d'origine anthropique et mesures de gestion sur l'évolution de la diversité génétique des poissons anadromes
- **Patrick LAMBERT**, Unité EABX (Écosystèmes aquatiques et changements globaux), INRAE, Cestas – pôle MIAME ; ingénieur de recherche en dynamique de population des poissons migrateurs amphihalins, compréhension du fonctionnement des populations de poissons diadromes dans le contexte du changement climatique
- **Émilien LASNE**, UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, L'Institut Agro, IFREMER, Rennes – pôle MIAME ; chercheur, réponse des poissons migrateurs aux stress environnementaux et aux perturbations anthropiques, modification des traits d'histoire de vie, de la physiologie et du succès reproducteur
- **Sophie LAUNEY**, UMR DECOD (Dynamique et Durabilité des Ecosystèmes), INRAE, L'Institut Agro, IFREMER, Rennes – pôle MIAME ; chercheur, déterminisme, évolution et conséquences adaptatives de la variabilité du comportement migratoire, en corrélation avec l'adaptation des populations à leur environnement
- **Céline LE PICHON**, INRAE, UR HYCAR, Université Paris-Saclay, Antony – pôle MIAME ; ingénieure de recherche, modélisation de la connectivité fonctionnelle, complétée par l'étude des mouvements des poissons issue d'expérimentations de télémétrie
- **Cédric TENTELIER**, UMR ECOBIOP (Ecologie Comportementale et Biologie des Populations de Poissons), INRAE, UPPA, Saint-Pée-sur-Nivelle – pôle MIAME ; enseignant-chercheur, écologie spatiale de la reproduction, variabilité environnementale, comportement et sélection sexuelle

Le collège d'expert ainsi constitué a encadré la réalisation du travail de synthèse effectué par deux agents contractuels (Marius DHAMELIN-COURT et Maud CHARLES), a participé à la rédaction de celui-ci et a validé l'ensemble du présent document.

### *1.3. Objectifs*

1. Le premier objectif est de synthétiser les connaissances existantes sur les pressions affectant les populations d'aloses et de lamproies. Ce premier objectif s'appuie sur deux approches complémentaires. Dans un premier temps, une élicitation d'experts dans des domaines variés ayant trait aux aloses et aux lamproies doit permettre d'identifier les pressions apparaissant comme les plus importantes à considérer pour expliquer les déclinés observés. Celle-ci vise également à déterminer les pressions dont l'effet est le plus incertain. En complément de cette élicitation, une revue bibliographique va permettre d'identifier les connaissances actuelles sur ces mêmes pressions à l'échelle internationale, mais avec une attention particulière aux pressions identifiées et documentées en France dans les différents bassins versants. Ces éléments plus ciblés seront notamment développés lors de la discussion des tendances de populations en France.
2. Le deuxième objectif est d'établir un diagnostic national sur l'état des populations d'aloses et de lamproies en France métropolitaine. Ce diagnostic vise en particulier à caractériser les dynamiques des différentes séries temporelles obtenues, en identifiant des périodes présentant des patrons particuliers (augmentation ou diminution brutale, changement de sens de la pente). La similitude entre séries temporelles pourra potentiellement permettre de regrouper des séries ayant des dynamiques communes, afin d'identifier de possibles facteurs de forçage communs. Les résultats seront analysés en lien avec les pressions préalablement identifiées, avec l'aide de données sur les différents bassins versants français.
3. Le troisième et dernier objectif est d'identifier les connaissances manquantes prioritaires à acquérir sur ces espèces; résultent de ce dernier objectif des perspectives de recherche visant à combler ces lacunes existantes dans les données disponibles sur les aloses et les lamproies. Afin de faciliter ces recherches, des tableaux synthétiques des études traitant des différentes pressions ainsi que des sources de données exploitables seront fournis.

Cette expertise a donc pour objectif général de faciliter l'identification des éléments à conserver, à améliorer ou à modifier pour une gestion et une conservation optimale des espèces concernées, en lien avec les tendances récentes.

## II. Elicitation d'experts

### II.1. Méthodes

#### II.1.1. Elicitation : principe

L'élicitation d'expert, ou élicitation probabiliste, est une méthode visant à représenter et capitaliser les connaissances des experts sous la forme de distributions de probabilités (Makowski, 2019). Les intérêts de l'élicitation sont multiples. Elle permet notamment une synthèse quantitative des connaissances de l'expert ou du groupe d'experts sur des questions à multiples facettes tout en prenant en compte les convergences, divergences et incertitudes qui peuvent exister, dû notamment au manque de données disponibles dans la littérature (Mukherjee *et al.*, 2015). Par ailleurs, de nombreux développements méthodologiques ont été proposés depuis les années 1990 et sont disponibles, permettant ainsi d'utiliser une méthode adaptée à chacune des situations. Enfin, l'élicitation permet de traiter les résultats statistiquement, en générant des distributions de probabilité reflétant les connaissances et le niveau d'incertitude des experts.

Parmi les différentes méthodes d'élicitation existantes, la méthode Delphi est particulièrement adaptée pour traiter des questions aux dimensions variées et pour lesquelles les informations disponibles sont limitées (Martin *et al.*, 2012; McBride *et al.*, 2012; Mukherjee *et al.*, 2015; O'Faircheallaigh, 2010). Elle permet à un groupe d'experts d'aborder collectivement un problème complexe par le biais d'un processus structuré et ainsi combler les lacunes et aboutir soit à un consensus (Delphi de décision), un dissensus (Delphi argumentaire) ou un cas intermédiaire (Delphi politique ou Delphi de scénario). Le résultat final dépend de l'objectif qui peut être d'aboutir à une décision précise, ménager les différentes visions d'experts ou encore mettre en évidence une diversité d'opinions. Dans cette étude, l'objectif de l'élicitation était de sélectionner, parmi la douzaine de grandes causes génériques de déclin identifiées, lesquelles étaient jugées comme étant les plus importantes, autrement dit celles ayant un rôle probable dans la chute récente des populations d'aloses et de lamproies observée dans certains bassins français. Ainsi, il s'agit plutôt ici d'un Delphi argumentaire, avec potentiellement des visions différentes pour chaque question, basées sur les connaissances et l'expérience de chaque membre du collège d'experts. De par sa structure même, relativement flexible, la méthode Delphi permet une large adaptation à différentes problématiques et questions traitées (Hasson *et Keeney*, 2011), c'est pourquoi cette méthode est ici employée. Les principales étapes



clés de la méthode (Mukherjee *et al.*, 2015; Slocum, 2006) sont les suivantes :

- **Etape 1** : définition de l'objet, ou du/des questionnement(s), sur lequel portera la méthode. L'objet correspond donc aux facteurs connus et supposés ayant un impact négatif sur les variations de populations d'aloses et de lamproies, ceux-ci ayant potentiellement conduit au mauvais état actuel de ces populations dans une grande partie du territoire français.
- **Etape 2** : choix des experts, sachant que ceux-ci doivent avoir une bonne représentativité par rapport à l'objet visé, être indépendants et doivent posséder des connaissances solides sur la problématique des aloses et des lamproies en France. Les experts sélectionnés ont ainsi des connaissances scientifiques et une longue expérience sur les aloses et les lamproies, couvrant des thématiques comme la dynamique des populations, l'écologie comportementale, la biologie de la conservation, la génétique au sens large ou encore les pêcheries. Par ailleurs, les experts sont largement répartis sur le territoire, permettant ainsi un ressenti différent, les problématiques pouvant varier entre les bassins versants considérés.
- **Etape 3** : élaboration du questionnaire. Les questions doivent être claires afin d'éviter toute erreur d'interprétation. Celles-ci ont été élaborées au préalable avec un expert, avec un retour d'expérience après les réponses pour s'assurer de la bonne interprétation des questions et donc de la validité des résultats. Nous avons fait le choix de proposer un questionnaire accessible en ligne (voir questionnaire avec les questions détaillées en annexe VI.1), permettant aux experts de répondre à tout moment et anonymement. Les réponses des autres experts n'étaient pas visibles pour éviter un potentiel phénomène d'influence lié au groupe. Les experts ont dû fournir un intervalle sur une échelle de 0 à 10 illustrant leur avis sur l'importance du critère énoncé dans la chute des populations d'aloses et de lamproies. Ces critères recouvrent l'intégralité du cycle de vie, certains étant néanmoins spécifiques à une espèce, un milieu ou un stade particulier. Plus les valeurs de l'intervalle étaient proches de 10, plus l'impact du paramètre était jugé important. La largeur de l'intervalle proposé a permis d'évaluer l'incertitude de la réponse.
- **Etape 4** : récupération des réponses et analyse des résultats. L'approche et la méthodologie utilisées pour le traitement des résultats de l'élicitation sont semblables à celles utilisées par Drouineau *et al.* (2021) et Tableau *et al.* (2013).

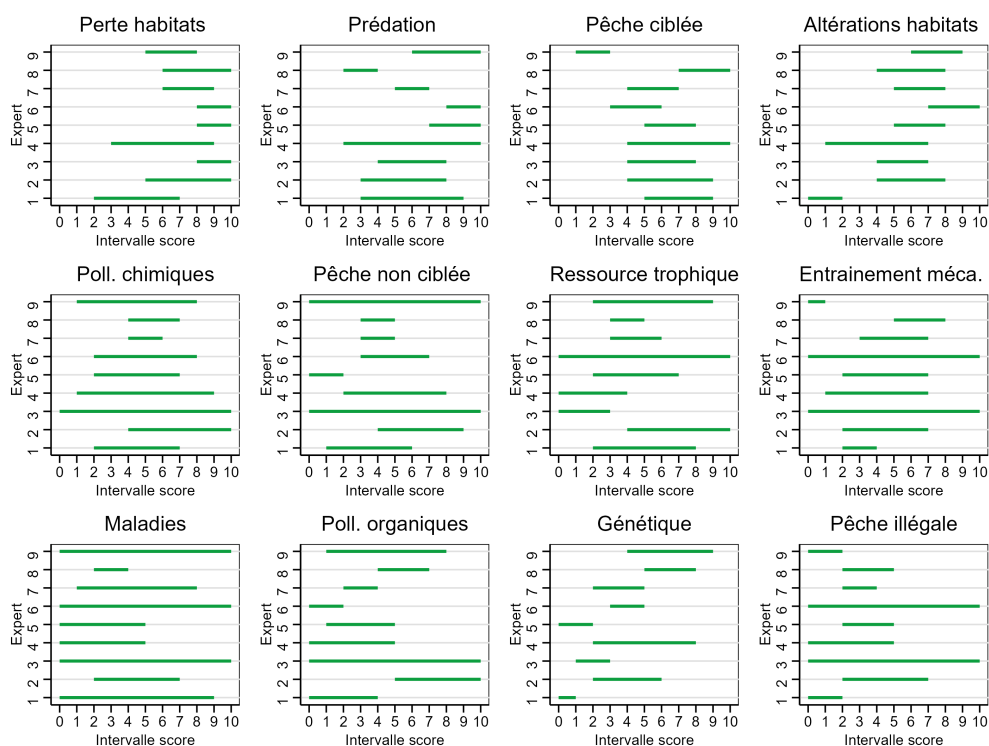
Suite à cette dernière étape, une réunion avec les experts sollicités a été organisée afin de leur présenter les résultats. L'objectif était double. En premier lieu, il était nécessaire de vérifier l'accord avec les résultats produits par cette élicitation, puis de préciser si, dans certaines des catégories énoncées, voulues assez larges pour cette élicitation, un ou plusieurs facteurs pouvaient leur apparaître prépondérants. Ainsi, il était admis collectivement que ces paramètres particuliers identifiés méritaient une attention particulière et plus approfondie, notamment vis-à-vis des données disponibles dans la littérature, française et internationale. Il est néanmoins à

noter que le paramètre ayant le score le plus haut n'est pas nécessairement le paramètre le plus important. Il s'agit seulement d'un paramètre jouant vraisemblablement un rôle notable, reflétant les connaissances des experts au moment des réponses aux questionnaires.

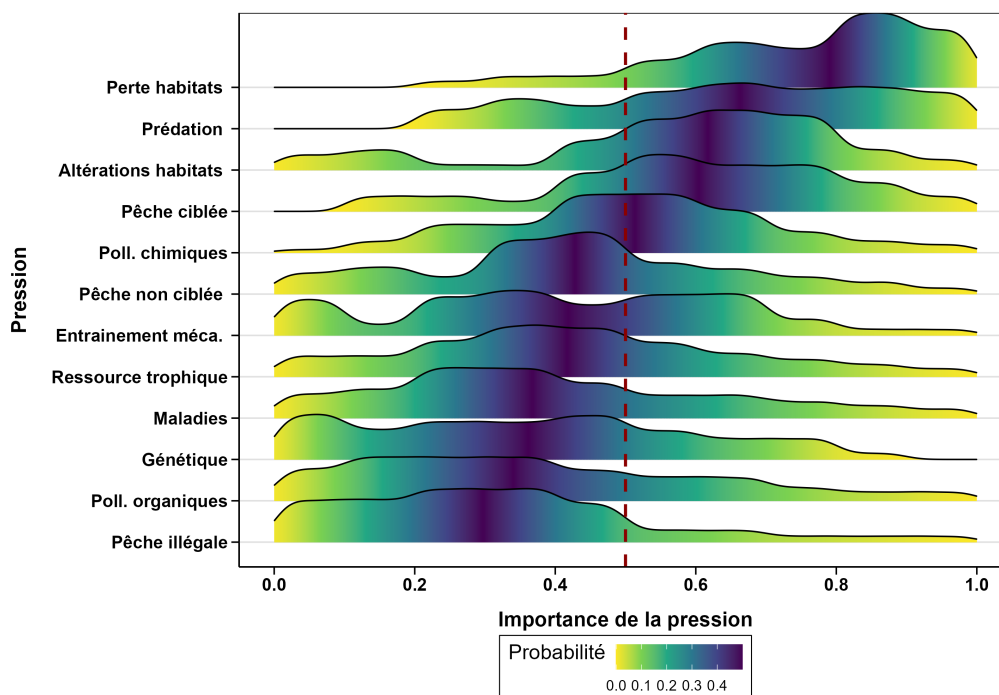
Des informations complémentaires sur la méthode d'analyse des réponses sont disponibles en annexe VI.2.

## II.2. Résultats

### II.2.1. Aloses



**Figure II.1.** Réponses données par les 9 experts sollicités concernant l'importance de chacune des pressions dans le déclin des populations d'aloses en France. Chaque segment représente l'intervalle de score donné par chacun des experts : plus l'intervalle est large, plus l'incertitude est élevée ; plus l'intervalle est situé à droite (proche de 10), plus il est vraisemblable que le paramètre joue un rôle dans le déclin des populations d'aloses.



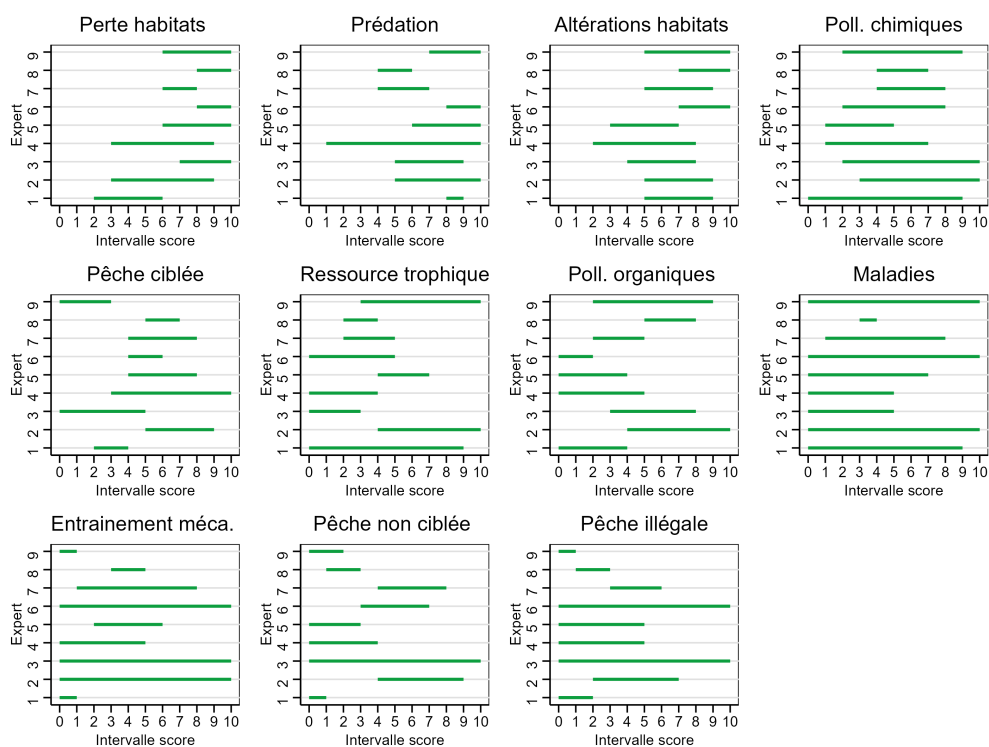
**Figure II.2.** Distributions de probabilités de l'importance des pressions sur les aloses, basées sur les réponses des experts. Plus la courbe est étendue avec une densité faible, plus les avis divergent ou sont incertains. La ligne rouge pointillée indique la valeur intermédiaire d'importance (0,5). Les couleurs indiquent la fonction de densité cumulative pour la distribution. Ainsi, la zone bleue foncée indique la zone médiane de la distribution, avec 50 % des valeurs de part et d'autre de cette zone. A l'inverse, la couleur jaune indique les queues de distribution, avec une majorité de valeurs au-dessus (valeurs extrêmes basses de la distribution) ou en-dessous (valeurs extrêmes hautes de la distribution).

Les réponses brutes des 9 experts sollicités sur l'importance de chacune des 12 pressions identifiées dans le déclin des populations françaises d'aloses sont présentées dans la Figure II.1.. Les réponses des experts révèlent une importante disparité selon les pressions considérées. Si l'on se focalise sur l'incertitude de réponse, l'entraînement mécanique, les maladies, les pollutions chimiques et la pêche illégale sont visiblement des facteurs pour lesquels l'impact n'est pas clairement défini à-dire d'experts. En revanche, les effets de la perte d'habitats et de la pêche ciblée présentent des intervalles plus restreints, attestant d'une plus grande sûreté de réponse. De manière globale, on remarque cependant des avis assez différents entre les experts, en particulier pour la prédation, la pêche ciblée ou l'entraînement mécanique. Pour cette raison, effectuer un classement des pressions *a priori* les plus fortes nécessite une vision plus synthétique des réponses.

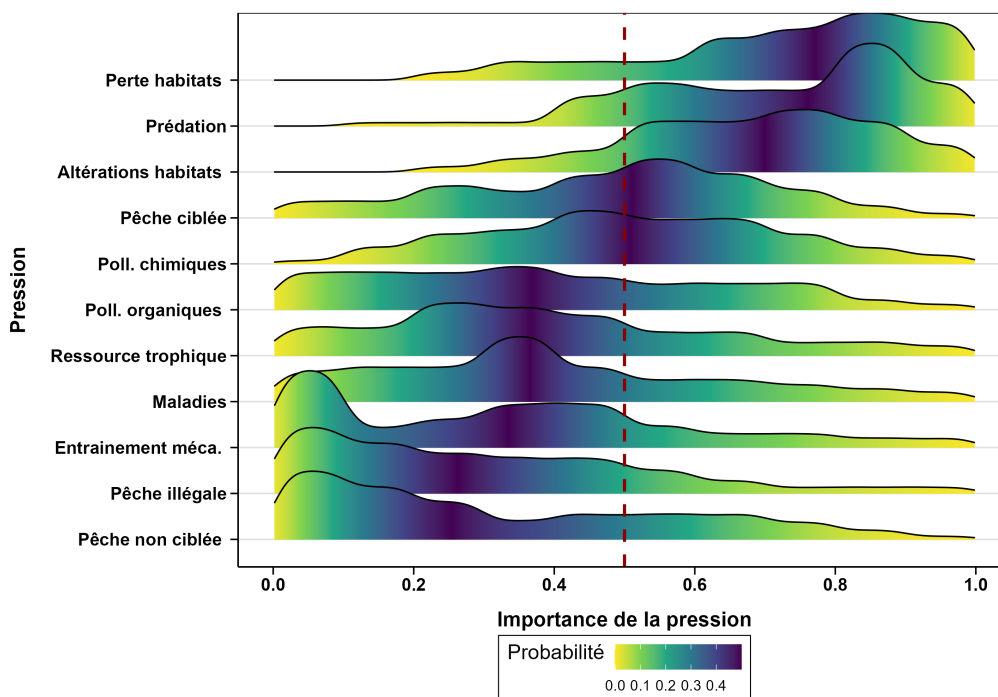
La Figure II.2. présente une synthèse des réponses d'experts avec une seule distribution par pression (couplant les réponses des 9 experts) afin de permettre un classement plus aisé de celles-ci. Les distributions sont globalement assez larges, reflétant l'importante variabilité de réponse entre les experts. Cependant, certaines pressions se détachent clairement, avec dans l'ordre décroissant la perte d'habitats, la prédation, les altérations d'habitats et la pêche

ciblée. Toutes ces pressions ont une valeur médiane d'importance supérieure à 0,5. Les pollutions chimiques sont situées aux alentours de 0,5 de valeur médiane, tandis que les autres pressions sont toutes sous ce seuil. Pour ces dernières pressions, il est nécessaire de distinguer deux catégories. Premièrement, certaines pressions peuvent ne pas être clairement évaluées par manque de connaissances sur leur impact. Cela semble notamment être le cas pour les maladies, avec une incertitude importante (cf. Figure II.1.). Ensuite, certaines pressions semblent mieux documentées mais avec un impact jugé moyen ou faible. La pêche illégale et la génétique font vraisemblablement partie de cette catégorie, avec des impacts jugés moyens ou faibles par les experts ayant une faible incertitude sur ces pressions.

## II.2.2. Lamproies



**Figure II.3.** Réponses données par les 9 experts sollicités concernant l'importance de chacune des pressions dans le déclin des populations de lamproies en France. Chaque segment représente l'intervalle de score donné par chacun des experts : plus l'intervalle est large, plus l'incertitude est élevée; plus l'intervalle est situé à droite (proche de 10), plus il est vraisemblable que le paramètre joue un rôle dans le déclin des populations de lamproies.



**Figure II.4.** Distributions de probabilités de l'importance des pressions sur les lamproies, basées sur les réponses des experts. Plus la courbe est étendue avec une densité faible, plus les avis divergent ou sont incertains. La ligne rouge pointillée indique la valeur intermédiaire d'importance (0,5). Les couleurs indiquent la fonction de densité cumulative pour la distribution. Ainsi, la zone bleue foncée indique la zone médiane de la distribution, avec 50 % des valeurs de part et d'autre de cette zone. A l'inverse, la couleur jaune indique les queues de distribution, avec une majorité de valeurs au-dessus (valeurs extrêmes basses de la distribution) ou en-dessous (valeurs extrêmes hautes de la distribution).

Les réponses brutes des 9 experts sollicités sur l'importance de chacune des 11 pressions identifiées dans le déclin des populations françaises de lamproies sont présentées dans la Figure II.3.. On remarque, comme pour les aloses, une incertitude de réponse importante, qui semble cependant plus prononcée ici, en particulier pour l'effet des maladies, de la pollution chimique, de l'entraînement mécanique et de la pêche illégale qui présentent un intervalle très large et souvent non informatif (allant de 0 à 10). Au contraire, les effets de la perte d'habitats, de la prédation et de la pêche ciblée sont davantage connus par les experts, de manière analogue aux aloses. Dû aux divergences d'évaluation entre les experts, un graphique de distribution globale est également nécessaire pour catégoriser les pressions.

La Figure II.4. fait ressortir les cinq mêmes pressions que pour les aloses en termes d'importance. Ainsi, la perte d'habitats, la prédation, l'altération des habitats, la pêche ciblée et la pollution chimique ont toutes une valeur médiane d'importance supérieure à 0,5. On observe que la perte d'habitats, la prédation et l'altération des habitats forment un groupe caractérisé par une valeur médiane d'importance au-delà de 0,6. Un autre groupe distingue la pêche ciblée et les pollutions chimiques, aux alentours de 0,5 de valeur médiane. On observe trois pressions principales communes avec

la même hiérarchie que pour les aloses. Concernant les autres catégories, on observe une incertitude importante pour la majorité d'entre elles. On note cependant que pour la pêche illégale, la raréfaction des ressources trophiques et la pêche non ciblée certains experts semblent confiants dans leur évaluation en indiquant un impact faible à modéré, suggérant que ces pressions ne sont pas les plus importantes à considérer pour les lamproies.

Compte-tenu des résultats de l'élicitation d'experts, il apparaît pertinent d'analyser en priorité les 5 pressions apparaissant comme les plus sérieuses, à savoir la perte d'habitats, la prédation, les altérations d'habitats, la pêche ciblée ainsi que les pollutions chimiques. Néanmoins, un rôle des autres pressions ne peut être écarté et l'élicitation sert donc davantage de guide que de moyen d'écartier certaines pressions.

La section ci-après présente les éléments disponibles dans la littérature à travers une revue de la bibliographie, avec une distinction entre les aloses et les lamproies.

## III. Revue bibliographique

### III.1. Rappels sur les cycles de vie des aloses et des lamproies anadromes

Les sous-sections suivantes présentent les cycles de vie des différentes espèces. Les aloses comme les lamproies ont un cycle de vie anadrome : elles naissent en rivière, vivent en mer puis retournent dans les cours d'eau pour se reproduire (Keith et al., 2011).

#### III.1.1. La grande alose, *Alosa alosa*

La Figure III.1. présente le cycle de vie de la grande alose. Les adultes remontent les cours d'eau depuis la mer de février à juin ou juillet pour s'y reproduire (Keith et al., 2011). La température influence fortement les activités de migration et de reproduction, qui s'arrêtent en dehors de la plage 10-15°C (Baglinière et al., 2003). Les zones de frai sont situées dans les cours moyens, en amont des zones sous influence de la marée dynamique (Belaud et al., 2001; Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981), jusqu'à plus de 650 km de la mer (Keith et al., 2011). Aujourd'hui, il est courant que la grande alose se retrouve contrainte de se reproduire plus en aval dans des sites dits forcés et fréquentés par l'aloise feinte, en raison des problèmes de continuité sur de nombreux bassins (Cassou-Leins et al., 2000). Les zones de frai sont caractérisées par une plage de substrat grossier délimitée en amont par un profond et en aval par une zone peu profonde à courant rapide (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981). La largeur du cours d'eau est généralement supérieure à 50m et peut atteindre 200m, avec une profondeur ne dépassant pas les 3m (Cassou-Leins et al., 2000). La vitesse de courant moyenne est élevée et généralement comprise entre 0,9 et 2m/s (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981).

Lors de la reproduction, les aloses sont repérables grâce au phénomène typique de bull, avec l'émission d'un bruit particulier (Baglinière et al., 2003). Elles effectuent alors des mouvements circulaires à la surface de l'eau, au cours desquels les ovules sont expulsés par la femelle et fécondés par les mâles. En outre, les géniteurs sont généralement sémelpares et ne survivent pas à la reproduction (Cassou-Leins et Cassou-Leins, 1981; Cassou-Leins et al., 2000). Il est estimé que seulement 5 à 6 % des individus se reproduisent plus d'une fois (Mennesson-Boineau et al., 2000). Ainsi, de nombreux individus morts après la reproduction peuvent être observés sur et en aval des frayères.

Après la fécondation, le temps d'incubation varie de 4 à 8 jours dans une eau dont la température doit être supérieure à 17°C. Une

fois écloses, les larves restent localisées aux alentours de la frayère qui les a vu naître et se positionnent sur le fond entre les cailloux (Cassou-Leins *et al.*, 2000). Après 15 à 20 jours, les alosons se déplacent déjà activement sur le fond ou en pleine eau. La dévalaison débute par des mouvements transversaux depuis la frayère, puis les juvéniles descendent le cours d'eau. Ils atteignent l'estuaire entre l'été et l'automne de leur année de naissance, soit à l'âge de 2 à 4 mois. Le temps passé en estuaire par les alosons varie de quelques jours à 1 mois (Lochet *et al.*, 2009). Après leur séjour en estuaire, ils rejoignent la mer. Ils sont alors âgés de 2 à 5 mois. Les individus restent de 3 à 7 ans en mer avant d'entreprendre leur migration vers les sites de reproduction.

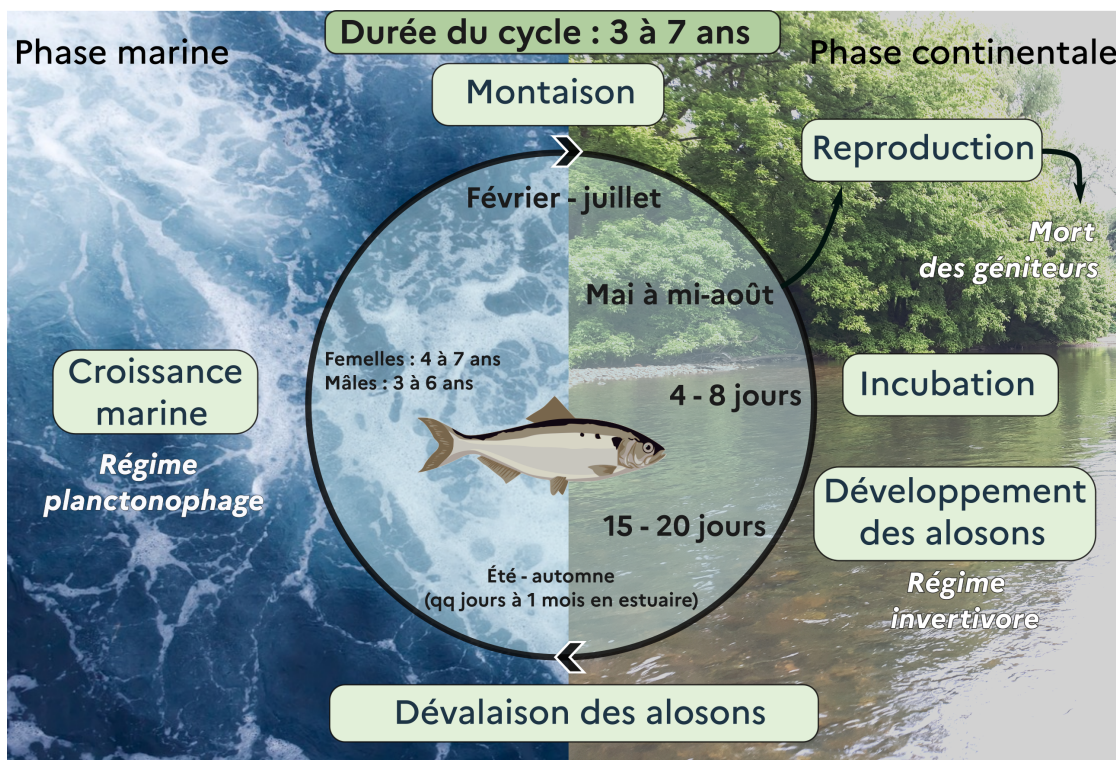


Figure III.1. Cycle de vie de la grande alose. Adapté de André *et al.* (2018). Illustration d'un individu : Matthieu Nivresse, ponapomi.

### III.1.2. L'alose feinte, *Alosa fallax* et l'alose feinte de Méditerranée, *Alosa agone*

La Figure III.2. présente le cycle de l'alose feinte et de l'alose feinte de Méditerranée, qui sont similaires. Cependant, l'alose feinte de Méditerranée a un plus fort taux d'itéparité, associé à une espérance de vie supérieure (Le Corre *et al.*, 1997). Elle présente ainsi une longévité pouvant aller jusqu'à 8 ans tandis que celle de l'alose feinte n'est que de 6 ans au maximum sur une grande partie de l'aire de répartition, notamment en France, avec une longévité plus importante au nord de l'aire de répartition. La plus grande longévité est celle des populations de la Severn et de la Wye au Pays de Galles, pouvant atteindre 9 ans (Le Corre *et al.*, 1997), voire 11 ans pour certaines femelles de la Severn (Aprahamian *et al.*, 2003b).



La taille et l'âge moyen à la remontée sont également généralement plus élevés pour l'alose feinte de Méditerranée (Le Corre *et al.*, 2000).

Le cycle de vie des aloses feintes est très proche de celui de la grande alose et présente les mêmes seuils de température pour les activités de migration et de reproduction (Keith *et al.*, 2011). Les zones de frai présentent également de grandes similitudes géomorphologiques et courantologiques (Cassou-Leins *et al.*, 2000). Celles des aloses feintes sont cependant généralement situées plus en aval, parfois même en estuaire, en limite de marée dynamique (Aprahamian *et al.*, 2003b; Cassou-Leins *et al.*, 2000; Taverny, 1991). L'alose feinte de Méditerranée peut en revanche remonter haut sur le bassin versant comme l'atteste la présence ancienne sur la Saône et le Rhône au-dessus de Lyon (Anonyme, 1999). De même que pour la grande alose, l'activité de reproduction est caractérisée par des bulls (Cassou-Leins *et al.*, 2000). Cependant, à la différence de la grande alose, les aloses feintes sont itéropares et peuvent se reproduire jusqu'à 5 fois, notamment pour les populations du Rhône. Des géniteurs d'alose feinte retournant à la mer plusieurs fois sont ainsi observés.

Le temps d'incubation des œufs est très court mais la température doit dépasser 17-18°C. Ils éclosent alors 3 à 5 jours après fécondation. Les larves d'alose feinte peuvent se développer dans un milieu oligohalin, ce qui explique la localisation des frayères plus en aval que chez la grande alose, comme observé pour la Dordogne (Cassou-Leins *et al.*, 2000). La dévalaison survient plus tôt chez l'alose feinte, dès le début de l'été, et est plus courte que pour la grande alose, notamment du fait de cette position plus en aval des frayères (Cassou-Leins *et al.*, 2000). Les juvéniles qui atteignent l'estuaire sont âgés de 1 à 2 mois. Le temps de séjour en estuaire est très variable puisqu'il peut durer de quelques jours (Lochet *et al.*, 2009) jusqu'à 3 étés (Keith *et al.*, 2011). En milieu marin, l'alose feinte vit en zone plus côtière que la grande alose (Taverny et Elie, 2001b).

L'alose feinte de Méditerranée *Alosa agone* était historiquement regroupée avec *Alosa fallax*, les populations de Méditerranée étant classées comme sous-espèces. Bianco (2002) considère qu'*Alosa agone* regroupe l'ensemble des aloses feintes présentes dans la zone méditerranéenne, avec deux formes : l'une migratrice et l'une enclavée. La forme migratrice est notamment présente en Adriatique (Croatie, Monténégro, Albanie, Macédoine), en Espagne, en France et en Grèce. La forme enclavée est retrouvée dans plusieurs lacs du nord de l'Italie et des autres pays bordant l'Adriatique. *Alosa agone* est ainsi considérée comme distincte d'*Alosa fallax*. Cette distribution est celle qui est retenue dans l'atlas des poissons d'eau douce présents en France (Keith *et al.*, 2020). Rougemont *et al.* (2022) a récemment montré que les populations de l'Atlantique et de la Méditerranée étaient différentes génétiquement, mais qu'il existait également des différences entre les aloses présentes sur le Rhône et les fleuves côtiers du Golfe du Lion et celles présentes en

Corse, suggérant au moins deux lignées différentes en Méditerranée (les aloses feintes des autres pays de la façade méditerranéenne n'ont pas été incluses dans cette étude).

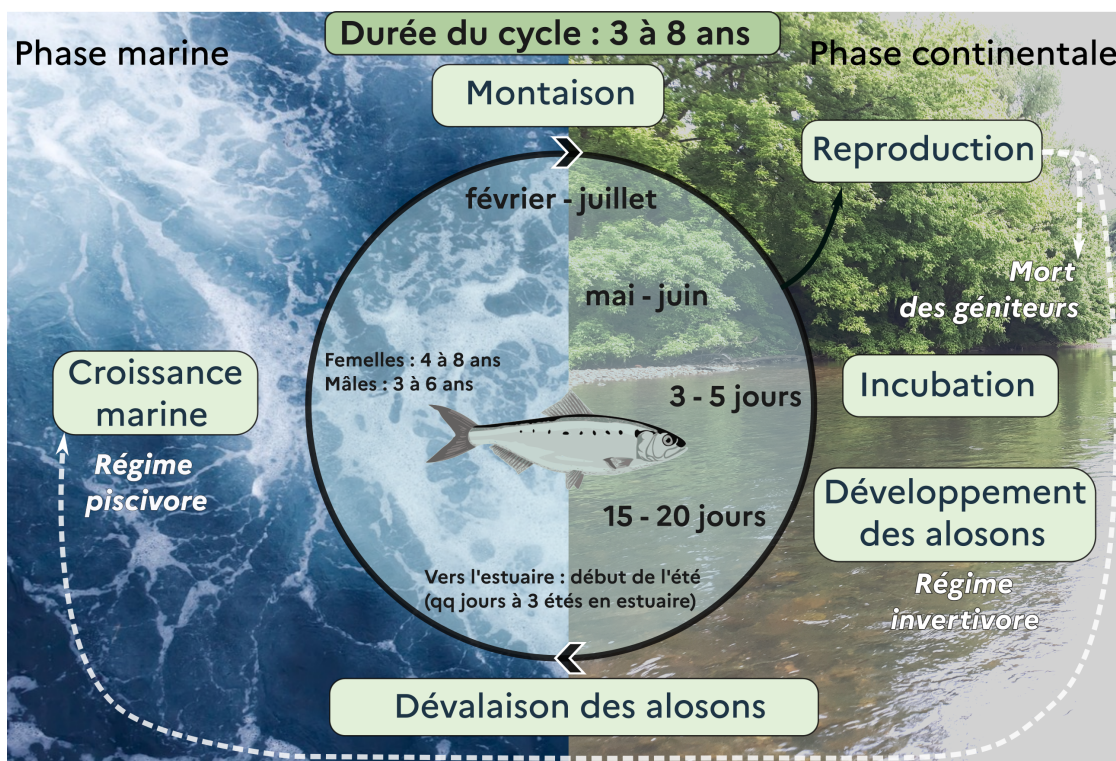


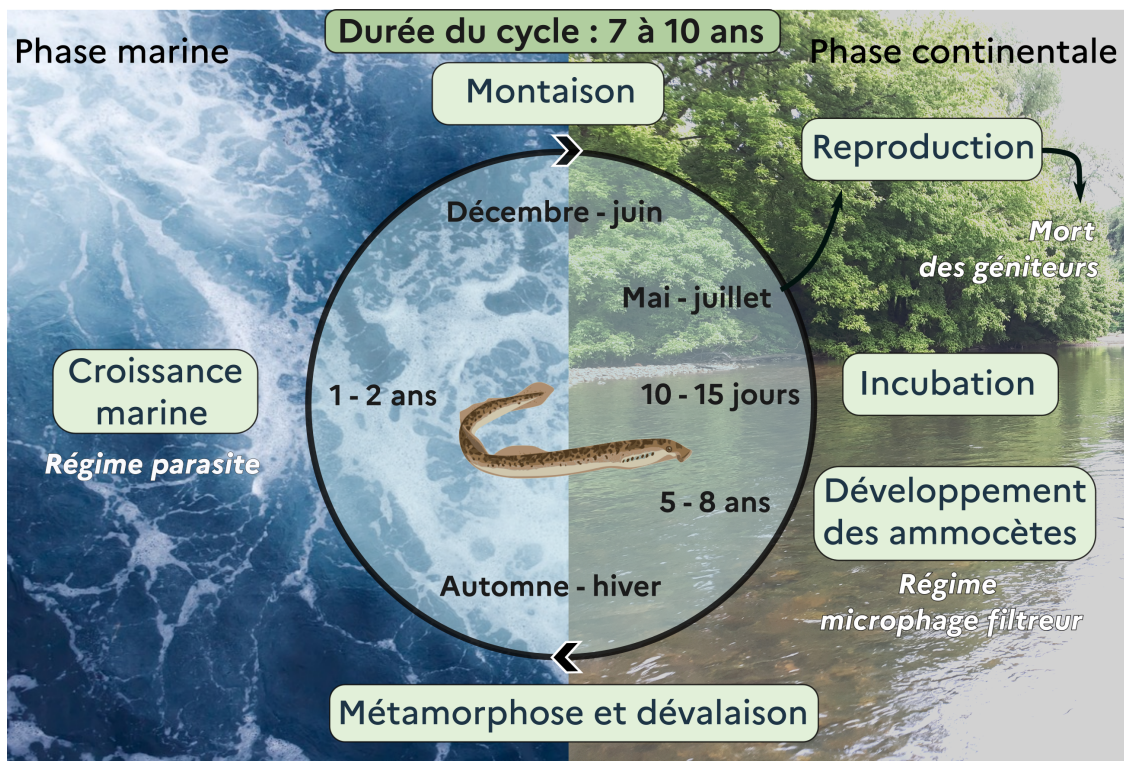
Figure III.2. Cycle de vie de l'aloise feinte et de l'aloise feinte de Méditerranée. Adapté de André et al. (2018). Illustration d'un individu : Matthieu Nivese, ponapomi.

### III.1.3. La lamproie marine, *Petromyzon marinus*

La Figure III.3. présente le cycle de vie de la lamproie marine. Les adultes matures quittent les eaux côtières et remontent les cours d'eaux de décembre à juillet, pour se reproduire dans des eaux atteignant 15-18°C (Taverny et Elie, 2010). La distance de la migration de montaison dépend de la taille de la rivière, de la localisation des zones favorables à la reproduction et des obstacles présents sur le cours d'eau (Almeida et Rochard, 2015). Les zones de frai se caractérisent par un substrat composé de galets, graviers et sables, dans des zones à courant régulier (Taverny et Elie, 2010), avec des éléments dont la surface se situe entre 1,5 et 11,5 cm (Morman et al., 1980). La lamproie marine recherche les cailloux comme classe de substrat dominante et occupe des faciès divers, du chenal lotique en passant par le plat courant, le radier et le banc de convexité, avec des pentes pouvant atteindre 20 à 30 pour mille, une vitesse d'écoulement à mi-profondeur comprise entre 0,4 et 0,8 m/s, et une profondeur minimale de l'eau de 10 cm mais pouvant atteindre 2 m (Taverny et Elie, 2010).

Elles ont pour particularité de construire un nid typique en forme de cuvette d'un diamètre pouvant atteindre 2 m de longueur voire au-delà (par exemple 2,25 m sur la rivière Coura au Portugal, Sousa et al., 2012 ; 2,60 m sur la Nive, Dhamelincourt et al., 2022). Elles

utilisent leur disque buccal pour retirer les éléments les plus grossiers, alors que des battements de queue permettent de retirer les éléments les plus fins. Après la ponte, les œufs se collent sous les pierres (Keith *et al.*, 2011) en étant aidés par des grains de sable qui servent de lest (Johnson *et al.*, 2015). Les géniteurs sémelpares ne survivent pas à la reproduction (Keith *et al.*, 2011). Après 10 à 15 jours d'incubation, les larves, appelées ammocètes chez l'ensemble des lamproies, éclosent et séjournent plusieurs années dans les cours d'eau où elles sont nées (jusqu'à 8 ans, Beamish et Potter, 1974), enfouies dans les sédiments. Leur métamorphose se déroule globalement en fin d'été (août-octobre). Les subadultes dévalent ensuite le cours d'eau de nuit à l'automne et le quittent en hiver (Keith *et al.*, 2011; Taverny et Elie, 2010). Leur croissance en mer, plus courte que celle des aloses, était estimée entre 1,5 et 2,5 ans (Silva *et al.*, 2013; Taverny et Elie, 2010). Des données plus récentes obtenues à partir de juvéniles marqués, dont l'un d'eux a été recapturé à son retour 13,5 mois plus tard, suggèrent un séjour pouvant être plus court, de l'ordre d'un an (Silva *et al.*, 2013). La période entre la métamorphose et la reproduction est estimée entre 18 et 20 mois (Silva *et al.*, 2013).



**Figure III.3.** Cycle de vie de la lamproie marine. Adapté de André *et al.* (2018). Illustration d'un individu : Matthieu Nivesse, ponapomi.

### III.1.4. La lamproie fluviatile, *Lampetra fluviatilis*

La Figure III.4. présente le cycle de vie de la lamproie fluviatile. Les adultes matures quittent les eaux côtières en hiver, dès novembre pour le bassin de la Gironde, avec un pic de migration entre janvier et février (Taverny et Elie, 2010), et migrent dans les cours d'eau d'une température supérieure à 8°C, pour se reproduire quand les eaux atteignent 10-14°C. Ils recherchent des substrats de type gra-

vier à tendance caillouteuse, avec une pente et une vitesse d'écoulement plus faibles que pour la lamproie marine (10 pour mille et entre 0,3 et 0,4 m/s), mais occupent des faciès similaires, à l'exception du chenal lotique (Taverny et Elie, 2010). Elles construisent des nids typiques, semblables à ceux des lamproies marines mais plus petits (0,5-1,0m de long pour 0,2-0,4m de large, Jang et Lucas, 2005). Les géniteurs sémelpares ne survivent pas non plus à la reproduction (Keith et al., 2011). Comme pour la lamproie marine, l'éclosion se produit après 10 à 15 jours d'incubation. Ensuite les larves ammocètes séjournent également plusieurs années en eau douce (3 à 6 ans, Aronsuu, 2015) enfouies dans les sédiments. Elles se métamorphosent en été (juillet-octobre), puis les subadultes dévalent les cours d'eau de nuit, parfois en automne mais principalement de mars à juin, pour rejoindre la mer où ils séjourneront entre 2 et 3 ans (Keith et al., 2011), avant de retourner se reproduire dans les cours d'eau.

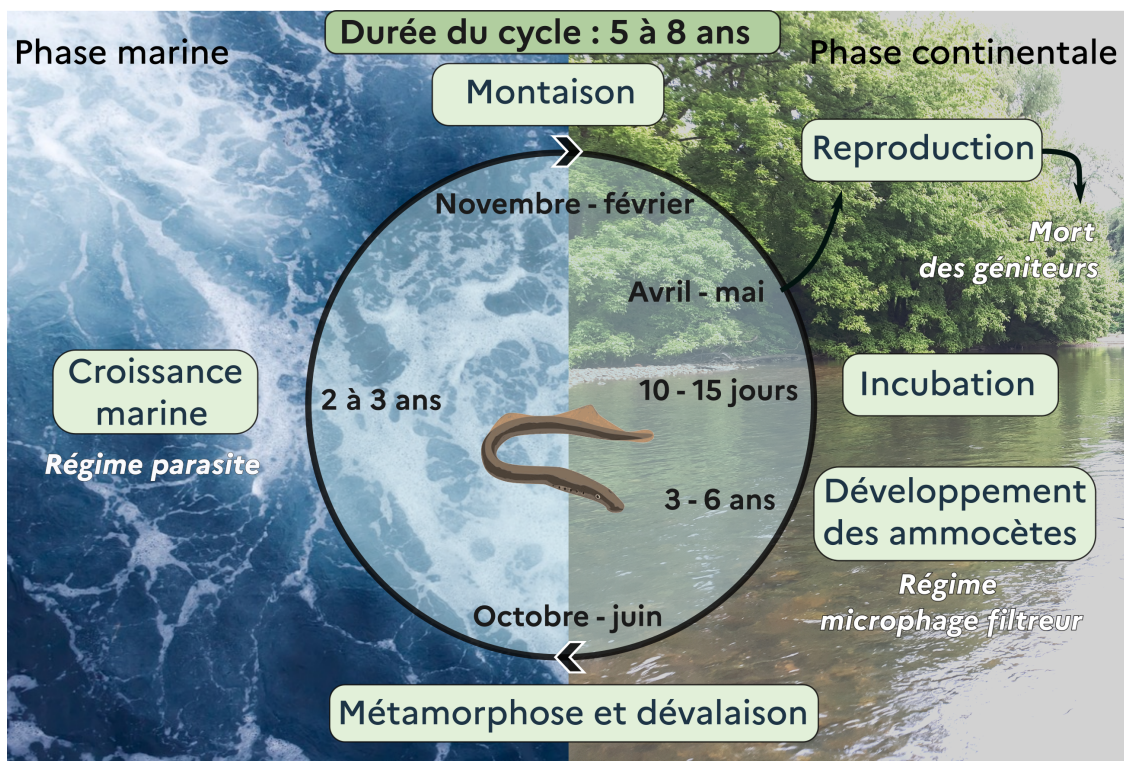


Figure III.4. Cycle de vie de la lamproie fluviatile. Adapté de André et al. (2018). Illustration d'un individu : Matthieu Nivesse, ponapomi.

### III.2. Pressions identifiées

L'ensemble des références bibliographiques consultées pour chaque pression sont disponibles dans le Tableau VI.3.

#### III.2.1. Réduction ou perte d'habitats

La réduction ou la perte d'habitat correspond soit à une barrière physique ou chimique empêchant l'accès à un habitat favo-

nable ou bien à la destruction de cet habitat favorable. Si l'on s'intéresse à la première composante, celle-ci correspond à une perte ou à une réduction de la connectivité entre les habitats essentiels au cycle de vie. Les barrages rentrent dans ce cadre. Ceux-ci sont considérés comme l'un des premiers facteurs de réduction de l'aire de répartition des populations d'**aloses** (Brown *et al.*, 2013; Costa *et al.*, 2001; Lassalle *et al.*, 2008; Limburg et Waldman, 2009; Mota et Antunes, 2011; Taverny *et al.*, 2000a). En effet, les barrages entraînent notamment un regroupement d'individus matures en aval lorsque les passes sont absentes ou inadaptées (Kottelat et Freyhof, 2007). Ce comportement peut conduire à une reproduction forcée dans des zones non optimales et ainsi induire un succès reproducteur moindre (Acolas *et al.*, 2006). Lorsque le passage est possible, un retard à la migration peut être observé (Brown *et al.*, 2013; Castro-Santos et Letcher, 2010) et les efforts supplémentaires induisent un coût énergétique réduisant la survie des individus. A titre d'exemple, la baisse significative des captures d'**aloses** au Portugal sur le bassin de la Minho, durant la seconde moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, coïncide avec la construction des premiers grands barrages (Mota *et al.*, 2015). Cet effet des barrières est plus prononcé chez la **grande alose** et l'**alose feinte de Méditerranée** que chez l'**alose feinte de l'Atlantique**, dû au fait que cette dernière se cantonne aux parties aval des cours d'eau. Cependant, le déclin de l'**alose feinte** dans le Rhin est considéré comme la conséquence de la construction de barrages en aval, perturbant le régime de marées (Aprahamian *et al.*, 2003a). De manière générale, la construction de barrages est documentée comme étant la cause d'une diminution de l'habitat disponible, engendrant *a minima* une réduction sinon une disparition des populations concernées. C'est ainsi le cas de L'Escaut et la Meuse (Philippart *et al.*, 1988), de la Garonne et de la Dordogne (Aprahamian *et al.*, 2003a), de la Seine (Aprahamian *et al.*, 2003a), du Tage (Costa *et al.*, 2001) ou encore de plusieurs Oueds marocains (Aprahamian *et al.*, 2003a). Jusque dans les années 1980, les passes à poissons ne ciblèrent plus les **aloses** et étaient donc souvent peu adaptées (Baglinière *et al.*, 2003).

En plus de l'effet des barrières physiques, on peut également citer les barrières chimiques. Ainsi un bouchon vaseux, correspondant à une zone anoxique en estuaire (Tétard *et al.*, 2016), est observé dans les grands cours d'eau et peut induire une mortalité chez les **aloses**, notamment au stade aloson (Jatteau et Fraty, 2012). Une mauvaise qualité de l'eau induisant une anoxie peut aussi ralentir ou empêcher l'accès aux sites de reproduction (Maes *et al.*, 2008).

Les **lamproies** présentent globalement les mêmes problématiques concernant la réduction ou la perte d'habitat, notamment via les barrages qui restreignent de manière importante l'habitat disponible (Almeida et Rochard, 2015; Clemens *et al.*, 2020; Lassalle *et al.*, 2009; Lucas *et al.*, 2009; Thiel *et al.*, 2009; Tuunainen *et al.*, 1980). La perte d'habitat est considérée comme la principale menace pour les populations européennes de **lamproies** (Mait-

land, 2003; Maitland *et al.*, 2015). Au sein de la péninsule ibérique, il est estimé que jusqu'à 96 % de l'habitat favorable aux **lamproies** leur est inaccessible (Mateus *et al.*, 2012). Une particularité des **lamproies** réside dans leur comportement de nage, plus profondément dans la couche d'eau que d'autres migrateurs comme le saumon, ce qui peut les empêcher de passer par les déversoirs de barrage. Par ailleurs, les passes à poissons se révèlent souvent inadaptées aux **lamproies** (Foulds et Lucas, 2013; Keefer *et al.*, 2013). On retrouve chez les **lamproies** le comportement de reproduction forcée en aval immédiat des barrages (Applegate, 1950), induisant potentiellement une survie moindre des descendants, la survie étant largement dépendante du substrat utilisé (Smith et Marsden, 2009). Il a par ailleurs été montré, pour la **lamproie fluviatile**, que le passage des seuils est conditionné à des hauts niveaux d'eau, avec une capacité d'atteinte des frayères en amont du bassin versant augmentée lors des années humides (Jubb *et al.*, 2023). Lors de cette étude, la remontée en amont était 3,2 fois plus importante en moyenne lors des années humides que lors des années sèches, le front de migration restant cependant le même. Ces résultats suggèrent donc une probable interaction entre la réduction de la connectivité et les modifications hydrologiques dues au changement climatique.

Une forte pollution des zones estuariennes ou des parties inférieures des cours d'eau peut également empêcher les individus d'atteindre les frayères (Maitland *et al.*, 2015).

### III.2.2. Augmentation de la pression de prédation

De nombreuses espèces de poissons, oiseaux et mammifères exercent une pression de prédation sur les poissons migrateurs. Cette prédation est partie intégrante de l'écosystème et impliquée dans des relations proie-prédateur complexe et en équilibre dynamique (Jones et Ellner, 2004; Mougi et Iwasa, 2010). Cet équilibre peut être modifié par les perturbations anthropiques, par l'intermédiaire de variables environnementales ou de la composition faunistique du milieu. Concernant ce dernier point, on peut distinguer la pression de prédation due à des espèces allochtones et celle due à des espèces autochtones, ces dernières pouvant profiter de conditions favorables à une augmentation de leurs effectifs et/ou à leur prédation sur une espèce donnée.

Concernant les **aloses**, celles-ci sont notamment consommées par le silure glane (*Silurus glanis*), une espèce allochtone provenant de l'Est de l'Europe (Valadou, 2007), comme l'atteste l'analyse de contenus stomacaux (Boisneau, 2015; Guillerault *et al.*, 2015). Par ailleurs, dans la Garonne, il a été montré que la part des poissons anadromes pouvait représenter entre 53 % et 65 % de l'alimentation (Syväranta *et al.*, 2009; analyse isotopique de 21 silures capturés en été), voire jusqu'à 89 % pour les gros individus selon une autre étude (Boulêtreau *et al.*, 2020b; contenu stomacal de 251 silures de plus de 128cm capturés en mai-juin). La même étude a mis en évi-

dence une perturbation de l'acte reproducteur avec des attaques ciblées à ce moment. Une interaction avec les obstacles existe par ailleurs, les silures profitant des regroupements d'individus en pied d'ouvrage et de leur passage par les passes à poisson pour les prédater (montré pour le saumon Atlantique : [Boulêtreau et al., 2018](#)), l'espèce étant reconnue comme opportuniste ([Vagnon et al., 2022](#)). En complément de ce caractère opportuniste, les modifications de conditions environnementales, dues notamment au changement climatique - à savoir des débits moindres et une eau plus chaude - sont favorables aux silures ([Slavík et al., 2007](#) ; [Westrelin et al., 2022](#)) ce qui peut leur permettre de coloniser des milieux auparavant non favorables.

Les espèces autochtones sont également une pression en potentielle augmentation pour les **aloses**. En effet, le cormoran a vu ses populations augmenter depuis une trentaine d'années à la suite de la protection de l'espèce ([Marion, 2021](#)). Le cormoran exerce une prédation notamment sur les smolts de saumon Atlantique, bien que potentiellement faible ([Anonyme, 2023](#) ; [Lutz, 2021](#)) ainsi que sur l'anguille ([Steffens, 2011](#)). Il est donc vraisemblable que l'espèce puisse consommer les alosons. La loutre d'Europe (*Lutra lutra*) est également un prédateur potentiel ([Braga et al., 2020](#)) avec des populations en augmentation ([Pigneur et al., 2018](#)). Cependant, il n'y a pas à notre connaissance d'étude montrant une prédation notable sur les **aloses** par des espèces autochtones, cormoran et loutre inclus.

La prédation des **lamproies** par les silures semble tout aussi pré-occupante que pour les **aloses**. Ainsi, une étude de radiopistage de 49 individus réalisé sur la Garonne et la Dordogne a montré un taux de prédation de 80 % des individus dans le mois suivant leur lâcher, en phase de montaison ([Boulêtreau et al., 2020a](#)). Il est suggéré que l'impact est même supérieur aux **aloses** à cause des capacités de nage relativement limitées des **lamproies** et de leur comportement. En phase de montaison, les individus ont tendance à se reposer dans des zones profondes qui sont également les zones d'habitat privilégiées par le silure. Sur la Vienne, un suivi par télémétrie a mis en évidence la prédation de 88 % des 121 individus marqués au cours de l'étude, avec 82 % des individus n'ayant pas pu se reproduire ([Trancart et al., 2023](#)).

Une augmentation de la prédation par les espèces natives n'est pas mentionnée dans la littérature. Cependant, et comme indiqué pour les **aloses**, l'augmentation des populations de cormorans et de loutres est susceptible d'accroître la pression de prédation, notamment pour les individus de petite taille : **lamproie marine** dévalante au stade smolt et **lamproie fluviatile** en particulier, mais il n'existe à l'heure actuelle aucun élément scientifique qui tendrait à montrer que le cormoran participe significativement au déclin des populations. La présence d'obstacles à la migration, ralentissant ou empêchant la migration de dévalaison ou de montaison, peut augmenter la pression de prédation de manière générale ([Maitland et al., 2015](#)).

### III.2.3. Altération et modifications physiques des habitats

Parmi les modifications physiques des habitats pouvant affecter les **aloses**, on retrouve les altérations de la morphologie des cours d'eau. Celles-ci peuvent notamment diminuer la viabilité des frayères ou le développement des larves après l'éclosion. La survie des œufs au sein d'une frayère forcée est aléatoire et dépend notamment de la présence d'éléments grossiers non recouverts par du substrat fin, qui sont indispensables (Cassou-Leins *et al.*, 2000). Par ailleurs, l'extraction de granulats dans le lit mineur des cours d'eau, autrefois largement répandue en France (Marteau, 1993), est un autre facteur diminuant la capacité de recrutement d'un système donné, en détruisant les frayères et les zones de nurseries d'alosons (Elie *et al.*, 2000). Sur l'Adour, la reproduction des **aloses** dans les années 1980 était dépendante d'un tronçon de 30 km, qui a ensuite été recalibré, avec une exploitation des gravières en lit mineur. Cet aménagement a conduit au passage d'une quantité capturée par les pêcheries de l'Adour de 20-25 tonnes à une quantité de 5,5-6 tonnes (Boigontier, 1987; Taverny *et al.*, 2000a).

Une autre cause de dégradation de l'habitat est la construction de barrages, qui provoquent une diminution voire une interruption (Ibàñez *et al.*, 1996; Yang *et al.*, 2022) du transport sédimentaire. Cette interruption entraîne à terme un appauvrissement voire une disparition des substrats en aval (Kondolf et Swanson, 1993), en particulier les plus grossiers (Brenna *et al.*, 2020; Malavoi *et al.*, 2011). L'hydrologie des cours d'eau est également modifiée par les barrages qui peuvent induire une standardisation des débits, avec une absence de pics de débits préjudiciable au transport des sédiments (Ibàñez *et al.*, 1996; Mercier, 2000).

Les **lamproies** sont davantage sensibles à l'altération de l'habitat à cause de leur mode de vie. Alors que les alosons quittent rapidement le substrat - malgré un comportement benthique en début de développement post-éclosion -, les **lamproies** adoptent un mode de vie enfoui durant plusieurs années, pouvant aller jusqu'à 8 ans pour la **lamproie marine** (Beamish et Potter, 1974). Ainsi, celles-ci sont particulièrement sensibles aux modifications physiques de leur habitat (Maitland, 2003; Maitland *et al.*, 2015). La simplification de l'habitat et la réduction des processus écosystémiques associés sont ainsi généralement associés à des baisses de populations (Torgersen et Close, 2004). Même si les **lamproies** peuvent se reproduire sur des substrats alternatifs tels que du sable, la survie des juvéniles est susceptible d'être réduite dans ces conditions, le substrat fin étant notamment corrélé négativement à la rétention des œufs au sein du nid (Daupagne *et al.*, 2022). Une rectification du chenal crée une diminution des zones de refuge et a tendance à augmenter la vitesse de courant, causant ainsi une diminution des zones de dépôt nécessaires aux larves de **lamproies** (Aronsuu *et al.*, 2019; Lucas *et al.*, 2020). De manière générale, les modifications de



morphologie comme l'endiguement, le curage ou les remblais sont préjudiciables aux **lamproies** (Aronsuu *et al.*, 2015; Ojutkangas *et al.*, 1995; Tuunainen *et al.*, 1980). Moins intuitif, la pollution lumineuse est une autre perturbation physique susceptible de perturber les **lamproies**, cette fois-ci au cours de leur migration de montaison. En effet, une étude de télémétrie a montré que les **lamproies fluviales** avaient tendance à stopper leur migration au niveau de zones lumineuses comme des ponts, la lumière étant un inhibiteur de migration (Aronsuu *et al.*, 2015). Néanmoins, les ponts créant également des zones de repos, ce résultat est à nuancer.

Différentes modifications des conditions de vie des **aloses** et des **lamproies** sont attendues, en lien avec le changement climatique. Ainsi, dans le Nord de l'Europe, il est prévu une augmentation des débits en été due à de plus forts niveaux de précipitations (Arevalo *et al.*, 2021). A contrario, dans le Sud de l'Europe, les périodes de sécheresse devraient s'étendre à l'automne et les débits d'étiage atteindre des niveaux plus bas. De manière logique, on attend également des augmentations des températures (Liu *et al.*, 2020; van Vliet *et al.*, 2013). Par ailleurs, associées à ces faibles débits, les périodes d'hypoxie devraient s'étendre tant d'un point de vue temporel que spatial, comme cela a été modélisé pour la Garonne (Baumann *et al.*, 2020; Lajaunie-Salla *et al.*, 2018) qui devrait par ailleurs voir ses débits de printemps diminués alors que les débits hivernaux sont susceptibles d'augmenter, à cause d'une fonte des neiges plus précoce et d'une plus grande part de pluie par rapport à la neige (Grusson *et al.*, 2018).

L'augmentation de la température est susceptible de perturber le cycle de vie des **aloses**. La température de l'eau est le facteur physique essentiel à l'initiation de la reproduction (Cassou-Leins *et al.*, 2000), avec des températures seuils variant selon les sites mais globalement plus basses pour la **grande alose**. Les embryons sont plus sensibles à la température que les larves et nécessitent une température comprise entre 15,7°C et 25,6°C chez la **grande alose** pour survivre (Jatteau *et al.*, 2017). Globalement, l'ensemble du cycle de vie des **aloses** est contraint par la température et l'augmentation de cette dernière est susceptible d'entraîner des modifications dans le cycle de vie, notamment un décalage des dates de reproduction (Hoffmann Legrand, 2021).

Un débit trop important peut causer un arrêt de la reproduction (Acolas *et al.*, 2006) et a tendance à ralentir la migration des adultes vers les frayères. La survenue d'évènements hydrologiques extrêmes pourrait donc perturber la reproduction. Sur les bassins Gironde-Garonne-Dordogne et de la Loire, il apparaît que les conditions thermiques et hydrologiques sont devenues moins favorables au cours de ces dernières décennies (Arevalo *et al.*, 2020).

Pour la **grande alose**, il a notamment été montré une avancée de la date médiane de début de migration de -3,7 jours par décennie (Hoffmann Legrand, 2021). La date de début ayant tendance à reculer plus que la date de fin, la durée de migration a tendance à aug-

menter. Plusieurs paramètres sont impliqués dans cette avancée : la température de l'eau, le débit, la température de surface en mer ou encore l'indice d'oscillation nord-Atlantique. Un constat similaire avait précédemment été fait sur la Loire, avec une date de début de migration plus précoce de 17 jours vers 2004 que vers 1995, ici aussi accompagnée d'un allongement de la durée de migration (Boisneau *et al.*, 2008). Ces modifications de dates s'accompagnent également de modifications susceptibles d'avoir des conséquences négatives sur certaines populations. Une récente étude (Boussinet *et al.*, 2024) a ainsi montré que les juvéniles de **grande alose** mettaient plus de temps à atteindre le milieu marin et étaient soumis à un stress physiologique plus important dans les années 2010 que dans les années 1980. Ce stress est potentiellement dû à un séjour prolongé dans la zone de turbidité maximale de l'estuaire (bouchon vaseux). Les juvéniles atteignent par ailleurs la zone saumâtre de l'estuaire à une plus petite taille.

En considérant un scénario intermédiaire à pessimiste d'augmentation de température, il est prévu un repositionnement de l'aire de répartition en direction du Nord à l'horizon 2100 (Paumier, 2019; Rougier *et al.*, 2015). Il est suggéré que la survie de l'espèce en tant que telle n'est pas compromise par l'augmentation de température due au changement climatique grâce à sa capacité de dispersion (Lassalle et Rochard, 2009; Rougier *et al.*, 2014) et à une migration plus précoce (Paumier, 2019). Ainsi, le nord de la France, la Belgique, les Pays-Bas, l'Allemagne, l'Écosse ou l'Islande sont susceptibles de devenir plus favorables pour l'espèce (Lassalle *et al.*, 2008; Navarro *et al.*, 2023; Rougier *et al.*, 2015). Cependant, les bassins au sud de l'aire de répartition, soit le Maroc, l'Espagne et le Portugal seront moins favorables à l'espèce. Il est à noter que si cette hypothèse est avérée, elle se verra surtout pour le Portugal, les populations espagnoles et marocaines étant relictuelles voire disparues. Les causes sont, en plus des changements de température et de précipitation, la baisse de la qualité/quantité des habitats disponibles (Almeida *et al.*, 2023). L'hypothèse de décalage des populations vers le nord semble également valide pour l'**alose feinte**. Il est ainsi estimé qu'une augmentation de température d'un degré pourrait rendre colonisables des rivières comme la Dee ou l'Eden au Royaume-Uni. Une température augmentant de 2°C rendrait d'autres rivières colonisables dans le pays (Lassalle *et al.*, 2008) ou augmenterait davantage la population présente (Arahamian *et al.*, 2010).

De manière analogue aux **aloses**, la température exerce une influence importante sur le cycle de vie des **lamproies**. Les larves meurent généralement avec des températures dépassant les 25°C (Potter et Beamish, 1975). La réduction des débits due au changement climatique menace par ailleurs les frayères et l'habitat des larves avec un risque accru d'exondation (Aronsoo *et al.*, 2019; Maitland *et al.*, 2015). Les faibles débits sont également préjudiciables pour la migration de montaison, car les **lamproies** utilisent des débits plus importants pour passer des zones difficiles (Hansen *et al.*,

2016) et ces plus forts débits stimulent l'activité migratoire (Masters *et al.*, 2006). Cependant, un débit trop important est au contraire susceptible de freiner cette activité (Jellyman *et al.*, 2002). De plus, un fort débit augmente les risques d'érosion des zones d'habitat des larves (McMichael *et al.*, 2005), en plus d'accroître la dispersion des œufs au moment de la ponte (Silva *et al.*, 2015).

Contrairement aux **aloses**, la **lamproie marine** ne semble pas adapter son calendrier de migration, ou dans une moindre mesure (Hoffmann Legrand, 2021). En revanche, les populations au sud de l'aire de répartition sont également vouées à régresser, notamment sur la péninsule ibérique, en particulier au Portugal (Lassalle *et al.*, 2008), mais aussi sur la côte Adriatique. La partie nord de son aire de distribution resterait favorable et de nouveaux territoires comme l'Islande ou le Groenland pourraient être colonisés (Rose, 2005; Wang *et al.*, 2021). Pour la **lamproie fluviatile**, les populations du golfe de Gascogne sont vouées à régresser alors que celles des Iles Britanniques devraient rester stables (en ne considérant que le changement climatique, Wang *et al.*, 2021). Néanmoins, la capacité d'exploration des **lamproies**, en particulier de la **lamproie marine**, semble limitée (Gephard, 2023; Massiot-Granier *et al.*, 2018), rendant ces espèces *a priori* plus vulnérables à des modifications rapides de leur habitat. Une contrainte s'ajoute également pour les **lamproies** : la nécessité de trouver des hôtes à parasiter. Or, les hôtes habituels pourraient migrer vers le nord hors de l'aire de répartition des **lamproies**, les forçant ainsi à parasiter d'autres espèces (Hume *et al.*, 2021) potentiellement moins intéressantes pour leur croissance/développement. Globalement, le changement climatique devrait induire la diminution de l'aire de répartition des **lamproies** à l'échelle européenne (Almeida *et al.*, 2018; Clemens *et al.*, 2020).

#### III.2.4. Mortalité par pêche ciblée

La pêche est reconnue pour avoir joué un rôle majeur dans l'effondrement des stocks du bassin Gironde-Garonne-Dordogne pour la **grande alose** (Clave et Verdeyroux, 2015). Historiquement, la population de **grande alose** du bassin de la Gironde était considérée comme étant la plus grosse population d'Europe avec 250 000 à 700 000 géniteurs entrant chaque année en estuaire (Chanseau *et al.*, 2005). Avec 100 à 250 pêcheurs professionnels et autant d'amateurs présents le long de l'estuaire de la Gironde (Castelnaud *et al.*, 2001), la pêcherie capturait 200 à 350 000 **grandes aloses** (Chanseau *et al.*, 2005). Cela correspondait entre 45 à 90 % du stock de géniteur total estimé (Chanseau *et al.*, 2005).

Face au constat de surexploitation du stock, la pêche de la **grande alose** a fait l'objet d'un moratoire sur le bassin, mais cette mesure n'a pas permis à la population de se reconstituer. En effet, la réduction du nombre de géniteurs a conduit à une réduction du nombre de juvéniles (relation stock-recrutement). Ainsi,

l'effet combiné de la dynamique dépensatoire (effet Allee, [Allee, 1931](#)) et de la surexploitation des stocks par pêche a conduit à l'effondrement des populations de **grande alose** du bassin Garonne-Dordogne entre les années 1990 et la fin des années 2000 ([Rougier et al., 2012](#)). De ce fait, il semble que la diminution du recrutement ait rendu la population plus fragile à d'autres facteurs dont les impacts négatifs avaient jusqu'alors été dilués et apparaissaient ainsi moins marqués et préoccupants ([Clave et Verdeyroux, 2015](#)). En conséquence, il est possible que, depuis cette période, les populations de **grande alose** du système Gironde-Garonne-Dordogne aient atteint un niveau si bas que le stock minimal de géniteurs permettant d'assurer la pérennité des populations face aux nouvelles menaces ne soit plus atteint. La carte [VI.10.](#) et la carte [VI.11.](#), en annexe, indiquent respectivement la réglementation concernant la pêche professionnelle et la pêche amateur aux engins des aloses en France.

Les **aloses** sont également ciblées par la pêche de loisir à la ligne. Cette pêche concerne toutes les espèces comme le montre la carte [VI.9.](#) disponible en annexe. Elle semble avoir connu un certain développement (développement au cours des années 2005-2008 en Bretagne, correspondant à une augmentation des effectifs; source : Bretagne Grands Migrateurs). L'impact de cette pêche sur les populations n'est pas déterminé, le nombre d'individus capturés n'étant pas connu sauf par des déclarations volontaires comme sur le bassin du Rhône et les côtières méditerranéens ([Audran et Rivoallan, 2023a,b](#)), ainsi que dans le cadre du suivi réalisé sur le Blavet, l'Oust et la Vilaine ([Caudal, 2022](#)).

La pêche ciblée est également reconnue comme un facteur expliquant la diminution des populations de **lamproies**. De récentes estimations du taux d'exploitation sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, indiquent un taux d'exploitation de la pêche professionnelle fluviale tous engins confondus de 14,9 % [6,3 % - 28,1 %] sur la Dordogne et 7,9 % [2,3 % - 15,4 %] sur la Garonne ([Rapet et al., 2019](#)). Sur la Loire, un taux de recapture de 25 % a été constaté pour la pêcherie professionnelle (essentiellement aux nasses) en amont de Nantes (point de relâcher) lors du relâcher de février 2020 (l'autre relâcher étant impacté par le confinement lié au covid) ([Le Peru et al., 2020](#)). Cette seule session de capture-marquage-recapture ne suffit pour en déduire un taux d'exploitation. L'impact sur la dynamique de population reste méconnu. En Bretagne et dans le Nord de la France, les **lamproies** ne sont pas ciblées par la pêche professionnelle, cette pêche n'étant pas traditionnelle dans ces régions. La carte [VI.12.](#) et la carte [VI.13.](#), en annexe, indiquent respectivement la réglementation concernant la pêche professionnelle et la pêche amateur aux engins des lamproies en France. Au Portugal, l'espèce est ciblée pour son importante valeur économique ([Almeida et al., 2018](#)). L'instauration d'une fermeture de la pêche de 5 à 10 jours lors de la migration de montaison de la **lamproie marine**, sur la rivière Mondego ([Stratoudakis et al., 2016](#)), semble notamment

permettre d'augmenter le nombre d'individus au niveau des passes en amont (Almeida *et al.*, 2018). Une particularité des **lamproies** anadromes est leur mode de vie parasite en mer, qui implique la nécessité de trouver des hôtes à parasiter. Ainsi, la pêche de ces hôtes est susceptible de limiter les populations de **lamproies** via un effet indirect. L'abondance des hôtes a été montrée comme étant le principal facteur prédisant les retours de **lamproie du Pacifique** dans la rivière Columbia (Murauskas *et al.*, 2013, espèces concernées : merlu du Pacifique nord *Merluccius productus*, colin d'Alaska *Theragra chalcogramma*, morue du Pacifique *Gadus macrocephalus*, saumon Chinook *Oncorhynchus tshawytscha* et hareng du Pacifique *Clupea pallasii*). Le fort déclin des populations de **lamproie marine** en Suède est possiblement dû à l'effondrement des stocks de cabillaud dans le Cattégat, même si cette cause n'est pour le moment qu'une hypothèse (Workshop **lamproie** de 2023 en Suède).

Contrairement aux **aloses**, la pêche de loisir à la ligne des **lamproies** est *a priori* inexistante, ces espèces n'étant pas capturables à la ligne.

### III.2.5. Pollutions chimiques des masses d'eau

Les **aloses** peuvent présenter des taux importants de certains polluants. Ainsi, on retrouve des concentrations importantes de mercure dans le muscle des **aloses feintes** présentes dans l'estuaire de la Gironde (Durrieu *et al.*, 2005), plus importantes que chez la **grande alose**, ceci étant potentiellement dû à son niveau trophique supérieur (Lochet *et al.*, 2008). Sur la Vilaine, la **grande alose** présente des concentrations intermédiaires de PCBs, de pesticides organochlorés et de dioxine (Bocquené et Abarnou, 2013). Des concentrations notables en cadmium et en plomb ont été mesurées dans le muscle d'**aloses feintes** (probablement de Méditerranée) capturées dans les eaux syriennes (Rasheed *et al.*, 2023). Des concentrations importantes en métaux ont été retrouvées dans le muscle chez l'**alose pontique** (*Alosa immaculata*), notamment en cadmium et en plomb (Lazăr *et al.*, 2024), ces valeurs dépassant les limites fixées au niveau international pour la consommation humaine (Règlement de la Commission Européenne EC No 1881/2006). D'autres métaux sont également retrouvés comme le zinc, le cuivre, ou le fer. Une possible interaction entre la température de l'eau et les concentrations en plomb et en cuivre a par ailleurs été observée (Lazăr *et al.*, 2024), des températures élevées pouvant augmenter la solubilité et la toxicité des métaux (Mehta, 2017). En complément du faible nombre d'études ayant déterminé des concentrations de polluants chez les **aloses**, on observe une absence d'étude toxicologique sur les effets de ces polluants. Or, ces derniers ayant des effets délétères chez d'autres espèces de poissons (Geeraerts et Belpaire, 2010; Zheng *et al.*, 2019), il est vraisemblable que des effets similaires puissent exister chez les **aloses**.

Le mode de vie filtreur au sein du substrat des ammocètes les

prédisposent à être exposées aux polluants chimiques. Les adultes, adoptant un mode de vie parasite, sont quant à eux de possibles bioaccumulateurs de contaminants, par bioamplification. Les ammocètes sont ainsi connues pour bioaccumuler le mercure ou les pesticides à des niveaux potentiellement toxiques pour les individus (Linley *et al.*, 2016; Nilsen *et al.*, 2015). Les populations de larves présentes dans des zones fortement urbanisées, agricoles et industrialisées, peuvent par ailleurs être en plus faibles densités et plus dispersées que celles de cours d'eau similaires moins pollués, comme cela a été observé dans le Michigan, via une comparaison entre des cours d'eau subissant une forte pollution et des cours d'eau de meilleure qualité (Morman *et al.*, 1980). Peu d'études ont déterminé si les concentrations de polluants observées avaient des effets négatifs sur les individus, la majorité des informations provenant d'études visant à déterminer si la consommation présentait un risque pour la santé humaine. Néanmoins, Maitland *et al.* (2015) notent que les concentrations de mercure observées chez les larves de **lamproies** excèdent les limites de concentrations considérées comme n'entraînant pas d'effets chez les téléostéens, indiquant ainsi un potentiel effet délétère des concentrations mesurées, ce qui n'a cependant pas été testé. Il est par ailleurs présumé que la pollution aux métaux lourds et aux eaux usées en général a causé la disparition de la **lamproie marine** dans plusieurs cours d'eau du Connecticut (Gephard, 2023). Des fortes concentrations en métaux et un pH bas ont été identifiés comme la cause de mortalités d'ammocètes de **lamproie fluviatile** en Finlande (Myllynen *et al.*, 1997).

Les adultes peuvent également être contaminés lors de la phase marine par l'intermédiaire de leurs hôtes (Clemens *et al.*, 2019). En particulier, il a été montré que les **lamproies marine et du Pacifique** ont tendance à avoir des concentrations en mercure plus importantes que les poissons de manière générale (Linley *et al.*, 2016; Madenjian *et al.*, 2014), notamment à cause du haut niveau trophique de leurs hôtes (Beamish, 1980; Pedro *et al.*, 2013; Renaud et Cochran, 2019), mais également car le sang est l'un des tissus présentant les plus forts taux de mercure chez les poissons (Giblin et Massaro, 1973; Oliveira Ribeiro *et al.*, 1999). Il semble par ailleurs que le taux de transfert maternel du mercure des géniteurs vers les œufs est plus élevé que pour les téléostéens (Cameron MacEachen *et al.*, 2000; Drevnick *et al.*, 2006). Concernant les PCBs, les concentrations retrouvées dans les **lamproies** semblent en revanche inférieures à celles retrouvées chez des téléostéens (Cameron MacEachen *et al.*, 2000; Madenjian *et al.*, 2013; Nilsen *et al.*, 2015). Les mâles semblent accumuler plus rapidement le mercure et les PCB que les femelles (Madenjian *et al.*, 2013). Une autre différence avec les téléostéens est la moindre sensibilité à certains pesticides organochlorés comme le chlordécone (Mallatt et Barron, 1988) ou le diazinon et l'aniline (Andersen *et al.*, 2010). En revanche, cette dernière étude a montré une sensibilité plus importante au pentachlorophénol. Ces résultats, basés sur des calculs de CL<sub>50</sub> (concentrations causant la mort de 50 % des animaux au cours de la période d'obser-

vation en milieu contrôlé), sont néanmoins difficilement transposables en milieu naturel.

Madenjian *et al.* (2021), en se basant sur les concentrations causant des effets délétères aux poissons, comparées à celles retrouvées chez les **lamproies**, ont déterminé que pour le mercure, les PCBs et le DDT les concentrations retrouvées en milieu naturel sont en dessous des valeurs létales. Néanmoins, des effets sublétaux ont pu être notés dans d'autres études, notamment une aversion des larves de **lamproie du Pacifique** pour des sédiments contaminés avec du mercure, des pesticides, des HAPs et des PCBs (Unrein *et al.*, 2016). Sur des **lamproies du Pacifique** adultes, Smith *et al.* (2012) ont montré que l'atrazine pouvait diminuer la capacité des individus à détecter leurs conspécifiques. De même, l'atrazine peut altérer les cellules branchiales des **lamproies marines** (Lança *et al.*, 2018) mais les concentrations utilisées dans l'étude apparaissent largement supérieures à celles mesurées en milieu naturel (50 et 100  $\mu\text{g/L}$  dans l'étude contre en général moins de 10  $\mu\text{g/L}$  en milieu naturel, Madenjian *et al.*, 2021). Madenjian *et al.* (2021) indiquent que la pollution chimique est un facteur secondaire dans le déclin des populations de **lamproie du Pacifique** et considèrent que la perte d'habitats est la cause majeure du déclin de l'espèce. La même étude souligne néanmoins la difficulté d'identifier la part relative de la pollution chimique dans le déclin des populations de **lamproies**.

Les effets des microplastiques sur les **aloses** et les **lamproies** n'ont *a priori* pas été étudiés. Plusieurs études ont montré des effets sur les poissons avec des problèmes nutritionnels et de croissance (Foley *et al.*, 2018; Jabeen *et al.*, 2018; Pedà *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2020), d'inflammations (Lu *et al.*, 2016) ou de perturbation du système immunitaire (Greven *et al.*, 2016). Ces résultats suggèrent donc de potentiels effets sur les **aloses** et les **lamproies**.

### III.2.6. Mortalité par pêche non ciblée

La pêche non ciblée des **aloses** concerne notamment l'**alose feinte**, qui peut être capturée accidentellement lors de pêches ciblant la **grande alose**, notamment sur la Loire ou la Gironde (Elie *et al.*, 2000). Avec le moratoire sur la **grande alose** dans le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, la pêche de l'**alose feinte** s'est développée, entraînant des captures accessoires de **grande alose** (OFB, com. pers.). Les alosons des deux espèces sont quant à eux capturés accidentellement dans des filets de faible maillage, notamment ceux utilisés pour pêcher la crevette blanche (été et automne) ou la civelle (de novembre à mars). Certaines années la pêche à la crevette blanche entraîne jusqu'à 15,6 % de mortalité chez les juvéniles d'**alose feinte** (Elie *et al.*, 2000). Un suivi de captures accessoires mené par l'association Migrateurs Charente-Seudre a permis de noter l'existence de captures accidentelles d'**alose feinte** et de **grande alose**, notamment par les fileyeurs. En mer, les prises accessoires d'**aloses** peuvent concerner les pêcheries de harengs (Lim-

burg et Waldman, 2009). Il est également signalé des captures accessoires de plusieurs tonnes d'**alose feinte de Méditerranée** en mer (4,8 tonnes d'aloses capturées en 2023, Audran et Rivoallan, 2024).

La mortalité des **lamproies** en mer, où elles ne sont pas ciblées, est considérée comme pratiquement nulle (Araujo *et al.*, 2016; Stroutoudakis *et al.*, 2016), notamment dû à leur capacité à survivre aux manipulations (contrairement aux **aloses**). Les captures accessoires de **lamproies** sont donc vraisemblablement une problématique confinée à l'eau douce ou à l'estuaire. Il existe ainsi des captures accessoires de **lamproies** par les pêcheurs de civelles sur la Loire aval et au Portugal (Araujo *et al.*, 2016; Grellier, 1996). Récemment, il a été montré une présence de **lamproies** inférieure à 1 % sur un échantillonnage de 254 traits de pêche en mer (Elliott *et al.*, 2021), indiquant ainsi la faible occurrence de captures accessoires.

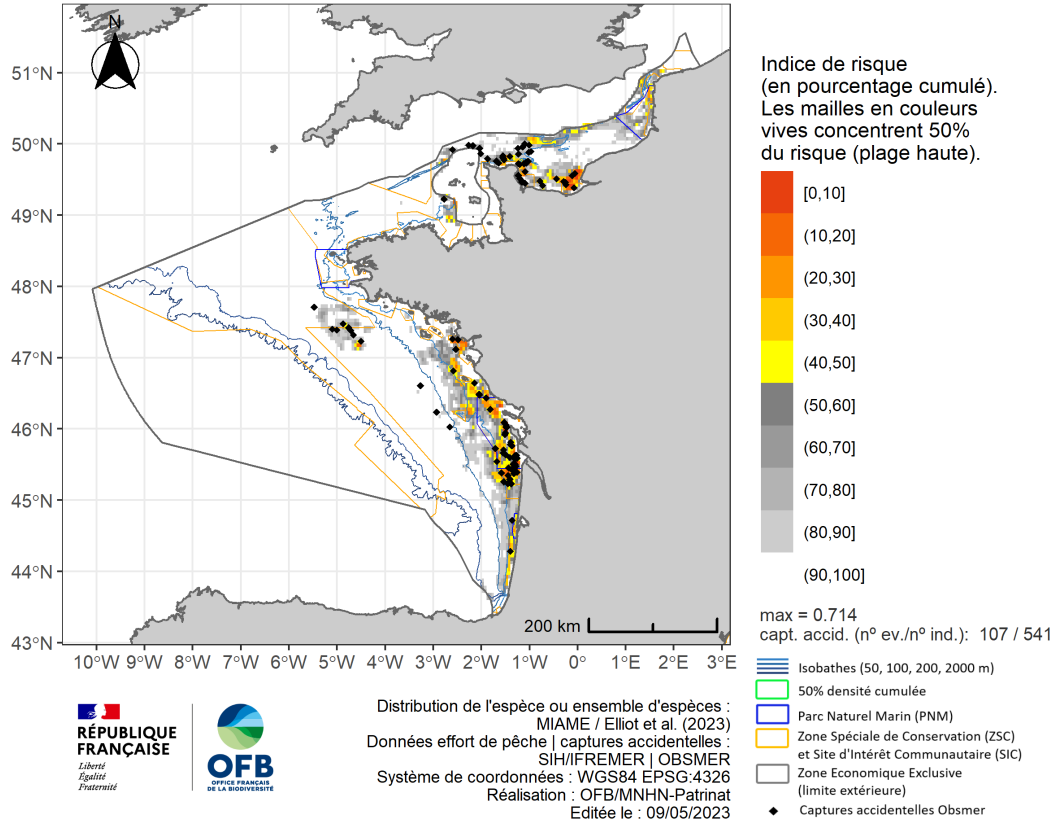
Les **lamproies fluviatiles** peuvent être capturées dans des filets initialement destinés aux **lamproies marines**, notamment sur l'estuaire de la Gironde, mais ces captures sont assez rares (Taverny et Elie, 2009). On note également une mortalité de **lamproies fluviatiles** dans les canaux de Carentan en Normandie, avec une capture d'individus dans les tamis à civelles (source : Office Français de la Biodiversité, Direction régionale Normandie).

Acou *et al.* (2021) ont expertisé les risques de capture des amphihalins en mer. Ils concluent que les **aloses** sont susceptibles d'être capturées par les senneurs, les chalutiers et les fileyeurs et n'ont pas identifié de risque pour les **lamproies** en dehors des pêches ciblées d'estuaire. Toison *et al.* (2023) complètent cette analyse en y ajoutant les données d'efforts de pêche des métiers concernés (issues des calendriers d'activité et des données VMS) et des modèles de distribution des espèces (issus de Elliott *et al.*, 2023). Ce travail permet d'identifier des zones et métiers présentant des risques de captures accidentelles pour les **aloses** (III.5.).



Risque d'interaction (Manche-Atlantique, annuel, AGG) :  
Alose feinte >> Chalut pélagique

Espèce(s) : *Alosa fallax* | Campagne : multisources 1965-2019 CMAP | Engins : OTM, PTM



**Figure III.5.** Exemple de carte de risque de captures accidentelles produite par *Toison et al.* (2023). Cas du risque de capture d'aloses feintes Atlantique par les chaluts pélagiques.

### III.2.7. Raréfaction de la ressource trophique

Les larves d'aloses s'alimentent essentiellement de larves d'insectes aquatiques et dans une moindre mesure de mollusques et de crustacés du zooplancton, avec cependant un régime plus diversifié pour les aloses feintes dès 35 mm (*Taverny et al., 2000b*). En milieu estuarien, le régime alimentaire est essentiellement constitué de crustacés. En milieu marin, les grandes aloses adultes se nourrissent principalement de plancton (*Maitland, 1972*), notamment de zooplancton (*Quéro, 1984*). L'alose feinte est davantage piscivore, avec des proies telles que l'anchois ou le sprat (*Taverny et al., 2000b*).

Diverses causes peuvent provoquer une raréfaction de la ressource trophique. Parmi celles-ci, on trouve l'invasion par les corbicules (*Corbicula* spp.) et les moules zébrées (*Dreissena* spp.). Ces bivalves, en filtrant l'eau, diminuent la production primaire (*Cohen et al., 1984*) et celle de zooplancton (*Pigneur et al., 2014; Rong et al., 2021*). Or, ce zooplancton constitue une source alimentaire pour

les alosons (Taverny et Elie, 2001a). Ainsi, la présence de corbicules est susceptible d'affecter la croissance des alosons, mais aucune étude n'existe pour l'attester. Cependant, chez le gaspareau (*Alosa pseudoharengus*), appartenant au même genre que les **aloses**, il a été montré que l'invasion par des dressènes pouvait affecter négativement la production du benthos autre que les bivalves et par conséquent les populations de gaspareau (Kao et al., 2016).

Les larves de **lamproies** adoptent un régime alimentaire microphage filtreur composé d'algues, de déchets organiques et de bactéries (Dawson et al., 2015). Durant la phase adulte, les espèces anadromes adoptent un mode de vie parasite durant lequel elles se nourrissent sur une large gamme de tailles et d'espèces de proies comme le cabillaud, le hareng, le thon ou des mammifères marins pour la **lamproie marine** (liste détaillée des espèces dans Renaud et Cochran, 2019).

La raréfaction de la ressource trophique pour les larves de **lamproies** peut être la conséquence de la présence de pesticides et de polluants divers. A titre d'exemple, l'atrazine est considérée comme responsable de l'absence de juvéniles de **lamproie du Nord** sur la rivière Yamaska au Québec, au début des années 1990 (Renaud et al., 1995). La raréfaction des éléments en suspension due à la présence de bivalves filtreurs peut, comme pour les **aloses**, diminuer la ressource trophique disponible.

Pour les **lamproies** adultes, les changements de distribution et d'abondance des espèces en milieu marin voire estuarien peuvent induire un manque d'hôtes à parasiter, comme cela a notamment été montré pour la **lamproie du Pacifique** (Clemens et al., 2019). De nombreuses espèces piscicoles devraient voir leur distribution modifiée par le changement climatique (Clemens et al., 2019; Hare et al., 2016; Lenoir et al., 2011). Cela risque ainsi de contraindre les **lamproies** à migrer plus, ou dans des zones différentes, pour trouver des hôtes, avec des conséquences comme une plus grande dépense énergétique (nage entre deux hôtes), une prédation accrue, ou une difficulté pour retrouver des rivières adéquates pour la reproduction.

### III.2.8. Mortalité directe par entraînement mécanique par les systèmes industriels

Parmi les systèmes industriels susceptibles de causer une mortalité, on retrouve les barrages, en particulier ceux non déversants et sans exutoire de dévalaison, qui contraignent les poissons dévalants (aloses et individus itéropares) à passer par les turbines des centrales hydroélectriques. Ce phénomène a notamment été observé pour les **aloses américaines** (*Alosa sapidissima*), avec entre 62 % et 82 % de mortalité lors des passages, ce taux dépendant des caractéristiques de la turbine (Taylor et Kynard, 1985). Cependant, ces taux semblent avoir été surestimés (Mathur et al., 1994). Ce problème reste néanmoins préoccupant puisqu'en plus d'induire une

mortalité, il induit des retards à la migration. Il a été constaté une accumulation d'alosons au sein des chambres anti-vortex de la centrale de Golfech, avec des blocages supérieurs à un mois mis en évidence (Boyer-Bernard, 1991). Une synthèse bibliographique (Algera et al., 2020) a permis d'estimer pour le genre *Alosa* une augmentation significative du risque de blessures ou de mortalité pour des individus franchissant des barrages hydroélectriques vers l'aval, contrairement à des individus n'en franchissant pas.

D'autres systèmes industriels sont susceptibles d'induire des mortalités chez les **aloses**, comme les centrales nucléaires qui peuvent blesser mécaniquement les individus ou induire un stress thermique, notamment chez les alosons, comme cela a pu être montré chez les civelles et des juvéniles d'autres espèces dont l'**alose savoureuse** et le gaspareau (Bryhn et al., 2014; Marcy Jr., 1973). Les blessures peuvent notamment être dues à un entraînement dans le système de refroidissement, tandis que le stress thermique peut être causé par un choc ou une exposition prolongée à des températures élevées. Pour ce type de système, il a été suggéré un impact supérieur pour les jeunes **aloses feintes** que pour les jeunes **grandes aloses** (Taverny et Elie, 1989). Le pompage à des fins agricoles peut avoir un impact sur les alosons, en particulier à cause de la concomitance des périodes d'émergence et de croissance initiale avec celles d'irrigation. Ce type d'impact a été montré chez les juvéniles de salmonidés (Thompson et al., 2011) ainsi que chez d'autres espèces (Baumgartner et al., 2009).

Comme observé pour les alosons, les barrages et autres structures peuvent causer des dommages physiques et de la mortalité chez les **lamproies** en cours de dévalaison (Larinier et Travade, 1999). Néanmoins, contrairement aux **aloses**, les **lamproies** présentent plus de facilité à passer au travers de turbines mais ont tendance à rentrer en collision avec les protections visant à empêcher les salmonidés de passer dans les turbines (Moser et al., 2013; Moursund et al., 2003), ceci pouvant représenter de 10 à 70 % des juvéniles de **lamproie du Pacifique**. Leur capacité de nage relativement limitée a tendance à les rendre vulnérables face à ces protections (Moser et al., 2014). Les individus, s'ils passent sans encombre les turbines et autres dispositifs, peuvent néanmoins se retrouver désorientés en aval, devenant ainsi des proies faciles pour les prédateurs (Moser et al., 2014).

### III.2.9. Maladies

Dans le cadre du programme LIFE visant à réintroduire la **grande alose** dans le Rhin, les maladies affectant les populations sauvages de l'espèce ont été étudiées (Wünnemann et al., 2018). Il a notamment été montré des endocardites et des septicémies chez 16 % à 25 % des **aloses** adultes capturées et analysées au cours de l'étude, provenant du bassin Garonne-Dordogne. Ces pathologies sont causées par des bactéries du genre *Lactococcus*. Cependant, sur les in-

dividus de l'étude, reproduits en captivité, il n'a pas été noté de mortalité ou d'effet sur la reproduction des individus affectés. L'infection a d'ailleurs potentiellement eu lieu durant la migration et la reproduction, périodes au cours desquelles les individus sont immunodéprimés, ce qui ne permet pas de conclure sur un effet durant les autres phases du cycle de vie. Chez l'**alose américaine**, une maladie bactérienne causée par des bactéries du genre *Aeromonas* a causé d'importantes pertes d'adultes reproducteurs dans l'Orégon, au cours des années 1960 (Rothman, 1968). Des parasites tels que les *Anisakis* sont également connus pour affecter les **aloses**, avec une dégradation de la paroi de l'estomac lors d'accumulations importantes (Bao et al., 2015a,b; Mota et al., 2015). Bien que peu d'informations existent sur les maladies ou parasitoses touchant les **aloses**, ces études montrent la possibilité d'infection de ces espèces, avec de potentiels effets sur les dynamiques des populations.

Au moins 46 genres de parasites, 7 genres de bactéries, 2 genres de champignons, et 2 virus ont été déterminés comme pouvant affecter les **lamproies** (Shavalié et al., 2021). Dans le lac Huron, il apparaît que les **lamproies marines** sont faiblement parasitées, *a minima* à l'époque de l'étude (McLain, 1952). Malgré ces connaissances, on constate un manque de description de ces pathogènes et de leurs liens avec des maladies. Par ailleurs, le système immunitaire des **lamproies** est relativement mal connu. Néanmoins, il est suggéré qu'*A. salmonicida* pourrait avoir un impact sur la reproduction de la **lamproie du Pacifique** lorsque les températures sont élevées (Clemens et al., 2009). Il est actuellement difficile de connaître la contribution éventuelle des maladies au déclin des populations de lamproies.

Bien que non discutée pour les **aloses** et les **lamproies**, l'augmentation de la température de l'eau due au changement climatique est susceptible de modifier l'interaction entre les hôtes et les pathogènes, en favorisant les uns ou les autres selon les préférences thermiques (Marcos-López et al., 2010). Les pathologies touchant les **aloses** et les **lamproies** pourraient donc voir leur prévalence et/ou leur virulence modifiée(s) dans le futur.

### III.2.10. Pollutions organiques des masses d'eau

Les effets de la pollution organique des masses d'eau sont méconnus concernant les **aloses**. En revanche, si l'on s'intéresse aux conséquences d'une de ses résultantes classiques dans les milieux aquatiques, l'eutrophisation (Dorgham, 2014), on peut en déduire de potentiels impacts. En effet, cette dernière peut provoquer une hypoxie susceptible d'induire des mortalités chez les alosons (Jatteau et Fraty, 2012) ou bien de ralentir la migration (Maes et al., 2008), comme cela peut être le cas pour le bouchon vaseux. Par ailleurs, des organismes nocifs pour les milieux aquatiques, tels que les cyanobactéries (Paerl et al., 2001), sont favorisés par des milieux

eutrophes.

L'eutrophisation a également des effets sur les œufs et les larves de **lamproies**, avec une production algale et bactérienne qui étouffe les œufs et les larves en créant des conditions anoxiques (Lassalle *et al.*, 2009; Maitland, 2003; Maitland *et al.*, 2015). La formation de méthane dans le substrat par décomposition de la matière organique est considérée comme la raison de la disparition de la **lamproie marine** de certaines zones du lac Champlain (Wilson, 1955). Néanmoins, les œufs semblent davantage affectés par cette pression que les larves qui sont parfois retrouvées dans des milieux avec une forte pollution organique (Morman *et al.*, 1980).

### III.2.11. Perte de la structure génétique due à l'hybridation

L'**alose feinte de l'Atlantique** et la **grande alose** présentent pour particularité de pouvoir s'hybrider entre elles. Cette hybridation pose notamment problème à cause de la perte de structure génétique qui en résulte, bien que celle-ci puisse permettre une meilleure capacité d'adaptation (Taillebois *et al.*, 2019). Par ailleurs, les individus hybrides ne semblent pas être moins féconds que les individus non-hybrides (Jolly *et al.*, 2011). L'hybridation pose des problèmes de conservation des deux espèces historiques d'**aloses** et de leurs phénotypes distincts. De plus, l'hybridation est symptomatique des problèmes d'accès aux frayères dus aux obstacles (Alexandrino *et al.*, 2006; Boisneau *et al.*, 1992; Coscia *et al.*, 2010; Rougemont *et al.*, 2022). Ces derniers sont particulièrement impactants pour la **grande alose**, qui se reproduit naturellement plus en amont que l'**alose feinte**, qui elle reste relativement près de l'estuaire. La **grande alose** est ainsi souvent contrainte de partager les frayères avec l'**alose feinte**, ce qui augmente les risques d'hybridation (Antognazza *et al.*, 2022; Cassou-Leins *et al.*, 2000). Mota *et al.* (2015) ont noté une proportion plus importante d'hybrides chez des juvéniles de l'année que chez les adultes, sur le Minho au Portugal (10 % d'hybrides chez les juvéniles contre 3,6 % pour les adultes). Ce résultat suggère qu'il existerait un désavantage sélectif contre les hybrides, bien que cela n'ait pas été clairement démontré.

### III.2.12. Pêche illégale

La pêche illégale des **aloses** apparaît comme faible et peu documentée. Leur valeur marchande faible explique probablement cette confidentialité, contrairement à des espèces comme l'anguille (au stade civelle) et le saumon Atlantique qui sont davantage concernés par cette pression.

La pêche illégale des **lamproies** est documentée pour plusieurs pays. Ainsi, dans la mer Baltique, une forte demande a conduit à une augmentation du prix de vente de la **lamproie fluviatile** et à

un fort taux de pêche illégale (Almeida *et al.*, 2021). Au Portugal, les captures de **lamproie marine** sont considérées comme sous-estimées (Almeida *et al.*, 2021) et une étude a estimé que 38 % des prises ne seraient pas déclarées (Stratoudakis *et al.*, 2016), avec des actes de pêche utilisant des dispositifs non autorisés ou en dehors des horaires légaux (Araujo *et al.*, 2016). Dans la Vouga, une étude de télémétrie a relevé 60 % de taux de braconnage (Andrade *et al.*, 2007). Il est par ailleurs fait mention de la facilité de capture de la **lamproie fluviatile** – ce qui est également le cas pour la **lamproie marine** – lors de la construction de nids et de la reproduction (Kujawa *et al.*, 2019). Les **lamproies** sont donc particulièrement vulnérables au braconnage par rapport à leur comportement peu méfiant.

### *III.3. Bases de données exploitables sur les pressions mises en évidence par l'élicitation*

Le tableau suivant (Tableau III.1.) présente les bases de données contenant des informations exploitables pour étudier les pressions discutées dans cette synthèse (Voir la section V.2 pour le détail des recommandations d'études).

**Tableau III.1.** Données obtenues utilisables pour caractériser l'effet des pressions sur les populations de lamproies et d'aloses

Données	Années	Site	Bassin	Type de pression	Source de données	Reference
Données de débit Hydroportail	début relevés-2023	Toute la France	Toute France	la Altérations d'habitats	HYDROPORTAIL/Benjamin Renard	<a href="#">lien - lien</a>
Données physiques milieu marin	variable-2023	Toute la France	-	Altérations d'habitats	SISMER	<a href="#">lien</a>
Prélèvements en eau	2003-2023	Occitanie	Adour-Garonne	Entraînement mécanique	SIE Adour Garonne	<a href="#">lien</a>
Prélèvements en eau	2003-2023	Nouvelle-Aquitaine	Adour-Garonne	Entraînement mécanique	SIE Adour Garonne	<a href="#">lien</a>
Prélèvements en eau	2008-2021	Toute la France	Toute France	la Entraînement mécanique	BNPE Eau France	<a href="#">lien</a>
Données physico-chimie NAIADES	1992-2021	Cours d'eau avec aloses-lamproies comptabilisées	Toute France	la Multiples	NAIADES	<a href="#">lien</a>
Pêche ciblée estuaire de la Vilaine	1996-2021	Estuaire de la Vilaine	Vilaine	Pêche ciblée	Eaux et Vilaine (Cédric Briand)	<a href="#">lien</a>
Prix en criée	1994-2023	Toute la France	-	Pêche illégale	FranceAgriMer (Visionet)	<a href="#">lien</a>
Pêche non ciblée OBSMER	2003-2020	Réseau OBSMER	-	Pêche non ciblée	IFREMER	<a href="#">lien</a>
Pêche non ciblée	1965-2019	Réseau OBSMER	-	Pêche non ciblée	Elliot et al., 2023	<a href="#">lien</a>
Données physico-chimiques estuaire de la Loire	2007-2022	Estuaire de la Loire	Loire	Perte d'habitats	GIP Loire-estuaire	<a href="#">lien</a>
Données physico-chimiques estuaire de la Seine	2011-2022	Estuaire de la Seine	Seine	Perte d'habitats	GIP Seine-aval	<a href="#">lien</a>
Données physico-chimiques estuaire de la Garonne	2004-2022	Estuaire de la Garonne	Garonne-Dordogne	Perte d'habitats	GIP Estuaire Gironde	<a href="#">lien</a>
Données DCE	2009-2020	Toute la France	Toute France	la Pollutions chimiques	OFB	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

Tableau III.1. Suite de la page précédente

Données	Années	Site	Bassin	Type de pression	Source de données	Reference
Comptages silure STACO-MI	2016-2022	Hérault_Bladier Ricard	Rhône Méditerranée	Prédation	MRM	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2018-2022	Rhône_Sauveterre	Rhône Méditerranée	Prédation	MRM	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2014-2022	Charente_Crouin	Charente	Prédation	MIGADO	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	1993-2022	Garonne_Golfech	Garonne-Dordogne	Prédation	MIGADO	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	1993-2022	Garonne_Bazacle	Garonne-Dordogne	Prédation	MIGADO	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	1993-2022	Garonne_Carbonne	Garonne-Dordogne	Prédation	MIGADO	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2005-2022	Dordogne_Mauzac	Garonne-Dordogne	Prédation	MIGADO	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2010-2022	Dronne_Monfourat	Garonne-Dordogne	Prédation	MIGADO	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	1993-2022	Dordogne_Tuilières	Garonne-Dordogne	Prédation	MIGADO	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2004-2022	Vienne_Châtelleraut	Loire	Prédation	LOGRAMI	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2007-2021	Creuse_Descartes	Loire	Prédation	LOGRAMI	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2009-2022	Loire_Decize	Loire	Prédation	LOGRAMI	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	2012-2022	Loire_Roanne	Loire	Prédation	LOGRAMI	<a href="#">lien</a>
Comptages silure STACO-MI	1997-2022	Allier_Vichy	Loire	Prédation	LOGRAMI	<a href="#">lien</a>
Captures silure SNPE	2009-2020	Toute la France	Toute la France	Prédation	PONAPOMI	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante



Tableau III.1. Suite de la page précédente

Données	Années	Site	Bassin	Type de pression	Source de données	Reference
Silures comptage pêche électrique	1993-2022	Toute la France	Toute France	la Prédation	NAIADES	<a href="#">lien</a>
Données d'abondances espèces marines	variable-2020	Atlantique, Manche, Méditerranée, Mer du Nord	-	Prédation	IFREMER	<a href="#">lien</a>
Comptages silure Arzal	1996-2022	Vilaine_Arzal	Vilaine	Prédation	Bretagne Grands Migra-teurs	<a href="#">lien</a>
Comptages silure Scorff	2008-2021	Scorff_Moulin_des_Princes	Scorff	Prédation	INRAE-U3E	<a href="#">lien</a>
Présence mollusques bivalves	variable-2023	Toute la France	Toute France	la Ressources phiques	tro- OFB	<a href="#">lien</a>
ICES stocks Biscay Bay Iberian Coast	variable-2022	Biscay Bay Iberian Coast	-	Ressources phiques	tro- ICES	<a href="#">lien</a>
ICES stocks Greater North Sea	variable-2022	Greater North Sea	-	Ressources phiques	tro- ICES	<a href="#">lien</a>
ICES stocks Celtic seas	variable-2022	Celtic seas	-	Ressources phiques	tro- ICES	<a href="#">lien</a>
Données de débit Hydroportail (journalier)	début relevés-2023	Toute la France	Toute France	la Altérations d'habitats	HYDROPORTAIL/Benjamin Renard	<a href="#">lien - lien</a>
Données de pêche électrique ASPE	1966-2023	Toute la France	Toute France	la Prédation	eaufrance/OFB	<a href="#">lien</a>

## IV. Regroupement des séries temporelles en tendances

Le second objectif de cette synthèse est d'établir un diagnostic national sur l'état des populations d'aloses et de lamproies en France métropolitaine. Pour ce faire, des séries temporelles ont été compilées à l'échelle française et analysées en couplant une méthode permettant de résumer des données temporelles en un nombre limité de tendances, l'analyse factorielle dynamique, et un clustering permettant de regrouper les séries avec une dynamique similaire.

### IV.1. Données utilisées

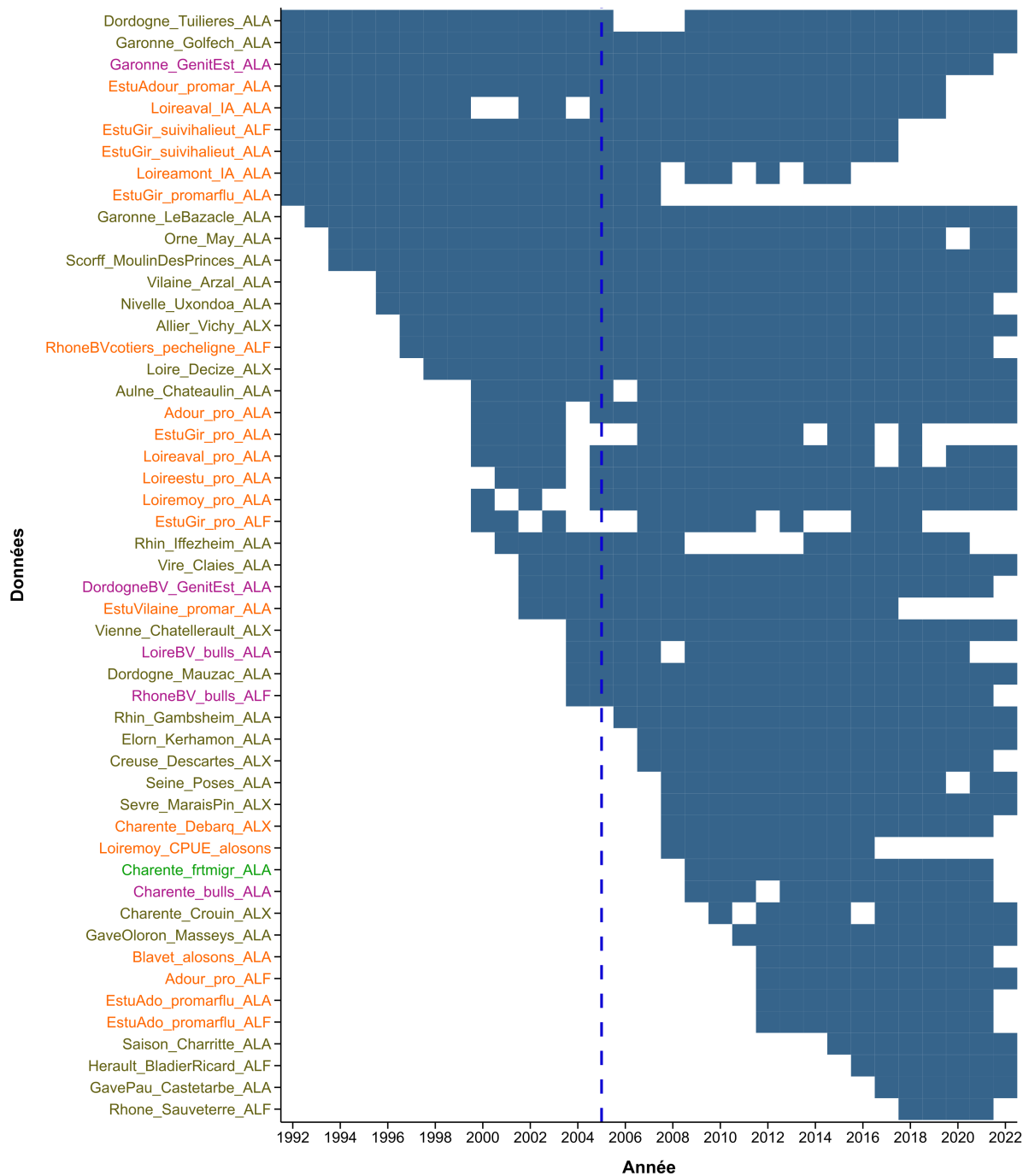
Les données utilisées sont les séries temporelles avec des données disponibles au moins à partir de 2005. Le code utilisé pour nommer chaque série suit le schéma suivant : *cours d'eau/zone - site/source de données - espèce*, avec pour l'espèce ALA = grande alose, ALF = alose feinte ou alose feinte de Méditerranée, ALX = aloses non différenciées, LPM = lamproie marine et LPF = lamproie fluviatile. Les Figures IV.1. et IV.2. indiquent la localisation des données obtenues pour les aloses, et les Figures IV.4. et IV.5. indiquent la localisation des données obtenues pour les lamproies. La Figure IV.3. et la Figure IV.6. indiquent la fenêtre temporelle des données récupérées pour les aloses et les lamproies. Plus de détails sont disponibles quant au type de données, leur unité et leur provenance dans le Tableau VI.1. et le Tableau VI.2. en annexe. L'idée est d'intégrer des séries ayant suffisamment de données pour pouvoir être analysées et comparées entre elles. Dans l'optique de pouvoir retrouver l'unité initiale de mesure à partir des tendances dégagées, les données n'ont pas été transformées mais seulement centrées et réduites. Les séries temporelles des trois espèces d'aloses ont été regroupées, comme celles des deux espèces de lamproies. Ce choix s'explique par le manque de données pour les petites espèces, rendant peu pertinente la mise en œuvre d'une analyse par espèce. Si les tendances sont différentes entre celles-ci, ce résultat se retrouvera dans les différents clusters identifiés (voir traitement des résultats ci-après).



**Figure IV.1.** Données récupérées pour les aloses provenant des stations de comptage de migrateurs. L'icône indique la localisation des différentes stations de comptage. Les cours d'eau figurés sont ceux pour lesquels au moins une série temporelle a été obtenue, tous types de données confondus.



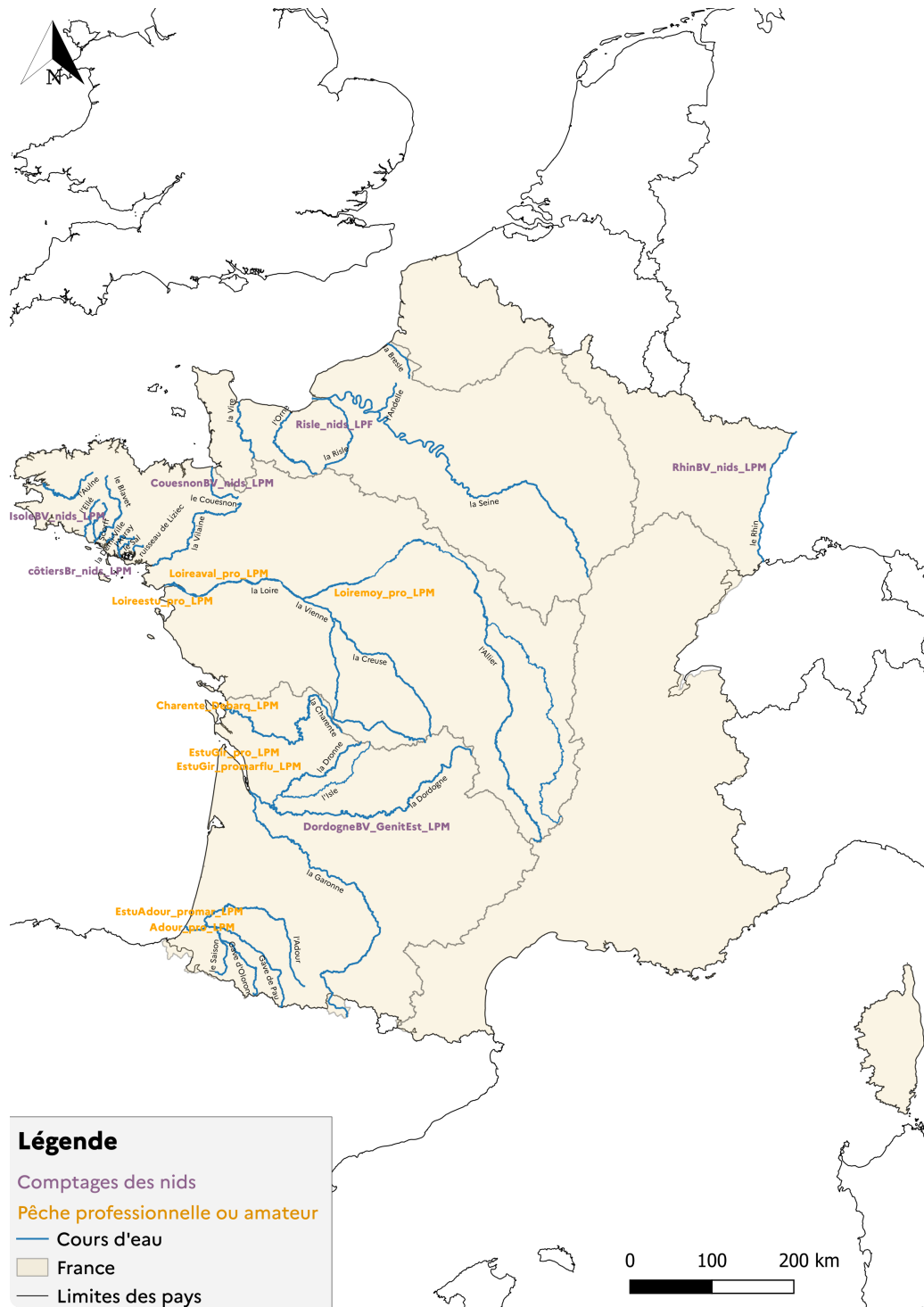
**Figure IV.2.** Données récupérées pour les aloses provenant de la pêche professionnelle ou amateur, de comptages de bulls et de fronts de migration. La localisation est ici indicative (figuré non ponctuel).



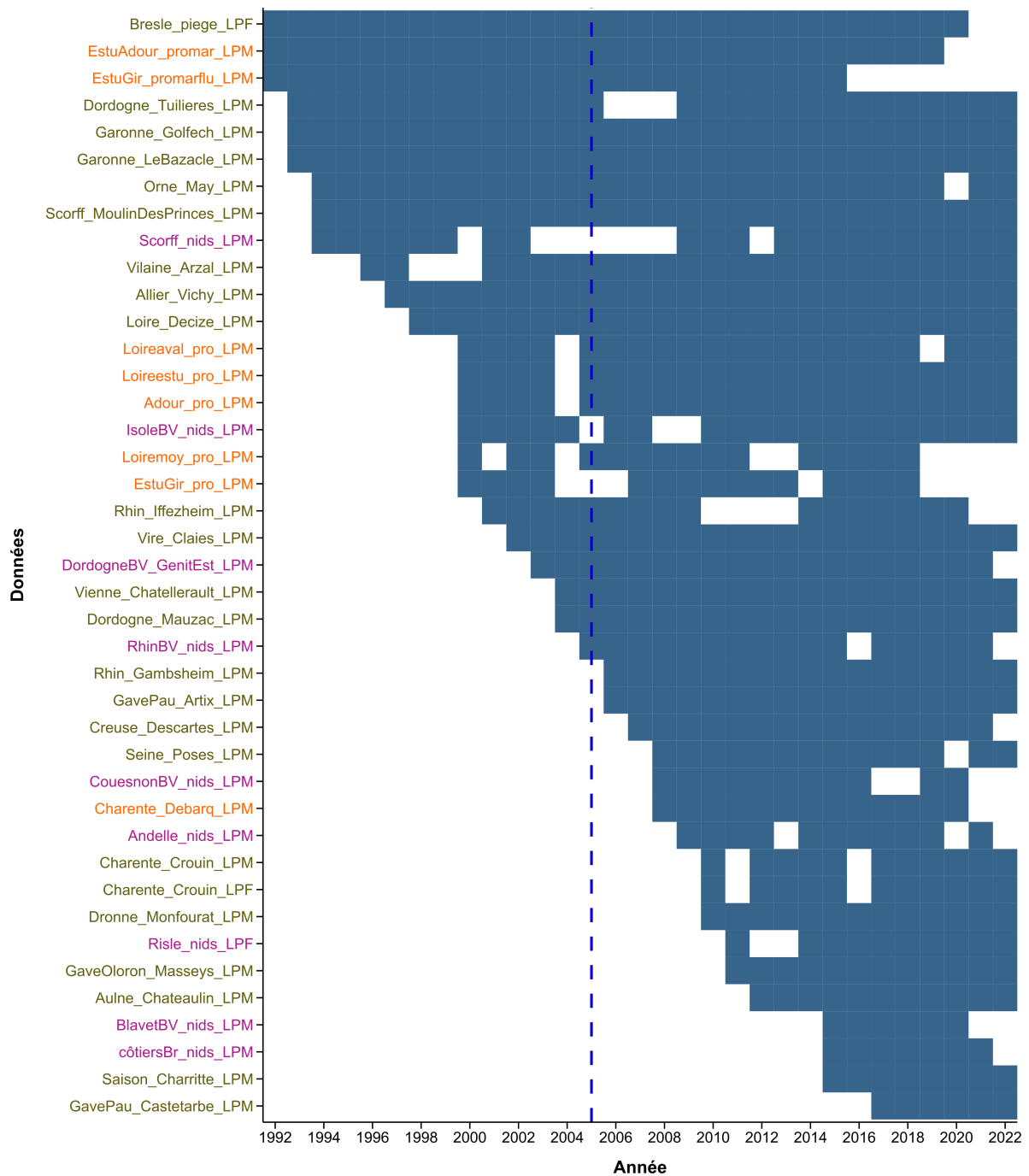
**Figure IV.3.** Données récupérées dans le cadre de l'expertise pour les aloses. La ligne bleue indique la date minimale à laquelle les données doivent être disponibles pour être intégrées dans la DFA. Toutes les séries commençant ultérieurement n'ont pas été utilisées. En vert olive, les données de comptage aux STACOMI, en orange, les données issues de pêche professionnelle ou amateur, en violet, les données de comptages de bulls, en vert, les données de front de migration. Sources des données : Associations migrateurs de France , EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMA-TAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPMA 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.



**Figure IV.4.** Données récupérées pour les lamproies provenant des stations de comptage de migrateurs. L'icône indique la localisation des différentes stations de comptage. Les cours d'eau figurés sont ceux pour lesquels au moins une série temporelle a été obtenue, tous types de données confondus.



**Figure IV.5.** Données récupérées pour les lamproies provenant de la pêche professionnelle ou amateur et de comptages de nids. La localisation est ici indicative (figuré non ponctuel).



**Figure IV.6.** Données récupérées dans le cadre de l'expertise pour les lamproies. La ligne bleue indique la date minimale à laquelle les données doivent être disponibles pour être intégrées dans la DFA. Toutes les séries commençant ultérieurement n'ont pas été utilisées. En vert olive, les données de comptage aux STACOMI, en orange, les données issues de pêche professionnelle ou amateur, en violet, les données de comptages de nids. Sources des données : Associations migrateurs de France , EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMATAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPMA 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.

## IV.2. Principe de la méthode utilisée

L'analyse factorielle dynamique (*Dynamic Factor Analysis – DFA*) est une méthode de réduction des dimensions spécialement adaptée à l'analyse



des tendances temporelles. Autrement dit elle permet de résumer  $n$  séries temporelles réelles en  $m$  tendances communes (Zuur *et al.*, 2003a). Elle présente l'avantage de pouvoir analyser des séries temporelles courtes, non stationnaires (présentant une tendance) et ayant des valeurs manquantes (Zuur *et al.*, 2003a). Cette méthode est donc particulièrement adaptée en halieutique, et en écologie en général, où il est rare d'avoir des séries temporelles de plus de quelques décennies (Zuur *et al.*, 2003b). La DFA est une forme particulière des modèles espace-état (*state-space model*, Zuur *et al.*, 2003a). Elle peut s'écrire comme (Holmes *et al.*, 2021b) :

- un processus d'observation (avec erreur)  $y_t = Zx_t + e_t$  avec  $y_t$  les  $n$  séries au temps  $t$ ,  $x_t$  les  $m$  tendances communes au temps  $t$ ,  $Z$  la matrice des poids de chaque série pour chaque tendance (de dimension  $n \times m$ ) et l'erreur  $e_t$  qui suit une loi normale multidimensionnelle de variance-covariance  $R$  ( $v_t \sim MVN(0, R)$ ).
- et un processus d'état décrivant les tendances communes  $x_t = x_{t-1} + w_t$  avec l'erreur  $w_t$  qui suit une loi normale multidimensionnelle de variance-covariance  $Q$  ( $v_t \sim MVN(0, Q)$ ). Dans la pratique, pour assurer l'identifiabilité du modèle,  $Q$  est une matrice identité et  $x_0 \sim MVN(0, V_0)$  avec  $V_0$  une matrice diagonale (Holmes *et al.*, 2021b; Zuur *et al.*, 2003a). Les tendances sont donc des marches aléatoires indépendantes.

Le processus d'observation peut aussi inclure une constante et des variables explicatives, mais nous n'avons pas utilisé cette possibilité ici.

### IV.3. Mise en oeuvre

La fonction *MARSS* de la bibliothèque *MARSS* de R (Holmes *et al.*, 2021b) - qui implémente la DFA grâce à l'argument *form = "dfa"* - a été utilisée. L'optimisation est faite dans notre cas avec un algorithme BFGS en lieu et place de l'algorithme EM utilisé par défaut, car il est en général plus rapide (Holmes *et al.*, 2021b). Celui-ci est implémenté grâce à l'argument *method = "BFGS"*. Les tests dans notre cas d'étude montrent que le temps d'optimisation peut ainsi passer de plusieurs heures à quelques minutes. Les résultats ne sont pas strictement identiques mais sont très comparables. Les observations doivent être standardisées (centrées et réduites, Zuur *et al.*, 2003a), ce qui est réalisé par défaut avec l'argument *z.score = TRUE*.

La DFA est faite sous une hypothèse de normalité, d'indépendance et d'homogénéité des résidus (Zuur *et al.*, 2003b). Zuur *et al.* (2003b) donnent plusieurs raisons à une non-normalité des résidus dont la présence de valeurs aberrantes ou des observations qui sont des données de comptages avec des nombres faibles. Dans ce dernier cas il est difficile de transformer les données de manière à ce qu'elles deviennent normales et l'extension de la DFA à une distribution de Poisson est à envisager (Zuur *et al.*, 2003b). La normalité des résidus a été vérifiée graphiquement grâce à un qqplot.

La matrice de variance-covariance des observations  $R$  peut prendre plusieurs formes en fonction des hypothèses sur les séries d'observations :

- Si les séries sont considérées comme indépendantes :  $R$  est une matrice diagonale. Si de plus les variances des séries sont considérées comme identiques alors les valeurs de la diagonale seront les mêmes. Cela correspond à l'argument  $R = \text{"diagonal and equal"}$ .
- Si les séries sont considérées comme indépendantes mais que chaque série d'observations peut avoir sa propre variance alors on a l'argument  $R = \text{"diagonal and unequal"}$ .
- Si au moins certaines des séries ne sont pas indépendantes,  $R$  peut être entièrement estimé avec l'argument  $R = \text{"unconstrained"}$ . Une variante est de spécifier les couples de séries dépendantes et de considérer les autres comme indépendantes (covariance fixée à 0). La fonction *MARSS* permet de le faire. Il faudrait néanmoins établir *a priori* quels couples de séries ne seraient pas indépendants sur la base d'une proximité géographique (toutes les séries d'un même bassin par ex.), typologique (toutes les séries de pêcheries par ex.) ou spécifiques. Nous avons ici exploré une matrice complètement libre (toutes les séries sont potentiellement dépendantes).

Les trois options ont ici été testées.

Le nombre de tendances communes  $m$  doit être petit par rapport au nombre de séries  $n$  pour que la méthode présente un intérêt. Dans notre cas d'étude, on peut envisager les hypothèses que chaque espèce regroupée puisse avoir sa propre tendance, qu'il y ait des tendances par entité géographique correspondant à des populations distinctes ou à des zones ayant des impacts particuliers sur la dynamique à terre ou en mer, entre autres. Pour cela nous avons testé jusqu'à  $m = 10$  tendances communes dans certains modèles.

La sélection des modèles s'opère sur la base du critère d'information d'Akaike, l'AIC (Zuur *et al.*, 2003a). Nous avons utilisé l'AIC corrigé (AICc) qui permet de tenir compte de notre faible nombre de données. On ne peut toutefois pas comparer des modèles ayant été optimisés sur des données différentes (sous-sélection de séries ou données non transformées versus log-transformées). On peut néanmoins comparer l'ajustement des modèles en comparant la corrélation de Pearson entre les données d'observations et prédites (Beaulaton, 2008; Zheng *et Agresti*, 2000). Les tendances sont représentées de manière à ce que le maximum de poids soient positifs. Les matrices de poids obtenues sont par ailleurs transformées à l'aide d'une rotation *varimax* (Holmes *et al.*, 2021a) afin de clarifier la structure de ces matrices et créer la plus grande différence possible entre les poids, ceci permettant d'affilier plus facilement les séries temporelles à l'une ou l'autre des tendances. Cela équivaut à effectuer une rotation des axes lors d'une analyse en composantes principales (ACP), afin de déterminer les variables discriminées par un axe commun.

#### IV.4. Traitement des données post-DFA

Dans un premier temps, il est nécessaire de préciser la manière dont les tendances issues des DFA peuvent être interprétées. Chaque série temporelle incorporée au modèle est caractérisée par un poids  $Z$  pour chacune

des tendances retenues, ce poids étant positif ou négatif selon la corrélation ou l'anticorrélation de la série par rapport à la tendance. Ainsi, chaque série est une résultante de toutes les tendances, qui ont une importance plus ou moins grande pour cette série selon leur poids. Il n'est donc pas pertinent d'analyser les tendances indépendamment les unes des autres sans prise en compte des poids. Les résultats issus de la DFA sont donc difficilement interprétables en l'état et nécessitent de comparer les combinaisons de poids  $Z$  des séries. Pour pouvoir interpréter plus facilement les résultats, une méthodologie de clustering a été développée pour identifier des groupes de séries temporelles ressemblantes et les résumer en clusters, avec une tendance globale résumant l'information contenue dans les séries de ce cluster. La Figure IV.7. présente les différentes étapes de la méthode.

A la suite de la DFA, la matrice des poids  $Z$  de chaque série pour chaque tendance a donc été utilisée pour déterminer la ressemblance des séries entre elles par le biais d'une analyse de clusters. Pour ce faire, chaque tendance de chaque série s'est vue attribuer un poids  $Z$  tiré aléatoirement parmi l'intervalle de confiance du poids  $Z$  de chaque tendance, selon une loi normale et à l'aide de la fonction  $rnorm()$ . Mille matrices de  $Z$  ont ainsi été calculées, transformées ensuite en matrices de distance euclidienne des séries temporelles, considérées deux-à-deux. Sur chacune de ces matrices, la fonction *NbClust* du package *NbClust* (Charrad et al., 2014) a été utilisée afin de déterminer le nombre adéquat de clusters, en utilisant la méthode de clustering hiérarchique de Ward (Ward, 1963). En effet, différentes méthodes pour déterminer un nombre optimal de clusters existent et utilisent des critères différents. La fonction *NbClust* permet le calcul de trente indices (formules et critères détaillés dans Charrad et al., 2014), et le nombre de clusters le plus fréquemment indiqué parmi ces indices est sélectionné.

Sur les 1000 clusterings effectués, le pourcentage de regroupement de deux séries entre elles est calculé afin d'obtenir une matrice carrée indiquant ces fréquences entre toutes les séries. Un nouveau clustering est ensuite effectué sur cette matrice - préalablement transformée pour correspondre à une matrice de distance et non de similarité - avec la méthode de Ward. Le dendrogramme obtenu est utilisé pour réaliser un regroupement des séries entre elles. Ce dendrogramme permet de classer les séries en différents clusters. Le découpage est réalisé manuellement en identifiant les grands groupes dégagés par le clustering. La visualisation des tendances issues de la DFA pour les séries d'un cluster donné permettra ensuite d'identifier soit une certaine hétérogénéité au sein d'un cluster, soit une ressemblance importante entre deux clusters suggérant des tendances similaires. Dans le premier cas, l'hétérogénéité peut être due à des données manquantes sur une série. Dans ce cas, si cette série suit une tendance proche de celle des autres séries du cluster pour les années disponibles, alors celle-ci sera regroupée dans ce cluster. Cela peut par exemple donner lieu à une tendance indiquant un pic pour des années manquantes, uniquement car les autres séries du cluster, complètes, présentent ce pic. Dans ce cas, la série ne sera pas considérée comme présentant ce pic. Dans le second cas, une ressemblance entre deux clusters

pourra être due à la proximité de ces derniers dans le clustering, bien que ceux-ci aient été séparés.



Afin de mieux visualiser les tendances au sein d'un cluster, mais également pour comparer les clusters entre eux, une courbe moyenne par cluster a été construite à partir de la moyenne des valeurs issues de la DFA de chaque série. Pour une année donnée, une série est considérée dans la moyenne uniquement si celle-ci a une valeur autre que *NA* pour la valeur brute. Afin de lisser les fluctuations de la courbe, une moyenne mobile sur un pas de 5 ans a été appliquée sur la courbe moyenne initiale. Cette moyenne mobile a été pondérée en donnant plus de poids aux valeurs les plus récentes et aux changements de pente (pic ou creux). L'intérêt est d'éviter un décalage des tendances (augmentation ou diminution) dû à l'influence des données anciennes ou futures. La fonction *smartFilter* du package *Smisc* a été utilisée. Les tendances de chaque cluster étant généralement caractérisées par l'existence d'un pic, variable selon les clusters (voir résultats page 58), ceux-ci ont été classés en fonction de la date de ce pic, le premier cluster étant celui avec le pic le plus ancien et le dernier cluster celui avec le pic le plus récent (ou présentant une tendance à l'augmentation pour les dernières années, avec des valeurs supérieures aux valeurs anciennes).

1) Données de poids (Z) par site et par tendance issues de la DFA

Site	Tendance	Z	Z.low	Z.up
Série A	1	-0.041233553	-0.2885977192	0.206130613
Série A	2	0.214875332	0.2352382977	0.194512367
Série B	1	0.196553110	-0.068471521	0.461577372
Série B	2	0.021578179	0.1253425983	-0.082186241

x 1000

2) Fonction de clustering

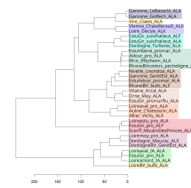
Z tirés aléatoirement dans une distribution normale (entre Z.low et Z.up)   
 Matrice de distance euclidienne basée sur ces Z  
 Nombre de groupes déterminés via 30 indices (valeur revenant le plus)  
 Chaque série affiliée à un groupe selon dendrogramme/matrice de distance   
 Matrice de 0 et 1 selon appartenance au même groupe ou non

	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
Série 1	-			
Série 2	0	-		
Série 3	1	0	-	
Série 4	0	1	0	-

3) Matrice de ressemblance avec pourcentage de regroupement entre séries

	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4
Série 1	-			
Série 2	43,5	-		
Série 3	65,2	17,3	-	
Série 4	22,7	12,8	80,4	-

4) Nouveau dendrogramme basé sur la matrice de ressemblance (transformée en matrice de distance)



5) Visualisation des résultats de la DFA par cluster

Classement des séries selon leur cluster d'après le dendrogramme uniquement  
 Calcul d'une courbe moyenne lissée par cluster (moyenne mobile)

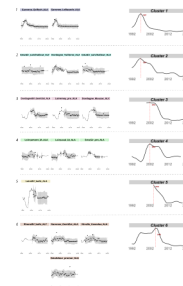
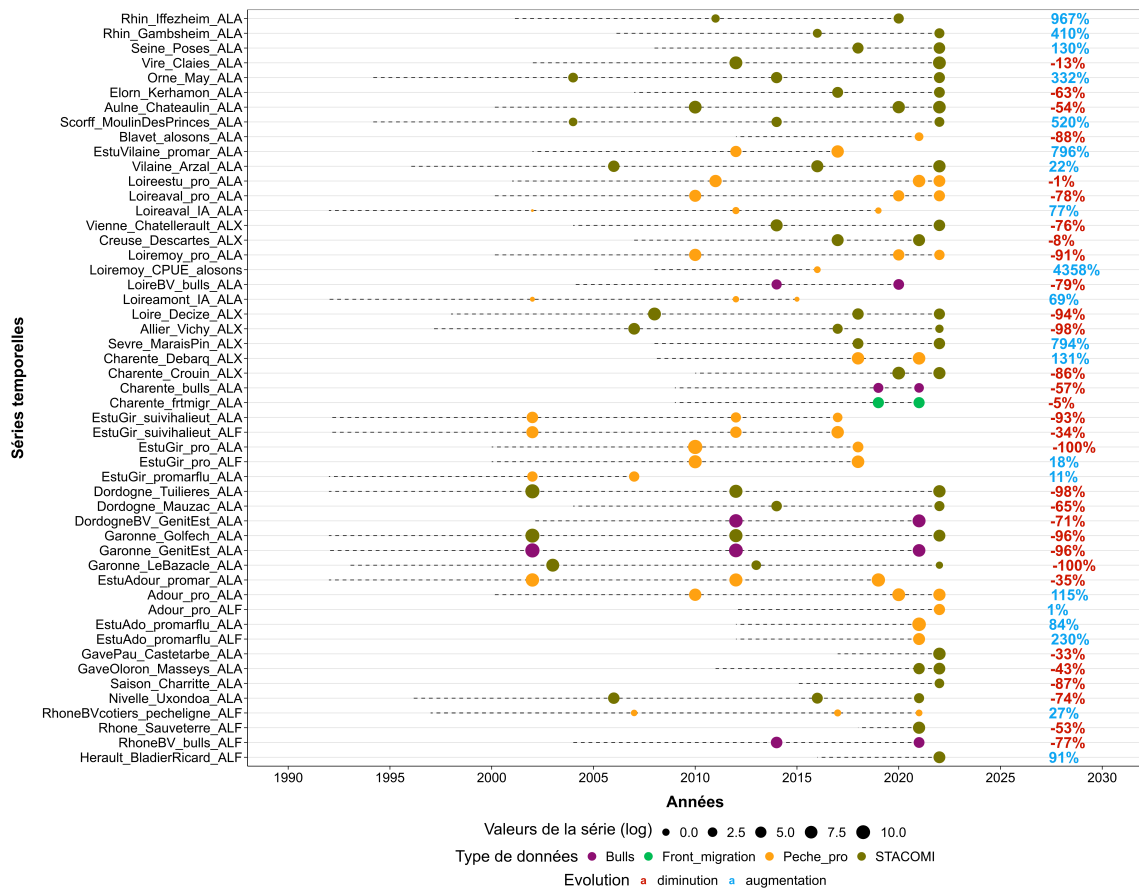


Figure IV.7. Méthodologie du clustering réalisé à partir des résultats de la DFA, réalisé pour les aloses, les lamproies, puis les aloses et les lamproies combinées (en annexe).

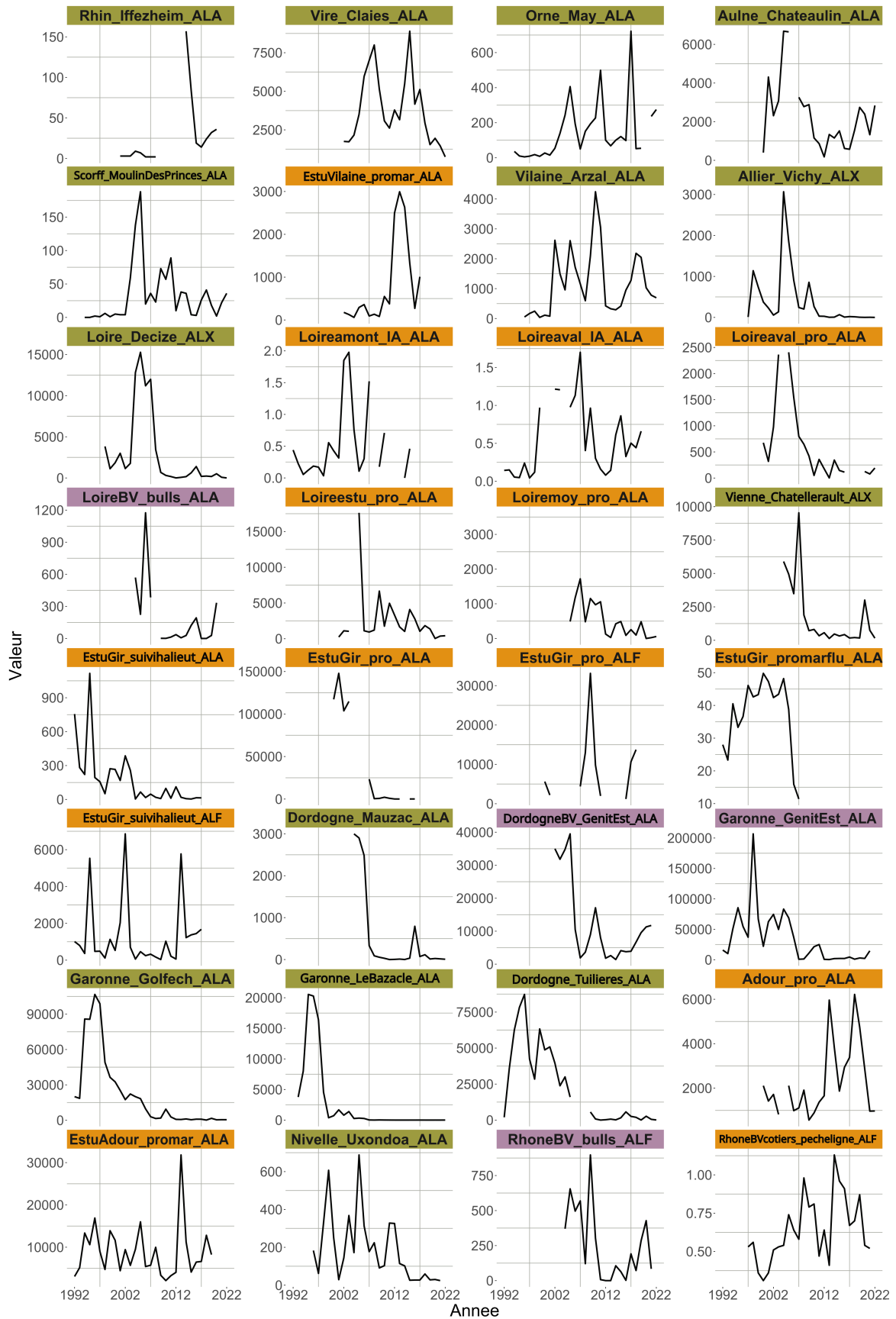
## IV.5. Résultats

### IV.5.1. Dynamiques générales des séries

La Figure IV.8. indique les dynamiques d'évolution des séries temporelles entre la première et la seconde moitié des séries pour les aloses. On observe une diminution des valeurs entre la première moitié et la seconde moitié des observations pour la majorité des séries temporelles. On remarque cependant que certaines séries sont à l'augmentation. Si l'on se concentre sur les séries où les données sont récentes et sur au moins une décennie, il semble que les séries en augmentation sont davantage situées au nord qu'au sud. C'est notamment le cas de Rhin-Iffezheim-ALA, de Rhin-Gambsheim-ALA, d'Orne-May-ALA, de Scorff-MoulinDesPrinces-ALA, de Vilaine-Arzal-ALA, de Sevre-MaraisPin et de Charente-Debarq-ALX. Pour Seine-Poses-ALA, l'ouverture d'une nouvelle passe à poissons en 2018, plus facilement utilisable par les aloses, est susceptible d'expliquer l'augmentation observée (communication SEINORMIGR). Au contraire, les séries provenant des bassins de présence historique que sont la Loire (notamment Loiremoy-pro-ALA, Loire-Decize-ALX ou Allier-Vichy-ALX) ou le bassin Garonne-Dordogne (telles que Dordogne-Tuilières-ALA, Garonne-Golfech-ALA, Garonne-GenitEst-ALA ou Garonne-LeBazacle) ont très fortement baissé voire indiquent une quasi absence de remontées, notamment pour Garonne-LeBazacle ou Allier-Vichy-ALX. Les données brutes (Figure IV.9.) indiquent la présence de pics d'abondance survenant à des périodes différentes selon les années (milieu des années 1990 pour Garonne-LeBazacle-ALA et plutôt vers 2010 pour EstuVilaine-promar-ALA par exemple). La variabilité inter-annuelle rend cependant difficile d'interpréter ces données de manière synthétique. Les tendances issues de la DFA associées au clustering permettront une analyse plus fine des dynamiques observées, et une visualisation plus aisée des tendances globales.



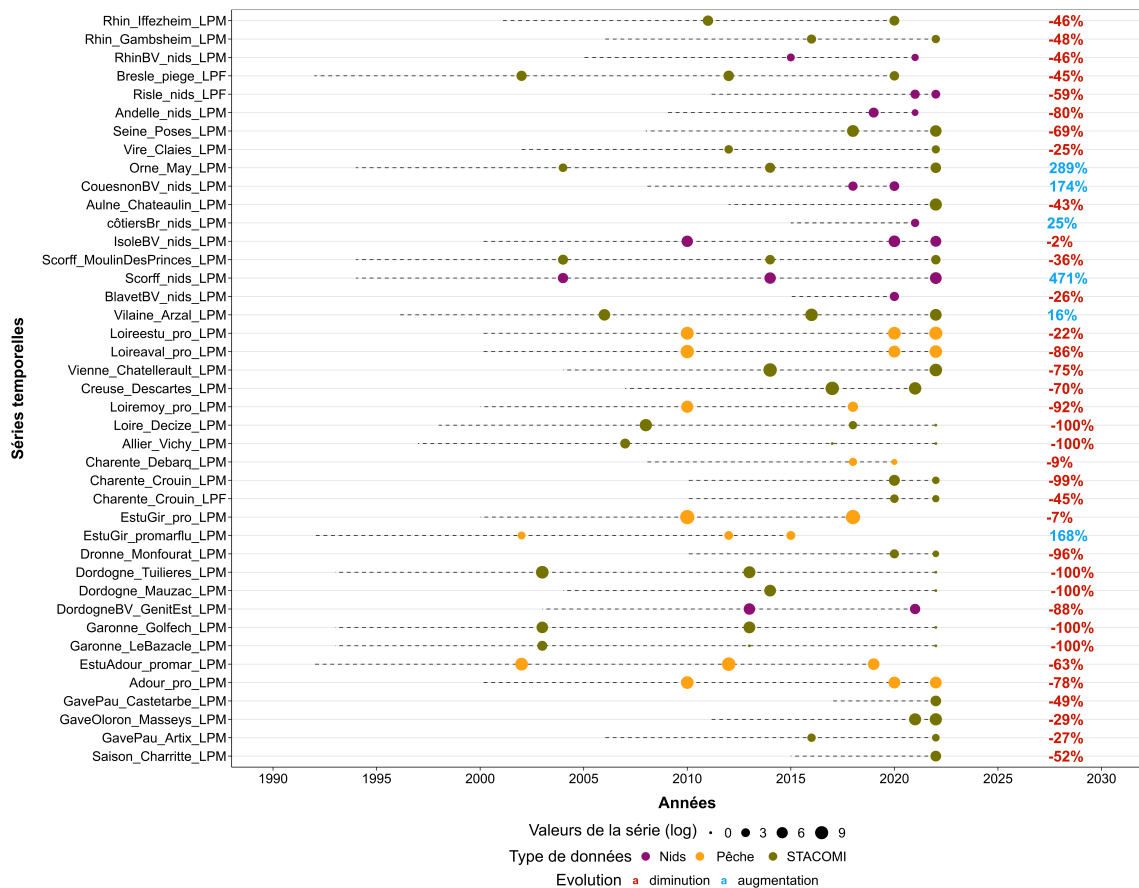
**Figure IV.8.** Évolution des valeurs des séries temporelles pour les aloses. Les pourcentages indiquent l'évolution entre la valeur médiane de la première moitié d'une série temporelle et celle de la seconde moitié. Les points sont espacés de 10 ans, en partant de l'année de suivi la plus ancienne, et leur taille est proportionnelle à la valeur médiane de la série sur la décennie écoulée. Un point est également placé sur la dernière année de suivi, et l'effectif indiqué par la taille du point correspond à la médiane des effectifs des années situées entre ce dernier point et le point précédent. Sources des données : Associations migrateurs de France, EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMATAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPMA 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.



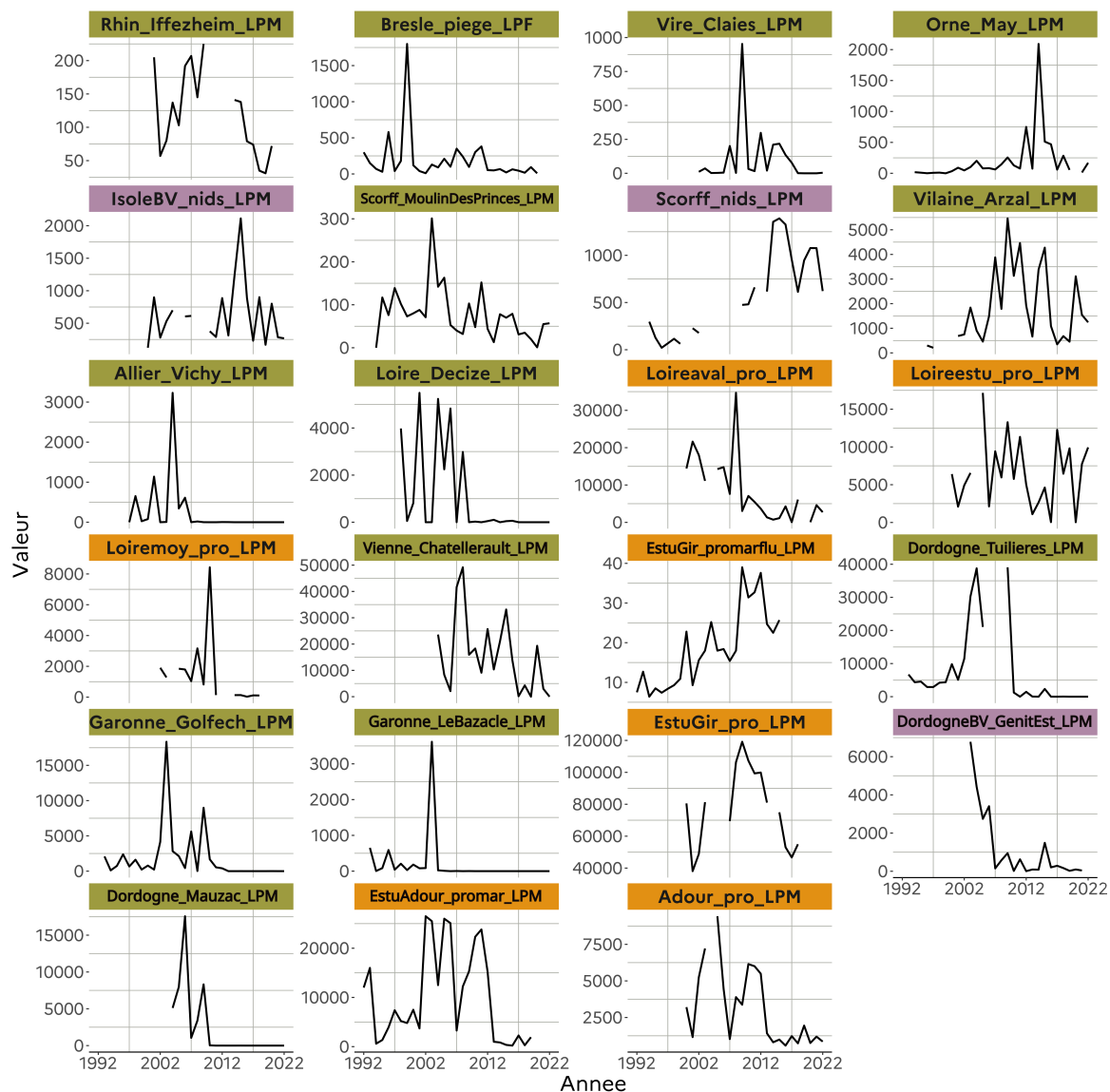
**Figure IV.9.** Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les aloses et incluses dans la DFA. En vert olive, les données de comptage aux STACOMI, en orange, les données issues de pêche professionnelle ou amateur, en violet, les données de comptages de bulls. Sources des données : Associations migrateurs de France , EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMATAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPMA 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.



Les tendances observées pour les lamproies (Figure IV.10.) sont plus claires que pour les aloses, avec une tendance globale à la diminution (35 séries sur 41). Seuls certains cours d'eau normands et bretons présentent des tendances à l'augmentation (Orne-May-LPM, CouesnonBV-nids-LPM, Scorff-nids-LPM, Vilaine-Arzal-LPM), si l'on exclut EstuGir-promarflu-LPM qui ne présente pas de données postérieures à 2008. Les gros bassins historiques que sont la Loire ainsi que le système Gironde-Garonne-Dordogne ont une nette tendance à la baisse, avec certaines stations où l'on n'observe plus de remontées (Loire-Decize-LPM, Allier-Vichy-LPM, Dordogne-Tuilières-LPM, Dordogne-Mauzac-LPM, Garonne-Golféch-LPM et Garonne-LeBazacle-LPM). Sur ces bassins, les lamproies ne semblent plus fréquenter des parties amont de bassin où elles étaient autrefois présentes. Pour le système Gironde-Garonne-Dordogne, seul l'estuaire et possiblement les parties les plus en aval de la zone fluviale semblent encore être fréquentées. Comme pour les aloses, les données brutes (Figure IV.11.) indiquent des pics avec une temporalité différente, mais la variabilité entre années rend l'interprétation difficile à ce stade.



**Figure IV.10.** Évolution des valeurs des séries temporelles pour les lamproies. Les pourcentages indiquent l'évolution entre la valeur médiane de la première moitié d'une série temporelle et celle la seconde moitié. Les points sont espacés de 10 ans, en partant de l'année de suivi la plus ancienne, et leur taille est proportionnelle à la valeur médiane de la série sur la décennie écoulée. Un point est également placé sur la dernière année de suivi, et l'effectif indiqué par la taille du point correspond à la médiane des effectifs des années situées entre ce dernier point et le point précédent. Sources des données : Associations migrateurs de France , EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMATAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPMA 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.



**Figure IV.11.** Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les lamproies et incluses dans la DFA. En vert olive, les données de comptage aux STACOMI, en orange, les données issues de pêche professionnelle ou amateur, en violet, les données de comptages de nids. Sources des données : Associations migrateurs de France , EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMATAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPM 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.

## IV.5.2. Modèles et tendances sélectionnés

Le type de modèle sélectionné pour les aloses, d'après les valeurs d'AICc (voir annexe VI.1.), est un modèle "diagonal and unequal" indiquant donc que les séries sont considérées comme indépendantes et ayant des variances différentes. Quatre tendances ont été sélectionnées, toujours d'après l'AICc. Pour les lamproies, un modèle "diagonal and unequal" est également sélectionné (voir annexe VI.2.) indiquant des séries indépendantes et de variances inégales. Trois tendances ont été retenues. L'analyse DFA incluant l'ensemble des séries des aloses et lamproies remontant au moins à 2005 a mis en évidence un modèle "diagonal and unequal" comme précédemment, ainsi que trois tendances (voir annexe VI.3.). Les résultats de cette analyse sont présentés en annexe VI.6.

### IV.5.3. Regroupement des séries à partir des résultats de la DFA, pour les aloses

La Figure IV.12. indique les différents groupes constitués à partir des pourcentages d'affiliation au même groupe (Figure IV.13.), pour les aloses. A partir de ce premier regroupement, des clusters ont été réalisés à partir des tendances issues de la DFA (Figures IV.14. et IV.15.). Douze clusters ont été déterminés. Un graphique en réseau est également disponible en annexe (Figure VI.4.). Les dates des pics indiqués sur les graphiques de synthèse peuvent différer entre la courbe moyenne des clusters et le pic des différentes séries, la DFA cherchant à synthétiser l'information contenue dans toutes les séries en un nombre limité de tendances, où chaque série se voit attribuer un poids pour chacune de celles-ci.

Le **cluster n°1** comprend les deux stations de comptage de migrateurs de la Garonne : Garonne-Golfech-ALA et Garonne-LeBazacle-ALA. Ces séries présentent pour point commun un pic au milieu des années 1990, en 1996 pour Golfech et 1995 pour le Bazacle (1997 sur le graphique de synthèse). Suite à ce pic, les deux séries ont diminué, avec une dynamique plus rapide pour le Bazacle. Depuis 2010-2012, les effectifs sont à des niveaux bas et stables, aux alentours des 500-1000 individus pour Golfech et moins de 5 individus pour le Bazacle, cet effectif reflétant donc davantage une quasi absence d'individus que des remontées à un niveau constant.

Le **cluster n°2** regroupe les séries EstuGir-suivihaliéut-ALF, Dordogne-Tuilières-ALA et EstuGir-suivihaliéut-ALA. Ces séries ont une allure proche de celles du **cluster n°6**. Cependant, la baisse des valeurs démarre dès la fin des années 1990 avec un plateau bas atteint vers 2005 (incertain pour Tuilières dû à l'absence de données). La série EstuGir-suivihaliéut-ALF, regroupée dans ce cluster, ressemble également aux séries du **cluster n°6**. Cependant, un semblant de plateau vers 2005 rapproche davantage cette série du **cluster n°2** ici discuté.

Le **cluster n°3** (regroupant les séries DordogneBV-GenitEst-ALA, Loiremoy-pro-ALA et Dordogne-Mauzac-ALA) est caractérisé par un plateau haut suivi par une baisse vers 2007. L'absence de données au cours des années 1990 rend difficile la détermination d'une date de début pour ce plateau, comme on peut le voir plus clairement sur le graphique de synthèse. Après cette chute, les séries maintiennent un niveau bas et stable jusqu'en 2022, avec une possible remontée pour DordogneBV-GenitEst-ALA qui influence vraisemblablement la remontée visible sur le graphique de synthèse.

Le **cluster n°4** est constitué des séries Loiremont-IA-ALA, Loireaval-IA-ALA et EstuGir-pro-ALA. La caractéristique principale de ce cluster est la présence d'un plateau haut au cours des années 2000, encadré par des valeurs nettement plus basses avant et après ce plateau. Les deux séries de la Loire ont clairement cette caractéristique mais le manque de données pour la série de la Gironde

rend difficile d'attribuer cette série à un groupe. Par défaut et respectant le clustering, cette série a été classée dans ce **cluster n°4**.

Le **cluster n°5** comprend uniquement la série LoireBV-bulls-ALA, dont la tendance issue de la DFA diffère clairement des autres clusters. On note une diminution dès 2004, année de début de disponibilité des données. Cette diminution se rapproche potentiellement du **cluster n°3** ou **n°6** mais les données parcellaires ne permettent pas de déterminer la tendance avant 2004. Ce manque de données explique vraisemblablement l'isolement de cette série dans un cluster dédié.

Le **cluster n°6** comprend les quatre séries RhoneBV-bulls-ALF, Garonne-GenitEst-ALA, Nivelle-Uxondoa-ALA et EstuAdour-promar-ALA. Ces séries sont caractérisées par la présence d'un plateau haut jusqu'à la fin des années 2000, avec une tendance à former un plateau bas ensuite. La tendance actuelle est plutôt une légère diminution. On note cependant l'absence de données sur la première décennie pour la série du Rhône, qui nécessite de nuancer la tendance observée pour cette série. La diminution des valeurs s'est néanmoins produite à la même période. La série de l'Adour, bien que suivant globalement la tendance décrite, présente une grande variabilité rendant cette tendance moins prononcée.

Le **cluster n°7** regroupe les séries Loireaval-pro-ALA, Allier-Vichy-ALX et Aulne-Chateaulin-ALA. Leur caractéristique est la présence d'un pic situé vers 2006 suivi d'un plateau. Avant ce pic, la tendance est difficile à déterminer à cause d'une importante variabilité ainsi qu'à cause du manque de données pour les années 1990. La tendance actuelle est un plateau, plus bas que les valeurs observées avant le pic de 2006.

Le **cluster n°8** regroupe des séries ayant eu un pic vers 2006, comme pour le **cluster n°7**. Il s'agit de Loireestu-pro-ALA, EstuGir-pro-ALF et Scorff-MoulinDesPrinces-ALA. EstuGir-pro-ALF est un cas particulier car bien que classée dans ce cluster, le manque de données empêche de classer réellement cette série comme similaire aux deux autres. En particulier, les pics indiqués correspondent à des données manquantes. Les deux autres séries présentent un plateau avant et un plateau (cependant plus variable) après leur pic, le plateau ancien étant à un niveau inférieur au plateau récent. Bien que proche du **cluster n°7** dans la survenue du pic, la dynamique après celui-ci est ici une diminution moins brutale.

Le **cluster n°9** comprend les séries Loire-Decize-ALX et Vienne-Chatellerault-ALX. Ces deux séries présentent un pic vers 2007, suivi d'une forte baisse aboutissant actuellement à un plateau bas. Pour Loire-Decize-ALX on observe un plateau similaire au plateau actuel avant le pic, mais pour Vienne-Chatellerault-ALX les données avant le pic sont manquantes et ne permettent pas de discuter de la tendance.

Le **cluster n°10** est uniquement constitué de la série Vire-Claies-ALA, qui est caractérisée par deux pics, vers 2008 et 2015, mais seul

celui de 2008 se retrouve clairement dans la DFA et donc dans le graphique de synthèse. On note que cette série est assez fluctuante mais se situe dans une gamme de valeurs proches depuis le début de disponibilité des données.

Le **cluster n°11** regroupe des séries qui ont une tendance à l'augmentation continue, mais peu marquée, avec un pic aux alentours de 2005 et une légère baisse actuellement. On retrouve ainsi Orne-May-ALA et Vilaine-Arzal-ALA dans ce cluster, cette dernière étant la seule montrant une tendance récente à la baisse sur les graphiques propres à chaque série de ce cluster. EstuGir-Promarflu est classée dans ce cluster pour sa tendance continue à l'augmentation hormis sur les trois dernières années disponibles (2005, 2006, 2007). Les dernières années disponibles semblent néanmoins indiquer une tendance différente des deux autres séries par la suite, la rapprochant potentiellement d'EstuGir-suivihalieut-ALA qui est classée dans le **cluster n°2**. On note que malgré un pic situé relativement tôt (2005), ce cluster est ici classé 11ème sur 12, car les effectifs sont depuis restés à un niveau haut avec un second pic équivalent vers 2012.

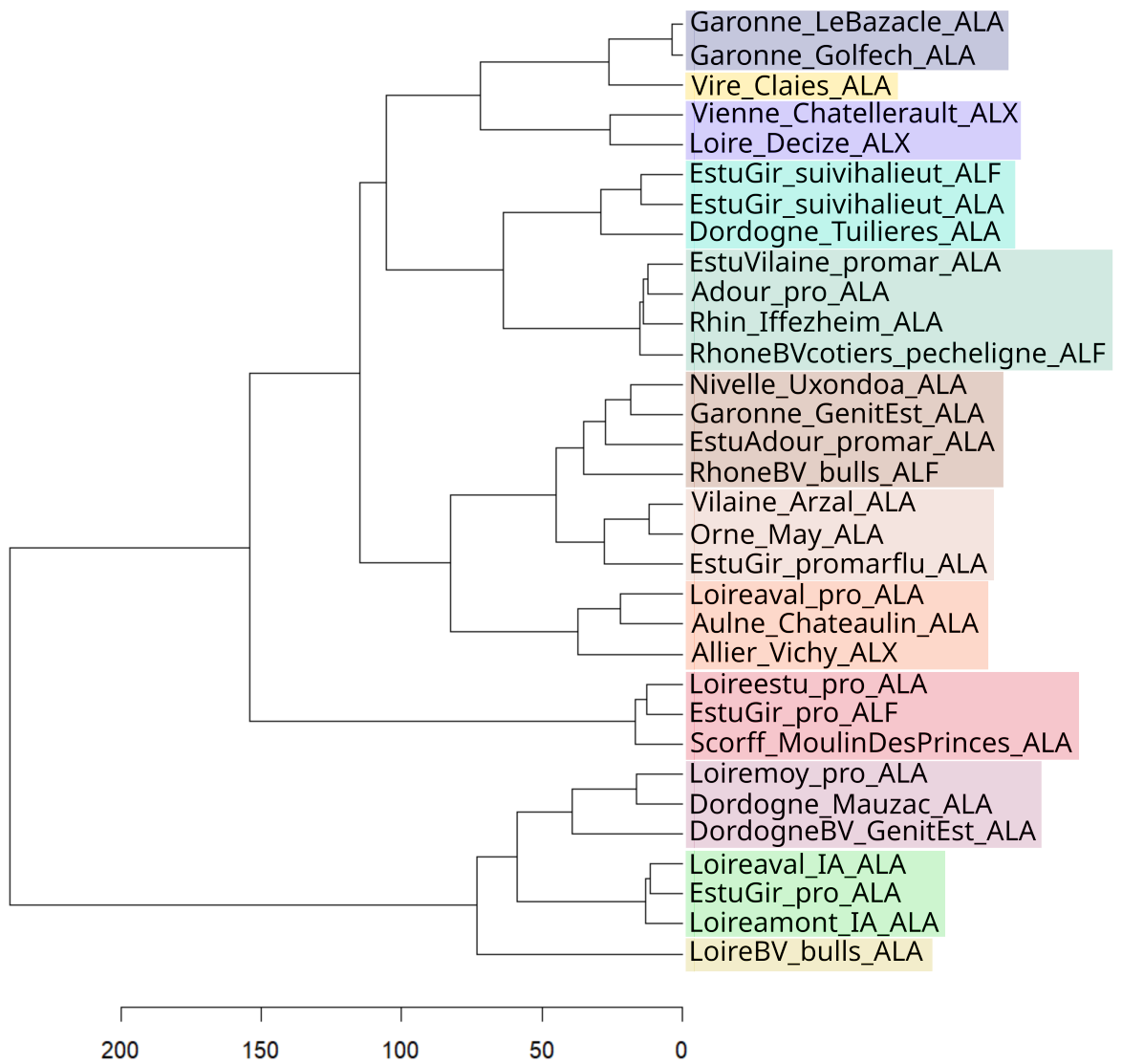
Enfin, le **cluster n°12** rassemble des séries qui sont stables sur les dernières années (augmentation puis plateau à partir de 2010) mais qui ont eu une période de valeurs plus faibles au cours des années 2000, après une période de plus hautes valeurs dans les années 1990 (visible surtout pour Adour-pro-ALA et RhoneBVcotiers-pecheligne-ALF). La situation d'EstuVilaine-promar-ALA dans les années 1990 n'est pas connue. Pour Rhin-Iffezheim-ALA, on observe un pic en 2014 et 2015, mais les autres années semblent suivre l'évolution des autres séries regroupées dans ce cluster. Bien qu'à un niveau relativement stable depuis 2010, la tendance actuelle est plutôt à une légère diminution.

L'analyse de la répartition des séries d'un point de vue géographique permet de relever certaines tendances, même si l'on trouve des exceptions pour chacune de celles-ci. Ainsi, on remarque tout d'abord que les séries temporelles du bassin Gironde-Garonne-Dordogne présentent en général un pic vers le milieu des années 1990 (visible sur les **clusters n°1 et n°2 notamment**), plus ou moins prononcé. On peut grossièrement décaler ce pic au début des années 2000 pour la Loire (**clusters n° 3, 4, 5, 7, 8 et 9**). Plus récemment, les tendances de ces différents bassins sont proches, assez stables avec une légère tendance à l'augmentation, cependant peu marquée. On a en revanche certains bassins versants plus petits comme ceux du Scorff, de l'Orne, de la Vire et de la Vilaine (**clusters n° 8, 10, 11 et 12**) avec des valeurs stables ou augmentant légèrement depuis les années 1990. On remarque tout de même une période plus haute dans les années 2000 (sauf le **cluster n°12**), comme pour la Loire, mais moins marquée. Les séries du Rhône, du Rhin et de l'Adour (**clusters n°6 et 12**) sont relativement stables mais on retrouve ici aussi une période plus haute dans les années 2000, hormis pour le Rhin.

Un complément d'information sur les tendances récentes peut être apporté par l'étude des séries temporelles commençant après 2005, et donc non incluses dans la DFA (Figure IV.16. représentant les données brutes standardisées). Sur ces séries, on retrouve le pic des années 2000 sur plusieurs séries du bassin de la Loire (Creuse-Descartes-ALX), de la Charente (Charente-bulls-ALA, Charente-Crouin-ALX) et de l'Elorn (Elorn-Kerhamon-ALA). On observe également la tendance récente à l'augmentation sur certaines des séries (Rhin-Gambsheim-ALA, Adour-pro-ALF, Charente-Debarq-ALX, Blavet-alosons-ALA voire Sevre-Marais-Pin). Il faut cependant noter que cette tendance, comme évoqué précédemment, apparaît peu marquée et difficile à confirmer sur ces séries récentes et avec une importante variabilité inter-annuelle. De plus, au sein d'un même bassin on peut observer des tendances semblant contradictoires, avec par exemple Charente-Debarq-ALX qui semble plutôt en augmentation contrairement à Charente-bulls-ALA ou Charente-Crouin-ALX qui ont plutôt chuté ces dernières années.

Il est à noter que les tendances issues de la base SNPE/CESMIA sont à considérer avec prudence. Une étude réalisée sur les pêcheurs professionnels fluviaux en 2018 (Anonyme, 2018b) a en effet montré un décalage important entre les déclarations SNPE (1780 kg pour la saison 2017) et les chiffres de vente obtenus auprès d'un grossiste (3275 kg pour 2017).

Un point commun à de nombreuses séries est donc une période haute dans les années 2000, plus ou moins marquée, avec une exception notable qui est le bassin Gironde-Garonne-Dordogne pour lequel le pic a plutôt eu lieu dans les années 1990. Globalement les populations sont actuellement sur un niveau bas et stable.



**Figure IV.12.** Dendrogramme réalisé à partir du clustering basé sur les pourcentages d'affiliation au même groupe, en fonction des valeurs de Z issues de la DFA, pour les aloses. Les couleurs correspondent à un découpage permettant de pré-trier les séries par groupe, affiné ensuite via la visualisation des tendances issues de la DFA. Le code couleur correspond au premier découpage et est repris pour le graphique des tendances.



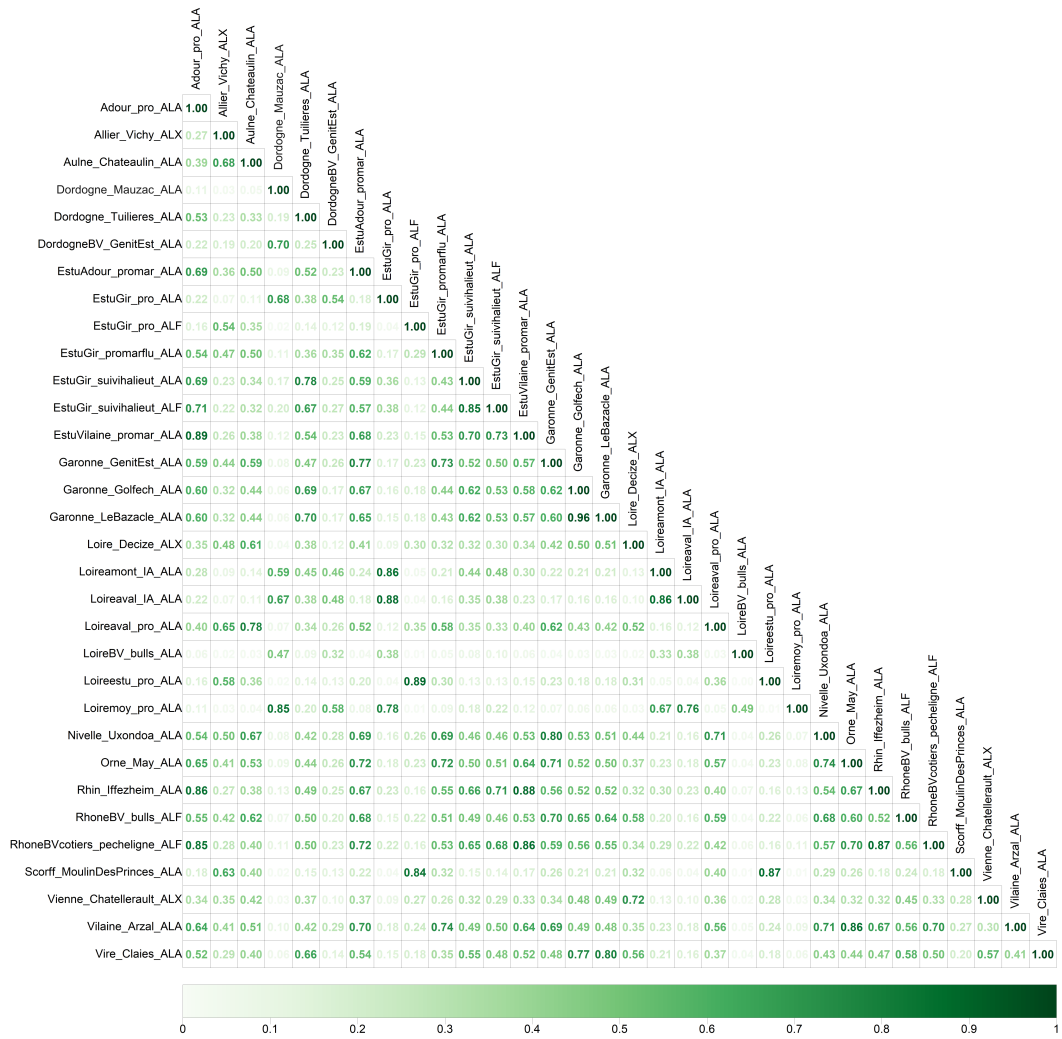
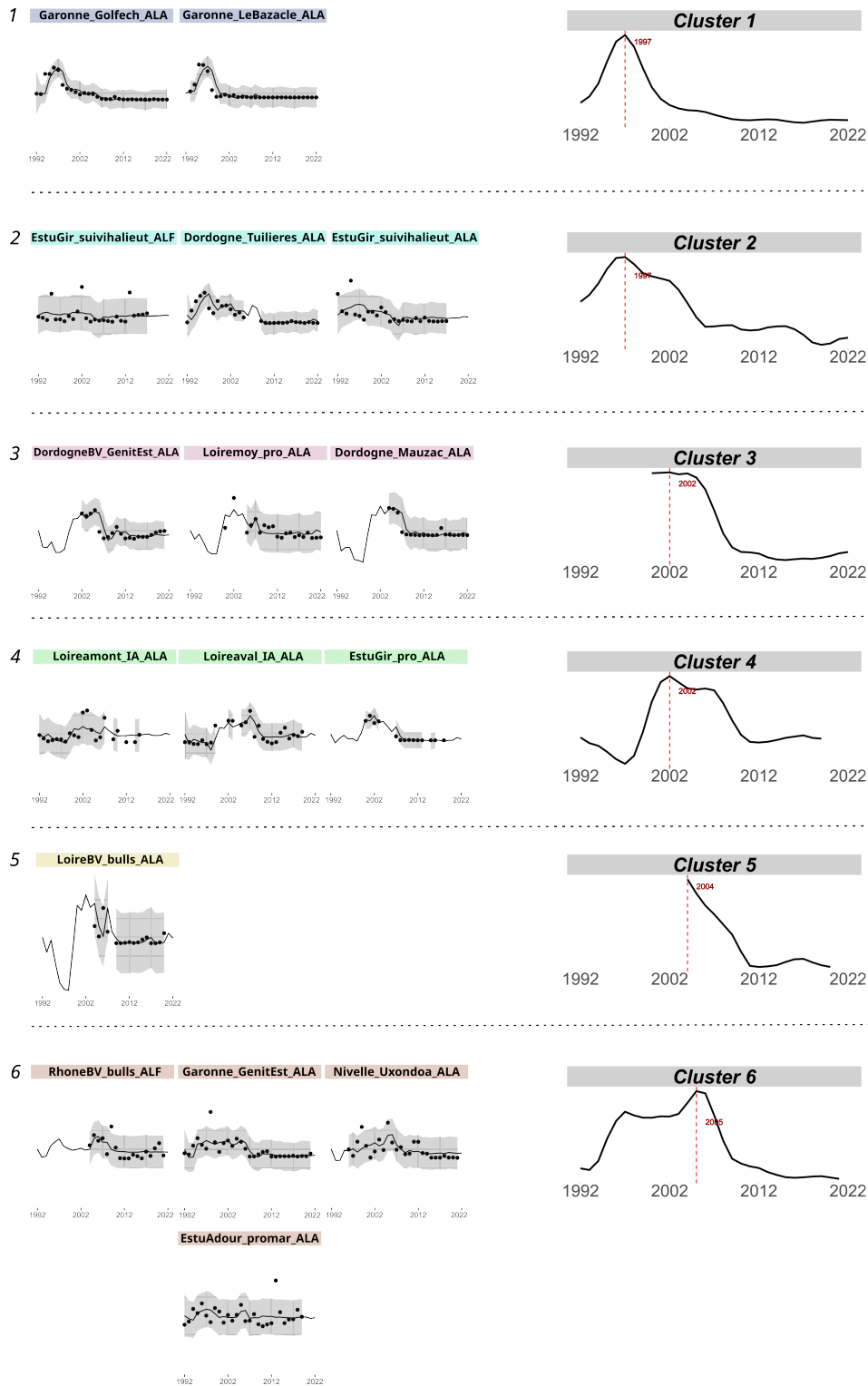
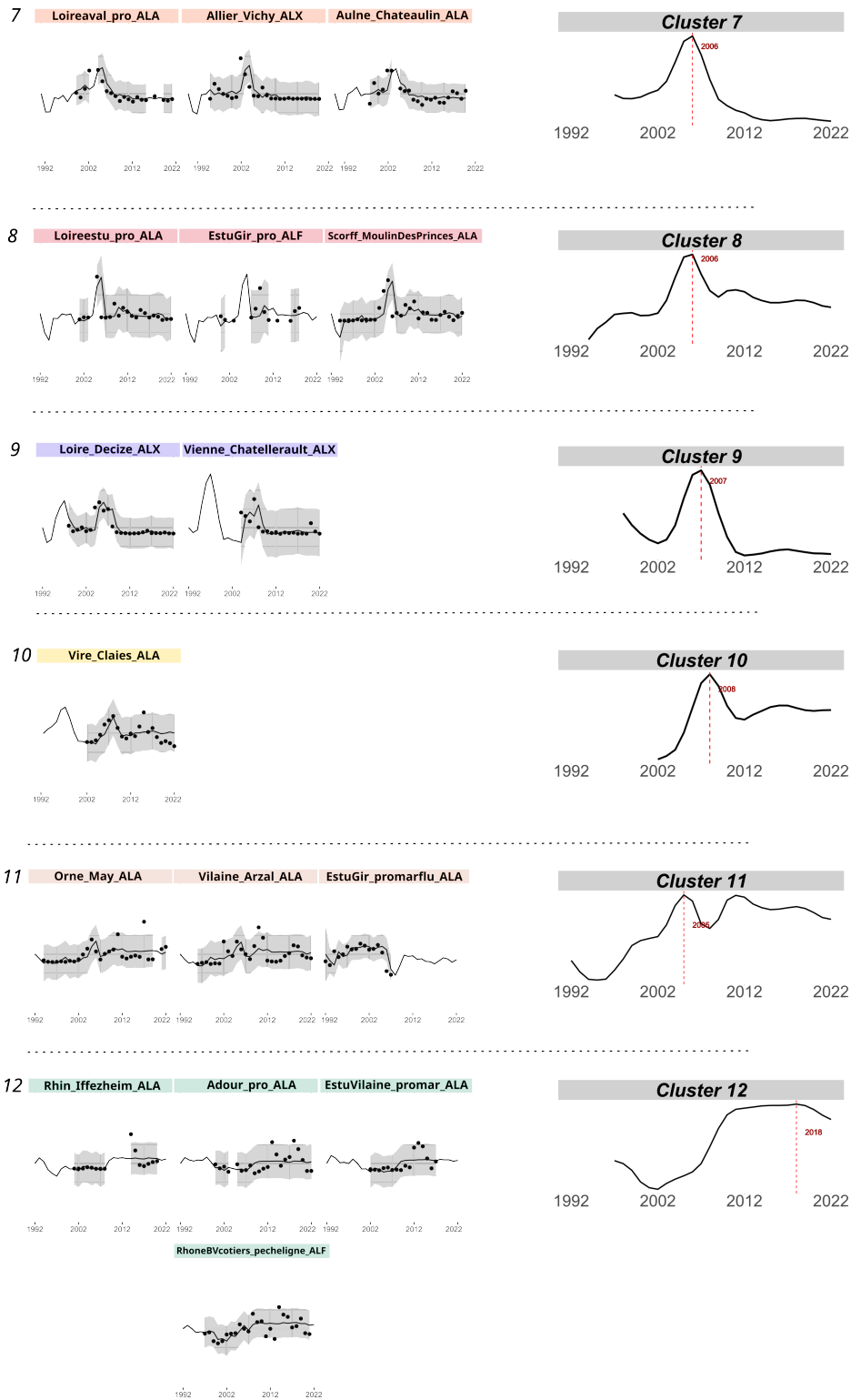


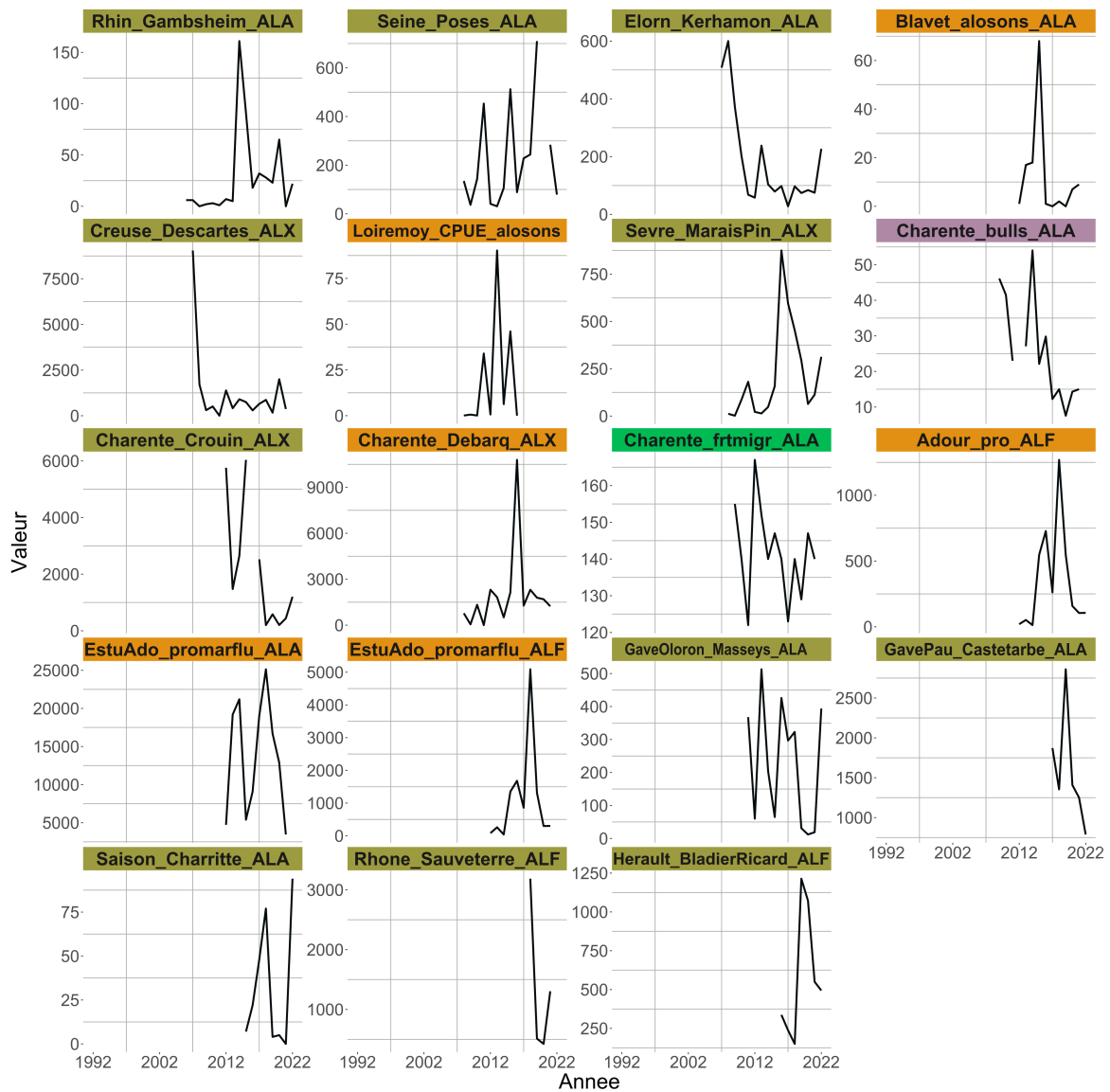
Figure IV.13. Matrice indiquant les pourcentages d'affiliation à un même groupe entre les différentes séries, comparées deux-à-deux, pour les aloses.



**Figure IV.14.** Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les aloses (clusters 1 à 6). Le code couleur correspond aux groupes du dendrogramme (même code couleur que ce dernier). Les graphiques de droite représentent les dynamiques globales des clusters, construites à partir d'une moyenne mobile pondérée calculée sur la courbe moyenne du cluster (moyenne des séries constituant le cluster). La ligne verticale rouge et l'année adjacente indiquent la valeur maximale de la série.



**Figure IV.15.** Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les aloses (clusters 7 à 12). Le code couleur correspond aux groupes du dendrogramme (même code couleur que ce dernier). Les graphiques de droite représentent les dynamiques globales des clusters, construites à partir d'une moyenne mobile pondérée calculée sur la courbe moyenne du cluster (moyenne des séries constituant le cluster). La ligne verticale rouge et l'année adjacente indiquent la valeur maximale de la série.



**Figure IV.16.** Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les aloses et non incluses dans la DFA. En vert olive, les données de comptage aux STACOMI, en orange, les données issues de pêche professionnelle ou amateur, en violet, les données de comptages de bulls, en vert les données de front de migration. Sources de données : Associations migrateurs de France , EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMA-TAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPMA 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.

#### IV.5.4. Compléments d'information aux séries temporelles, pour les aloses

Les séries temporelles obtenues permettent de rendre compte des dynamiques au sein des bassins versants avec un suivi depuis plusieurs années. Cependant, certains bassins sont relativement peu documentés à ce niveau. C'est notamment le cas de celui du Rhône, pour lequel des informations complémentaires peuvent être apportées. La situation des aloses en France comparativement aux autres pays des façades Atlantique, Manche, Mer du Nord et Méditerranée peut également être évoquée.

Sur le bassin du Rhône, bien que l'on observe une relative tendance à la stabilité, il est important de noter que la répartition ac-

tuelle est très largement réduite par rapport au front de colonisation historique (Anonyme, 1999). Ainsi, les aloses remontaient jusqu'aux alentours du lac du Bourget sur le Rhône et jusqu'à Auxonne sur la Saône, soit largement en amont de Lyon. De nombreux affluents étaient fréquentés comme le Gard, la Durance, l'Ouvèze, la Cèze, l'Aigues, l'Ardèche, la Drôme, l'Isère et le Doux. Cette colonisation a notamment diminué suite à la construction des barrages de Donzère-Mondragon en 1947 puis Vallabrègues en 1970. Il est à noter que si l'aloise feinte de Méditerranée constitue la très grande majorité des aloses remontant sur le bassin, on retrouvait auparavant 20 % de grande alose (Anonyme, 1999). Cette répartition restreinte explique le peu de séries obtenues comparé à la taille du bassin versant. A noter, l'aloise feinte de Méditerranée est présente *a minima* dans trois fleuves de Corse : le Golo, le Tavignano et le Fium'Orbo d'après une récente étude basée sur l'ADN environnemental (Cagnant et Marty, 2018).

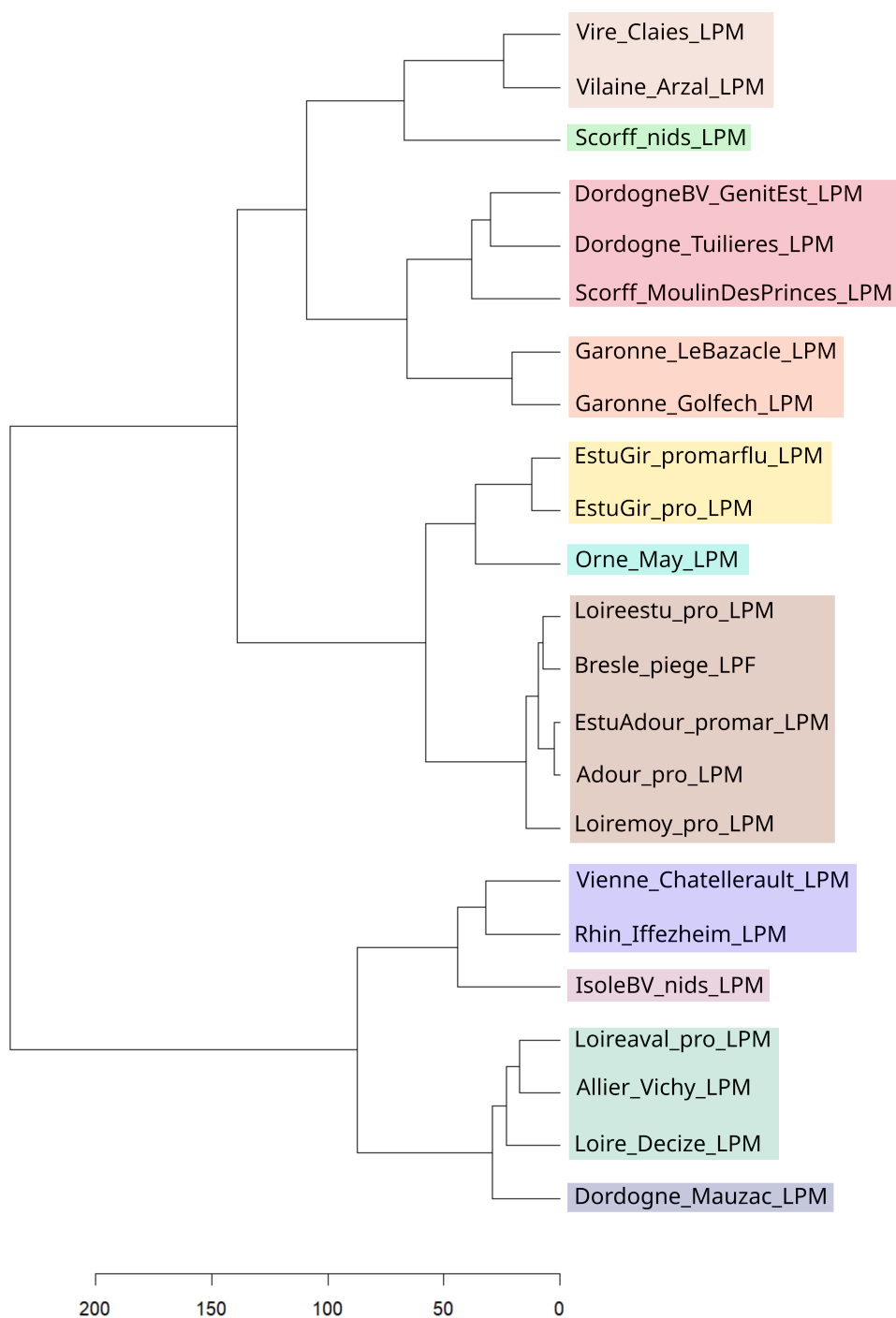
Le suivi des populations de grande alose en France présente un enjeu important, puisque la France est au cœur de l'aire de répartition de l'espèce. Elle abrite les dernières populations avec celles du Portugal (Minho, Vouga et Mondego principalement ainsi que les populations enclavées des barrages d'Agueira, de Castelo de Bode et d'Alqueva; Almeida *et al.*, 2018), bien que des reproductions naturelles soient signalées ailleurs de manière sporadique, comme en Allemagne sur le Rhin (Dorenbosch *et al.*, 2019; Hundt *et al.*, 2015). La grande alose est dans un statut médiocre dans l'ensemble des zones maritimes OSPAR<sup>1</sup>. La situation de l'aloise feinte de l'Atlantique est différente puisque la France ne concentre historiquement pas le gros des populations. L'espèce est ainsi peu répandue sur la Seine, l'Adour ou la Loire entre autres. Dans la mer Baltique, l'espèce est plutôt en dynamique d'augmentation (Thiel *et al.*, 2008), notamment en Lituanie (Repečka, 2012). Des populations sont présentes dans les Iles Britanniques (Doherty *et al.*, 2004; Maitland et Lyle, 2005). Au Portugal, l'espèce est présente, et même exploitée dans la rivière Guadiana (Almeida *et al.*, 2018). De manière générale, et bien que les effectifs de l'espèce soient moins documentés que ceux de la grande alose, sa situation apparaît moins précaire et la France occupe un rôle moins important pour la conservation de ses populations.

On constate actuellement une ambiguïté taxonomique concernant les aloses présentes en Méditerranée. Comme indiqué précédemment, l'Atlas des poissons d'eau douce de France (Keith *et al.*, 2020) ainsi que Bianco (2002) considèrent l'espèce *Alosa agone* comme étant celle présente sur les côtes méditerranéennes. En revanche, les bases de données telles que Fishbase, l'INPN, DORIS ou WoRMS considère qu'*Alosa fallax* inclut également les aloses feintes présentes en Méditerranée. Il existe donc une nécessité d'homogénéisation et de clarification du statut des aloses feintes de Méditerranée.

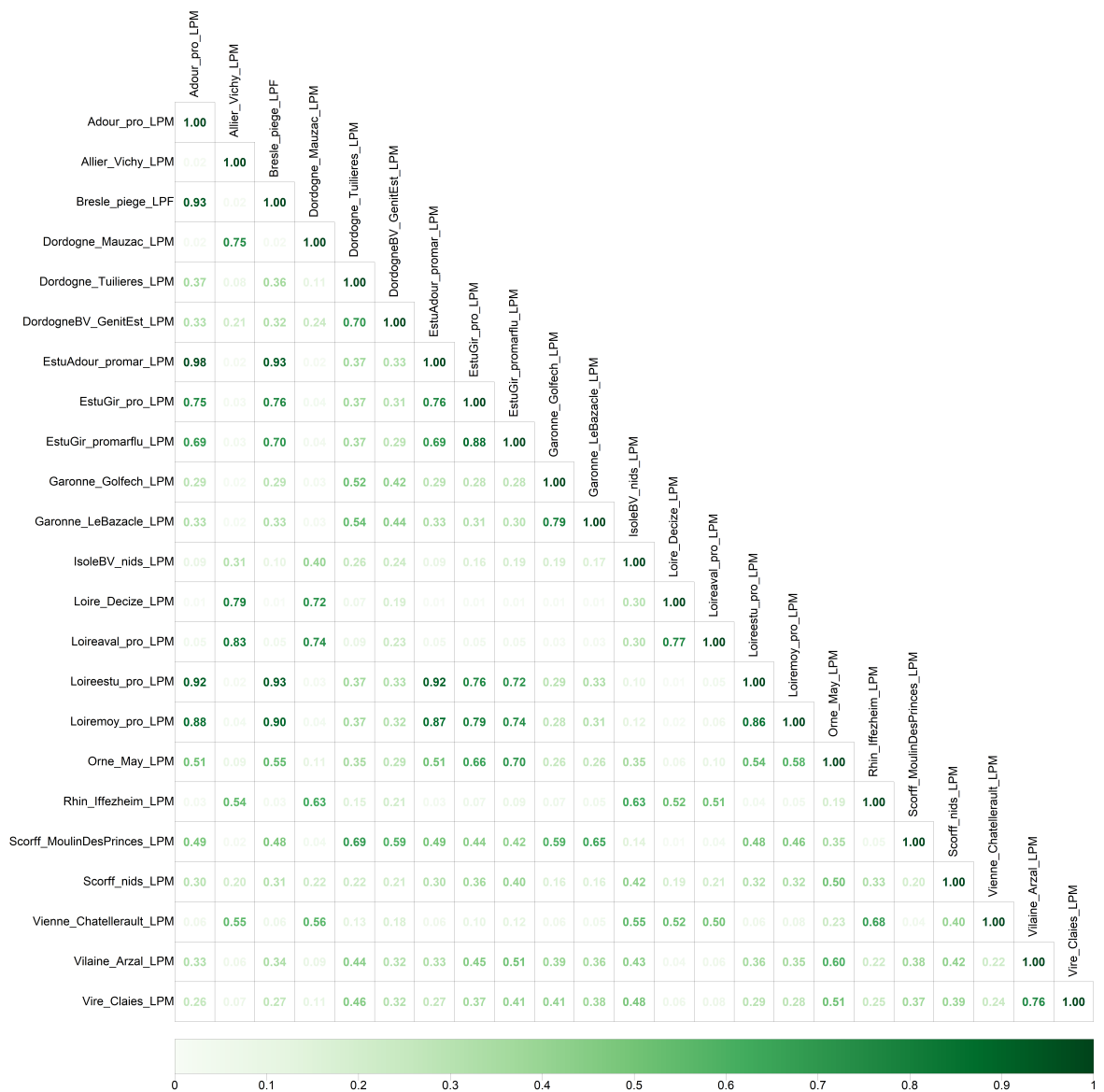
---

<sup>1</sup>Voir <https://oap.ospar.org/en/versions/2225-en-1-0-0-allis-shad/>

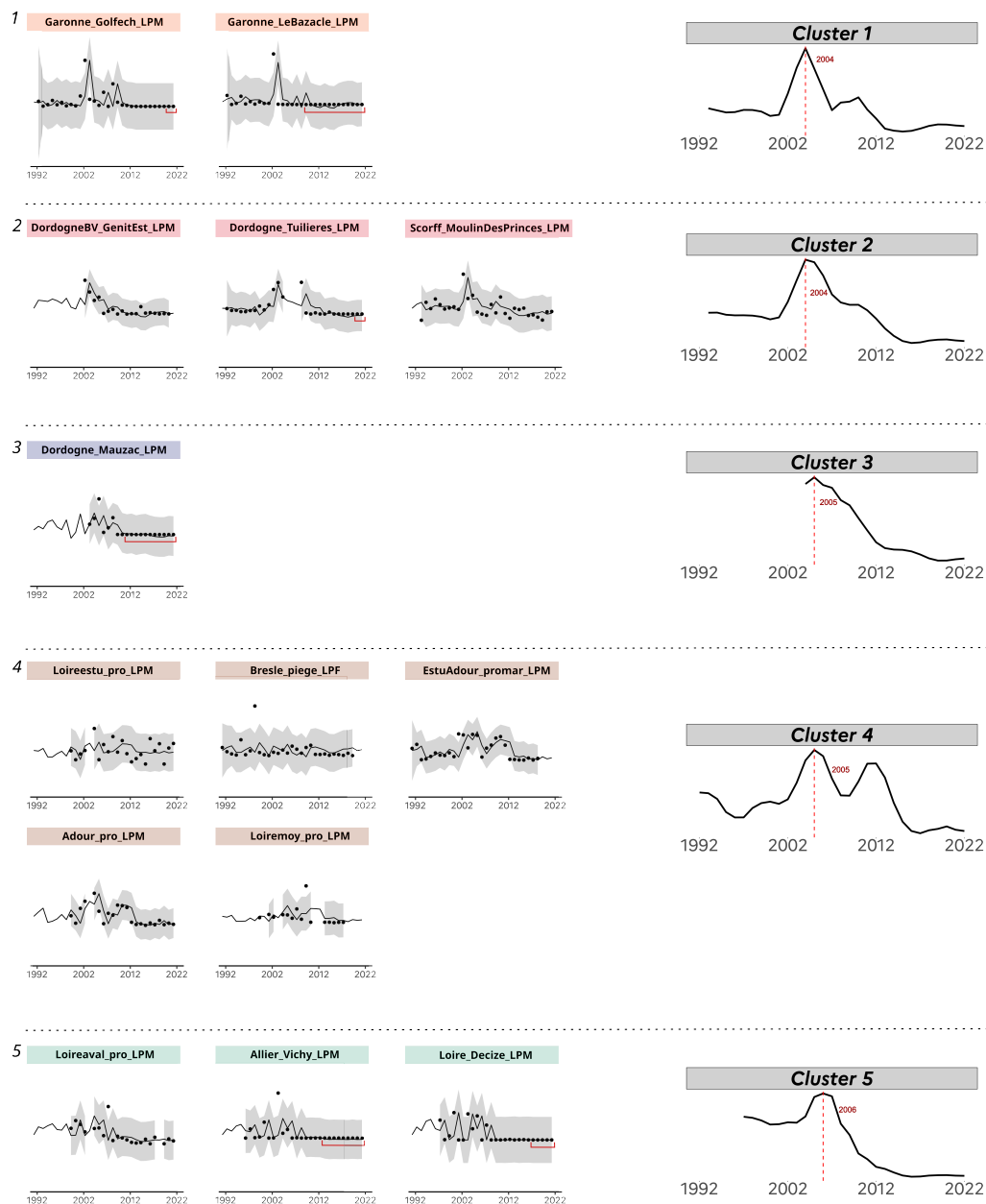
#### IV.5.5. Regroupement des séries à partir des résultats de la DFA, pour les lamproies



**Figure IV.17.** Dendrogramme réalisé à partir du clustering basé sur les pourcentages d'affiliation au même groupe, en fonction des valeurs de Z issues de la DFA, pour les lamproies. Les couleurs correspondent à un découpage permettant de pré-trier les séries par groupe, affiné ensuite via la visualisation des tendances issues de la DFA. Le code couleur correspond au premier découpage et est repris pour le graphique des tendances.

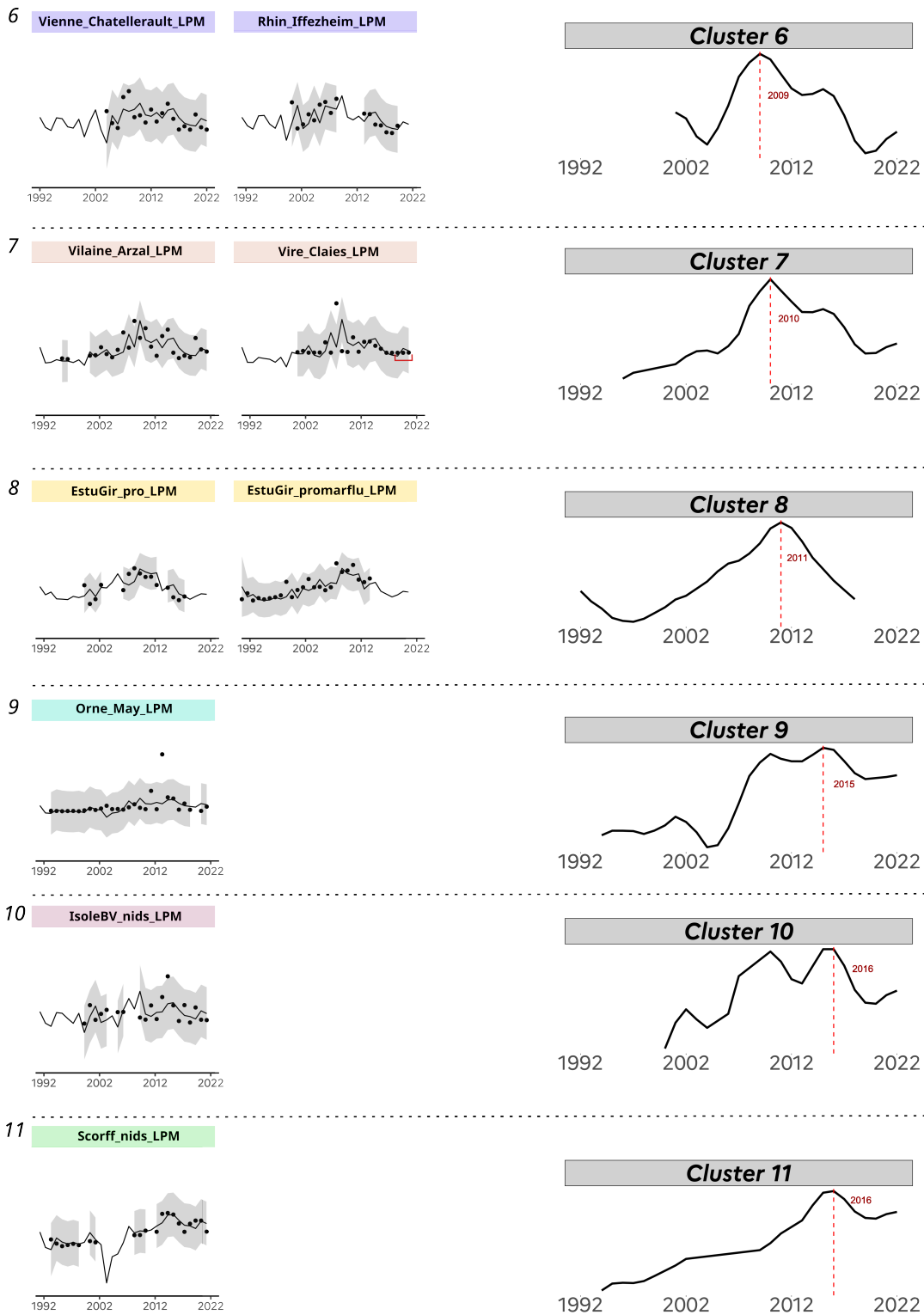


**Figure IV.18.** Matrice indiquant les pourcentages d'affiliation à un même groupe entre les différentes séries, comparées deux-à-deux, pour les lamproies.

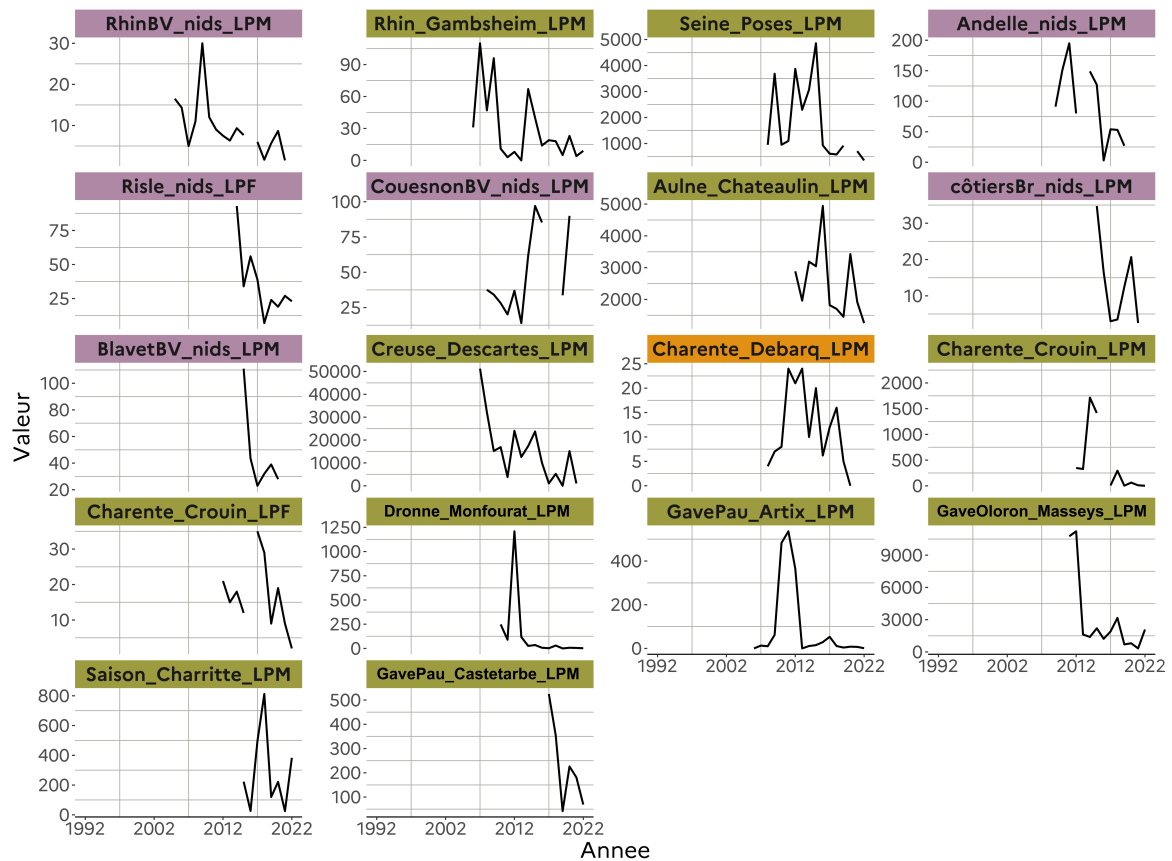


**Figure IV.19.** Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les lamproies (clusters 1 à 5). Le code couleur correspond aux groupes du dendrogramme (même code couleur que ce dernier). Les accolades rouges indiquent des années avec des comptages nuls, sur les dernières années de suivi. Les graphiques de droite représentent les dynamiques globales des clusters, construites à partir d'une moyenne mobile pondérée calculée sur la courbe moyenne du cluster (moyenne des séries constituant le cluster). La ligne verticale rouge et l'année adjacente indiquent la valeur maximale de la série.





**Figure IV.20.** Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les lamproies (clusters 6 à 11). Le code couleur correspond aux groupes du dendrogramme (même code couleur que ce dernier). Les accolades rouges indiquent des années avec des comptages nuls, sur les dernières années de suivi. Les graphiques de droite représentent les dynamiques globales des clusters, construites à partir d'une moyenne mobile pondérée calculée sur la courbe moyenne du cluster (moyenne des séries constituant le cluster). La ligne verticale rouge et l'année adjacente indiquent la valeur maximale de la série.



**Figure IV.21.** Séries temporelles brutes standardisées obtenues pour les lamproies et non incluses dans la DFA. En vert olive, les données de comptage aux STACOMI, en orange, les données issues de pêche professionnelle ou amateur, en violet, les données de comptages de nids. Sources de données : Associations migrateurs de France , EPTB Bresle, EPTB Charente, Quimperlé Communauté, SMATAH - Région Bretagne, Eaux et Vilaine, FDAAPPMA 14, 35, 56, 27 et 50, Université de Tours, IFREMER, INRAE, OFB.

La Figure IV.17. indique les différents groupes constitués à partir des pourcentages d’affiliation au même groupe (Figure IV.18.), pour les lamproies. A partir de ce dendrogramme, des clusters ont été réalisés à partir des tendances issues de la DFA (Figures IV.19. et IV.20.). Onze clusters ont été déterminés. Un graphique en réseaux est également disponible en annexe (Figure VI.5.).

Le **cluster n°1** regroupe les séries Garonne-Golfech-LPM et Garonne-LeBazacle-LPM. Ces séries ont un bref pic vers 2003 (2004 sur le graphique de synthèse, ce décalage étant dû au fait que les graphiques de synthèse s’appuie sur les tendances et non les données brutes) avant une diminution rapide vers des niveaux très faibles allant jusqu’à l’absence de lamproies marines, depuis 2021 pour la Garonne à Golfech (mais avec une quasi absence d’individus entre 2013 et 2019) et depuis 2010 pour la Garonne au Bazacle. Avant le pic, ces séries étaient à un niveau bas, mais néanmoins supérieur au niveau actuel.

Le **cluster n°2** est constitué de la série DordogneBV-GenitEst-LPM , Dordogne-Tuilières-LPM et Scorff-MoulinDesPrinces-LPM et présente une évolution similaire au **cluster n°1**, hormis une diminution moins brutale après un pic en 2004. La tendance est néanmoins à une diminution continue depuis ce pic, allant jusqu’à l’absence

d'individus pour la Dordogne à Tuilières.

Le **cluster n°3** est constitué d'une unique série : Dordogne-Mauzac-LPM qui présente un pic en 2005, suivi d'une diminution jusqu'à l'absence d'individus depuis 2016 (0 individu depuis 2013 hormis 3 lamproies en 2016). L'absence de données avant 2004 ne permet pas d'affirmer que le pic observé n'est pas déjà d'un niveau inférieur aux effectifs des années précédentes, mais la présence d'un pic à la même période à Tuilières (**cluster n°2**) soutient cette observation.

Le **cluster n°4** rassemble des séries avec des fluctuations importantes au cours des années 2000 (Loireestu-pro-LPM, Bresle-piege-LPF, EstuAdour-promar-LPM, Adour-pro-LPM et Loiremoy-pro-LPM), se poursuivant pour Loireestu-pro-LPM. Ces séries ont période plus haute au cours des années 2000, notamment vers 2005, puis diminuent franchement après 2010 avec des niveaux actuels bas et stables.

Le **cluster n°5** comprend les séries Loireaval-pro-LPM, Allier-Vichy-LPM et Loire-Decize-LPM. Ces séries ont une tendance continue à la baisse depuis la date de début de disponibilité des données, soit 2000, 1997 et 1998 respectivement (hormis un pic vers 2006 sauf à Decize). A noter que depuis 2014 aucune lamproie marine n'a été comptée à la station de comptage de Vichy, et depuis 2018 pour Decize.

Le **cluster n°6** rassemble des séries qui ont eu un pic d'abondance progressif globalement situé vers 2009 (Vienne-Chatellerault-LPM et Rhin-Iffezheim-LPM). Depuis ce pic les valeurs sont globalement à la diminution. Les données disponibles ne permettent pas de déterminer la dynamique dans les années 1990, et on a une absence de données pour le Rhin à Iffezheim entre 2010 et 2013.

Le **cluster n°7** comprend les séries Vilaine-Arzal-LPM et Vire-Claies-LPM et a une dynamique assez proche du cluster précédent, avec un pic diffus situé vers 2010. Cependant, Vire-Claies-LPM semble avoir connu un pic plus bref, avec ensuite une diminution continue, allant jusqu'à l'absence d'individus depuis 2019 (4 individus ont néanmoins été comptés en 2022). La tendance au cours des années 1990 est incertaine par manque de données.

Le **cluster n°8** est constitué des séries EstuGir-pro-LPM et EstuGir-promarflu-LPM. Ces séries sont caractérisées par une augmentation constante quasiment depuis le début de la série jusque vers 2011. Par la suite, la série est en diminution jusqu'à la fin de disponibilité des données (2015). On note des données manquantes pour la série EstuGir-pro-LPM mais celle-ci semble néanmoins suivre la même évolution que la série EstuGir-promarflu-LPM.

Le **cluster n°9**, comprend uniquement la série Orne-May-LPM pour laquelle les valeurs sont globalement à l'augmentation. Cette augmentation est progressive depuis les années 1990. Après un pic en 2015 la série reste relativement stable.

Le **cluster n°10** est uniquement constitué de la série IsoleBV-nids-LPM qui, bien que très fluctuante augmente jusqu'en 2015 (2016 sur le graphique de tendance) avant de diminuer et être relativement stable depuis. La tendance est proche de celle du cluster précédent.

Le **cluster n°11** est uniquement constitué de Scorff-nids-LPM et montre un pic en 2015-2016. La tendance à l'augmentation jusqu'à ce pic semble plus régulière que pour l'Orne et surtout l'Isole mais des absences de données, notamment au cours des années 2000, ne permettent pas de le confirmer.

Pour les lamproies, on observe généralement un pic sur les séries, resserré autour de 2003 pour le bassin Garonne-Dordogne et plus diffus pour les autres bassins, s'étalant jusqu'au début voire milieu des années 2010 selon les séries. Les séries ayant eu ce pic de manière plus tardive semblent être celles situées sur les bassins versants les plus au nord, soit la Vilaine, le Scorff, l'Isole voire le Rhin. Par ailleurs, on observe que les séries qui ont connu un fort déclin, allant jusqu'à l'absence d'observations d'individus ces dernières années, sont plutôt celles situées en amont de leurs bassins versants respectifs. C'est notamment le cas sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne et sur celui de la Loire, où l'on observe une baisse décalée dans le temps et moins brutale au niveau de l'estuaire qu'en amont.

Les séries débutant après 2005, donc non incluses dans la DFA (Figure IV.21.), montrent des dynamiques cohérentes avec les périodes de pics des années 2000, sur la majorité des séries (Charente-Debarq-LPM, Creuse-Descartes-LPM, Andelle-nids-LPM, Dronne-Monfourat-LPM, GaveOloron-Masseys-LPM, GavePau-Artix-LPM, Rhin-Gambsheim-LPM, RhinBV-nids-LPM). Les séries situées plutôt en amont de leurs bassins respectifs : Dronne-Monfourat-LPM, GaveOloron-Masseys-LPM, Gave-Pau-Artix-LPM, Rhin-Gambsheim-LPM et RhinBV-nids-LPM voient également les lamproies disparaître ou devenir rares. L'Aulne (Aulne-Chateaulin-LPM) présente un pic tardif vers 2015 comme les séries bretonnes et normandes incluses dans la DFA. Les données sont trop récentes pour les autres séries proches pour pouvoir statuer sur leur dynamique.

#### IV.5.6. Compléments d'information aux séries temporelles, pour les lamproies

Comme pour les aloses, un point sur les informations lacunaires suite à l'analyse des séries temporelles peut être fait, notamment concernant le bassin du Rhône, pour lequel seule la lamproie marine est détectée de manière sporadique. Les informations obtenues sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne et sur celui de la Loire, réparties sur une part importante du bassin, sont également discutées. Les tendances des pays voisins peuvent également être évoquées. Des informations complémentaires seront également

apportées concernant la lamproie fluviatile et l'importance des populations françaises vis-à-vis de son aire de répartition.

Pour le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, contrairement aux aloses, les lamproies présentent des dynamiques différentes selon les séries. En effet, les données de pêche en estuaire (EstuGir-pro-LPM et EstuGir-promarflu-LPM) présentent une augmentation continue des effectifs jusqu'au début des années 2010 alors que le pic pour toutes les autres séries se situe davantage au début des années 2000. Ce constat a déjà été fait chez la lamproie marine ([Hoffmann Legrand, 2021](#)). Ce décalage s'explique potentiellement par le cycle de vie de la lamproie marine. Entre leur naissance et la migration de montaison pour la reproduction, les individus peuvent passer entre 3 et 8 ans sous forme larvaire puis jusqu'à deux ans en mer. Ainsi, les individus nés au cours du pic du début des années 2000 sont vraisemblablement revenus pour se reproduire dans les cours d'eau du bassin entre la fin des années 2000 et le début des années 2010. Cette période est celle où le pic est survenu en estuaire. A la même période, les effectifs aux stations de contrôle commencent à devenir très faibles. De la même manière, les données de pêche récentes montrent une diminution continue des effectifs, possiblement due aux faibles reproductions observées les années précédentes. Sur ce bassin, il semble donc que les individus arrivés en estuaire lors de la migration de montaison ne remontent plus jusqu'aux stations de comptage. Une autre hypothèse est cependant envisageable : une reproduction toujours effective des lamproies mais uniquement sur la partie aval, cela étant dû soit à des conditions de migration plus en amont dégradées, soit à un habitat disponible largement en excès par rapport au nombre de géniteurs, ceux-ci se déployant par conséquent de moins en moins en amont. Pour tester ce dernier point, une connaissance plus précise du front de colonisation serait intéressante. Concernant la lamproie fluviatile, l'absence de données chiffrées ne permet pas de statuer sur l'évolution de la population. L'espèce est surtout capturée accidentellement et n'est pas observée aux stations de comptage.

Pour la Loire, on observe des différences moins nettes entre les séries de pêche (Loireaval-pro-LPM, Loiremoy-pro-LPM et Loireestu-pro-LPM) et les autres que pour le bassin Gironde-Garonne-Dordogne. Le décalage, s'il existe, est peu visible. En revanche, les stations en amont que sont Loire-Decize-LPM et Allier-Vichy-LPM n'ont pas comptabilisé de lamproie marine depuis plusieurs années alors que les séries issues de zones plus en aval, bien qu'ayant des valeurs en baisse, montrent toujours la présence de lamproies. Sur ce point, l'évolution de la Loire est similaire à celle de la Garonne.

Le bassin du Rhône est un cas particulier car aucune série temporelle récente n'est disponible. La lamproie marine est en effet très rare et seules des observations ponctuelles sont recensées (voir les suivis réalisés par Migrateurs Rhône-Méditerranée : [Audran et al., 2023](#) et rapports antérieurs). Un bulletin de la Société d'Océanographie de France de 1938 ([Fontaine, 1938](#)) relate que le bassin du

Rhône abritait l'une des principales pêcheries de France à cette époque. L'espèce remontait par ailleurs le bassin du Rhône jusqu'au Doubs avant les années 1970 (Anonyme, 1999), dans la Saône (Anonyme, 1975) ainsi que sur les fleuves côtiers de manière générale. En Méditerranée, l'espèce présentait *a minima* une population viable en Italie en 2006, sur le bassin du Magra-Vara (Ciuffardi *et al.*, 2006) et a été détectée en 2020 en Campanie, au sud de l'Italie (Antonazza *et al.*, 2023).

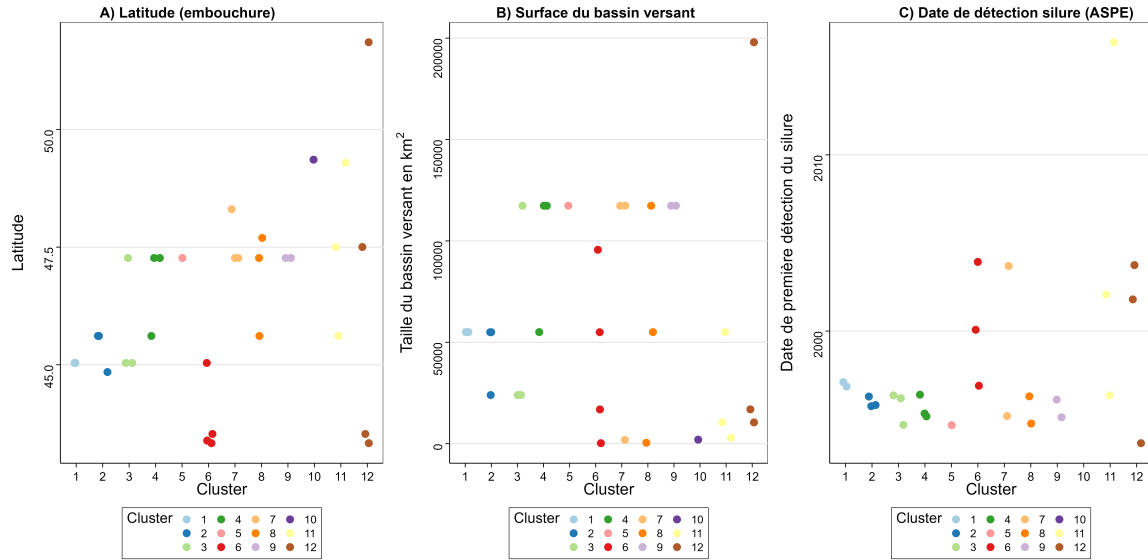
La situation de la lamproie marine en France n'est pas un cas particulier car le même constat de régression importante des populations est observé à travers l'Europe. Le statut OSPAR 2022<sup>2</sup> de l'espèce est considéré comme médiocre, que cela soit dans les eaux arctiques, la mer du Nord, les mers Celtiques, le golfe de Gascogne ou la Côte Ibérique. Les plus grosses populations sont situées au sud-ouest de l'Europe, notamment en France, en Espagne et au Portugal (Beaulaton *et al.*, 2008; Mateus *et al.*, 2012). L'espèce est nativement présente sur la côte est nord-américaine où certaines populations sont en danger critique d'extinction (Hume *et al.*, 2021). Ce constat contraste avec le caractère invasif de l'espèce dans le cas des populations enclavées, introduites dans les Grands Lacs nord-américains (Hansen *et al.*, 2016). Par ailleurs, d'autres populations de la côte est nord-américaine semblent stables ou en augmentation (Connecticut River Atlantic Salmon Commission, 2018), avec une recolonisation de cours d'eau suite à une restauration de la continuité écologique (Gephard, 2023; Kynard et Horgan, 2019).

La lamproie fluviatile présente une problématique différente car celle-ci se trouve en France en limite sud de son aire de répartition (l'extrême limite étant l'ouest de la Méditerranée, Kelly et King, 2001, et le Tage, Almeida et Rochard, 2015). Par conséquent, la présence de faibles effectifs est à mettre en perspective avec cette emprise géographique historique. Des populations sont notamment présentes en mer Baltique où l'espèce est considérée comme commune (Thiel *et al.*, 2009). Elle est également historiquement bien représentée au nord de la Suède (Sjöberg, 1980), en Estonie ou encore au Royaume-Uni (Kelly et King, 2001; Lucas *et al.*, 2020; Wilson et Veneranta, 2019).

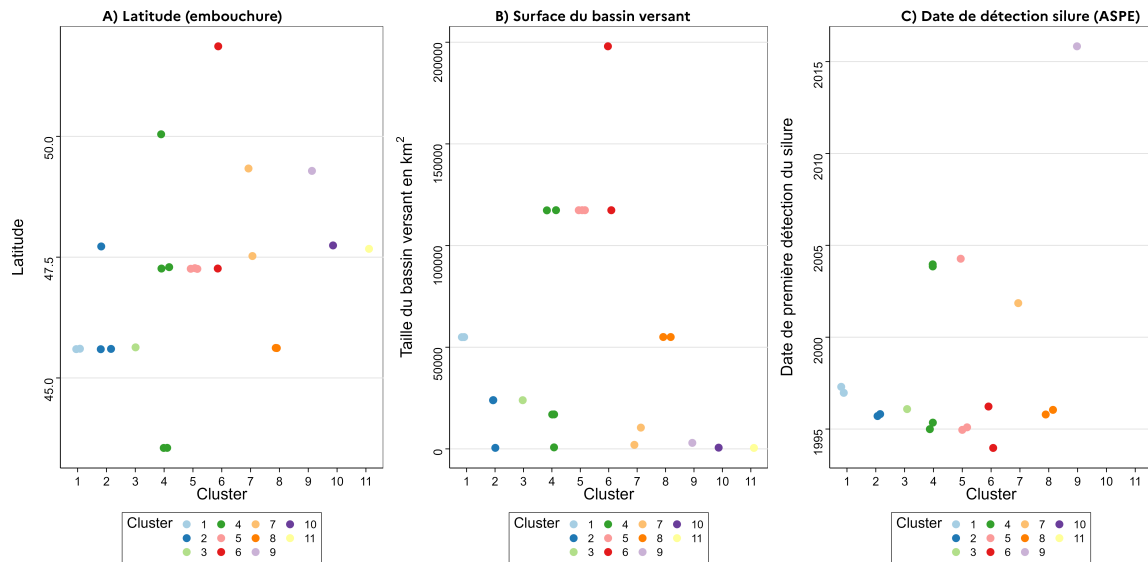
#### IV.5.7. Caractéristiques des séries pouvant expliquer le clustering observé

La Figure IV.22. indique la relation de la latitude à l'embouchure, la surface du bassin versant et de la date de première détection du silure dans la base de données ASPE (Application de Saisie des données Piscicoles et Environnementales) avec l'appartenance à un cluster, pour les aloses. Sachant que les clusters ont été ordonnés selon la date de survenue du pic sur le graphique de dynamique globale (voir détail des séries par cluster), ce genre de représentation

<sup>2</sup>Voir <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/committee-assessments/biodiversity-committee/status-assessments/sea-lamprey/>



**Figure IV.22.** Relation entre les clusters et la latitude, la surface du bassin versant ainsi que la date de première détection du silure sur la base de données ASPE (Application de Saisie des données Piscicoles et Environnementales), pour les aloses. Pour rappel, les clusters sont ordonnés en fonction de la date de survenue du pic d'abondance, de la plus ancienne à la plus récente.



**Figure IV.23.** Relation entre les clusters et la latitude, la surface du bassin versant ainsi que la date de première détection du silure sur la base de données ASPE (Application de Saisie des données Piscicoles et Environnementales), pour les lamproies. Pour rappel, les clusters sont ordonnés en fonction de la date de survenue du pic d'abondance, de la plus ancienne à la plus récente.

est susceptible de permettre une vision plus claire des facteurs expliquant les différences de dynamique observées. La latitude est ici utilisée comme un proxy du contexte thermique rencontré par les individus. La surface du bassin versant peut refléter des différences de condition de vie entre les grands bassins, potentiellement sujets à plus de pressions, et des bassins plus petits. Le silure étant suspecté d'exercer un impact important sur les dynamiques de population, sa date de première détection est utilisée comme indicateur indirect de la colonisation d'un bassin et de la présence d'individus de grande taille susceptibles de prédateur les migrateurs. Il est en effet peu pertinent d'utiliser la taille des individus capturés en pêche électrique, les gros individus étant sous-échantillonnés par rapport aux petits.

Une première observation des graphiques montre qu'il n'existe pas de relation claire entre les variables testées et l'appartenance à l'un ou l'autre des clusters. Néanmoins, on retrouve le constat précédemment souligné que les seules séries se maintenant sont plutôt des bassins de taille réduite, mais être situé dans un petit bassin ne signifie pas à l'inverse que la dynamique de population est bonne. La tendance peu claire incite à rester prudent sur ces graphiques.

La Figure IV.23. indique la relation de la latitude à l'embouchure, la surface du bassin versant et de la date de première détection du silure dans la base de données ASPE avec l'appartenance à un cluster, pour les lamproies. Comme pour les aloses, il n'existe *a priori* pas de relation claire entre les variables testées et l'appartenance à un cluster. Cependant, on retrouve également le constat que les bassins pour lesquels les séries temporelles sont stables ou diminuent moins sont de superficie moindre, sans que le contraire soit vrai. Hormis cette observation, il apparaît difficile de discuter plus en détail ces graphiques et aucune tendance claire ne se dégage.

#### IV.5.8. Synthèse

L'analyse par cluster a permis de préciser les tendances observées sur les comparaisons entre le début et la fin des séries (Figures IV.8. et IV.10.), à savoir une tendance générale à la diminution des populations, plus marquée pour les lamproies que pour les aloses, avec cependant quelques séries stables ou à la hausse, notamment en Bretagne et en Normandie. Malgré ces cas particuliers, on observe d'importantes similitudes entre les dynamiques des séries qui, si elles sont décalées dans le temps concernant les pics et les diminutions, semblent suivre un patron commun. Cette absence de synchronie ne permet pas de conclure sur l'importance relative des facteurs globaux par rapport aux facteurs locaux.

Nous allons maintenant, à la vue de ces résultats et des pressions identifiées lors de l'élicitation, discuter quelles pressions pourraient expliquer les tendances observées.



## IV.6. Effet des pressions identifiées sur les dynamiques récentes observées : analyse bibliographique

Les différentes causes de déclin (voir [Pressions identifiées](#)), dont l'impact global a été évalué par l'élicitation d'experts (voir [Elicitation : principe](#)), peuvent être détaillées afin de donner la priorité aux pressions récemment apparues, ou *a minima* dont l'effet sur les populations est *a priori* récent. L'objectif est ainsi, comme indiqué en introduction, de s'intéresser aux causes récentes de déclin. Il est cependant nécessaire de ne pas occulter les pressions plus anciennes car celles-ci sont notamment susceptibles d'aggraver les conséquences de ces pressions plus récentes.

### IV.6.1. Réduction ou perte d'habitats

L'effet de la réduction ou de la perte d'habitats due aux obstacles est montré par de nombreuses études (voir [Pressions identifiées](#)), mais cette pression est relativement ancienne ([Merg et al., 2020](#)) et la situation tend plutôt à l'amélioration. Sur le bassin de la Loire, on peut notamment citer la suppression d'ouvrages, comme l'effacement du barrage de Maisons-Rouges sur la Vienne en 1998, ou leur mise aux normes ([Anonyme, 2021](#)). Sur l'Adour, on peut citer des travaux d'amélioration de plusieurs ouvrages ([Anonyme, 2022g](#)). Le PLAGEPOMI Rhin-Meuse 2016-2021 a vu l'aménagement d'environ 500 ouvrages ([Anonyme, 2022e](#)), parmi lesquels des passes à poissons sur les usines hydroélectriques de Strasbourg, Gerstheim et Kembs, ou encore des ouvrages sur la Meuse (projet BAMEO-VNF <sup>3</sup>). Le constat est similaire sur le bassin Seine-Normandie, avec plus de 150 km de cours d'eau ouverts à la circulation entre 2016 et 2021 ([Anonyme, 2022f](#)). Sur le bassin du Rhône, on note la construction d'une passe à poissons sur le barrage de Vallabrègues ([Anonyme, 2022c](#)) qui sera mise en eau en 2026/2027 (source Migrateurs Rhône-Méditerranée). Des équipements sur les barrages de Rochemaure, du Pouzin et de Sauveterre sont cependant déjà fonctionnels. Sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, la libre circulation a commencé à progresser à la fin des années 1980 ([Chanseau et al., 2005](#)). Sur la Charente, en 2011, 38 % des ouvrages étaient équipés ou en projet d'équipement et 70 % en 2019 ([Anonyme, 2022h](#)). Un lien entre cette amélioration et des remontées d'individus plus en amont a d'ailleurs été noté. Sur le bassin de l'Adour, les fronts de colonisation de la lamproie marine sur plusieurs cours d'eau étaient plus en amont sur la période 2010-2012 que sur la période 2003-2005 ([Marty et Lesfauries, 2012](#); [Marty et al., 2011](#); [Mazel et Marty, 2010](#)). Sur le Scorff, la suppression d'un barrage situé en aval du fleuve a permis une colonisation de la partie amont et une répartition plus régulière des nids ([Lasne et al., 2015](#)). Pour la grande alose, on note une augmentation de population sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne en 1994 suite à l'amélioration de la continuité écologique ([Chanseau et al., 2005](#)).

<sup>3</sup>Voir <https://www.barrages-aisne-meuse.fr/contrat/>

L'accessibilité du linéaire demeure néanmoins un facteur limitant. Sur le bassin de la Loire, plus de 70 % des ouvrages sont préjudiciables à la montaison et à la dévalaison (Anonyme, 2021). Sur la Dordogne, moins d'1 % des géniteurs d'aloses franchissent les barrages de Bergerac, Tuilières et Mauzac (Anonyme, 2022h). Sur la Seine, des barrages non équipés comme celui de Suresnes bloquent une part importante des individus. De plus, les barrages en Seine aval présentent des passes à poissons anciennes et non adaptées aux aloses et aux lamproies, ayant un problème d'attrait et induisant des retards à la migration (Seinormigr, projet CONSACRE). Par ailleurs, 39 % du linéaire des cours d'eau de l'arc normand demeure inaccessible, ce chiffre montant à 82 % pour le bassin de la Seine (Anonyme, 2022f). Concernant le bassin du Rhin, trois obstacles majeurs bloquent toujours l'accès au Vieux Rhin et à la Suisse avec de plus des difficultés de franchissement persistantes au niveau de Strasbourg (Anonyme, 2022e). Sur le Rhône, des points de blocages de la remontée des aloses sont le seuil de Beaucaire, et les barrages de Vallabrègues (avec néanmoins des travaux engagés comme indiqué précédemment) et Donzère-Mondragon (Anonyme, 2022c). Des affluents identifiés comme favorables pour les aloses et les lamproies comme la Durance restent en grande partie inaccessibles.

De manière générale, de nombreux ouvrages demeurent non ou difficilement franchissables par les aloses et les lamproies. Les altérations de la continuité écologique demeurent donc un facteur limitant la remontée, la reproduction et la survie des juvéniles des migrateurs anadromes.

#### IV.6.2. Pression de prédation

La pression de prédation ici considérée concerne quasi exclusivement celle exercée par le silure. En effet, la pression exercée par les espèces natives sur les aloses ou les lamproies n'est pas chiffrée bien que la loutre d'Europe (*Lutra lutra*) ainsi que le grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) soient des prédateurs potentiels (Braga et al., 2020; Magath et al., 2016) avec des populations en augmentation (Marion, 2021; Pigneur et al., 2018). Le manque de données ne permet pas de discuter de l'impact de ces espèces.

Plusieurs études font état d'une prédation des silures sur les aloses (Boisneau, 2015; Boulêtreau et al., 2020b; Syväranta et al., 2009) et les lamproies (Boulêtreau et al., 2020a; Trancart et al., 2023) mais la contribution de cette prédation dans le déclin observé actuellement demeure peu claire. Cependant, les chiffres de prédation importants observés sur différentes études, notamment sur les lamproies, suggèrent qu'une part importante des individus en montaison est consommée par les silures. Un suivi par télémétrie sur le bassin de la Vienne a fait état de la prédation de 88 % des 121 individus marqués, avec 82 % des individus n'ayant pas pu se reproduire (Trancart et al., 2023). Sur la Garonne et la Dordogne, les résultats sont comparables avec 80 % d'individus prédatés en un mois

dont 50 % dans les huit jours après le marquage (Boulêtreau *et al.*, 2020a), suggérant qu'une faible part des individus a pu se reproduire, le marquage ayant eu lieu en mars, soit bien avant la période de reproduction. Pour les aloses, la part d'individus consommés n'a pour le moment pas été quantifiée.

Ces chiffres montrent que la pression de prédation due aux silures peut être importante. Il n'est cependant pas possible de généraliser ce taux de prédation à l'échelle de la population, la prédation pouvant varier dans l'espace et dans le temps. Le nombre d'individus issus de la reproduction et partant en mer n'est par ailleurs pas directement corrélé au nombre de géniteurs, la capacité d'accueil pouvant par exemple être un facteur limitant. Les conséquences en termes de dynamique de population restent donc à quantifier.

### IV.6.3. Altération et modifications physiques des habitats

Les altérations physiques des habitats sont souvent chiffrées à l'échelle des bassins versants dans le cadre des SDAGE. Sur le bassin Artois-Picardie, 60 % des masses d'eau non canalisées sont touchées par une altération significative de leur hydromorphologie, avec près de la moitié des masses d'eau ne pouvant être restaurées sans remettre en question la navigation et les protections contre les inondations (Anonyme, 2022d). Sur le bassin supérieur du Rhin, 51 % des cours d'eau montraient des pressions hydromorphologiques en 2019 (Anonyme, 2022e). Sur le bassin de la Seine, 80 % des masses d'eau sont concernées par des pressions morphologiques (Anonyme, 2022f). Les mesures de taux d'étagement (somme des hauteurs de chutes artificielles du cours d'eau divisées par le dénivelé naturel du linéaire considéré) constituent une mesure de l'altération des habitats due à un "effet retenue". Sur le bassin de la Loire (Anonyme, 2021), ce taux est relativement faible pour les grands cours d'eau comme l'aval de l'Allier (6,6 %), la Vienne (15,7 %) ou la Creuse (15,7 %), alors que sur le cours de la Charente occupé par les aloses, le taux d'étagement atteint 80 % (Anonyme, 2022h). Pour le bassin de l'Adour, on note que des pressions significatives de la morphologie touchent 29,2 % des masses d'eaux et 8,3 % pour l'hydrologie (Anonyme, 2022g). Si ces exemples montrent le degré d'altération des cours d'eau suivis par les COGEPOMI, il serait intéressant de fournir dans les PLAGEPOMI des indicateurs communs permettant de comparer les bassins entre eux.

Les altérations et modifications physiques des habitats comprennent aussi les effets du changement climatique, qui peuvent par ailleurs agir en interaction avec les autres pressions, comme indiqué dans la revue bibliographique. Pour les aloses, il a, pour rappel, été montré une avancée de la date médiane de début de migration, avec une durée de migration qui a tendance à augmenter (Boisneau *et al.*, 2008; Hoffmann Legrand, 2021). Ces modifications de dates s'accompagnent également de modifications sus-

ceptibles d'avoir des conséquences négatives sur certaines populations, comme un stress physiologique plus important pour les juvéniles accompagné d'une plus petite taille en estuaire (Boussinet *et al.*, 2024).

Parmi les prévisions sur le repositionnement de l'aire de répartition de la grande alose (Lassalle *et al.*, 2008; Navarro *et al.*, 2023; Rougier *et al.*, 2015), il est prédit que le nord de la France est susceptible de devenir plus favorable pour l'espèce qu'il ne l'est actuellement. Malgré ces prévisions d'évolution liée au changement climatique, une étude réalisée sur la Loire n'a pas permis de mettre en évidence un lien entre l'abondance de juvéniles ou d'adultes et le débit ou la température (Boisneau *et al.*, 2008). Sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne les variables température et débit au niveau des frayères n'ont que peu changé et que celles-ci ne devraient pas être drastiquement modifiées dans un futur proche (Paumier, 2019).

Pour la lamproie marine, le constat diffère puisque l'espèce ne semble pas adapter son calendrier de migration, ou *a minima* bien moins que les aloses (Hoffmann Legrand, 2021). En revanche, les populations au sud de l'aire de répartition sont également vouées à régresser, notamment sur la péninsule ibérique, en particulier au Portugal (Lassalle *et al.*, 2008), mais aussi sur la côte Adriatique. En revanche, la partie nord de son aire de distribution resterait favorable et de nouveaux territoires comme l'Islande ou le Groenland pourraient être colonisés (Rose, 2005; Wang *et al.*, 2021).

Les altérations et modifications physiques des habitats sont documentées sur l'ensemble des bassins versants, mais on note un manque d'informations et de comparabilité des données. Le lien entre les données chiffrées d'altérations sur les bassins et les effets fonctionnels sur les populations d'aloses et de lamproies est par ailleurs manquant et ne permet pas de statuer sur la contribution de cette pression dans les déclinés observés.

#### IV.6.4. Pêche ciblée

Les principales pêcheries professionnelles et amateurs des aloses et de la lamproie marine se situaient dans les années 1990 sur la Loire, la Gironde et l'Adour (Castelnaud, 2000). Les aloses étaient également exploitées sur le Rhône et la Charente (Castelnaud, 2000). La pêche de la lamproie fluviatile était limitée au bassin de la Garonne (Castelnaud, 2000). Au total ce sont 581 t d'aloses, 140 t de lamproie marine et moins de quelques centaines de kilogrammes de lamproie fluviatile qui étaient capturés annuellement au cours des années 1990 (Castelnaud, 2000). Il n'existe pas de synthèse nationale plus récente et aussi robuste des captures d'aloses et lamproies, même si des données plus récentes peuvent être disponibles sur certains bassins. On notera que le nombre de pêcheurs professionnels et amateurs aux engins est en baisse au niveau national (Changeux *et al.*, 2020) et que certaines zones ont fait l'objet de

restrictions de pêche (moratoire sur la grande alose sur le bassin de la Garonne par exemple). Les captures totales sont donc vraisemblablement en baisse au niveau national, même si cette baisse n'est pas nécessairement proportionnelle au nombre de pêcheurs. Les aloses sont également ciblées par la pêche de loisir. La carte VI.9. en annexe illustre que les trois espèces sont pêchables et conservables dans de nombreux départements, et ce sans quota, avec une taille minimale de 30 cm pour toutes les espèces et tous les départements autorisant la pêche (excepté les Côtes-d'Armor où la relâche est obligatoire). Les pêcheurs à la ligne ne sont pas tenus de remplir un carnet de capture. Quelques suivis existent néanmoins sur la base du volontariat ou d'enquête, par exemple pour l'alose feinte de Méditerranée (Audran et Rivoallan, 2023a,b) et la grande alose sur le Blavet (Caudal, 2022).

Le volume des captures ne renseigne néanmoins pas directement sur l'impact que génère une pêcherie sur un stock. Pour connaître l'impact d'une pêcherie il faut en effet relativiser le volume des captures par rapport à l'importance du stock et à sa dynamique et le comparer à des points de référence biologique (voir chapitre VI dans Beaulaton, 2008).

L'estimation du taux d'exploitation (rapport des captures à l'abondance totale) est un premier pas vers l'estimation de l'impact. Celui-ci a été estimé entre 40 et 90 % au cours des années 1990 pour la grande alose dans l'estuaire de la Gironde (Chauseau et al., 2005; Lambert et al., 2001; Martin-Vandembulcke, 1999; Rougier et al., 2012). Pour la lamproie marine, de récentes estimations du taux d'exploitation, toujours sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne, font état d'un taux d'exploitation de la pêche professionnelle fluviale tous engins confondus de 14,9 % [6,3 % - 28,1 %] sur la Dordogne et 7,9 % [2,3 % - 15,4 %] sur la Garonne (Rapet et al., 2019). À ce taux d'exploitation s'ajoute celui de la pêche des marins pêcheurs, dont les captures sont de l'ordre de 5 % de celles des professionnels fluviaux, et celui des amateurs aux engins, dont les captures sont de l'ordre de 15 % à 30 % de celles des professionnels fluviaux (Lobry et al., 2016). Sur la Loire, un taux de recapture de 25 % a été constaté pour la pêcherie professionnelle (essentiellement aux nasses) en amont de Nantes (point de relâcher) lors du relâcher de février 2020 (l'autre relâcher étant impacté par le confinement lié au covid) (Le Peru et al., 2020). Cette seule session de capture-marquage-recapture ne suffit pas pour en déduire un taux d'exploitation, d'autant qu'il faudrait rajouter la pêcherie professionnelle en aval (essentiellement au filet) et la pêcherie amateur. Ces taux d'exploitation montrent une pression importante sur les stocks exploités, mais ne suffisent pas à quantifier l'impact des pêcheries sur la dynamique de population. Ils doivent être transformés en mortalité (au sens halieutique du terme) et être intégrés à un modèle de dynamique de population qui permettra de déterminer des points de références biologiques.

À notre connaissance, seule la grande alose a fait l'objet de tra-

vaux de modélisation de sa dynamique de population, en particulier sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne. Rougier *et al.* (2012) ont identifié la pêche en estuaire et l'effet Allee comme les deux causes qui, combinées, ont conduit à l'effondrement des stocks de grande alose sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne. La pêche a en particulier causé la baisse initiale des stocks, dont la remontée a ensuite été empêchée par l'effet Allee.

Les pêches ciblées peuvent donc avoir un impact important sur les stocks exploités. Il est important de pouvoir disposer des chiffres de capture complets et robustes à la fois pour les professionnels et les amateurs quel que soit leur mode de capture et la zone où ils pratiquent. C'est d'ailleurs le sens des actions PO1-1.1 et PO1-1.2 du Plan National en faveur des Migrateurs Amphihalins (PN-MA, Anonyme, 2022i). Au-delà des modèles de dynamique de population, des points de référence biologique semblent nécessaires pour mieux apprécier l'impact des pêcheries et plus largement des autres pressions. C'est le sens là aussi de l'action SO2-2 du PNMA (Anonyme, 2022i).

#### IV.6.5. Pollution chimique des masses d'eau

La pollution chimique des masses d'eau est une problématique concernant l'ensemble des bassins versants. En effet, en 2019, seules 44,7 % des 11 407 masses d'eau de surface françaises sont a *minima* en bon état chimique (Blard-Zakar, 2022). Les masses d'eau en bon état étant principalement situées en amont de bassin versant dans les zones montagneuses, les aloses et les lamproies sont particulièrement concernées par cette pollution. Néanmoins, avec près de 150 000 substances présentes dans l'environnement (Barraut et Dumas, 2016), quantifier l'effet de ces dernières est ardu. On peut néanmoins rappeler les tendances de polluants historiques dont les effets ont été préalablement discutés.

Parmi les composés globalement en diminution, on retrouve les PCBs, qui ont diminué de manière rapide à partir des années 1970 (Dendievel *et al.*, 2020; Lorgeoux *et al.*, 2016; Mourier *et al.*, 2014; Pohlert *et al.*, 2011) mais avec une diminution plus lente ces dernières années (Babut *et al.*, 2016; Vauclin *et al.*, 2021). Les nitrates voient également leurs concentrations diminuer (Anonyme, 2022a; Bouraoui et Malagó, 2020). La situation est plus contrastée entre territoires, avec une amélioration en Bretagne, Vendée et dans le sud-ouest, alors que le bassin parisien, l'est de la France et le nord du bassin rhodanien ont plutôt une tendance à la dégradation Anonyme, 2020. Le constat est similaire pour les phosphates (Anonyme, 2022a). Les métaux ont aussi une tendance à la baisse, mais avec une cinétique différente selon les bassins versants (Ayrault *et al.*, 2021; Dhivert *et al.*, 2016; Ferrand *et al.*, 2012).

On retrouve en parallèle de nombreux composés dont les effets sont peu connus. Ces polluants, régulés ou non, sont notamment des médicaments, des produits industriels, des pesticides ainsi que

leurs produits de transformation (Lopez et al., 2015; Petit et Michon, 2016). Les microplastiques font partie des composés dont les effets restent peu compris, notamment sur les poissons migrateurs, bien que leur présence ait été relevée chez l'anguille par exemple (Menéndez et al., 2022). Leur présence est largement documentée dans les cours d'eau français, que cela soit sur le bassin de la Seine (Dris, 2016), de la Loire (Vidal et al., 2023), de la Garonne (de Carvalho et al., 2021), de l'Adour (Bruge et al., 2020), du Rhin (Mani et al., 2015) ou du Rhône (Constant et al., 2020).

Compte tenu du nombre important de composés polluants, il est difficile de conclure sur l'impact de la pollution chimique. Il apparaît difficile de se prononcer sur l'impact des polluants sur les dynamiques observées pour les populations d'aloses et de lamproies. Une première étape serait d'avoir des approches de type cocktail.

#### IV.6.6. Informations présentes dans les Plans de Gestion des POissons Migrateurs (PLAGEPOMIs)

Parmi la bibliographie existante sur les lamproies et les aloses, les Plans de Gestion des POissons Migrateurs (PLAGEPOMIs) sont les documents de référence en matière de gestion des poissons migrateurs. Il sont prévus par l'article R. 436-46 du Code de l'environnement, sont mis en œuvre sur une période de 6 ans, et s'alignent sur la même période que les Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SDAGE). Leur déclinaison à l'échelle des grands bassins hydrographiques français (Artois-Picardie, Rhin-Meuse, Seine-Normandie, Loire-Bretagne, Adour-Garonne, Rhône-Méditerranée et Corse) permet d'apporter une vision spatialisée de la problématique de gestion des poissons migrateurs. Dans le cas de cette étude, les éléments d'intérêt sont les différentes pressions considérées comme importantes ou non dans chaque PLAGEPOMI (Artois-Picardie, Anonyme, 2022d; Rhin-Meuse, Anonyme, 2022e; Seine-Normandie, Anonyme, 2022f; Cours d'eau bretons, Anonyme, 2018a; Loire, côtiers vendéens et Sèvre niorlaise, Anonyme, 2021; Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre, Anonyme, 2022h; Adour et cours d'eau côtiers, Anonyme, 2022g; Rhône-Méditerranée, Anonyme, 2022c). Afin de visualiser ces informations de manière synthétique, les informations sur les pressions de chaque PLAGEPOMI ont été centralisées dans des tableaux disponibles en annexe (Tableaux VI.4. à VI.15.). L'objectif de ces tableaux est de référencer les pages où chaque pression est mentionnée comme *a minima* présente au sein du bassin versant. Si l'influence potentielle sur les populations est clairement mentionnée dans au moins une page du document, la colonne "Influence" est colorée, avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (influence importante) en passant par le rose saumon (influence mineure) et l'orange (influence moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. Lorsque l'influence est évaluée, la ou les pages correspondantes sont soulignées, avec une

astérisque (\*) dans le cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans les pages soulignées. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, dans la colonne "Incertain", avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué dans la colonne "Tendance". Il est à noter que dans le cas d'une pression discutée sur plusieurs pages, sans changement de partie/pression, seule la première page est indiquée pour éviter de surcharger le tableau.

Les tableaux précédemment décrits permettent une vision détaillée du contenu des PLAGEPOMIs concernant les pressions. Cependant, afin de permettre une vision plus synthétique de la situation, deux tableaux regroupent les informations sur l'importance des pressions, mais également les résultats de l'élicitation d'experts ainsi que les tendances de populations à l'échelle de chaque PLAGEPOMI (voir Tableaux IV.1. et IV.2.).

Concernant les aloses (Tableau IV.1.), on observe que les évaluations d'importance des PLAGEPOMIs concordent globalement avec les résultats de l'élicitation d'experts : la perte d'habitats, la prédation, les altérations d'habitats et la pêche ciblée sont généralement mises en avant pour expliquer le déclin actuel ou *a minima* la mauvaise situation des aloses et des lamproies en France. Un des constats les plus flagrants est la mise en avant de la perte d'habitats comme première cause de déclin, vraisemblablement suivie par les altérations d'habitats au sens large. On note cependant sur les tableaux détaillés par COGEPOMI une incertitude souvent forte, reflétant donc un besoin de recherche concernant les différentes pressions. Les effets de la perte d'habitats sont cependant moins incertains d'après les COGEPOMIs. Les tendances d'effectifs indiquées au sein des différents PLAGEPOMIs reflètent de manière cohérente les résultats de la DFA, avec majoritairement une diminution sauf sur le bassin du Rhin où la grande alose est considérée comme en augmentation ou sur le bassin Gironde-Garonne-Dordogne où les effectifs semblent stables. Il est à noter que cette stabilité cache néanmoins des effectifs très faibles, en deçà de la limite de conservation de l'espèce. La situation de la grande alose est mauvaise à l'échelle nationale, avec des effectifs dont la diminution se poursuit.

Pour les lamproies, les pressions identifiées sur les PLAGEPOMIs (Tableau IV.2.) sont également cohérentes avec celles mises en évidence par l'élicitation d'experts. La perte d'habitats, la prédation, les altérations d'habitats et la pêche ciblée ressortent, comme pour les aloses. On note d'ailleurs que les évaluations d'importance de pressions sont assez similaires entre les aloses et les lamproies. De manière analogue aux aloses, l'incertitude sur les pressions affectant les lamproies est souvent forte, traduisant donc également un besoin d'informations complémentaires pour les lam-



proies. La perte d'habitats est également considérée comme la première pression par ordre d'importance. Les tendances d'effectifs indiquées dans les PLAGEPOMIs indiquent un déclin généralisé hormis en Bretagne où une stabilité relative est soulignée, avec une baisse moins marquée. Néanmoins, le contingent de lamproies remontant les cours d'eau est historiquement bien moindre que sur les bassins de la Loire et de Gironde-Garonne-Dordogne, qui ont vu leurs populations s'effondrer ces dernières années, en particulier en amont, mais cette baisse est désormais également visible sur les séries en estuaire (voir résultats de la DFA).

La situation des autres espèces (l'alse feinte, l'alse feinte de Méditerranée ainsi que la lamproie fluviatile) est en général moins documentée et les pressions sont évaluées en regard de la lamproie marine et de la grande alose (hormis pour l'alse feinte de Méditerranée). Ainsi, les pressions sont considérées comme similaires bien que la perte d'habitats due aux obstacles apparaît moins préoccupante, ces espèces se reproduisant plus en aval. Il ressort des PLAGEPOMIs que la situation de ces espèces serait moins alarmante que celle de la grande alose et de la lamproie marine. Comme développé précédemment lors de la discussion des résultats de la DFA, la France est plutôt située en limite d'aire de répartition (pour la lamproie fluviatile et l'alse feinte) et a donc un rôle moindre dans la conservation de ces espèces dont les populations sont historiquement plus faibles que celles de la grande alose et de la lamproie marine. Les cartes de statut des différentes espèces (Figures [IV.24.](#), [IV.25.](#), [IV.26.](#), [IV.27.](#), [IV.28.](#)) illustrent cette situation. On peut néanmoins souligner que l'alse feinte de Méditerranée présente un enjeu de conservation important, cette espèce étant endémique au bassin méditerranéen avec une grande partie de ses populations en France.

La réalisation de tableaux sur un modèle comparable à ceux présentés ici (Tableaux [IV.1.](#) et [IV.2.](#)) dans les futurs PLAGEPOMIs apparaît nécessaire, pour un accès facile à l'information sur les pressions affectant chaque espèce et sur leur influence à l'échelle de chaque bassin versant. Les catégories de pressions seront dans l'idéal uniformes au niveau national dans un souci de comparabilité.

**Tableau IV.1.** Tableau de synthèse des pressions caractérisées au sein des PLAGEPOMIs, avec indication de leur influence potentielle, pour les aloses. En blanc : pas de mention, en jaune pâle : influence non évaluée, en rose saumon : influence mineure, en orange : influence moyenne et en rouge : influence importante. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans le document. La colonne "Expertise" reprend la distribution des réponses de l'éluciation d'experts (Figure II.2). La case en haut à droite indique les tendances globales des effectifs telles qu'évaluées par l'expertise, avec entre parenthèses le nombre de clusters correspondant à chaque tendance d'après la DFA.

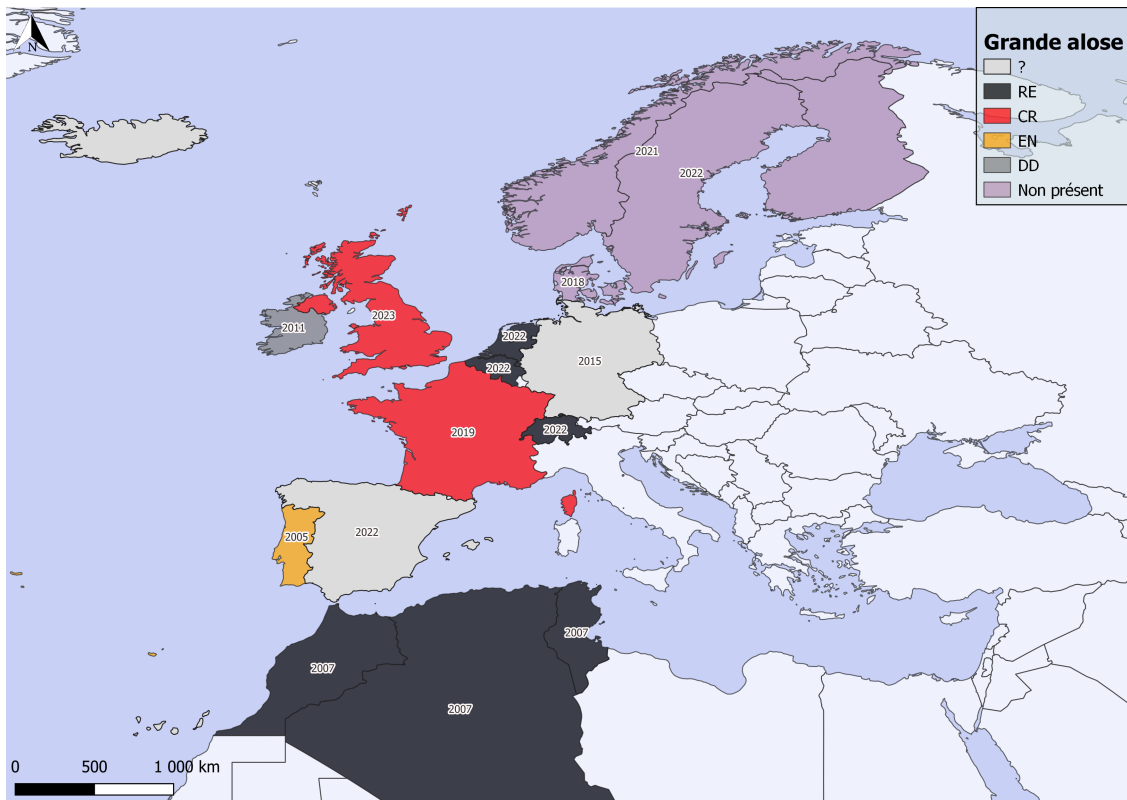
Tendance PLAGEPOMI	?	↗	↘	↘	↘	=	↘/?	↘/=	↘ (9) = (3)
Perte habitats	*							*	
Prédation						*			
Altérations habitats	*	*							
Pêche ciblée	*					*			
Pollutions chimiques	*								
Pêche non ciblée	*								
Ressource trophique									
Entraînement mécanique									
Maladies									
Génétique									
Pollutions organiques									
Pêche illégale									
	Artois-Picardie	Rhin-Meuse	Seine-Normandie	Bretagne	Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	Adour et cours d'eau côtiers	Rhône-Méditerranée	<b>Expertise</b>

**Tableau IV.2.** Tableau de synthèse des pressions caractérisées au sein des PLAGEPOMI, avec indication de leur influence potentielle sur la dynamique de population, pour les lamproies. En blanc : pas de mention, en jaune pâle : influence non évaluée, en rose saumon : influence mineure, en orange : influence moyenne et en rouge : influence importante. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans le document. La colonne "Expertise" reprend la distribution des réponses de l'éllicitation d'experts (Figure II.4.). La case en haut à droite indique les tendances globales des effectifs telles qu'évaluées par l'expertise, avec entre parenthèses le nombre de clusters correspondant à chaque tendance d'après la DFA.

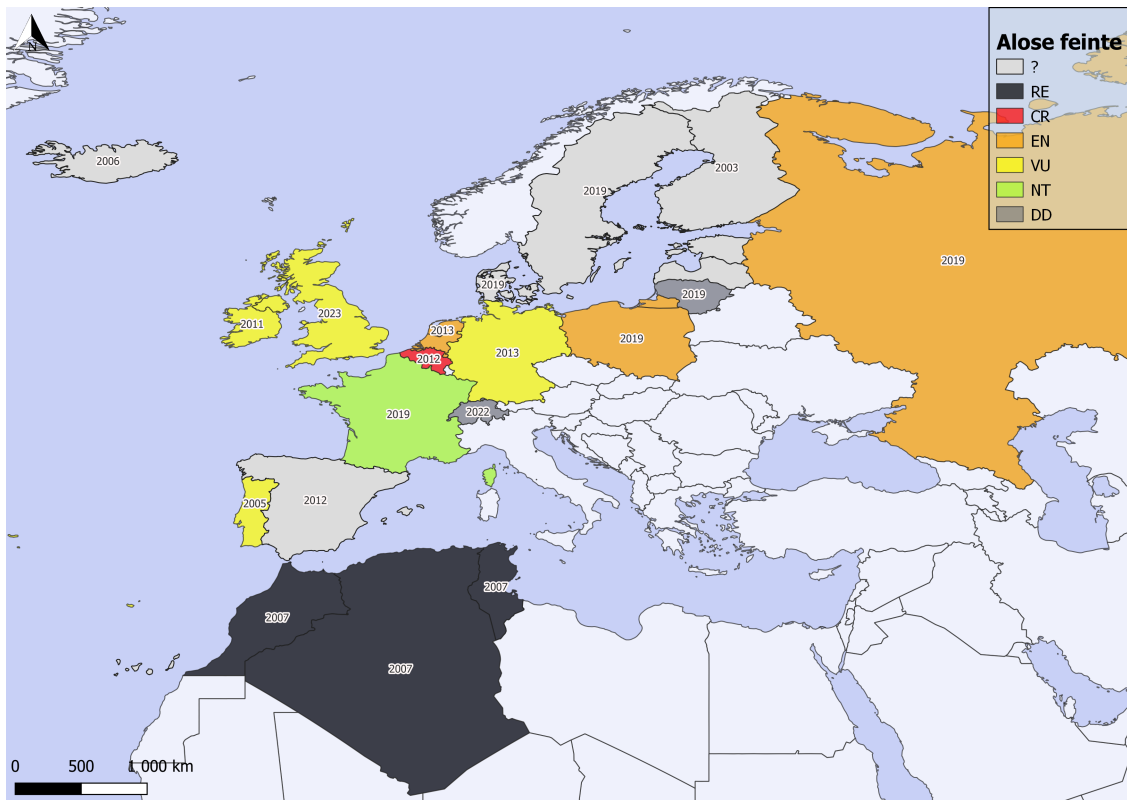
Tendance PLAGEPOMI	?	↘	↘	↘ / =	↘	↘	↘	?	↘ (10) = (1)
Perte habitats								*	
Prédation						*			
Altérations habitats	*	*							
Pêche ciblée	*								
Pollutions chimiques									
Pêche non ciblée						*			
Ressource trophique									
Entraînement mécanique									
Maladies									
Pollutions organiques									
Pêche illégale									
	Artois-Picardie	Rhin-Meuse	Seine-Normandie	Bretagne	Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	Adour et cours d'eau côtiers	Rhône-Méditerranée	<b>Expertise</b>

#### IV.6.7. Statuts de conservation en Europe

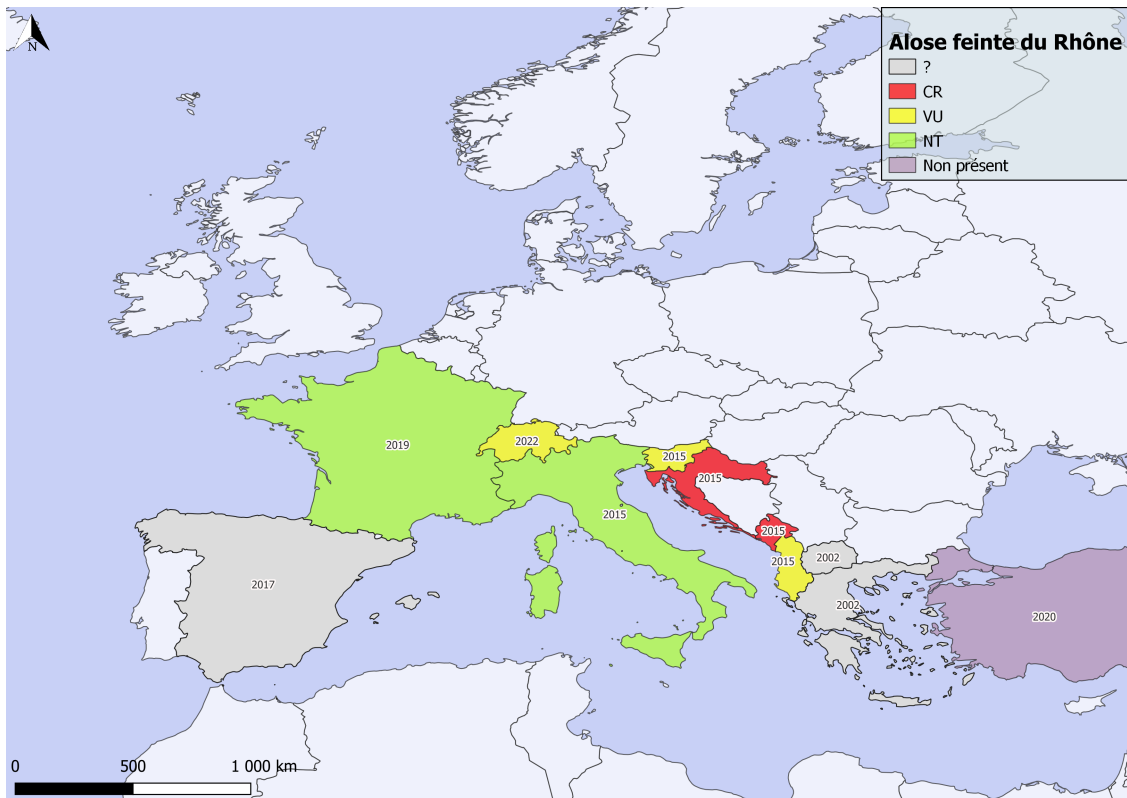
Les cartes suivantes présentent le statut des différentes espèces d'aloses et de lamproies anadromes en Europe et en Afrique du Nord. Comme souligné précédemment, ces cartes révèlent l'importance qu'occupe la France dans la conservation de la grande alose. Pour la lamproie marine, la répartition est plus large mais les populations en dehors de la France et du Portugal sont limitées. Il est cependant nécessaire de noter la présence de l'espèce en Amérique du Nord, avec des populations natives sur la côte nord-est des États-Unis et du Canada, et des populations invasives dans la région des Grands Lacs (Hume *et al.*, 2021). Pour l'alose feinte, les populations majeures, avec une situation jugée comme peu préoccupante, sont situées sur la partie nord de l'Europe. Pour l'alose feinte de Méditerranée, celle-ci semble répartie sur une grande partie du pourtour nord de la Méditerranée mais son statut est souvent flou, car les populations anadromes ne sont pas toujours différenciées dans les statuts de celles enclavées, et le nom scientifique indiqué est souvent *Alosa fallax* ou *Alosa fallax rhodanensis* et non *Alosa agone*, ceci ajoutant une certaine confusion au statut de l'espèce. Il serait donc pertinent de réaliser une étude génétique des populations d'aloses en Méditerranée. A l'échelle française, il a ainsi été montré une différenciation génétique entre les individus des axes continentaux et ceux présent en Corse (Launey *et al.*, 2011) mais aussi de ceux de l'Ebre en Espagne (Sotelo *et al.*, 2014).



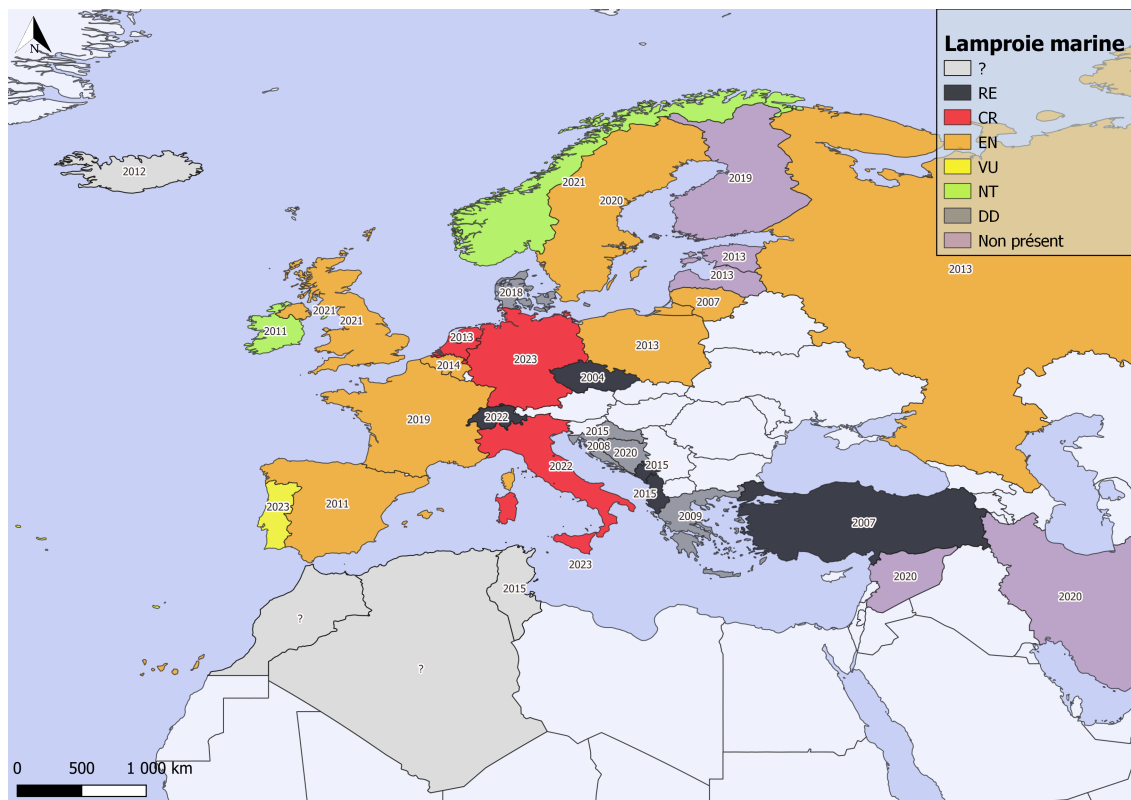
**Figure IV.24.** Statut de conservation de la grande alose par pays, avec la date de détermination du statut le plus récent ou de la mention de présence la plus récente. Les références utilisées sont disponibles en annexe VI.10. ? = pas d'information; RE = éteinte régionalement; CR = en danger critique; EN = en danger; DD = manque de données identifié.



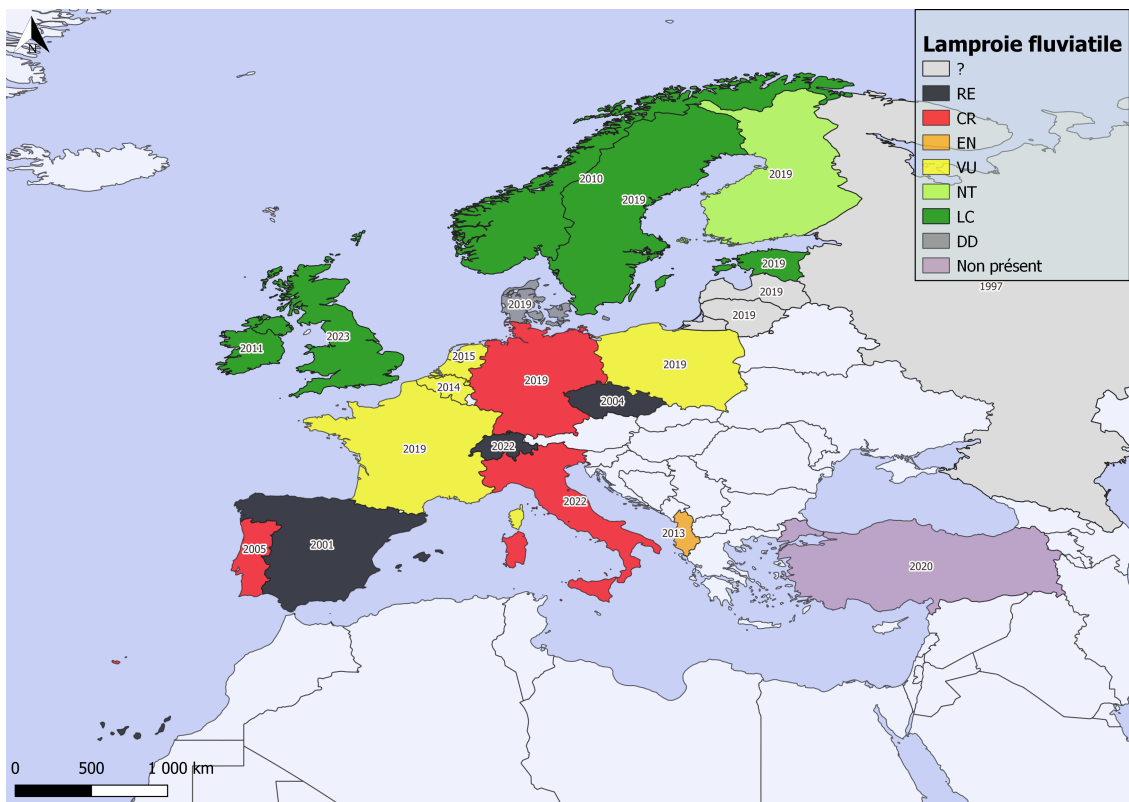
**Figure IV.25.** Statut de conservation de l'alse feinte par pays, avec la date de détermination du statut le plus récent ou de la mention de présence la plus récente. Les références utilisées sont disponibles en annexe VI.10. ? = pas d'information; RE = éteinte régionalement; CR = en danger critique; EN = en danger; VU = vulnérable; NT = quasiment menacée; DD = manque de données identifié.



**Figure IV.26.** Statut de conservation de l'alse feinte de Méditerranée par pays, avec la date de détermination du statut le plus récent ou de la mention de présence la plus récente. Les références utilisées sont disponibles en annexe VI.10. ? = pas d'information; CR = en danger critique; VU = vulnérable; NT = quasiment menacée.



**Figure IV.27.** Statut de conservation de la lamproie marine par pays, avec la date de détermination du statut le plus récent ou de la mention de présence la plus récente. Les références utilisées sont disponibles en annexe VI.10. ? = pas d'information; RE = éteinte régionalement; CR = en danger critique; EN = en danger; VU = vulnérable; NT = quasiment menacée; DD = manque de données identifié.



**Figure IV.28.** Statut de conservation de la lamproie fluviatile par pays, avec la date de détermination du statut le plus récent ou de la mention de présence la plus récente. Les références utilisées sont disponibles en annexe VI.10. ? = pas d'information; RE = éteinte régionalement; CR = en danger critique; EN = en danger; VU = vulnérable; NT = quasiment menacée; LC = faible préoccupation; DD = manque de données identifié.



## V. Bilan

### V.1. *Effet des pressions identifiées sur les dynamiques récentes observées : perspectives d'étude*

#### V.1.1. Tendances des populations

Au niveau local, les suivis des tendances des populations doivent être confortés, avec une définition des modalités indispensables. Il apparaît nécessaire de réaliser des suivis annuels, sur le long terme, avec des séries représentatives des bassins ou sous-bassins versants considérés. Les stades de vie suivis doivent être clairement définis. Les limites de la méthode employée doivent être explicitées et l'acceptabilité par les acteurs doit être vérifiée. Pour les données de pêche, l'effort doit être renseigné.

Au niveau national, une évaluation de la pertinence et de la cohérence des suivis doit être réalisée collectivement en impliquant des représentants de chaque COGEPOMI, et ce afin de garantir des données comparables et de qualité homogène.

Tant au niveau local que national, des synthèses régulières sur les résultats des suivis avec un retour d'expérience sur leur déroulement doivent être réalisées et communiquées.

#### V.1.2. Pressions

Les éléments synthétisés dans ce document montrent la difficulté de statuer sur les pressions expliquant les baisses de population observées. Bien que les pressions mises en évidence jouent vraisemblablement toutes un rôle dans le déclin actuel, il est nécessaire de cibler les études afin d'obtenir des données quantitatives sur l'impact des pressions sur les aloses et les lamproies. Par ailleurs, ces données nécessitent d'être harmonisées à l'échelle nationale dans un but de comparabilité. Les sections suivantes détaillent les besoins de recherche identifiés.

### Habitats

L'utilisation des habitats par les lamproies et les aloses est généralement étudiée par des suivis de la reproduction, mais il existe un manque d'informations sur la capacité de ces habitats à produire des descendants viables. Il est nécessaire d'identifier s'il existe un problème de recrutement au début du cycle de vie des individus.

La fonctionnalité des habitats et leur disponibilité doivent être évaluées pour les stades de vie concernés. Pour la reproduction puis

le développement des jeunes stades, la quantité de frayères disponibles doit être évaluée au niveau local, et si un besoin de recherche national sur l'évaluation de leur qualité est identifié, cette évaluation devant ensuite être déclinée au niveau local.

Les zones de croissance nécessitent des recherches tant dans l'évaluation de leur quantité que de leur qualité avant une déclinaison au niveau local.

Au niveau local, la continuité entre les habitats doit être vérifiée avec une identification des éléments bloquants, qu'ils soient physiques, chimiques ou biologiques.

## Prédation

Plusieurs études indiquent une prédation des silures tant sur les aloses que sur les lamproies, ou *a minima* une perturbation du comportement reproducteur (notamment des bulls d'aloses). L'impact sur les populations reste néanmoins à déterminer. Les propositions de suivi et de recherche proposés vont en ce sens.

Au niveau national, il est nécessaire de développer des méthodes pour passer des taux de prédation locaux à un taux de mortalité à l'échelle des populations, dans un premier temps sur les adultes et dans un second temps sur les juvéniles. Des suivis sur des sites ateliers pour suivre la dynamique du silure et des migrateurs amphihalins sont à envisager. Pour l'aloise, il est nécessaire de connaître les taux de prédation locaux comme cela est le cas pour les lamproies, afin d'élargir ensuite à l'échelle des populations si nécessaire (dépendant de ces résultats). Par ailleurs, il est nécessaire de connaître l'impact des effarouchements des individus lors des bulls sur le succès reproducteur.

Des besoins de recherche existent pour la mise en place au niveau local d'indicateurs silures par classe de taille, y compris pour la surveillance sur les bassins où il est absent ou faiblement présent. La classe de taille la plus pertinente correspond aux individus de plus de 120 cm, cette taille étant la limite au-dessus de laquelle les silures sont susceptibles de consommer des migrateurs (Trancart *et al.*, 2023).

## Pêche ciblée

Bien qu'il existe de nombreuses références traitant de l'importance de la pêche ciblée des aloses et des lamproies, on constate un manque de fiabilité dans les données obtenues, voire une absence de ces dernières pour certaines catégories de pêcheurs amateurs. Le principal axe d'amélioration des connaissances sur la pêche ciblée des aloses et des lamproies consiste donc à obtenir des données fiables et les plus exhaustives possible, notamment pour pouvoir estimer des taux d'exploitation.

Lorsqu'une obligation de déclaration existe (pêcheurs professionnels, amateurs aux engins, amateurs aux filets sur l'estran) la fiabilité des données doit être améliorée. Pour les autres pêcheurs amateurs, des données de captures doivent être récoltées.

Les taux d'exploitation par les pêcheurs professionnels et amateurs sont à déterminer y compris pour la pêche des aloses à la ligne.

## Pollutions chimiques

Hormis des études ciblées sur certains polluants, il a été constaté un manque de données permettant de statuer sur les effets des pollutions chimiques. Pour pallier à ce manque, une première étape est de déterminer les effets des polluants auxquels les individus, et en particulier les juvéniles, sont exposés. Le développement d'approches cocktail avec une exposition des juvéniles à des polluants présents dans leur milieu de vie, ou des reproductions artificielles d'individus présentant différents niveaux de contamination, sont ainsi à privilégier.

Dans un second temps, l'identification des composés responsables est également envisageable.

## Partie marine du cycle de vie

Peu de données existent sur la partie marine du cycle de vie. Il est donc nécessaire d'acquérir des connaissances pour pouvoir identifier plus clairement les pressions potentielles. En particulier, les pressions sont mal connues. Si l'on se réfère au dernier rapport du WGNAS concernant le saumon Atlantique (ICES, 2024), la réduction des stocks de saumon est notamment due à des problèmes de survie en mer au cours de la première et seconde année de vie marine (déclin général à l'échelle des principaux stocks observé depuis les années 1970 et accentué depuis les années 1990 dans le cas du saumon : Atlantique nord et nord-est). Un élément notable est l'augmentation de cette survie durant la première moitié des années 2000 en Ecosse, en Islande et en France. Or cette augmentation a également été observée vers la même période pour plusieurs clusters chez les aloses et les lamproies (clusters 3 à 11 pour les aloses et clusters 1 à 8 chez les lamproies). Bien qu'il ne soit pas possible d'attribuer des causes communes à cette dynamique, elle suggère néanmoins que les conditions en mer étaient potentiellement plus favorables à cette période pour les aloses et les lamproies. Mieux connaître les pressions potentielles en mer est d'autant plus nécessaire que celles-ci impactent les populations à large échelle. Or, les dynamiques d'abondance mises en évidence au cours de cette synthèse suggèrent des facteurs de forçage communs.

### V.1.3. Fonctionnement des populations

Il est probable que le déclin des différentes populations soit un effet combiné de plusieurs pressions. Si ce travail a permis d'identifier celles qui ont vraisemblablement contribué à ces déclins, le manque de connaissance ne permet pas d'en quantifier les impacts ou de les hiérarchiser. En plus des recommandations d'acquisition de connaissances sur chacune des pressions prises individuellement proposées dans la section précédente, il semble important de pouvoir apprécier leurs impacts individuels et cumulés.

Le manque d'une compréhension globale du fonctionnement des populations de lamproies et d'aloses incite à recommander la mise en place d'un ou plusieurs modèle(s) de dynamique de population. Cela permettrait de :

- synthétiser les connaissances disponibles,
- mettre en évidence les connaissances cruciales manquantes,
- intégrer les différentes pressions pour en déterminer les impacts, ou à défaut d'apprécier leur impacts potentiels en testant différentes hypothèses
- et prioriser des mesures de gestion.

Cela permettrait également d'appréhender un possible fonctionnement en métapopulation et l'effet d'un retour à la rivière natale (homing) plus ou moins fort. Ce type de modèle dynamique permettrait en outre d'inclure les effets du changement climatique. Des simulations rétrospectives pourraient enfin être réalisées pour tester la robustesse des prédictions et les effets passés des pressions. A long terme, un modèle tel que celui mis en place pour le saumon Atlantique (Rivot *et al.*, 2019), unifié à l'échelle de l'aire de répartition, permettrait une estimation des stocks d'aloses et de lamproies et une prédiction de leur évolution.

### V.2. Synthèse des recommandations

Cette partie récapitule les différentes recommandations issues de cette synthèse, et identifie si celles-ci relèvent du niveau local ou national. Le niveau local correspond à une implication d'acteurs territoriaux comme les associations de migrateurs, le monde de la pêche, les structures locales de gestion des milieux aquatiques (telles que les EPTB) ou les services de l'Etat/instituts de recherche ayant un rôle localisé. Le niveau national correspond à des connaissances ou méthodes manquantes visant par la suite à être déclinées au niveau local avec une méthodologie unique. Dans ce cas, les services de l'Etat et instituts de recherche sont davantage concernés. Les recommandations *en italique* correspondent à des mesures déjà initiées d'après les informations contenues dans les PLAGEPOMIs mais nécessitant d'être confortées ou améliorées. Ces recommandations ne sont pas hiérarchisées et nécessitent d'être menées

conjointement afin de mieux comprendre le déclin actuel. Les mesures **R1, R2, R3, R4, R5, R10, R11 et R12** correspondent à des besoins en monitoring et en diagnostic alors que les mesures **R6, R7, R8, R9, R13, R14, R15 et R16** sont des besoins de recherche, non directement applicables en routine.

### Tendances des populations

- **R1 Local et national** : S'assurer collectivement de la pertinence et de la cohérence des suivis
- **R2 Local** : Conforter les suivis actuellement réalisés et initier de nouveaux suivis dans les territoires non ou peu couverts
- **R3 Local et national** : Réaliser régulièrement des synthèses des suivis

### Habitats

- **R4 Local** : Déterminer la quantité de frayères disponible
- **R5 Local** : Évaluer la continuité entre les habitats
- **R6 National** : Développer des méthodes d'évaluation de la qualité des frayères
- **R7 National** : Développer des méthodes d'évaluation de la quantité et de la qualité des zones de croissance

### Prédation

- **R8 National** : Passer des taux de prédation locaux à un taux de mortalité à l'échelle des populations
- **R9 National et local** : Mettre en place des indicateurs d'abondances de silures par classe de taille

### Pêche ciblée

- **R10 National et local** : Obtenir des données fiables de capture lorsque la déclaration est obligatoire
- **R11 National et local** : Récolter des données lorsqu'il n'existe pas d'obligation
- **R12 Local** : Déterminer régulièrement les taux d'exploitation par les pêcheries professionnelles et amateurs

### Pollutions chimiques

- **R13 National** : Prioriser les approches par cocktails de polluants en priorité
- **R14 National** : Identifier les composés problématiques dans un second temps

### Partie marine du cycle de vie

- **R15 National** : *Acquisition de connaissances sur le cycle de vie en mer*

### Fonctionnement des populations

- **R16 National** : Construire un modèle de dynamique des populations pour synthétiser les connaissances et quantifier les impacts des pressions

### V.3. Conclusion générale

#### À retenir

La situation de ces espèces est **très préoccupante**. Cette situation résulte vraisemblablement d'**une combinaison de pressions** qui se sont cumulées. Le manque de connaissance est important, mais ne doit pas servir de prétexte pour ne pas agir. Les connaissances disponibles, synthétisées ici, même si elles sont lacunaires, doivent servir de base à une **meilleure gestion**. Les experts réunis à l'occasion de ce travail **appellent à agir sans délai** sur l'ensemble des pressions responsables de ces déclin.

Ce travail de synthèse a permis de mettre en évidence de manière détaillée la situation de déclin quasiment généralisé des aloses et des lamproies en France (9/12 clusters à la baisse pour les aloses et 8/11 clusters à la baisse pour les lamproies), constat vraisemblablement commun à une grande partie de l'aire de répartition de ces espèces. Le travail de classification ne montre pas d'explications évidentes aux patrons observés. Ce constat indique qu'à la fois des causes communes et des causes plus locales peuvent intervenir dans ce déclin. La revue bibliographique des pressions montre qu'elles jouent toutes un rôle dans le déclin actuel, sans que l'on soit en mesure de les classer réellement. Une élicitation d'experts donne les facteurs suivants comme étant les plus vraisemblablement à l'œuvre : la réduction ou la perte d'habitats, la pression de prédation, l'altération et les modifications physiques des habitats, la pêche ciblée, ainsi que la pollution chimique des masses d'eau. Ce constat se retrouve dans les documents d'orientation que sont les PLAGEPOMIs, qui confirment l'incertitude sur la contribution relative de chacune des pressions. Ce travail a identifié un certain nombre de pistes d'amélioration des connaissances concernant l'habitat, la prédation, la pêche ciblée, les pollutions chimiques, la phase marine du cycle de vie et le diagnostic du fonctionnement des populations. Ces recommandations sont cohérentes avec les principales menaces identifiées pour les espèces migratrices en général : la surexploitation, la perte, dégradation et fragmentation de l'habitat, le changement climatique et la pollution ([Anonyme, 2024b](#)).

# Bibliographie

- Acolas, M., Veron, V., Jourdan, H., Begout, M., Sabatie, M., et Bagliniere, J. 2006. Upstream migration and reproductive patterns of a population of allis shad in a small river (L'Aulne, Brittany, France). *ICES Journal of Marine Science* **63** : 476–484.
- Acou, A., Elliott, S.A.M., Toison, V., Boulenger, C., et Beaulaton, L. 2021. Matrice d'interaction entre espèces amphihalines et activité de pêche dans le milieu marin. Rapport technique, Office Français de la Biodiversité.
- Alexandrino, P., Faria, R., Linhares, D., Castro, F., Le Corre, M., Sabatié, M.R., Baglinière, J.L., et Weiss, S. 2006. Interspecific differentiation and intraspecific substructure in two closely related clupeids with extensive hybridization, *Alosa alosa* and *Alosa fallax*. *Journal of Fish Biology* **69** : 242–259. doi :[10.1111/j.1095-8649.2006.01289.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2006.01289.x).
- Algera, D.A., Rytwinski, T., Taylor, J.J., Bennett, J.R., Smokorowski, K.E., Harrison, P.M., Clarke, K.D., Enders, E.C., Power, M., Bevelhimer, M.S., et Cooke, S.J. 2020. What are the relative risks of mortality and injury for fish during downstream passage at hydroelectric dams in temperate regions? A systematic review. *Environmental Evidence* **9**(1) : 3. doi :[10.1186/s13750-020-0184-0](https://doi.org/10.1186/s13750-020-0184-0).
- Allee, W.C. 1931. *Animal Aggregations, a Study in General Sociology*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Almeida, P.R., Quintella, B., et Mateus, C.S. 2015. The status of shads in Portugal. In *Colloque International Sur l'étude, La Restauration et La Gestion de l'alose*. Bergerac.
- Almeida, P.R., Quintella, B.R., Mateus, C.S., Alexandre, C.M., et Pedro, S. 2018. Diadromous fish in Portugal : Status, threats and management guidelines. In *Sustainable Development of the Ocean : A Necessity*, Universidade do algarve editora. Universidade do algarve editora edition.
- Almeida, P. et Rochard, E. 2015. Report of the ICES Workshop on Lampreys and Shads (WKLS). IRSTEA, Copenhagen, Denmark.
- Almeida, P.R., Arakawa, H., Aronsuu, K., Baker, C., Blair, S.R., Beaulaton, L., Belo, A.F., Kitson, J., Kucheryavyy, A., Kynard, B., Lucas, M.C., Moser, M., Potaka, B., Romakkaniemi, A., Staponkus, R., Tamarapa, S., Yanai, S., Yang, G., Zhang, T., et Zhuang, P. 2021. Lamprey fisheries : History, trends and management. *Journal of Great Lakes Research* **47** : S159–S185. doi :[10.1016/j.jglr.2021.06.006](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.06.006).
- Almeida, P.R., Mateus, C.S., Alexandre, C.M., Pedro, S., Boavida-Portugal, J., Belo, A.F., Pereira, E., Silva, S., Oliveira, I., et Quintella, B.R. 2023. The decline of the ecosystem services generated by anadromous fish in the Iberian Peninsula. *Hydrobiologia* **850**(12) : 2927–2961. doi :[10.1007/s10750-023-05179-6](https://doi.org/10.1007/s10750-023-05179-6).
- Andersen, H.B., Caldwell, R.S., Toll, J., Do, T., et Saban, L. 2010. Sensitivity of lamprey ammocoetes to six chemicals. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **59**(4) : 622–631. doi :[10.1007/s00244-010-9514-5](https://doi.org/10.1007/s00244-010-9514-5).



- Andrade, N.O., Quintella, B.R., Ferreira, J., Pinela, S., Póvoa, I., Pedro, S., et Almeida, P.R. 2007. Sea lamprey (*Petromyzon marinus* L.) spawning migration in the Vouga river basin (Portugal) : Poaching impact, preferential resting sites and spawning grounds. *Hydrobiologia* **582**(1) : 121–132. doi :[10.1007/s10750-006-0540-2](https://doi.org/10.1007/s10750-006-0540-2).
- André, G., Guillerme, N., Sauvadet, C., Diouach, O., Chapon, P.M., et Beaulaton, L. 2018. Synthèse sur la répartition des lamproies et des aloses amphihalines en France. Rapport technique, AFB, Inra.
- Anonyme a. Allis shad, *Alosa alosa* - Fishes - NatureGate. <https://luontoportti.com/en/t/2079/allis-shad>.
- Anonyme b. Twaité shad, *Alosa fallax* - Fishes - NatureGate. <https://luontoportti.com/en/t/2142/twaite-shad>.
- Anonyme 1975. Les obstacles à la migration des poissons du Rhône dans le département du Gard. Rapport technique, CTGREF.
- Anonyme 1999. Plan de gestion des poissons migrateurs 1995-1999 - Rhône-Méditerranée-Corse. Rapport technique, COGEPOMI Rhône-Méditerranée.
- Anonyme 2010. La liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Rapport technique, UICN, MNHN, SFI, ONEMA, Paris, France.
- Anonyme 2013. National Red List of Flora and Fauna of Albania - Academy of Science, Institute of Biological Research. <http://archive.nationalredlist.org/files/2015/06/Red-list-of-Albanian-flora-and-fauna-2013-MO-1280-20-11-2013.pdf>.
- Anonyme 2016. *Alosa Fallax* - Report under the Article 17 of the Habitats Directive period 2007-2012. Rapport technique, European Environment Agency.
- Anonyme 2018a. Plan de gestion des poissons migrateurs 2018-2023 Bretagne. Rapport technique, COGEPOMI Bretagne.
- Anonyme 2018b. Résultats de l'enquête réalisée par l'AFB sur les captures et ventes d'aloses dans l'estuaire de la Loire (dépt 44) pour la saison 2018. Rapport technique, AFB USM.
- Anonyme 2019. Liste rouge des espèces menacées en France - Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Rapport technique, AFB, MNHN, UICN, SFI.
- Anonyme 2020. Bilan de la mise en oeuvre de la directive « nitrates » en France - période 2016-2019. Rapport technique, EauFrance - Ministère de la Transition Ecologique - OFB.
- Anonyme 2021. Plan de gestion des poissons migrateurs 2022-2027 Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise. Rapport technique, COGEPOMI Loire, côtiers vendéens et Sèvre niortaise.
- Anonyme 2022a. Bilan environnemental de la France - Édition 2021. Ministère de la Transition écologique, Environnement p. 128.
- Anonyme 2022b. Liste rouge des poissons et cyclostomes; Espèces menacées en Suisse. État 2022. Rapport technique n° 2217, OFEV / CSCF.

- Anonyme 2022c. Plan de gestion des poissons migrateurs 2022-2027 - Bassin Rhône-Méditerranée. Rapport technique, COGEPOMI Rhône-Méditerranée.
- Anonyme 2022d. Plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Artois-Picardie 2022-2027. Rapport technique, COGEPOMI Artois-Picardie.
- Anonyme 2022e. Plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Rhin-Meuse 2022-2027. Rapport technique, COGEPOMI Rhin-Meuse.
- Anonyme 2022f. Plan de gestion des poissons migrateurs du bassin Seine-Normandie 2022-2027. Rapport technique, COGEPOMI Seine-Normandie.
- Anonyme 2022g. Projet de PLAGEPOMI 2022-2027 Adour et cours d'eau côtiers. Rapport technique, COGEPOMI Adour & cours d'eau côtiers.
- Anonyme 2022h. Projet de PLAGEPOMI 2022-2027 Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre. Rapport technique, COGEPOMI Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre.
- Anonyme 2022i. Projet de plan national en faveur des migrateurs amphihalins. Rapport technique, OFB-INRAE.
- Anonyme 2022j. Status Assessment 2022 - Allis shad. Rapport technique, OSPAR commission.
- Anonyme 2022k. Status Assessment 2022 - Sea lamprey. Rapport technique, OSPAR commission.
- Anonyme 2023. Évaluation de la prédation du Grand Cormoran sur les populations de salmonidés migrateurs sur le Léguer (22) et l'Arques (76) en 2021. Rapport technique, GEOCA, LPO et MNHN pour BGM et Seinormigr.
- Anonyme 2024a. Allis shad (*Alosa alosa*) - Special Areas of Conservation - JNCC. <https://sac.jncc.gov.uk/species/S1102/>.
- Anonyme 2024b. Etat des espèces migratrices dans le monde. Rapport technique, PNUE-WCMC, Cambridge (Royaume-Uni).
- Antognazza, C., Gentile, A., Crosa, G., et Zaccara, S. 2023. The presence of lampreys in the Tyrrhenian rivers of the Campania region (Southern Italy) : A new record of the sea lamprey *Petromyzon marinus* (Linnaeus 1758). *Environments* **10** : 25. doi :[10.3390/environments10070125](https://doi.org/10.3390/environments10070125).
- Antognazza, C.M., Sabatino, S.J., Britton, R.J., Hillman, R.J., Aprahamian, M., Hardouin, E.A., et Andreou, D. 2022. Hybridization and genetic population structure of *Alosa* population in the United Kingdom. *Journal of Fish Biology* **101**(2) : 408–413. doi :[10.1111/jfb.14917](https://doi.org/10.1111/jfb.14917).
- Applegate, V.C. 1950. Natural history of the sea lamprey, *Petromyzon marinus*, in Michigan. Federal Government Series 55, U.S. Fish and Wildlife Service, Ann Arbor, Michigan : University of Michigan Library.
- Aprahamian, M.W., Aprahamian, C.D., Baglinière, J.L., Sabatié, M.R., et Alexandrino, P. 2003a. *Alosa Alosa* and *Alosa fallax* spp. Literature review and bibliography. R&D Technical Report W1-014/TR, Environment Agency.
- Aprahamian, M.W., Aprahamian, C.D., et Knights, A.M. 2010. Climate change and the green energy paradox : The consequences for twaite shad *Alosa fallax* from the River Severn, U.K. *Journal of Fish Biology* pp. no–no.

- Aprahamian, M.W., Bagliniere, J.L., Sabatie, M.R., Alexandrino, PAULO., Thiel, RALF., et Aprahamian, C.D. 2003b. Biology, status, and conservation of the anadromous Atlantic twaite shad *Alosa fallax fallax*. In American Fisheries Society Symposium, volume 35. volume 35, pp. 103–124.
- Araujo, M., Silva, S., Stratoudakis, Y., Goncalves, M., Lopez, R., Carneiro, M., Martins, R., Cobo, F., et Antunes, C. 2016. Sea lamprey fisheries in the Iberian peninsula. In Jawless Fishes of the World : Volume 2, volume 2, édité par A. Orlov et R. Beamish, Cambridge Scholars Publishing, pp. 115–148.
- Arevalo, E., Drouineau, H., Tétard, S., Durif, C.M.F., Diserud, O.H., Poole, W.R., et Maire, A. 2021. Joint temporal trends in river thermal and hydrological conditions can threaten the downstream migration of the critically endangered European eel. Scientific Reports **11**(1) : 16927. doi :[10.1038/s41598-021-96302-x](https://doi.org/10.1038/s41598-021-96302-x).
- Arevalo, E., Lassalle, G., Tétard, S., Maire, A., Sauquet, E., Lambert, P., Paumier, A., Villeneuve, B., et Drouineau, H. 2020. An innovative bivariate approach to detect joint temporal trends in environmental conditions : Application to large French rivers and diadromous fish. Science of The Total Environment **748** : 141260. doi :[10.1016/j.scitotenv.2020.141260](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141260).
- Aronsoo, K. 2015. Lotic life stages of the European river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) : Anthropogenic detriment and rehabilitation. Jyväskylä studies in biological and environmental science **2015**(301).
- Aronsoo, K., Marjomäki, T.J., Tuohino, J., Wennman, K., Vikström, R., et Ojutkangas, E. 2015. Migratory behaviour and holding habitats of adult river lampreys (*Lampetra fluviatilis*) in two Finnish rivers. Boreal Environment Research **20** : 25.
- Aronsoo, K., Vikström, R., Marjomäki, T.J., Wennman, K., Pakkala, J., Mäenpää, E., Tuohino, J., Sarell, J., et Ojutkangas, E. 2019. Rehabilitation of two northern river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) populations impacted by various anthropogenic pressures : Lessons learnt in the past three decades. Proceedings of the department of biological and environmental science **2**(2/2019). doi :[10.17011/jyx/18282/64592](https://doi.org/10.17011/jyx/18282/64592).
- Astthorsson, O. et Palsson, J. 2006. New fish records and records of rare southern species in Icelandic waters in the warm period 1996-2005. Rapport technique ICES CM 2006/ C :20, ICES.
- Audran, M., Geoffroy, A., et Rivoallan, D. 2023. Étude de la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) sur le bassin Rhône-Méditerranée. Campagne d'étude 2022. Rapport technique 2022 N°13/16, Migrateurs Rhône-Méditerranée.
- Audran, M. et Rivoallan, D. 2023a. Suivi de la pêche de l'alose feinte de Méditerranée (*Alosa agone*) sur le bassin du Rhône. Rapport technique 2022 N°1/16, Migrateurs Rhône-Méditerranée.
- Audran, M. et Rivoallan, D. 2023b. Suivi de la pêche de l'alose feinte de Méditerranée (*Alosa agone*) sur les fleuves côtiers méditerranéens. Rapport technique 2022 N°2/16, Migrateurs Rhône-Méditerranée.
- Audran, M. et Rivoallan, D. 2024. Suivi de la pêche de l'alose feinte de Méditerranée (*Alosa agone*) sur les fleuves côtiers méditerranéens. Rapport technique 2023 N°2/16, Migrateurs Rhône-Méditerranée.

- Ayrault, S., Meybeck, M., Mouchel, J.M., Gaspéri, J., Lestel, L., Lorgeoux, C., et Boust, D. 2021. Sedimentary archives reveal the concealed history of micropollutant contamination in the Seine river basin. In *The Seine River Basin*, édité par N. Flipo, P. Labadie, et L. Lestel, Springer International Publishing, Cham, *The Handbook of Environmental Chemistry*, pp. 269–300. doi :[10.1007/698\\_2019\\_386](https://doi.org/10.1007/698_2019_386).
- Azeroual, A. 2007. IUCN red list of threatened species : *Alosa alosa*. IUCN Red List of Threatened Species .
- Babut, M., Persat, H., Desmet, M., Lopes, C., Mourier, B., et Tronczyński, J. 2016. Les PCB dans le Rhône. In *PCB, Environnement et Santé*, Lavoisier Tec & Doc, pp. 473–498.
- Bacha, M. et Amara, R. 2007. Les poissons des eaux continentales d’Algérie. Étude de l’ichtyofaune de la Soummam. *Cybiurn* **31**(3) : 351–358. doi :[10.26028/CYBIUM/2007-313-004](https://doi.org/10.26028/CYBIUM/2007-313-004).
- Bagliniere, J.L., Sabatié, M.R., et Boisneau, P. 2004. Shad of the Northeastern Atlantic and the Western Mediterranean (*Alosa alosa* L. 1758 and *A. fallax* Lac., 1803) : Biology, Ecology and Harvesting. In *Fisheries and Aquaculture*, édité par P. Safran, Eolss Publishers, Oxford, UK, p. 21. Encyclopedia of life support systems (eolss) edition.
- Baglinière, J., Sabatié, M., Rochard, E., Alexandrino, P., et Aprahamian, M.W. 2003. The allis shad *Alosa alosa* : Biology, ecology, range, and status of populations. In *Biodiversity, Status, and Conservation of the World’s Shads., American Fisheries Society Symposium*, volume 35, édité par K. Limburg et J. Waldman. American Fisheries Society, Baltimore, MD, *American Fisheries Society Symposium*, volume 35, pp. 85–102.
- Bao, M., Mota, M., Nachón, D.J., Antunes, C., Cobo, F., Garci, M.E., Pierce, G.J., et Pascual, S. 2015a. Anisakis infection in allis shad, *Alosa alosa* (Linnaeus, 1758), and twaite shad, *Alosa fallax* (Lacépède, 1803), from Western Iberian Peninsula Rivers : Zoonotic and ecological implications. *Parasitology Research* **114**(6) : 2143–2154. doi :[10.1007/s00436-015-4403-5](https://doi.org/10.1007/s00436-015-4403-5).
- Bao, M., Roura, A., Mota, M., Nachón, D., Antunes, C., Cobo, F., MacKenzie, K., et Pascual, S. 2015b. Macroparasites of allis shad (*Alosa alosa*) and twaite shad (*Alosa fallax*) of the Western Iberian Peninsula Rivers : Ecological, phylogenetic and zoonotic insights. *Parasitology Research* **114**(10) : 3721–3739. doi :[10.1007/s00436-015-4601-1](https://doi.org/10.1007/s00436-015-4601-1).
- Barrault, J. et Dumas, L. 2016. Les enjeux globaux des micropolluants. Rapport technique, Bordeaux Métropole SUEZ leLyre.
- Bartl, G. et Troschel, J. 1997. Historische verbreitung, bestandsentwicklung und aktuelle situation von *Alosa alosa* und *A. fallax* im Rheingebiet. *Zeitschrift für Fischkunde* pp. 119–162.
- Baumann, L., Vega, J., Philip, J., Polese, F., Vétillard, F., Pierre, M., Barh, R.L., Jatteau, P., Bardonnnet, A., et Acolas, M.L. 2020. Tolerance of young allis shad *Alosa alosa* (Clupeidae) to oxy-thermic stress. *Journal of Fish Biology* **98**(n/a) : 112–131. doi :[10.1111/jfb.14562](https://doi.org/10.1111/jfb.14562).

- Baumgartner, L.J., Reynoldson, N.K., Cameron, L., et Stanger, J.G. 2009. Effects of irrigation pumps on riverine fish. *Fisheries Management and Ecology* **16**(6) : 429–437. doi :[10.1111/j.1365-2400.2009.00693.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2009.00693.x).
- Beamish, F.W.H. 1980. Biology of the North American anadromous sea lamprey, *Petromyzon marinus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37**(11) : 1924–1943. doi :[10.1139/f80-233](https://doi.org/10.1139/f80-233).
- Beamish, F.W.H. et Potter, I.C. 1974. The biology of the anadromous Sea lamprey (*Petromyzon marinus*) in New Brunswick. *Journal of Zoology* **177**(1) : 57–72. doi :[10.1111/j.1469-7998.1975.tb05970.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1975.tb05970.x).
- Beaulaton, L. 2008. Systèmes de Suivi Des Pêches Fluvio-Estuariennes Pour La Gestion Des Espèces : Construction Des Indicateurs Halieutiques et Évaluation Des Impacts En Gironde. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, Toulouse.
- Beaulaton, L., Taverny, C., et Castelnaud, G. 2008. Fishing, abundance and life history traits of the anadromous sea lamprey (*Petromyzon marinus*) in Europe. *Fisheries Research* **92**(1) : 90–101. doi :[10.1016/j.fishres.2008.01.001](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.01.001).
- Belaud, A., Carette, A., Cassou-Leins, F., et Cassou-Leins, J.J. 2001. Choix des sites de fraie par la grande alose (*Alosa alosa* L.) en Moyenne Garonne. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **2001**(362-363) : 869–880. doi :[10.1051/kmae:2001024](https://doi.org/10.1051/kmae:2001024).
- Beslagic, S. 2013. Histoire Des Interactions Entre Les Sociétés Humaines et Le Milieu Aquatique Durant l'Anthropocène : Évolutions Des Peuplements Piscicoles Dans Le Bassin de La Seine. Doctorat en archéologie, Paris 1.
- Bianco, P.G. 2014. An update on the status of native and exotic freshwater fishes of Italy. *Journal of Applied Ichthyology* **30**(1) : 62–77. doi :[10.1111/jai.12291](https://doi.org/10.1111/jai.12291).
- Bianco, P.G. 2002. The status of the twaite shad, *Alosa agone*, in Italy and the Western Balkans. *Marine Ecology* **23**(s1) : 51–64. doi :[10.1111/j.1439-0485.2002.tb00007.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2002.tb00007.x).
- Bianco, P.G. et Ketmaier, V. 2015. Nature and status of freshwater and estuarine fisheries in Italy and Western Balkans. In *Freshwater Fisheries Ecology*, John Wiley & Sons, Ltd, chapter 3.19, pp. 283–291. doi :[10.1002/9781118394380.ch24](https://doi.org/10.1002/9781118394380.ch24).
- Blard-Zakar, A. 2022. Bulletin n°4 : Synthèse 2019 des états des lieux des bassins. Rapport technique, eauFrance.
- Bocquené, G. et Abarnou, A. 2013. Organochlorinated pesticides, PCBs, dioxins, and PBDEs in grey mullets (*Liza ramada*) and allis shads (*Alosa alosa*) from the Vilaine estuary (France). *Environmental Science and Pollution Research* **20**(2) : 667–675. doi :[10.1007/s11356-012-1206-4](https://doi.org/10.1007/s11356-012-1206-4).
- Boigontier, B. 1987. Evaluation de l'impact Du Projet de Seuil et de Recalibrage de l'Adour (Toulouze), Sur Les Populations Piscicoles et Principalement Sur Les Aloses, Août 1986-Juillet 1987. CEMAGREF de Bordeaux, Division ALA. CEMAGREF BORDEAUX, -.
- Boisneau, C., Moatar, F., Bodin, M., et Boisneau, P. 2008. Does global warming impact on migration patterns and recruitment of Allis shad (*Alosa alosa* L.)

- young of the year in the Loire River, France? In *Fish and Diadromy in Europe (Ecology, Management, Conservation)*, Springer, pp. 179–186.
- Boisneau, C. 2015. Suivi des aloses en Loire moyenne et approche de la prédation par le silure. Research Report, Université de Tours / Région Centre; CITERES.
- Boisneau, P., Mennesson-Boisneau, C., et Guyomard, R. 1992. Electrophoretic identity between allis shad, *Alosa alosa* (L.), and twaite shad, *A. fallax* (Lacépède). *Journal of Fish Biology* **40**(5) : 731–738. doi :[10.1111/j.1095-8649.1992.tb02620.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1992.tb02620.x).
- Borg, J.A., Dandria, D., Evans, J., Leyla, K., et Schembri, P. 2023. A critical checklist of the marine fishes of Malta and surrounding waters. *Diversity* **15** : 225. doi :[10.3390/d15020225](https://doi.org/10.3390/d15020225).
- Boulêtreau, S., Carry, L., Meyer, E., Filloux, D., Menchi, O., Mataix, V., et Santoul, F. 2020a. High predation of native sea lamprey during spawning migration. *Scientific Reports* **10**(1) : 6122. doi :[10.1038/s41598-020-62916-w](https://doi.org/10.1038/s41598-020-62916-w).
- Boulêtreau, S., Fauvel, T., Laventure, M., Delacour, R., Bouyssonnié, W., Azémar, F., et Santoul, F. 2020b. “The giants’ feast” : Predation of the large introduced European catfish on spawning migrating allis shads. *Aquatic Ecology* doi :[10.1007/s10452-020-09811-8](https://doi.org/10.1007/s10452-020-09811-8).
- Boulêtreau, S., Gaillagot, A., Carry, L., Tétard, S., Oliveira, E.D., et Santoul, F. 2018. Adult Atlantic salmon have a new freshwater predator. *PLOS ONE* **13**(4) : e0196046. doi :[10.1371/journal.pone.0196046](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196046).
- Bouraoui, F. et Malagó, A. 2020. Trend analysis of nitrate concentration in rivers in Southern France. *Water* **12**(12) : 3374. doi :[10.3390/w12123374](https://doi.org/10.3390/w12123374).
- Boussinet, E., Nachón, D.J., Sottolichio, A., Lochet, A., Stoll, S., Bareille, G., Tabouret, H., Pécheyran, C., Acolas, M.L., et Daverat, F. 2024. Juvenile downstream migration patterns of an anadromous fish, allis shad (*Alosa alosa*), before and after the population collapse in the Gironde system, France. *Journal of Fish Biology* **104**(4) : 1054–1066. doi :[10.1111/jfb.15647](https://doi.org/10.1111/jfb.15647).
- Bovero, S., Candiotta, A., Ceppa, L., Giuntoli, F., Pascale, M., et Perosino, G. 2021. Rapporto sullo stato dell’ittiofauna in Piemonte. Rapport technique, Direzione Agricoltura e Cibo Settore Infrastrutture, Territorio rurale, Calamità naturali in agricoltura, Caccia e Pesca.
- Boyer-Bernard, S. 1991. Chapitre I : Echantillonnage d’aloses Dans Les Chambres Anti-Vortex de l’usine Hydroélectrique de Golfech. thèse de doctorat (Ph.D.), INPT, Toulouse.
- Braga, H.O., Pereira, M.J., Musiello-Fernandes, J., Morgado, F., Soares, A.M.V.M., et Azeiteiro, U.M. 2020. The role of local ecological knowledge for the conservation and sustainable fisheries of the sea lamprey (*Petromyzon marinus* Linnaeus, 1758) in the Iberian Peninsula. *Ocean & Coastal Management* **198** : 105345. doi :[10.1016/j.ocecoaman.2020.105345](https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105345).
- Brenna, A., Surian, N., et Mao, L. 2020. Response of a gravel - bed river to dam closure : Insights from sediment transport processes and channel morphodynamics. *Earth Surface Processes and Landforms* **45**(3) : 756–770. doi :[10.1002/esp.4750](https://doi.org/10.1002/esp.4750).

- Brown, J.J., Limburg, K.E., Waldman, J.R., Stephenson, K., Glenn, E.P., Juanes, F., et Jordaan, A. 2013. Fish and hydropower on the U.S. Atlantic coast : Failed fisheries policies from half-way technologies. *Conservation Letters* **6**(4) : 280–286. doi :[10.1111/conl.12000](https://doi.org/10.1111/conl.12000).
- Bruge, A., Dhamelincourt, M., Lanceleur, L., Monperrus, M., Gasperi, J., et Tassin, B. 2020. A first estimation of uncertainties related to microplastic sampling in rivers. *Science of The Total Environment* **718** : 137319. doi :[10.1016/j.scitotenv.2020.137319](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137319).
- Bryhn, A.C., Andersson, J., et Petersson, E. 2014. Mortality of European glass eel (*Anguilla anguilla* juveniles) at a nuclear power plant. *International Review of Hydrobiology* **99**(4) : 317–325. doi :[10.1002/iroh.201301632](https://doi.org/10.1002/iroh.201301632).
- Cagnant, M. et Marty, V. 2018. Aloses feintes en Corse - Recherche de présence grâce à l'ADN environnemental. Rapport technique, Agence Française pour la Biodiversité.
- Ćaleta, M., Marčić, Z., Buj, I., Zanella, D., Mustafić, P., Duplić, A., et Horvatić, S. 2019. A review of extant Croatian freshwater fish and lampreys : Annotated list and distribution. *Croatian Journal of Fisheries* **77**(3) : 137–234. doi :[10.2478/cjf-2019-0016](https://doi.org/10.2478/cjf-2019-0016).
- Cameron MacEachen, D., Russell, R.W., et Michael Whittle, D. 2000. Spatial distribution of mercury and organochlorine contaminants in Great Lakes sea lamprey (*Petromyzon marinus*). *Journal of Great Lakes Research* **26**(1) : 112–119. doi :[10.1016/S0380-1330\(00\)70678-2](https://doi.org/10.1016/S0380-1330(00)70678-2).
- Cassou-Leins, F. et Cassou-Leins, J.J. 1981. Recherches sur la biologie et l'halieutique des migrateurs de la Garonne et principalement de l'alose : *Alosa alosa* L. Thèse de 3e cycle, Institut national polytechnique, Toulouse, France.
- Cassou-Leins, J., Cassou-Leins, F., Boisneau, P., et Baglinière, J. 2000. La reproduction. In *Les Aloses (Alosa Alosa et Alosa Fallax Spp.)*. Ecologie et Variabilité Des Populations, édité par J. Baglinières et E. P., Cemagref Editions / INRA Editions, Hydrobiologie et Aquaculture, pp. 73–92.
- Castelnaud, G. 2000. Localisation de la pêche, effectifs de pêcheurs et production des espèces amphihalines dans les fleuves français. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **357/358** : 439–460.
- Castelnaud, G., Rochard, E., et Le Gat, Y. 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.
- Castro-Santos, T. et Letcher, B.H. 2010. Modeling migratory energetics of Connecticut River American shad (*Alosa sapidissima*) : Implications for the conservation of an iteroparous anadromous fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **67**(5) : 806–830. doi :[10.1139/F10-026](https://doi.org/10.1139/F10-026).
- Caudal, A.L. 2022. Suivi de la reproduction de l'alose sur le Blavet et de sa capture par pêche à la ligne (Blavet, Oust, Vilaine). Rapport technique, FDAAPP-MA 56 - Agence de l'eau Loire-Bretagne - Fédération Nationale de la Pêche en France.

- Changeux, T., Guillouet, J., Boisneau, N., Stolzenberg, N., et Goulon, C. 2020. La pêche fluviale en France. In Les Poissons d'eau Douce de France, édité par P.e. Keith, N.e. Poulet, G.e. Denys, T.e. Changeux, E.e. Feunteun, et H.e. Persat, Biotope, Inventaires et Biodiversité, pp. 212–227.
- Chanseau, M., Castelnaud, G., Carry, L., Martin Vandembulcke, D., et 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 Francais De La Peche Et De La Pisciculture **374** : 1–19.
- Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., et Niknafs, A. 2014. NbClust : An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. Journal of Statistical Software **61** : 1–36. doi :[10.18637/jss.v061.i06](https://doi.org/10.18637/jss.v061.i06).
- Çiçek, E., Sungur, S., Fricke, R., et Seçer, B. 2023. Freshwater lampreys and fishes of Türkiye; an annotated checklist, 2023. Turkish Journal of Zoology **47**(6) : 324–468. doi :[10.55730/1300-0179.3147](https://doi.org/10.55730/1300-0179.3147).
- Ciuffardi, L., Dell'Omodarme, E., Vassale, S., et Mori, M. 2006. Risultati preliminari relativi al monitoraggio delle popolazioni di Petromizontidi in Provincia della Spezia. Journal of Freshwater Biology **34**(151-158).
- Clave, D. et Verdeyroux, P. 2015. La Grande alose dans le bassin Gironde-Garonne-Dordogne. Raisons du déclin et actions à mettre en œuvre pour la conservation. Rapport technique LIFE09 NAT/DE/000008, Programme LIFE+ Grande Alose - Epidor.
- Clavero, M., Adrados, B., Calzada, J., et Jacome-Flores, M. 2014. On the presence of *Petromyzon marinus* in Oued Moulouya (Morocco). Cybium **38**(4) : 307–308.
- Clemens, B.J., van de Wetering, S., Kaufman, J., Holt, R.A., et Schreck, C.B. 2009. Do summer temperatures trigger spring maturation in Pacific lamprey, *Entosphenus tridentatus*? Ecology of Freshwater Fish **18**(3) : 418–426. doi :[10.1111/j.1600-0633.2009.00358.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2009.00358.x).
- Clemens, B.J., Arakawa, H., Baker, C., Coghlan, S., Kucheryavyy, A., Lampman, R., Lança, M.J., Mateus, C.S., Miller, A., Nazari, H., Pequeño, G., Sutton, T.M., et Yanai, S. 2020. Management of anadromous lampreys : Common threats, different approaches. Journal of Great Lakes Research doi :[10.1016/j.jglr.2020.09.005](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.09.005).
- Clemens, B.J., Weitkamp, L., Siwicke, K., Wade, J., Harris, J., Hess, J., Porter, L., Parker, K., Sutton, T., et Orlov, A.M. 2019. Marine biology of the Pacific lamprey *Entosphenus tridentatus*. Reviews in Fish Biology and Fisheries **29**(4) : 767–788. doi :[10.1007/s11160-019-09578-8](https://doi.org/10.1007/s11160-019-09578-8).
- Cohen, R.R.H., Dresler, P.V., Phillips, E.J.P., et Cory, R.L. 1984. The effect of the Asiatic clam, *Corbicula fluminea*, on phytoplankton of the Potomac River, Maryland. Limnology and Oceanography **29**(1) : 170–180. doi :[10.4319/lo.1984.29.1.0170](https://doi.org/10.4319/lo.1984.29.1.0170).
- Connecticut River Atlantic Salmon Commission 2018. Connecticut river anadromous sea lamprey management plan. Rapport technique, CRASC, Sunderland, Massachusetts.



- Constant, M., Ludwig, W., Kerhervé, P., Sola, J., Charrière, B., Sanchez-Vidal, A., Canals, M., et Heussner, S. 2020. Microplastic fluxes in a large and a small Mediterranean river catchments : The Têt and the Rhône, Northwestern Mediterranean Sea. *Science of The Total Environment* **716** : 136984. doi :[10.1016/j.scitotenv.2020.136984](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136984).
- Coscia, I., Rountree, V., King, J.J., Roche, W.K., et Mariani, S. 2010. A highly permeable species boundary between two anadromous fishes. *Journal of Fish Biology* **77**(5) : 1137–1149.
- Costa, M.J., Almeida, P.R., Domingos, I.M., Costa, J.L., Correia, M.J., Chaves, M.L., et Teixeira, C.M. 2001. Present status of the main shads' populations in Portugal. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **2001**(362-363) : 1109–1116. doi :[10.1051/kmae:2001040](https://doi.org/10.1051/kmae:2001040).
- Daupagne, L., Dhamelin-court, M., Michaud, A., Rives, J., Sebihi, S., et Tentelier, C. 2022. Realistic variations in substrate composition affect spawning preference and egg retention in river lamprey (*Lampetra fluviatilis*). *Journal of Fish Biology* p. jfb.15164. doi :[10.1111/jfb.15164](https://doi.org/10.1111/jfb.15164).
- Dawson, H.A., Quintella, B.R., Almeida, P.R., Treble, A.J., et Jolley, J.C. 2015. The ecology of larval and metamorphosing lampreys. In *Lampreys : Biology, Conservation and Control : Volume 1*, édité par M.F. Docker, Springer Netherlands, Dordrecht, Fish & Fisheries Series, pp. 75–137. doi :[10.1007/978-94-017-9306-3\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9306-3_3).
- de Carvalho, A.R., Garcia, F., Riem-Galliano, L., Tudesque, L., Albignac, M., ter Halle, A., et Cucherousset, J. 2021. Urbanization and hydrological conditions drive the spatial and temporal variability of microplastic pollution in the Garonne River. *Science of The Total Environment* **769** : 144479. doi :[10.1016/j.scitotenv.2020.144479](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144479).
- De Groot, S.J. 1990. The former allis and twaite shad fisheries of the lower Rhine, The Netherlands. *Journal of Applied Ichthyology* **6**(4) : 252–256. doi :[10.1111/j.1439-0426.1990.tb00587.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.1990.tb00587.x).
- De Groot, S.J. 2002. A review of the past and present status of anadromous fish species in the Netherlands : Is restocking the Rhine feasible? *Hydrobiologia* **478**(478) : 205–218.
- Dendievel, A.M., Mourier, B., Coynel, A., Evrard, O., Labadie, P., Ayrault, S., Debret, M., Koltalo, F., Copard, Y., Faivre, Q., Gardes, T., Vauclin, S., Budzinski, H., Grosbois, C., Winiarski, T., et Desmet, M. 2020. Spatio-temporal assessment of the polychlorinated biphenyl (PCB) sediment contamination in four major French river corridors (1945–2018). *Earth System Science Data* **12**(2) : 1153–1170. doi :[10.5194/essd-12-1153-2020](https://doi.org/10.5194/essd-12-1153-2020).
- Dhamelin-court, M., Rives, J., Pons, M., Larrañaga, A., Tentelier, C., et Elosegi, A. 2022. Sea lamprey nests promote the diversity of benthic macroinvertebrate assemblages. *PLOS ONE* **17**(12) : e0274719. doi :[10.1371/journal.pone.0274719](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274719).
- Dhivert, E., Grosbois, C., Courtin-Nomade, A., Bourrain, X., et Desmet, M. 2016. Dynamics of metallic contaminants at a basin scale — Spatial and temporal reconstruction from four sediment cores (Loire fluvial system, France). *Science of The Total Environment* **541** : 1504–1515. doi :[10.1016/j.scitotenv.2015.09.146](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.146).

- Doadrio, I. 2002. Atlas y libro rojo de los peces continentales de España. Ministerio de Medio Ambiente - CSIC p. 374.
- Doherty, D., Maoiléidigh, N., et Mccarthy, T. 2004. The biology, ecology and future conservation of twaite shad (*Alosa fallax* Lacépède), allis shad (*Alosa alosa* L.) and Killarney shad (*Alosa fallax killarnensis* Tate Regan) in Ireland. Biology and Environment-proceedings of The Royal Irish Academy - BIOLOGY ENVIRONMENT **104** : 93–102. doi :[10.3318/BIOE.2004.104.3.93](https://doi.org/10.3318/BIOE.2004.104.3.93).
- Dorenbosch, M., van Kessel, N., et Bonhof, G. 2019. Fish sampling campaign in the Rhine - North Rhine Westphalia. Seine net fishing and eDNA as a possible survey tool. Bureau Waardenburg, Ecologie & Landschap **19** : 37.
- Dorgham, M.M. 2014. Effects of eutrophication. In Eutrophication : Causes, Consequences and Control : Volume 2, édité par A.A. Ansari et S.S. Gill, Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 29–44. doi :[10.1007/978-94-007-7814-6\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-007-7814-6_3).
- Drevnick, P.E., Horgan, M.J., Oris, J.T., et Kynard, B.E. 2006. Ontogenetic dynamics of mercury accumulation in Northwest Atlantic sea lamprey (*Petromyzon marinus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **63**(5) : 1058–1066. doi :[10.1139/f06-012](https://doi.org/10.1139/f06-012).
- Dris, R. 2016. First Assessment of Sources and Fate of Macro and Micro Plastics in Urban Hydrosystems : Case of Paris Megacity. thèse de doctorat (Ph.D.), Université Paris-Est.
- Drouineau, H., Vanacker, M., Diaz, E., Mateo, M., Korta, M., Antunes, C., Delgado, C., Domingos, I., Zamora, L., Beaulaton, L., Lambert, P., et Briand, C. 2021. Incorporating stakeholder knowledge into a complex stock assessment model : The case of eel recruitment. Water **13**(9) : 1136. doi :[10.3390/w13091136](https://doi.org/10.3390/w13091136).
- Durrieu, G., Maury-Brachet, R., Girardin, M., Rochard, E., et Boudou, A. 2005. Contamination by heavy metals (Cd, Zn, Cu, and Hg) of eight fish species in the Gironde estuary (France). Estuaries and Coasts **28** : 581–591. doi :[10.1007/BF02696069](https://doi.org/10.1007/BF02696069).
- Elie, P., Taverny, C., Mennesson-Boineau, C., et Sabatié, M.R. 2000. L'exploitation halieutique. In Les Aloses (*Alosa Alosa* et *Alosa Fallax* Spp.) : Écobiologie et Variabilité Des Populations, Cemagref Editions, Antony, INRA, pp. 199–226.
- Elliott, S., Deleys, N., Rivot, E., Acou, A., Réveillac, E., et Beaulaton, L. 2021. Shedding light on the river and sea lamprey in western European marine waters. Endangered Species Research **44** : 409–419. doi :[10.3354/esr01113](https://doi.org/10.3354/esr01113).
- Elliott, S.A.M., Acou, A., Beaulaton, L., Guitton, J., Réveillac, E., et Rivot, E. 2023. Modelling the distribution of rare and data-poor diadromous fish at sea for protected area management. Progress in Oceanography **210** : 102924. doi :[10.1016/j.pocean.2022.102924](https://doi.org/10.1016/j.pocean.2022.102924).
- Ferrand, E., Eyrolle, F., Radakovitch, O., Provansal, M., Dufour, S., Vella, C., Racasi, G., et Gurriaran, R. 2012. Historical levels of heavy metals and artificial radionuclides reconstructed from overbank sediment records in lower Rhône River (South-East France). Geochimica et Cosmochimica Acta **82** : 163–182. doi :[10.1016/j.gca.2011.11.023](https://doi.org/10.1016/j.gca.2011.11.023).

- Foley, C.J., Feiner, Z.S., Malinich, T.D., et Höök, T.O. 2018. A meta-analysis of the effects of exposure to microplastics on fish and aquatic invertebrates. *Science of The Total Environment* **631–632** : 550–559. doi :[10.1016/j.scitotenv.2018.03.046](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.046).
- Fontaine, M. 1938. La lamproie marine. Sa pêche et son importance économique. *Bulletin de la Société d’Océanographie de France* **97** : 1681–1687.
- Foulds, W.L. et Lucas, M.C. 2013. Extreme inefficiency of two conventional, technical fishways used by European river lamprey (*Lampetra fluviatilis*). *Ecological Engineering* **58** : 423–433. doi :[10.1016/j.ecoleng.2013.06.038](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.06.038).
- Freyhof, J., Bowler, D., Broghammer, T., Friedrichs-Manthey, M., Heinze, S., et Wolter, C. 2023. Rote liste und gesamtartenliste der sich im süßwasser reproduzierenden fische und neunaugen (Pisces et Cyclostomata) Deutschlands. Landwirtschaftsverlag GmbH, DE.
- Fricke, R., Bilecenoglu, M., et Sari, H.M. 2007. Annotated Checklist of Fish and Lamprey Species (Gnathostomata and Petromyzontomorphi) of Turkey, Including a Red List of Threatened and Declining Species. Staatliches Museum für Naturkunde, Stuttgart.
- García, N., Cuttelod, A., et Abdul Malak, D. 2010. The status and distribution of freshwater biodiversity in Northern Africa. Rapport technique, IUCN.
- Geeraerts, C. et Belpaire, C. 2010. The effects of contaminants in European eel : A review. *Ecotoxicology* **19**(2) : 239–266. doi :[10.1007/s10646-009-0424-0](https://doi.org/10.1007/s10646-009-0424-0).
- Gephard, S. 2023. Transplantation of prespawn adult sea Lampreys as an important restoration strategy. *North American Journal of Fisheries Management* **43**(6) : 1584–1595. doi :[10.1002/nafm.10941](https://doi.org/10.1002/nafm.10941).
- Giblin, F.J. et Massaro, E.J. 1973. Pharmacodynamics of methyl mercury in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) : Tissue uptake, distribution and excretion. *Toxicology and Applied Pharmacology* **24**(1) : 81–91. doi :[10.1016/0041-008x\(73\)90183-x](https://doi.org/10.1016/0041-008x(73)90183-x).
- Głowaciński, Z.E., Makomaska-Juchiewicz, M.W., Połczyńska-Konior, G.A.E., Głowaciński, Z.R., Połczyńska-Konior, G.W., et Makomaska-Juchiewicz, M.A.E. 2002. Czerwona lista zwierząt ginących i zagrożonych w Polsce. *Bibl. IOP PAN*, sygn. R. 19, R. 20, R. 21 .
- Grellier, P. 1996. Caractérisation de la pêcherie de lamproie marine *Petromyzon marinus marinus*, Linné (1758) en Loire-aval pour les saisons 1988 et 1989. *Archimer* .
- Greven, A.C., Merk, T., Karagöz, F., Mohr, K., Klapper, M., Jovanović, B., et Palić, D. 2016. Polycarbonate and polystyrene nanoplastic particles act as stressors to the innate immune system of fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry* **35**(12) : 3093–3100. doi :[10.1002/etc.3501](https://doi.org/10.1002/etc.3501).
- Grusson, Y., Anctil, F., Sauvage, S., et Sánchez Pérez, J.M. 2018. Coevolution of hydrological cycle components under climate change : The case of the Garonne river in France. *Water* **10**(12) : 1870. doi :[10.3390/w10121870](https://doi.org/10.3390/w10121870).

- Guillerault, N., Delmotte, S., Poulet, N., et Santoul, F. 2015. Etudes des interactions du silure glane (*Silurus glanis*) avec l'ichtyofaune métropolitaine. Rapport technique, ONEMA, EcoLab.
- Hansen, M.J., Madenjian, C.P., Slade, J.W., Steeves, T.B., Almeida, P.R., et Quintella, B.R. 2016. Population ecology of the sea lamprey (*Petromyzon marinus*) as an invasive species in the Laurentian Great Lakes and an imperiled species in Europe. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **26**(3) : 509–535. doi :[10.1007/s11160-016-9440-3](https://doi.org/10.1007/s11160-016-9440-3).
- Hare, J.A., Morrison, W.E., Nelson, M.W., Stachura, M.M., Teeters, E.J., Griffis, R.B., Alexander, M.A., Scott, J.D., Alade, L., Bell, R.J., Chute, A.S., Curti, K.L., Curtis, T.H., Kircheis, D., Kocik, J.F., Lucey, S.M., McCandless, C.T., Milke, L.M., Richardson, D.E., Robillard, E., Walsh, H.J., McManus, M.C., Marancik, K.E., et Griswold, C.A. 2016. A vulnerability assessment of fish and invertebrates to climate change on the Northeast U.S. continental shelf. *PLOS ONE* **11**(2) : e0146756. doi :[10.1371/journal.pone.0146756](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146756).
- Hasson, F. et Keeney, S. 2011. Enhancing rigour in the Delphi technique research. *Technological Forecasting and Social Change* **78**(9) : 1695–1704. doi :[10.1016/j.techfore.2011.04.005](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2011.04.005).
- HELCOM Expert Group 2019a. HELCOM Red List; Species information sheet *Alosa fallax*. Rapport technique, HELCOM.
- HELCOM Expert Group 2019b. HELCOM Red List; Species information sheet *Lampetra fluviatilis*. Rapport technique, HELCOM.
- Hesthagen, T., Wienerroither, R., Bjelland, O., Byrkjedal, I., Fiske, P., Lynghammar, A., Nedreaas, K., et Straube, N. 2021a. Fisker : Vurdering av havniøye *Petromyzon marinus* for Norge. artsdatabanken .
- Hesthagen, T., Wienerroither, R., Bjelland, O., Byrkjedal, I., Fiske, P., Lynghammar, A., Nedreaas, K., et Straube, N. 2021b. Fisker : Vurdering av maisild *Alosa alosa* for Norge. Rødlista for arter 2021. artsdatabanken .
- Hoffmann Legrand, M. 2021. Les Poissons Amphihalins de France Face Au Changement Climatique : Évolution Des Effectifs et Modification de La Phénologie Migratoire. These de doctorat, Toulouse, INPT.
- Holmes, E.E., Scheuerell, M.D., et Ward, E.J. 2021a. Applied Time Series Analysis for Fisheries and Environmental Sciences. United States federal government.
- Holmes, E.E., Ward, E.J., et Scheuerell, M.D. 2021b. Analysis of multivariate time series using the MARSS package. Version 3.11.4. NOAA Fisheries and USGS WA Cooperative Fish Wildlife Research Unit doi :[10.5281/zenodo.5781847](https://doi.org/10.5281/zenodo.5781847).
- Holub, A. et Marty, S. 2017. Suivi de la reproduction de la lamproie marine sur le bassin de l'Adour. Rapport technique, Migradour.
- Hume, J.B., Almeida, P.R., Buckley, C.M., Criger, L.A., Madenjian, C.P., Robinson, K.F., Wang, C.J., et Muir, A.M. 2021. Managing native and non-native sea lamprey (*Petromyzon marinus*) through anthropogenic change : A prospective assessment of key threats and uncertainties. *Journal of Great Lakes Research* **47** : S704–S722. doi :[10.1016/j.jglr.2020.08.015](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.08.015).

- Hundt, M., Scharbert, A., Weibel, U., Kuhn, G., Metzner, K., Jatteau, P., Pies, A., Schulz, R., et Gergs, R. 2015. First evidence of natural reproduction of the Allis shad *Alosa alosa* in the River Rhine following re-introduction measures. *Journal of Fish Biology* **87**(2) : 487–493. doi :[10.1111/jfb.12721](https://doi.org/10.1111/jfb.12721).
- Hyvärinen, E., Juslé, A., Kemppaine, E., Uddström, A., et Liukko, U.M. 2019. Suomen lajien uhanalaisuus : Punainen kirja 2019. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus.
- Ibáñez, C., Prat, N., et Canicio, A. 1996. Changes in the hydrology and sediment transport produced by large dams on the lower Ebro river and its estuary. *Regulated Rivers : Research & Management* **12**(1) : 51–62. doi :[10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199601\)12:1<51::AID-RRR376>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199601)12:1<51::AID-RRR376>3.0.CO;2-I).
- ICES 2024. Working Group on North Atlantic Salmon (WGNAS). ICES Scientific Reports **6**(36) : 415. doi :[10.17895/ices.pub.25730247](https://doi.org/10.17895/ices.pub.25730247).
- Jabeen, K., Li, B., Chen, Q., Su, L., Wu, C., Hollert, H., et Shi, H. 2018. Effects of virgin microplastics on goldfish (*Carassius auratus*). *Chemosphere* **213** : 323–332. doi :[10.1016/j.chemosphere.2018.09.031](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.09.031).
- Jang, M.H. et Lucas, M.C. 2005. Reproductive ecology of the river lamprey. *Journal of Fish Biology* **66**(2) : 499–512. doi :[10.1111/j.0022-1112.2005.00618.x](https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2005.00618.x).
- Jatteau, P., Drouineau, H., Charles, K., Carry, L., Lange, F., et Lambert, P. 2017. Thermal tolerance of allis shad (*Alosa alosa*) embryos and larvae : Modeling and potential applications. *Aquatic Living Resources* **30** : 2. doi :[10.1051/alr/2016033](https://doi.org/10.1051/alr/2016033).
- Jatteau, P. et Fraty, R. 2012. Hypoxia tolerance in allis shad juveniles (*Alosa alosa*). report, irstea.
- Jellyman, D.J., Glova, G.J., et Sykes, J.R.E. 2002. Movements and habitats of adult lamprey (*Geotria australis*) in two New Zealand waterways. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **36**(1) : 53–65. doi :[10.1080/00288330.2002.9517070](https://doi.org/10.1080/00288330.2002.9517070).
- Johnson, N.S., Buchinger, T.J., et Li, W. 2015. Reproductive ecology of lampreys. In *Lampreys : Biology, Conservation and Control : Volume 1*, édité par M.F. Docker, Springer Netherlands, Dordrecht, Fish & Fisheries Series, pp. 265–303. doi :[10.1007/978-94-017-9306-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9306-3_6).
- Jolly, M.T., Maitland, P.S., et Genner, M.J. 2011. Genetic monitoring of two decades of hybridization between allis shad (*Alosa alosa*) and twaite shad (*Alosa fallax*). *Conservation Genetics* **12**(4) : 1087–1100. doi :[10.1007/s10592-011-0211-3](https://doi.org/10.1007/s10592-011-0211-3).
- Jones, L.E. et Ellner, S.P. 2004. Evolutionary tradeoff and equilibrium in an aquatic predator-prey system. *Bulletin of Mathematical Biology* **66**(6) : 1547–1573. doi :[10.1016/j.bulm.2004.02.006](https://doi.org/10.1016/j.bulm.2004.02.006).
- Jouladeh-Roudbar, A., Ghanavi, H.R., et Doadrio, I. 2020. Ichthyofauna from Iranian freshwater : Annotated checklist, diagnosis, taxonomy, distribution and conservation assessment. *Zoological Studies* **59** : e21. doi :[10.6620/ZS.2020.59-21](https://doi.org/10.6620/ZS.2020.59-21).

- Jubb, W.M., Noble, R.A.A., Dodd, J.R., Nunn, A.D., Schirmacher, P., Lothian, A.J., Albright, A.J., Bubb, D.H., Lucas, M.C., et Bolland, J.D. 2023. Catchment-wide interactive effects of anthropogenic structures and river levels on fish spawning migrations. *Anthropocene* **43** : 100400. doi :[10.1016/j.ancene.2023.100400](https://doi.org/10.1016/j.ancene.2023.100400).
- Kålås, J., Viken, Å., Henriksen, S., et Skjelseth, S. 2010. The 2010 Norwegian Red List for Species. artsdatabanken. doi :[10.13140/RG.2.1.4678.1849](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4678.1849).
- Kao, Y.C., Adlerstein, S.A., et Rutherford, E.S. 2016. Assessment of top-Down and bottom-up controls on the collapse of alewives (*Alosa pseudoharengus*) in Lake Huron. *Ecosystems* **19**(5) : 803–831. doi :[10.1007/s10021-016-9969-y](https://doi.org/10.1007/s10021-016-9969-y).
- Keefer, M.L., Caudill, C.C., Clabough, T.S., Jepson, M.A., Johnson, E.L., Peery, C.A., Higgs, M.D., et Moser, M.L. 2013. Fishway passage bottleneck identification and prioritization : A case study of Pacific lamprey at Bonneville Dam. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **70**(10) : 1551–1565. doi :[10.1139/cjfas-2013-0164](https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0164).
- Keith, P., Persat, H., Feunteun, E., et Allardi, J. 2011. Les poissons d'eau douce de France. Inventaires & Biodiversité. Biotope.
- Keith, P., Poulet, N., Denys, G., Changeux, T., Feunteun, E., et Persat, H. 2020. Les Poissons d'eau Douce de France. Deuxième Édition, *Inventaires & Biodiversité*, volume 18. Biotope, Paris, muséum national d'histoire naturelle edition.
- Kelly, F.L. et King, J.J. 2001. A review of the ecology and distribution of three lamprey species, *Lampetra fluviatilis* (L.), *Lampetra planeri* (Bloch) and *Petromyzon marinus* (L.) : A context for conservation and biodiversity considerations in Ireland. *Biology and Environment : Proceedings of the Royal Irish Academy* **101B**(3) : 165–185.
- King, J.L., Marnell, F., Kingston, N., Rosell, R., Boylan, P., Caffrey, J., Fitzpatrick, Ú., Gargan, P., Kelly, F., O'Grady, M., Poole, R., Roche, W., et Cassidy, D. 2011. Ireland red list No. 5 : Amphibians, reptiles & freshwater fish. Rapport technique, National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Dublin, Ireland.
- Kirchhofer, A., Breitenstein, M., et Zaugg, B. 2007. Liste rouge poissons et cyclostomes – Liste rouge des espèces menacées en Suisse. Rapport technique No 0734, Office fédéral de l'environnement, Berne et Centre suisse de cartographie de la faune, Neuchâtel.
- Kondolf, G.M. et Swanson, M.L. 1993. Channel adjustments to reservoir construction and gravel extraction along Stony Creek, California. *Environmental Geology* **21**(4) : 256–269. doi :[10.1007/BF00775916](https://doi.org/10.1007/BF00775916).
- Kottelat, M. et Freyhof, J. 2007. Handbook of European Freshwater Fishes. Maurice Kottelat, kottelat, cornol and freyhof edition.
- Kranenbarg, J. et Spikmans, F. 2011. Achtergronddocument rode lijst vissen 2011 - zoetwatervissen. Rapport technique, RAVON, Nijmegen.
- Kujawa, R., Cejko, B.I., Fopp-Bayat, D., Judycka, S., Glińska-Lewczuk, K., Timofte, C.M., Nowosad, J., et Kucharczyk, D. 2019. Reproduction of endangered river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) in controlled conditions. *Animal Reproduction Science* **203** : 75–83. doi :[10.1016/j.anireprosci.2019.02.010](https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.02.010).

- Kynard, B. et Horgan, M. 2019. Long-term studies on restoration of Connecticut River anadromous sea lamprey, *Petromyzon marinus* Linnaeus 1758 : Trend in annual adult runs, abundance cycle, and nesting. *Journal of Applied Ichthyology* **35**(5) : 1154–1163. doi :[10.1111/jai.13967](https://doi.org/10.1111/jai.13967).
- Lajaunie-Salla, K., Sottolichio, A., Schmidt, S., Litrico, X., Binet, G., et Abril, G. 2018. Future intensification of summer hypoxia in the tidal Garonne River (SW France) simulated by a coupled hydro sedimentary-biogeochemical model. *Environmental Science and Pollution Research* **25**(32) : 31957–31970. doi :[10.1007/s11356-018-3035-6](https://doi.org/10.1007/s11356-018-3035-6).
- Lambert, P., Vandembulcke, D.M., Rochard, E., Bellariva, J.L., et Castelnaud, G. 2001. Âge à la migration de reproduction des géniteurs de trois cohortes de grandes aloses (*Alosa alosa*) dans le bassin versant de la Garonne (France). *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **2001**(362-363) : 973–987. doi :[10.1051/kmae :2001031](https://doi.org/10.1051/kmae :2001031).
- Lança, M.J., Machado, M., Ferreira, A.F., Carrola, J.S., Quintella, B.R., Moore, A., et Almeida, P.R. 2018. Early-warning biomarkers to assess the exposure to atrazine in sea lamprey downstream migrants. *Ecological Indicators* **95** : 1108–1117. doi :[10.1016/j.ecolind.2017.08.063](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.08.063).
- Larinier, M. et Travade, F. 1999. La dévalaison des migrateurs : problèmes et dispositifs. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **1992**(353-354) : 181–210. doi :[10.1051/kmae :1999012](https://doi.org/10.1051/kmae :1999012).
- Lasne, E., Sabatié, M.R., Jeannot, N., et Cucherousset, J. 2015. The effects of DAM removal on river colonization by sea lamprey *Petromyzon marinus*. *River Research and Applications* **31**(7) : 904–911. doi :[10.1002/rra.2789](https://doi.org/10.1002/rra.2789).
- Lassalle, G. et 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**(5) : 1072–1089. doi :[10.1111/j.1365-2486.2008.01794.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01794.x).
- Lassalle, G., Béguer, M., Beaulaton, L., et Rochard, E. 2008. Diadromous fish conservation plans need to consider global warming issues : An approach using biogeographical models. *Biological Conservation* **141**(4) : 1105–1118. doi :[10.1016/j.biocon.2008.02.010](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.02.010).
- Lassalle, G., Crouzet, P., et Rochard, E. 2009. Modelling the current distribution of European diadromous fishes : An approach integrating regional anthropogenic pressures. *Freshwater Biology* **54** : 587–606.
- Launey, S., Besnard, A.L., et Bagliniere, J.L. 2011. Caractéristiques génétiques de la population d’alose feinte (*Alosa fallax rhodanensis*) du Tavignano (Corse). Rapport technique, UMR ESE, INRA Agrocampus.
- Lazăr, N.N., Simionov, I.A., Petrea, S.M., Iticescu, C., Georgescu, P.L., Dima, F., et Antache, A. 2024. The influence of climate changes on heavy metals accumulation in *Alosa immaculata* from the Danube River Basin. *Marine Pollution Bulletin* **200** : 116145. doi :[10.1016/j.marpolbul.2024.116145](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116145).
- Le Corre, M., Baglinière, J.L., Sabatié, R., Menella, J.Y., et Pont, D. 1997. Données récentes sur les caractéristiques morphologiques et biologiques de la population d’Alose feinte du Rhône (*Alosa fallax rhodanensis* Roule, 1924).

- Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture **1997**(346) : 527–545. doi :[10.1051/kmae:1997002](https://doi.org/10.1051/kmae:1997002).
- Le Corre, M., Sabatié, R., et Baglinière, J.L. 2000. Caractérisation démographique des populations d'*Alosa fallax rhodanensis* (Roule 1924) (Clupeidae) de la Méditerranée française. *Cybium* **24**.
- Le Peru, Y., Belhamiti, N., et Charrier, F. 2020. Etude de la migration de reproduction des lamproies marines sur la Loire 2020-2021 : Synthèse du volet RFID pour la saison de migration 2020. Rapport technique, FISH PASS.
- Legakis, A. et Maragos, P. 2009. The Red Book of Endangered Animals of Greece. IUCN.
- Lenoir, S., Beaugrand, G., et Lecuyer, É. 2011. Modelled spatial distribution of marine fish and projected modifications in the North Atlantic Ocean. *Global Change Biology* **17**(1) : 115–129. doi :[10.1111/j.1365-2486.2010.02229.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02229.x).
- Limburg, K.E. et Waldman, J.R. 2009. Dramatic declines in North Atlantic diadromous fishes. *BioScience* **59**(11) : 955–965. doi :[10.1525/bio.2009.59.11.7](https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.7).
- Linley, T., Krogstad, E., Mueller, R., Gill, G., et Lasorsa, B. 2016. Mercury concentrations in Pacific lamprey (*Entosphenus tridentatus*) and sediments in the Columbia River basin. *Environmental Toxicology and Chemistry* **35**(10) : 2571–2576. doi :[10.1002/etc.3423](https://doi.org/10.1002/etc.3423).
- Liu, S., Xie, Z., Liu, B., Wang, Y., Gao, J., Zeng, Y., Xie, J., Xie, Z., Jia, B., Qin, P., Li, R., Wang, L., et Chen, S. 2020. Global river water warming due to climate change and anthropogenic heat emission. *Global and Planetary Change* **193** : 103289. doi :[10.1016/j.gloplacha.2020.103289](https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103289).
- Lobry, J., Castelnaud, G., et Pierre, M. 2016. Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde. Suivi des captures 2015. étude de la faune circulante 2015. Etude 197, Irstea, Cestas, France.
- Lochet, A., Boutry, S., et Rochard, E. 2009. Estuarine phase during seaward migration for allis shad *Alosa alosa* and twaite shad *Alosa fallax* future spawners. *Ecology of Freshwater Fish* **18** : 323–335. doi :[10.1111/j.1600-0633.2008.00350.x](https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2008.00350.x).
- Lochet, A., Maury-Brachet, R., Poirier, C., Tomás, J., Lahaye, M., Aprahamian, M., et Rochard, E. 2008. Mercury contamination and life history traits of Allis shad *Alosa alosa* (Linnaeus, 1758) and Twaite shad *Alosa fallax* (Lacépède, 1803) in the Gironde estuary (South West France). *Hydrobiologia* **602**(1) : 99–109. doi :[10.1007/s10750-008-9281-8](https://doi.org/10.1007/s10750-008-9281-8).
- Lopez, B., Ollivier, P., Togola, A., Baran, N., et Ghestem, J.P. 2015. Screening of French groundwater for regulated and emerging contaminants. *The Science of the Total Environment* **518–519** : 562–573. doi :[10.1016/j.scitotenv.2015.01.110](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.110).
- Lorgeoux, C., Moilleron, R., Gasperi, J., Ayrault, S., Bonté, P., Lefèvre, I., et Tassin, B. 2016. Temporal trends of persistent organic pollutants in dated sediment cores : Chemical fingerprinting of the anthropogenic impacts in the Seine River basin, Paris. *Science of The Total Environment* **541** : 1355–1363. doi :[10.1016/j.scitotenv.2015.09.147](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.09.147).



- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., et Ren, H. 2016. Uptake and accumulation of polystyrene microplastics in zebrafish (*Danio rerio*) and toxic effects in liver. *Environmental Science & Technology* **50**(7) : 4054–4060. doi :[10.1021/acs.est.6b00183](https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00183).
- Lucas, M.C., Bubb, D.H., Jang, M.H., Ha, K., et Masters, J.E.G. 2009. Availability of and access to critical habitats in regulated rivers : Effects of low-head barriers on threatened lampreys. *Freshwater Biology* **54**(3) : 621–634. doi :[10.1111/j.1365-2427.2008.02136.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2008.02136.x).
- Lucas, M.C., Hume, J.B., Almeida, P.R., Aronsuu, K., Habit, E., Silva, S., Wang, C.J., et Zampatti, B. 2020. Emerging conservation initiatives for lampreys : Research challenges and opportunities. *Journal of Great Lakes Research* **47**(Supplement 1). doi :[10.1016/j.jglr.2020.06.004](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.06.004).
- Lusk, S. et Hanel, L. 2004. Red list of the ichthyofauna of the Czech Republic : Development and present status. *Folia Zoologica* **53**.
- Lutz, F. 2021. Analyse de l'activité de prédation du Grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) sur les salmonidés migrateurs du bassin versant de l'Arques (76). Rapport technique, Association Seinormigr - Seine Normandie Migrateurs.
- Madenjian, C.P., Johnson, N.S., Binder, T.R., Rediske, R.R., et O'Keefe, J.P. 2013. Polychlorinated biphenyl concentrations and activity of sea Lamprey *Petromyzon marinus* vary by sex. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **65**(4) : 693–703. doi :[10.1007/s00244-013-9936-y](https://doi.org/10.1007/s00244-013-9936-y).
- Madenjian, C.P., Johnson, N.S., Siefkes, M.J., Dettmers, J.M., Blum, J.D., et Johnson, M.W. 2014. Mercury accumulation in sea lamprey (*Petromyzon marinus*) from Lake Huron. *Science of The Total Environment* **470** : 1313–1319. doi :[10.1016/j.scitotenv.2013.10.081](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.081).
- Madenjian, C.P., Unrein, J.R., et Pedro, S. 2021. Trends and biological effects of environmental contaminants in lamprey. *Journal of Great Lakes Research* **47** : S112–S128. doi :[10.1016/j.jglr.2020.08.014](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.08.014).
- Maes, J., Stevens, M., et Breine, J. 2008. Poor water quality constrains the distribution and movements of twaite shad *Alosa fallax fallax* (Lacépède, 1803) in the watershed of river Scheldt. In *Fish and Diadromy in Europe (Ecology, Management, Conservation) : Proceedings of the Symposium Held 29 March – 1 April 2005, Bordeaux, France, édité par S. Dufour, E. Prévost, E. Rochard, et P. Williot, Springer Netherlands, Dordrecht, Developments in Hydrobiology*, pp. 129–143. doi :[10.1007/978-1-4020-8548-2\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8548-2_10).
- Magath, V., Abraham, R., Helbing, U., et Thiel, R. 2016. Link between estuarine fish abundances and prey choice of the great cormorant *Phalacrocorax carbo* (Aves, Phalacrocoracidae). *Hydrobiologia* **763**(1) : 313–327. doi :[10.1007/s10750-015-2384-0](https://doi.org/10.1007/s10750-015-2384-0).
- Maitland, P.S.P. 2003. Ecology of the River, Brook and Sea Lamprey : *Lampetra Fluviatilis, Lampetra Planeri* and *Petromyzon Marinus*. English Nature.
- Maitland, P.S. 1972. A Key to the Freshwater Fishes of the British Isles : With Notes on Their Distribution and Ecology. Freshwater Biological Association.
- Maitland, P.S. et Hatton-Ellis, T. 2003. Ecology of the allis and twaite shad, *Alosa alosa* and *Alosa fallax*. *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series N° 3*. p. 28.

- Maitland, P.S. et Lyle, A.A. 2005. Ecology of allis shad *Alosa alosa* and twaite shad *Alosa fallax* in the Solway Firth, Scotland. *Hydrobiologia* **534**(1) : 205–221. doi :[10.1007/s10750-004-1571-1](https://doi.org/10.1007/s10750-004-1571-1).
- Maitland, P.S., Renaud, C.B., Quintella, B.R., Close, D.A., et Docker, M.F. 2015. Conservation of native lampreys. In *Lampreys : Biology, Conservation and Control : Volume 1*, édité par M.F. Docker, Springer Netherlands, Dordrecht, Fish & Fisheries Series, pp. 375–428. doi :[10.1007/978-94-017-9306-3\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9306-3_8).
- Makowski, D. 2019. Introduction à l'élicitation probabiliste d'expert.
- Malavoi, J.R., Garnier, C.C., Landon, N., Recking, A., et Baran, P. 2011. Eléments de connaissance pour la gestion du transport solide en rivière. Comprendre pour agir. Onema.
- Mallatt, J. et Barron, M.G. 1988. High tolerance of lampreys to Kepone® toxicity. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* **17**(1) : 73–80. doi :[10.1007/BF01055156](https://doi.org/10.1007/BF01055156).
- Mani, T., Hauk, A., Walter, U., et Burkhardt-Holm, P. 2015. Microplastics profile along the Rhine River. *Scientific Reports* **5** : 17988. doi :[10.1038/srep17988](https://doi.org/10.1038/srep17988).
- Marcos-López, M., Gale, P., Oidtmann, B.C., et Peeler, E.J. 2010. Assessing the impact of climate change on disease emergence in freshwater fish in the United Kingdom. *Transboundary and Emerging Diseases* **57**(5) : 293–304. doi :[10.1111/j.1865-1682.2010.01150.x](https://doi.org/10.1111/j.1865-1682.2010.01150.x).
- Marcy Jr., B.C. 1973. Vulnerability and survival of young Connecticut river fish entrained at a nuclear power plant. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **30**(8) : 1195–1203. doi :[10.1139/f73-190](https://doi.org/10.1139/f73-190).
- Maric, D. 1995. Endemic fish species of Montenegro. *Biological Conservation* **72**(2) : 187–194. doi :[10.1016/0006-3207\(94\)00081-Z](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00081-Z).
- Marion, L. 2021. Recensement national des grands cormorans nicheurs en France en 2021. SESLG-Université Rennes I-CNRS-MNHN .
- Marteau, P. 1993. Bilan des extractions de granulats en lits mineurs. *BRGM* **1993**(R 37872) : 14.
- Martin, T.G., Burgman, M.A., Fidler, F., Kuhnert, P.M., Low-Choy, S., McBride, M., et Mengersen, K. 2012. Eliciting expert knowledge in conservation science. *Conservation Biology : The Journal of the Society for Conservation Biology* **26**(1) : 29–38. doi :[10.1111/j.1523-1739.2011.01806.x](https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01806.x).
- Martin-Vandembulcke, D. 1999. Dynamique de Population de La Grande Alose (*Alosa Alosa*, L. 1758) Dans Le Bassin Versant Gironde-Garonne-Dordogne (France) : Analyse et Prévision Par Modélisation. Thèse de doctorat, INP-ENSAT, Toulouse.
- Marty, A. et Lesfauries, C. 2012. Suivi de la reproduction de la lamproie marine sur le bassin de l'Adour - Tranche 3/3 : Adour, affluents rive droite et Lès. Rapport technique, MIGRADOUR.
- Marty, S., Mayeras, A., et Dartau, B. 2011. Suivi de la reproduction de la lamproie marine sur le bassin de l'Adour - Tranche 2/3 : Affluents rive gauche de l'Adour. Rapport technique, MIGRADOUR.

- Massiot-Granier, F., Lassalle, G., Almeida, P.R., Aprahamian, M., Castonguay, M., Drouineau, H., García-Berthou, E., Laffaille, P., Lechêne, A., Lepage, M., Limburg, K., Lobry, J., Rochard, E., Rose, K., Rosebery, J., Rougier, T., Waldman, J., Wilson, K., et Lambert, P. 2018. A generic method to assess species exploratory potential under climate change. *Ecological Indicators* **90** : 615–623. doi :[10.1016/j.ecolind.2018.03.047](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.03.047).
- Masters, J., Jang, M.H., Ha, K., Bird, P., Frear, P., et Lucas, M. 2006. The commercial exploitation of a protected anadromous species, the river lamprey (*Lampetra fluviatilis* (L.)), in the tidal River Ouse, north-east England. *Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems* **16** : 77–92. doi :[10.1002/aqc.686](https://doi.org/10.1002/aqc.686).
- Mateus, C.S., Rodríguez-Muñoz, R., Quintella, B.R., Alves, M.J., et Almeida, P.R. 2012. Lampreys of the Iberian Peninsula : Distribution, population status and conservation. *Endangered Species Research* **16**(2) : 183–198. doi :[10.3354/esr00405](https://doi.org/10.3354/esr00405).
- Mathur, D., Heisey, P.G., et Robinson, D.A. 1994. Notes : Turbine-passage mortality of juvenile American shad at a low-head hydroelectric dam. *Transactions of the American Fisheries Society* **123**(1) : 108–111. doi :[10.1577/1548-8659\(1994\)123<0108 :NTPMOJ>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1994)123<0108 :NTPMOJ>2.3.CO;2).
- Mazel, V. et Marty, S. 2010. Suivi de la reproduction de la lamproie marine sur le bassin de l'Adour - Tranche 1/3, gaves et nives. Rapport technique, MIGRA-DOUR.
- McBride, M.F., Garnett, S.T., Szabo, J.K., Burbidge, A.H., Butchart, S.H.M., Christidis, L., Dutson, G., Ford, H.A., Loyn, R.H., Watson, D.M., et Burgman, M.A. 2012. Structured elicitation of expert judgments for threatened species assessment : A case study on a continental scale using email. *Methods in Ecology and Evolution* **3**(5) : 906–920. doi :[10.1111/j.2041-210X.2012.00221.x](https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2012.00221.x).
- McLain, A.L. 1952. Diseases and parasites of the sea lamprey, *Petromyzon marinus*, in the Lake Huron Basin. *Transactions of the American Fisheries Society* **81**(1) : 94–100. doi :[10.1577/1548-8659\(1951\)81\[94 :DAPOTS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1951)81[94 :DAPOTS]2.0.CO;2).
- McMichael, G., Rakowski, C., James, B., et Lukas, J. 2005. Estimated fall Chinook salmon survival to emergence in dewatered redds in a shallow side channel of the Columbia river. *North American Journal of Fisheries Management* **25** : 876–884. doi :[10.1577/M04-168.1](https://doi.org/10.1577/M04-168.1).
- Mehta, K. 2017. Impact of temperature on contaminants toxicity in fish fauna : A review. *Indian Journal of Science and Technology* **10**(18) : 1–6. doi :[10.17485/ijst/2017/v10i18/112663](https://doi.org/10.17485/ijst/2017/v10i18/112663).
- Menéndez, D., Álvarez, A., Acle, S., Peón, P., Ardura, A., et Garcia-Vazquez, E. 2022. Microplastics across biomes in diadromous species. Insights from the critically endangered *Anguilla anguilla*. *Environmental Pollution* **305** : 119277. doi :[10.1016/j.envpol.2022.119277](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119277).
- Mennesson-Boineau, C., Aprahamian, M.W., Sabatie, M.R., et Cassou-Leins, J. 2000. Caractéristiques des adultes. In *Les Aloses (Alosa Alosa et Alosa Fallax Spp.)*. Ecologie et Variabilité Des Populations, édité par J. Baglinières et P. Elie, Cemagref Editions / INRA Editions, Hydrobiologie at Aquaculture, pp. 33–53.

- Mercier, A. 2000. Le rôle de l'anthropisation des débits de l'Ariège dans son évolution morphologique. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest. Sud-Ouest Européen* **7**(1) : 81–88. doi :[10.3406/rgpso.2000.2731](https://doi.org/10.3406/rgpso.2000.2731).
- Merg, M.L., Dézerald, O., Kreutzenberger, K., Demski, S., Reyjol, Y., Usseglio-Polatera, P., et Belliard, J. 2020. Modeling diadromous fish loss from historical data : Identification of anthropogenic drivers and testing of mitigation scenarios. *PLOS ONE* **15**(7) : e0236575. doi :[10.1371/journal.pone.0236575](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236575).
- Miguel Ángel, F., Pou-Rovira, Q., et Aparicio, E. 2020. Unexpected recent records of twaite shad (*Alosa fallax*) in two North-eastern Iberian rivers : Recolonization or recovery of remnant populations? *Limnetica* **39**(1) : 113–120. doi :[10.23818/limn.39.08](https://doi.org/10.23818/limn.39.08).
- Moeslund, J., Nygaard, B., Ejrnæs, R., Alstrup, V., Baagøe, H., Bell, N., Bruun, L., Bygebjerg, R., Carl, H., Christensen, M., Damgaard, J., Dylmer, E., Elmeros, M., Flensted, K., Fog, K., Goldberg, I., Gønget, H., Heilmann-Clausen, J., Helsing, F., Holm, M., Holmen, M., Jørgensen, G., Jørum, P., Karsholt, O., Larsen, M., Lissner, J., Læssøe, T., Madsen, H., Martin, O., Misser, J., Møller, P., Nielsen, O., Olsen, K., Sterup, J., Schmidt, H., Søchting, U., Teilmann, J., Thomsen, P., Tolsgaard, S., Vedel-Smith, C., Vesterholt, J., Wiberg-Larsen, P., et Wind, P. 2023. Den Danske rødliste. Rapport technique, Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi.
- Morman, R.H., Cuddy, D.W., et Rugen, P.C. 1980. Factors influencing the distribution of sea lamprey (*Petromyzon marinus*) in the Great Lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37**(11) : 1811–1826. doi :[10.1139/f80-224](https://doi.org/10.1139/f80-224).
- Moser, M.L., Almeida, P.R., King, J.J., et Pereira, E. 2020. Passage and freshwater habitat requirements of anadromous lampreys : Considerations for conservation and control. *Journal of Great Lakes Research* doi :[10.1016/j.jglr.2020.07.011](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.07.011).
- Moser, M.L., Jackson, A.D., Lucas, M.C., et Mueller, R.P. 2014. Behavior and potential threats to survival of migrating lamprey ammocoetes and macrophthalmia. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* pp. 1–14. doi :[10.1007/s11160-014-9372-8](https://doi.org/10.1007/s11160-014-9372-8).
- Moser, M.L., Jackson, A.D., et Mueller, R.P. 2013. A review of downstream migration behavior in juvenile lamprey and potential sources of mortality at hydropower dams. University of Massachusetts Amherst ScholarWorks@UMass Amherst International Conference on Engineering and Ecohydrology for Fish Passage .
- Mota, M. et Antunes, C. 2011. First report on the status of Allis shad (*Alosa alosa*) in the Minho River (Northwestern Iberian Peninsula). *Journal of Applied Ichthyology* **27** : 56–59. doi :[10.1111/j.1439-0426.2011.01853.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2011.01853.x).
- Mota, M., Bio, A., Bao, M., Pascual, S., Rochard, E., et Antunes, C. 2015. New insights into biology and ecology of the Minho River Allis shad (*Alosa alosa* L.) : Contribution to the conservation of one of the last European shad populations. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **25**(2) : 395–412. doi :[10.1007/s11160-015-9383-0](https://doi.org/10.1007/s11160-015-9383-0).
- Mota, M., Rochard, E., et Antunes, C. 2016. Status of the diadromous fish of the Iberian peninsula : Past, present and trends. *Limnetica* **35**(1) : 1–18.

- Mougi, A. et Iwasa, Y. 2010. Evolution towards oscillation or stability in a predator–prey system. *Proceedings of the Royal Society B : Biological Sciences* **277**(1697) : 3163–3171. doi :[10.1098/rspb.2010.0691](https://doi.org/10.1098/rspb.2010.0691).
- Mourier, B., Desmet, M., Van Metre, P.C., Mahler, B.J., Perrodin, Y., Roux, G., Bedell, J.P., Lefèvre, I., et Babut, M. 2014. Historical records, sources, and spatial trends of PCBs along the Rhône River (France). *Science of The Total Environment* **476–477** : 568–576. doi :[10.1016/j.scitotenv.2014.01.026](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.026).
- Moursund, R., Dauble, D., et Langeslay, M. 2003. Turbine intake diversion screens : Investigating effects on Pacific lamprey. *Hydro Review*, 22(1) :40-46 **22**.
- Mrakovčić, M. 1995. Status of freshwater fish in Croatian Adriatic river systems. *Biological Conservation* **72**(2) : 179–185.
- Mrakovčić, M., Brigić, A., Buj, I., Čaleta, M., Mustafić, P., et Zanella, D. 2006. Red book of freshwater fish of Croatia. Državni zavod za zaštitu prirode .
- Mukherjee, N., Hugé, J., Sutherland, W.J., McNeill, J., Van Opstal, M., Dahdouh-Guebas, F., et Koedam, N. 2015. The Delphi technique in ecology and biological conservation : Applications and guidelines. *Methods in Ecology and Evolution* **6**(9) : 1097–1109. doi :[10.1111/2041-210X.12387](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12387).
- Murauskas, J., Orlov, A., et Siwicke, K. 2013. Relationships between the abundance of Pacific lamprey in the Columbia River and their common hosts in the marine environment. *Transactions of the American Fisheries Society* **142** : 143–155. doi :[10.1080/00028487.2012.730113](https://doi.org/10.1080/00028487.2012.730113).
- Myllynen, K., Ojutkangas, E., et Nikinmaa, M. 1997. River water with high iron concentration and low pH causes mortality of lamprey roe and newly hatched larvae. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **36**(1) : 43–48. doi :[10.1006/ee-sa.1996.1484](https://doi.org/10.1006/ee-sa.1996.1484).
- Nachón, D.J., Sánchez-Hernández, J., Vieira-Lanero, R., et Cobo, F. 2013. Feeding of twaite shad, *Alosa fallax* (Lacépède, 1803), during the upstream spawning migration in the River Ulla (NW Spain). *Marine and Freshwater Research* **64**(3) : 233–236. doi :[10.1071/MF12322](https://doi.org/10.1071/MF12322).
- Navarro, C., Janc, A., Lambert, P., Lassalle, G., et Dambrine, C. 2023. From the modeling of diadromous species' marine distributions to the characterization of their current and future marine habitats. *Frontiers in Marine Science* **10**. doi :[10.3389/fmars.2023.1241969](https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1241969).
- Nilsen, E.B., Hapke, W.B., McIlraith, B., et Markovchick, D. 2015. Reconnaissance of contaminants in larval Pacific lamprey (*Entosphenus tridentatus*) tissues and habitats in the Columbia River Basin, Oregon and Washington, USA. *Environmental Pollution* **201** : 121–130. doi :[10.1016/j.envpol.2015.03.003](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.03.003).
- Nunn, A.D., Ainsworth, R.F., Walton, S., Bean, C.W., Hatton-Ellis, T.W., Brown, A., Evans, R., Atterborne, A., Ottewell, D., et Noble, R.A. 2023. Extinction risks and threats facing the freshwater fishes of Britain. *Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Ecosystems* **33**(12) : 1460–1476. doi :[10.1002/aqc.4014](https://doi.org/10.1002/aqc.4014).
- O'Faircheallaigh, C. 2010. Public participation and environmental impact assessment : Purposes, implications, and lessons for public policy making. *Environmental Impact Assessment Review* **30**(1) : 19–27. doi :[10.1016/j.eiar.2009.05.001](https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.05.001).

- Ojutkangas, E., Aronen, K., et Laukkanen, E. 1995. Distribution and abundance of river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) ammocoetes in the regulated river Perhonjoki. *Research & Management* **10** : 239–245.
- Oliveira Ribeiro, C.A., Rouleau, C., Pelletier, É., Audet, C., et Tjälve, H. 1999. Distribution kinetics of dietary methylmercury in the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Environmental Science & Technology* **33**(6) : 902–907. doi :[10.1021/es980242n](https://doi.org/10.1021/es980242n).
- Paerl, H.W., Fulton, R.S., Moisander, P.H., et Dyble, J. 2001. Harmful freshwater algal blooms, with an emphasis on cyanobacteria. *The Scientific World Journal* **1** : 76–113. doi :[10.1100/tsw.2001.16](https://doi.org/10.1100/tsw.2001.16).
- Paumier, A. 2019. Ecological Niche of Allis Shad during Reproduction : Consequences at the Population Level in a Global Warming Context. thèse de doctorat (Ph.D.), Université de Bordeaux.
- Paumier, A., Drouineau, H., Boutry, S., Sillero, N., et Lambert, P. 2019. Assessing the relative importance of temperature, discharge, and day length on the reproduction of an anadromous fish (*Alosa alosa*). *Freshwater Biology* **65**(0) : 253–263. doi :[10.1111/fwb.13418](https://doi.org/10.1111/fwb.13418).
- Pedà, C., Caccamo, L., Fossi, M.C., Gai, F., Andaloro, F., Genovese, L., Perdichizzi, A., Romeo, T., et Maricchiolo, G. 2016. Intestinal alterations in European sea bass *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) exposed to microplastics : Preliminary results. *Environmental Pollution (Barking, Essex : 1987)* **212** : 251–256. doi :[10.1016/j.envpol.2016.01.083](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.083).
- Pedro, S., Caçador, I., Quintella, B.R., Lança, M.J., et Almeida, P.R. 2013. Trace element accumulation in anadromous sea lamprey spawners. *Ecology of Freshwater Fish* **23**(2) : 193–207. doi :[10.1111/eff.12052](https://doi.org/10.1111/eff.12052).
- Pereira, A.M., Jonsson, B., Johannsson, M., Robalo, J.I., et Almada, V.C. 2012. Icelandic lampreys (*Petromyzon marinus*) : Where do they come from? *Ichthyological Research* **59**(1) : 83–85. doi :[10.1007/s10228-011-0248-9](https://doi.org/10.1007/s10228-011-0248-9).
- Petit, K. et Michon, J. 2016. Monitoring micropollutants in French aquatic environments : Recent advances. Rapport technique n°13, eaufrance.
- Philippart, J.C. 2007. L'érosion de la biodiversité : Les poissons. Rapport sur l'état de l'environnement wallon. Rapport technique, Ministère de la Région wallonne. Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement (DGRNE).
- Philippart, J.C., Gillet, A., et Micha, J.C. 1988. Fish and their environment in large European river ecosystems. The river Meuse. *Revue Francaise des Sciences de l'Eau (France)* **7**(1) : 115–154.
- Pigneur, L.M., Falisse, E., Roland, K., Everbecq, E., Deliège, J.F., Smitz, J.S., Doninck, K.V., et Descy, J.P. 2014. Impact of invasive Asian clams, *Corbicula* spp., on a large river ecosystem. *Freshwater Biology* **59**(3) : 573–583. doi :[10.1111/fwb.12286](https://doi.org/10.1111/fwb.12286).
- Pigneur, L.M., Michaux, J., Caublot, G., Fournier, P., Marc, D., et Jacob, G. 2018. Apport de la génétique pour l'étude de la dynamique des populations de Loutre d'Europe *Lutra lutra* (Linnaeus, 1758) en France. *Naturae* **2018**(6) : 63–71.

- Pohlert, T., Hillebrand, G., et Breitung, V. 2011. Trends of persistent organic pollutants in the suspended matter of the River Rhine. *Hydrological Processes* **25**(24) : 3803–3817. doi :[10.1002/hyp.8110](https://doi.org/10.1002/hyp.8110).
- Potter, I.C. et Beamish, F.W.H. 1975. Lethal temperatures in ammocoetes of four species of lampreys. *Acta Zoologica* **56**(1) : 85–91. doi :[10.1111/j.1463-6395.1975.tb00084.x](https://doi.org/10.1111/j.1463-6395.1975.tb00084.x).
- Povz, M. 1995. Status of freshwater fishes in the Adriatic catchment of Slovenia. *Biological Conservation* **72** : 171–177. doi :[10.1016/0006-3207\(94\)00079-6](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00079-6).
- Quéro, J.C. 1984. Les poissons de mer des pêches françaises. J. Grancher.
- Rafrafi-Nouira, S., El Kamel-Moutalibi, O., Boumaïza, M., Reynaud, C., et Capapé, C. 2015. On the occurrence of sea lamprey *Petromyzon marinus* (Agnatha : Petromyzontidae) in Tunisian waters (central Mediterranean Sea). *Cahiers de Biologie Marine* **56** : 73–76. doi :[10.21411/CBM.A.42E4EC16](https://doi.org/10.21411/CBM.A.42E4EC16).
- Rakaj, N. et Flloko, A. 1995. Conservation status of freshwater fish of Albania. *Biological Conservation* **72**(2) : 195–199. doi :[10.1016/0006-3207\(94\)00082-2](https://doi.org/10.1016/0006-3207(94)00082-2).
- Rapet, E., Fauvel, T., et Tentelier, C. 2019. Estimation du stock de la lamproie marine sur la Garonne et la Dordogne. Rapport technique, Institut des Milieux Aquatiques, UMR ecobiop.
- Rasheed, R.A., Galiya, M., Almajid, Z., et Laika, H. 2023. Accumulation of cadmium and lead in the muscles of *Sardinella maderensis* and *Alosa fallax* caught from the Syrian marine waters. | Tishreen University Journal -Biological Sciences Series. *Tishreen University Journal* **45**(3).
- Renaud, C.B. et Cochran, P. 2019. Post-metamorphic feeding in Lampreys. *Lampreys : Biology, Conservation and Control* doi :[10.1007/978-94-024-1684-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-024-1684-8_3).
- Renaud, C.B., Kaiser, K.L.E., et Comba, M.E. 1995. Historical versus recent levels of organochlorine contaminants in lamprey larvae of the St. Lawrence River basin, Québec. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **52**(2) : 268–275. doi :[10.1139/f95-027](https://doi.org/10.1139/f95-027).
- Repečka, R. 2012. The recovery of twaite shad (*Alosa fallax*) population in Lithuania. In 2012 IEEE/OES Baltic International Symposium (BALTIC). pp. 1–6. doi :[10.1109/BALTIC.2012.6249174](https://doi.org/10.1109/BALTIC.2012.6249174).
- Rivot, E., Olmos, M., Chaput, G., et Prévost, E. 2019. A hierarchical life cycle model for Atlantic salmon stock assessment at the North Atlantic basin scale. ICES WGNAS Working Paper 2019/26, Agrocampus Ouest.
- Rogado, L., Alexandrino, P., P.R.Almeida, Alves, M., Bochechas, J., Cortes, R., Domingos, I., Filipe, A., Madeira, J., et Magalhães, M. 2005. Peixes. Livro vermelho dos vertebrados de Portugal. In Livro Vermelho Dos Vertebrados de Portugal, Instituto da Conservação da Natureza.
- Rondinini, C., Battistoni, A., et Teofili, C. 2022. Lista Rossa IUCN dei vertebrati italiani 2022. Rapport technique, Comitato Italiano IUCN e Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica, Roma.

- Rong, Y., Tang, Y., Ren, L., Taylor, W.D., Razlutskiy, V., Naselli-Flores, L., Liu, Z., et Zhang, X. 2021. Effects of the filter-feeding benthic bivalve *Corbicula fluminea* on plankton community and water quality in aquatic ecosystems : A mesocosm study. *Water* **13**(13) : 1827. doi :[10.3390/w13131827](https://doi.org/10.3390/w13131827).
- Rose, G. 2005. On distributional responses of North Atlantic fish to climate change. *ICES Journal of Marine Science* **62**(7) : 1360–1374. doi :[10.1016/j.icesjms.2005.05.007](https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2005.05.007).
- Rothman, S. 1968. A bacterial disease of the American shad (*Alosa sapidissima*). thèse de doctorat (Ph.D.), Oregon State University.
- Rougemont, Q., Perrier, C., Besnard, A.L., Lebel, I., Abdallah, Y., Feunteun, E., Réveillac, E., Lasne, E., Acou, A., Nachón, D.J., Cobo, F., Evanno, G., Baglinière, J.L., et Launey, S. 2022. Population genetics reveals divergent lineages and ongoing hybridization in a declining migratory fish species complex. *Heredity* **129**(2) : 137–151. doi :[10.1038/s41437-022-00547-9](https://doi.org/10.1038/s41437-022-00547-9).
- Rougier, T., Drouineau, H., Lassalle, G., Rochard, E., et Lambert, P. 2014. Past, present and future of the allis shad, *Alosa alosa*, assessed by a two steps population dynamics modelling approach.
- Rougier, T., Lambert, P., Drouineau, H., Girardin, M., Castelnaud, G., Carry, L., Aprahamian, M., Rivot, E., et 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 : Journal du Conseil* **69**(10) : 1802–1811. doi :[10.1093/icesjms/fss149](https://doi.org/10.1093/icesjms/fss149).
- Rougier, T., Lassalle, G., Drouineau, H., Dumoulin, N., Faure, T., Deffuant, G., Rochard, E., et Lambert, P. 2015. The combined use of correlative and mechanistic species distribution models benefits low conservation status species. *PLoS ONE* **10**(10) : e0139194. doi :[10.1371/journal.pone.0139194](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139194).
- Saad, A., Barakat, I., Masri, M., Sabour, W., et Capapé, C. 2021. First substantiated record of sea lamprey *Petromyzon marinus* (Agnatha : Petromyzonidae) from the Syrian coast (Eastern Mediterranean Sea). *FishTaxa* **20** : 21–24.
- Sabatié, R. et Baglinière, J.L. 2001. Quelques traits bioécologiques des aloses du Maroc; un patrimoine culturel et socio-économique récemment disparu. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **2001**(362-363) : 903–917. doi :[10.1051/kmae:2001026](https://doi.org/10.1051/kmae:2001026).
- Scharbert, A. et Clavé, D. 2011. La Réintroduction de La Grande Alose (*Alosa Alosa*) Dans Le Système Rhénan. LANUV-Fachbericht 28. S.E.
- Shavalié, M.A., Faisal, M., Moser, M.L., et Loch, T.P. 2021. Parasites and microbial infections of lamprey (order Petromyzontiformes Berg 1940) : A review of existing knowledge and recent studies. *Journal of Great Lakes Research* **47** : S90–S111. doi :[10.1016/j.jglr.2021.09.004](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.09.004).
- Silva, S., Gooderham, A., Forty, M., Morland, B., et Lucas, M.C. 2015. Egg drift and hatching success in European river lamprey *Lampetra fluviatilis* : Is egg deposition in gravel vital to spawning success ? *Aquatic Conservation : Marine and Freshwater Ecosystems* **25**(4) : 534–543. doi :[10.1002/aqc.2486](https://doi.org/10.1002/aqc.2486).



- Silva, S., Servia, M.J., VieiraLanero, R., Barca, S., et Cobo, F. 2013. Life cycle of the sea lamprey *Petromyzon marinus* : Duration of and growth in the marine life stage. *Aquatic Biology* **18**(1) : 59–62. doi :[10.3354/ab00488](https://doi.org/10.3354/ab00488).
- Sjöberg, K. 1980. Ecology of the European river lamprey (*Lampetra fluviatilis*) in Northern Sweden. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **37**(11) : 1974–1980. doi :[10.1139/f80-238](https://doi.org/10.1139/f80-238).
- Slavík, O., Horký, P., Bartos, L., Kolářová, J., et Randak, T. 2007. Diurnal and seasonal behaviour of adult and juvenile European catfish as determined by radio-telemetry in the River Berounka, Czech Republic. *Journal of Fish Biology* **71** : 101–114. doi :[10.1111/j.1095-8649.2007.01471.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2007.01471.x).
- Slocum, N. 2006. Dossier documentaire sur la méthode Delphi. In *Méthodes Participatives. Un Guide Pour l'utilisateur.*, Fondation Roi Baudouin et Vlaams Instituut voor Wetenschappelijk en Technologisch Aspectenonderzoek (viW-TA), Belgique, ORSAS Lorraine.
- Smith, A., Schreck, C., et van de Wetering, S. 2012. Effect of Atrazine on Olfactory-Mediated Behaviors on Pacific Lamprey (*Entosphenus Tridentatus*). Oregon State University.
- Smith, S.J. et Marsden, J.E. 2009. Factors affecting sea lamprey egg survival. *North American Journal of Fisheries Management* **29**(4) : 859–868. doi :[10.1577/M07-196.1](https://doi.org/10.1577/M07-196.1).
- Sotelo, G., Andree, K.B., López, M.A., Alexandrino, P., Gisbert, E., et Faria, R. 2014. The puzzling demographic history and genetic differentiation of the twaite shad (*Alosa fallax*) in the Ebro River. *Conservation Genetics* **15**(5) : 1037–1052. doi :[10.1007/s10592-014-0597-9](https://doi.org/10.1007/s10592-014-0597-9).
- Sousa, R., Araújo, M.J., et Antunes, C. 2012. Habitat modifications by sea lampreys (*Petromyzon marinus*) during the spawning season : Effects on sediments. *Journal of Applied Ichthyology* **28**(5) : 766–771. doi :[10.1111/j.1439-0426.2012.02025.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2012.02025.x).
- Steffens, W. 2011. Great cormorant *Phalacrocorax carbo* is threatening fish populations and sustainable fishing in Europe. *American Fisheries Society Symposium* **75** : 189–200.
- Steinbach, P. 2000. Situation et restauration des populations de poissons migrateurs amphihalins dans le bassin de la Loire. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **2000**(357-360) : 263–276. doi :[10.1051/kmae/2001049](https://doi.org/10.1051/kmae/2001049).
- Stratoudakis, Y., Mateus, C.S., Quintella, B.R., Antunes, C., et Raposo de Almeida, P. 2016. Exploited anadromous fish in Portugal : Suggested direction for conservation and management. *Marine Policy* **73** : 92–99. doi :[10.1016/j.marpol.2016.07.031](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2016.07.031).
- Sutherland, W.J., Fleishman, E., Mascia, M.B., Pretty, J., et Rudd, M.A. 2011. Methods for collaboratively identifying research priorities and emerging issues in science and policy. *Methods in Ecology and Evolution* **2**(3) : 238–247. doi :[10.1111/j.2041-210X.2010.00083.x](https://doi.org/10.1111/j.2041-210X.2010.00083.x).
- Syväranta, J., Cucherousset, J., Kopp, D., Martino, A., Céréghino, R., et Santoul, F. 2009. Contribution of anadromous fish to the diet of European catfish in a large river system. *Naturwissenschaften* **96**(5) : 631–635.

- Tableau, A., Drouineau, H., Delpech, C., Pierre, M., Lobry, J., Le Pape, O., Breine, J., et Lepage, M. 2013. A fish-based index of estuarine ecological quality incorporating information from both scientific fish survey and experts knowledge. *Ecological Indicators* **32** : 147–156. doi :[10.1016/j.ecolind.2013.03.030](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.03.030).
- Taillebois, L., Sabatino, S., Manicki, A., Daverat, F., Nachón, D.J., et Lepais, O. 2019. Variable outcomes of hybridization between declining *Alosa alosa* and *Alosa fallax*. *Evolutionary Applications* **13**(4) : 636–651. doi :[10.1111/eva.12889](https://doi.org/10.1111/eva.12889).
- Taverny, C. 1991. Contribution à La Connaissance de La Dynamique Des Populations d'aloses (*Alosa Alosa* et *Alosa Fallax*) Dans Le Système Fluvio-Estuarien de La Gironde : Pêche, Biologie et Écologie - Etude Particulière de La Dévalaison et de l'impact Des Activités Humaines. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux I.
- Taverny, C., Belaud, A., Elie, P., et Sabatie, M.R. 2000a. Influence des activités humaines. In *Les Aloses (Alosa Alosa et Alosa Fallax Spp.) : Écobiologie et Variabilité Des Populations*, Cemagref Editions / INRA Editions, Antony, Hydrobiologie at Aquaculture, pp. 227–248.
- Taverny, C., Cassou-Leins, J., Cassou-Leins, F., et Elie, P. 2000b. De l'oeuf à l'adulte en mer. In *Les Aloses (Alosa Alosa et Alosa Fallax Spp.)*. Ecobiologie et Variabilité Des Populations, Cemagref Editions / INRA Editions, Antony, Hydrobiologie at Aquaculture, pp. 93–124.
- Taverny, C. et Elie, P. 2001a. Régime alimentaire de la grande alose *Alosa alosa* (Linné, 1766) et de l'alse feinte *Alosa fallax* (Lacépède, 1803) dans le golfe de Gascogne. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **2001**(362-363) : 837–852. doi :[10.1051/kmae :2001022](https://doi.org/10.1051/kmae :2001022).
- Taverny, C. et Elie, P. 2001b. Répartition spatio-temporelle de la grande alose *Alosa alosa* (Linné, 1766) et de l'alse feinte *Alosa fallax* (Lacépède, 1803) dans le golfe de Gascogne. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* **362/363** : 803–821.
- Taverny, C. et Elie, P. 1989. The Shads of Estuary System Gironde-Garonne-Dordogne : Mortality Related to Industry and Fishery of Juvenils of *Alosa Alosa* and *Alosa Fallax* for 1985 to 1988. IRSTEA.
- Taverny, C. et Elie, P. 2009. Bilan des connaissances biologiques et de l'état des habitats des lamproies migratrices dans le bassin de la Gironde : propositions d'actions prioritaires. report, irstea.
- Taverny, C. et Elie, P. 2010. Les lamproies en Europe de l'Ouest : Écophases, espèces et habitats. Editions Quae.
- Taylor, R. et Kynard, B. 1985. Mortality of juvenile american shad and blueback herring passed through a low-head kaplan hydroelectric turbine. *Transactions of the American Fisheries Society* **114** : 430–435. doi :[10.1577/1548-8659\(1985\)114\[430 :MOJASA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1985)114[430 :MOJASA]2.0.CO;2).
- Tétard, S., Feunteun, E., Bultel, E., Gadais, R., Bégout, M.L., Trancart, T., et Lasne, E. 2016. Poor oxic conditions in a large estuary reduce connectivity from marine to freshwater habitats of a diadromous fish. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* **169** : 216–226. doi :[10.1016/j.ecss.2015.12.010](https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.12.010).

- Thiel, R., Winkler, H., Böttcher, U., Dänhardt, A., Fricke, R., George, M., Kloppmann, M., Schaarschmidt, T., Ubl, C., et Vorberg, R. 2013. Rote liste und gesamtartenliste der etablierten fische und neunaugen (Elasmobranchii, Actinopterygii & Petromyzontida) der marinen gewässer Deutschlands. In Rote Liste Gefährdeter Tiere, Pflanzen Und Pilze Deutschlands, Band 2 : Meeresorganismen., *Münster (Landwirtschaftsverlag)*, volume 70 (2), Naturschutz und Biologische Vielfalt, p. 11 :76.
- Thiel, R., Riel, P., Neumann, R., Winkler, H.M., Böttcher, U., et 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* **602**(1) : 161–177. doi :[10.1007/s10750-008-9293-4](https://doi.org/10.1007/s10750-008-9293-4).
- Thiel, R., Winkler, H.M., Riel, P., Neumann, R., Gröhsler, T., Böttcher, U., Spratte, S., Hartmann, U. et al. 2009. Endangered anadromous lampreys in the southern Baltic Sea : Spatial distribution, long-term trend, population status. *Endangered Species Research* **8**(3) : 233–247.
- Thompson, A.M., Glasgow, J., Buehrens, T., et Drucker, E.G. 2011. Mortality in juvenile salmonids passed through an agricultural Hidrostral pump. *Fisheries Management and Ecology* **18**(4) : 333–338. doi :[10.1111/j.1365-2400.2011.00789.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.2011.00789.x).
- Toison, V., Tachoures, S., Tempera, F., et Merrien, C. 2023. Analyse biogéographique des risques de porter atteinte aux objectifs de conservation des espèces d'intérêt communautaire liés aux captures accidentelles par les activités de pêche professionnelle. OFB, Office Français de la Biodiversité p. 36.
- Torgersen, C.E. et Close, D.A. 2004. Influence of habitat heterogeneity on the distribution of larval Pacific lamprey (*Lampetra tridentata*) at two spatial scales. *Freshwater Biology* **49**(5) : 614–630. doi :[10.1111/j.1365-2427.2004.01215.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2004.01215.x).
- Trancart, T., Robin, E., Acou, A., Associations agréées des pêcheurs, professionnels, Boisneau, C., Carpentier, A., Charrier, F., De Oliveira, E., Dublon, J., Feunteun, E., Gharnit, E., Jugé, P., Lamoureux, J., Lepéru, Y., Lizé, A., Rault, P., Roy, R., Santoul, F., Structures associatives agréées, Structures associatives agréés de la pêche loisir, Teichert, N., et Virag, L.S. 2023. GLANISPOMI : Etude globale de la prédation des migrateurs amphihalins par les silures (*Silurus glanis*) sur le bassin de la Loire. Muséum National d'Histoire Naturelle p. 287.
- Tutman, P., Buj, I., Čaleta, M., Marčić, Z., Hamzić, A., et Adrović, A. 2020. Review of the lampreys (Petromyzontidae) in Bosnia and Herzegovina : A current status and geographic distribution. *Journal of Vertebrate Biology* **69**(1) : 1–13. doi :[10.25225/jvb.19046](https://doi.org/10.25225/jvb.19046).
- Tuunainen, P., Ikonen, E., et Auvinen, H. 1980. Lampreys and lamprey fisheries in Finland. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **37** : 1953–1959.
- Unrein, J.R., Morris, J.M., Chitwood, R.S., Lipton, J., Peers, J., van de Wetering, S., et Schreck, C.B. 2016. Pacific lamprey (*Entosphenus tridentatus*) ammocoetes exposed to contaminated Portland Harbor sediments : Method development and effects on survival, growth, and behavior. *Environmental Toxicology and Chemistry* **35**(8) : 2092–2102. doi :[10.1002/etc.3367](https://doi.org/10.1002/etc.3367).
- Vagnon, C., Bazin, S., Cattané, F., Goulon, C., Guillard, J., et Frossard, V. 2022. The opportunistic trophic behaviour of the European catfish (*Silurus glanis*) in

- a recently colonised large peri-alpine lake. *Ecology of Freshwater Fish* **31**(4) : 650–661. doi :[10.1111/eff.12659](https://doi.org/10.1111/eff.12659).
- Valadou, B. 2007. Le silure glane (*Silurus glanis*, L.) en France. Evolution de son aire de répartition et prédiction de son extension. Conseil Supérieur de la Pêche p. 99.
- van Vliet, M.T.H., Franssen, W.H.P., Yearsley, J.R., Ludwig, F., Haddeland, I., Lettenmaier, D.P., et Kabat, P. 2013. Global river discharge and water temperature under climate change. *Global Environmental Change* **23**(2) : 450–464. doi :[10.1016/j.gloenvcha.2012.11.002](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.11.002).
- Vauclin, S., Mourier, B., Dendievel, A.M., Marchand, P., Vénisseau, A., Morereau, A., Lepage, H., Eyrolle, F., et Winiarski, T. 2021. Temporal trends of legacy and novel brominated flame retardants in sediments along the Rhône River corridor in France. *Chemosphere* **271** : 129889. doi :[10.1016/j.chemosphere.2021.129889](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129889).
- Verreycken, H., Belpaire, C., Thuyne, G.V., Breine, J., Buysse, D., Coeck, J., Mouton, A., Stevens, M., den Neucker, T.V., Bruyn, L.D., et Maes, D. 2014. IUCN red list of freshwater fishes and lampreys in Flanders (north Belgium). *Fisheries Management and Ecology* **21**(2) : 122–132. doi :[10.1111/fme.12052](https://doi.org/10.1111/fme.12052).
- Verreycken, H., Coeck, J., Mouton, A., Stevens, M., Bruyn, L.D., et Maes, D. 2012. De IUCN rode lijst van de zoetwatervissen in Vlaanderen. *Bosonderzoek* .
- Vidal, A., Phuong, N.n., Métais, I., Gasperi, J., et Châtel, A. 2023. Assessment of microplastic contamination in the Loire River (France) throughout analysis of different biotic and abiotic freshwater matrices. *Environmental Pollution* **334** : 122167. doi :[10.1016/j.envpol.2023.122167](https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122167).
- Wang, C.J., Michael Hudson, J., Lassalle, G., et Whitesel, T.A. 2021. Impacts of a changing climate on native lamprey species : From physiology to ecosystem services. *Journal of Great Lakes Research* doi :[10.1016/j.jglr.2021.06.013](https://doi.org/10.1016/j.jglr.2021.06.013).
- Wang, W., Ge, J., et Yu, X. 2020. Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species : A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* **189** : 109913. doi :[10.1016/j.ecoenv.2019.109913](https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109913).
- Ward, J.H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* **58**(301) : 236–244. doi :[10.1080/01621459.1963.10500845](https://doi.org/10.1080/01621459.1963.10500845).
- Westrelin, S., Boulêtreau, S., et Santoul, F. 2022. European catfish *Silurus glanis* behaviour in response to a strong summer hypoxic event in a shallow lake. *Aquatic Ecology* **56**(4) : 1127–1142. doi :[10.1007/s10452-022-09952-y](https://doi.org/10.1007/s10452-022-09952-y).
- Wilson, F.H. 1955. Lampreys in the Lake Champlain Basin. *The American Midland Naturalist* **54**(1) : 168–172. doi :[10.2307/2422185](https://doi.org/10.2307/2422185).
- Wilson, K. et Veneranta, L. 2019. Data-limited diadromous species – review of European status. *ICES* p. 283.
- Wünnemann, H., Eskens, U., Prenger-Berninghoff, E., Ewers, C., et Lierz, M. 2018. *Lactococcus Lactis*, causative agent of an endocarditis valvularis and parietalis thromboticans in the allis shad, *Alosa alosa* (L.). *Journal of Fish Diseases* **41**(8) : 1207–1215. doi :[10.1111/jfd.12813](https://doi.org/10.1111/jfd.12813).

- Yang, Y., Zheng, J., Zhu, L., Zhang, H., et Wang, J. 2022. Influence of the Three Gorges Dam on the transport and sorting of coarse and fine sediments downstream of the dam. *Journal of Hydrology* **615** : 128654. doi :[10.1016/j.jhydrol.2022.128654](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128654).
- Zheng, B.Y. et Agresti, A. 2000. Summarizing the predictive power of a generalized linear model. *Statistics in Medicine* **19** : 1771–1781.
- Zheng, N., Wang, S., Dong, W., Hua, X., Li, Y., Song, X., Chu, Q., Hou, S., et Li, Y. 2019. The toxicological effects of mercury exposure in marine fish. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* **102**(5) : 714–720. doi :[10.1007/s00128-019-02593-2](https://doi.org/10.1007/s00128-019-02593-2).
- Zuur, A.F., Fryer, R.J., Jolliffe, I.T., Dekker, R., et Beukema, J.J. 2003a. Estimating common trends in multivariate time series using dynamic factor analysis. *Environmetrics* **14**(7) : 665–685. doi :[10.1002/env.611](https://doi.org/10.1002/env.611).
- Zuur, A., Tuck, I., et Bailey, N. 2003b. Dynamic factor analysis to estimate common trends in fisheries time series. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **60**(5) : 542–552. doi :[10.1139/f03-030](https://doi.org/10.1139/f03-030).

## VI. Annexes

### VI.1. Questionnaire adressé aux experts

L'intérêt de l'élicitation est de traiter des questions à multiples facettes, notamment lorsque les informations disponibles sont limitées ou contradictoires (Martin *et al.*, 2012; McBride *et al.*, 2012; Mukherjee *et al.*, 2015; O'Faircheallaigh, 2010) et/ou pour combiner différents points de vue (Mukherjee *et al.*, 2015; Sutherland *et al.*, 2011). Les objectifs de l'élicitation sont, grâce à l'expérience des participants, d'avoir l'avis d'experts scientifiques.

Ici, l'objectif est d'avoir votre avis sur les facteurs connus et supposés ayant un impact négatif sur les variations de populations d'aloses et de lamproies et ayant conduit au mauvais état actuel de ces populations dans une grande partie du territoire français.

Vos réponses seront fonction des connaissances et informations dont vous disposez : articles scientifiques, comptes-rendus, rapports techniques, etc. mais peuvent aussi provenir d'hypothèses qui ont pu être proposées par la communauté scientifique, les acteurs de terrain ou les producteurs de données, concernant notamment des facteurs pour lesquels les données sont insuffisantes (et dans ce cas de figure, la confiance est faible, voir ci-après).

#### VI.1.1. Note et explication de la méthode de réponse

##### *Nota bene*

D'une manière générale, le nom générique « aloses » sera utilisé pour les espèces du genre *Alosa* (*Alosa* spp.) englobant donc la grande alose (*Alosa alosa*) et les aloses feintes (*Alosa fallax* et *Alosa agone*). Idem pour le terme « lamproies » qui regroupe la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) et la lamproie fluviatile (*Lampetra fluviatilis*). Si toutefois la distinction entre espèces vous apparaît particulièrement importante pour l'une des propositions, vous pouvez le préciser dans votre réponse.

##### *Réponse et méthode de notation*

Dans le questionnaire, plusieurs types de pressions et de facteurs d'impact sont listés. Pour chacun, nous souhaiterions avoir votre avis quant à l'importance de ce paramètre dans le déclin des populations françaises d'aloses et de lamproies.

Pour cela, nous vous proposons de donner un score correspondant au poids estimé du paramètre en question dans le déclin des populations; plus le score est élevé, plus le paramètre a une importance forte dans ce déclin. Aussi, en fonction de la certitude

(ou de l'incertitude) dont vous faites preuve sur chaque proposition, nous vous proposons de fournir un intervalle de score, plus ou moins large en fonction de la confiance accordée.

Le score demandé est compris entre 0 et 10. Pour chacun des points, vous avez la possibilité d'apporter un commentaire libre non obligatoire (précision sur une espèce, références, etc.).

Exemple 1 : vous estimez que le paramètre n°1 a un impact très fort sur le déclin des populations et que cet impact est certain (car il existe des études à l'échelle locale, régionale, nationale voire internationale, ayant démontré l'impact réel de ce paramètre dans le déclin des populations d'aloses ou de lamproies), alors votre incertitude est faible et vous pouvez donner un intervalle restreint. Vous pourrez alors donner des réponses comme : Min 8 et Max 9 par exemple, ce qui signifie que vous estimez que ce paramètre a un impact très important et que l'incertitude sur le rôle de ce paramètre est faible.

Exemple 2 : vous pensez que le paramètre n°2 est une cause probable de déclin mais les données actuelles sont encore assez peu nombreuses et il apparaît difficile de se positionner de manière certaine. Vous pourrez alors donner une réponse du type : Min 4 et Max 6 ou Min 2 et Max 7 en fonction de votre incertitude liée à vos connaissances relatives, vos observations, votre expérience de terrain ou vos échanges avec les parties prenantes.

Exemple 3 : vous pensez que le paramètre n°3 est une cause à écarter, soit parce qu'il existe des preuves scientifiques sur l'innocuité de ce paramètre sur les aloses et les lamproies, dans ce cas vous pourrez donner un intervalle Min 0 et Max 2 par exemple, soit vous pensez que le potentiel nuisible de ce paramètre est relativement faible mais qu'il n'existe que peu de données et dans ce cas vous donner une réponse plus large du type Min 0 et Max 5.

Exemple 4 : vous n'avez aucune idée sur l'impact du paramètre 4, dans ce cas inscrivez Min 0 et Max 10.

## VI.1.2. Questionnaire

Le questionnaire est divisé en deux parties quasi identiques (point 12 différent pour les aloses), la première étant pour les aloses, la seconde pour les lamproies; vous êtes invités à répondre aux deux parties. Les propositions sont volontairement assez larges et regroupent plusieurs facteurs différents mais dont l'impact final sur les individus est jugé comparable. Ces catégories pourront faire l'objet de précisions dans un second temps après échange avec les experts, notamment si l'un des facteurs d'une catégorie est jugé comme prépondérant dans cette dernière (ou au contraire négligeable). Ces précisions permettront ainsi aux lecteurs de mieux comprendre les enjeux au sein de chaque catégorie. Pour chacune des propositions suivantes, veuillez donner un Min et un Max permettant de donner un intervalle de score correspondant à l'import-

tance de ce paramètre dans la variation des populations françaises d'aloses et de lamproies en France.

### *ALOSES*

1. Réduction ou perte d'habitats liées à la présence d'obstacles physiques ou chimiques ou à la destruction des habitats (assèchement par ex.).
2. Altération et modifications physiques des habitats (aménagement, envasement, perturbations hydrologiques, changement climatique, etc.)
3. Mortalités par pêche ciblée
4. Mortalités par pêche non ciblée (prises accessoires) en mer et en eau douce.
5. Pêche illégale
6. Mortalité directe par entrainement mécanique par les systèmes industriels (station de pompage des centrales nucléaires, hydro-électricité, agricultures et autres industries).
7. Impact négatif dû à la raréfaction de la ressource trophique.
8. Pollutions chimiques des masses d'eau (ponctuelles ou diffuses) dues aux activités agricoles, aux rejets domestiques et industriels entraînant l'éco-toxicité du milieu.
9. Pollutions organiques des masses d'eau (ponctuelles ou diffuses) dues aux activités agricoles, aux rejets domestiques et industriels entraînant, entre autres, l'eutrophisation du milieu.
10. Augmentation de la pression de prédation, notamment par les espèces exotiques.
11. Maladies (virus, bactéries, parasites).
12. Perte de la structure génétique due à l'augmentation de l'hybridation entre espèces (A. alosa et A. fallax par exemple)
13. Autre(s) : [si vous estimez qu'il manque une ou plusieurs propositions importantes, vous pouvez l'indiquer ici et lui affilier un score.]

### *LAMPROIES*

1. Réduction ou perte d'habitats liées à la présence d'obstacles physiques ou chimiques ou à la destruction des habitats (assèchement par ex.).
2. Altération et modifications physiques des habitats (aménagement, envasement, perturbations hydrologiques, changement climatique, etc.)
3. Mortalités par pêche ciblée
4. Mortalités par pêche non ciblée (prises accessoires) en mer et en eau douce.
5. Pêche illégale.
6. Mortalité directe par entrainement mécanique par les systèmes industriels (station de pompage des centrales nucléaires, hydro-électricité, agricultures et autres industries).



7. Impact négatif dû à la raréfaction de la ressource trophique.
8. Pollutions chimiques des masses d'eau (ponctuelles ou diffuses) dues aux activités agricoles, aux rejets domestiques et industriels entraînant l'éco-toxicité du milieu.
9. Pollutions organiques des masses d'eau (ponctuelles ou diffuses) dues aux activités agricoles, aux rejets domestiques et industriels entraînant, entre autres, l'eutrophisation du milieu.
10. Augmentation de la pression de prédation, notamment par les espèces exotiques.
11. Maladies (virus, bactéries, parasites).
12. Autre(s) : [si vous estimez qu'il manque une ou plusieurs propositions importantes, vous pouvez l'indiquer ici et lui affilier un score.]

## VI.2. *Traitement statistique des résultats de l'élicitation d'experts*

Les résultats bruts de l'élicitation d'experts correspondent à un intervalle de réponse compris entre 1 et 10, avec une largeur pouvant aller de 1 (certitude de l'expert sur l'importance de la pression) à 10 (l'expert n'a pas d'informations sur cette pression et/ou n'est pas capable d'évaluer son importance). Ces résultats bruts sont présentés en Figure II.1. pour les aloses et en Figure II.3. pour les lamproies.

Afin de faciliter l'interprétation des réponses et avoir une représentation graphique synthétique de celles-ci, une distribution de probabilités de l'importance de chaque pression a été générée à partir des données brutes. Pour ce faire, seules les réponses informatives ont été conservées pour chaque pression (les intervalles de réponse de largeur égale à 10 n'ont pas été pris en compte). Pour les intervalles de réponse conservés, un tirage aléatoire de 10 000 valeurs parmi ceux-ci a été réalisé selon une loi uniforme. Les distributions obtenues sont indiquées en Figure II.2. pour les aloses et en Figure II.4. pour les lamproies.

## VI.3. *Séries temporelles obtenues*

**Tableau VI.1.** *Séries temporelles obtenues pour les aloses (ALA = grande alose, ALF = alose feinte ou alose feinte de Méditerranée, ALX= grande alose + alose feinte).*

Nom du jeu de données	Description	Unité	Source de la donnée
Dordogne-Tuilleries-ALA	Station de comptage de Tuilleries sur la Dordogne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

**Tableau VI.1. Suite de la page précédente**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
Garonne-Golfech-ALA	Station de comptage de Golfech sur la Garonne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Garonne-GenitEst-ALA	Estimation du nombre de géniteurs avec nombre de bulls	Nombre d'individus	<a href="#">lien/lien</a>
EstuAdour-promar-ALA	Captures d'aloses par les pêcheurs maritimes sur l'Adour	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Loireaval-IA-ALA	Indicateur d'abondance via pêcheurs professionnels fluviaux sur la Loire aval	CPUE (ind/heure de pêche)	<a href="#">lien</a>
EstuGir-suivihalieut-ALF	Captures d'alosons sur l'estuaire de la Gironde	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
EstuGir-suivihalieut-ALA	Captures d'alosons sur l'estuaire de la Gironde	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Loireamont-IA-ALA	Indicateur d'abondance via pêcheurs professionnels sur la Loire amont	CPUE (ind/heure de pêche)	<a href="#">lien</a>
EstuGir-promarflu-ALA	Suivi des captures pêcheurs professionnels marins et fluviaux sur l'estuaire de la Gironde	CPUE	<a href="#">lien</a>
Garonne-LeBazacle-ALA	Station de comptage du Bazacle sur la Garonne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Orne-May-ALA	Station de comptage de May-sur-Orne sur l'Orne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

**Tableau VI.1. Suite de la page précédente**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
Scorff-MoulinDesPrinces-ALA	Station de comptage du Moulin des Princes sur le Scorff	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a> - <a href="#">lien</a>
Vilaine-Arzal-ALA	Station de comptage d'Arzal sur la Vilaine	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Nivelle-Uxondoa-ALA	Station de comptage d'Uxondoa sur la Nivelle	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a> - <a href="#">lien</a>
Allier-Vichy-ALX	Station de comptage de Vichy sur l'Allier	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
RhoneBVcotiers-pecheligne-ALF	Pêcherie à la ligne d'aloses sur le Rhône et les fleuves côtiers méditerranéens	CPUE (aloses/h)	<a href="#">lien</a>
Loire-Decize-ALX	Station de comptage de Decize sur la Loire	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Aulne-Chateaulin-ALA	Station de comptage de Chateaulin sur l'Aulne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Adour-pro-ALA	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'Adour	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
EstuGir-pro-ALA	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'estuaire de la Gironde	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Loireaval-pro-ALA	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur la Loire aval	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

**Tableau VI.1. Suite de la page précédente**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
Loireestu-pro-ALA	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'estuaire de la Loire	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Loiremoy-pro-ALA	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur la Loire moyenne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
EstuGir-pro-ALF	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'estuaire de la Gironde	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Rhin-Iffezheim-ALA	Station de comptage d'Iffezheim sur le Rhin	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Vire-Claies-ALA	Station de comptage de Claies-de-Vire sur la Vire	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
DordogneBV-GenitEst-ALA	Estimation du nombre de géniteurs avec nombre de bulls	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
EstuVilaine-promar-ALA	Pêche professionnelle dans l'estuaire de la Vilaine	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Vienne-Chatellerault-ALX	Station de comptage de Châtellerault sur la Vienne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
LoireBV-bulls-ALA	Comptage de bulls	Nombre de bulls moyen par nuit	<a href="#">lien</a>
Dordogne-Mauzac-ALA	Station de comptage de Mauzac sur la Dordogne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
RhoneBV-bulls-ALF	Comptage de bulls	Nombre total de bulls par saison	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

**Tableau VI.1. Suite de la page précédente**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
Rhin-Gambsheim-ALA	Station de comptage de Gambsheim sur le Rhin	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Elorn-Kerhamon-ALA	Station de comptage de Kerhamon sur l'Elorn	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Creuse-Descartes-ALX	Station de comptage de Descartes sur la Creuse	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Seine-Poses-ALA	Station de comptage de Poses sur la Seine	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Sevre-MaraisPin-ALX	Station de comptage du Marais Pin sur la Sèvre Nior-taise	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Charente-Debarq-ALX	Débarquements d'aloses en criées de Charente-Maritime	Poids (kg)	<a href="#">lien</a>
Loiremoy-CPUE-alosons	Indicateur d'abondance d'alosons via pêcheurs professionnels fluviaux sur la Loire moyenne	CPUE (ind/heure de pêche)	<a href="#">lien</a>
Charente-frtmigr-ALA	Front de migration sur la Charente	Distance (km)	<a href="#">lien</a>
Charente-bulls-ALA	Comptage de bulls	Moyenne du nombre maximal de bulls par quart d'heure	<a href="#">lien</a>
Charente-Crouin-ALX	Station de comptage de Crouin sur la Charente	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
GaveOloron-Masseys-ALA	Station de comptage de Masseys sur le Gave d'Oloron	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

**Tableau VI.1. Suite de la page précédente**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
Blavet-alosons-ALA	Captures d'alosons sur le Blavet	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Adour-pro-ALF	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'Adour	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
EstuAdo-promarflu-ALA	Déclarations de vente en criée de Ciboure	Poids (kg)	<a href="#">lien</a>
EstuAdo-promarflu-ALF	Déclarations de vente en criée de Ciboure	Poids (kg)	<a href="#">lien</a>
Saison-Charritte-ALA	Station de comptage de Charritte sur le Saison	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Herauld-BladierRicard-ALF	Station de comptage de Bladier-Ricard sur l'Hérault	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
GavePau-Castetarbe-ALA	Station de comptage de Castetarbe sur le Gave de Pau	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Rhone-Sauveterre-ALF	Station de comptage de Sauveterre sur le Rhône	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>

**Tableau VI.2. Séries temporelles obtenues pour les lamproies (LPM = lamproie marine, LPF = lamproie fluviale).**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
Bresle-piege-LPF	Piège de montaison de la Bresle à Eu	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
EstuAdour-promar-LPM	Captures d'aloses par les pêcheurs maritimes sur l'Adour	Poids (kg)	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

Tableau VI.2. Suite de la page précédente

Nom du jeu de données	Description	Unité	Source de la donnée
EstuGir-promarflu-LPM	Captures par les pêcheurs professionnels marins et fluviaux sur l'estuaire de la Gironde	CPUE	<a href="#">lien</a>
Dordogne-Tuilieres-LPM	Station de comptage de Tuilières sur la Dordogne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Garonne-Golfech-LPM	Station de comptage de Golfech sur la Garonne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Garonne-LeBazacle-LPM	Station de comptage du Bazacle sur la Garonne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Orne-May-LPM	Station de comptage de May-sur-Orne sur l'Orne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Scorff-MoulinDesPrinces-LPM	Station de comptage du Moulin des Princes sur le Scorff	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a> - <a href="#">lien</a>
Scorff-nids-LPM	Comptage de nids sur le Scorff	Nombre de nids	<a href="#">lien</a> - <a href="#">lien</a>
Vilaine-Arzal-LPM	Station de comptage d'Arzal sur la Vilaine	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Allier-Vichy-LPM	Station de comptage de Vichy sur l'Allier	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Loire-Decize-LPM	Station de comptage de Decize sur l'Allier	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Loireaval-pro-LPM	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur la Loire aval	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Loireestu-pro-LPM	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'estuaire de la Loire	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

**Tableau VI.2. Suite de la page précédente**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
Adour-pro-LPM	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'Adour	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Loiremoy-pro-LPM	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur la Loire moyenne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
EstuGir-pro-LPM	Pêcheurs professionnels fluviaux (SNPE/CESMIA) sur l'estuaire de la Gironde	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Aulne-Chateaulin-LPM	Station de comptage de Chateaulin sur l'Aulne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Rhin-Iffezheim-LPM	Station de comptage d'Iffezheim sur le Rhin	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Vire-Claies-LPM	Station de comptage de Claies-de-Vire sur la Vire	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
DordogneBV-GenitEst-LPM	Nombre de géniteurs estimé par comptage de nids	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Vienne-Chatelleraut-LPM	Station de comptage de Châtelleraut sur la Vienne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
Dordogne-Mauzac-LPM	Station de comptage de Mauzac sur la Dordogne	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
RhinBV-nids-LPM	Comptage du nombre de nids	Nombre de nids moyen par cours d'eau sur le bassin versant	<a href="#">lien</a>
Rhin-Gambsheim-LPM	Station de comptage de Gambsheim sur le Rhin	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante



**Tableau VI.2. Suite de la page précédente**

<b>Nom du jeu de données</b>	<b>Description</b>	<b>Unité</b>	<b>Source de la donnée</b>
GavePau-Artix-LPM	Station de comptage d'Artix sur le Gave de Pau	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Creuse-Descartes-LPM	Station de comptage de Descartes sur la Creuse	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Seine-Poses-LPM	Station de comptage de Poses sur la Seine	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
CouesnonBV-nids-LPM	Comptage du nombre de nids	Nombre de nids moyen sur le bassin versant	<a href="#">lien</a>
Charente-Debarq-LPM	Débarquements de lamproies en criées de Charente-Maritime	Poids (kg)	<a href="#">lien</a>
Andelle-nids-LPM	Comptage du nombre de nids	Nombre de nids	<a href="#">lien</a>
IsoleBV-nids-LPM	Comptage du nombre de nids	Nombre de nids moyen sur le bassin versant	<a href="#">lien</a> - <a href="#">lien</a>
Charente-Crouin-LPM	Station de comptage de Crouin sur la Charente	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Charente-Crouin-LPF	Station de comptage de Crouin sur la Charente	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Dronne-Monfourat-LPM	Station de comptage de Monfourat sur la Dronne	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>
Risle-nids-LPF	Comptage du nombre de nids	Nombre de nids	<a href="#">lien</a>
GaveOloron-Masseys-LPM	Station de comptage de Masseys sur le Gave d'Oloron	Nombre d'individus	<a href="#">lien</a>

Suite en page suivante

Tableau VI.2. Suite de la page précédente

Nom du jeu de données	Description	Unité	Source de la donnée
BlavetBV-nids-LPM	Comptage du nombre de nids	Nombre de nids	<a href="#">lien</a>
côtiersBr-nids-LPM	Comptage du nombre de nids	Nombre de nids moyen sur le bassin versant	<a href="#">lien</a>
Saison-Charritte-LPM	Station de comptage de Charritte sur le Saison	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>
GavePau-Castetarbe-LPM	Station de comptage de Castetarbe sur le Gave de Pau	Nombre d'in-dividus	<a href="#">lien</a>

#### VI.4. Valeurs d'AICc des différents modèles pour les aloses, les lamproies, et les aloses et lamproies combinées

Trends	Sigma	AIC	AICc
1	diagonal and equal	1883	1886
2	diagonal and equal	1803	1816
3	diagonal and equal	1787	1816
4	diagonal and equal	1779	1830
5	diagonal and equal	1761	1841
6	diagonal and equal	1747	1864
7	diagonal and equal	1753	1914
8	diagonal and equal	1744	1958
9	diagonal and equal	1767	2041
10	diagonal and equal	1745	2089
1	diagonal and unequal	1889	1902
2	diagonal and unequal	1774	1803
3	diagonal and unequal	1724	1777
4	diagonal and unequal	1667	1751
5	diagonal and unequal	1674	1798

Figure VI.1. Valeurs d'AICc des différents modèles de DFA testés pour les aloses.

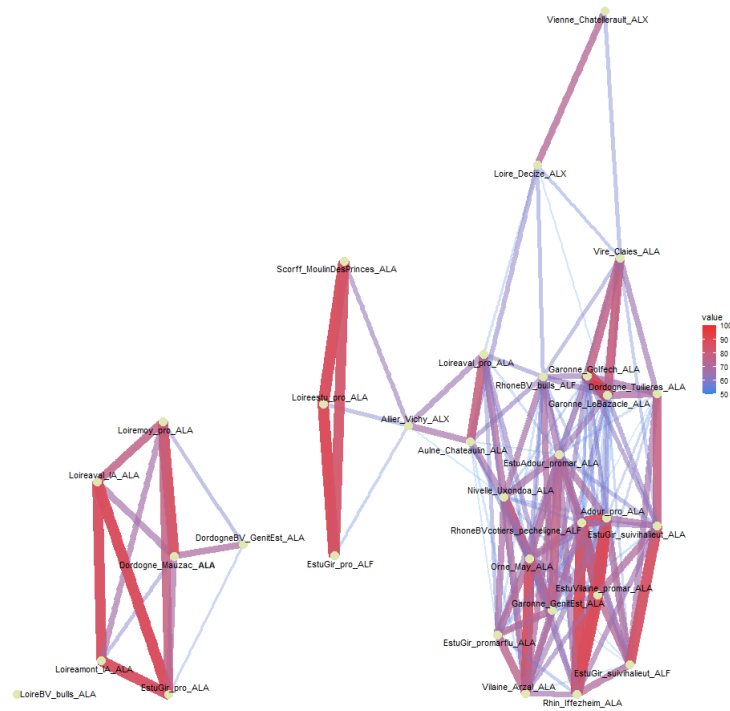
Trends	Sigma	AIC	AICc
1	diagonal and equal	1416	1418
2	diagonal and equal	1381	1390
3	diagonal and equal	1378	1398
4	diagonal and equal	1357	1392
5	diagonal and equal	1370	1423
6	diagonal and equal	1371	1448
7	diagonal and equal	1365	1469
8	diagonal and equal	1381	1514
9	diagonal and equal	1372	1539
10	diagonal and equal	1365	1568
1	diagonal and unequal	1435	1444
2	diagonal and unequal	1376	1397
3	diagonal and unequal	1367	1403
4	diagonal and unequal	1328	1385
5	diagonal and unequal	1333	1415
1	unconstrained	3652	4432

**Figure VI.2.** Valeurs d'AICc des différents modèles de DFA testés pour les lamproies.

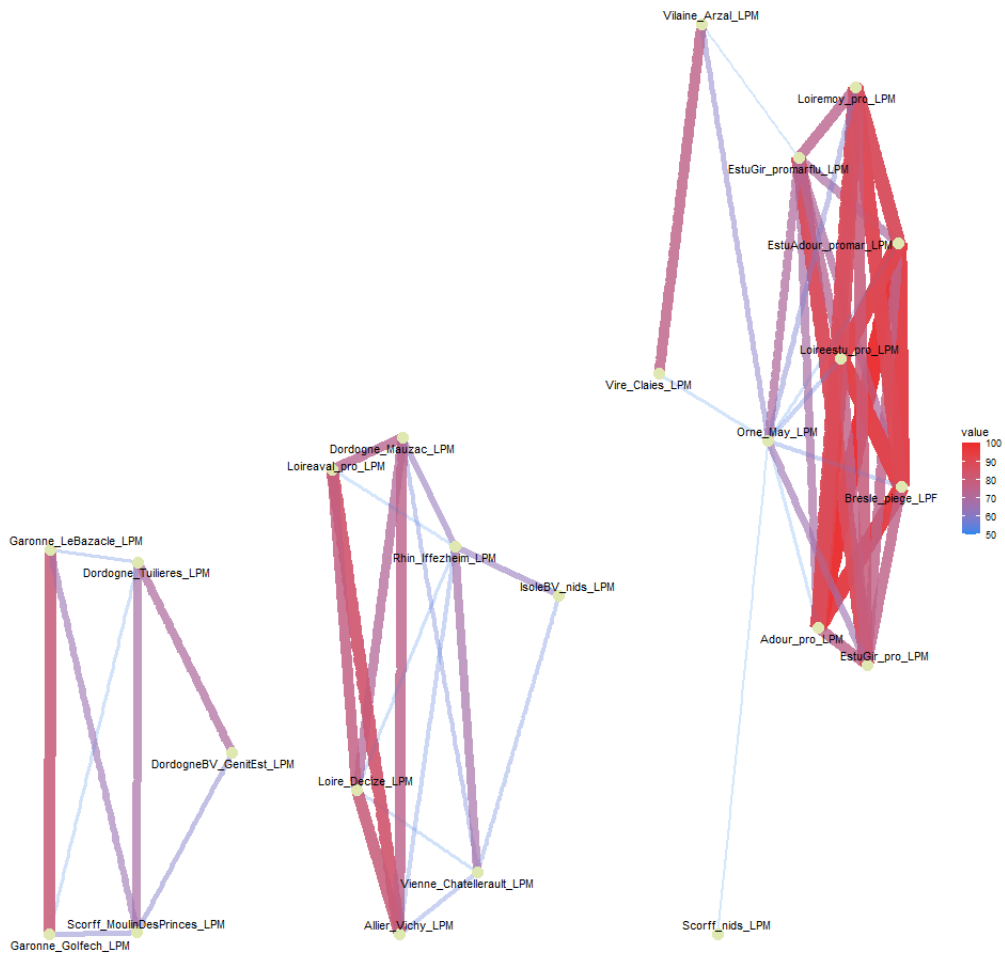
Trends	Sigma	AIC	AICc
1	diagonal and equal	3295	3300
2	diagonal and equal	3176	3197
3	diagonal and equal	3170	3219
4	diagonal and equal	3128	3218
5	diagonal and equal	3117	3261
6	diagonal and equal	3110	3325
7	diagonal and equal	3092	3393
8	diagonal and equal	3067	3475
9	diagonal and equal	3063	3599
10	diagonal and equal	3031	3719
1	diagonal and unequal	3328	3349
2	diagonal and unequal	3179	3229
3	diagonal and unequal	3098	3189
4	diagonal and unequal	3051	3199
5	diagonal and unequal	3000	3221

**Figure VI.3.** Valeurs d'AICc des différents modèles de DFA testés pour les aloses et les lamproies combinées.

## VI.5. Graphiques en réseaux



**Figure VI.4.** Graphique en réseaux du clustering basé sur les pourcentages d'affiliation au même groupe, en fonction des valeurs de Z issues de la DFA, pour les aloses. Les pourcentages d'affiliation inférieurs à 50 % ne sont pas représentés. La largeur des liens est proportionnelle à leur valeur.



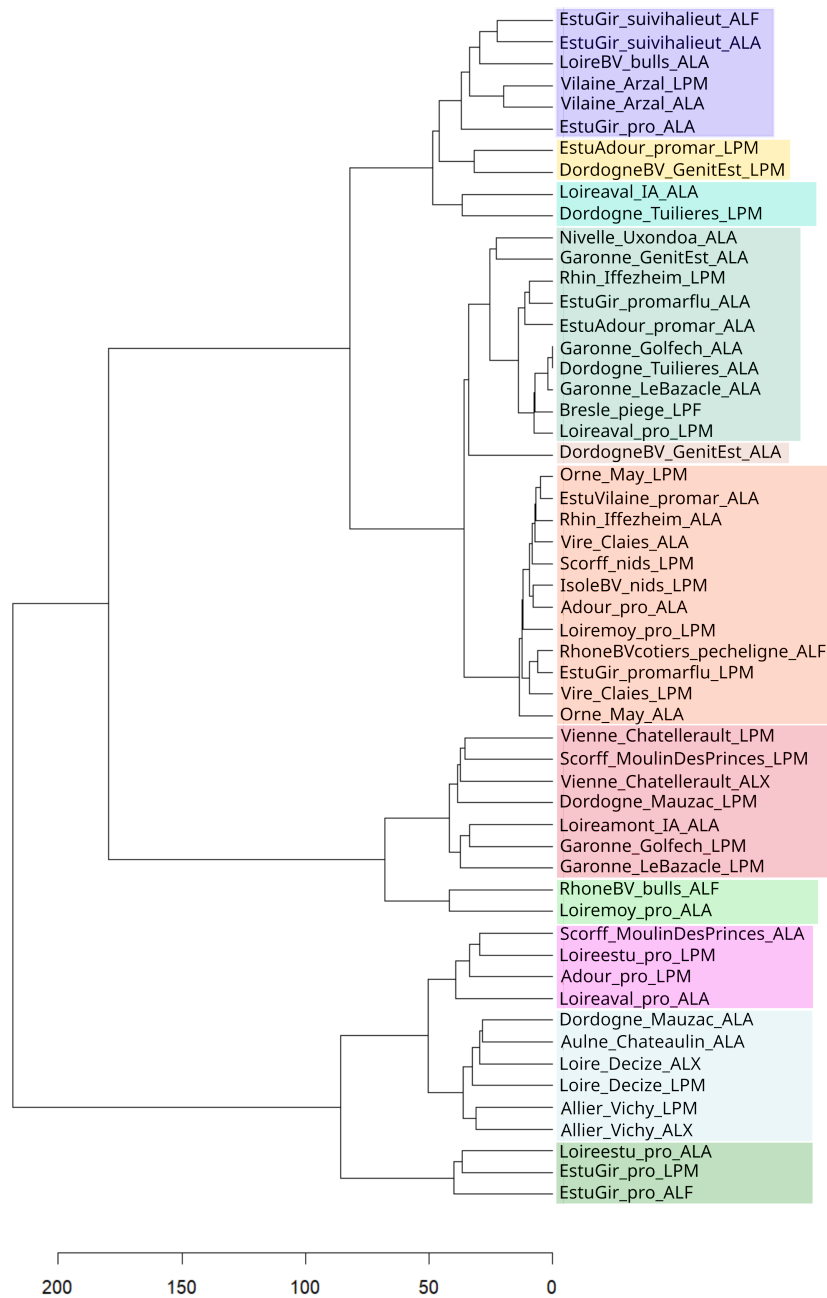
**Figure VI.5.** Graphique en réseaux du clustering basé sur les pourcentages d'affiliation au même groupe, en fonction des valeurs de Z issues de la DFA, pour les lamproies. Les pourcentages d'affiliation inférieurs à 50 % ne sont pas représentés. La largeur des liens est proportionnelle à leur valeur.

## VI.6. DFA et clustering avec les aloses et les lamproies combinées

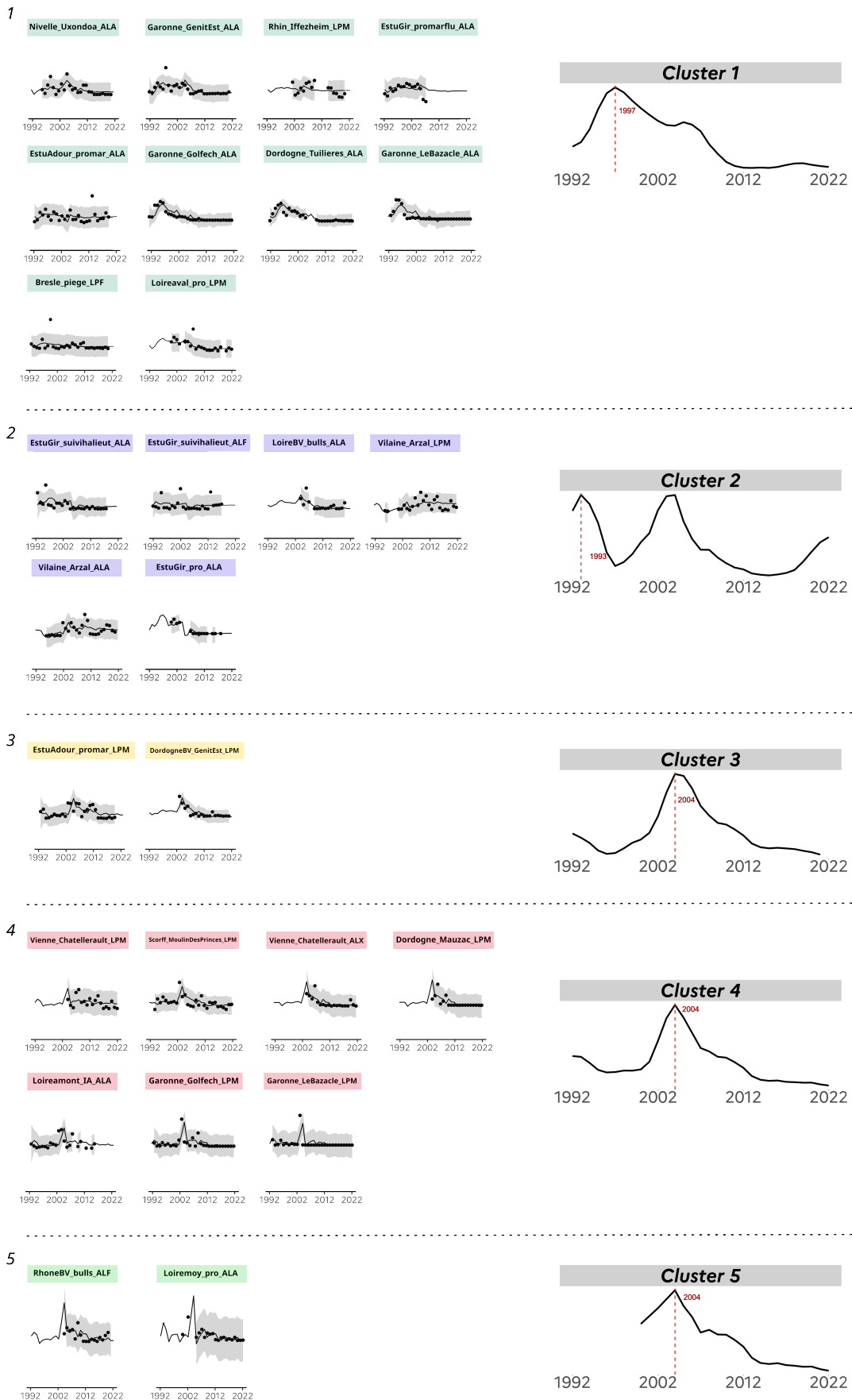
La Figure VI.6. correspond au dendrogramme réalisé à partir des résultats d'une DFA incluant les aloses et les lamproies combinées. Les Figures VI.7. et VI.8. présentent les tendances issues de ce modèle pour chaque série, regroupées en clusters de la même manière que pour les aloses et les lamproies prises indépendamment. Il est à noter que les tendances dégagées pour une série donnée ne sont pas identiques aux tendances de la série dans la précédente analyse. En effet, la DFA détermine ici les tendances sur un pool de séries différent, potentiellement plus hétérogène que lorsqu'on ne considère que les aloses ou que les lamproies. La conséquence est ici que les tendances sont moins discriminantes et sont moins enclines à créer des petits groupes très différenciés, mais plutôt des grands groupes ayant un patron général. Pour cette analyse, nous ne reviendrons pas sur les tendances fines par espèce, mais chercherons plutôt à mettre en évidence des tendances proches dans un bassin communes aux aloses et aux lamproies.

On observe qu'il est assez difficile par cette analyse de déterminer des tendances communes aux deux espèces sur un même bassin pour les sites où l'on observe une diminution des effectifs. Les pics préalablement décrits n'arrivent en général pas au même moment sur un même bassin. Sur les **clusters 4, 6 ou 10**, on remarque néanmoins que les séries temporelles du bassin Gironde-Garonne-Dordogne pour les lamproies ont tendance à être regroupées avec les séries des aloses de la Loire. Cela s'explique vraisemblablement par un pic commun pour ces séries au cours des années 2000.

Pour les séries avec des dynamiques plus stables ou bien une tendance linéaire à l'augmentation (**cluster 11**), on remarque que les séries de Bretagne et Normandie ont tendance à être regroupées pour les aloses et les lamproies. Cela indique une dynamique commune, notamment pour l'Orne, la Vire ou encore la Vilaine. Contrairement aux grands bassins, ces petits bassins versants présentent donc des dynamiques assez semblables entre aloses et lamproies.

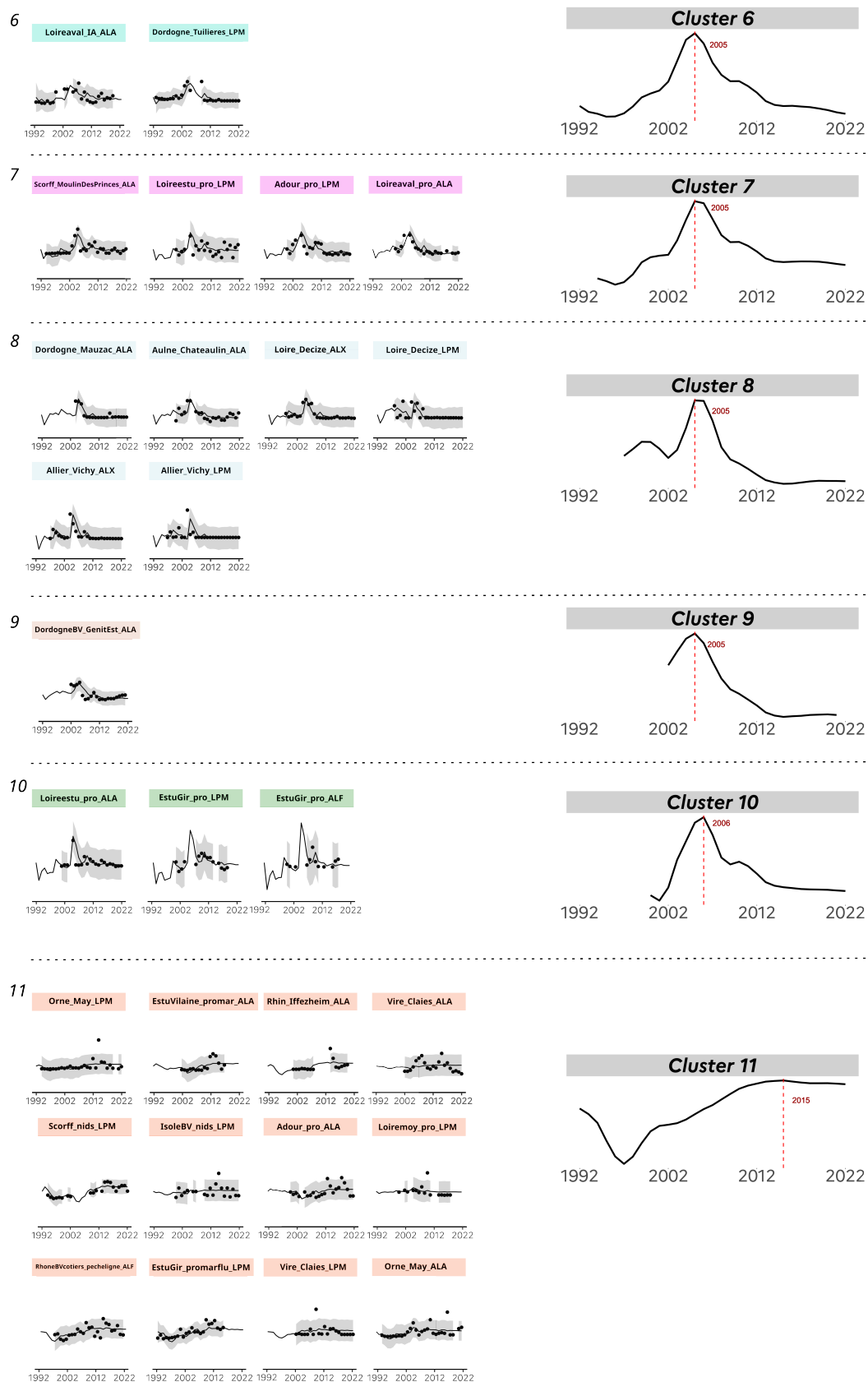


**Figure VI.6.** Dendrogramme réalisé à partir du clustering basé sur les pourcentages d'affiliation au même groupe, en fonction des valeurs de Z issues de la DFA, pour les aloses et les lamproies combinées. Les couleurs correspondent à un découpage permettant de pré-trier les séries par groupe, affiné ensuite via la visualisation des tendances issues de la DFA. Le code couleur correspond au premier découpage et est repris pour le graphique des tendances.



**Figure VI.7.** Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de  $Z$  de chaque série, pour les aloses et les lamproies combinées (clusters 1 à 5). Le code couleur correspond aux groupes du dendrogramme (même code couleur que ce dernier). Les graphiques de droite représentent les dynamiques globales des clusters, construites à partir d'une moyenne mobile pondérée calculée sur la courbe moyenne du cluster (moyenne des séries constituant le cluster). La ligne verticale rouge et l'année adjacente indiquent la valeur maximale de la série.





**Figure VI.8.** Tendances issues de la DFA reconstruites à partir des valeurs de Z de chaque série, pour les aloses et les lamproies combinées (clusters 6 à 11). Le code couleur correspond aux groupes du dendrogramme (même code couleur que ce dernier). Les graphiques de droite représentent les dynamiques globales des clusters, construites à partir d'une moyenne mobile pondérée calculée sur la courbe moyenne du cluster (moyenne des séries constituant le cluster). La ligne verticale rouge et l'année adjacente indiquent la valeur maximale de la série.

## VI.7. Références bibliographiques utilisées par pression

**Tableau VI.3.** Données sur les pressions citées dans le rapport, pour les aloses et les lamproies. Les pressions indiquées pour chaque référence sont celles pour lesquelles la référence a été discutée dans le rapport.

Référence	Espèces	Perte habitats	Prédation	Altérations habitats	Pêche ciblée	Pollutions chimiques	Pêche non ciblée	Ressource trophique	Entraînement mécanique	Maladies	Génétique	Pollutions organiques	Pêche illégale
Acolas <i>et al.</i> , 2006	aloses	X		X									
Alexandrino <i>et al.</i> , 2006	aloses										X		
Algera <i>et al.</i> , 2020	aloses								X				
Almeida <i>et al.</i> , 2018	lamproies	X			X								
Almeida <i>et al.</i> , 2023	migrateurs anadromes			X									
Almeida <i>et al.</i> , 2021	lamproies												X
Almeida et Rochard, 2015	lamproies	X											
Andersen <i>et al.</i> , 2010	lamproies					X							
Andrade <i>et al.</i> , 2007	lamproies												X
Anonyme, 2023	saumon Atlantique		X										
Antognazza <i>et al.</i> , 2023	aloses										X		
Applegate, 1950	lamproies	X											
Aprahamian <i>et al.</i> , 2003a	aloses	X											
Aprahamian <i>et al.</i> , 2010	aloses			X									
Araujo <i>et al.</i> , 2016	lamproies				X		X						X
Arevalo <i>et al.</i> , 2020	migrateurs anadromes			X									
Arevalo <i>et al.</i> , 2021	anguille d'Europe			X									
Aronsuu <i>et al.</i> , 2015	lamproies			X									
Aronsuu <i>et al.</i> , 2019	lamproies			X									
Baglinière <i>et al.</i> , 2003	aloses	X											
Bao <i>et al.</i> , 2015b	aloses									X			
Bao <i>et al.</i> , 2015a	aloses									X			
Baumann <i>et al.</i> , 2020	aloses			X									
Baumgartner <i>et al.</i> , 2009	poissons d'eau douce							X					
Beaulaton <i>et al.</i> , 2008	lamproies				X								
Beaulaton, 2008	lamproies				X								
Bocquené et Abarnou, 2013	aloses					X							

Suite en page suivante

Tableau VI.3. Suite de la page précédente

Référence	Espèces	Perte habitats	Prédation	Altérations habitats	Pêche ciblée	Pollutions chimiques	Pêche non ciblée	Ressource trophique	Entraînement mécanique	Maladies	Génétique	Pollutions organiques	Pêche illégale
Boigontier, 1987	aloses			X									
Boisneau, 2015	aloses		X										
Boisneau <i>et al.</i> , 1992	aloses										X		
Boisneau <i>et al.</i> , 2008	aloses			X									
Boulêtreau <i>et al.</i> , 2018	saumon Atlantique		X										
Boulêtreau <i>et al.</i> , 2020b	aloses		X										
Boulêtreau <i>et al.</i> , 2020a	lamproies		X										
Boussinet <i>et al.</i> , 2024	aloses			X									
Boyer-Bernard, 1991	aloses								X				
Braga <i>et al.</i> , 2020	lamproies		X										
Brown <i>et al.</i> , 2013	aloses	X											
Bryhn <i>et al.</i> , 2014	aloses								X				
Cameron MacEachen <i>et al.</i> , 2000	lamproies					X							
Cassou-Leins <i>et al.</i> , 2000	aloses			X							X		
Castro-Santos et Letcher, 2010	aloses	X											
Chanseau <i>et al.</i> , 2005	aloses	X											
Clave et Verdeyroux, 2015	aloses				X								
Clemens <i>et al.</i> , 2009	lamproies									X			
Clemens <i>et al.</i> , 2019	lamproies					X		X					
Clemens <i>et al.</i> , 2020	lamproies	X		X									
Cohen <i>et al.</i> , 1984	corbicules							X					
Connecticut River Atlantic Salmon Commission, 2018	lamproies	X											
Coscia <i>et al.</i> , 2010	aloses										X		
Costa <i>et al.</i> , 2001	aloses	X											
Daupagne <i>et al.</i> , 2022	lamproies			X									
Drevnick <i>et al.</i> , 2006	lamproies					X							
Durrieu <i>et al.</i> , 2005	aloses					X							
Elie <i>et al.</i> , 2000	aloses			X			X						
Elliott <i>et al.</i> , 2021	lamproies						X						
Foley <i>et al.</i> , 2018	espèces aquatiques					X							
Foulds et Lucas, 2013	lamproies	X											
Geeraerts et Belpaire, 2010	anguille d'Europe					X							

Suite en page suivante

Tableau VI.3. Suite de la page précédente

Référence	Espèces	Perte habitats	Prédation	Altérations habitats	Pêche ciblée	Pollutions chimiques	Pêche non ciblée	Ressource trophique	Entraînement mécanique	Maladies	Génétique	Pollutions organiques	Pêche illégale
Gephard, 2023	lamproies					X							
Grellier, 1996	lamproies						X						
Greven <i>et al.</i> , 2016	méné à grosse tête					X							
Guillerault <i>et al.</i> , 2015	aloses		X										
Hansen <i>et al.</i> , 2016	lamproies			X									
Hare <i>et al.</i> , 2016	poissons et invertébrés marins							X					
Hoffmann Legrand, 2021	migrateurs anadromes			X									
Holub et Marty, 2017	lamproies	X											
Hume <i>et al.</i> , 2021	lamproies			X									
Jabeen <i>et al.</i> , 2018	carassin doré					X							
Jatteau et Fraty, 2012	aloses	X										X	
Jatteau <i>et al.</i> , 2017	aloses			X									
Jellyman <i>et al.</i> , 2002	lamproies			X									
Jolly <i>et al.</i> , 2011	aloses										X		
Jubb <i>et al.</i> , 2023	lamproies	X		X									
Kao <i>et al.</i> , 2016	aloses							X					
Keefer <i>et al.</i> , 2013	lamproies	X											
Kottelat et Freyhof, 2007	aloses	X											
Kujawa <i>et al.</i> , 2019	lamproies												X
Kynard et Horgan, 2019	lamproies	X											
Lambert <i>et al.</i> , 2001	aloses				X								
Lança <i>et al.</i> , 2018	lamproies					X							
Larinier et Travade, 1999	lamproies								X				
Lasne <i>et al.</i> , 2015	lamproies	X											
Lassalle et Rochard, 2009	migrateurs anadromes			X									
Lassalle <i>et al.</i> , 2008	migrateurs anadromes	X		X									
Lassalle <i>et al.</i> , 2009	migrateurs anadromes	X										X	
Lazăr <i>et al.</i> , 2024	aloses					X						X	
Lenoir <i>et al.</i> , 2011	poissons marins							X					
Le Peru <i>et al.</i> , 2020	lamproies				X								

Suite en page suivante

Tableau VI.3. Suite de la page précédente

Référence	Espèces	Perte habitats	Prédation	Altérations habitats	Pêche ciblée	Pollutions chimiques	Pêche non ciblée	Ressource trophique	Entraînement mécanique	Maladies	Génétique	Pollutions organiques	Pêche illégale
Limburg et Waldman, 2009	migrateurs anadromes	X					X						
Linley <i>et al.</i> , 2016	lamproies					X							
Lochet <i>et al.</i> , 2008	aloses					X							
Lu <i>et al.</i> , 2016	poisson zèbre					X							
Lucas <i>et al.</i> , 2009	lamproies	X											
Lucas <i>et al.</i> , 2020	lamproies			X									
Lutz, 2021	saumon Atlantique		X										
Madenjian <i>et al.</i> , 2013	lamproies					X							
Madenjian <i>et al.</i> , 2014	lamproies					X							
Madenjian <i>et al.</i> , 2021	lamproies					X							
Maes <i>et al.</i> , 2008	aloses	X										X	
Magath <i>et al.</i> , 2016	poissons d'estuaire		X										
Maitland <i>et al.</i> , 2015	lamproies	X	X	X		X						X	
Maitland, 2003	lamproies	X		X		X						X	
Mallatt et Barron, 1988	lamproies					X							
Marcos-López <i>et al.</i> , 2010	poissons d'eau douce			X						X			
Marcy Jr., 1973	aloses							X					
Marion, 2021	cormoran		X										
Marteau, 1993	-			X									
Martin-Vandembulcke, 1999	aloses				X								
Massiot-Granier <i>et al.</i> , 2018	poissons marins et d'eau douce			X									
Masters <i>et al.</i> , 2006	lamproies			X									
Mateus <i>et al.</i> , 2012	lamproies	X											
Mathur <i>et al.</i> , 1994	aloses							X					
Marty et Lesfauries, 2012; Marty <i>et al.</i> , 2011; Mazel et Marty, 2010	lamproies	X											
McLain, 1952	lamproies									X			
McMichael <i>et al.</i> , 2005	lamproies			X									
Mehta, 2017	poissons					X							

Suite en page suivante

Tableau VI.3. Suite de la page précédente

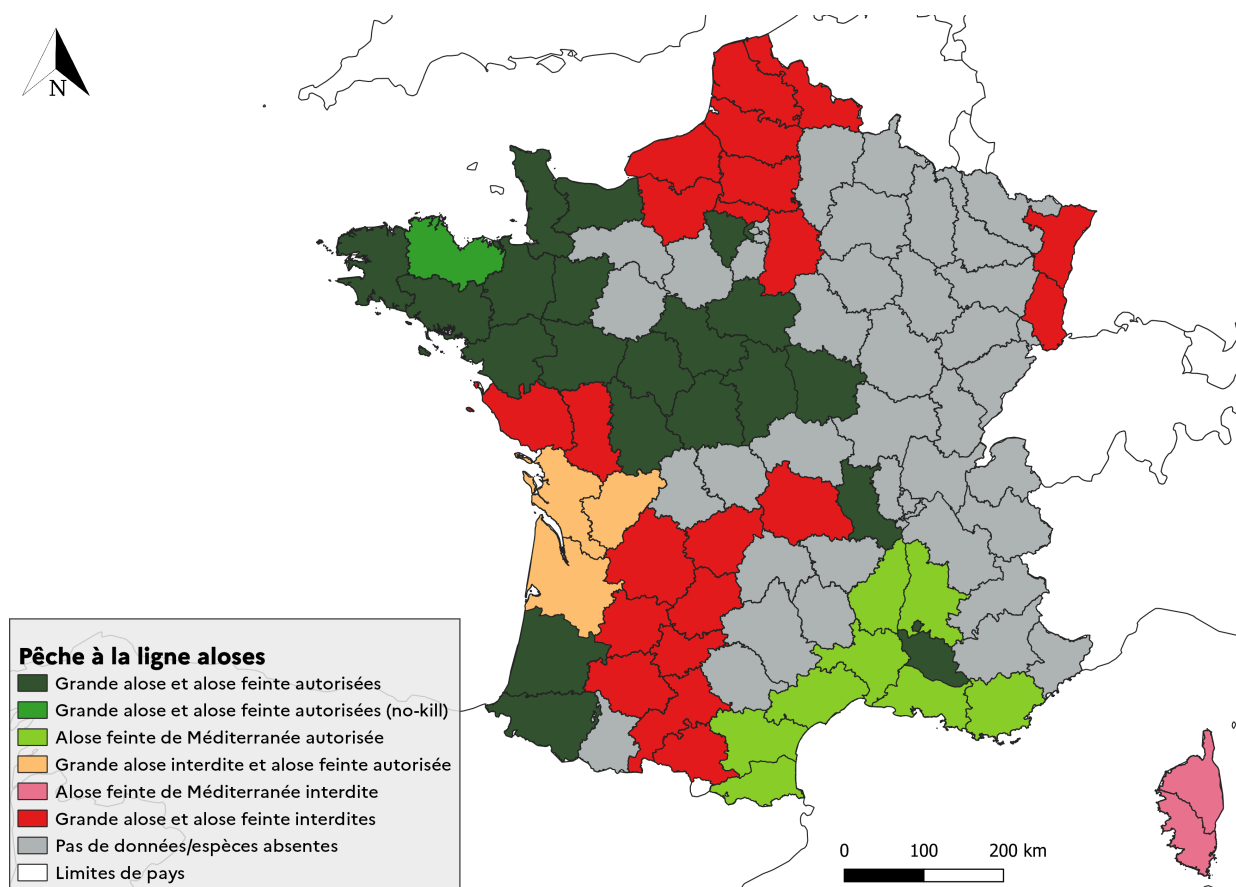
Référence	Espèces	Perte habitats	Prédation	Altérations habitats	Pêche ciblée	Pollutions chimiques	Pêche non ciblée	Ressource trophique	Entraînement mécanique	Maladies	Génétique	Pollutions organiques	Pêche illégale
Menéndez <i>et al.</i> , 2022	anguille d'Europe					X							
Merg <i>et al.</i> , 2020	migrateurs anadromes	X											
Morman <i>et al.</i> , 1980	lamproies					X						X	
Moser <i>et al.</i> , 2013	lamproies								X				
Moser <i>et al.</i> , 2014	lamproies								X				
Moser <i>et al.</i> , 2020	lamproies					X							
Mota <i>et al.</i> , 2015	aloses	X								X	X		
Mota et Antunes, 2011	aloses	X											
Moursund <i>et al.</i> , 2003	lamproies								X				
Murauskas <i>et al.</i> , 2013	lamproies				X								
Myllynen <i>et al.</i> , 1997	lamproies					X							
Navarro <i>et al.</i> , 2023	migrateurs anadromes			X									
Nilsen <i>et al.</i> , 2015	lamproies					X							
Ojutkangas <i>et al.</i> , 1995	lamproies			X									
Paumier <i>et al.</i> , 2019	aloses			X									
Pedà <i>et al.</i> , 2016	bar commun					X							
Pedro <i>et al.</i> , 2013	lamproies					X							
Philippart <i>et al.</i> , 1988	aloses	X											
Pigneur <i>et al.</i> , 2014	corbicules							X					
Pigneur <i>et al.</i> , 2018	loutre d'Europe		X										
Potter et Beamish, 1975	lamproies			X									
Rapet <i>et al.</i> , 2019	lamproies				X								
Rasheed <i>et al.</i> , 2023	aloses					X							
Renaud <i>et al.</i> , 1995	lamproies							X					
Renaud et Cochran, 2019	lamproies					X							
Rong <i>et al.</i> , 2021	corbicules							X					
Rose, 2005	poissons marins			X									
Rothman, 1968	aloses									X			
Rougemont <i>et al.</i> , 2022	aloses										X		
Rougier <i>et al.</i> , 2012	aloses				X								
Rougier <i>et al.</i> , 2014	aloses			X									
Rougier <i>et al.</i> , 2015	aloses			X									

Suite en page suivante

Tableau VI.3. Suite de la page précédente

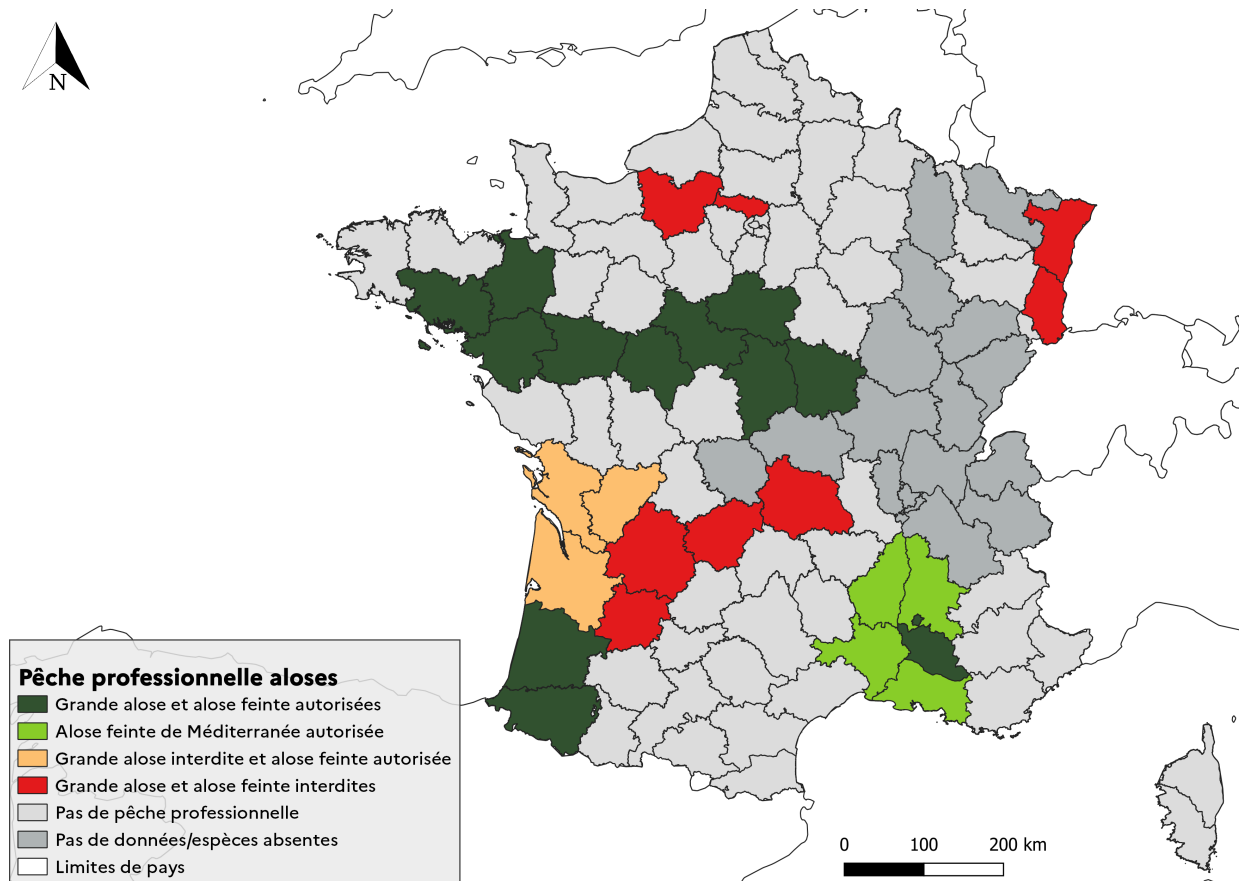
Référence	Espèces	Perte habitats	Prédation	Altérations habitats	Pêche ciblée	Pollutions chimiques	Pêche non ciblée	Ressource trophique	Entraînement mécanique	Maladies	Génétique	Pollutions organiques	Pêche illégale
Shavaliier <i>et al.</i> , 2021	lamproies									X			
Silva <i>et al.</i> , 2015	lamproies			X									
Smith et Marsden, 2009	lamproies			X									
Smith <i>et al.</i> , 2012	lamproies					X							
Steffens, 2011	anguille d'Europe		X										
Stratoudakis <i>et al.</i> , 2016	migrateurs anadromes				X		X						X
Syväranta <i>et al.</i> , 2009	aloses et lamproies		X										
Taillebois <i>et al.</i> , 2019	aloses										X		
Taverny et Elie, 1989	aloses							X					
Taverny et Elie, 2001a	aloses							X					
Taverny et Elie, 2009	lamproies						X						
Taverny <i>et al.</i> , 2000a	aloses	X											
Taylor et Kynard, 1985	aloses								X				
Tétard <i>et al.</i> , 2016	aloses	X											
Thiel <i>et al.</i> , 2009	lamproies	X		X									
Thompson <i>et al.</i> , 2011	salmonidés								X				
Torgersen et Close, 2004	lamproies			X									
Trancart <i>et al.</i> , 2023	lamproies		X										
Tuunainen <i>et al.</i> , 1980	lamproies	X		X									
Unrein <i>et al.</i> , 2016	lamproies					X							
Vagnon <i>et al.</i> , 2022	silure		X										
Valadou, 2007	silure		X										
Wang <i>et al.</i> , 2020	poissons					X							
Wang <i>et al.</i> , 2021	lamproies			X									
Wilson, 1955	lamproies					X							
Wünnemann <i>et al.</i> , 2018	aloses									X			
Zheng <i>et al.</i> , 2019	poissons marins					X							

## VI.8. Réglementation de la pêche professionnelle et de loisir des aloses et des lamproies en France

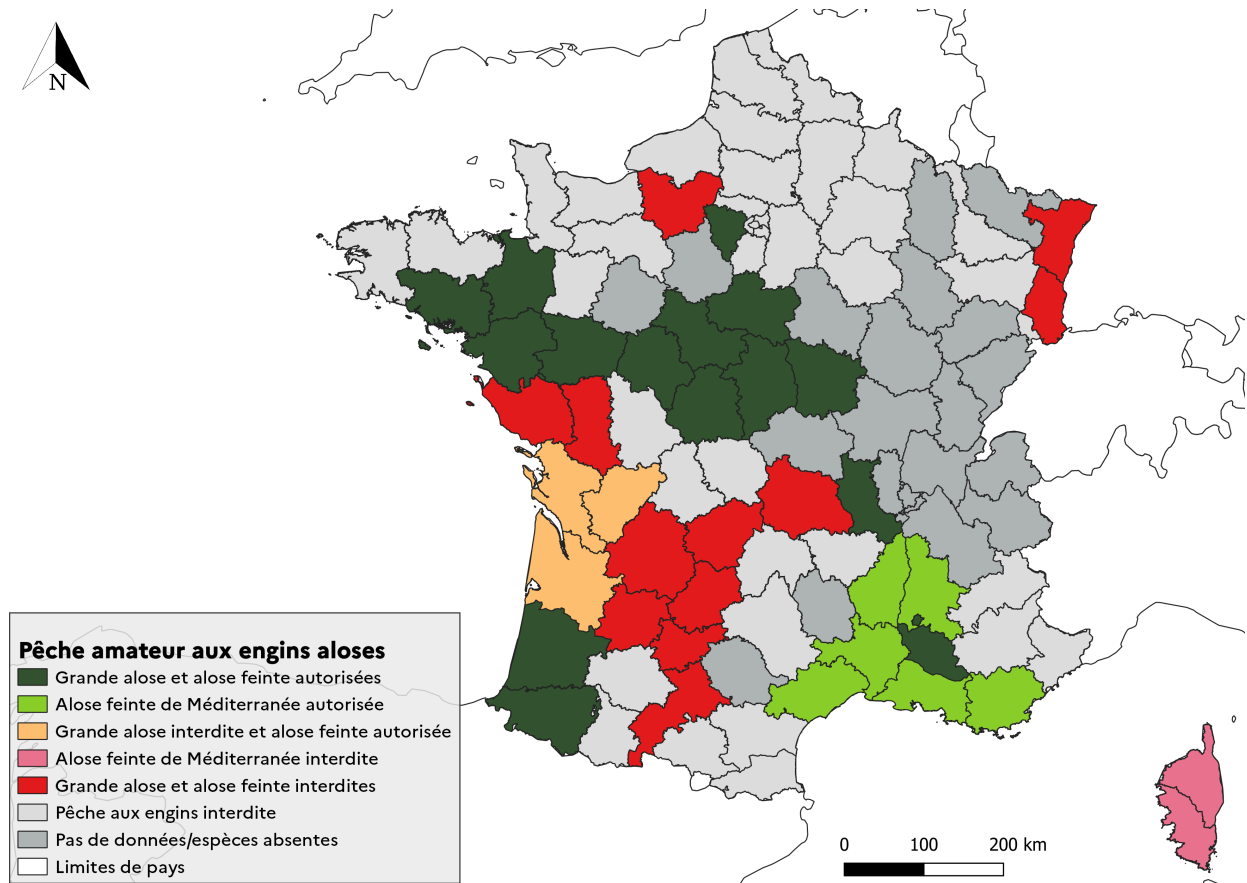


**Figure VI.9.** Réglementation sur la pêche de loisir à la ligne des aloses en France, à l'échelle départementale. Les statuts sont ceux de 2024, disponibles dans les arrêtés réglementant la pêche de loisir par département.

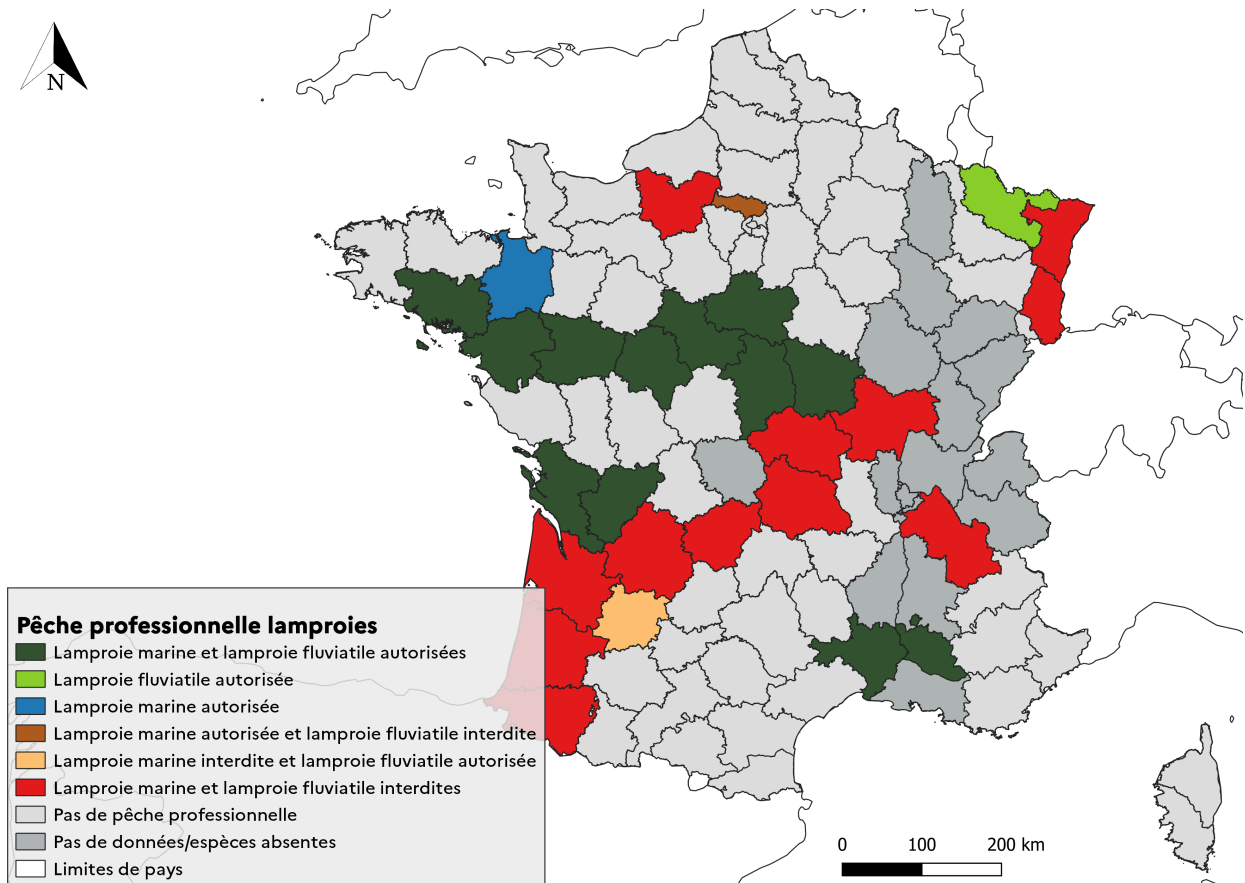




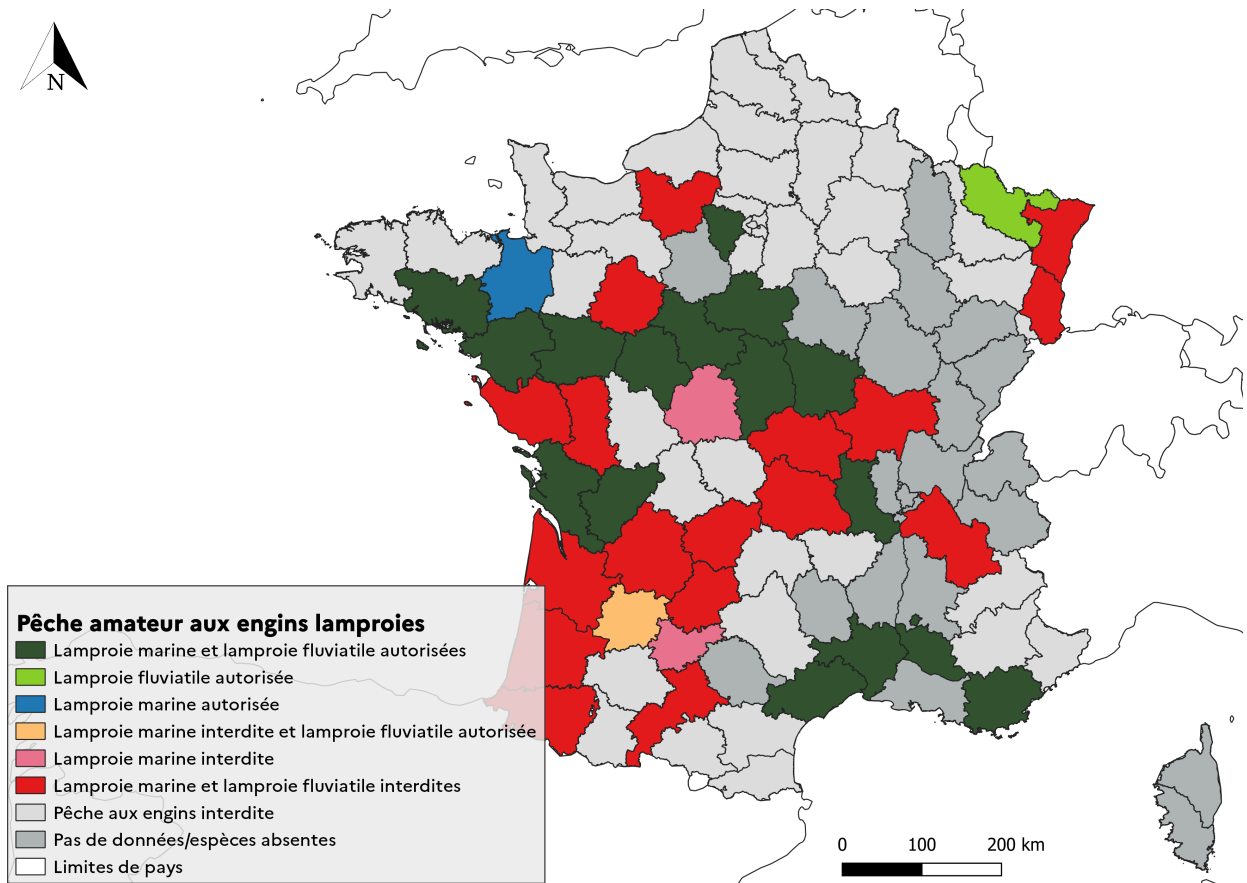
**Figure VI.10.** Règlements sur la pêche professionnelle des aloses en France, à l'échelle départementale. Les statuts sont ceux de 2024, disponibles dans les cahiers des charges pour l'exploitation du droit de pêche par l'Etat, par département.



**Figure VI.11.** Réglementation sur la pêche amateur aux engins des aloses en France, à l'échelle départementale. Les statuts sont ceux de 2024, disponibles dans les cahiers des charges pour l'exploitation du droit de pêche par l'Etat, par département.



**Figure VI.12.** Règlements sur la pêche professionnelle des lamproies en France, à l'échelle départementale. Les statuts sont ceux de 2024, disponibles dans les cahiers des charges pour l'exploitation du droit de pêche par l'Etat, par département.



**Figure VI.13.** Réglementation sur la pêche amateur aux engins des lamproies en France, à l'échelle départementale. Les statuts sont ceux de 2024, disponibles dans les cahiers des charges pour l'exploitation du droit de pêche par l'Etat, par département.

## VI.9. Tableaux détaillés des informations contenues dans les PLAGEPOMIs

**Tableau VI.4.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici perte d'habitats). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans les pages soulignées. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Perte habitats		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses	p2, <u>45</u> , <u>49</u> , <u>55</u> , <u>75</u> *		↘
	lamproies	p2, <u>45</u> , <u>49</u> , <u>52</u> , <u>54</u> , <u>57</u> , <u>58</u> , <u>75</u>		↘
Rhin-Meuse	aloses	p <u>30</u> , <u>67</u> , <u>69</u> , <u>101</u> , <u>113</u> , <u>119</u>		↘
	lamproies	p <u>30</u> , <u>67</u> , <u>69</u> , <u>101</u> , <u>113</u> , <u>119</u>		↘
Seine-Normandie	aloses	p <u>8</u> , <u>33</u> , <u>51</u> , <u>60</u> , <u>79</u> , <u>104</u>		↘
	lamproies	p <u>8</u> , <u>33</u> , <u>51</u> , <u>79</u> , <u>104</u>		↘
Bretagne	aloses	p63		
	lamproies	p63		
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p <u>12</u> , <u>13</u> , <u>45</u> , <u>58</u> , <u>64</u> , <u>89</u>		↘
	lamproies	p <u>12</u> , <u>13</u> , <u>45</u> , <u>70</u> , <u>89</u>		↘
Garonne-Dordogne- Charente-Seudre-Leyre	aloses	p <u>20</u> , <u>37</u> , <u>66</u> , <u>69</u> , <u>73</u> , <u>80</u> , <u>140</u> , <u>141</u>		=
	lamproies	p <u>20</u> , <u>37</u> , <u>105</u> , <u>110</u> , <u>140</u> , <u>143</u>		↘
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p <u>16</u> , <u>18</u> , <u>27</u> , <u>31</u> , <u>57</u> , <u>62</u> , <u>65</u> , <u>106</u> , <u>107</u>		↘
	lamproies	p <u>16</u> , <u>18</u> , <u>27</u> , <u>31</u> , <u>57</u> , <u>83</u> , <u>87</u> , <u>106</u> , <u>111</u>		↘
Rhône-Méditerranée	aloses	p <u>27</u> , <u>31</u> , <u>35</u> , <u>74</u> *		↘
	lamproies	p <u>27</u> , <u>31</u> *		↘

**Tableau VI.5.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici prédation). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans les pages soulignées. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Prédation		
		Influence	Incertitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses			
	lamproies			
Rhin-Meuse	aloses	p82		↗
	lamproies	p82		↗
Seine-Normandie	aloses	p8		
	lamproies	p8		
Bretagne	aloses	p48, 57, 63		
	lamproies	p48, 58, 63		
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p12, 29, 58, 63, 89		↗
	lamproies	p12, 29, 70, 89		↗
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p64, 70, 141, 146, 151 *		↗
	lamproies	p111, 114, 143, 151		↗
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p60		
	lamproies	p111, p124 *		
Rhône-Méditerranée	aloses	p78		
	lamproies			

**Tableau VI.6.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici altérations des habitats). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans les pages soulignées. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Altérations habitats		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses	p44, <u>75</u> , 76 *		
	lamproies	p44, <u>75</u> *		
Rhin-Meuse	aloses	p65, <u>97</u> , <u>118</u> *		↘
	lamproies	p65, <u>97</u> , <u>118</u> *		↘
Seine-Normandie	aloses	p8, 33, 51, 106		↘
	lamproies	p8, 33, 51, 106		↘
Bretagne	aloses	p63		
	lamproies	p63		
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p12, <u>19</u> , <u>25</u> , <u>27</u> , <u>58</u> , <u>64</u> , <u>89</u>		↗
	lamproies	p12, <u>19</u> , <u>25</u> , <u>27</u> , <u>67</u> , <u>70</u> , <u>89</u>		↗
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p33, <u>35</u> , 39, 64, 70, 71, <u>73</u> , 80, 140, 141		↗
	lamproies	p33, <u>35</u> , 39, 107, 115, <u>140</u> , 143		↗
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p27, <u>29</u> , 30, 33, <u>57</u> , 60, 65, <u>106</u> , 107		↗
	lamproies	p27, 29, 30, 33, <u>57</u> , <u>87</u> , <u>106</u> , 111		↗
Rhône-Méditerranée	aloses	p35, 36, 78		
	lamproies	p35, 36, 79		

**Tableau VI.7.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pêche ciblée). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans les pages soulignées. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Pêche ciblée		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses	p30, <u>76</u> *		
	lamproies	<u>p34</u> *		
Rhin-Meuse	aloses	p83		
	lamproies	p83		
Seine-Normandie	aloses	p8, 48, 121		
	lamproies	p8		
Bretagne	aloses	p37, 57, 63, 64, 69		
	lamproies	p63, 64		
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p33, 42, 58, 61, 89		↘
	lamproies	p33, 43, 89		
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p44, 48, <u>72</u> , 76, 140, <u>141</u> *		=
	lamproies	p44, 48, 112, 140, 143, 146		↘
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p35, 39, <u>57</u> , <u>58</u> , 62, <u>106</u> , <u>107</u>		= / ↗
	lamproies	p35, <u>57</u> , 84, <u>106</u> , 111		= / ↘
Rhône-Méditerranée	aloses	p48, 78		
	lamproies	p48		



**Tableau VI.8.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pollutions chimiques). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans les pages soulignées. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Pollutions chimiques		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses	p42, <u>75</u> *		
	lamproies	p42, <u>75</u> , <u>76</u>		
Rhin-Meuse	aloses	p74, 79, 104, 126		
	lamproies	p74, 79, 104, 126		
Seine-Normandie	aloses	p8, <u>28</u> , <u>51</u> , <u>60</u>		↘
	lamproies	p8, <u>28</u> , <u>51</u>		↘
Bretagne	aloses			
	lamproies			
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p12, 27		
	lamproies	p12, 27		
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p34, 64, 68, 73, 141		↘
	lamproies	p34, 105, 116		↘
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p27, 28, 106		↘
	lamproies	p27, 28, 106		↘
Rhône-Méditerranée	aloses	p35		
	lamproies	p35		

**Tableau VI.9.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pêche non ciblée). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. Une astérisque (\*) indique les cas où l'évaluation est réalisée par notre interprétation des éléments contenus dans les pages soulignées. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Pêche non ciblée		
		Influence	Incertitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses	p76 *		
	lamproies			
Rhin-Meuse	aloses			
	lamproies			
Seine-Normandie	aloses			
	lamproies			
Bretagne	aloses	p12		
	lamproies	p12		
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses			
	lamproies			
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p76, 81, 158		
	lamproies	p113 *		
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p62, 66		
	lamproies			
Rhône-Méditerranée	aloses	p48		
	lamproies			

**Tableau VI.10.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMI 2022-2027 (ici ressource trophique). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Ressource trophique		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses			
	lamproies			
Rhin-Meuse	aloses			
	lamproies			
Seine-Normandie	aloses			
	lamproies			
Bretagne	aloses			
	lamproies			
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p23, 63		
	lamproies	p23		
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p64		
	lamproies			
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p60		
	lamproies			
Rhône-Méditerranée	aloses			
	lamproies			

**Tableau VI.11.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici entraînement mécanique). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Entraînement mécanique		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses	<u>p45</u>		
	lamproies	<u>p45</u>		
Rhin-Meuse	aloses	<u>p71, 126</u>		↘
	lamproies	<u>p71, 126</u>		↘
Seine-Normandie	aloses	<u>p35</u>		
	lamproies	<u>p35</u>		
Bretagne	aloses			
	lamproies			
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses			
	lamproies			
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	<u>p38, <u>71</u>, 82, <u>140</u></u>		=
	lamproies	<u>p38, 112, <u>140</u></u>		=
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	<u>p16, 27, 106</u>		↘
	lamproies	<u>p16, 27, 106</u>		↘
Rhône-Méditerranée	aloses	<u>p27</u>		
	lamproies	<u>p27</u>		

**Tableau VI.12.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici maladies). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Maladies		
		Influence	Incertitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses			
	lamproies			
Rhin-Meuse	aloses			
	lamproies			
Seine-Normandie	aloses			
	lamproies			
Bretagne	aloses			
	lamproies			
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p63		
	lamproies	p69		
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses			
	lamproies			
Adour et cours d'eau côtiers	aloses			
	lamproies			
Rhône-Méditerranée	aloses			
	lamproies			

**Tableau VI.13.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMI 2022-2027 (ici génétique). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Génétique		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses			
	lamproies			
Rhin-Meuse	aloses			
	lamproies			
Seine-Normandie	aloses			
	lamproies			
Bretagne	aloses			
	lamproies			
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p63		
	lamproies			
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p63, 66		
	lamproies			
Adour et cours d'eau côtiers	aloses			
	lamproies			
Rhône-Méditerranée	aloses			
	lamproies			

**Tableau VI.14.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pollutions organiques). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Pollutions organiques		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses			
	lamproies			
Rhin-Meuse	aloses			
	lamproies			
Seine-Normandie	aloses	p28, 31		↗
	lamproies	p28, 31		↗
Bretagne	aloses			
	lamproies			
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses			
	lamproies			
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses			
	lamproies			
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p27, 28		↘
	lamproies	p27, 28		↘
Rhône-Méditerranée	aloses			
	lamproies			

**Tableau VI.15.** Description et évaluation des pressions déterminées dans la synthèse au sein des différents PLAGEPOMIs 2022-2027 (ici pêche illégale). Pour l'influence potentielle sur les populations, les pages renseignées sont celles où la pression est juste évoquée (non soulignées) ou avec une indication d'influence (soulignées), avec une couleur allant du jaune pâle (influence non évaluée) au rouge (pression importante) en passant par le rose saumon (pression mineure) et l'orange (pression moyenne). Le blanc indique une absence d'informations. L'incertitude telle qu'indiquée dans le PLAGEPOMI est donnée le cas échéant, avec en rose saumon une incertitude faible, en orange une incertitude moyenne, et en rouge une incertitude forte. Si la tendance est discutée, alors un symbole d'augmentation, de diminution ou de stagnation est indiqué.

COGEPOMI	Espèces	Pêche illégale		
		Influence	Incertainitude	Tendance
Artois-Picardie	aloses			
	lamproies			
Rhin-Meuse	aloses			
	lamproies			
Seine-Normandie	aloses	125		
	lamproies	p125		
Bretagne	aloses	p30, 43, 63		
	lamproies	p30, 43, 63		
Loire, Côtiers vendéens et Sèvre Niortaise	aloses	p43		
	lamproies	p43		
Garonne-Dordogne-Charente-Seudre-Leyre	aloses	p52, 140		=
	lamproies	p52, 140		=
Adour et cours d'eau côtiers	aloses	p46, <u>106</u>		=
	lamproies	p46, <u>106</u>		=
Rhône-Méditerranée	aloses	p53		
	lamproies	p53		

## VI.10. Références bibliographiques sur le statut des lamproies et aloses migratrices en Europe

- **Grande alose :** Algérie (Azeroual, 2007 ; García et al., 2010), Allemagne (Freyhof et al., 2023 ; Hundt et al., 2015), Belgique (Anonyme, 2022j ; Philippart, 2007), Danemark (Moeslund et al., 2023), Espagne (Anonyme, 2022j), Finlande (Anonyme, a), France (Anonyme, 2019), Irlande (King et al., 2011), Islande (Anonyme, 2022j ; Maitland et Hatton-Ellis, 2003), Maroc (Azeroual,



2007; García *et al.*, 2010; Sabatié et Baglinière, 2001), Norvège (Hesthagen *et al.*, 2021b), Pays-Bas (Anonyme, 2022j; Aprahamian *et al.*, 2003a), Portugal (Almeida *et al.*, 2015; Rogado *et al.*, 2005), Royaume- Uni (Anonyme, 2022j, 2024a; Nunn *et al.*, 2023), Suède (Anonyme, 2022j), Suisse (Anonyme, 2022b), Tunisie (Azeroual, 2007; García *et al.*, 2010)

- **Alose feinte** : Algérie (García *et al.*, 2010), Allemagne (Freyhof *et al.*, 2023; Thiel *et al.*, 2013), Belgique (Philippart, 2007; Verreycken *et al.*, 2012), Danemark (HELCOM Expert Group, 2019a), Espagne (Mota *et al.*, 2016; Nachón *et al.*, 2013), Estonie (Anonyme, 2016), Finlande (Anonyme, b), France (Anonyme, 2019), Irlande (King *et al.*, 2011), Islande (Astthorsson et Pals-son, 2006), Lettonie (Anonyme, 2016), Lituanie (Anonyme, 2016; HELCOM Expert Group, 2019a), Maroc (García *et al.*, 2010), Pays-Bas (Kranenbarg et Spikmans, 2011), Pologne (HELCOM Expert Group, 2019a), Portugal (Roga-do *et al.*, 2005), Royaume-Uni (Nunn *et al.*, 2023), Russie (HELCOM Expert Group, 2019a), Suède (HELCOM Expert Group, 2019a), Suisse (Anonyme, 2022b), Tunisie (García *et al.*, 2010)
- **Alose feinte de Méditerranée** : Albanie (Bianco, 2002; Bianco et Ketmaier, 2015), Croatie (Bianco, 2002; Bianco et Ketmaier, 2015; Čaleta *et al.*, 2019; Mrakovčić, 1995), Espagne (Miguel Ángel *et al.*, 2020), France (Anonyme, 2019), Grèce (Bianco, 2002), Italie (Bianco, 2014, 2002; Bianco et Ketmaier, 2015; Bovero *et al.*, 2021), Macédoine (Bianco, 2002), Monténégro (Bianco et Ketmaier, 2015; Maric, 1995), Slovénie (Bianco, 2002; Bianco et Ketmaier, 2015), Suisse (Anonyme, 2022b), Turquie (Çiçek *et al.*, 2023).
- **Lamproie marine** : Albanie (Bianco et Ketmaier, 2015; Rakaj et Flloko, 1995), Algérie (Bacha et Amara, 2007), Allemagne (Freyhof *et al.*, 2023), Belgique (Anonyme, 2022k; Verreycken *et al.*, 2012; Wilson et Veneranta, 2019), Bosnie-Herzégovine (Tutman *et al.*, 2020), Croatie (Bianco et Ketmaier, 2015; Mrakovčić *et al.*, 2006), Danemark (Moeslund *et al.*, 2023), Écosse (Anonyme, 2022k), Espagne (Anonyme, 2022k), Estonie (Wilson et Veneranta, 2019), Finlande (Hyvärinen *et al.*, 2019), France (Anonyme, 2019), Grèce (Legakis et Maragos, 2009), Iran (Jouladeh-Roudbar *et al.*, 2020), Irlande (King *et al.*, 2011), Islande (Pereira *et al.*, 2012), Italie (Rondinini *et al.*, 2022), Lettonie (Wilson et Veneranta, 2019), Lituanie (Wilson et Veneranta, 2019), Malte (Borg *et al.*, 2023), Maroc (Clavero *et al.*, 2014), Monténégro (Bianco et Ketmaier, 2015; Maric, 1995), Norvège (Hesthagen *et al.*, 2021a), Pays-Bas (Anonyme, 2022k; Kranenbarg et Spikmans, 2011), Pologne (Głowaciński *et al.*, 2002; Wilson et Veneranta, 2019), Portugal (Pedro Almeida, workshop Lamproie marine 2023), République Tchèque (Lusk et Hanel, 2004), Royaume-Uni (Anonyme, 2022k), Russie (Wilson et Veneranta, 2019), Slovénie (Bianco et Ketmaier, 2015; Povz, 1995), Suède (Anonyme, 2022k), Suisse (Anonyme, 2022b), Syrie (Saad *et al.*, 2021), Tunisie (Rafrafi-Nouira *et al.*, 2015), Turquie (Çiçek *et al.*, 2023; Fricke *et al.*, 2007)
- **Lamproie fluviatile** : Albanie (Anonyme, 2013), Belgique (Philippart, 2007; Verreycken *et al.*, 2014), Danemark (HELCOM Expert Group, 2019b), Espagne (Doadrio, 2002), Estonie (HELCOM Expert Group, 2019b), Finlande (HELCOM Expert Group, 2019b), France (Anonyme, 2019), Irlande (King *et al.*, 2011), Italie (Bianco, 2014; Bianco et Ketmaier, 2015; Rondinini *et al.*, 2022), Lettonie (HELCOM Expert Group, 2019b), Lituanie (HELCOM Expert

Group, 2019b), Norvège (Kålås *et al.*, 2010; Mateus *et al.*, 2012), Pays-Bas (Kranenbarg et Spikmans, 2011), Pologne (HELCOM Expert Group, 2019b), Portugal (Mateus *et al.*, 2012; Rogado *et al.*, 2005), République Tchèque (Lusk et Hanel, 2004), Royaume-Uni (Nunn *et al.*, 2023), Russie (Wilson et Veneranta, 2019), Suède (Wilson et Veneranta, 2019), Suisse (Anonyme, 2022b; Kirchhofer *et al.*, 2007), Turquie (Çiçek *et al.*, 2023)