



**HAL**  
open science

# Évaluation de la biomasse d'anguille argentée et des mortalités anthropiques en France. Rapport technique en application de l'article 9 du règlement CE 1100/2007.

Laurent Beaulaton, Cédric Briand

## ► To cite this version:

Laurent Beaulaton, Cédric Briand. Évaluation de la biomasse d'anguille argentée et des mortalités anthropiques en France. Rapport technique en application de l'article 9 du règlement CE 1100/2007.. [Rapport de recherche] AFB; INRA; EPTB Vilaine. 2018. hal-03032791

**HAL Id: hal-03032791**

**<https://hal.science/hal-03032791>**

Submitted on 1 Dec 2020

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

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

# Évaluation De La Biomasse D'anguille Argentée Et Des Mortalités Anthropiques En France

*Rapport technique en application de  
l'article 9 du règlement CE 1100/2007*

**Rapport final**

**Laurent BEULATON (Pôle AFB-Inra Gest'Aqua)  
Cédric BRIAND (EPTB Vilaine)**

**Juin 2018 – Mise À Jour 1**



- **AUTEURS**

**Laurent BEULATON**, Chef du pôle R&D AFB-Inra (AFB-Inra), [laurent.beulaton@afbiodiversite.fr](mailto:laurent.beulaton@afbiodiversite.fr)

**Cédric BRIAND**, Chef du pôle milieux et animation bassin (EPTB Vilaine), [cedric.briand@eptb-vilaine.fr](mailto:cedric.briand@eptb-vilaine.fr)

**Droits d'usage** : accès libre

**Niveau géographique** : national

**Couverture géographique** : France

**Niveau de lecture** : experts

## • ÉVALUATION DE LA BIOMASSE D'ANGUILLE ARGENTÉE ET DES MORTALITÉS ANTHROPIQUES EN FRANCE, LAURENT BEAULATON ET CÉDRIC BRIAND

### • RÉSUMÉ

L'article 9 du règlement anguille (CE 1100/2007) demande que chaque État membre rapporte sur : « le pourcentage de la biomasse d'anguilles argentées qui s'échappent vers la mer [...] par rapport à l'objectif en matière d'échappement fixé à l'article 2, paragraphe 4 » [biomasse pristine] et « l'importance des facteurs de mortalité ». Cela se traduit par l'obligation de rapporter, tous les 3 ans, 4 indicateurs : l'échappement actuel en anguilles argentées ( $B_{\text{current}}$ ), la meilleure biomasse atteignable ( $B_{\text{best}}$ ) la biomasse pristine ( $B_0$ ) et les mortalités anthropiques cumulées sur une génération entière ( $\Sigma A$ ).

À partir des données disponibles d'évaluation de l'échappement en anguilles argentées et des impacts anthropiques (différentes pêcheries et obstacles à la migration), nous avons déterminé ces 4 indicateurs en utilisant les équations classiques de l'halieutique. Ce travail est mené sur les habitats couverts par le modèle EDA (Eel Density Analysis, Briand et al., 2018) et sur tous les habitats de la France métropolitaine. Il est mené sur l'échappement actuelle (échappement moyen 2010-2015) à partir des mortalités subies par cette cohorte, mais aussi, pour refléter la gestion actuelle, des projections sont faites sur la base du plan de gestion anguille.

Les résultats montrent que les mortalités anthropiques passées sont, pour la plupart des UGA, supérieures à 0,92 (correspond à une mortalité pouvant maintenir la biomasse à 40 % de la biomasse pristine) pour une biomasse totale de 0,9 % de la biomasse pristine pour les habitats couverts par EDA et de 4,4 % de la biomasse pristine pour l'ensemble des habitats. En revanche avec une gestion conforme au plan de gestion, les mortalités anthropiques sont, pour la plupart, inférieures à cette valeur référence. Toutefois ces résultats sont dépendants de la qualité des données utilisées qui, pour la plupart, sont peu précises. Enfin les mortalités estimées ici ne prennent en compte que celles qui sont quantifiées au niveau national, ce qui ne vaut pas dire que les autres sont négligeables.

### • MOTS CLÉS (THÉMATIQUE ET GÉOGRAPHIQUE)

France, anguille, rapportage européen, mortalité anthropique, biomasse

## • ÉVALUATION DE LA BIOMASSE D'ANGUILLE ARGENTÉE ET DES MORTALITÉS ANTHROPIQUES EN FRANCE, LAURENT BEAULATON ET CÉDRIC BRIAND

### • SYNTHÈSE POUR L'ACTION OPÉRATIONNELLE

L'article 9 du règlement CE 1100/2007 demande que chaque État membre rapporte sur :

- « le pourcentage de la biomasse d'anguilles argentées qui s'échappent vers la mer [...] par rapport à l'objectif en matière d'échappement fixé à l'article 2, paragraphe 4 » [biomasse pristine] ;
- et « l'importance des facteurs de mortalité ».

Le rapportage 2012 a fait l'objet d'une évaluation scientifique par le CIEM (ICES, 2013). Sur la base de ses précédents travaux (ICES, 2011a, 2011b), cette évaluation se fait grâce à 4 indicateurs, à savoir (librement traduit de ICES, 2013) :

- $B_{current}$  : l'échappement actuel en anguilles argentées ;
- $B_{best}$  : la meilleure biomasse atteignable, c'est-à-dire la biomasse qui se serait échappée avec le recrutement naturel récent (celui qui a l'origine de  $B_{current}$ ) et en l'absence de tout impact anthropique (mortalité ou "repeuplement") ;
- $B_0$  : la biomasse qui existerait en l'absence total d'influence anthropique (sans mortalité et à recrutement "normal"), aussi appelé biomasse pristine. C'est la biomasse référence dans le règlement anguille (article 2, paragraphe 4) ;
- et  $\Sigma A$  : les mortalités anthropiques cumulées sur une génération entière (des civelles entrant dans une UGA jusqu'aux anguilles argentées en sortant). Le règlement anguille et le CIEM distinguent les mortalités par pêche ( $\Sigma F$ ) et les autres mortalités anthropiques ( $\Sigma H$ ).

Ces indicateurs sont synthétisés sous la forme d'un "diagramme de précaution" (voir par exemple la figure 1). L'axe des abscisses donne le ratio  $B_{current} / B_0$ , et fait apparaître la valeur des 40 % de l'article 2, paragraphe 4 du règlement anguille. L'axe des ordonnées est la mortalité anthropique cumulée ( $\Sigma A$ ) et fait apparaître une mortalité limite de 0.92 à des biomasses supérieures à 40 % de  $B_0$ , cette valeur correspondant à la mortalité à ne pas dépasser si l'on veut maintenir un stock au-dessus des 40 % de  $B_0$ . En dessous des 40 % de  $B_0$ , le protocole CIEM prévoit une mortalité limite diminuant proportionnellement à la diminution de la biomasse. Ces points de référence délimitent 4 espaces :

- la zone verte, où à la fois les géniteurs sont en nombre suffisant ( $> 40\% B_0$ ) et la mortalité anthropique suffisamment basse ( $< 0.92$ ) pour espérer que le stock puisse se maintenir sans risques à ce niveau dans le long terme. Le stock est dans ses limites de sécurité biologique selon le terme consacré par le CIEM ;
- la zone orange à droite du graphique, qui correspond à la fois à un nombre de géniteurs suffisant, mais à une mortalité anthropique trop forte. Dans cette zone, on peut craindre que le stock diminue et finisse par se retrouver dans la zone rouge si le nombre de géniteurs épargnés devient insuffisant ;
- la zone orange en bas du graphique, qui correspond à un nombre de géniteurs insuffisant pour le considérer comme dans ces limites de sécurité biologique, mais à une mortalité anthropique suffisamment réduite pour espérer augmenter le stock et le retrouver *in fine* dans la zone verte. Un stock en reconstruction comme l'anguille passe typiquement dans cette zone, notamment lorsque ce stock est très dégradé et/ou que la reconstitution va prendre plusieurs années (voire décennies) ;
- la zone rouge, qui correspond à une situation où le nombre de géniteurs est insuffisant et où la mortalité anthropique est en plus excessive et conduit à une dégradation supplémentaire du stock. Un stock restant plusieurs années dans cette zone se dégrade et tous les efforts doivent être mis en œuvre pour diminuer la mortalité anthropique (se déplace vers le bas) et ainsi rejoindre la zone orange, laissant espérer une reconstitution.

Enfin, l'état d'un ou plusieurs stocks (typiquement les UGA d'un pays ou plusieurs pays) peut être représenté sur ce diagramme sous la forme d'une bulle dont la surface est proportionnelle à son importance, caractérisée ici par  $B_{best}$ , autrement dit la contribution au stock de géniteurs de l'entité en l'absence d'impact anthropique. À noter qu'un stock devant avoir une contribution importante ( $B_{best}$  élevé) pourrait avoir en réalité une contribution modeste ( $B_{current}$  faible) si la mortalité anthropique ( $\Sigma A$ ) est trop forte.

Nous avons déterminé ces 4 indicateurs pour chaque UGA et la France entière à partir des données disponibles, à savoir :

- les estimations d'anguilles argentées issues du modèle EDA (Eel Density Analysis, Briand et al., 2018) et des estimations faites sur les autres milieux pour le rapportage 2015 ;
- les estimations connues de captures de différentes pêcheries (civelle, jaune, argentée et professionnel, amateur) ;

- les estimations de pertes liées aux obstacles à la migration issues du modèle EDA.

**Les mortalités qui ne sont pas considérées (pollution, pompage, turbines, destruction d'habitats, ...) sont manquantes faute de données et non pas parce que leur impact est jugé comme négligeable.**

Nous avons modélisé la dynamique des stocks des différentes UGA et pour la France entière en utilisant les équations de survie et de Baranov (Beverton and Holt, 1957; Ricker, 1980) afin de déterminer les 4 indicateurs nécessaires au rapportage. Le Tableau 1 donne les résultats pour les habitats couverts par EDA uniquement et pour l'ensemble des habitats pour l'échappement moyen de la période 2010-2015. Il donne les mortalités subies par cette cohorte, mais aussi, pour refléter la gestion actuelle, des projections sont faites sur la base du plan de gestion anguille.

**Tableau 1 : principaux indicateurs sur la zone EDA (haut) et sur tous les habitats (bas). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte). Les indicateurs suivi d'une \* sont ceux reflétant des réductions de mortalités conformes au plan de gestion anguille.  $\Sigma F$  = mortalité par pêche,  $\Sigma H$  = mortalités autres (obstacles à la migration ici).**

UGA	Bcurrent millers / t	Bbest millers / t	B0 millers / t	$\Sigma F$	$\Sigma H$	$\Sigma A$	$\Sigma F^*$	$\Sigma H^*$	$\Sigma A^*$
Adour	62 / 17	3769 / 1011	20079 / 5385	3,97	0,13	4,10	0,83	0,03	0,86
Artois-Picardie	47 / 13	787 / 213	4151 / 1122	2,60	0,22	2,82	0,52	0,05	0,57
Bretagne	153 / 37	3380 / 824	17960 / 4380	2,99	0,11	3,10	0,70	0,03	0,73
Corse	35 / 6	39 / 7	210 / 36	0,07	0,06	0,13	0,02	0,01	0,03
Garonne	412 / 151	9636 / 3536	51125 / 18762	3,02	0,13	3,15	0,71	0,03	0,74
Loire	365 / 141	18229 / 7042	96869 / 37419	3,84	0,07	3,91	0,82	0,02	0,84
Meuse	5 / 4	10 / 7	52 / 40	0,29	0,28	0,57	0,07	0,06	0,13
Rhin	9 / 9	35 / 33	186 / 176	1,24	0,08	1,32	0,21	0,02	0,23
Rhône-Méditerranée	345 / 103	640 / 191	3404 / 1017	0,39	0,23	0,62	0,09	0,05	0,14
Seine-Normandie	387 / 160	2193 / 910	11527 / 4783	1,63	0,11	1,74	0,46	0,03	0,49
TOTAL	1821 / 642	38719 / 13775	205562 / 73121	3,01	0,13	3,14	0,74	0,03	0,76

UGA	Bcurrent millers / t	Bbest millers / t	B0 millers / t	$\Sigma F$	$\Sigma H$	$\Sigma A$	Bcurrent / Bbest	Bcurrent / B0
Adour	239 / 64	4109 / 1102	21902 / 5874	2,81	0,04	2,85	5,8%	1,1%
Artois-Picardie	270 / 73	994 / 269	5245 / 1418	1,26	0,04	1,30	27,2%	5,1%
Bretagne	809 / 197	4343 / 1059	23075 / 5627	1,66	0,02	1,68	18,6%	3,5%
Corse	433 / 75	724 / 125	3842 / 663	0,51	0,00	0,51	59,8%	11,3%
Garonne	1295 / 475	11123 / 4082	59017 / 21658	2,11	0,04	2,15	11,6%	2,2%
Loire	1049 / 405	19670 / 7598	104421 / 40337	2,90	0,03	2,93	5,3%	1,0%
Meuse	5 / 4	10 / 7	52 / 40	0,29	0,28	0,57	56,5%	10,4%
Rhin	9 / 9	35 / 33	186 / 176	1,24	0,08	1,32	26,6%	5,0%
Rhône-Méditerranée	8211 / 2453	12145 / 3628	64538 / 19279	0,38	0,01	0,39	67,6%	12,7%
Seine-Normandie	670 / 278	2539 / 1054	13351 / 5541	1,27	0,06	1,33	26,4%	5,0%
TOTAL	12991 / 4033	55692 / 18957	295630 / 100613	1,45	0,04	1,47	23,3%	4,4%

Les résultats montrent que les mortalités anthropiques passées sont, pour la plupart des UGA, supérieures à 0,92 (correspond à une mortalité pouvant maintenir la biomasse à 40 % de la biomasse pristine ; 3,14 pour les zones couvertes par EDA et 1,47 pour l'ensemble des habitats) pour une biomasse totale de 0,9 % de la biomasse pristine pour les habitats couverts par EDA et de 4,4 % de la biomasse pristine pour l'ensemble des habitat. En revanche avec une gestion conforme au plan de gestion (mortalités par pêche réduite de 60 % et les autres mortalités de 75%), les mortalités anthropiques sont, pour la plupart, inférieures à cette valeur référence (0,76 pour l'ensemble des zones couvertes par EDA et 0,70 pour l'ensemble des habitats, c'est ce dernier cas qui est représenté sur la figure 1).

Diagramme de précaution pour la France (2010-2015)  
mortalité réduite (-60%,-60%,-60%,-75%)

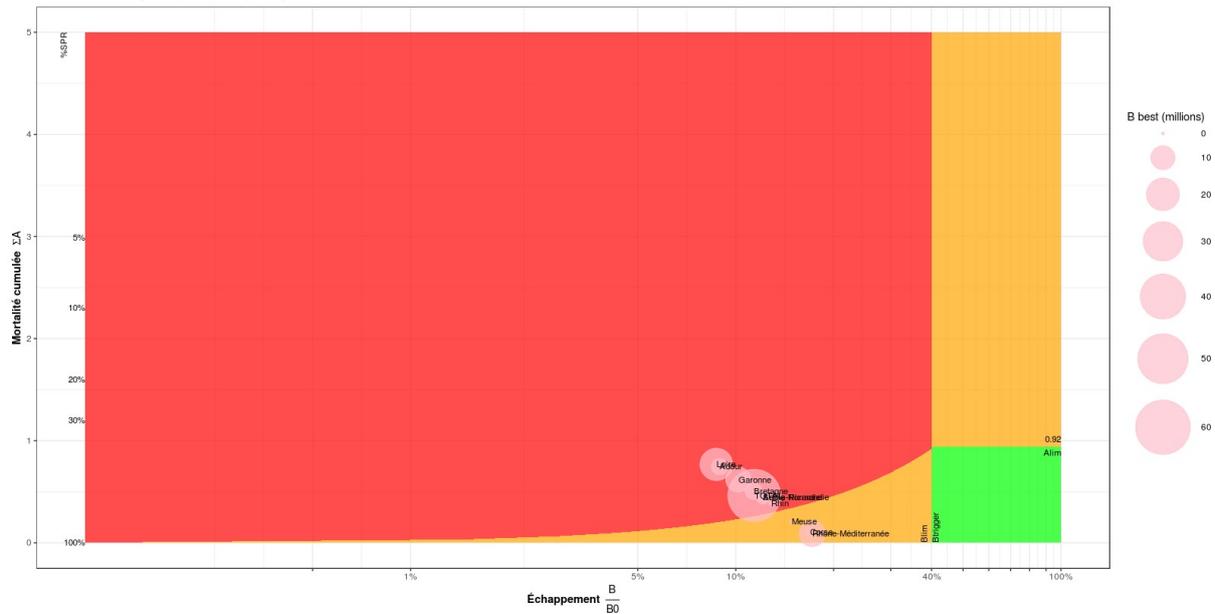


Figure 1 : diagramme de précaution (pour la France entière) modifié pour tenir compte de la réduction actuelle des mortalités suivant l'hypothèse : réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

Ces résultats souffrent néanmoins de nombreuses limites, parmi lesquelles :

- seules les données disponibles sont utilisées et donc de fait les mortalités provenant d'autres sources ne sont pas incluses dans les calculs ;
- les valeurs de mortalité naturelle sont prises dans la littérature, mais pourraient ne pas refléter la réalité française. La littérature est particulièrement restreinte sur le stade civelle alors que la mortalité à ce stade est forte et conditionne en partie la valeur de mortalité anthropique à ce stade ;
- les données utilisées ne sont pas toujours très précises. En particulier, les estimations d'échappement en dehors de la zone EDA sont basées sur quelques données de la littérature extrapolées à l'échelle du territoire.

• SOMMAIRE

<b>I. Introduction.....</b>	<b>8</b>
<b>II. Données disponibles.....</b>	<b>9</b>
<b>III. Méthode utilisée.....</b>	<b>10</b>
<b>IV. Résultats.....</b>	<b>11</b>
<b>V. Limites et discussion.....</b>	<b>16</b>
<b>VI. Élargissement au-delà des zones couvertes par EDA.....</b>	<b>17</b>
<b>VI.1. Estimation sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes.....</b>	<b>17</b>
<b>VI.2. Estimation pour les lagunes méditerranéennes.....</b>	<b>20</b>
<b>VI.3. Estimation pour toute la France.....</b>	<b>22</b>
<b>VI.4. Discussion.....</b>	<b>24</b>
<b>VII. Bibliographie.....</b>	<b>25</b>

• **ÉVALUATION DE LA BIOMASSE D'ANGUILLE ARGENTÉE ET DES MORTALITÉS ANTHROPIQUES EN FRANCE**  
– **RAPPORT TECHNIQUE EN APPLICATION DE L'ARTICLE 9 DU RÈGLEMENT CE 1100/2007**

## I. Introduction

L'article 9 du règlement CE 1100/2007 demande que chaque État membre rapporte sur :

- « le pourcentage de la biomasse d'anguilles argentées qui s'échappent vers la mer [...] par rapport à l'objectif en matière d'échappement fixé à l'article 2, paragraphe 4 » [biomasse pristine] ;
- et « l'importance des facteurs de mortalité ».

Le rapportage 2012 a fait l'objet d'une évaluation scientifique par le CIEM (ICES, 2013). Sur la base de ses précédents travaux (ICES, 2011a, 2011b), cette évaluation se fait grâce à 4 indicateurs, à savoir (librement traduit de ICES, 2013) :

- $B_{current}$  : l'échappement actuel en anguilles argentées ;
- $B_{best}$  : la meilleure biomasse atteignable, c'est-à-dire la biomasse qui se serait échappée avec le recrutement naturel récent (celui qui a l'origine de  $B_{current}$ ) et en l'absence de tout impact anthropique (mortalité ou "repeuplement") ;
- $B_0$  : la biomasse qui existerait en l'absence total d'influence anthropique (sans mortalité et à recrutement "normal"), aussi appelé biomasse pristine. C'est la biomasse référence dans le règlement anguille (article 2, paragraphe 4) ;
- et  $\Sigma A$  : les mortalités anthropiques cumulées sur une génération entière (des civelles entrant dans une UGA jusqu'aux anguilles argentées en sortant). Le règlement anguille et le CIEM distinguent les mortalités par pêche ( $\Sigma F$ ) et les autres mortalités anthropiques ( $\Sigma H$ ).

Ces indicateurs sont synthétisés sous la forme d'un "diagramme de précaution" (Figure 2). L'axe des abscisses donne le ratio  $B_{current} / B_0$ , et fait apparaître la valeur des 40 % de l'article 2, paragraphe 4 du règlement anguille. L'axe des ordonnées est la mortalité anthropique cumulée ( $\Sigma A$ ) et fait apparaître une mortalité limite de 0.92 à des biomasses supérieures à 40 % de  $B_0$ , cette valeur correspondant à la mortalité à ne pas dépasser si l'on veut maintenir un stock au-dessus des 40 % de  $B_0$ . En dessous des 40 % de  $B_0$ , le protocole CIEM prévoit une mortalité limite diminuant proportionnellement à la diminution de la biomasse. Ces points de référence délimitent 4 espaces :

- la zone verte, où à la fois les géniteurs sont en nombre suffisant ( $> 40\% B_0$ ) et la mortalité anthropique suffisamment basse ( $< 0.92$ ) pour espérer que le stock puisse se maintenir sans risques à ce niveau dans le long terme. Le stock est dans ses limites de sécurité biologique selon le terme consacré par le CIEM ;
- la zone orange à droite du graphique, qui correspond à la fois à un nombre de géniteurs suffisant, mais à une mortalité anthropique trop forte. Dans cette zone, on peut craindre que le stock diminue et finisse par se retrouver dans la zone rouge si le nombre de géniteurs épargnés devient insuffisant ;
- la zone orange en bas du graphique, qui correspond à un nombre de géniteurs insuffisant pour le considérer comme dans ces limites de sécurité biologique, mais à une mortalité anthropique suffisamment réduite pour espérer augmenter le stock et le retrouver *in fine* dans la zone verte. Un stock en reconstruction comme l'anguille passe typiquement dans cette zone, notamment lorsque ce stock est très dégradé et/ou que la reconstitution va prendre plusieurs années (voire décennies) ;
- la zone rouge, qui correspond à une situation où le nombre de géniteurs est insuffisant et où la mortalité anthropique est en plus excessive et conduit à une dégradation supplémentaire du stock. Un stock restant plusieurs années dans cette zone se dégrade et tous les efforts doivent être mis en œuvre pour diminuer la mortalité anthropique (se déplace vers le bas) et ainsi rejoindre la zone orange, laissant espérer une reconstitution.

Enfin, l'état d'un ou plusieurs stocks (typiquement les UGA d'un pays ou plusieurs pays) peut être représenté sur ce diagramme sous la forme d'une bulle dont la surface est proportionnelle à son importance, caractérisée ici par  $B_{best}$ , autrement dit la contribution au stock de géniteurs de l'entité en l'absence d'impact anthropique. À noter qu'un stock devant avoir une contribution importante ( $B_{best}$  élevé) pourrait avoir en réalité une contribution modeste ( $B_{current}$  faible) si la mortalité anthropique ( $\Sigma A$ ) est trop forte.

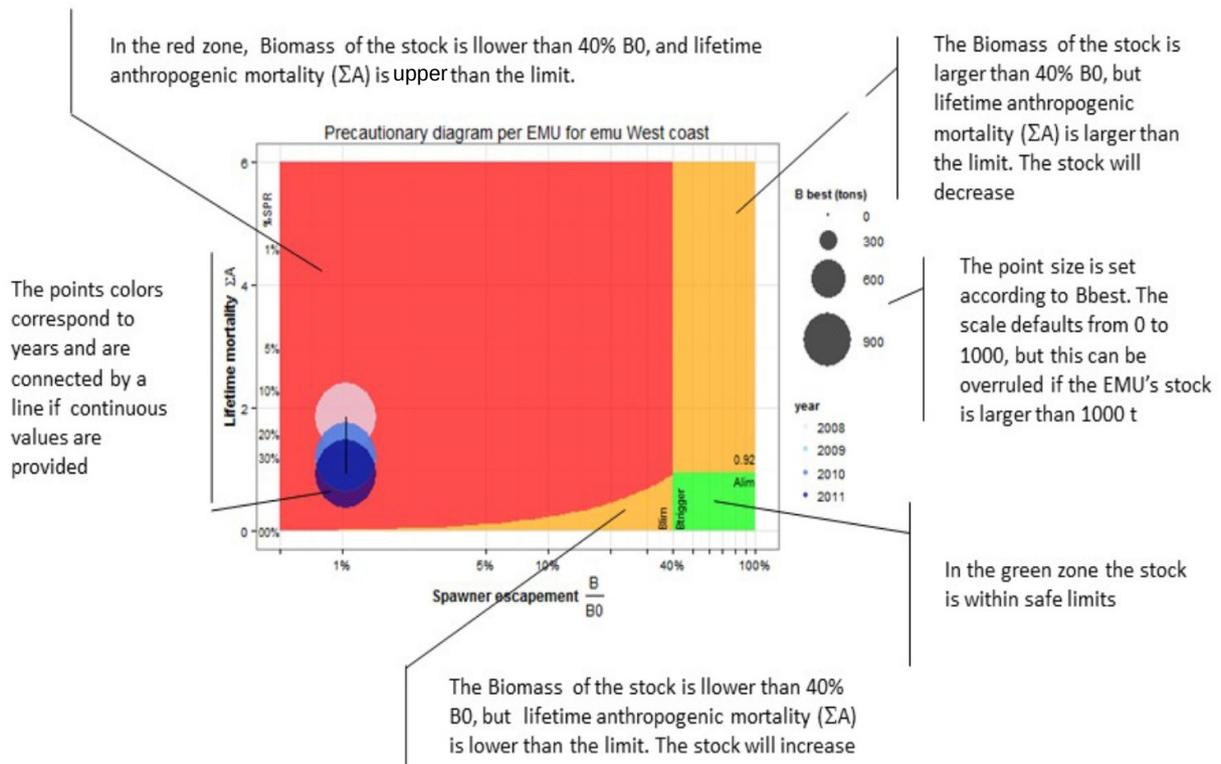


Figure 2 : exemple de diagramme de précaution (ICES, 2013)

C'est dans ce cadre que le présent travail prend place. Il a pour but d'estimer les 4 indicateurs pour chaque UGA française et la France dans son ensemble et produire le diagramme de précaution correspondant. À l'heure actuelle, aucun des 4 indicateurs n'est disponible et, en réalité, aucun n'est directement mesurable à l'échelle des UGA. Ils doivent donc être estimés à partir des données disponibles (II) et moyennant quelques hypothèses de modélisation (III).

## II. Données disponibles

Concernant l'état des stocks, nous nous appuyerons sur les travaux de :

- Briand *et al.* (2018) qui donnent une estimation (via le modèle EDA), pour chaque UGA et sur la période 1984-2015, de la biomasse d'anguilles argentées potentielles (à savoir avant tout impact sur le stade anguille argentée et noté  $B_{pot}$ ) à partir de données de pêche à l'électricité.
- Drouineau *et al.* (2016) qui donnent une estimation (via le modèle GEREM), en valeur absolue (tonnes), du recrutement en civelles en France, par UGA (hors UGA Rhin et Meuse) et pour la période 1960-2013 à partir de l'ensemble des données de recrutement disponible en France (suivi de pêcherie, suivi de passe, étude sur les taux d'exploitation des pêcheries).

Concernant les mortalités anthropiques, les informations sont, de manière assez paradoxale, plus difficiles à mobiliser, notamment à une échelle temporelle ( $x$  années avant l'échappement étudié<sup>1</sup>) et spatiale (UGA) pertinente. **Les mortalités qui ne sont pas énumérées dans la suite de ce chapitre (pollution, pompage, turbines, destruction d'habitats, ...) sont manquantes faute de données et non pas parce que leur impact est jugé comme négligeable.**

Pour le stade civelle, nous avons besoin d'une estimation des mortalités entre le milieu des années 1990 et le début des années 2000. Beaulaton *et al.* (2014) donnent une estimation des captures de civelles réalisées par les professionnels et les non professionnels en France entre 1978 et 2014 à partir des données des principaux grands estuaires et d'estimations ponctuelles sur toute la France. Castelnaud *et al.* (1994) estiment les productions des deux catégories de pêcheurs pour chaque région (voir leur figure 2). Enfin la répartition actuelle du TAC par UGA s'est faite sur la base des "antériorités" calculées sur la période de référence 2004-2008. Le croisement de ces trois sources d'information nous permet d'estimer les captures moyennes sur la période 1998-2003 effectués par les professionnels et les non professionnels, par UGA.

1 Les anguilles argentées qui partent actuellement ont en réalité subi une mortalité anthropique dans les années précédentes. On fait l'hypothèse qu'elles sont arrivées comme civelles 12 ans auparavant (cf III).

Pour le stade anguille jaune, nous avons besoin d'une estimation des mortalités au milieu des années 2000. Le rapportage 2015 donne la moyenne des captures d'anguilles jaunes déclarées par les professionnels fluviaux et les amateurs aux engins sur le DPF pour la période 2004-2008. Beaulaton *et al.* (2010) donnent une estimation des captures effectuées par les professionnels sur le Lac de Grand-Lieu. Pour les pêcheurs à la ligne, nous nous basons sur l'estimation donnée dans le rapportage 2015 (p52). Enfin le modèle EDA permet de simuler les densités d'anguilles sans l'impact des obstacles à la migration : la différence entre le modèle en situation réelle et sans obstacles offre une estimation de la mortalité liée à ces obstacles.

Pour le stade anguille argentée, nous avons besoin d'une estimation des mortalités moyennes sur la période 2010-2015. En milieu fluvial, seule l'UGA Loire possède une pêcherie active sur l'anguille argentée. Acou *et al.* (2014) donnent une estimation pour la pêcherie de la Loire et Beaulaton *et al.* (2010) donnent une estimation des captures effectuées par les professionnels sur le Lac de Grand-Lieu.

L'ensemble de ces données utilisées sont synthétisées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : données utilisées (voir texte pour les sources et les années utilisées)

	Rhin	Meuse	Artois ...	Seine ...	Bretagne	Loire ...	Garonne ...	Adour ...	Rhône ...	Corse	Total	
civelle	recrutement (t)	?	?	6,5	23,4	190,2	262,6	188,5	32,3	16,9	8,2	> 729
	pêche pro (t)	0,0	0,0	1,8	7,3	16,5	95,1	45,7	16,5	0,0	0,0	182,9
	pêche non pro (t)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	3,2	2,6	4,0	0,0	0,0	10,3
	total pêche (t)	0,0	0,0	1,9	7,3	16,9	98,2	48,4	20,5	0,0	0,0	193,2
jaune	pêche pro (t)	0,8	0,0	0,0	1,2	0,0	35,7	8,6	0,9	1,6	0,0	48,8
	pêche amateur (t)	0,3	0,0	0,0	0,1	0,6	12,4	2,6	0,8	0,2	0,0	17,0
	pêche ligne (t)	23	2	101	89	47	166	115	40	81	2	666
	total pêche (t)	24	2	101	90	48	214	126	42	83	2	732
	obstacle (nb arg. pot.)	821	1 769	11 554	44 473	17 610	30 509	58 224	8 773	87 779	2 006	263 518
argentée	pêche pro (t)	0	0	0	0	0	30	0	0	0	0	30

Par ailleurs, pour la mortalité naturelle, nous reprendrons les chiffres du GRISAM (Briand *et al.*, 2008), à savoir une mortalité de 80 % au stade civelle, puis de 0.1386 par an.

### III. Méthode utilisée

Compte tenu des données disponibles (II), de leur précision et de leur exhaustivité, nous optons pour une modélisation en pseudo-cohorte correspondant à la moyenne des anguilles argentées s'échappant entre 2010 et 2015 sur les zones couvertes par le modèle EDA (Briand *et al.*, 2018). Cette modélisation s'appuie sur les principes classiques de l'halieutique (Beverton and Holt, 1957; Ricker, 1980), à savoir :

- l'équation de survie :  $N_1 = N_0 e^{-(F+H+M)t}$ , avec  $N_0$  et  $N_1$  les effectifs aux stades 0 et 1 ;  $F$ ,  $H$  et  $M$  les mortalités respectivement par pêche, anthropique autre que la pêche et naturelle et  $t$  la durée entre le stade 0 et 1 ;
- l'équation de Baranov :  $C = \frac{F}{F+H+M} (N_0 - N_1) = \frac{F}{F+H+M} N_0 (1 - e^{-(F+H+M)t})$ , avec  $C$  la capture par pêche. On peut de la même manière calculer les quantités d'anguilles mortes de manière naturelle ou par un autre impact anthropique que la pêche.

La Figure 3 résume le principe de modélisation :

- au stade civelle (entre  $T=0$  et  $T=0,25$ ), une mortalité liée à la pêcherie ( $Ft_{civelle}$ ) et la mortalité naturelle ( $Mt_{civelle}$ ) s'appliquent :  $N_1 = R e^{-(Ft_{civelle} + Mt_{civelle})}$  (1), avec  $R$  le recrutement et  $N_1$  le nombre de civelles après la pêcherie (à  $T = 0,25$ ) ;
- au stade jaune (entre  $T = 0,25$  et  $T = 3$ ), seule la mortalité naturelle ( $Mt_2$ ) s'applique :  $N_2 = N_1 e^{-(Mt_2)}$  (2) ;
- au stade jaune (entre  $T = 3$  et  $T = 6$ ), une mortalité liée aux obstacles ( $Ht_{obstacle}$ ) et la mortalité naturelle ( $Mt_3$ ) s'appliquent :  $N_3 = N_2 e^{-(Ht_{obstacle} + Mt_3)}$  (3) ;
- au stade jaune (entre  $T = 6$  et  $T = 12$ ), une mortalité liée à la pêcherie ( $Ft_{jaune}$ ) et la mortalité naturelle ( $Mt_4$ ) s'appliquent :  $N_{potentiel} = N_3 e^{-(Ft_{jaune} + Mt_4)}$  (4) ;
- au stade argentée (à  $T = 12$ ), seule une mortalité liée à la pêcherie s'applique ( $Ft_{argentée}$ ) :  $N_{argentée} = N_{potentiel} e^{-(Ft_{argentée})}$  (5).

On notera que  $N_{potentiel}$  correspond à la grandeur estimée par EDA (les argentées produites dans leur

environnement avant la migration et les impacts à la dévalaison). Une optimisation est donc effectuée, UGA par UGA, sur le recrutement afin d'ajuster  $N_{potentiel}$  aux résultats d'EDA. L'équation de Baranov est utilisée en conjonction avec les équations (1), (4) et (5) afin de calculer les mortalités par pêche ( $F_t$ ) aux différents stades à partir des captures (Tableau 2). Enfin la mortalité due aux obstacles ( $H_{t_{obstacle}}$ ) est directement calculée à partir du ratio du nombre d'argentées potentielles en présence ou en l'absence d'obstacle estimé par EDA ( $H_{t_{obstacle}} = -\ln(N_{potentiel\ avec} / N_{potentiel\ sans})$ ).

L'ensemble de ces calculs s'effectue en nombre. Pour convertir des nombres en biomasses (ou captures), il suffit d'appliquer un poids moyen (Tableau 3). Pour les civelles (pêche et biomasse), un poids moyen correspond à 3000 civelles au kilogramme est pris (soit 0,33 g par civelle). Pour les pêches jaune et argentée sur le DPF, les poids moyens sont issus du SNPE. Pour la pêche à ligne, nous utilisons les poids moyens utilisés lors du rapportage 2015 (p52). Enfin pour la biomasse d'anguilles argentées, nous utilisons les résultats de Briand *et al.* (2018, issu des tableaux 3.6 et 3.7).

La meilleure biomasse atteignable ( $B_{best}$ ) est calculée à partir du recrutement optimisé et de la mortalité naturelle uniquement. La biomasse pristine ( $B_0$ ) est calculée à partir de la mortalité naturelle et du recrutement de GEREM (Drouineau *et al.*, 2016) des années 1960-1979, corrigé de la même manière (même coefficient : %GEREM du Tableau 4) que le recrutement optimisé.

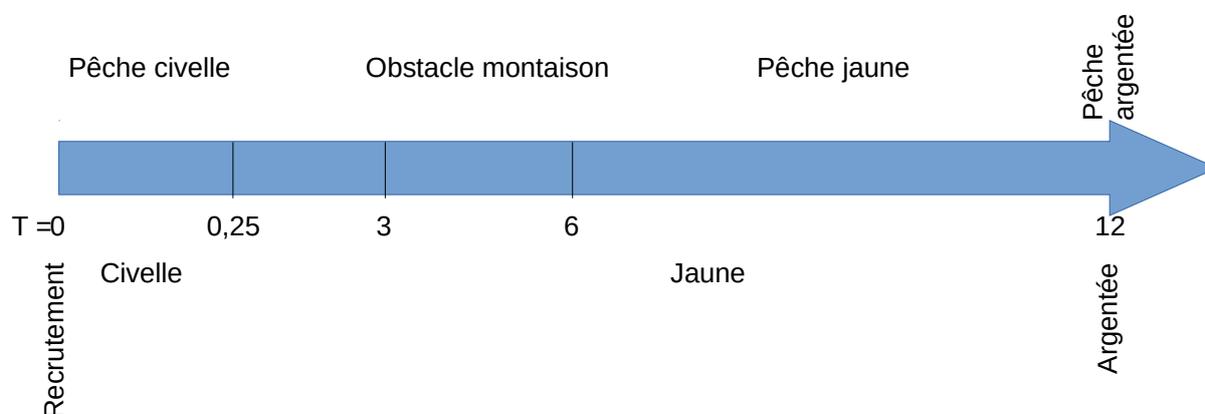


Figure 3 : Principe de modélisation. Le temps est donné en année.

Tableau 3 : poids moyen utilisé (g)

		Rhin	Meuse	Artois ...	Seine ...	Bretagne	Loire ...	Garonne ...	Adour ...	Rhône ...	Corse	Total
jaune	pêche DPF	564	-	-	456	204	230	220	147	946	-	227
	pêche ligne	623	688	226	240	246	234	238	232	308	506	249
argentée	pêche pro	-	-	-	-	-	978	-	-	-	-	978
	biomasse	945	767	270	415	244	386	367	268	299	173	353

## IV. Résultats

Le tableau 4 synthétise les résultats issus de la modélisation.

Tableau 4 : synthèse des résultats (zone EDA)

	Recrutement %GEREM	Millions (%France)	Ft civelle	post civelle Millions (%France)	Ht barrage	Ft jaune	Npotentiel Milliers (%France)	Ft argentée	N current Milliers (%France)	ΣA
Rhin		1,0 (0,1%)	0	0,18 (0,8%)	0,08	1,24	9,3 (0,5%)	0	9,3 (0,5%)	1,32
Meuse		0,25 (0,02%)	0	0,05 (0,2%)	0,28	0,29	5,4 (0,3%)	0	5,4 (0,3%)	0,57
Artois-Picardie	103%	20 (2%)	0,74	1,92 (9%)	0,22	1,86	47 (2,5%)	0	47 (2,6%)	2,82
Seine-Normandie	80%	56 (5,7%)	1,16	3,52 (17%)	0,11	0,47	387 (21%)	0	387 (21%)	1,74
Bretagne	15%	86 (8,7%)	2,41	1,55 (7,3%)	0,11	0,58	153 (8,3%)	0	153 (8,4%)	3,10
Loire	59%	465 (47%)	2,88	5,22 (25%)	0,07	0,88	396 (21%)	0,08	365 (20%)	3,91
Garonne	43%	246 (25%)	2,43	4,31 (20%)	0,13	0,59	412 (22%)	0	412 (23%)	3,15
Adour	99%	96 (10%)	2,95	1,00 (4,7%)	0,13	1,02	62 (3,4%)	0	62 (3,4%)	4,10
Rhône-Méditerranée	32%	16 (1,7%)	0	3,26 (15%)	0,23	0,39	345 (19%)	0	345 (19%)	0,62
Corse	4,1%	1,0 (0,1%)	0	0,20 (0,9%)	0,06	0,07	35 (1,9%)	0	35 (1,9%)	0,13
France	45%	987	2,31	21,2	0,13	0,69	1852	0,02	1821	3,15

Le tableau 4 donne le rapport entre le recrutement estimé ici et le recrutement tel qu'estimé par GEREM (%GEREM). À noter que GEREM ne s'applique pas sur les UGA Rhin et Meuse. Beaucoup de ces ratios sont inférieurs à 100 %, c'est-à-dire que le recrutement utilisé ici est inférieur à celui

estimé par GEREM. Ainsi à l'échelle de la France nous avons un recrutement de 329 t alors que GEREM estime un recrutement de 729 t. Ils sont particulièrement faibles pour la Bretagne, la Corse et Rhône-Méditerranée. Ces écarts peuvent s'expliquer par plusieurs hypothèses qui peuvent éventuellement être complémentaires :

- GEREM surestime le recrutement. Cela pourrait être le cas pour la Bretagne par exemple, où les données utilisées par GEREM proviennent de la Vilaine qui a vraisemblablement un recrutement plus intense que dans le reste de la Bretagne ;
- GEREM estime le recrutement arrivant en France alors qu'EDA ne couvre qu'une partie de la France, notamment pas les lagunes méditerranéennes des UGA Rhône-Méditerranée et Corse. Il est donc logique qu'une partie du recrutement estimé par GEREM alimente ces zones dont la production n'est pas estimée par EDA ;
- EDA sous-estime la production d'anguilles argentées lorsqu'on le compare aux données des rivières index (Briand et al., 2018). Dans ce cas la biomasse est sous-estimée et les mortalités anthropiques sur-estimées ;
- certaines mortalités anthropiques n'ont pas été pris en compte, soit parce qu'elles sont non quantifiées, soit parce qu'elles sont inconnues ; de même la mortalité naturelle pourrait être sous-estimée. Dans ces cas, la différence entre les estimations produites ici et GEREM pourrait correspondre à ces sous-estimations. Dans le premier cas, les mortalités anthropiques sont bien évidemment sous-estimées, dans le second cas (mortalité naturelle sous-estimée), elles sont sur-estimées.

Le tableau 4 et la figure 4 donnent la mortalité par pêche aux différents stades ainsi que la mortalité liée aux obstacles à la montaison. La mortalité par pêche à la civelle prédomine dans les grands bassins civelliers (Seine-Normandie, Bretagne, Loire, Garonne, Adour). La mortalité par pêche à l'anguille jaune est relativement importante dans l'ensemble des UGA. C'est la seconde source de mortalité au niveau national devant les obstacles à la montaison et la pêche à l'anguille argentée, cette dernière n'étant présente que dans l'UGA Loire.

La mortalité cumulée atteint des valeurs relativement importantes (3.14 au niveau national), souvent au-dessus de la mortalité limite de 0.92 donnée par le CIEM, sauf pour les UGA Meuse, Rhône-Méditerranée et Corse.

Les différentes sources de mortalité changent les équilibres entre l'UGA (Tableau 4) :

- les UGA Seine-Normandie, Loire, Garonne et Rhône-Méditerranée produisent quasiment autant d'anguilles argentées (autour 20 % du total chacun) alors que le recrutement dans ces UGA est très différent (respectivement : 5,7 %, 47 %, 25 % et 1,7%) ;
- les UGA Bretagne et Adour reçoivent un recrutement relativement équivalent (autour de 10 % du recrutement national) mais contribuent différemment à la production d'anguilles argentées (respectivement 8,4 % et 3,4 % du total).

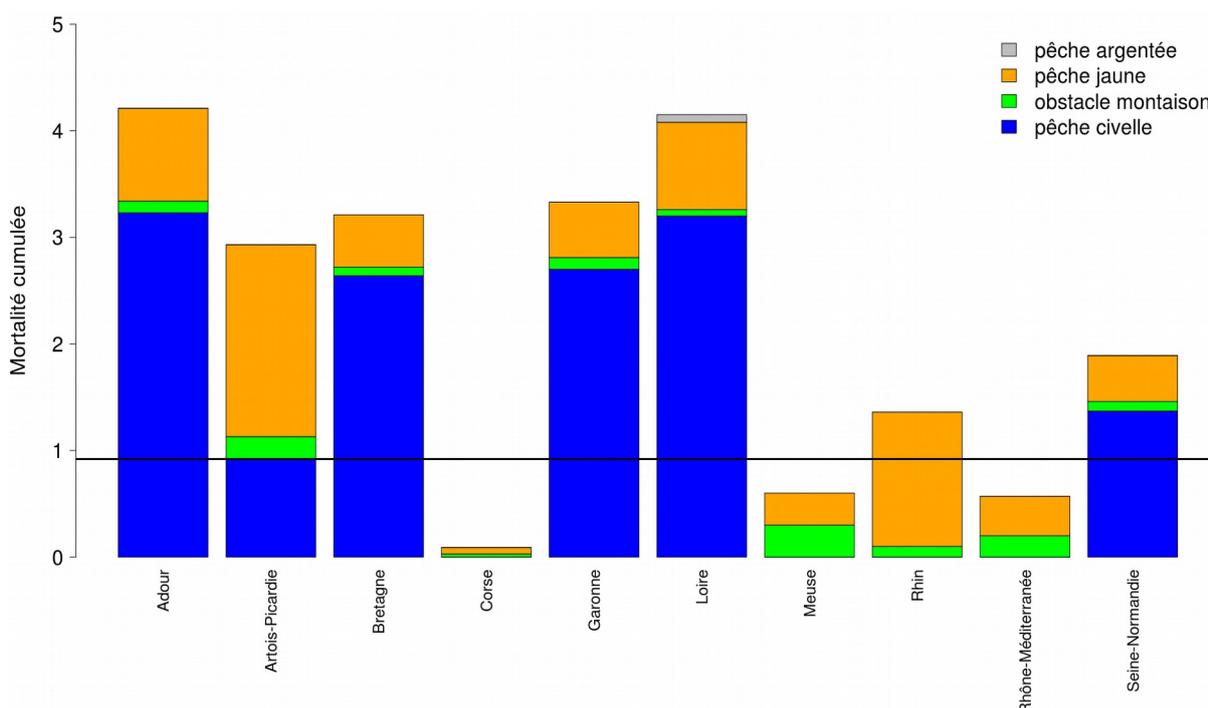


Figure 4 : Mortalité anthropique par source et UGA (zone EDA). Le trait horizontal représente la valeur 0.92 donnée par le CIEM comme la mortalité limite. Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

Le Tableau 5 synthèse les principaux indicateurs de stock, par UGA et pour la France, nécessaires au diagramme de précaution (Figure 5). L'échappement actuel ( $B_{\text{current}}$ ) se situe entre 1,6 % et 88 % du meilleur échappement possible ( $B_{\text{best}}$ ) en fonction des UGA et à 4,7 % pour la France, traduisant l'hétérogénéité des mortalités. De même, le ratio avec l'échappement pristine ( $B_0$ ) est compris entre 0,3 % et 16,6 % dans les différentes UGA et 0,9 % en France. Ceci place toutes les UGA et la France, à l'exception de la Corse, dans la zone rouge (I).

Ces estimations reflètent néanmoins la gestion et les mortalités passées, puisque l'échappement "actuel" (2010-2015) a subi les mortalités au stade anguille jaune au milieu des années 2000 et la mortalité au stade civelle à la fin des années 1990 (II et III), donc avant l'entrée en vigueur du plan de gestion. Afin de mieux refléter la gestion actuelle, il faudrait tenir compte des réductions de mortalités en vigueur aujourd'hui. La réduction du taux d'exploitation civelle a été estimée dans le rapportage 2018 autour de 60 %. Il n'y a en revanche aucune estimation pour les autres sources de mortalité. Nous pouvons alors prendre deux hypothèses extrêmes : aucune réduction (plan inefficace pour les autres sources de mortalités) ou réduction de 60 % du taux d'exploitation pour les pêcheries et de 75 % pour les autres sources de mortalités (pleine atteinte des objectifs du plan de gestion français). Nous obtenons ainsi deux diagrammes de précaution modifiés (Figure 7), ainsi, bien évidemment qu'une vision modifiée des mortalités anthropiques (Figure 6 ; Tableau 6). Dans la vision "pessimiste", aucune UGA ne rejoint les UGA Corse, Meuse et Rhône-Méditerranée, qui avaient déjà des mortalités anthropiques cumulées inférieures à 0,92, la Seine-Normandie étant juste au-dessus de cette limite. Dans la vision "optimiste", l'ensemble des UGA et la France auraient des mortalités anthropiques cumulées inférieures à 0,92. Cela se traduit sur le diagramme de précaution à un rapprochement de la zone orange du bas du graphique (I), voire une entrée dans cette zone pour les UGA Rhône-Méditerranée, Meuse et Rhin.

Tableau 5 : principaux indicateurs reflétant la gestion passée (zone EDA). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

UGA	$B_{\text{current}}$ millers / t	$B_{\text{best}}$ millers / t	$B_0$ millers / t	$\Sigma F$	$\Sigma H$	$\Sigma A$	$B_{\text{current}} / B_{\text{best}}$	$B_{\text{current}} / B_0$
Adour	62 / 17	3769 / 1011	20079 / 5385	3,97	0,13	4,10	1,6%	0,3%
Artois-Picardie	47 / 13	787 / 213	4151 / 1122	2,60	0,22	2,82	6,0%	1,1%
Bretagne	153 / 37	3380 / 824	17960 / 4380	2,99	0,11	3,10	4,5%	0,9%
Corse	35 / 6	39 / 7	210 / 36	0,07	0,06	0,13	88,2%	16,6%
Garonne	412 / 151	9636 / 3536	51125 / 18762	3,02	0,13	3,15	4,3%	0,8%
Loire	365 / 141	18229 / 7042	96869 / 37419	3,84	0,07	3,91	2,0%	0,4%
Meuse	5 / 4	10 / 7	52 / 40	0,29	0,28	0,57	56,5%	10,4%
Rhin	9 / 9	35 / 33	186 / 176	1,24	0,08	1,32	26,6%	5,0%
Rhône-Méditerranée	345 / 103	640 / 191	3404 / 1017	0,39	0,23	0,62	53,9%	10,1%
Seine-Normandie	387 / 160	2193 / 910	11527 / 4783	1,63	0,11	1,74	17,6%	3,4%
TOTAL	1821 / 642	38719 / 13775	205562 / 73121	3,01	0,13	3,14	4,7%	0,9%

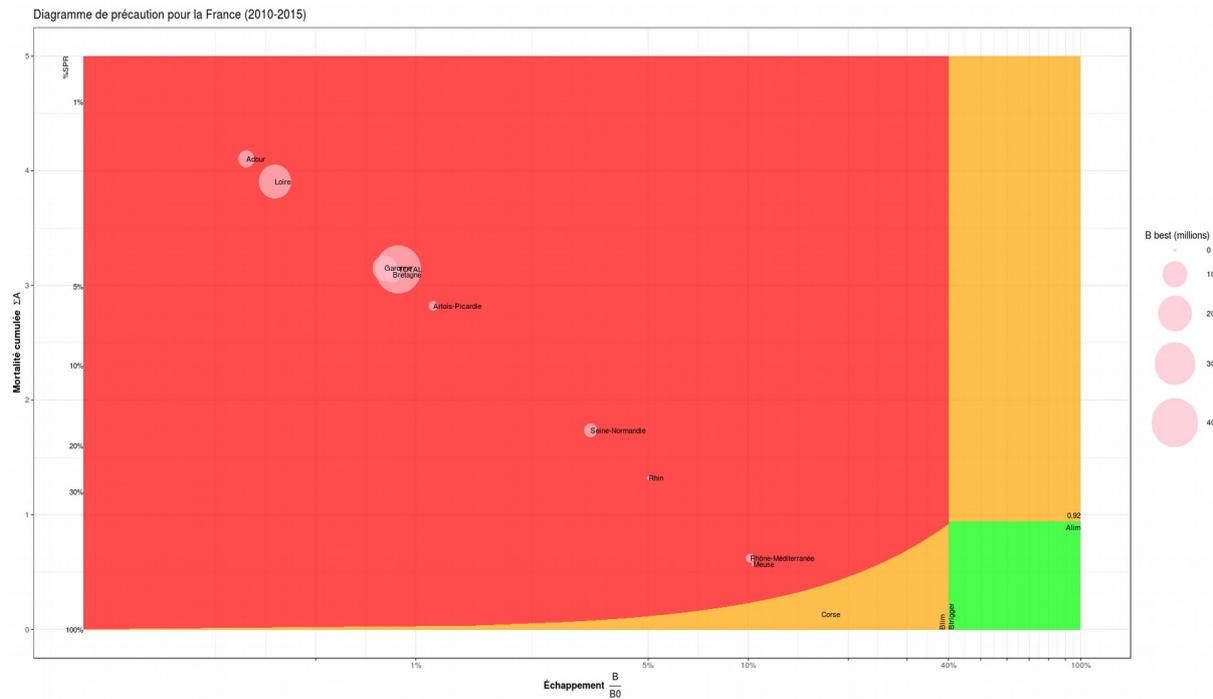


Tableau 6 : principaux indicateurs reflétant la gestion actuelle (zone EDA). Réduction mini = réduction nulle sur les sources de mortalités autre que la pêche de la civelle (-60%) ; réduction maxi = réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

UGA	Réduction mini			Réduction maxi		
	ΣF	ΣH	ΣA	ΣF	ΣH	ΣA
Adour	1,67	0,13	1,80	0,83	0,03	0,86
Artois-Picardie	2,11	0,22	2,33	0,52	0,05	0,57
Bretagne	1,16	0,11	1,27	0,70	0,03	0,73
Corse	0,07	0,06	0,13	0,02	0,01	0,03
Garonne	1,17	0,13	1,30	0,71	0,03	0,74
Loire	1,59	0,07	1,66	0,82	0,02	0,84
Meuse	0,29	0,28	0,57	0,07	0,06	0,13
Rhin	1,24	0,08	1,32	0,21	0,02	0,23
Rhône-Méditerranée	0,39	0,23	0,62	0,09	0,05	0,14
Seine-Normandie	0,83	0,11	0,94	0,46	0,03	0,49
TOTAL	1,36	0,10	1,47	0,74	0,03	0,76

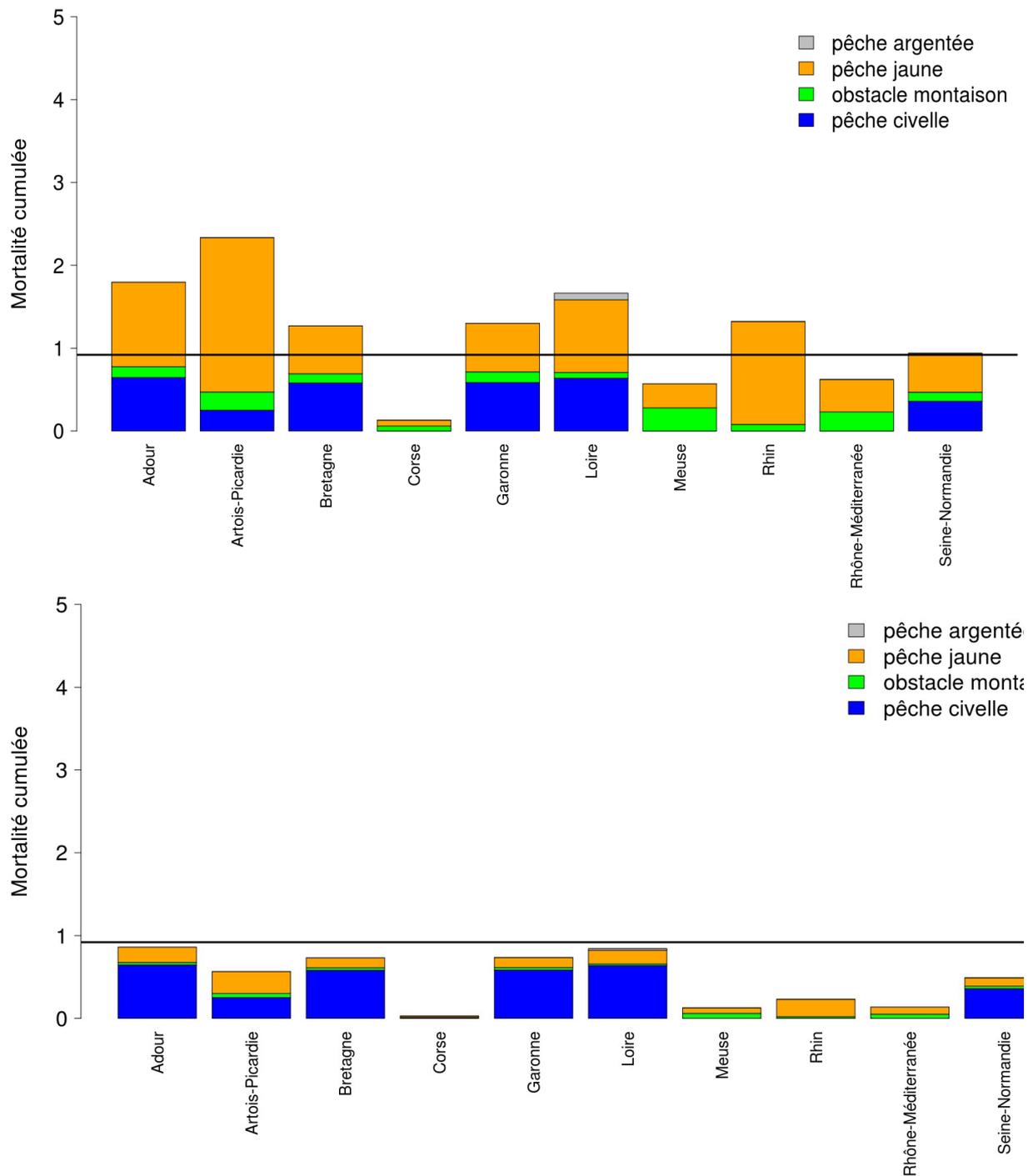


Figure 6 : mortalité "projetée" (zone EDA) pour tenir compte de la réduction actuelle des mortalités suivant deux hypothèses : réduction nulle sur les sources de mortalités autre que la pêche de la civelle (-60 % ; en haut) ou réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles, en bas). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

Diagramme de précaution pour la France (2010-2015)  
mortalité réduite (-60%,-0%,-0%,-0%)

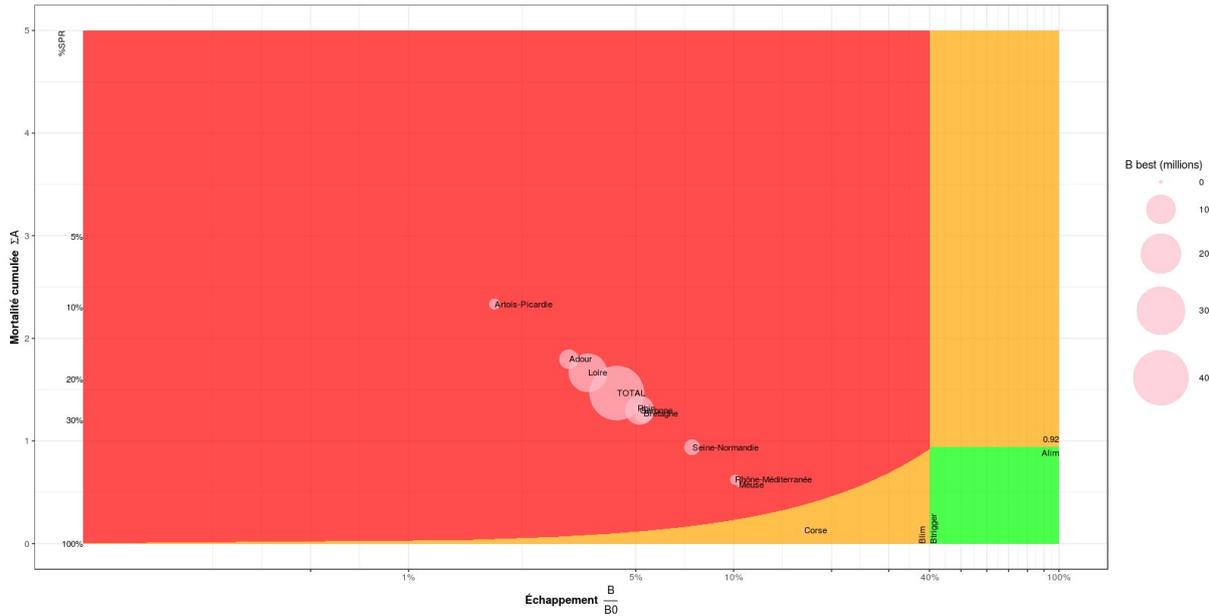


Diagramme de précaution pour la France (2010-2015)  
mortalité réduite (-60%,-60%,-60%,-75%)

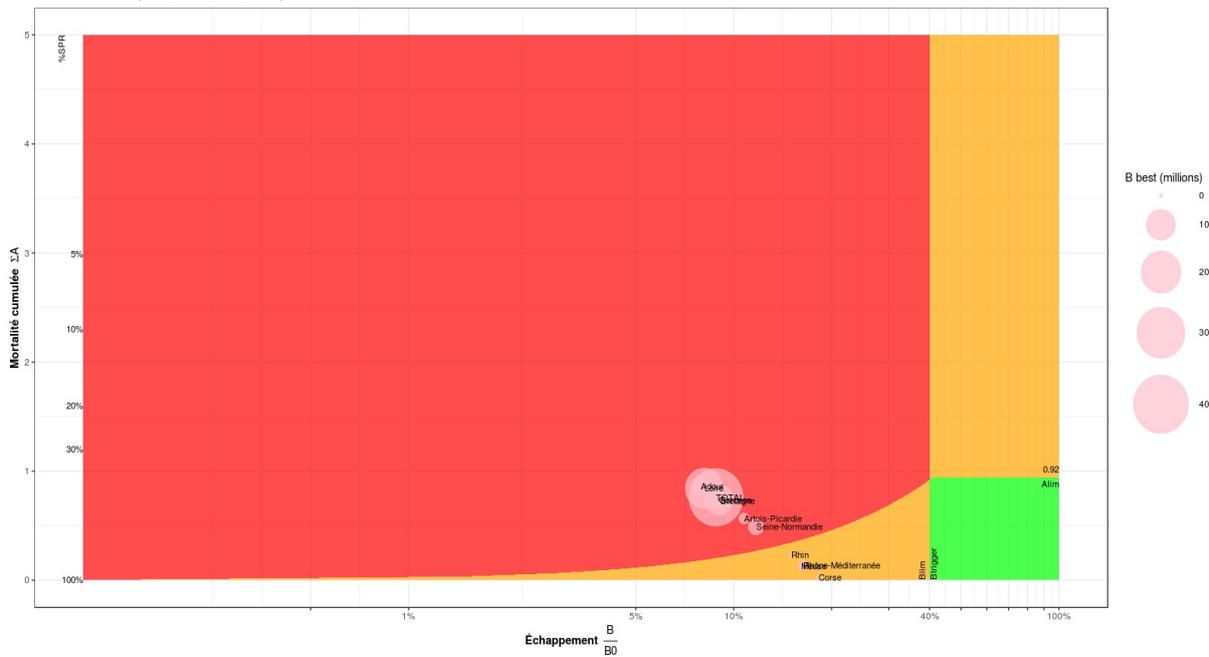


Figure 7 : diagramme de précaution (zone EDA) modifié pour tenir compte de la réduction actuelle des mortalités suivant deux hypothèses : réduction nulle sur les sources de mortalités autre que la pêche de la civelle (-60 % ; en haut) ou réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles, en bas). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

## V. Limites et discussion

La pêche amateur de la civelle n'a pas été enlevée dans les projections. Néanmoins celle-ci ne représentait déjà plus que 5 % de la pêche civellière ce qui, compte tenu des incertitudes sur tous les paramètres, est négligeable.

Comparé à la version de 2012 (Jouanin *et al.*, 2012), cette estimation correspond à une modélisation plus standard de dynamique de population qui est calibrée par l'échappement potentiel (basé sur EDA) et comparée à des résultats indépendants du recrutement (basé sur GEREM).

Nous rappelons ici (voir II) que nous n'avons considéré que les données disponibles, laissant de côté les mortalités non quantifiées. La mortalité anthropique est donc vraisemblablement sous-estimée. Même pour les mortalités considérées, les données utilisées restent des estimations (voir II), très certainement perfectibles.

Nous n'avons considérés ici que la mortalité naturelle n'est pas densité-dépendante. Néanmoins cette

éventualité ne peut être complètement exclue (Vollestad and Jonsson, 1988; Acou *et al.*, 2011), notamment pour les densités les plus fortes. Sous cette hypothèse,  $B_{best}$  et  $B_0$  seraient surestimées. Il faudrait néanmoins imaginer une relation densité-dépendante extrêmement forte pour modifier profondément les résultats donnés au Tableau 5.

La pêche civellière représente la mortalité la plus importante parmi celles prises en compte (Tableau 4 ; Figure 4). Ceci est dû au faible poids moyen d'une civelle (3 000 civelles au kilogramme) et des quantités prélevées importantes (193 t) représentant 579 millions d'individus. La taille et le poids des civelles varient néanmoins de façon importante d'une année à l'autre et au sein d'une année (Desaunay and Guerault, 1997; Dekker, 1998; De Casamajor *et al.*, 2001) allant par exemple de 282,9 mg (Vilaine 1992-1993, soit 3 535 civelles / kg) jusqu'à 447,5 mg (Loire 1976-1977, 2 235 civelles / kg) dans les quelques données référencées par Desaunay et Guérault (1997). Cela peut donc entraîner des variations de plusieurs dizaines de % dans la conversion en nombre d'individu. Nous ne disposons néanmoins d'aucun suivi systématique du poids moyen des civelles permettant d'affiner ce point.

La mortalité naturelle à ce stade est importante, considérée comme égale à 80 % ici. Néanmoins cette mortalité est très peu documentée. Si elle était plus importante, cela diminuerait l'importance de la mortalité par pêche et inversement. Enfin nous considérons ici que la mortalité par pêche et la mortalité naturelle sont simultanées durant tout le stade civelle. Un calcul séquentiel de ces mortalités changerait considérablement l'évaluation de la mortalité par pêche, à la hausse si on suppose que la mortalité par pêche s'applique après la mortalité naturelle (civelles pêchées en fin de phase de recrutement à l'amont des estuaires) à la baisse si elle a lieu avant (les civelles sont pêchées dès leur entrée dans le milieu continental et subissent la mortalité naturelle après).

Beaulaton et Briand (2007) évaluent les mortalités par pêche au stade civelle sur la Vilaine (1999-2004) et la Gironde (1999) à respectivement 2,90 et 0,25 en prenant en compte l'aspect temporel et spatial des mortalités. Même s'il est difficile de comparer directement à nos estimations qui sont à l'échelle de l'UGA (2,41 en Bretagne et 2,43 en Garonne), cela semble plutôt montrer une mortalité par pêche moins importante que ce que nous avons évalué dans cette étude.

Il n'existe pas, à notre connaissance, d'estimation des mortalités par pêche au stade anguille jaune à l'échelle d'un bassin dans son entier et encore moins d'une UGA. Elles peuvent être localement très forte (Lambert *et al.*, 2006). De même, il n'y a pas d'estimation de la mortalité due aux obstacles à la montaison, même au niveau local. Enfin pour la mortalité par pêche au stade argentée, Acou *et al.* (2014) montrent que la pêche argentée de la Loire présente un taux d'exploitation entre 13 et 22 % pour la saison 2013-2014. Cela est compatible avec notre estimation mortalité de 0,07 pour l'ensemble de l'UGA (les estimations d'EDA et du flux d'argentées de Acou *et al.* (2014) sont proches).

## VI. Élargissement au-delà des zones couvertes par EDA

Le rapportage 2015 (chapitre 1.2.2) propose une estimation des productions d'argentées en dehors des zones couvertes par EDA (marais, lacs, lagunes, ...). Par ailleurs, Beaulaton *et al.* (2010) donnent une revue des données disponibles pour les marins pêcheurs en 2007 et 2008. Beaulaton *et al.* (2016) donnent également les captures des marins pêcheurs pour la période 2012-2015.

Ces données permettent d'appliquer la même démarche que précédemment sur toute la France. Néanmoins, compte tenu des différences notables de croissance en lagune méditerranéennes, ce cas sera traité à part.

Tableau 7 : données additionnelles de captures (jaune et argentées) et biomasses d'argentées pour les lagunes, les zones côtières et estuariennes non couvertes par EDA (voir texte)

		Rhin	Meuse	Artois ...	Seine ...	Bretagne	Loire ...	Garonne ...	Adour ...	Rhône ...	Corse	Total
jaune	pêche pro (kg)	-	-	1 700	7 290	7 300	20 716	25 950	1 050	294 000	31 000	389 006
argentée	pêche pro (kg)	-	-	-	-	-	-	-	-	165 352	3 077	168 429
	biomasse + (nb)	0	0	223 186	283 483	655 858	683 309	882 648	176 742	7 866 223	398 512	11 169 961

### VI.1. Estimation sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes

Par rapport aux estimations données plus haut (voir IV), les seules modifications concernent le rajout (voir tableau 7) des estimations de production dans chaque UGA pour les zones humides littorales et les captures des marins-pêcheurs pour l'anguille jaune (période 2007-2008, poids moyen de 150g).

Les tableaux 8 à 10 et les figures 8 à 11 donnent l'équivalent des résultats obtenus au chapitre IV avec l'élargissement de la zone de calcul. Parmi les principales différences, on note un échappement ( $N_{current}$ ) plus grand lié à la prise en compte des productions des nouvelles zones. On note également que le recrutement ajusté est plus important et par conséquent que les mortalités anthropiques sont plus faibles ( $\Sigma A = 2,27$  contre 3,14 pour la France).

**Tableau 8 : Synthèse des résultats sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes**

	Recrutement %GEREM	Ft civelle Millions (%France)	post civelle Millions (%France)	Ht barrage	Ft jaune	Npotentiel Milliers (%France)	Ft argentée	N current Milliers (%France)	ΣA	
Rhin		1,0 (0,1%)	0	0,18 (0,5%)	0,08	1,24	9,3 (0,2%)	0	9,3 (0,2%)	1,32
Meuse		0,25 (0,02%)	0	0,05 (0,1%)	0,28	0,29	5,4 (0,1%)	0	5,4 (0,1%)	0,57
Artois-Picardie	130%	25 (2,3%)	0,55	2,92 (7,9%)	0,04	0,71	270 (5,7%)	0	270 (5,7%)	1,30
Seine-Normandie	92%	65 (5,8%)	0,93	5,08 (14%)	0,06	0,33	670 (14%)	0	670 (14%)	1,32
Bretagne	19%	111 (10%)	1,48	5,01 (13,6%)	0,02	0,17	809 (17%)	0	809 (17,1%)	1,67
Loire	64%	501 (45%)	2,4	9,09 (25%)	0,03	0,47	1079 (23%)	0,03	1049 (22%)	2,93
Garonne	50%	283 (26%)	1,81	9,26 (25%)	0,04	0,29	1295 (27%)	0	1295 (27%)	2,14
Adour	108%	105 (9%)	2,4	1,91 (5,2%)	0,04	0,41	239 (5%)	0	239 (5,1%)	2,85
Rhône-Méditerranée	32%	16 (1,5%)	0	3,26 (9%)	0,23	0,39	345 (7%)	0	345 (7%)	0,62
Corse	4,1%	1,0 (0,1%)	0	0,20 (0,5%)	0,06	0,07	35 (0,7%)	0	35 (0,7%)	0,13
France	51%	1109	1,84	37	0,05	0,37	4757	0,01	4726	2,27

**Tableau 9 : principaux indicateurs reflétant la gestion passée (sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).**

UGA	Bcurrent milliers / t	Bbest milliers / t	B0 milliers / t	ΣF	ΣH	ΣA	Bcurrent / Bbest	Bcurrent / B0
Adour	239 / 64	4109 / 1102	21902 / 5874	2,81	0,04	2,85	5,8%	1,1%
Artois-Picardie	270 / 73	994 / 269	5245 / 1418	1,26	0,04	1,30	27,2%	5,1%
Bretagne	809 / 197	4343 / 1059	23075 / 5627	1,66	0,02	1,68	18,6%	3,5%
Corse	35 / 6	39 / 7	210 / 36	0,07	0,06	0,13	88,2%	16,6%
Garonne	1295 / 475	11123 / 4082	59017 / 21658	2,11	0,04	2,15	11,6%	2,2%
Loire	1049 / 405	19670 / 7598	104421 / 40337	2,90	0,03	2,93	5,3%	1,0%
Meuse	5 / 4	10 / 7	52 / 40	0,29	0,28	0,57	56,5%	10,4%
Rhin	9 / 9	35 / 33	186 / 176	1,24	0,08	1,32	26,6%	5,0%
Rhône-Méditerranée	345 / 103	640 / 191	3404 / 1017	0,39	0,23	0,62	53,9%	10,1%
Seine-Normandie	670 / 278	2539 / 1054	13351 / 5541	1,27	0,06	1,33	26,4%	5,0%
TOTAL	4726 / 1615	43502 / 15402	230864 / 81724	2,21	0,05	2,27	10,9%	2,0%

**Tableau 10 : principaux indicateurs reflétant la gestion actuelle (sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes). Réduction mini = réduction nulle sur les sources de mortalités autre que la pêche de la civelle (-60%) ; réduction maxi = réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).**

UGA	Réduction mini			Réduction maxi		
	ΣF	ΣH	ΣA	ΣF	ΣH	ΣA
Adour	0,99	0,04	1,03	0,67	0,01	0,68
Artois-Picardie	0,91	0,04	0,95	0,34	0,01	0,35
Bretagne	0,60	0,02	0,62	0,47	0,00	0,47
Corse	0,07	0,06	0,13	0,02	0,01	0,03
Garonne	0,78	0,04	0,82	0,56	0,01	0,57
Loire	1,08	0,03	1,11	0,69	0,01	0,70
Meuse	0,29	0,28	0,57	0,07	0,06	0,13
Rhin	1,24	0,08	1,32	0,21	0,02	0,23
Rhône-Méditerranée	0,39	0,23	0,62	0,09	0,05	0,14
Seine-Normandie	0,64	0,06	0,70	0,38	0,01	0,39
TOTAL	0,89	0,04	0,93	0,59	0,01	0,60

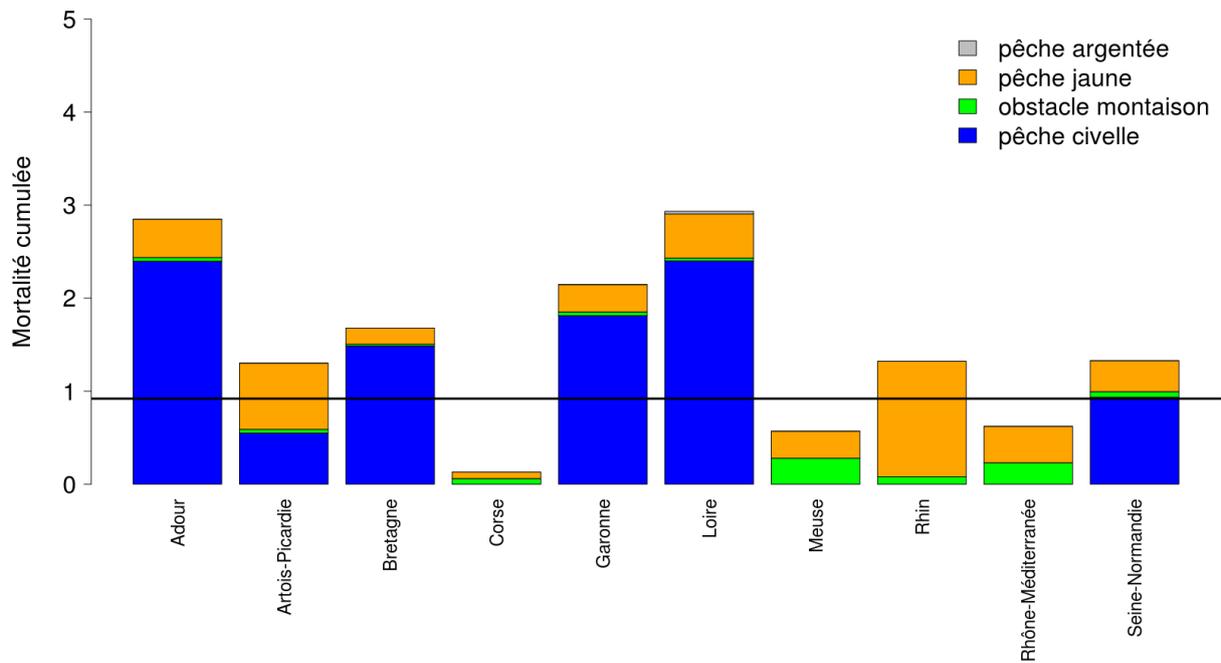


Figure 8 : Mortalité anthropique par source et UGA (sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes). Le trait horizontal représente la valeur 0.92 donnée par le CIEM comme la mortalité limitée. Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

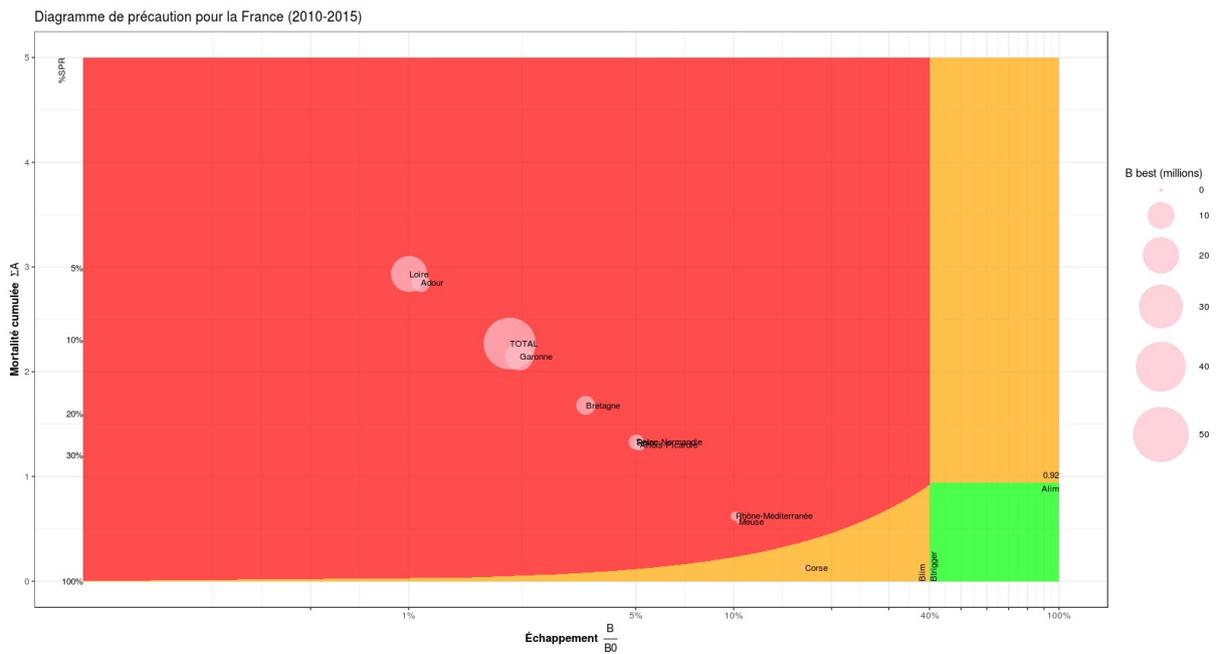


Figure 9 : Diagramme de précaution reflétant la gestion passée (sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

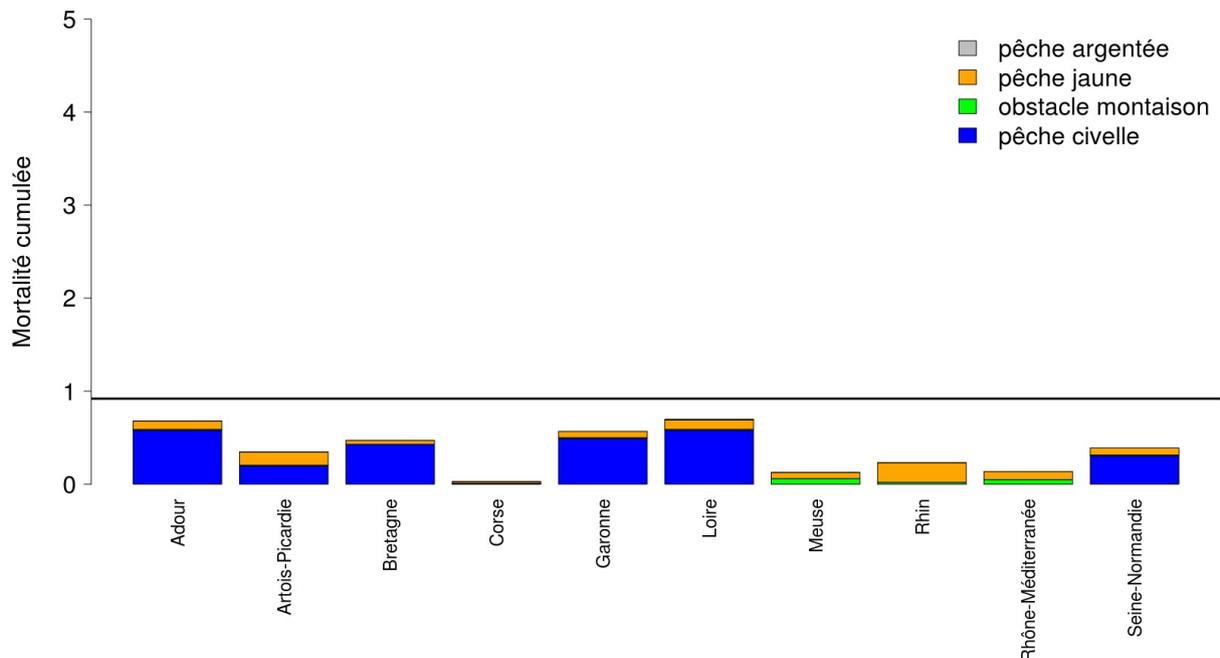


Figure 10 : mortalité "projetée" (sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes) pour tenir compte de la réduction actuelle des mortalités suivant l'hypothèse : réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

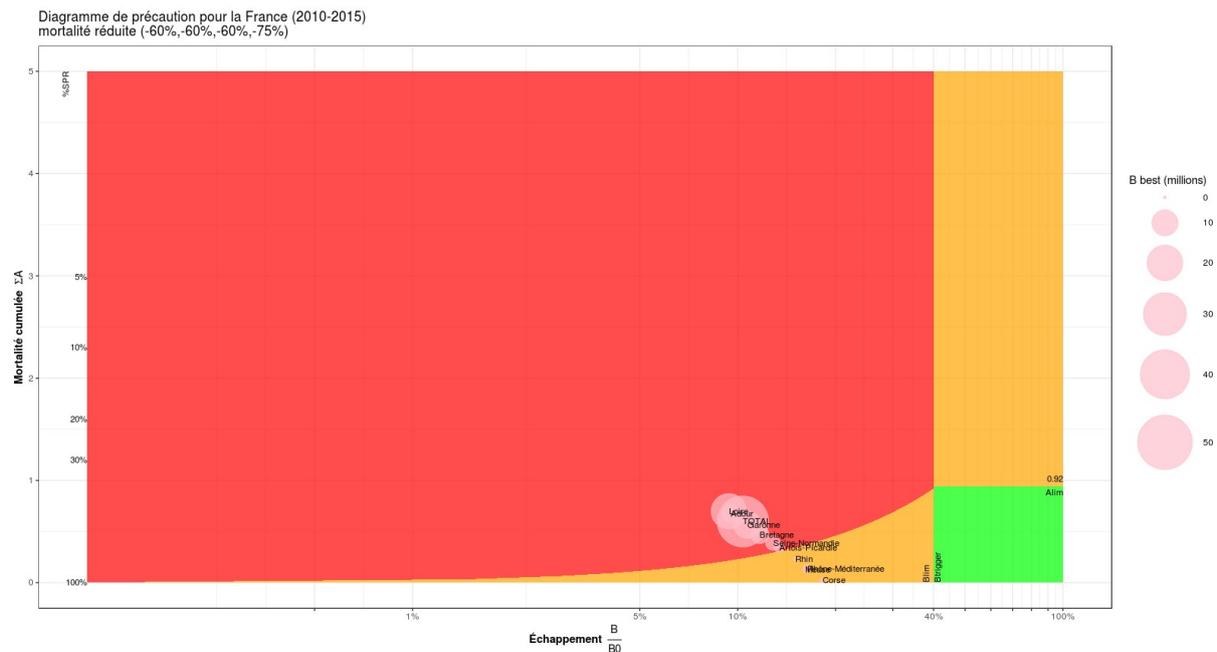


Figure 11 : diagramme de précaution (sur toute la France, hors lagunes méditerranéennes) modifié pour tenir compte de la réduction actuelle des mortalités suivant l'hypothèse : réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

## VI.2. Estimation pour les lagunes méditerranéennes

Les lagunes méditerranéennes sont traitées séparément compte tenu de leur dynamique particulière. En effet la croissance y est très forte et nous considérons que l'âge d'entrée dans la pêcherie est de 2 ans et d'argenture de 4 ans (Melia *et al.*, 2006). Par ailleurs, les données ayant servi à établir la production en argentées proviennent d'expérimentations réalisées en 2007 (Amilhat *et al.*, 2008) et 2009 (Charrier *et al.*, 2012). Nous prenons donc les données de pêcheries de 2007-2008 pour les jaunes (Beaulaton *et al.*, 2010) avec un poids moyen de 100 g et, faute d'avoir ces données pour 2007-2008, la moyenne 2003-2005 (Beaulaton *et al.*, 2010) et 2012 (Beaulaton *et al.*, 2016), avec un poids moyen de 150 g. Le tableau 7 donne les données additionnelles considérées, c'est à dire une estimation ponctuelle des biomasses d'argentées produites et des captures. Les résultats sont synthétisés aux tableaux 11 à 13 et aux figures 12 et 13.

**Tableau 11 : Synthèse des résultats pour les lagunes méditerranéennes**

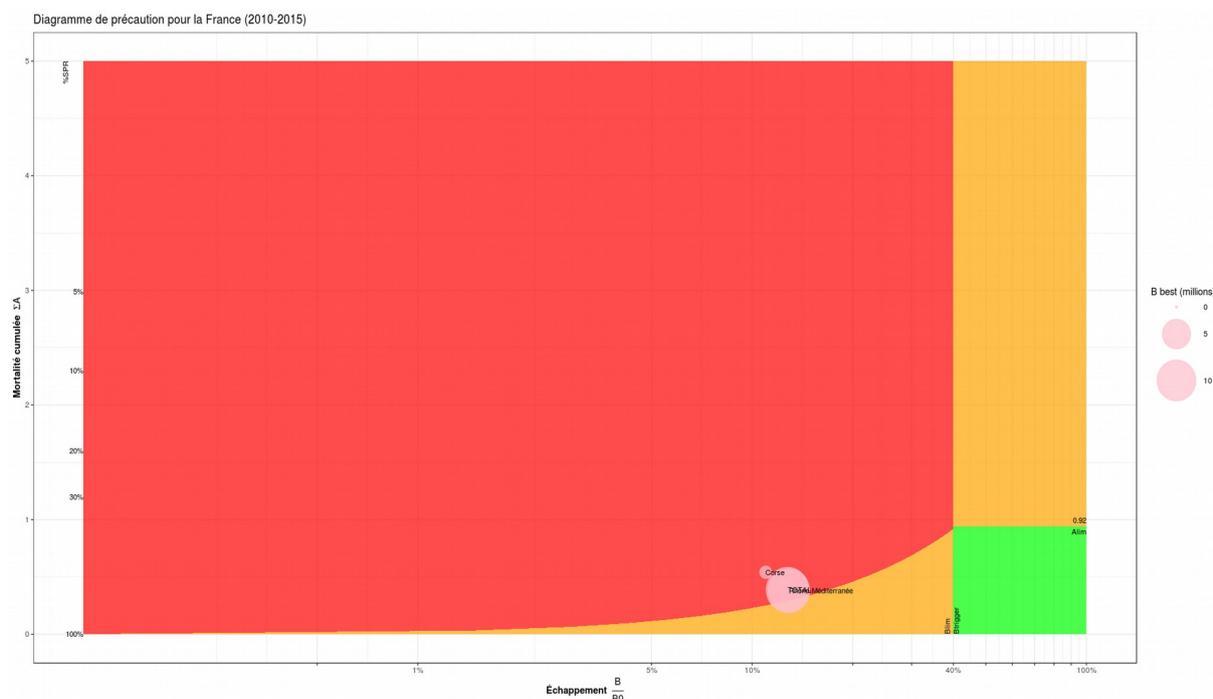
	Recrutement %GEREM	Ft civelle Millions (%France)	post civelle Millions (%France)	Ht barrage	Ft jaune	Npotential Milliers (%France)	Ft argentée	N current Milliers (%France)	ΣA
Rhône-Méditerranée	191%	97 (94,4%)	0	0	0,25	8969 (96%)	0,13	7866 (95%)	0,38
Corse	23,4%	5,8 (5,6%)	0	0	0,49	419 (4,5%)	0,05	399 (4,8%)	0,54
Total Lagunes	5%	102	0	0	0,26	9388	0,13	8265	0,39

**Tableau 12 : principaux indicateurs reflétant la gestion passée (pour les lagunes méditerranéennes). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).**

UGA	Bcurrent milliers / t	Bbest milliers / t	B0 milliers / t	ΣF	ΣH	ΣA	Bcurrent / Bbest	Bcurrent / B0
Rhône-Méditerranée	7866 / 2350	11505 / 3437	61134 / 18262	0,38	0,00	0,38	68,4%	12,9%
Corse	399 / 69	685 / 118	3632 / 627	0,54	0,00	0,54	58,2%	11,0%
TOTAL	8265 / 3924	12190 / 18759	64766 / 99560	0,39	0,00	0,39	67,8%	12,8%

**Tableau 13 : principaux indicateurs reflétant la gestion actuelle (pour les lagunes méditerranéennes). Réduction mini = réduction nulle sur les sources de mortalités autre que la pêche de la civelle ; réduction maxi = réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).**

UGA	Réduction mini			Réduction maxi		
	ΣF	ΣH	ΣA	ΣF	ΣH	ΣA
Rhône-Méditerranée	0,38	0,00	0,38	0,09	0,00	0,09
Corse	0,54	0,00	0,54	0,12	0,00	0,12
TOTAL	0,39	0,00	0,39	0,09	0,00	0,09



**Figure 12 : Diagramme de précaution reflétant la gestion passée (pour les lagunes méditerranéennes). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).**

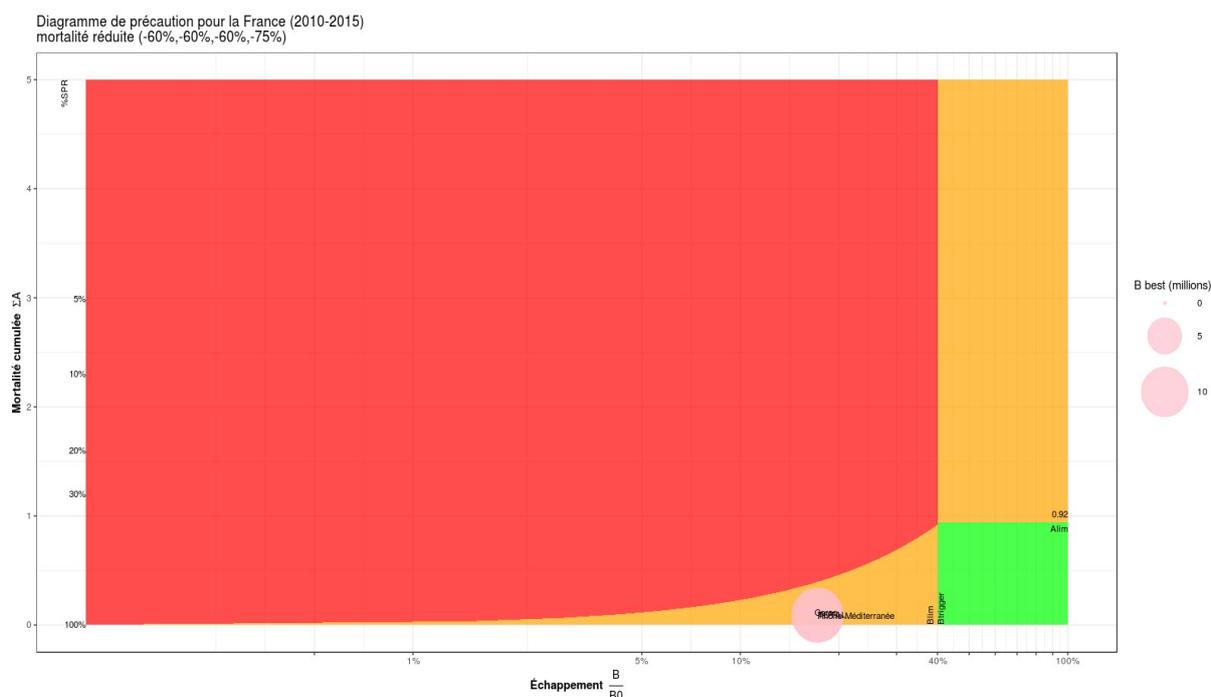


Figure 13 : diagramme de précaution (pour les lagunes méditerranéennes) modifié pour tenir compte de la réduction actuelle des mortalités suivant l'hypothèse : réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

### VI.3. Estimation pour toute la France

La combinaison des résultats des deux paragraphes précédents, donne une estimation qui couvre l'ensemble de la France. Les règles d'agrégation ont été données par Dekker (2010) et repris par ICES (2010) : les biomasses s'additionnent et les mortalité moyennes sont calculées en pondérant les données par  $B_{best}$ .

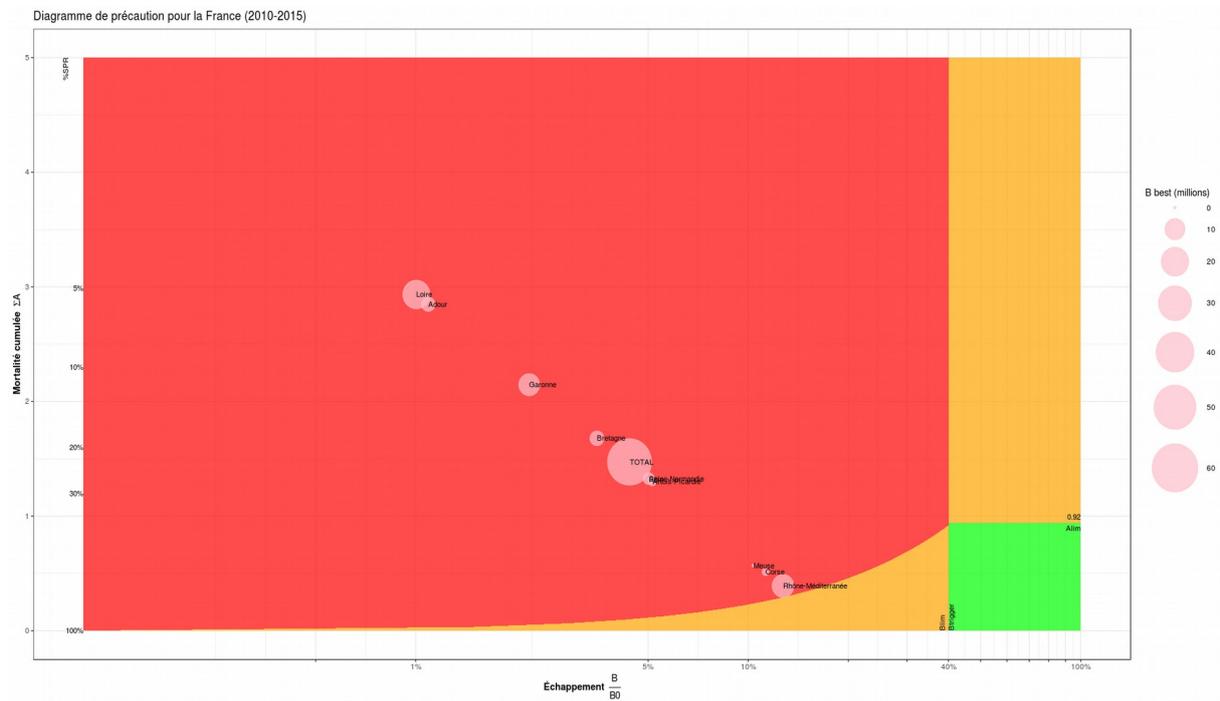
Les tableaux 14 et 15 et les figures 14 et 15 résument les résultats obtenus. On notera que quel que soit l'hypothèse de réduction de mortalité, la mortalité anthropique totale ( $\Sigma A$ ) française est bien en dessous de 0,92 et dans l'hypothèse de réduction la plus optimiste (conforme au plan de gestion), l'ensemble des UGA est aussi en dessous de ce seuil.

Tableau 14 : principaux indicateurs reflétant la gestion passée (pour la France entière). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

UGA	Bcurrent millers / t	Bbest millers / t	B0 millers / t	$\Sigma F$	$\Sigma H$	$\Sigma A$	Bcurrent / Bbest	Bcurrent / B0
Adour	239 / 64	4109 / 1102	21902 / 5874	2,81	0,04	2,85	5,8%	1,1%
Artois-Picardie	270 / 73	994 / 269	5245 / 1418	1,26	0,04	1,30	27,2%	5,1%
Bretagne	809 / 197	4343 / 1059	23075 / 5627	1,66	0,02	1,68	18,6%	3,5%
Corse	433 / 75	724 / 125	3842 / 663	0,51	0,00	0,51	59,8%	11,3%
Garonne	1295 / 475	11123 / 4082	59017 / 21658	2,11	0,04	2,15	11,6%	2,2%
Loire	1049 / 405	19670 / 7598	104421 / 40337	2,90	0,03	2,93	5,3%	1,0%
Meuse	5 / 4	10 / 7	52 / 40	0,29	0,28	0,57	56,5%	10,4%
Rhin	9 / 9	35 / 33	186 / 176	1,24	0,08	1,32	26,6%	5,0%
Rhône-Méditerranée	8211 / 2453	12145 / 3628	64538 / 19279	0,38	0,01	0,39	67,6%	12,7%
Seine-Normandie	670 / 278	2539 / 1054	13351 / 5541	1,27	0,06	1,33	26,4%	5,0%
TOTAL	12991 / 4033	55692 / 18957	295630 / 100613	1,45	0,04	1,47	23,3%	4,4%

**Tableau 15 : principaux indicateurs reflétant la gestion actuelle (pour la France entière). Réduction mini = réduction nulle sur les sources de mortalités autre que la pêche de la civelle (-60%) ; réduction maxi = réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).**

UGA	Réduction mini			Réduction maxi		
	$\Sigma F$	$\Sigma H$	$\Sigma A$	$\Sigma F$	$\Sigma H$	$\Sigma A$
Adour	0,99	0,04	1,03	0,73	0,02	0,75
Artois-Picardie	0,91	0,04	0,95	0,43	0,02	0,45
Bretagne	0,60	0,02	0,62	0,50	0,01	0,51
Corse	0,51	0,00	0,51	0,11	0,00	0,11
Garonne	0,78	0,04	0,82	0,60	0,02	0,62
Loire	1,08	0,03	1,11	0,76	0,01	0,77
Meuse	0,29	0,28	0,57	0,11	0,10	0,21
Rhin	1,24	0,08	1,32	0,36	0,03	0,39
Rhône-Méditerranée	0,38	0,01	0,39	0,09	0,00	0,09
Seine-Normandie	0,64	0,06	0,70	0,43	0,02	0,45
<b>TOTAL</b>	<b>0,68</b>	<b>0,03</b>	<b>0,70</b>	<b>0,46</b>	<b>0,01</b>	<b>0,46</b>



**Figure 14 : Diagramme de précaution reflétant la gestion passée (pour la France entière). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).**

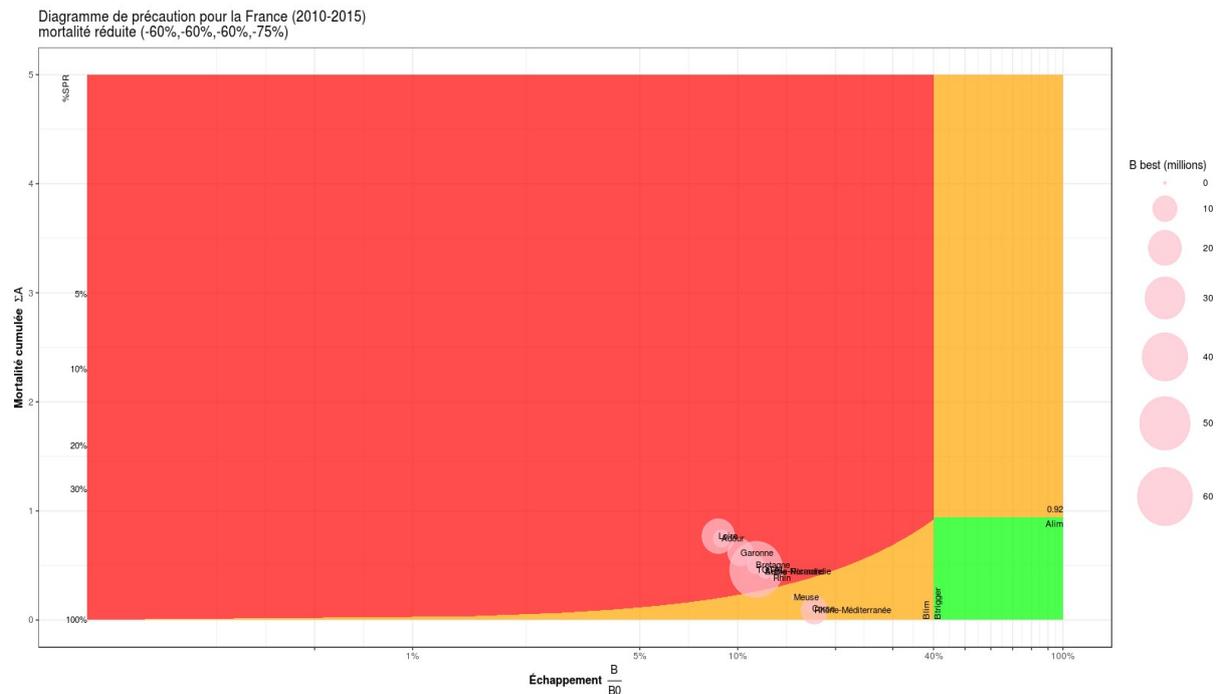


Figure 15 : diagramme de précaution (pour la France entière) modifié pour tenir compte de la réduction actuelle des mortalités suivant l'hypothèse : réduction conforme au plan de gestion (-60 % pour la pêche et -75 % pour les obstacles). Seules les mortalités quantifiées sont figurées (voir texte).

## VI.4. Discussion

À partir des estimations disponibles de production d'anguilles argentées, il est possible d'agréger les informations des différents milieux pour avoir une vision synthétique couvrant tous les milieux et à l'échelle de la France. La prise en compte des milieux les plus productifs semble montrer que les résultats fournis dans la première partie de cette étude et lors du précédent rapportage (voir IV) auraient tendance à surestimer la valeur des mortalités anthropiques étudiées.

Si ce travail constitue une avancée pour une évaluation plus globale, il reste néanmoins limité par la qualité des informations. EDA fournit des estimations par UGA et par an, qui peuvent être comparées à des estimations indépendantes des échappements d'anguilles argentées. *A contrario* les estimations pour les autres milieux restent des ordres de grandeur (donc peu précis), même s'ils ont le mérite de montrer quels sont les milieux les plus productifs et de relativiser les échappements calculés sur les zones EDA. Ces estimations ne remplacent néanmoins pas un travail plus précis à mener sur les zones où les stocks peuvent être important et/ou sur lesquels des mortalités importantes peuvent s'exercer.

Dans les deux cas (travail restreint aux zones EDA ou englobant tous les milieux), les estimations de mortalité sont tributaires aussi de la fiabilité des chiffres de captures et de l'impact des obstacles à la migration. Les captures ne sont pas disponibles toutes les années et pour toutes les catégories. De plus certaines catégories de pêcheurs restent peu étudiées, malgré un impact qui pourrait être fort : 700 t pour la pêche de loisir en milieu fluvial (rapportage 2015) et 300 t<sup>2</sup> la pêche de loisir en milieu marin (Le Goff *et al.*, 2012).

Enfin, de nombreuses sources de mortalité ne sont pas incluses faute d'avoir des données quantitatives à l'échelle de toutes les UGA. Parmi celles-ci, certaines sont clairement identifiées et ponctuellement estimées, comme par exemple les turbines (voir pour des exemples d'évaluation à l'échelle de grands bassins : Briand *et al.*, 2015; Thinus and Guillot, 2016), alors que d'autres demeurent largement inconnues voire débattues (par exemple les parasites invasifs : Lefebvre *et al.*, 2013; ou les PCB : Freese *et al.*, 2015). La mortalité totale anthropique ( $\Sigma A$ ) calculée ici doit donc être vue comme un minimum.

## VII. Bibliographie

- Acou, A., Rivot, E., Van Gils, J. A., Legault, A., Ysnel, F., and Feunteun, E. 2011. Habitat carrying capacity is reached for the European eel in a small coastal catchment: evidence and implications for managing eel stocks. *Freshwater Biology*, 56: 952–968.
- Acou, A., Trancart, T., and Feunteun, E. 2014. Inter-annual trend in recent years (2001-2012) of population size and reproductive potential of silver-phase European eels in the Loire river, France. Québec, Canada.
- Amilhat, E., Farrugio, H., Lecomte-Finiger, R., Simon, G., and Sasal, P. 2008. Silver eel population size and escapement in a Mediterranean lagoon: Bages-Sigean, France. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2009005>.
- Beaulaton, L., and Briand, C. 2007. Effect of management measures on glass eel escapement. *ICES Journal of Marine Science*, 64: 1402–1413.
- Beaulaton, L., Briand, C., Castelnaud, G., De Casamajor, N. M., Lambert, P., and Kreutzenberger, K. 2010. Report on the eel stock and fishery un France 2009/10. *In* Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), pp. 555–625.
- Beaulaton, L., Briand, C., Lambert, P., Castelnaud, G., Drouineau, H., Chapon, P.-M., Pénil, C., *et al.* 2014. Report on the eel stock and fishery in France 2013/2014. *In* Report of the Joint EIFAAC/ICES/GFCM Working Group on Eel, pp. 308–362.
- Beaulaton, L., Briand, C., Lambert, P., Castelnaud, G., Drouineau, H., Chapon, P.-M., Pénil, C., *et al.* 2016. Report on the eel stock, fishery and other impacts in France 2016. *In* Report of the Working Group on Eels (WGEEL), pp. 200–239.
- Beverton, R. J. H., and Holt, S. J. 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Her majesty's stationery Office, London. 553 p. pp.
- Briand, C., Bardonnnet, A., and Rigaud, C. 2008. Connaissances et recommandations scientifiques du Groupe anguille du Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Poissons Amphihalins (GIS GRISAM) pour la mise en oeuvre française du règlement européen visant à restaurer le stock d'anguille. Convention avec le Ministère de l'Agriculture et des Pêches. GRISAM.
- Briand, C., Legrand, M., Chapon, P.-M., Beaulaton, L., Germis, G., Arago, M.-A., Besse, T., *et al.* 2015. Mortalité cumulée des saumons et des anguilles dans les turbines du bassin Loire Bretagne. IAV, Logrami, ONEMA, BGM. [http://www.eptb-vilaine.fr/site/telechargement/migrateurs/publis/Briand\\_et\\_al\\_2015\\_mortalite\\_cumulee\\_saumon\\_anguilles\\_v0.3.1.pdf](http://www.eptb-vilaine.fr/site/telechargement/migrateurs/publis/Briand_et_al_2015_mortalite_cumulee_saumon_anguilles_v0.3.1.pdf).
- Briand, C., Chapon, P.-M., Beaulaton, L., Drouineau, H., and Lambert, P. 2018. Eel density analysis (EDA 2.2.1). Escapement of silver eels (*Anguilla anguilla*) from French rivers. 2018 report. EPTB-Vilaine, AFB-Inra, Irstea.
- Castelnaud, G., Guerault, D., Desaunay, Y., and Elie, P. 1994. Production et abondance de la civelle en France au début des années 90. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 335: 263–287.
- Charrier, F., Mazel, V., Caraguel, J.-M., Abdallah, Y., Le Gurun, L. L., Legault, A., and Laffaille, P. 2012. Escapement of silver-phase European eels, *Anguilla anguilla*, determined from fishing activities in a Mediterranean lagoon (Or, France). *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 69: 30–33.
- De Casamajor, N. M., Lecomte-Finiger, R., and Prouzet, P. 2001. Détermination de l'état d'amaigrissement des civelles (*Anguilla anguilla*) en migration en zone côtière et estuarienne. *Comptes Rendus De L Academie Des Sciences Serie Iii-Sciences De La Vie-Life Sciences*, 324: 345–353.
- Dekker, W. 1998. Long-term trends in the glasseels immigrating at Den Oever, the Netherlands. *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*, 349: 199–214.
- Dekker, W. 2010. Post-evaluation of eel stock management - a methodology under construction.
- Desaunay, T., and Guérault, D. 1997. Seasonal and long-term changes in biometrics of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystem productivity. *Journal of Fish Biology*, 51 (Supplement A): 317–339.

- Desaunay, Y., and Guerault, D. 1997. Seasonal and long term changes in biometric of eel larvae: a possible relationship between recruitment variation and North Atlantic ecosystem productivity. *Journal of Fish Biology*, 51: 317–339.
- Drouineau, H., Briand, C., Lambert, P., and Beaulaton, L. 2016. GEREM (Glass Eel Recruitment Estimation Model): A model to estimate glass eel recruitment at different spatial scales. *Fisheries Research*, 174: 68–80.
- Freese, M., Sühling, R., Pohlmann, J.-D., Wolschke, H., Magath, V., Ebinghaus, R., and Hanel, R. 2015. A question of origin: dioxin-like PCBs and their relevance in stock management of European eels. *Ecotoxicology*, 25: 41–55.
- ICES. 2010. Report of the Study Group on International Post-Evaluation on Eels (SGIPEE). ICES CM 2010/SSGEF:20. ICES.
- ICES. 2011a. Report of the Study Group on International Post-Evaluation on Eels (SGIPEE). ICES CM 2011/SSGEF:13. ICES, London, UK.
- ICES. 2011b. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL). ICES CM 2011/ACOM:18. Lisbon, Portugal.
- ICES. 2013. Report of the workshop on the evaluation progress eel management plans (WKEPEMP). ICES CM 2013/ACOM:32. Copenhagen, Denmark.
- Jouanin, C., Briand, C., Beaulaton, L., and Lambert, P. 2012. Eel Density Analysis (EDA 2.x). Un modèle statistique pour estimer l'échappement des anguilles argentées (*Anguilla anguilla*) dans un réseau hydrographique. Onema, Irstea. <http://cemadoc.irstea.fr/cemoa/PUB00036398>.
- Lambert, P., Beaulaton, L., Daverat, F., and Rigaud, C. 2006. Assessment of eel stock status in Garonne and Dordogne water bodies by analysing length structures. ICES Annual Science Conference, Annual science conference, ICES CM 2006/J: 07. ICES, Maastricht, Netherland.
- Le Goff, R., Morizur, Y., Levrel, H., Biseau, A., Véron, G., Drogou, M., Laurans, M., *et al.* 2012. Notice relative à la pêche maritime de loisir et sa gestion. Ifremer.
- Lefebvre, F., Fazio, G., Mounaix, B., and Crivelli, A. J. 2013. Is the continental life of the European eel *Anguilla anguilla* affected by the parasitic invader *Anguillicoloides crassus*? *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280. <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/280/1754/20122916> (Accessed 25 March 2013).
- Melia, P., Bevacqua, D., Crivelli, A. J., De Leo, G. A., Panfili, J., and Gatto, M. 2006. Age and growth of *Anguilla anguilla* in the Camargue lagoons. *Journal of Fish Biology*, 68: 876–890.
- Ricker, W. E. 1980. Calcul et interprétation des statistiques biologiques des populations de poissons. Bulletin 191F. Ministère des pêches et des Océans, Ottawa.
- Thinus, Z., and Guillot, F. 2016. Impact à la dévalaison de l'anguille des centrales hydroélectriques de grande capacité de l'aval de la Seine. Rapport de synthèse. CEREMA.
- Vollestad, L. A., and Jonsson, B. 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: Evidence for density-dependant mortality, and development of a model for predicting yield. *Journal of Animal Ecology*, 57: 983–997.

Avec le soutien financier de

**AGENCE FRANÇAISE  
POUR LA BIODIVERSITÉ**  
ÉTABLISSEMENT PUBLIC DE L'ÉTAT



[www.afbiodiversite.fr](http://www.afbiodiversite.fr)

[www.eptb-vilaine.fr](http://www.eptb-vilaine.fr)

[www.inra.fr](http://www.inra.fr)