



HAL
open science

RENOSAUM : Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne Rapport final

Etienne Prévost, Clément Lebot

► **To cite this version:**

Etienne Prévost, Clément Lebot. RENOSAUM : Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne Rapport final. OFB; INRAE; UPPA; Association Bretagne Grands Migrateurs. 2022, 146 p. hal-04055849

HAL Id: hal-04055849

<https://hal.inrae.fr/hal-04055849v1>

Submitted on 3 Apr 2023

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.



RENOSAUM

Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne

Rapport final

Etienne PREVOST & Clément LEBOT

Avril-2022

• AUTEURS

Etienne PREVOST, Université de Pau et des Pays de l'Adour, e2s UPPA, INRAE, OFB, Institut Agro, ECOBIOP, Pôle pour la gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, Saint-Pée-sur-Nivelle, etienne.prevost@inrae.fr

Clément LEBOT, Université de Pau et des Pays de l'Adour, e2s UPPA, INRAE, OFB, Institut Agro, ECOBIOP, Pôle pour la gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, Saint-Pée-sur-Nivelle, clement.lebot@institut-agro.fr

• CONTRIBUTEURS

Laurent BEAULATON, Chef du pôle OFB-INRAE-Institut Agro-UPPA pour la gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, Rennes, laurent.beaulaton@ofb.gouv.fr

Marie-Andrée ARAGO, DIR Bretagne-Pays de la Loire, OFB, Rennes, marie-andree.arago@ofb.gouv.fr

Gaëlle GERMIS, Bretagne Grands Migrateurs, Rennes, germis.bgm@gmail.com

Marie NEVOUX, UMR DECOD, pôle OFB-INRAE-Institut Agro-UPPA pour la gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, Rennes, marie.nevoux@inrae.fr

Etienne RIVOT, UMR DECOD, pôle OFB-INRAE-Institut Agro-UPPA pour la gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, Rennes, etienne.rivot@institut-agro.fr

• CORRESPONDANT

Agence française pour la biodiversité :

Laurent BEAULATON, Ingénieur, laurent.beaulaton@OFB.gouv..fr

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : national

Couverture géographique : Bretagne

Niveau de lecture : experts

Pôle Gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement

RENOSAUM : Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne - Rapport final

- **TITRE, AUTEURS**

RENOSAUM - Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne

Etienne PREVOST, Université de Pau et des Pays de l'Adour, e2s UPPA, INRAE, OFB, Institut Agro, ECOBIOP, Pôle pour la gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, Saint-Pée-sur-Nivelle, etienne.prevost@inrae.fr

Clément LEBOT, Université de Pau et des Pays de l'Adour, e2s UPPA, INRAE, OFB, Institut Agro, ECOBIOP, Pôle pour la gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement, Saint-Pée-sur-Nivelle, clement.lebot@agrocampus-ouest.fr

- **RESUME**

L'OFB, INRAE et l'UPPA, en collaboration avec l'association Bretagne Grands Migrateurs (BGM), ont décidé d'œuvrer conjointement via le projet RENOSAUM (Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne) afin de réviser la stratégie de gestion des populations de saumon en Bretagne et plus particulièrement la régulation de son exploitation par pêche à la ligne en rivière. Ce projet a été mené sur une période de 5 ans de 2016 à 2021 au sein du Pôle de R&D MIAME sur les poissons migrateurs amphihalins, en concertation avec les gestionnaires et les pêcheurs dans le cadre de groupes techniques du COGEPOMI Bretagne. Le projet RENOSAUM a pour objectifs :

1 - de revenir sur la notion de limite de conservation en proposant une nouvelle définition opérationnelle plus claire et lisible, levant l'ambiguïté actuelle entre conservation et optimisation de l'exploitation par pêche.

2 – de valoriser pleinement l'ensemble des nouvelles données disponibles que ce soit (i) sur les cours d'eau observatoire de l'ORE DiaPFC, en capitalisant sur un précédent travail mené dans le cadre du pôle R&D MIAME (mise à jour des estimations d'effectifs des populations de saumon sur l'ORE DiaPFC et la Bresle), ou (ii) à l'échelle de la Bretagne via le suivi des captures par pêche à la ligne (CNICS), mais surtout via le réseau de surveillance du recrutement en juvéniles de l'année initié conjointement par INRAE et l'OFB à la fin des années 1990 et développé depuis par les FDPPMA bretonnes sous la coordination de BGM.

3 – de revisiter le système de régulation de l'exploitation en privilégiant (i) sa simplification de mise en œuvre pour le rendre plus compatible avec les moyens humains actuellement disponibles en matière de contrôle de l'exploitation par pêche, (ii) sa robustesse vis à vis de la variabilité naturelle imprévisible à l'origine des fortes fluctuations des populations de saumon et des erreurs aléatoires de mise en œuvre inhérentes à tout système de gestion, et *in fine* (iii) sa lisibilité pour l'ensemble des acteurs afin d'accroître son acceptabilité, en particulier pour ceux pour qui il représente une contrainte dans le libre exercice de leur activité, à savoir les pêcheurs.

Le projet RENOSAUM est à ce jour un exercice sans précédent en France (et sans doute au-delà) d'aide à la décision pour la gestion des populations de saumon, à la fois par l'ampleur du travail réalisé, la quantité de données valorisée, sa prise en compte des recommandations internationales (OCSAN en particulier), et le dialogue continu entre scientifiques et acteurs de la gestion des populations de saumon qui a gouverné son déroulement. Il a permis de disposer aujourd'hui, pour les 18 principales rivières à saumon de Bretagne, de nouvelles connaissances concernant :

- l'abondance du recrutement en juvéniles (section II) et des retours d'adultes (section I) ;
- le régime d'exploitation du saumon en Bretagne par la pêche à la ligne (section I) ;
- les mécanismes de renouvellement des générations au sein des populations étudiées (sections III et IV).

Ces nouvelles connaissances couvrent une période de plus trois décennies (1987-2020) et ont servi de socle pour :

- l'établissement de nouvelles limites de conservation pour chacune des populations étudiées, reposant elles-mêmes sur une définition renouvelée de la conservation (section V),
- une analyse comparative d'un très large ensemble de scénarios de régulation de l'exploitation (section VI).

De nouvelles méthodes et outils ont aussi été élaborés au cours du projet, essentiellement dans le domaine de la modélisation, qui sont maintenant disponibles pour actualiser et étendre à l'avenir le travail déjà réalisé.

L'objectif premier du projet RENOSAUM était d'éclairer les décisions que les instances de gestion, le COGEPOMI Bretagne en premier lieu, devront prendre *in fine* pour renouveler la régulation de l'exploitation du saumon en Bretagne. L'analyse comparative des scénarios de régulation de la pêche à la ligne dans les cours d'eau bretons est ainsi le produit final le plus important du projet. Les scénarios sont comparés selon leurs performances en matière de conservation, dont la priorité est mise en avant, et d'exploitation. L'analyse s'appuie sur une nouvelle définition de la conservation, objet d'un consensus parmi les parties prenantes représentées au sein du COGEPOMI Bretagne, reposant à fois sur la maîtrise du risque de faible recrutement et l'équilibre castillon vs saumon de printemps du prélèvement (c.-à-d. non sélectivité de l'exploitation). Ses principaux enseignements peuvent être résumés par les points suivants :

- pour quatre cours d'eau (Leff, Yar, Queffleuth et Mignonne), aucun scénario (c.-à-d. même en l'absence de prélèvement) ne permet de respecter la conservation, par défaut de conformité avec le premier critère utilisé (c.-à-d. maîtrise du risque de faible recrutement).
- pour les 14 autres cours d'eau considérés, les conditions actuelles d'intensité de l'exploitation et de renouvellement des populations ne requièrent pas de contraindre l'exploitation des castillons au-delà des dates de pêches actuelles incluant une prolongation automnale.
- selon les cours d'eau, il convient de contenir l'exploitation des saumons de printemps plus ou moins fortement, en premier lieu pour satisfaire au second critère de conservation (c.-à-d. équilibre du prélèvement), et éventuellement pour réduire la variabilité des prélèvements.
- selon que la stabilité des prélèvements est considérée ou non comme un critère pertinent du point de vue de l'exploitation, les scénarios les plus performants relèvent uniquement d'une régulation par TACs ou peuvent inclure un contrôle par des dates de pêches, plus restrictives que celles en vigueur actuellement pour les saumons de printemps.

- **MOTS CLES (THEMATIQUES ET GEOGRAPHIQUES)**

Saumon, Bretagne, Exploitation, Conservation, Régulation

Pôle Gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement

RENOSAUM : Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne - Rapport final

• SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| INTRODUCTION | 7 |
| I. Estimation des séries chronologiques des retours d'adultes et du stock reproducteur (<i>Thèse : Chapitre II</i>) | 11 |
| II. Estimation des séries chronologiques de densité de tacons 0+ (recrutement, production naturelle) (<i>Thèse : Chapitre III</i>) | 24 |
| III. Relation stock-recrutement (<i>Thèse : Chapitre IV</i>) | 28 |
| IV. Relation recrutement-stock (<i>Thèse : Chapitre V</i>) | 34 |
| V. Définition de nouvelles limites de conservation pour les populations de saumon en Bretagne (<i>Thèse : Chapitre VI</i>) | 41 |
| VI. Évaluation de scénarios alternatifs pour réguler les pêcheries récréatives bretonnes de saumon atlantique (<i>Thèse : Chapitre VII</i>) | 48 |
| VI.1. Des scénarios de régulation de l'exploitation correspondant à trois grands types de régulation (ou règles de contrôle de l'exploitation, RCE). | 49 |
| VI.2. Des modalités de mise en œuvre réglementaires simples et directement applicables en Bretagne | 49 |
| VI.3. 197 scénarios testés | 50 |
| VI.4. Evaluation des scénarios | 51 |
| Définition et hiérarchie des objectifs de la régulation | 51 |
| Méthode d'évaluation | 52 |
| Indicateurs de performance | 53 |
| Calcul des indicateurs de performance | 54 |
| VI.5. Etat de conservation des cours d'eau bretons : vue d'ensemble | 54 |
| VI.6. Sous-ensemble des scénarios les plus performants : analyse rivière par rivière | 56 |
| Couesnon | 58 |
| Trioux | 62 |
| Jaudy | 66 |
| Léguer | 70 |
| Léguer (autre définition de la conservation) | 74 |
| Douron | 78 |
| Penzé | 82 |
| Elorn | 86 |
| Elorn (autre définition de la conservation) | 90 |
| Aulne | 94 |
| Goyen | 98 |
| Odet | 102 |
| Aven | 106 |
| Ellé | 110 |
| Scorff | 114 |
| Blavet | 118 |
| VI.7. Bilan et discussion de l'évaluation des performances des scénarios de régulation de l'exploitation à l'échelle de la Bretagne | 122 |
| CONCLUSION | 129 |
| ANNEXE TECHNIQUE | 131 |

Introduction

Le saumon atlantique : une espèce emblématique dont la conservation est menacée

En Europe et en Amérique du Nord, le saumon atlantique figure parmi les poissons les plus emblématiques. Cette espèce dite « anadrome » se reproduit en rivière, lieu où les juvéniles se développent (pendant 1 ou 2 ans en France), avant de partir en mer pour y entreprendre une grande migration, jusqu'au large du Groenland et des Îles Féroé. Après 1 à 3 années passées en mer, les individus retournent dans leur rivière natale pour se reproduire. Cette fidélité au site de naissance a pour conséquence que chaque cours d'eau débouchant sur la mer supporte (au moins) une population essentiellement autonome. Après la reproduction, la mortalité est massive pour les adultes anadromes (c.-à-d. ayant séjourné en mer).

La conservation du saumon atlantique est menacée dans beaucoup de zones de son aire de répartition, et en particulier en France où l'on a observé depuis au moins le XVIIIème siècle une très forte diminution du nombre de cours d'eau qu'il colonise. Cette régression a préférentiellement touché les grands fleuves, les cours d'eau côtiers, particulièrement en Bretagne, restant relativement épargnés.

Les grands principes de gestion du saumon atlantique

Très tôt, les activités humaines impactant le saumon atlantique, et en particulier l'exploitation par pêche, ont été régulées pour répondre aux menaces pesant sur sa conservation. Les mesures les plus récentes suivent les grands principes dictés à l'échelle internationale par l'Organisation pour la Conservation du Saumon de l'Atlantique Nord (OCSAN). Dans le sillage des recommandations faites par les Nations Unies, l'OCSAN et ses pays membres ont adopté une approche de précaution en 1998. Elle met en avant la conservation comme la première priorité pour la gestion des populations de saumon. Elle vise aussi à intégrer l'incertitude de la connaissance scientifique dans l'évaluation de l'état de conservation des populations ainsi que dans les mesures de régulation de leur exploitation.

Dans cette approche, l'OCSAN recommande une gestion des populations basée sur un point de référence biologique appelé limite de conservation (LC). Cette LC représente un niveau seuil de reproducteurs en dessous duquel la conservation d'une population est considérée comme menacée. En accord avec le Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM), l'OCSAN recommande à ses états membres de fixer leurs LC à la quantité de reproducteurs permettant en retour de maximiser les captures potentielles en moyenne sur le long terme. Ces LC sont déterminées à partir de relations dites de stock-recrutement qui relient le nombre de reproducteurs au nombre de descendants exploitables à la génération suivante. Cette relation permet de déduire des captures potentielles moyennes, sous réserve de connaître ou de faire des hypothèses sur la mortalité en mer.

Les mesures de gestion appliquées au saumon atlantique sont définies à une échelle nationale. En France, la gestion de l'espèce est pilotée par neuf comités régionaux dont un pour la Bretagne. Ces comités, appelés COmités de GEstion des POissons MIgrateurs (COGEPOMI), rassemblent différents acteurs du territoire concernés par la gestion de populations de poissons diadromes (Etat, collectivités territoriales, pêcheurs, scientifiques et ONGs) qui élaborent ensemble des plans de gestion d'une durée de six ans (PLAGEPOMI) incluant les mesures de

régulation de l'exploitation. Pour le saumon, ces derniers doivent être en conformité avec les plans de mise en œuvre nationale des recommandations OCSAN remis à jour tous les six ans également.

En Bretagne, une stratégie de gestion sans équivalent en France...

La Bretagne est la région de France qui héberge le plus de populations de saumon atlantique (~ 20 populations). La régulation de leur exploitation repose sur la détermination conjointe pour chaque rivière d'une LC et d'un excédent prélevable pour chaque rivière. Ce dernier sert ensuite à dimensionner chaque année pour chaque rivière un Total Admissible de Capture (TAC). Le TAC correspond au nombre de reproducteurs potentiellement présents et capturables dans chaque population après avoir préservé la LC. Une période d'autorisation de la pêche encadre également l'exploitation. Si le TAC est atteint au cours de cette période, les autorités locales ferment la pêche de façon anticipée. La mise en place de cette stratégie en 1996 a constitué une avancée très significative et pionnière dans le domaine de la gestion des populations de saumon en France. Elle résultait d'un effort de R&D conjoint d'INRAE et de l'OFB, lui-même alimenté par plus de 20 ans de collaboration préalable sur l'écologie des populations de saumon. Fondée sur des connaissances scientifiques quantitatives et objectives, elle est conforme avec les recommandations internationales émises par l'OCSAN. Elle est en outre sans équivalent pour les autres espèces de poissons d'eau douce ou diadromes en France.

... mais possédant des points faibles

Le système de régulation de l'exploitation actuellement en vigueur en Bretagne présente cependant un certain nombre de points faibles, identifiés dès sa mise en place initiale ou apparus au fil de sa mise en œuvre :

- 1- il focalise le débat entre acteurs de la gestion sur l'exploitation (le dimensionnement des TAC) alors que l'OCSAN met clairement la priorité sur la conservation.
- 2- il repose sur la définition de LC recommandée par l'OCSAN, qui est source d'ambiguïté voire de confusion.

Considérant que l'exploitation peut entrer en contradiction avec la conservation, l'OCSAN indique clairement que l'exploitation est subordonnée au respect de la conservation. Pourtant, elle recommande dans le même temps de fixer la LC à la quantité de reproducteurs permettant de maximiser en retour les captures potentielles en moyenne sur le long terme. Ce faisant, l'OCSAN admet implicitement que (i) toute population peut supporter une exploitation durable, et que (ii) la maximisation de cette dernière vaut respect de la conservation. Plus préoccupant encore, les LC définies selon la recommandation de l'OCSAN prennent des valeurs d'autant plus basses que les capacités de renouvellement des populations diminuent. En d'autres termes, moins les populations sont capables de soutenir une exploitation, plus faibles sont les exigences en matière de conservation. Conséquence ultime de cette logique, il est impossible de définir une LC au sens de la recommandation de l'OCSAN pour une population dont le maintien à long terme ne serait pas assuré même en l'absence d'exploitation. Il convient donc de séparer plus clairement que ne le fait l'OCSAN respect de la conservation et maximisation d'une exploitation durable : la définition des LC devrait être indépendante de tout critère d'exploitation.

D'autres recommandations émises par l'OCSAN pourraient être mieux prises en compte

qu'elles ne le sont dans le système de régulation de l'exploitation actuellement en vigueur en Bretagne :

- 1- l'OCSAN recommande d'intégrer les incertitudes, alors qu'elles sont pour l'essentiel ignorées dans la pratique actuelle de la gestion des populations bretonnes.
- 2- l'OCSAN préconise que l'établissement des LC se fonde de préférence sur des données propres à chaque rivière. C'est déjà le cas pour les LC actuelles des populations bretonnes. Mais elles sont basées sur des données provenant principalement d'une rivière de référence, le Scorff et l'ajustement aux spécificités de chaque rivière peut être amélioré.

Vers une redéfinition concertée de la régulation de l'exploitation du saumon en Bretagne : le projet RENOSAUM

Instauré en 1996, le système actuel de régulation de l'exploitation du saumon en Bretagne n'a depuis subi aucune modification majeure. Dans le contexte du renouvellement de son PLAGEPOMI, le COGEPOMI Bretagne a identifié dès 2015 la nécessité d'une révision de sa stratégie de gestion des populations de saumon et plus particulièrement de la régulation de son exploitation par pêche à la ligne en rivière.

L'OFB, INRAE et l'UPPA, en collaboration avec l'association Bretagne Grands Migrateurs (BGM), ont décidé d'œuvrer conjointement à cette fin via le projet RENOSAUM (Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne). Ce projet a été mené sur une période de 5 ans, de 2016 à 2021, dans le cadre du Pôle de R&D MIAME sur les poissons migrateurs amphihalins, en concertation avec les gestionnaires et les pêcheurs réunis au sein de groupes techniques du COGEPOMI Bretagne. En parallèle, l'avancement du projet a également été suivi par un comité d'experts d'INRAE, de l'OFB, de BGM et de l'Institut Agro (Rennes).

Le projet RENOSAUM vise à fournir les éclairages nécessaires à une refonte de la gestion actuelle des populations de saumon en Bretagne en se focalisant sur ses points faibles. Il a donc pour priorités :

- 1 - de revenir sur la notion de limite de conservation en proposant une nouvelle définition opérationnelle plus claire et lisible, levant l'ambiguïté actuelle entre conservation et optimisation de l'exploitation par pêche.
- 2 – de valoriser pleinement l'ensemble des nouvelles données disponibles que ce soit (i) sur le Scorff, cours d'eau observatoires de l'[ORE DiaPFC](#), en capitalisant sur le travail mené dans le cadre du pôle R&D MIAME¹, ou (ii) à l'échelle de la Bretagne via le suivi des captures (CNICS), mais surtout via le réseau de surveillance du recrutement en juvéniles de l'année initié conjointement par INRAE et l'OFB à la fin des années 1990 et développé depuis par les FDPPMA bretonnes sous la coordination de BGM².
- 3 – de revisiter le système de régulation de l'exploitation en privilégiant
 - (i) sa simplification de mise en œuvre pour le rendre plus compatible avec les moyens

¹ Buoro Mathieu, Servanty Sabrina, Beaulaton Laurent, & Prévost Etienne. (2019, July 9). Estimation and standardisation of Atlantic salmon abundance time series on DiaPFC ORE rivers (Version v1.0). <http://doi.org/10.5281/zenodo.3275148>

² <https://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/indicateurs-d-etat-de-pressions-et-de-reponse-des-populations-de-saumons-en-bretagne/etat-de-la-population-saumon/production-de-juveniles-en-riviere/indices-d-abondance-saumons-en-bretagne>

- humains actuellement disponibles en matière de contrôle de l'exploitation par pêche,
- (ii) sa robustesse vis-à-vis, des aléas naturels imprévisibles à l'origine des fortes fluctuations des populations de saumon, mais également des erreurs de mise en œuvre inhérentes à tout système de gestion,
 - (iii) sa lisibilité *in fine* pour l'ensemble des acteurs afin d'accroître son acceptabilité, en particulier pour ceux pour qui il représente une contrainte dans le libre exercice de leur activité, à savoir les pêcheurs.

L'essentiel du projet a été mené via une thèse de doctorat (2017-2020)³, elle-même précédée d'un premier travail préliminaire ayant donné lieu à un stage de 2^{ème} année de Master⁴. Sur la base des acquis de la thèse, une actualisation avec les données les plus récentes (jusqu'en 2020) et une recontextualisation appliquée aux spécificités de la gestion des populations de saumon bretonnes ont été conduites en 2021.

Le présent document est le rapport final du projet RENOSAUM. Sa structure générale reprend celle du manuscrit de thèse. Pour ne pas doubler avec ce dernier et rendre sa lecture plus facile, son contenu ne reprend que les principaux résultats sous la forme des figures et tableaux de la thèse, éventuellement complétés par quelques nouveaux éléments. Ils sont tous actualisés avec les données les plus récentes et brièvement commentés. La correspondance des sections, figures et tableaux de ce rapport avec leurs homologues dans la thèse sont indiquées. Les détails de la méthodologie ayant permis de produire ces résultats ne sont pas repris et pourront être trouvés dans le manuscrit de thèse. Une annexe technique est cependant proposée pour (i) documenter les modifications méthodologiques qui ont pu être apportées sur certains points par rapport à la thèse, pour (ii) présenter des figures et tableaux de résultats actualisés ayant un intérêt substantiel secondaire, ou pour (iii) noter des points méthodologiques qui pourraient être source d'amélioration future de l'approche.

La dernière section du rapport (VI), qui constitue l'aboutissement ultime du projet, propose une comparaison de scénarios de régulation de l'exploitation du saumon pour chacune des 18 rivières bretonnes étudiées. Il fait l'objet d'un exposé plus détaillé et qui s'écarte assez significativement de celui proposé dans la thèse. Par rapport au manuscrit de thèse qui considérait de très nombreux scénarios mais de façon plutôt générique, l'approche a été recontextualisée de façon très concrète, en termes de mesures de contrôle de l'exploitation (TACs, fermetures anticipées, retards d'ouverture de la pêche), et simplifiée, en se situant uniquement dans les conditions actuelles d'intensité de l'exploitation et selon un régime de fluctuation des populations identique à celui enregistré au cours de 30 dernières années. La conclusion générale du rapport est quant à elle fortement remodelée pour se focaliser sur les points les plus importants vis-à-vis des décisions que les acteurs de la gestion auront à prendre au sein du COGEPOMI pour fixer les nouvelles modalités de régulation de l'exploitation du saumon en Bretagne.

³ disponible en ligne : <https://hal.inrae.fr/tel-03625814>

⁴ disponible en ligne : <https://halieutique.agrocampus-ouest.fr/files/fichiers/memoires/201713.pdf>

I. Estimation des séries chronologiques des retours d'adultes et du stock reproducteur (*Thèse : Chapitre II*)

La modélisation du processus de capture par pêche à la ligne a été significativement modifiée par rapport à celle utilisée dans la thèse (voir aussi Annexe technique, A.I). Ces modifications ont concerné à la fois les saumons de printemps et les castillons, hors période de prolongation automnale pour ces derniers. L'objet de ces changements est double :

- (i) Que ce soit pour les saumons de printemps ou pour les castillons, les captures se produisent au fil des jours en cours de saison selon une dynamique temporelle qui est la résultante (a) du rythme d'entrée des saumons en rivière, (b) de l'évolution de leur capturabilité et (c) de la dynamique de l'activité de pêche. La dynamique temporelle des captures a été modélisée explicitement, même si sa décomposition selon les trois composantes (a), (b) et (c) ne l'a pas été.*
- (ii) Le taux d'exploitation par pêche à la ligne est limité par une valeur maximale. Cette limitation est liée au fait que tous les saumons entrant dans une rivière ne sont pas capturables, soit parce qu'ils migrent sur des zones (généralement à l'amont des cours d'eau) où ils ne sont plus accessibles à la pêche, soit parce que leur comportement se modifie au cours du temps en eau douce et peut réduire leur capturabilité. Les taux d'exploitation limites sont considérés comme variables selon (a) le cours d'eau et selon (b) l'année du fait d'une influence du débit des rivières au cours de la saison de pêche. Ces deux effets ont été modélisés explicitement.*

La prise en compte de ces éléments est importante pour la modélisation des différents scénarios de régulation analysés par la suite (section VI). En effet ces derniers considèrent des modifications éventuelles des dates d'ouverture ou de fermeture de la pêche, et l'effet attendu de telles mesures est fortement dépendant de la dynamique temporelle des captures, ainsi que de la potentielle limitation du taux d'exploitation que peut atteindre la pêche à la ligne sur chaque cours d'eau (quelles que soient les dates de pêche considérées).

Pour la période de prolongation automnale, la pêche porte essentiellement sur un stock capturable déjà présent dans chaque cours d'eau, dont l'effectif est peu dépendant du rythme d'entrée des poissons en eau douce. Une approche simplifiée a été retenue et aucune dynamique temporelle des captures en cours de prolongation n'est prise en compte. Les taux d'exploitation au cours de la prolongation sont cependant supposés fluctuer selon le cours d'eau et selon l'année.

Les taux d'exploitation des saumons de printemps et des castillons ne montrent pas de tendance généralisée à tous les cours d'eau à la hausse ou la baisse au cours de la période d'étude (Fig. 1 et 2). On notera cependant que pour les saumons de printemps, des évolutions plutôt à la baisse semblent se dessiner sur le Léguer, le Douron, l'Elorn, la Mignonne, l'Aulne, l'Odet ou l'Aven, alors qu'aucune évolution à la hausse ne peut être discernée. Les très faibles taux d'exploitation observés en 2020 résultent du confinement consécutif à l'épidémie de COVID19. Pour les castillons, l'effet des périodes d'extension automnale de la pêche est significatif quel que soit le cours d'eau. Par-delà cet effet, l'exploitation des castillons semble s'être intensifiée au cours de la période d'étude sur le Couesnon. On notera également le pic d'exploitation enregistré sur l'Aulne en 1996-97, à des niveaux sans équivalent dans les autres cours d'eau bretons.

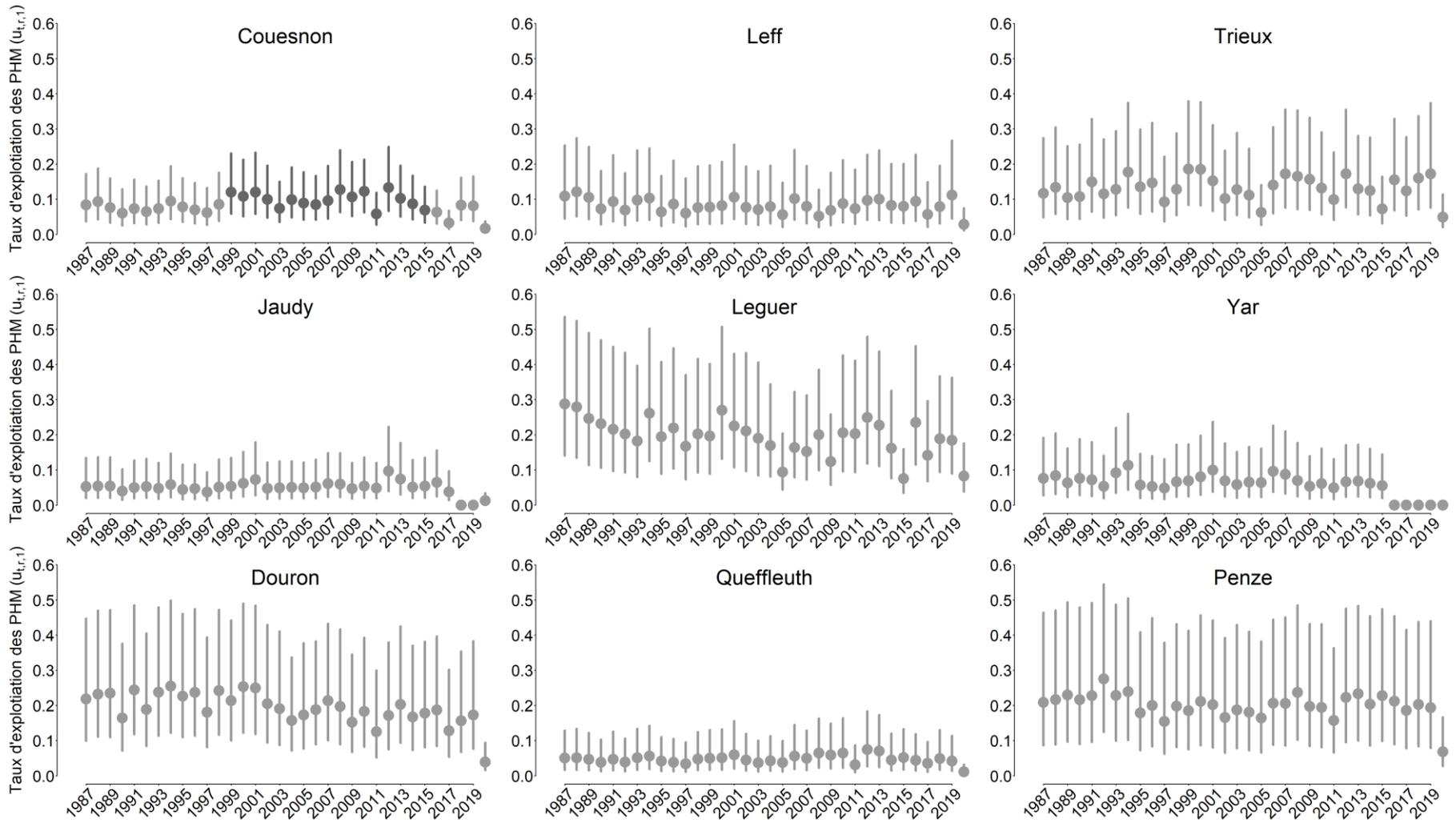


Figure 1. Estimations *a posteriori* des taux d'exploitation annuels des saumons de printemps par rivière. Les médianes et intervalles à 90% de probabilité *a posteriori* sont indiqués. Pour certaines rivières, les années où les retours sont connus sans erreur sont figurées en noir, celles où les retours sont observés partiellement sont figurées en gris foncé.

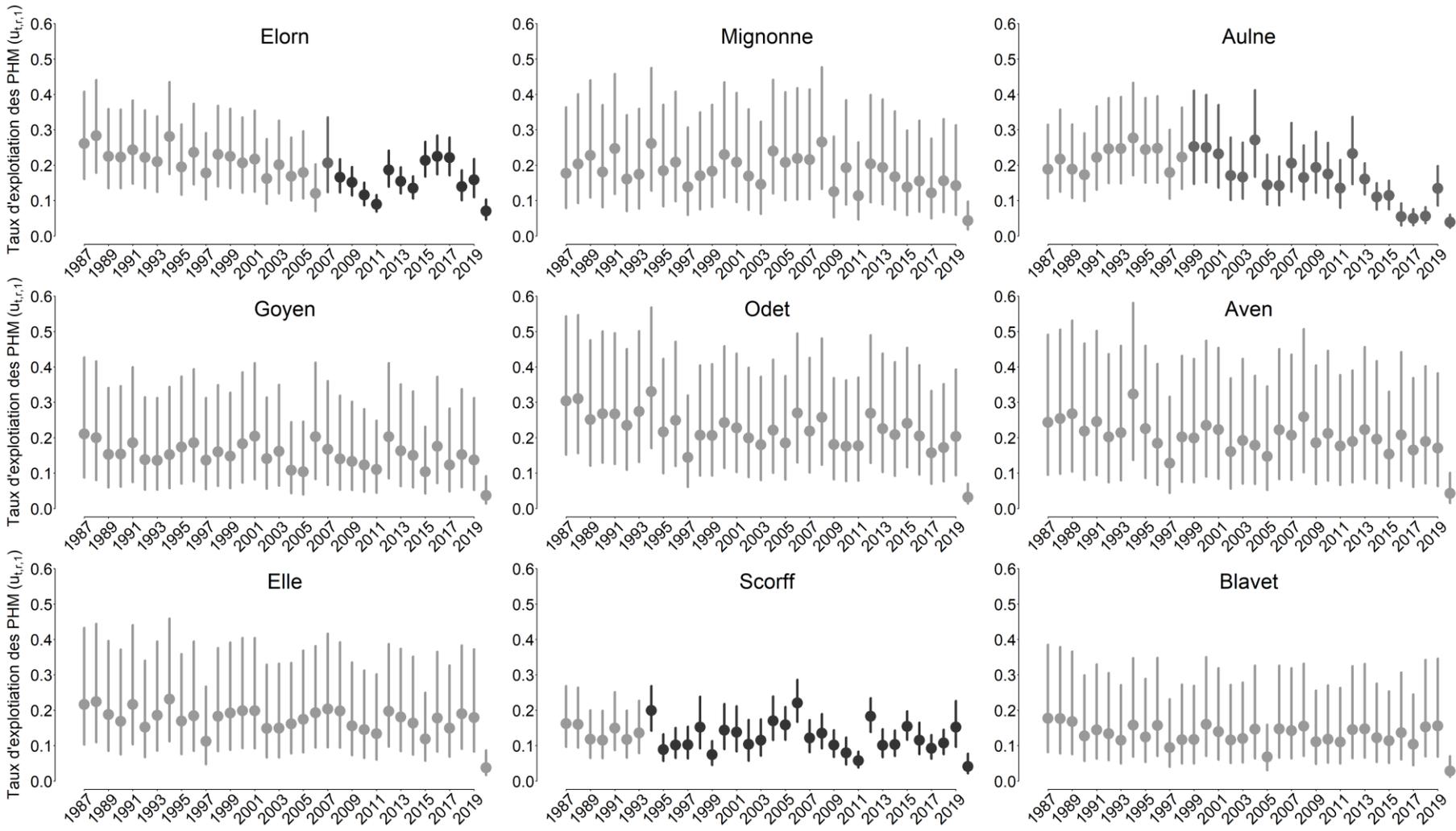


Figure 1. (suite)

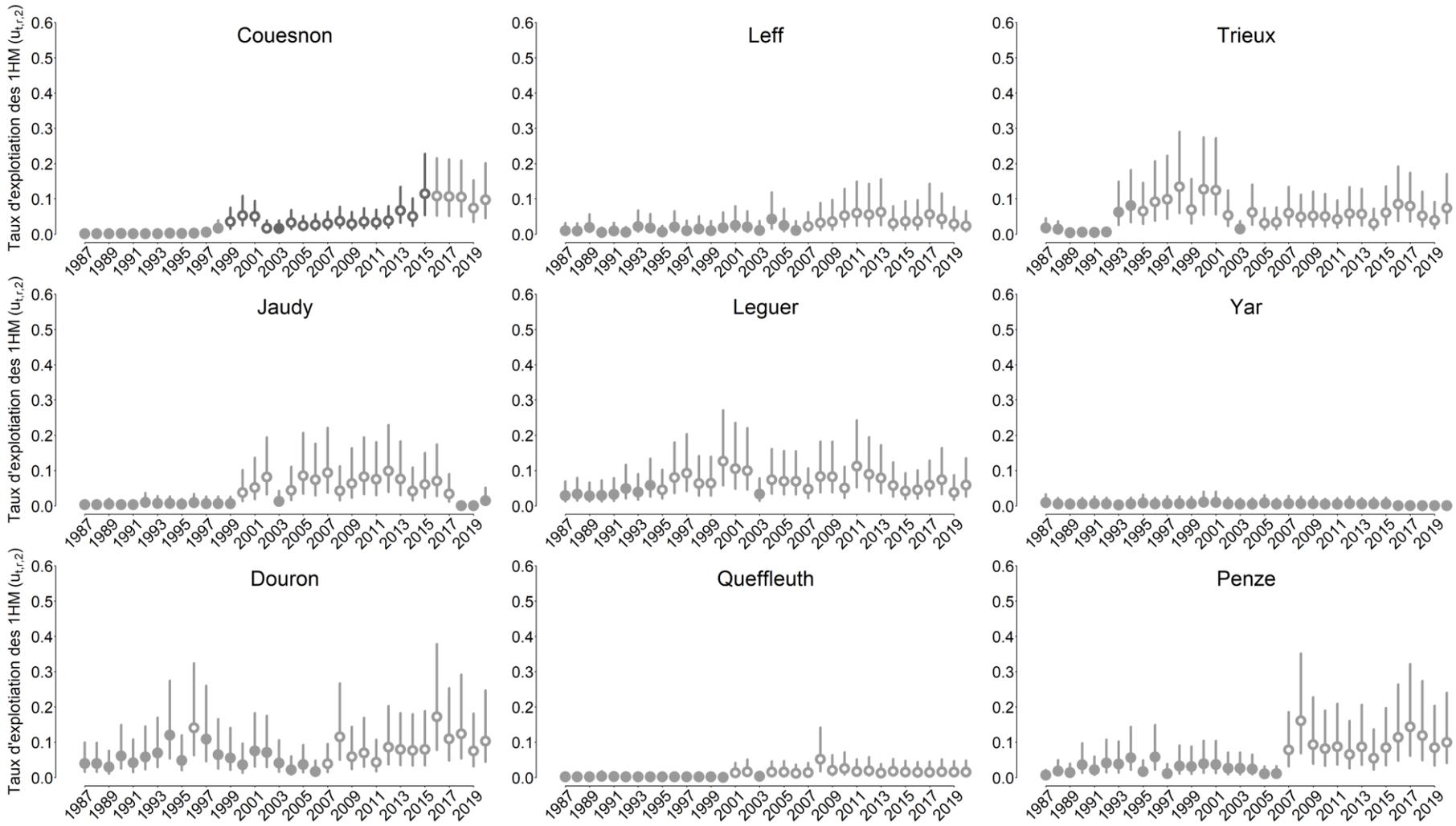


Figure 2. Estimations *a posteriori* des taux d'exploitation annuels des castillons par rivière. Les médianes et intervalles à 90% de probabilité *a posteriori* sont indiqués. Les années où une période automnale d'ouverture de la pêche a été autorisée sont figurées en utilisant un cercle pour représenter la médiane (contre un figuré plein pour les autres). Pour certaines rivières, les années où les retours sont connus sans erreur sont figurées en noir, celles où les retours sont observés partiellement sont figurées en gris foncé.

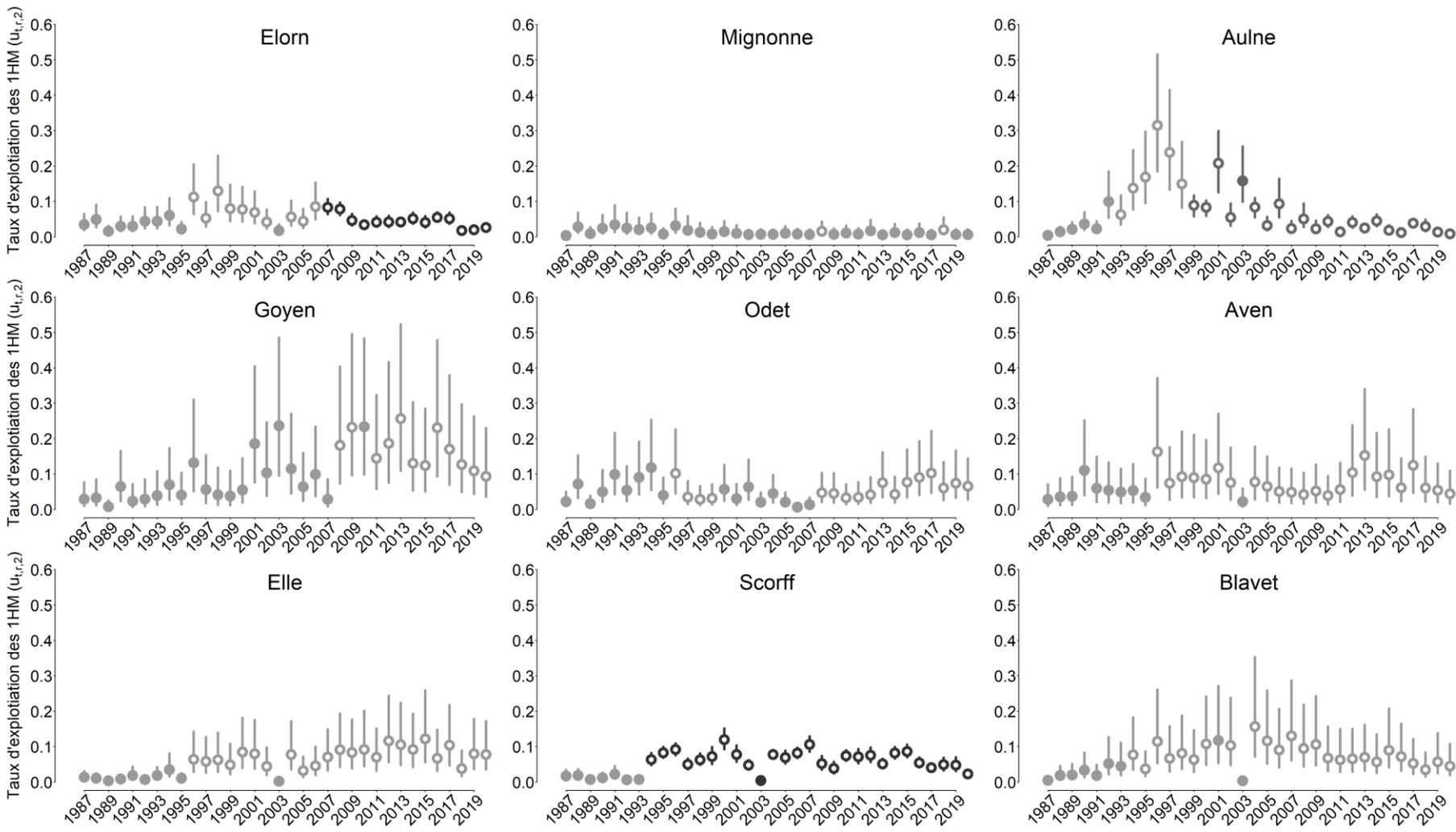


Figure 2. (suite)

A l'échelle régionale, l'évolution temporelle des retours d'adultes ne montre pas de tendance systématique orientée à la hausse ou à la baisse au cours de la période d'étude (Fig. 3a). On notera cependant des fluctuations marquées à la baisse certaines années (1998, 2010 et 2019). Des variations existent également entre les cours d'eau (Fig. 3b), le Queffleuth ressortant comme la population avec les retours d'adultes les plus faibles relativement à sa surface de production de juvéniles (équivalent radier-rapides). En moyenne sur l'ensemble des populations et de la période d'étude, les castillons représentent 79% des retours d'adulte.

L'absence d'évolution temporelle orientée de l'abondance des retours d'adultes semble globalement vérifiée pour les cours d'eau étudiés quelle que soit la catégorie d'âge de mer (Fig. 4 et 5). A noter toutefois une tendance à l'augmentation des effectifs sur le Couesnon (saumons de printemps et castillons), alors qu'une évolution inverse semble se dessiner sur le Douron, voire la Mignonne. A noter également les pics d'abondance observés sur l'Aulne (1994-96 pour les castillons et 1995-1997 pour les saumons de printemps).

L'échappement ou stock reproducteur est directement déduit des retours d'adultes en soustrayant les captures à ces derniers et en convertissant les effectifs de saumons de printemps et de castillons en nombre d'œufs. Cette conversion se fait sur la base d'une proportion de femelles de 80% pour les saumons de printemps et de 45% pour les castillons, et d'une fécondité moyenne par femelle de 5569 œufs pour les saumons de printemps et de 3485 œufs pour les castillons. Une fois converties en nombre d'œufs, les deux composantes de l'échappement sont sommées pour obtenir un stock reproducteur global.

Comme pour les retours d'adultes, l'absence d'évolution temporelle orientée de la dépose d'œufs semble globalement vérifiée pour l'ensemble des 18 populations considérées au cours de la période d'étude (Fig. 6). On notera cependant une tendance à l'augmentation sur le Couesnon, alors qu'une évolution inverse semble se dessiner sur l'Elorn, voire sur le Douron ou la Mignonne.

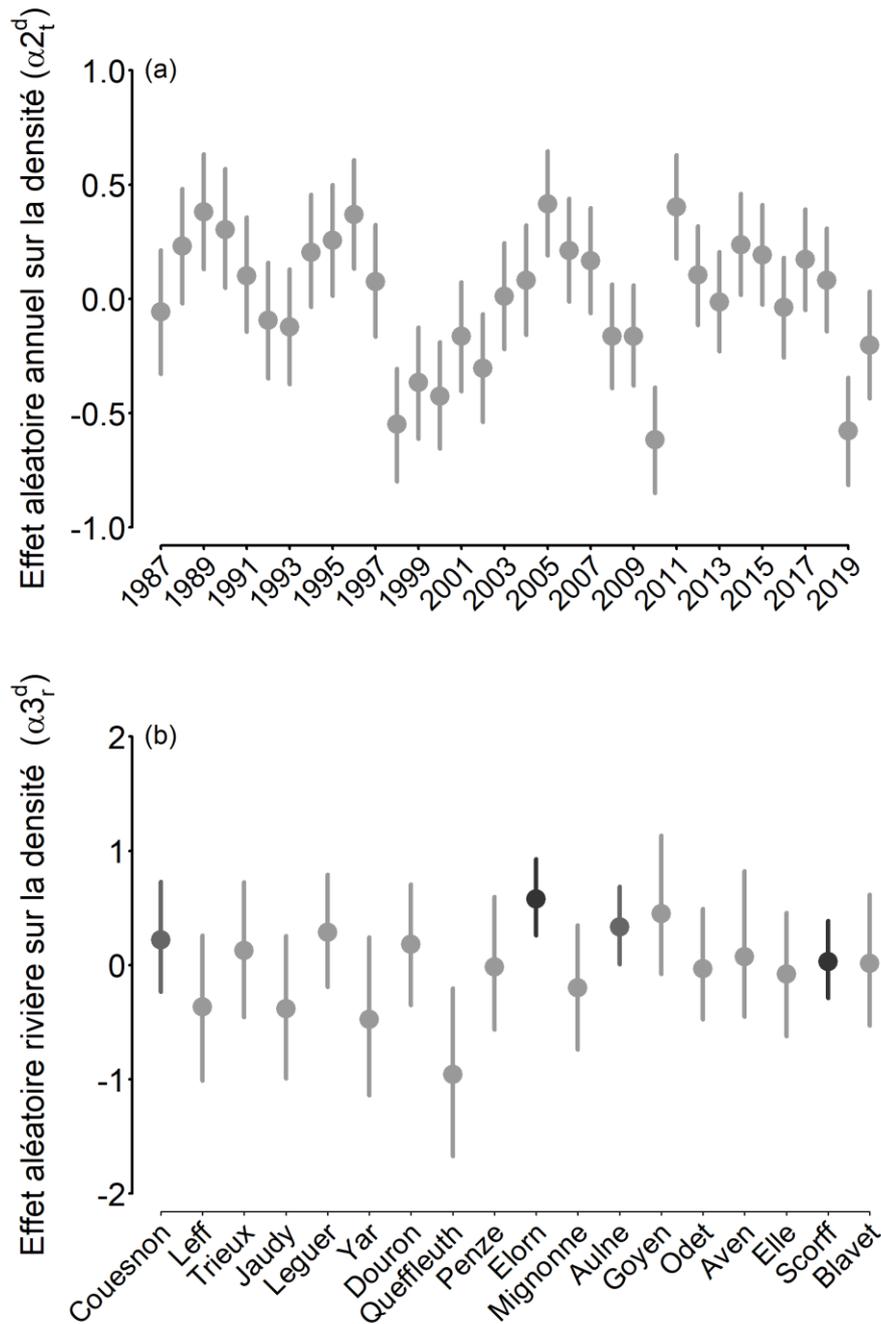


Figure 3. (Thèse : *Figure II.5*). Estimation *a posteriori* des effets de l'année et de la rivière sur la densité des retours d'adultes (effectif rapporté à la surface des cours d'eau en équivalent radier-rapide ; échelle log). Les médianes et intervalles à 90% de probabilité *a posteriori* sont indiqués. Pour les rivières, celles où les retours sont connus sans erreur certaines années sont figurées en noir, celles où les retours sont observés partiellement certaines années sont figurées en gris foncé.

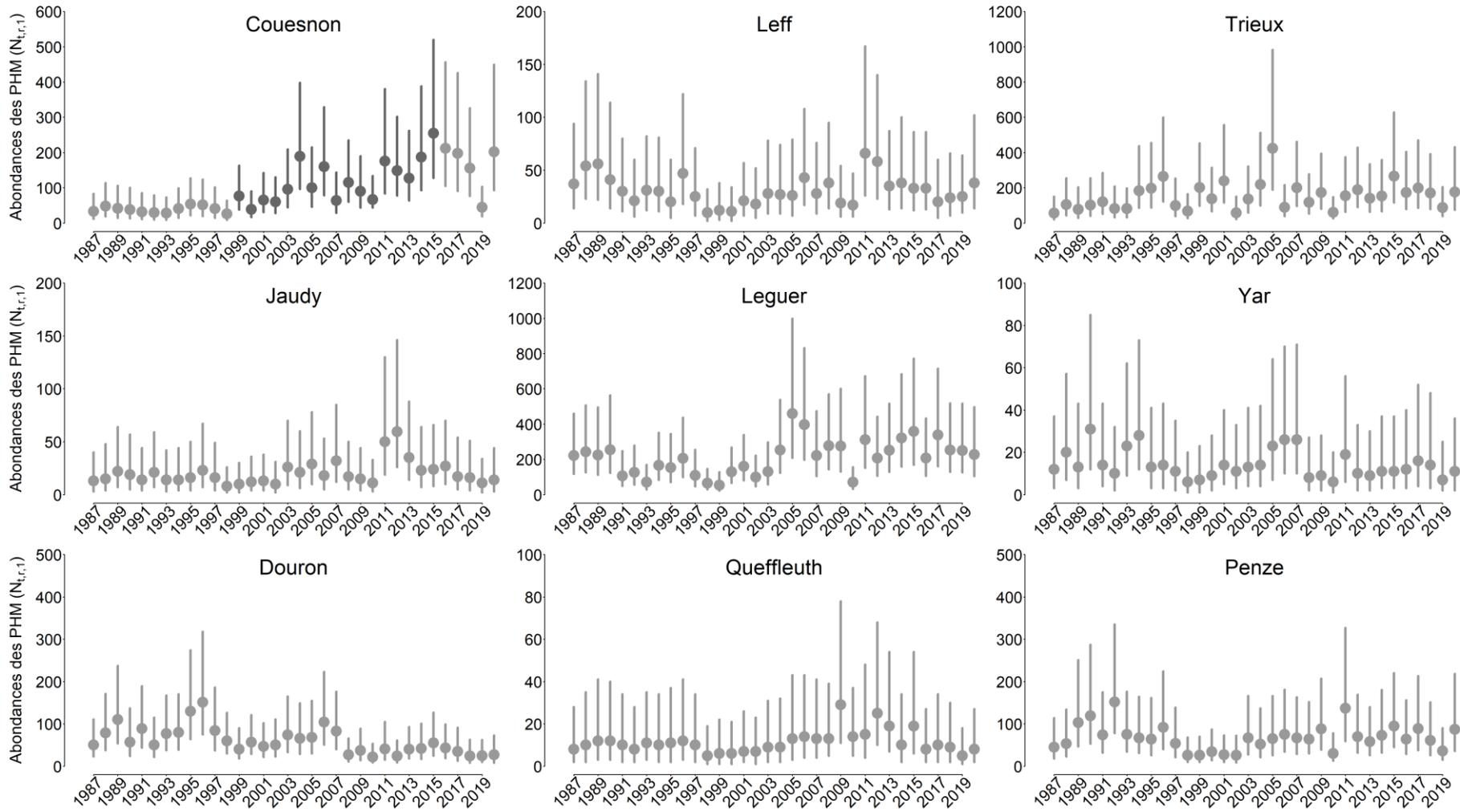


Figure 4. Estimations *a posteriori* des retours de saumons de printemps par rivière et par année. Les médianes et intervalles à 90% de probabilité *a posteriori* sont indiqués. Pour certaines rivières, les années où les retours sont connus sans erreur sont figurées en noir, celles où les retours sont observés partiellement sont figurées en gris foncé.

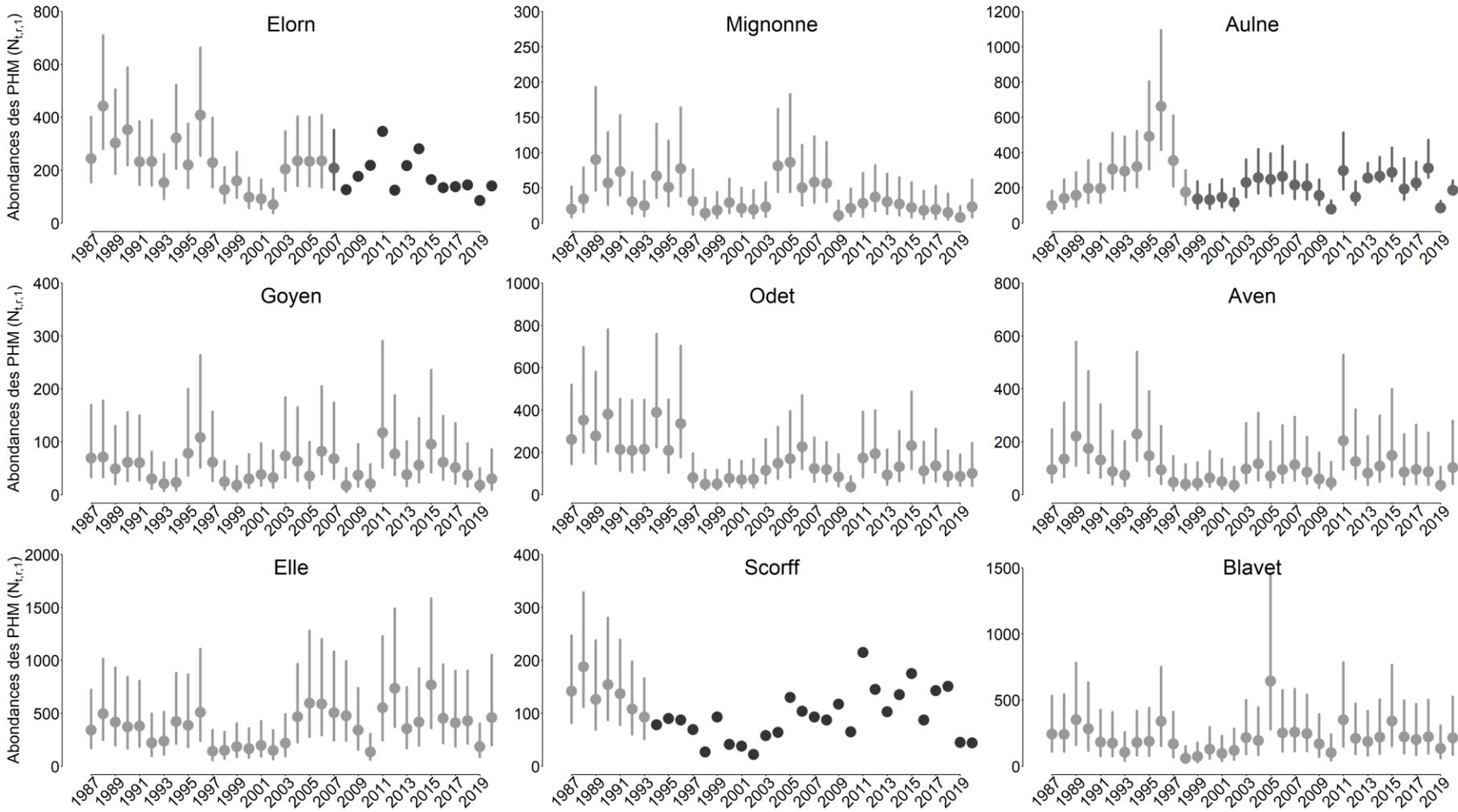


Figure 4. (suite)

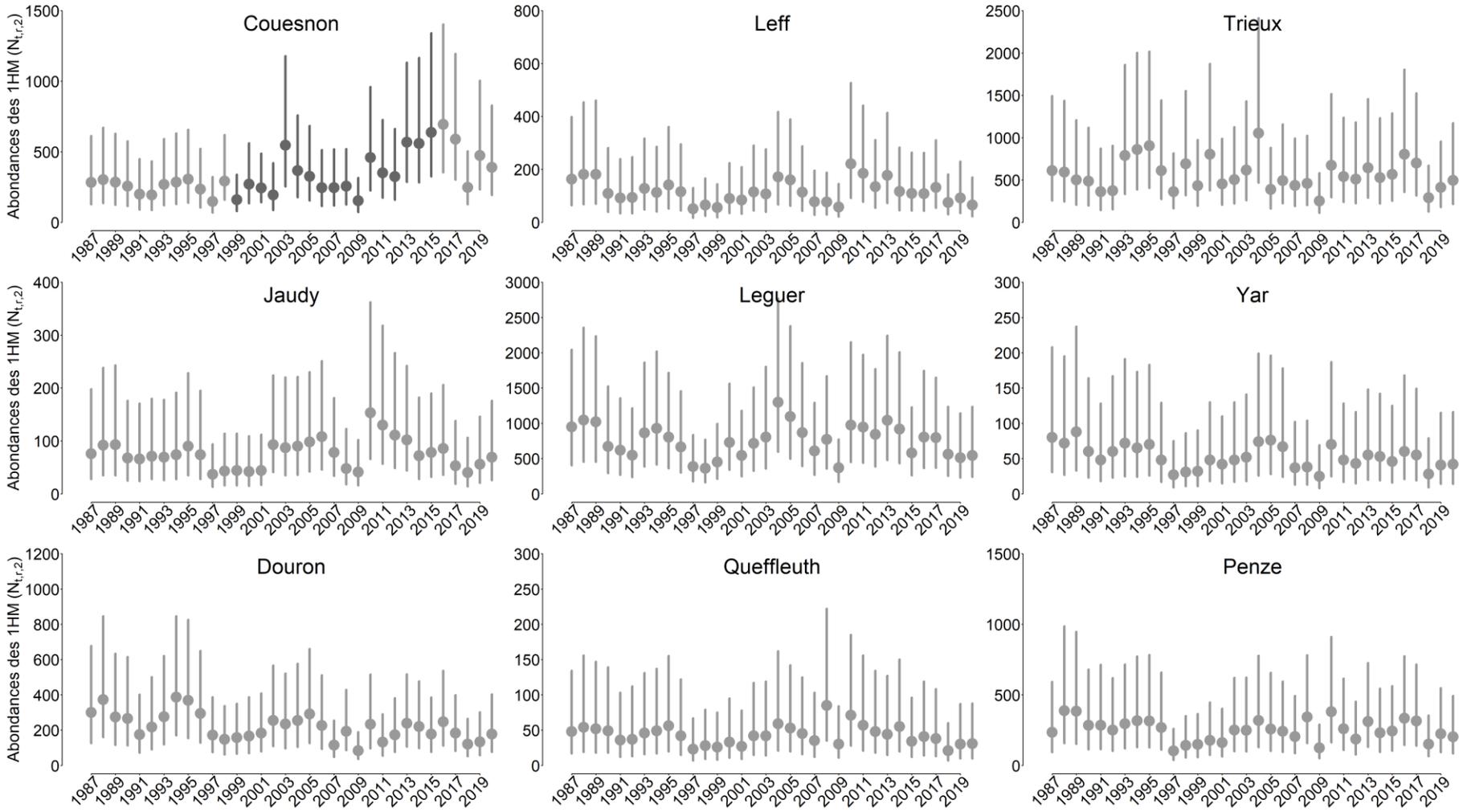


Figure 5. Estimations *a posteriori* des retours de castillons par rivière et par année. Les médianes et intervalles à 90% de probabilité *a posteriori* sont indiqués. Pour certaines rivières, les années où les retours sont connus sans erreur sont figurées en noir, celles où les retours sont observés partiellement sont figurées en gris foncé.

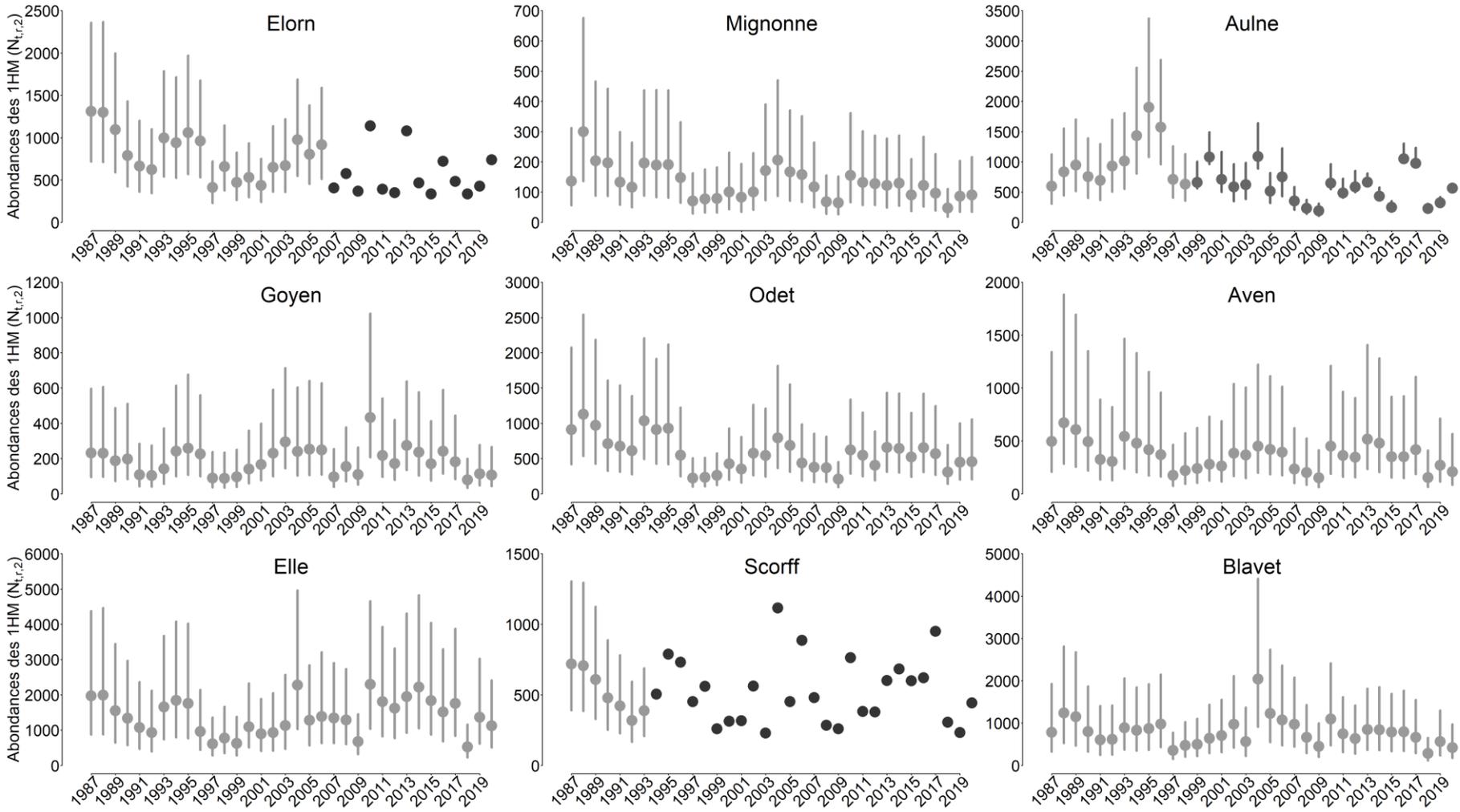


Figure 5. (suite)

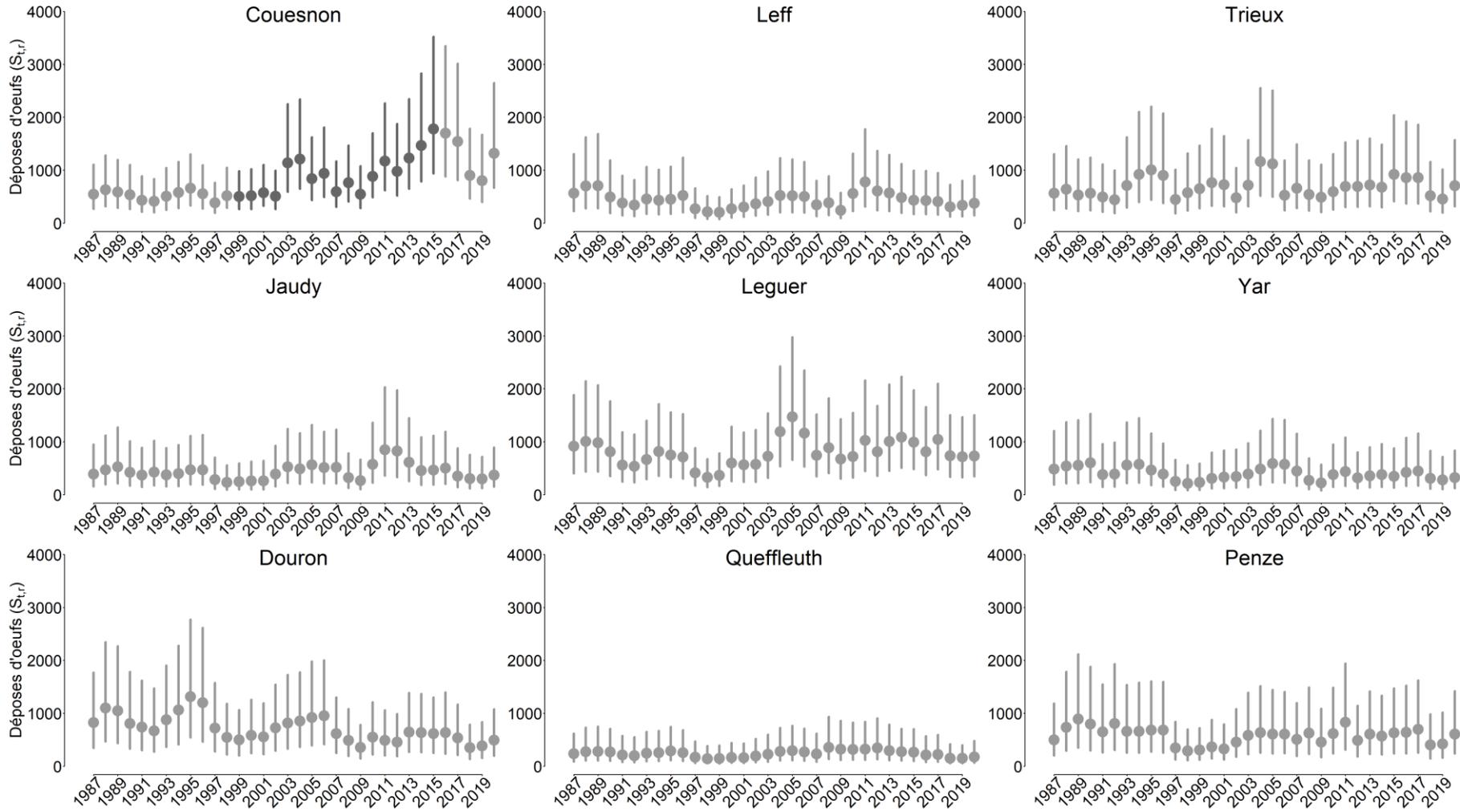


Figure 6 (*Thèse : Figure II.7*). Estimations *a posteriori* du stock reproducteur par rivière et par année (dépose d'œufs exprimées en densité pour 100 m² d'équivalent radier-rapide). Les médianes et intervalles à 90% de probabilité *a posteriori* sont indiqués. Pour certaines rivières, les années où les retours sont connus sans erreur sont figurées en noir, celles où les retours sont observés partiellement sont figurées en gris foncé.

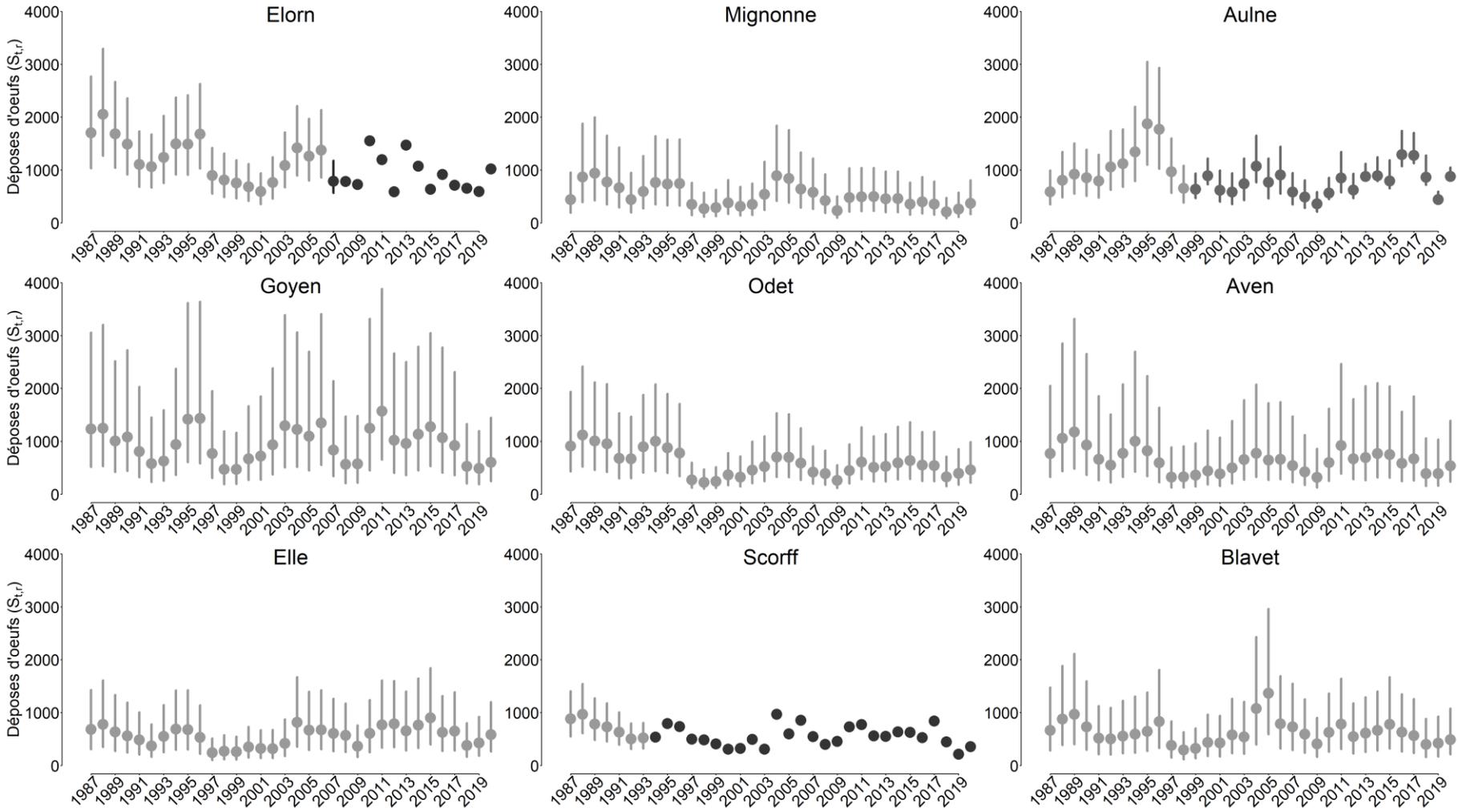


Figure 6 (*Thèse : Figure II.7*) (suite)

II. Estimation des séries chronologiques de densité de tacons 0+ (recrutement, production naturelle) (*Thèse : Chapitre III*)

La figure 7 présente les évolutions temporelles de la production naturelle⁵ de tacons 0+ par cours d'eau. Cette dernière est exprimée en densité (nombre de 0+ pour 100 m² d'équivalent radier-rapide) pour faciliter la comparaison entre les rivières qui ont des surfaces de production de juvéniles colonisables par le saumon potentiellement très différentes⁶. Cette représentation a néanmoins l'inconvénient de ne pas rendre compte des évolutions éventuelles de ces surfaces au cours de la période d'étude. Ces dernières sont globalement stables, même si certains bassins ont pu connaître des évolutions à la marge (Tab. 1).

Les séries temporelles de production de juvéniles sont de longueurs différentes selon les cours d'eau car le programme de suivi associé (c.-à-d. collecte d'indices d'abondance par 5 minutes de pêche électrique selon un protocole standardisé⁷) s'est progressivement déployé dans l'espace au fil des années. En règle générale, les densités de tacons fluctuent au cours du temps sans montrer d'évolution orientée. On notera cependant des exceptions qui concernent toutes des petites rivières et des tendances à la baisse, sur le Queffleuth, la Penzé et la Mignonne, voire sur le Yar. L'Elorn présente un patron singulier avec une tendance à la hausse jusqu'en 2015 puis un retour à des niveaux plus faibles au cours des dernières années.

Les fluctuations temporelles des densités de tacons 0+ sont sous la double influence du nombre de géniteurs (c.-à-d. stock reproducteur) qui leur ont donné naissance et des conditions environnementales en rivière plus ou moins propices à leur survie. Ces deux effets sont confondus dans les graphiques de la figure 7. Des évolutions temporelles indépendantes du nombre de géniteurs sont proposées à la section III (Fig. 9).

⁵ Pour les rivières où des déversements de juvéniles produits en élevage ont eu lieu certaines années, ces derniers ont été réalisés après les dates des opérations d'échantillonnage des juvéniles en place. Ces dernières ne portent donc que sur le recrutement naturel.

⁶ <https://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/indicateurs-d-etat-de-pressions-et-de-reponse-des-populations-de-saumons-en-bretagne/etat-de-la-population-saumon/production-de-juveniles-en-riviere/indices-d-abondance-saumons-en-bretagne>. Voir aussi : Prévost, E., Nihouarn, A. 1999. Relation entre indicateur d'abondance de type CPUE et estimation de densité par enlèvements successifs pour les juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de l'année. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, (352), 19-29.

⁷ <https://www.observatoire-poissons-migrateurs-bretagne.fr/indicateurs-d-etat-de-pressions-et-de-reponse-des-populations-de-saumons-en-bretagne/etat-de-la-population-saumon/production-de-juveniles-en-riviere/indices-d-abondance-saumons-en-bretagne>

| Rivière | Période | Surface |
|----------------|----------------|----------------|
| Couesnon | 1987-2020 | 110794 |
| Leff | 1987-2020 | 72305 |
| Trieux | 1987-2020 | 213733 |
| Jaudy | 1987-2020 | 47561 |
| Léguer | 1987-2020 | 242461 |
| Yar | 1987-2020 | 37104 |
| Douron | 1987-2020 | 77823 |
| Queffleuth | 1987-2020 | 50017 |
| Penzé | 1987-2020 | 109761 |
| Elorn | 1987-2020 | 166845 |
| Mignonne | 1987-2020 | 67855 |
| Aulne | 1987-2013 | 226755 |
| | 2014-2020 | 193135 |
| Goyen | 1987-2020 | 49026 |
| Odet | 1987-2020 | 248682 |
| Aven | 1987-2020 | 142686 |
| Ellé | 1987-2020 | 637568 |
| Scorff | 1987-2012 | 189984 |
| | 2013-2020 | 239718 |
| Blavet | 1987-2020 | 326121 |

Tableau 1. Surface utile pour la production de juvéniles de saumon par rivière exprimée en m² d'équivalent radier-rapide (habitat préférentiel des tacons 0+). Pour l'Aulne, elle s'est réduite à partir de 2014, un affluent estuarien n'étant plus accessible au saumon. Pour le Scorff, elle a augmenté à partir de 2013 un sous bassin affluent ayant été rendu accessible au saumon.

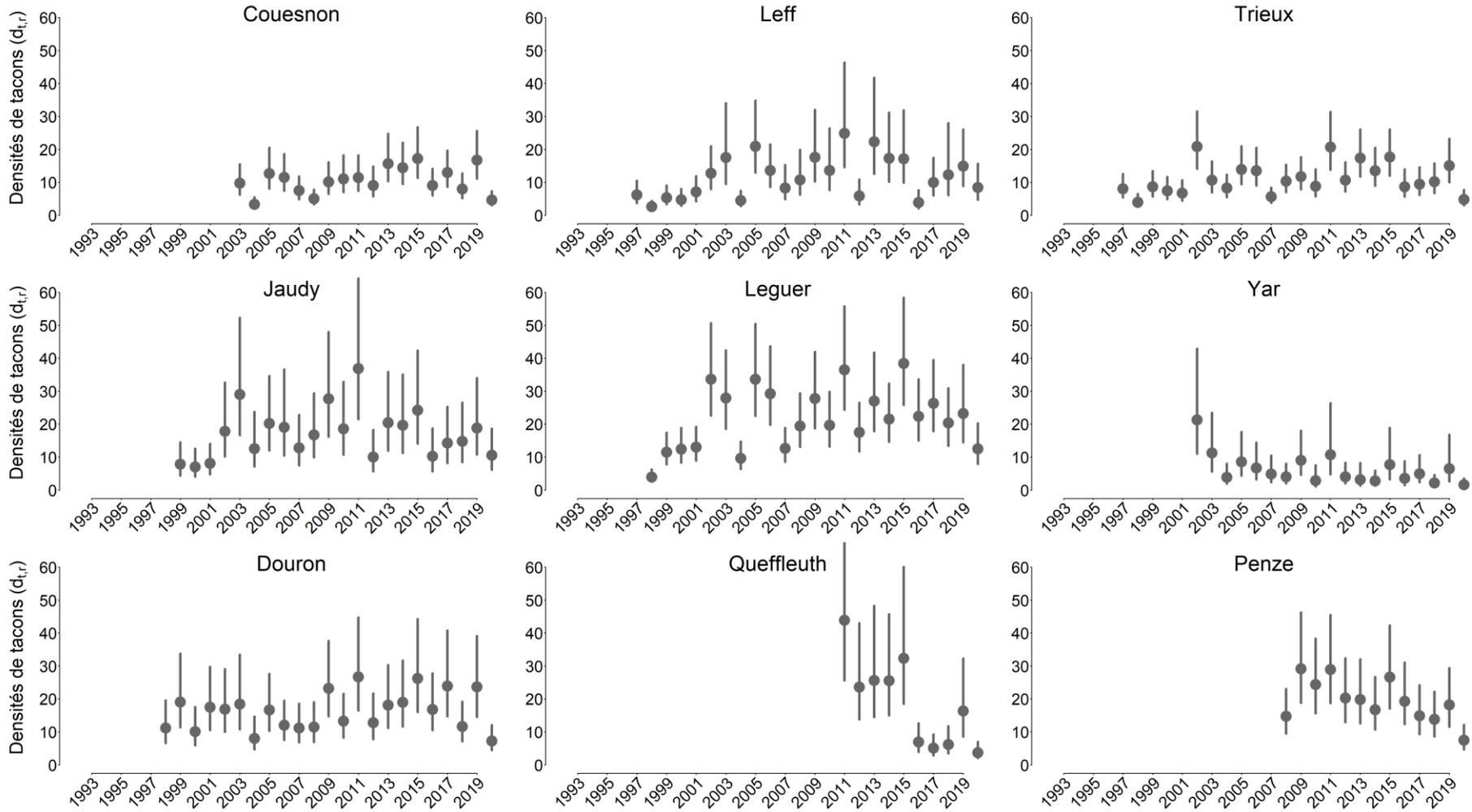


Figure 7 (*Thèse : Figure III.2*). Séries chronologiques des densités de tacons 0+ des 18 rivières bretonnes exprimées en nombre d'individus pour 100 m² d'équivalent radiers-rapides. Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des distributions marginales *a posteriori* des densités.

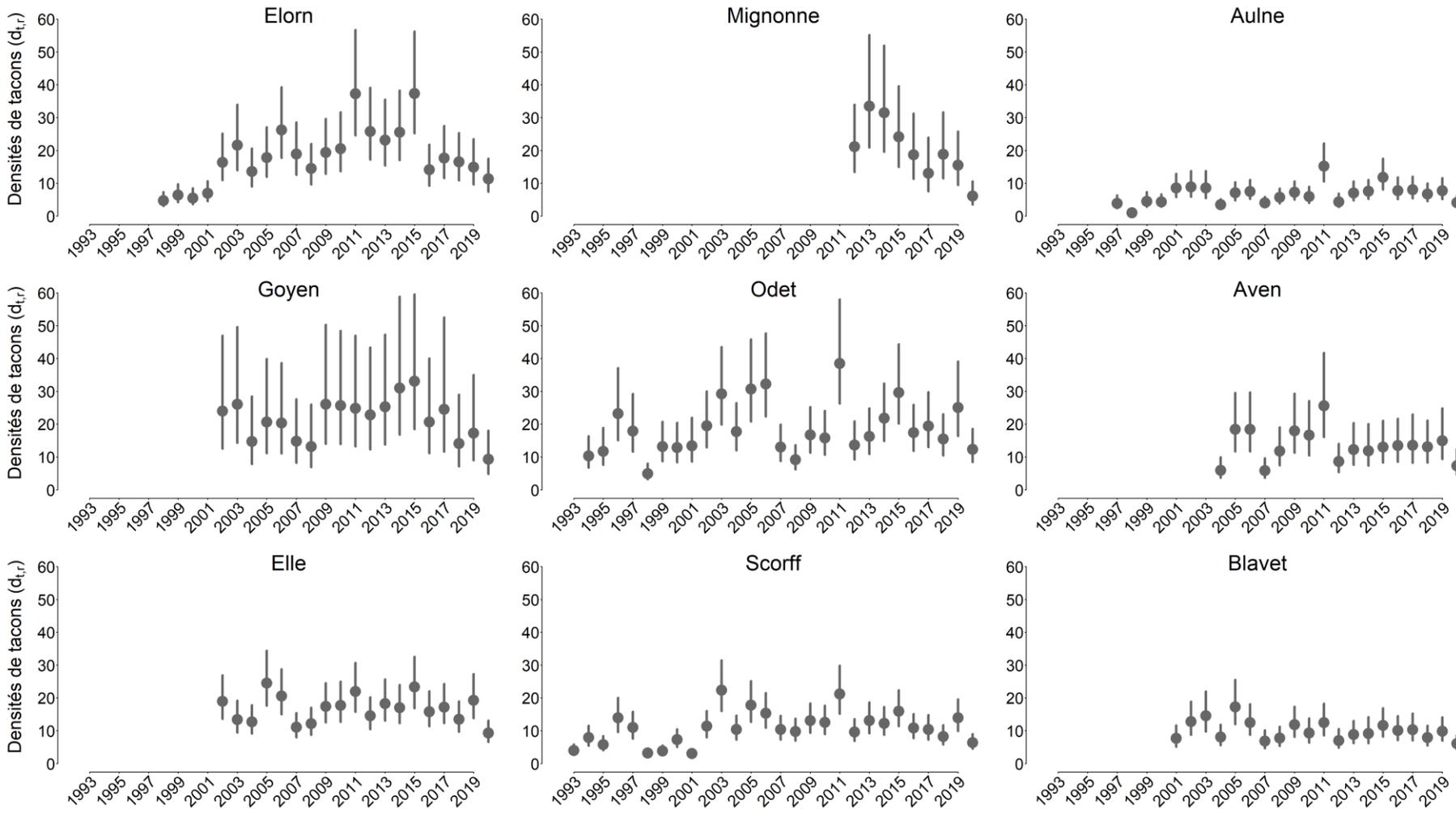


Figure 7 (*Thèse : Figure III.2.*) (suite)

III. Relation stock-recrutement (*Thèse : Chapitre IV*)

Une analyse des relations stock-recrutement des 18 populations de saumon bretonnes étudiées a été réalisée. Elle traite du lien qui existe entre le stock reproducteur (dépose d'œufs ; section I ; Fig. 6) et la production naturelle de juvéniles de l'année subséquente (recrutement en tacons 0+ ; section II ; Fig. 7). Elle repose sur trois éléments essentiels :

- (i) une modélisation de type Beverton et Holt qui considère que le recrutement moyen en tacons 0+ augmente avec le stock reproducteur et tend vers un maximum, aussi appelé capacité d'accueil ;*
- (ii) le Scorff est utilisé comme population « pivot » de référence. Pour un niveau de stock reproducteur donné, le recrutement moyen de chaque population est supposé proportionnel à celui du Scorff à un facteur multiplicatif près. Ce dernier peut être vu comme un coefficient de productivité relative de chaque population pour le processus de recrutement en tacons 0+. Il est supérieur à 1 (resp. inférieur) pour toute population qui est plus (resp. moins) productive que celle du Scorff.*
- (iii) pour un stock reproducteur et une population donnés, le recrutement annuel en tacons 0+ fluctue selon un double régime de variations centré soit sur un niveau moyen habituel (cas le plus fréquent), soit sur un niveau inhabituellement faible (cas plus rare).*

La figure 8 propose un panorama des relations stock-recrutement des 18 populations de saumon bretonnes étudiées. La capacité d'accueil (c.-à-d. recrutement moyen maximum) du Scorff est évaluée à 17 tacons 0+ pour 100 m² d'équivalent radier-rapide (Annexe technique, Tab. A.4). Au travers de l'ensemble des rivières et années considérées, la fréquence d'apparition d'évènements de recrutement inhabituellement faibles est de 8%. Ces recrutements sont en moyenne 62% plus faibles que ceux du niveau habituel.

La productivité relative des populations vis-à-vis du processus de recrutement en tacons 0+ varie selon un gradient est-ouest, les cours d'eau les moins productifs se trouvant à l'est et les plus productifs à l'ouest de la péninsule bretonne (Fig. 9). Le Yar et l'Aulne font exception à ce patron général : ce sont les deux populations les moins productives de l'ensemble considéré. La figure 10 présente les séries de recrutement standardisé pour l'effet du stock reproducteur (échelle log). Aucune tendance temporelle orientée (à la hausse ou à la baisse) n'est détectée, suggérant, qu'au-delà des fluctuations annuelles du recrutement, la productivité des rivières pour le recrutement en juvéniles de saumon s'est globalement maintenue au cours des périodes de suivi représentées.

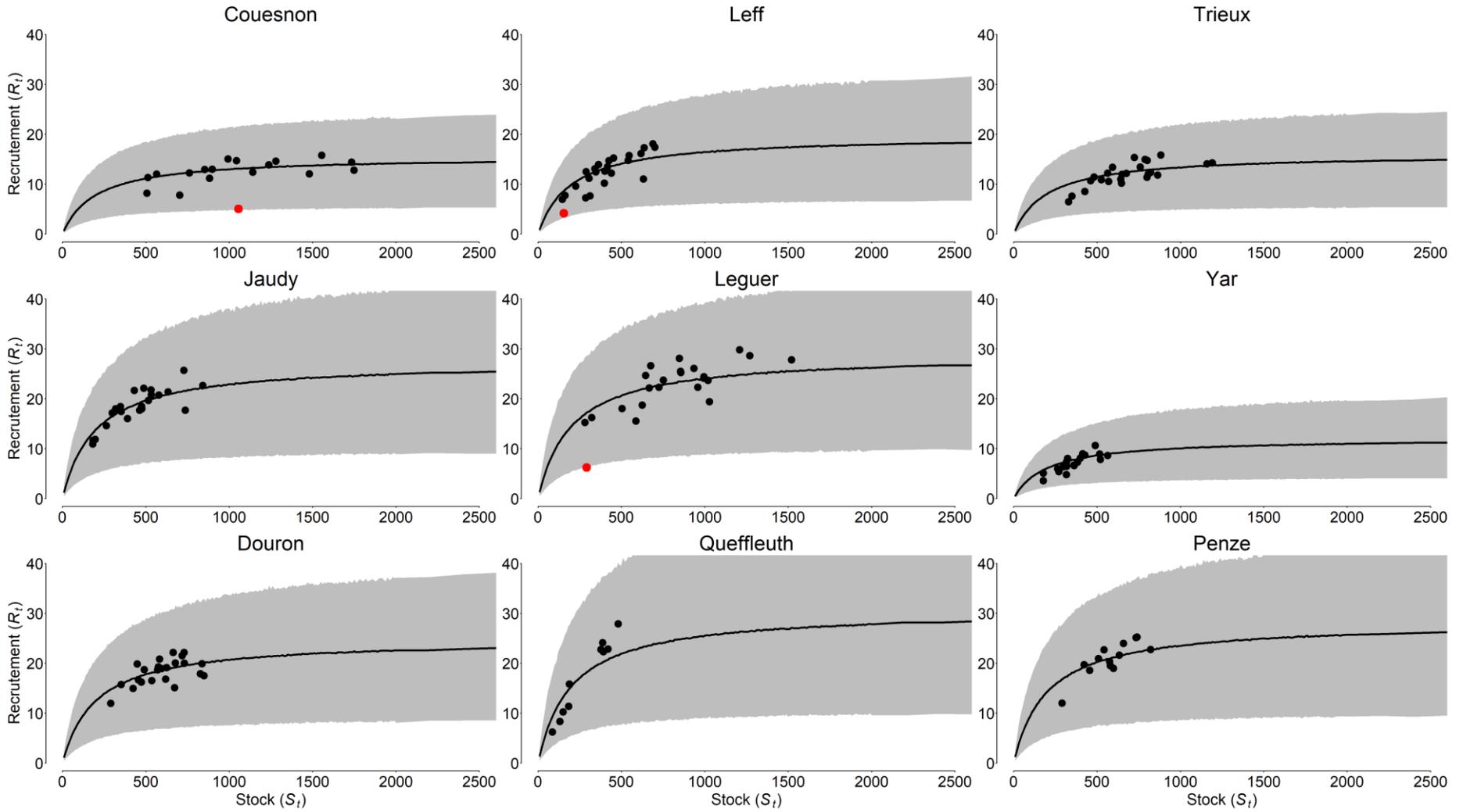


Figure 8. Relations stock recrutement des 18 populations de saumon bretonnes étudiées. Pour chaque rivière, les points correspondent à la valeur médiane du stock (densité d'œufs ; Fig.6) et du recrutement (densité de tacons 0+ ; Fig. 7) estimés. Les points figurés en rouge sont identifiés comme relevant d'un niveau de recrutement inhabituellement bas avec une probabilité supérieure à 50%. La courbe donne l'évolution de la médiane du recrutement attendu en fonction stock. L'aire grisée représente l'enveloppe à 90% de probabilité du recrutement prédit en fonction du stock.

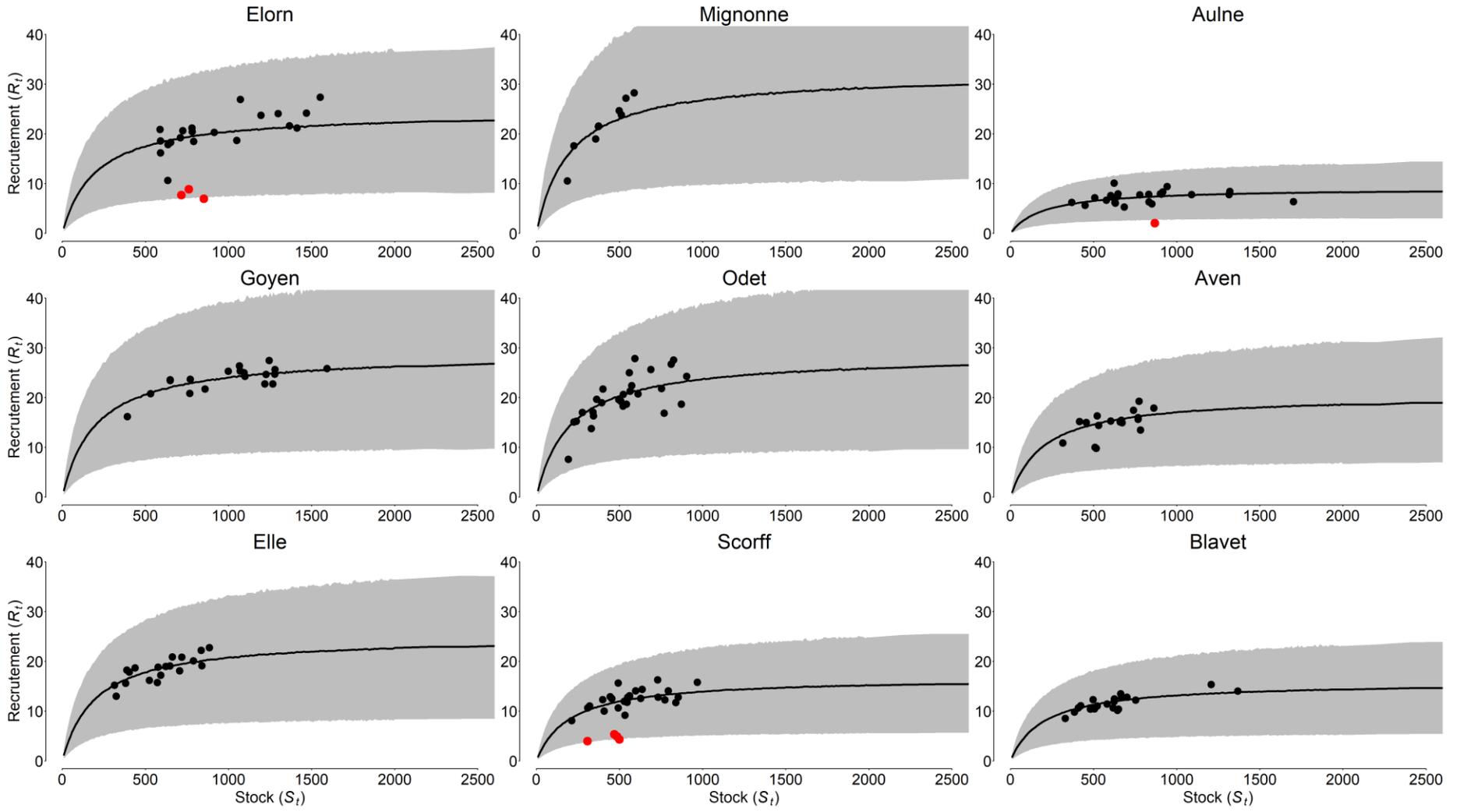


Figure 8. (suite)

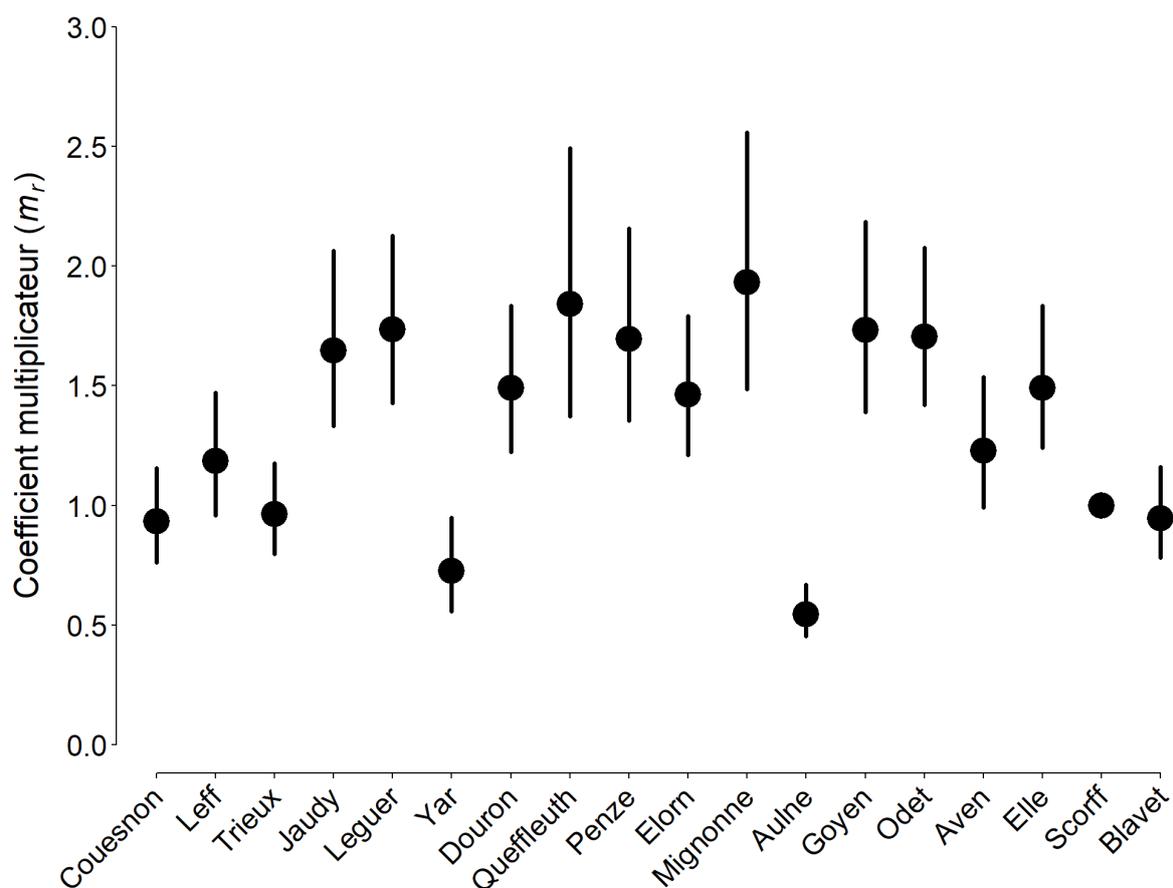


Figure 9 (Thèse : Figure IV.2). Distributions marginales des coefficients de productivité relative de chaque population (valeur de référence : 1 pour le Scorff). Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des distributions *a posteriori* de ces grandeurs.

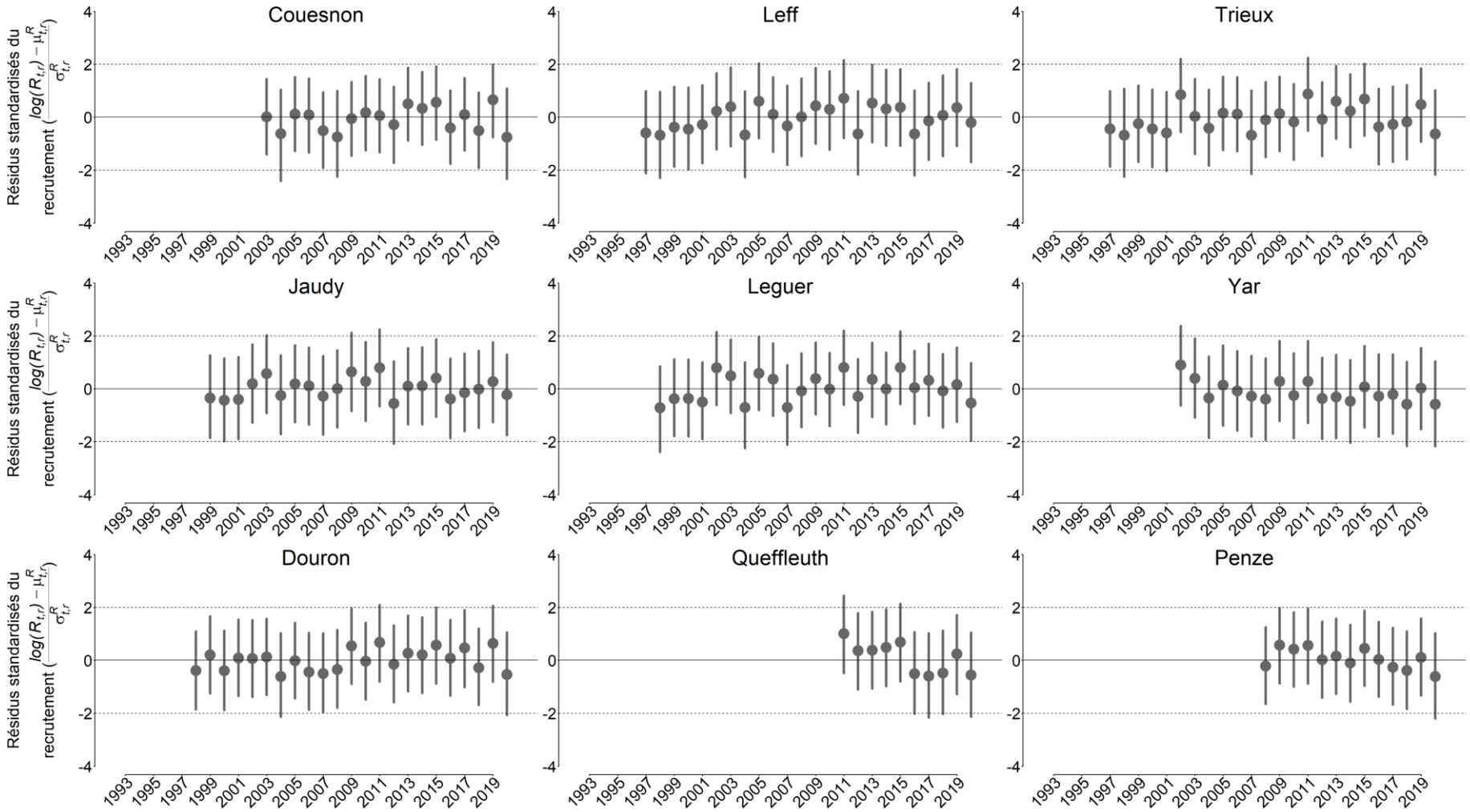


Figure 10. Estimations du recrutement (tacons 0+ ; échelle log) standardisé pour l'effet de la taille du stock reproducteur par rivière. Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des distributions marginales *a posteriori* des densités.

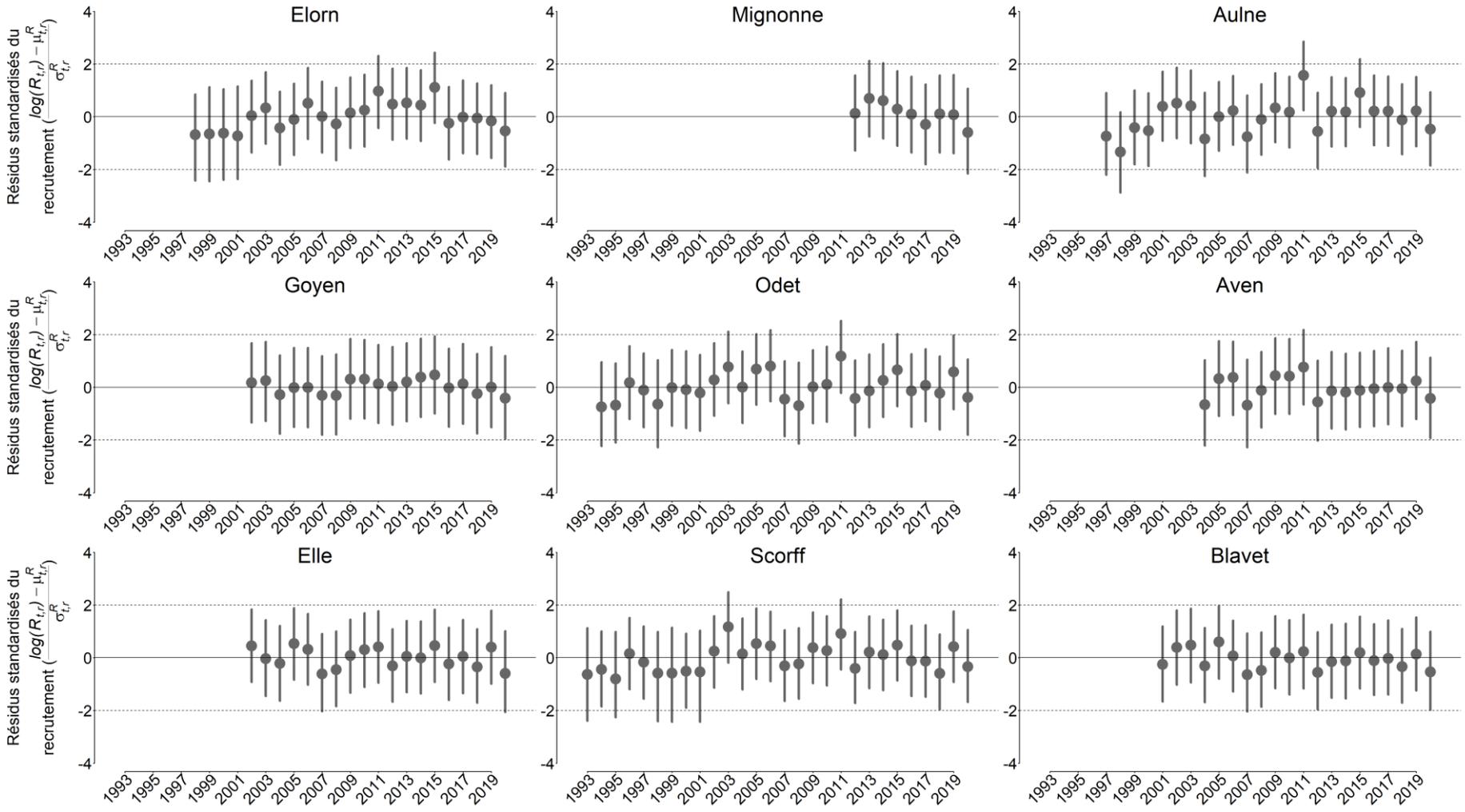


Figure 10. (suite)

IV. Relation recrutement-stock (Thèse : Chapitre V)

Les relations recrutement-stock des 18 rivières considérées ont été analysées. Chacune de ces relations s'intéresse au lien entre la production de tacons 0+ et les retours d'adultes anadromes potentiellement issus de cette dernière. Il est important de noter que, pour chaque rivière, ces retours résultent tout à la fois :

- (i) de la survie, en eau douce jusqu'au stade smolt, puis en mer, des juvéniles produits dans la rivière considérée (section II) ;*
- (ii) des apports d'adultes nés dans d'autres rivières que celle considérée ;*
- (iii) d'opérations dites de « repeuplement », localisées dans le temps et dans l'espace, consistant à relâcher dans les cours d'eau des juvéniles (tacons 0+ ou smolt) préalablement produits en élevage.*

Les apports liés aux échanges entre populations sont actuellement encore très mal connus et n'ont pas été explicitement pris en compte. Compte tenu du fort homing observé chez le saumon atlantique, on considère ici que les retours d'adultes dépendent en premier lieu des juvéniles issus de la rivière d'intérêt, que ce soit via la production naturelle ou par le biais d'opérations dites de « repeuplement ». Ces dernières ont été explicitement modélisées. Le terme taux de retour sera utilisé préférentiellement à celui de taux de survie pour qualifier le rapport entre la production de juvéniles et les adultes de chaque rivière.

En termes de retour d'adulte, un tacon 0+ sauvage équivaut en moyenne à 11 juvéniles (c.-à-d. tacons) de repeuplement (Tab. A.5). Le taux de retour moyen des juvéniles sauvage (1.9%) est 10 fois supérieur à celui des smolts de repeuplement (0.19%), et ce bien que ces derniers ne soient pas affectés par la mortalité entre le premier automne et la dévalaison vers la mer.

Les taux de retours du 0+ à l'adulte sont régulés par la densité de tacons produits par chaque cours d'eau : plus cette dernière est forte, resp. faible, plus le taux retour est faible, resp. fort. Ceci peut résulter de deux processus parallèles :

- un effet densité dépendant classique où l'augmentation de la compétition avec la densité impacte négativement la survie, via en particulier une diminution de la croissance des juvéniles et un allongement de leur temps de résidence en eau douce ;
- des échanges entre populations, les apports d'adultes nés sur des rivières adjacentes contribuant d'autant plus significativement à l'augmentation du taux de retour une année donnée que la production de juvéniles initiale a été faible sur le cours d'eau d'intérêt.

La figure 11a évalue les fluctuations (en échelle logit) des taux de retours au cours de la période d'étude à l'échelle régionale, indépendamment de l'effet de régulation par la densité. Un point bas a été enregistré de 2005 à 2007 (retours d'adultes de 2007 à 2011) et des valeurs du même niveau semblent se répéter au cours des dernières années (2016 à 2018), même si les retours d'adultes correspondant (2018-2022) n'ont pas été encore totalement observés. Les taux retours sont également variables selon les rivières (en moyenne sur la période d'étude et indépendamment de la densité de tacons), avec les valeurs les plus faibles enregistrées pour la Mignonne et le Queffleuth (Fig. 11b).

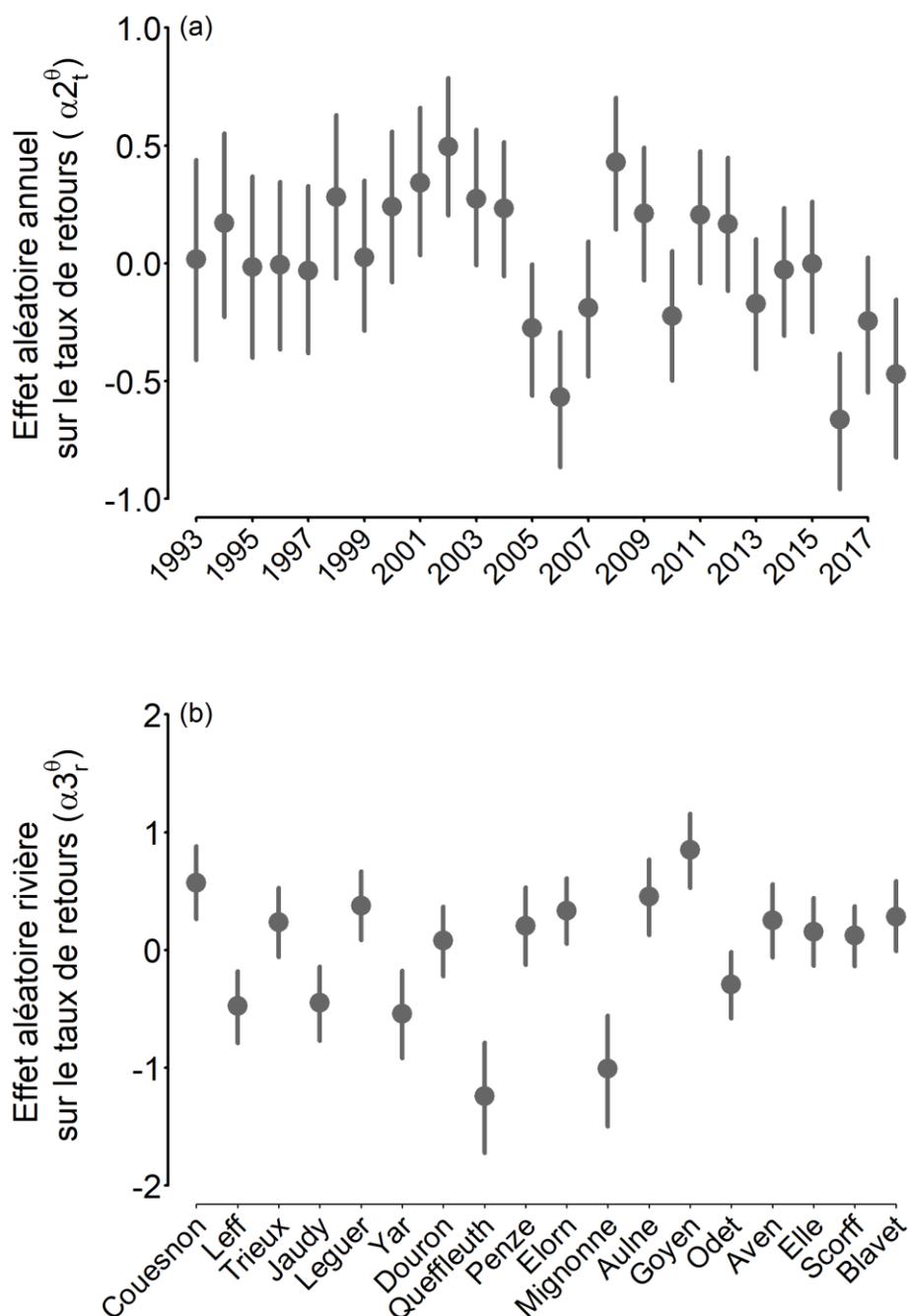


Figure 11 (*Thèse : Figure V.2*). Distributions marginales des effets aléatoires annuels (a) et rivières (b) sur les taux de retours du tacons 0+ à l'adulte. Les années du graphique (a) correspondent aux cohortes de tacon 0+. Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle de probabilité à 90% des distributions *a posteriori* de ces effets.

A l'échelle de chaque rivière, les taux de retours fluctuent autour de moyennes assez différentes selon le cours d'eau. Ces moyennes résultent à la fois des effets rivières (Fig. 11b) et des niveaux moyens des densités de tacons 0+ variables selon les cours d'eau (Fig. 7). A titre d'illustration on notera les taux de retour élevés enregistrés sur l'Aulne sous l'effet conjoint de faibles densités de tacons 0+ et d'un effet rivière positif. Par contraste le Léguer, bien qu'ayant

un effet rivière analogue à celui de l'Aulne, montre des taux de retours globalement plus faibles du fait des plus fortes densités de tacons 0+ qui y sont observées. Les fluctuations des taux de retour dans chaque rivière (Fig. 12) résultent quant à elles à la fois des effets annuels à l'échelle régionale (Fig 11a), des variations de densités de tacons 0+ au sein de chaque cours d'eau (Fig. 7) et d'effets dits « résiduels ». Ces derniers reflètent les fluctuations des taux de retours indépendamment de tous les autres effets (c.-à-d. année à l'échelle régionale, rivière et densité de tacons 0+). Ces effets résiduels (Fig. 13) ne montrent aucune tendance temporelle orientée à la baisse ou à la hausse qui auraient pu indiquer l'existence pour certaines rivières d'une évolution locale favorable ou défavorable aux taux de retour des saumons (en dehors de l'évolution des densités de tacons 0+).

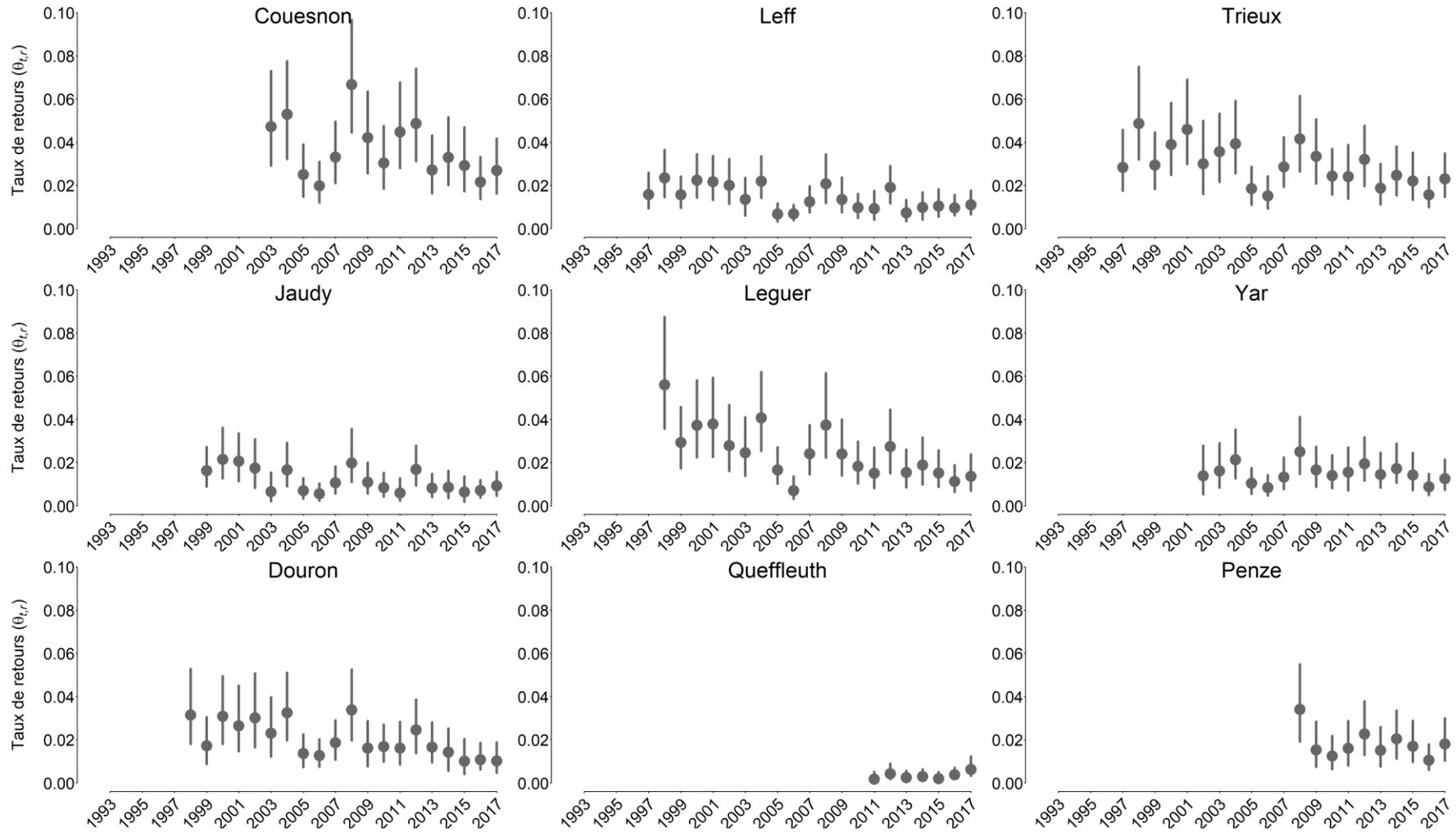


Figure 12. Estimations des taux de retours (du tacons 0+ à l'adulte) par rivière et par année (cohorte de tacons 0+). Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des distributions marginales *a posteriori* des taux de retour.

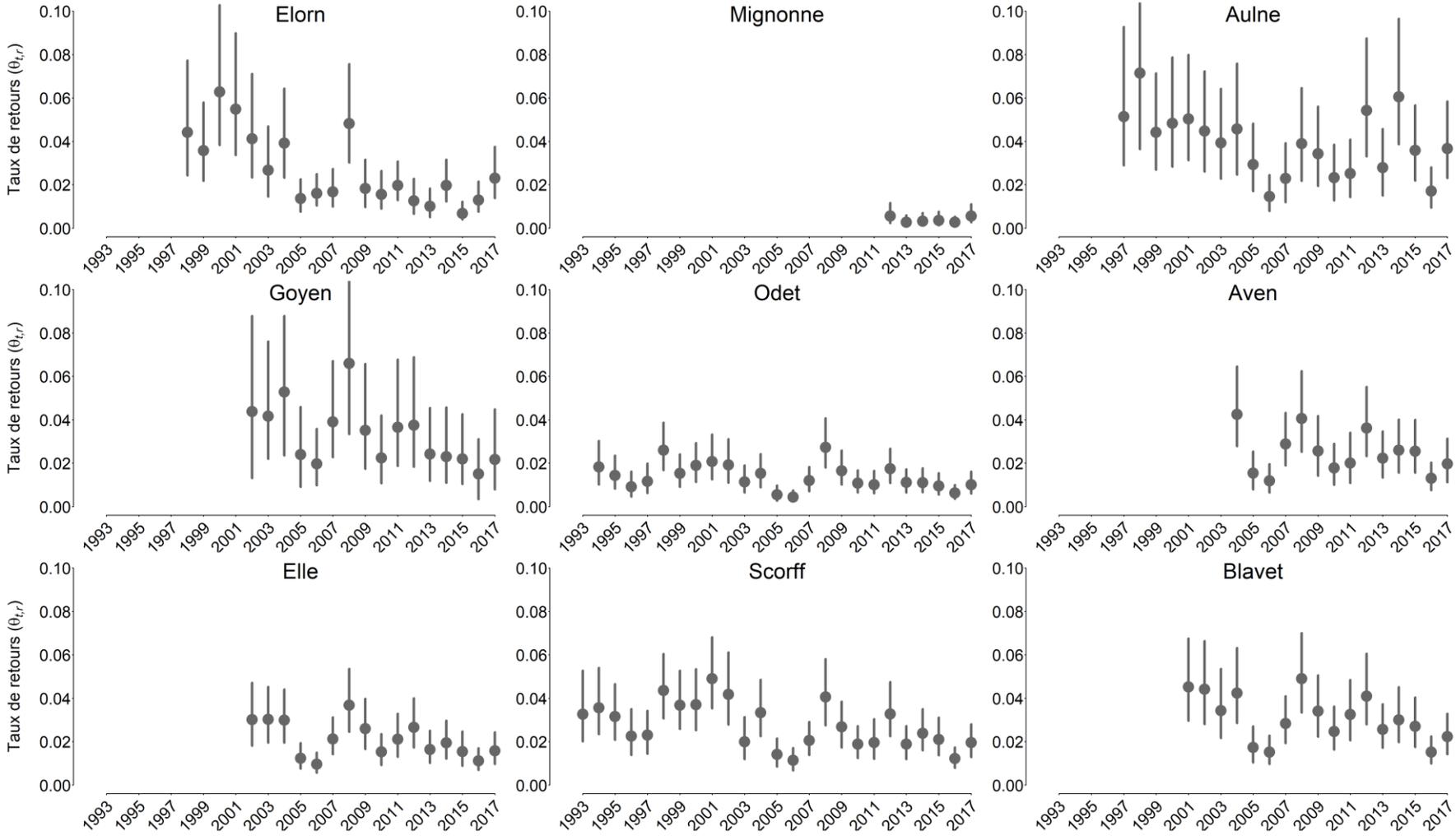


Figure 12. (suite)

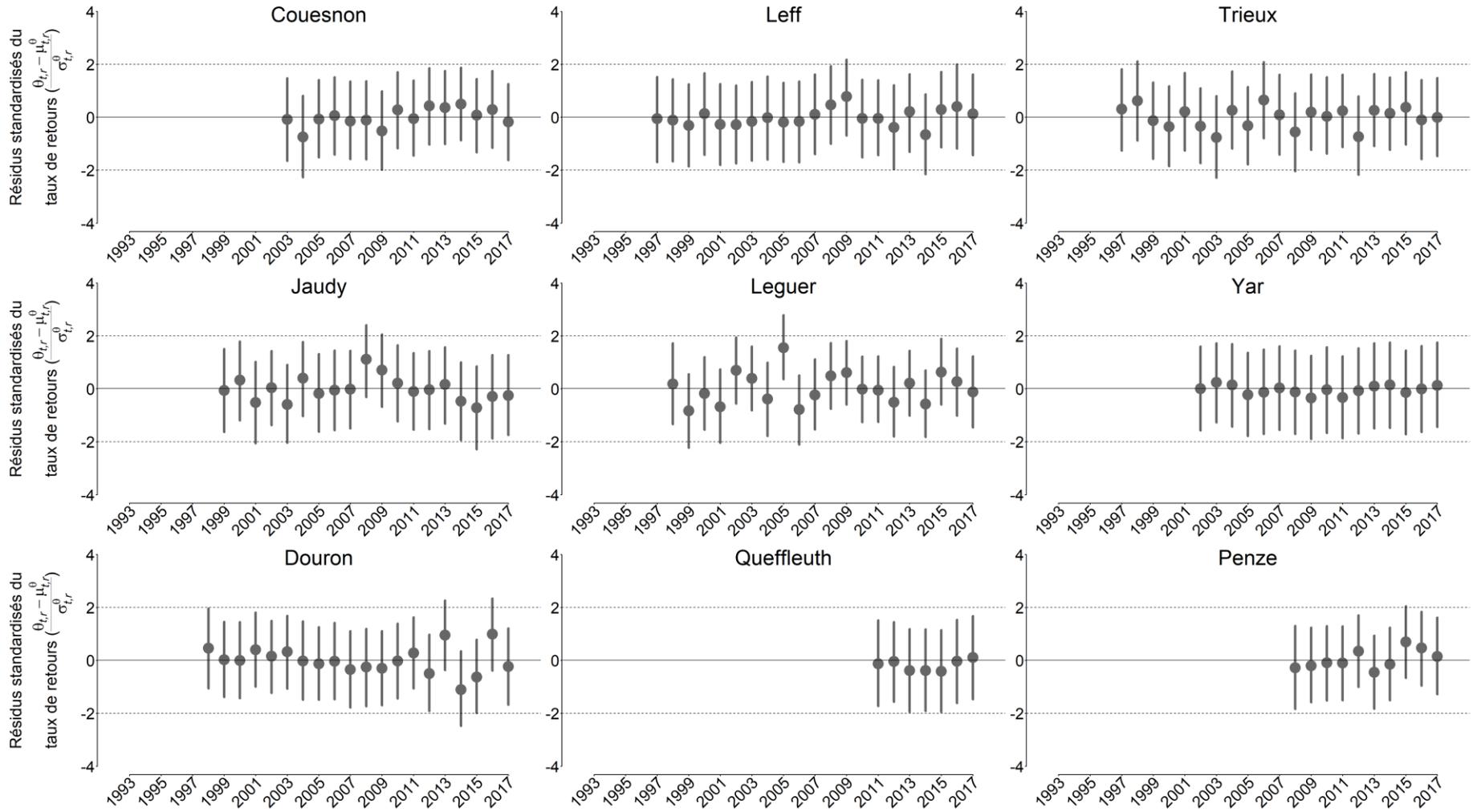


Figure 13 Estimations des taux de retours (du tacon 0+ à l'adulte) par rivière et par année (cohorte de tacons 0+), standardisés (effets résiduels) pour les effets de l'année (échelle régionale), la rivière et de la densité de tacons 0+. Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des distributions marginales *a posteriori* des taux de retour.

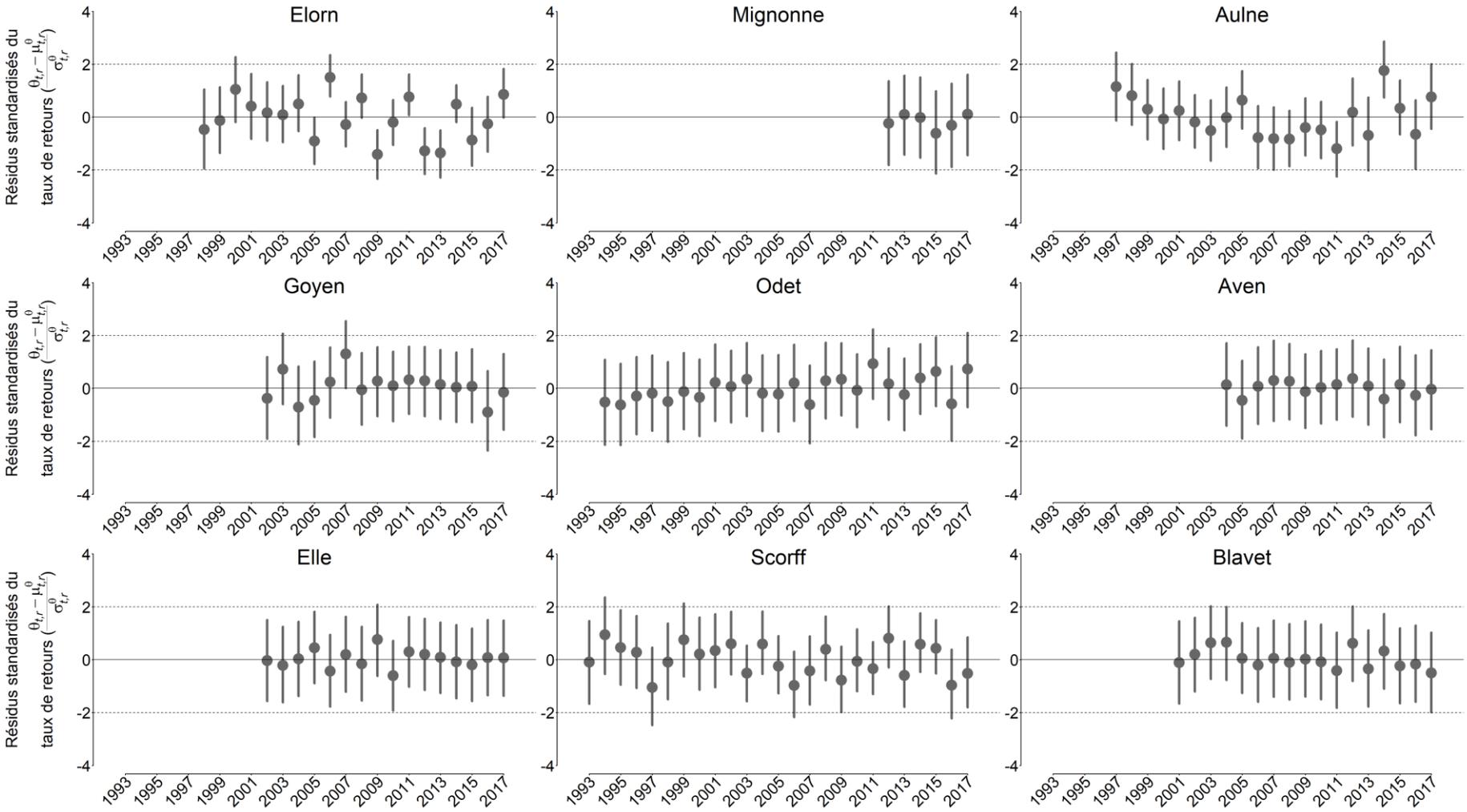


Figure 13. (suite)

V. Définition de nouvelles limites de conservation pour les populations de saumon en Bretagne (Thèse : Chapitre VI)

Le premier volet du projet RENOSAUM a permis de définir de nouvelles LC pour les populations de saumon bretonnes en levant l'ambiguïté passée entre conservation et exploitation (cf. Introduction). En cohérence avec les recommandations de l'OCSAN, il a été proposé tout d'abord une définition simple de la conservation, à savoir « éviter les faibles recrutements ». Sachant que le recrutement varie fortement et aléatoirement, un événement de faible recrutement peut toujours survenir même en contrôlant le nombre de reproducteurs. Les nouvelles LC sont donc définies comme le nombre de géniteurs qui permet de maîtriser le risque d'un faible recrutement.

Comme pour les LC actuelles, et tel que recommandé par l'OCSAN, les nouvelles LC sont déterminées à partir de l'analyse de relations de stock-recrutement (section III). Le modèle stock-recrutement de Beverton-Holt a été retenu, car il est le plus consensuel aujourd'hui au sein de la communauté scientifique pour le saumon atlantique. Le recrutement y varie de façon aléatoire autour d'une moyenne qui évolue en fonction du nombre de reproducteurs. Quand ce dernier augmente, le recrutement moyen s'accroît et tend vers une valeur maximale, appelée aussi capacité d'accueil. Cette dernière représente donc le nombre moyen de tacons que pourrait au maximum produire un cours d'eau si le nombre de reproducteurs n'était jamais limitant (toujours très grand). On peut définir le faible recrutement par référence à cette capacité d'accueil, c.-à-d. une proportion de la capacité d'accueil.

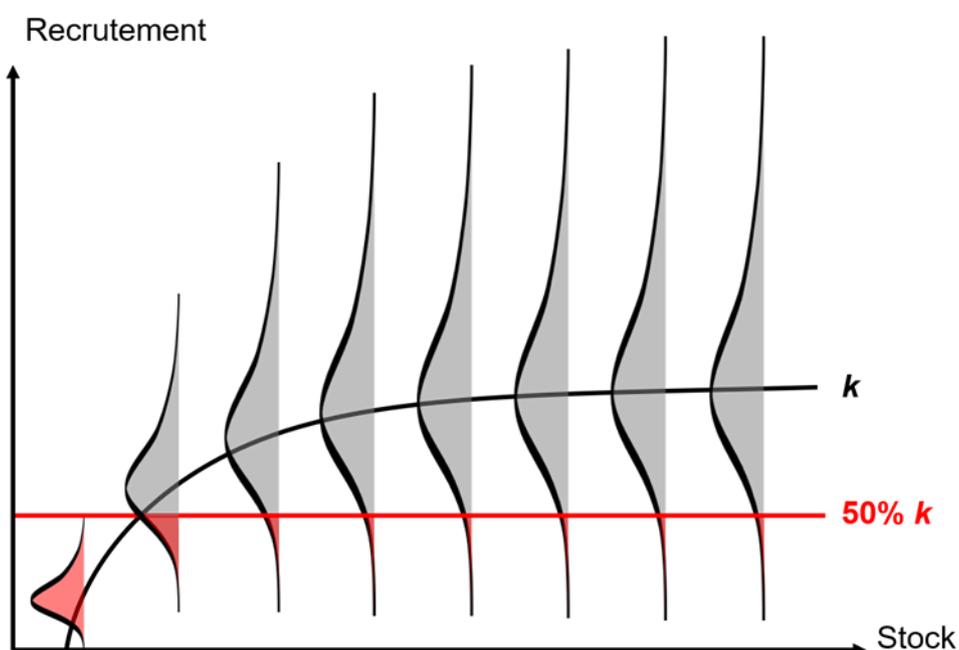


Figure 14 (Thèse : Figure VI.3). Comparaison des prédictions de recrutement et du seuil de faible recrutement (50% la capacité d'accueil k). Sur les distributions des prédictions de recrutement, l'aire située sous la droite du faible recrutement est figurée en rouge. Elle correspond au risque de faible recrutement, c.-à-d. la probabilité que le recrutement soit inférieur à la moitié de la capacité d'accueil.

Le modèle statistique de stock-recrutement (section III) ajusté à partir des séries relatives à l'abondance de reproducteurs (stock ; section I) et de descendants à la génération suivante (recrutement ; section II), permet de prédire le recrutement en fonction du stock (Fig. 14) en prenant en compte les principales sources d'incertitudes (liées à l'estimation du stock et du recrutement, à la fluctuation aléatoire du recrutement et à l'étendue limitée dans le temps des séries de données disponibles). A partir de ces prédictions et pour un niveau de faible recrutement préalablement choisi, on peut ainsi produire pour chaque rivière un diagramme de risque (Fig. 15) qui présente l'évolution du risque (la probabilité) d'un faible recrutement en fonction du stock reproducteur. A partir de ces diagrammes, il est aisé de déterminer une LC correspondant à un niveau de risque fixé. Cette approche a été appliquée aux 18 populations de saumon bretonnes étudiées.

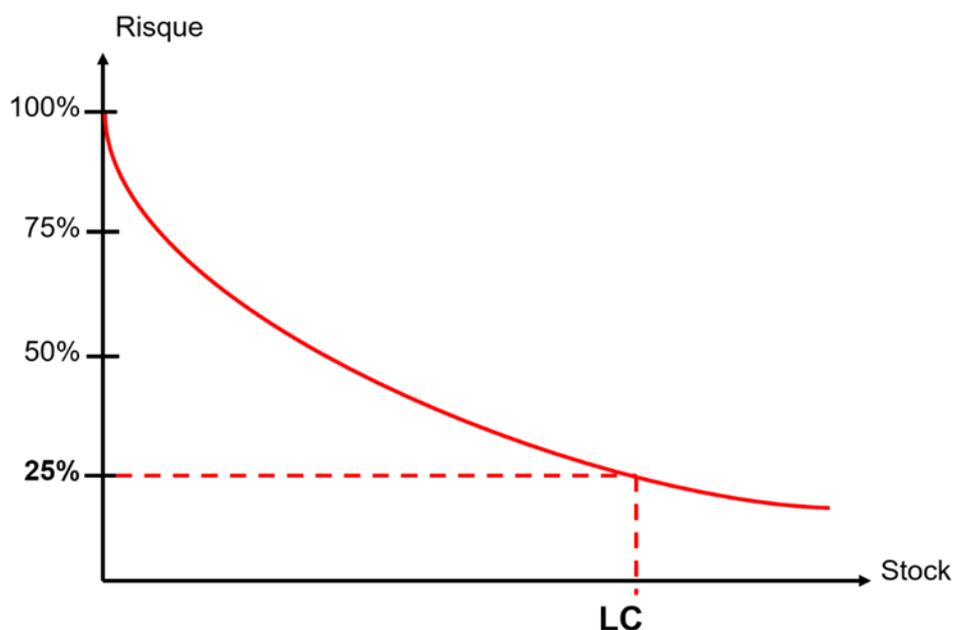


Figure 15 (*Thèse : Figure VI.4*). Diagramme de risque qui présente l'évolution du risque de faible recrutement en fonction du niveau de stock et permet de déterminer la LC (ici pour un risque de 25%).

Dans ce cadre, les acteurs de la gestion réunis au sein du COGEPOMI ont tout d'abord validé formellement en novembre 2018 le principe de définir de nouvelles limites de conservation comme une quantité de reproducteurs permettant de maîtriser le risque de faible recrutement. Ils ont dû ensuite, avec l'aide des scientifiques, s'entendre sur une définition précise et opérationnelle de la notion de faible recrutement et du niveau de risque acceptable (probabilité d'apparition d'un faible recrutement). Ils ont eu à répondre à deux questions :

- A quelle proportion de la capacité d'accueil correspond un faible recrutement ? (p. ex. 75%, 50%, 25%...)
- Quel niveau de risque souhaite-t-on maîtriser ? (p. ex. 15%, 25%, 40%...)

Ces questions ont été instruites au cours du 1^{er} semestre 2019. Un risque de 25% pour un faible recrutement correspondant à 50% de la capacité d'accueil a été retenu et adopté en séance

plénière du COGEPOMI le 14 juin 2019. Les nouvelles LC reposant sur ce choix correspondent au stock reproducteur nécessaire pour s'assurer qu'un recrutement en tacons inférieur à la moitié de la capacité d'accueil se produit seulement une année sur quatre. Une seconde définition plus « exigeante » de la conservation a également été retenue pour deux cours d'eau, le Léguer et l'Elorn, avec un risque de 40% pour un faible recrutement correspondant à 75% de la capacité d'accueil.

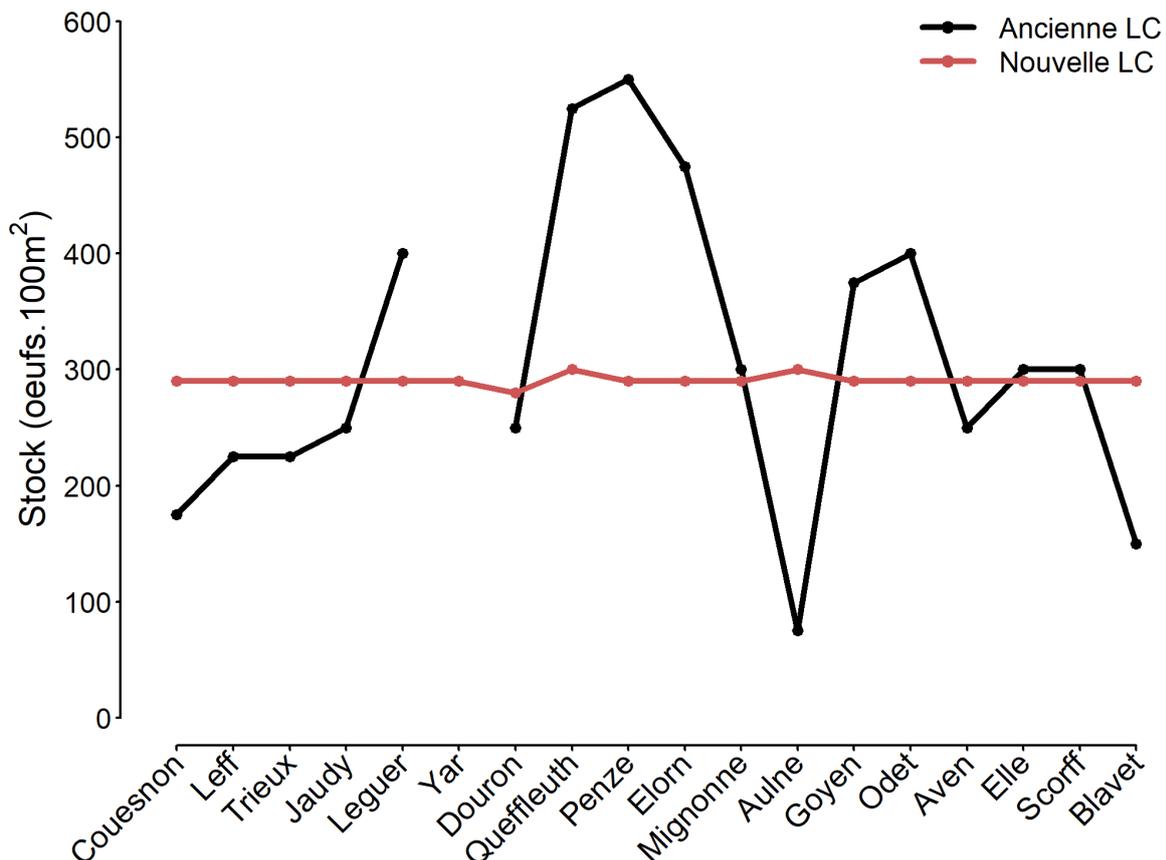


Figure 16 (Thèse : Figure VI.6). Comparaison des anciennes (trait plein noir) et des nouvelles (trait plein rouge) LC pour les 18 rivières bretonnes étudiées (25% de risque de tomber sous 50% de la capacité d'accueil). L'ancienne LC du Yar n'est pas figurée car cette rivière n'en disposait pas. Les valeurs des anciennes et nouvelles LC sont données en annexe

Les nouvelles LC ainsi obtenues sont dans la gamme des anciennes, mais elles varient peu entre les rivières (Fig. 16). Cette faible variabilité est due à l'hypothèse de proportionnalité des courbes stock-recrutement entre les cours d'eau via un coefficient de productivité relative (section III ; Figure 9). Elle contraste assez nettement avec celle plus élevée des anciennes LC. Ces dernières présentaient le défaut majeur d'abaisser les exigences en matière de conservation pour les populations les plus fragiles, c.-à-d. aux capacités de renouvellement les plus faibles. Les nouvelles LC permettent de remédier à ce problème : elles restent essentiellement inchangées quel que soit la productivité du processus de recrutement (Fig. 17).

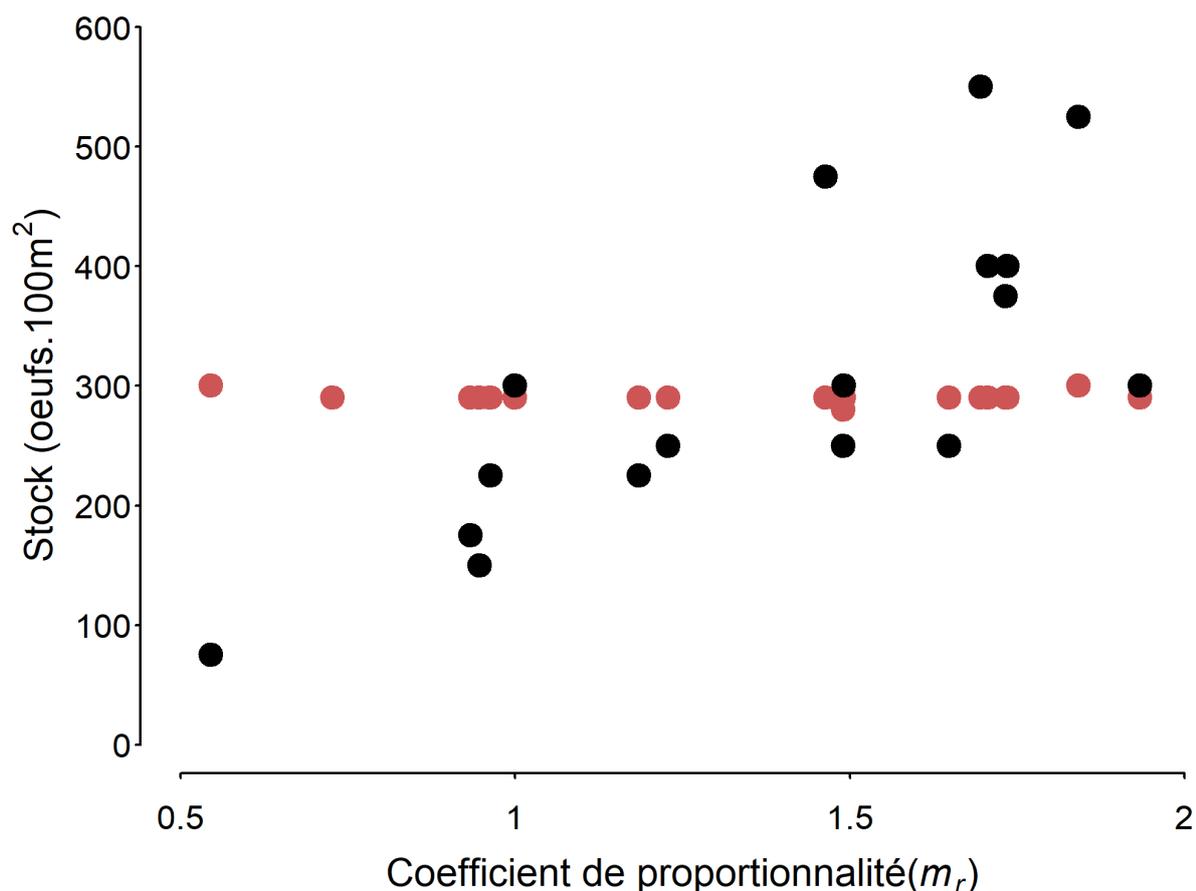


Figure 17 (*Thèse : Figure VI.8*). Evolution des LC (anciennes en noir et nouvelles en rouge) en fonction de la productivité des populations, c.-à-d. le coefficient de proportionnalité m_r (cf. équation IV.5) des relations SR.

A la différence des anciennes LC, les nouvelles sont des points de référence qui n'ont pas pour objectif, et ne permettent pas directement, de définir des TAC. Ce sont des balises par rapport auxquelles on peut situer des estimations de stock reproducteur pour évaluer de façon rétrospective le statut de conservation des populations (Fig. 18 et 18bis). Les diagnostics rétrospectifs qu'elles permettent de poser peuvent être utilisés pour guider la régulation de l'exploitation (autoriser/interdire, augmenter/diminuer).

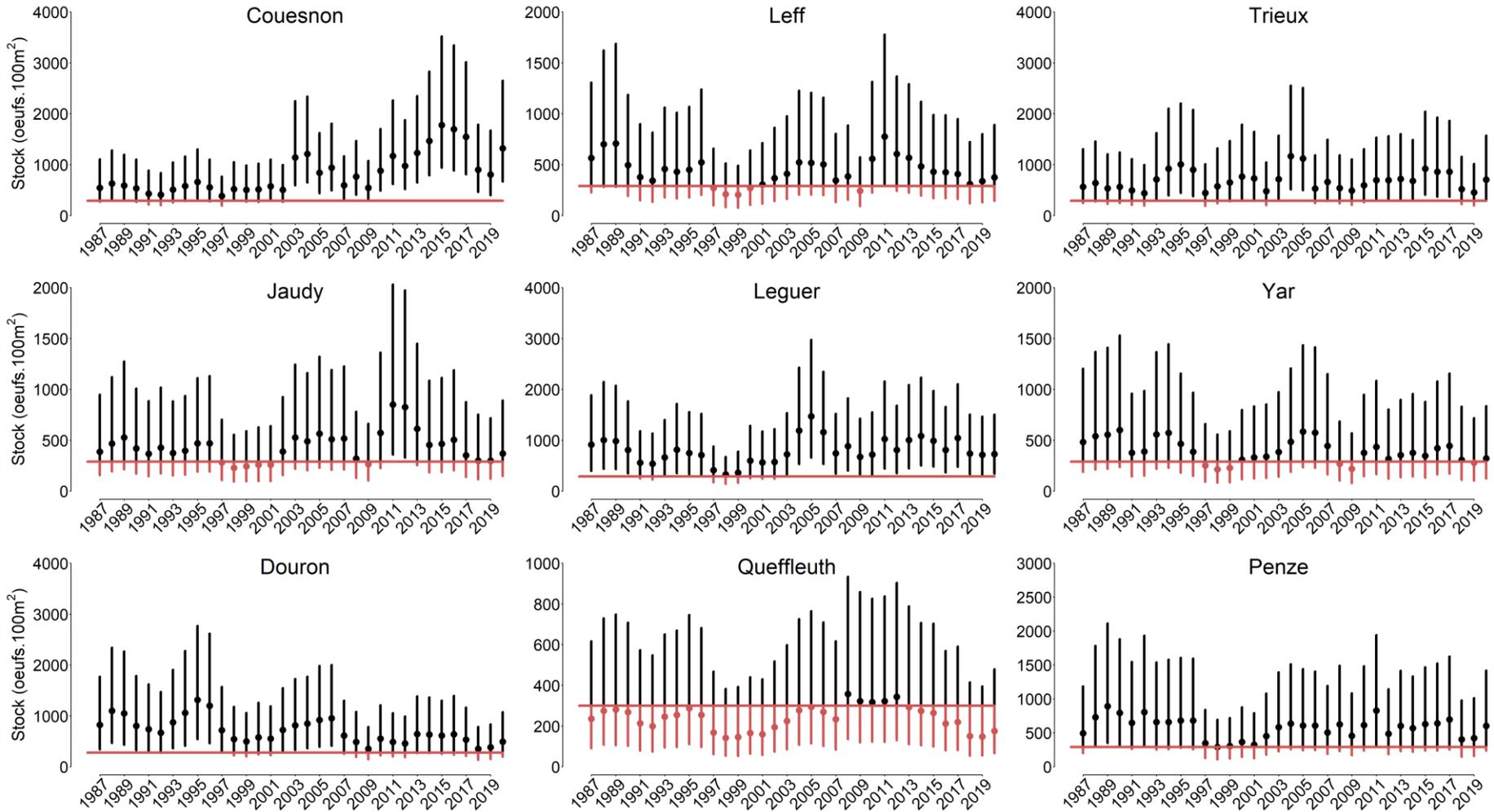


Figure 18. Evaluation rétrospective du respect de la LC (ligne horizontale rouge) des 18 rivières bretonnes. Les points noirs et les lignes verticales représentent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des estimations de stocks. La partie de l'intervalle à 90% inférieure à la LC a été figurée par un trait rouge et met en évidence les années où le risque d'être tombé en dessous de la LC a été supérieur à 5%. Les LC sont définies pour un seuil de faible recrutement égal à 50% de capacité d'accueil et un risque de 25%.

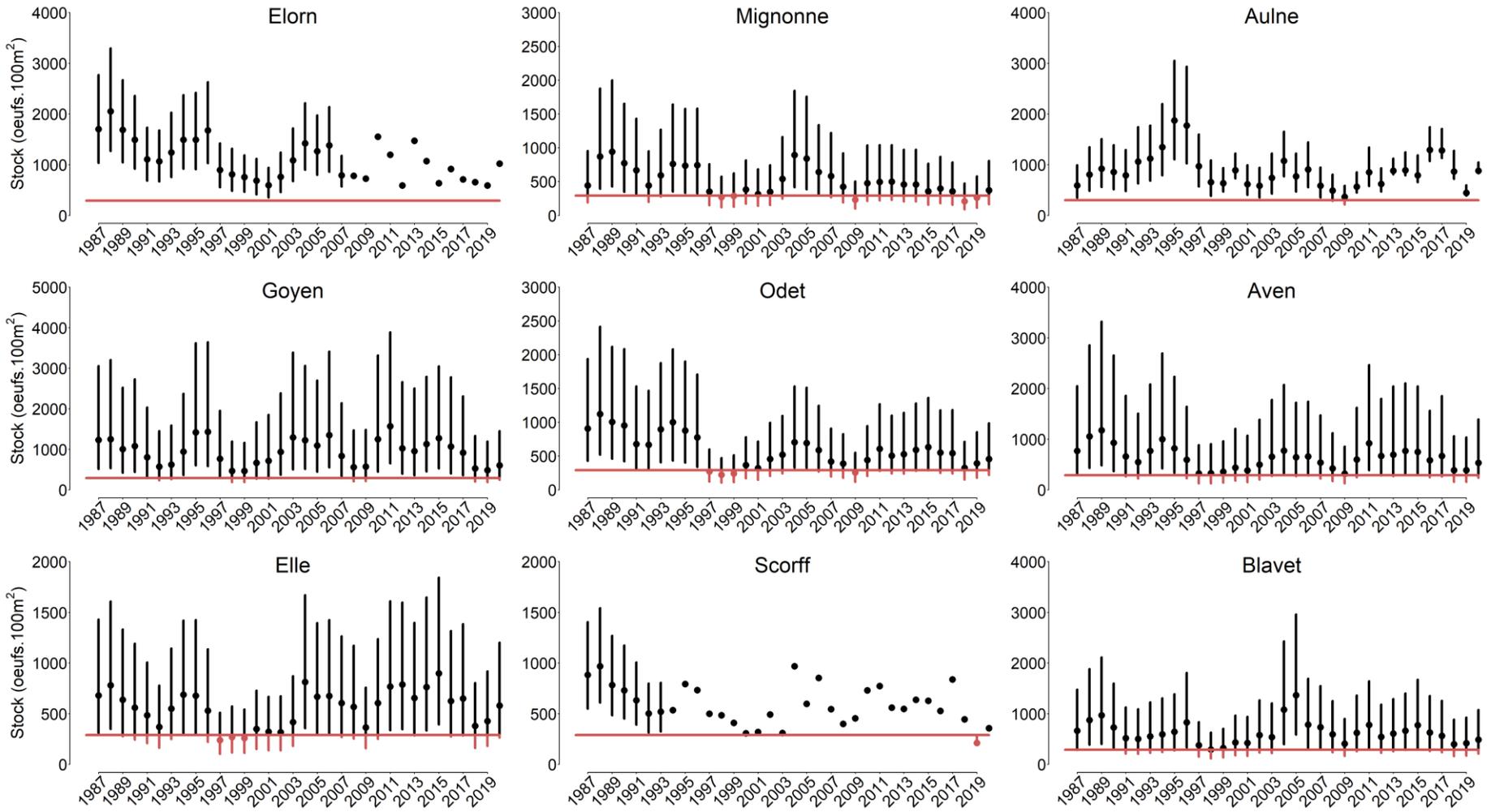


Figure 18. (suite)

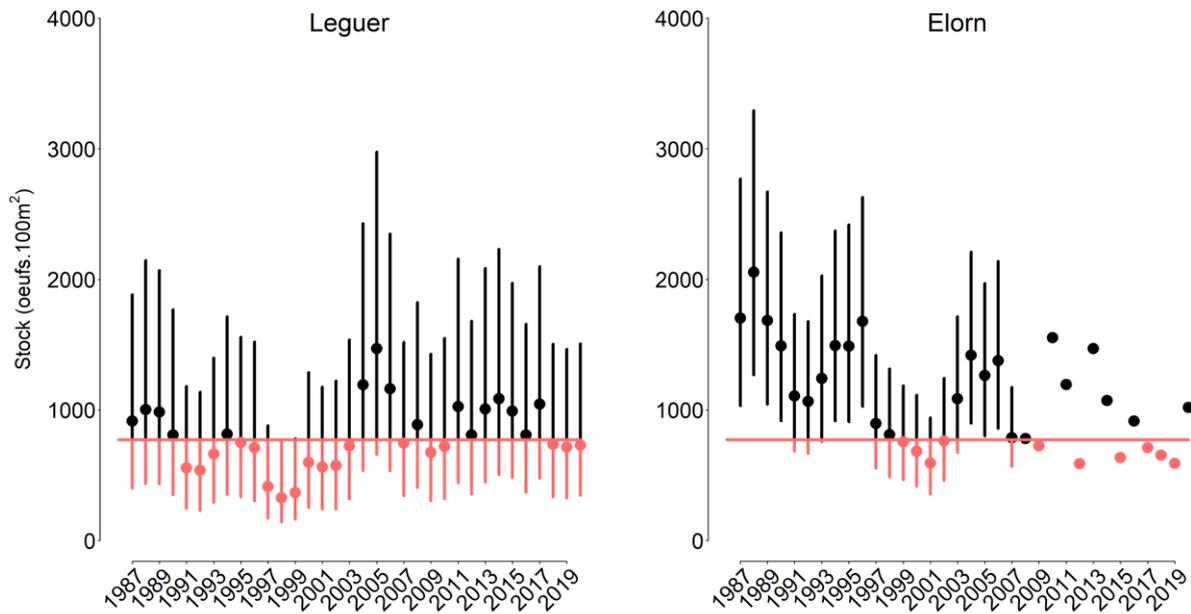


Figure 18bis. Evaluation rétrospective du respect de la LC plus exigeante (seuil de faible recrutement égal à 75% de capacité d'accueil et un risque de 40% ; ligne horizontale rouge) retenue pour le Léguer et l'Elorn. Les points noirs et les lignes verticales représentent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des estimations de stocks. La partie de l'intervalle à 90% inférieure à la LC a été figurée par un trait rouge et met en évidence les années où le risque d'être tombé en dessous de la LC a été supérieur à 5%.

VI. Évaluation de scénarios alternatifs pour réguler les pêcheries récréatives bretonnes de saumon atlantique (*Thèse : Chapitre VII*)

Dans l'optique d'une gestion des populations de saumon donnant la priorité à la conservation, telle que recommandée par l'OCSAN, il convient de suivre l'exploitation et si nécessaire de la réguler pour contrôler la mortalité qu'elle engendre. Dans le cas des pêcheries récréatives opérant avec des modes de capture non-létaux, le contrôle de la mortalité par pêche peut s'exercer soit en limitant l'exercice de la pêche, soit en limitant le prélèvement (c.-à-d. avec mise à mort) des captures. Seules des mesures de contrôle direct du prélèvement seront considérées ici, des modalités complémentaires d'exercice de la pêche sans prélèvement pouvant éventuellement leur être associées. De la même façon, tout ce qui relève du domaine des conditions et modes d'exercice de la pêche ou des prélèvements n'est pas abordé.

En s'appuyant sur la méthodologie développée dans la thèse de Lebot⁸, de nombreux scénarios de régulation de l'exploitation sont comparés. Ces comparaisons ont pour objectif d'identifier, en premier lieu ceux qui permettent de respecter la conservation des populations, et en second lieu les meilleurs parmi ces derniers au regard de critères de performances en matière d'exploitation. Il s'agit ainsi d'éclairer les acteurs de la gestion réunis au sein du COGEPOMI pour les décisions qu'ils auront à prendre concernant la réglementation de la pêche du saumon en Bretagne. La prise en compte initiale d'un grand nombre de scénarios vise à explorer de façon ouverte un large champ de mesures possibles. Elle complique cependant singulièrement le choix final qui devra nécessairement s'opérer. L'exercice mené ici se propose donc de faciliter ce choix en le limitant à un ensemble plus réduit, préalablement sélectionné selon une procédure et des critères transparents et ayant fait l'objet d'une validation par les décideurs. Leur liberté de choix au sein de cet ensemble restreint est ainsi conservée. L'évaluation comparative de scénarios de régulation de l'exploitation est un défi au plan méthodologique. Du fait de la forte variabilité interannuelle à la fois de la dynamique de renouvellement des populations et de l'intensité de leur exploitation, la quantification des performances d'un scénario donné requiert sa mise en œuvre sur une durée suffisamment longue (> 10 ans). Cette contrainte, ajoutée à la multiplication des alternatives considérées (potentiellement plusieurs dizaines, voire centaines) rend impossible la mise en œuvre d'une approche de type expérimental dans le monde réel. La simulation dans un monde virtuel, représentant aussi fidèlement que possible la réalité d'intérêt, est une opportunité qui permet de conserver un niveau de réalisme important par rapport à d'autres approches plus théoriques. Sa mise en œuvre peut cependant se révéler assez lourde en termes de calcul informatique, selon la complexité des modèles utilisés et le nombre de scénarios testés.

C'est la voie d'approche qui a été suivie ici et appliquée dans un contexte de référence reposant sur une double hypothèse :

- de renouvellement des populations identique (en moyenne et en amplitude des fluctuations) à celui observé depuis 1987 ;
- d'un régime d'exploitation, à la fois en termes d'intensité moyenne, de dynamique en cours de saison et de fluctuations annuelles, lui aussi identique à celui observé depuis 1987.

⁸ disponible en ligne : <https://www.theses.fr/s273973>

Si la méthodologie générale de comparaison des scénarios de régulation de l'exploitation est directement celle de la thèse, les scénarios ont quant à eux été significativement retravaillés pour être en prise directe avec la réalité de la gestion des populations de saumon en Bretagne. On s'est ainsi focalisé sur les quelques leviers qui peuvent être actionnés dans le cadre réglementaire qui régit actuellement la régulation de l'exploitation du saumon, à savoir les TACs (c.-à-d. quotas de prélèvement) et les dates d'ouverture et de fermeture de la pêche (avec prélèvement).

VI.1. Des scénarios correspondant à trois grands types de régulation de l'exploitation (ou règles de contrôle de l'exploitation, RCE).

Trois grands types de régulation sont classiquement identifiés et repris ici :

Prélèvement fixe : cela consiste à limiter les prélèvements chaque année en dessous d'une quantité fixe quel que soit le nombre des retours d'adultes potentiellement exploitables.

Exemple : ne pas prélever plus de 100 adultes.

Taux d'exploitation fixe : cela consiste à limiter le taux d'exploitation (c.-à-d. la fraction de la population que l'on prélève) en dessous d'un même niveau chaque année.

Exemple : ne pas prélever plus de 30% des adultes qui remontent dans une rivière donnée.

Echappement fixe : cela consiste à assurer un échappement reproducteur (c.-à-d. nombre de géniteurs ayant échappé à la pêche) minimum avant de commencer à prélever des individus.

Exemple : s'assurer que 150 adultes pourront contribuer à la reproduction dans une rivière donnée avant de prélever.

VI.2. Des modalités de mise en œuvre réglementaires simples et directement applicables en Bretagne

En Bretagne, un large éventail de mesures réglementaires contraint l'exercice de la pêche à la ligne du saumon en eau douce : TAC, dates d'ouverture et de fermeture, zones de pêche, licences de pêche, types d'appâts ou de leurres, quotas individuels journaliers, capture-relâcher etc... Parmi cet éventail de possibles, on s'est focalisé sur les mesures qui semblaient tout à la fois simples et lisibles, tout en opérant potentiellement un contrôle assez direct sur les prélèvements. Une attention particulière a également été portée sur celles qui sont déjà d'application générale sur l'ensemble des cours d'eau bretons. On s'est ainsi restreint à l'exploration de scénarios reposant sur des variations de TAC, de date de fermeture ou d'ouverture de la pêche. Les différentes modalités envisagées sont associées aux trois types de régulation présentés précédemment.

Prélèvement fixe : sa mise en œuvre requiert l'instauration de TACs. L'exploitation se déroule entre une date d'ouverture de la pêche et, soit la date à laquelle le TAC a été consommé, soit une date butoir de fermeture. C'est le système de régulation actuellement en vigueur en Bretagne. Sa mise en œuvre nécessite :

- d'interdire les prélèvements à la date où le TAC est atteint,
- de s'assurer qu'il n'y ait pas de prélèvement après la fermeture.

Cette option présente l'avantage d'autoriser des prélèvements chaque année. Le TAC étant fixée à l'avance, cela offre aussi de la visibilité aux pêcheurs pour la saison en cours. La date de fermeture est cependant incertaine au début de la saison de pêche. En termes de contrôle, cela demande de suivre les prélèvements en « temps réel » en cours de saison et de procéder à une fermeture de la pêche

rapide quand le TAC est atteint.

Taux d'exploitation fixe : classiquement ce type de régulation passe par un contrôle de l'effort de pêche, en limitant d'une façon ou d'une autre le nombre de sorties de pêche effectuées par l'ensemble des pêcheurs. Ce type d'approche est sans doute impossible dans le cadre réglementaire régissant actuellement la pêche du saumon en Bretagne (pas de contrôle du nombre de licences émises, ni du nombre de sorties réalisées par licence). On propose donc de faire passer sa mise en œuvre par la simple instauration d'une période de pêche. Sur la base de la dynamique de l'exploitation en cours de saison présentée précédemment (section I ; Annexe technique, A.I), le taux d'exploitation peut être modulée en fonction des dates de pêche (Fig. A.2). Le lien entre l'établissement d'une saison de pêche et le taux d'exploitation repose sur (i) l'existence d'un rythme d'entrée en rivière des adultes en cours de saison, (ii) un lien inverse entre leur capturabilité et leur temps de résidence en eau douce, et (iii) la possibilité d'exclure totalement une fraction des adultes de tout prélèvement par une date de fermeture suffisamment précoce. Dans le cas présent, on propose de conserver la date d'ouverture actuelle de la pêche (2^{ème} samedi de mars) et de faire varier la date de fermeture selon le scénario (avec ou sans prolongation automnale éventuelle).

Ces modalités de mise en œuvre offrent la possibilité de prélever chaque année sur une période qui est connue avant le début de la saison de pêche. Néanmoins, les périodes d'ouverture de la pêche avec prélèvement autorisé peuvent être assez courtes, avec une fermeture précoce, si les taux d'exploitation limites visés sont faibles, que les retours d'adultes sont très concentrés dans le temps et/ou que l'exploitation est très intense.

Echappement fixe : idéalement, la mise en œuvre de ce type de régulation requiert de suivre en temps réel en cours de saison le nombre de reproducteurs potentiels présents en rivière. En Bretagne, seuls l'Elorn, l'Aulne et le Scorff sont équipés de dispositifs d'observation permettant d'obtenir ce genre d'informations. Une généralisation de tels équipements sur l'ensemble des rivières à saumon de Bretagne est difficilement envisageable, ne serait-ce qu'à court terme. On peut cependant envisager une mise en œuvre par la simple instauration d'une période de pêche. Selon les mêmes principes que ceux exposés pour le taux d'exploitation fixe, le calage de la saison de pêche peut être utilisé pour tenter d'assurer un certain échappement reproducteur. On agira ici préférentiellement sur la date d'ouverture de la pêche avec prélèvement, considérant que celle-ci ne peut être autorisée avant qu'un certain effectif d'adulte soit entré en eau douce. Dans le cas présent, des variations de date d'ouverture sont proposées en conservant une fermeture de la pêche au 15 juin pour les saumons de printemps et au 3^{ème} samedi de septembre (avec ou sans prolongation automnale éventuelle).

Comme dans le cas « Taux d'exploitation fixe », ces modalités de mise en œuvre offrent la possibilité de prélever chaque année sur une période qui est connue avant le début de la saison de pêche. Néanmoins, les périodes d'ouverture de la pêche avec prélèvement autorisé peuvent être assez courtes, avec une ouverture tardive, si les échappements reproducteurs limites visés sont importants, que les retours d'adultes sont très étalés dans le temps et/ou que l'exploitation est très intense.

VI.3. Les 197 scénarios testés

Prélèvement fixe : les scénarios testés combinent un TAC saumons de printemps et un TAC castillons. Pour chacune des rivières bretonnes, 81 scénarios ont été testés résultant de la combinaison de 9 TAC saumons de printemps et de 9 TAC castillons. Ces 9 TAC correspondent pour chaque classe d'âge de mer aux prélèvements qui auraient été réalisés en moyenne sur les 10 dernières années si les taux de

prélèvement avaient été de 1%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40% et 50%. La pêche avec prélèvement ouvre le 2^{ème} samedi de mars (~10/03) pour les saumons de printemps et le 16 juin pour les castillons. Elle ferme, soit parce que le TAC est consommé, soit à une date butoir, le 15 juin pour les saumons de printemps et le 3^{ème} samedi de septembre (~15/09) pour les castillons. Dans le premier cas, il est considéré que la date effective de fermeture intervient aléatoirement (distribution uniforme) entre 1 et 15 jours après l'atteinte du TAC. Si le TAC castillons n'est pas atteint à la date de fermeture, une prolongation automnale avec prélèvement est autorisée, du 3^{ème} samedi de septembre au 31 octobre. Quand une prolongation est instituée, elle n'est pas interrompue avant le 31 octobre, quel que soit le nombre de poissons prélevés.

Taux d'exploitation fixe : les scénarios testés correspondent à différentes périodes de pêche aux saumons de printemps et aux castillons en modulant les dates de fermeture. Pour les saumons de printemps, 7 scénarios sont testés. L'ouverture est toujours fixée au 2^{ème} samedi de mars avec des fermetures aux 31 mars, 15 avril, 30 avril, 15 mai, 31 mai, 15 juin et 31 juillet. Pour les castillons, l'ouverture est toujours fixée au 16 juin avec des fermetures aux 30 juin, 15 juillet, 31 juillet et 3^{ème} samedi de septembre. Ces 4 options sont dédoublées avec ou sans prolongation automnale. Au total 56 scénarios à taux d'exploitation fixe sont ainsi considérés (combinaison de 7 périodes de pêche aux saumons de printemps et des 4 x 2 (avec ou sans prolongation) périodes de pêches aux castillons).

Echappement fixe : les scénarios testés correspondent à différentes périodes de pêche aux saumons de printemps et aux castillons en modulant les dates d'ouverture. Pour les saumons de printemps, 6 scénarios sont testés. Les dates d'ouverture sont fixées au 2^{ème} samedi de mars, 31 mars, 15 avril, 30 avril, 15 mai et 31 mai avec une fermeture toujours au 15 juin. Pour les castillons, les ouvertures sont fixées au 2^{ème} samedi de mars, 16 juin, 30 juin, 15 juillet et 31 juillet avec une fermeture toujours le 3^{ème} samedi de septembre. Ces 5 options sont dédoublées avec ou sans prolongation automnale. Au total 60 scénarios à échappement fixe sont ainsi considérés (combinaison de 6 périodes de pêche aux saumons de printemps et de 5 x 2 (avec ou sans prolongation) périodes de pêches aux castillons).

VI.4. Evaluation des scénarios

Définition et hiérarchie des objectifs de la régulation

Pour évaluer les scénarios de régulation il est nécessaire de définir au préalable les objectifs de la régulation des pêcheries et de les hiérarchiser. A cette fin nous nous sommes appuyés sur les « Directives OCSAN - Gestion des pêcheries de saumon ». Elles mentionnent explicitement la nécessité première d'une régulation des pêcheries pour assurer la conservation des populations de saumon. Suivant les recommandations du CIEM, l'OCSAN préconise également de maintenir l'échappement reproducteur au niveau permettant de maximiser les prélèvements sur le long terme. Ce faisant, l'OCSAN considère implicitement qu'une fois la conservation respectée, l'exploitation peut être maximisée. En complément, un dernier objectif communément poursuivi par les gestionnaires de pêche a été considéré : la stabilité des prélèvements. Dans un souci de simplicité favorisant la lisibilité des résultats, le choix a été fait d'en rester à une évaluation de la régulation des pêcheries au regard de ces trois objectifs : le respect de la conservation, la maximisation des prélèvements et leur stabilité.

Parmi ses directives, l'OCSAN recommande d'interdire « de pêcher des poissons issus de stocks qui se trouvent en deçà de leur LC ». Le respect de la conservation est donc une condition préalable à l'exploitation. L'OCSAN privilégie implicitement l'objectif de maximisation de l'exploitation à celui de la stabilité des prélèvements. Enfin, pour tenir compte de la préférence des pêcheurs récréatifs

bretons pour les saumons de printemps, la maximisation de leurs prélèvements a été considérée comme prioritaire relativement à celles des castillons. La même hiérarchie entre saumons de printemps et castillons a été appliquée pour l'objectif de stabilité des prélèvements. Ces objectifs de régulation ainsi que leur hiérarchie sont consensuels au sein du groupe de travail saumon du COGEPOMI des cours d'eau bretons. Une interrogation persiste néanmoins sur l'intérêt de la stabilité des prélèvements comme objectif de régulation associé à l'exploitation.

Méthode d'évaluation

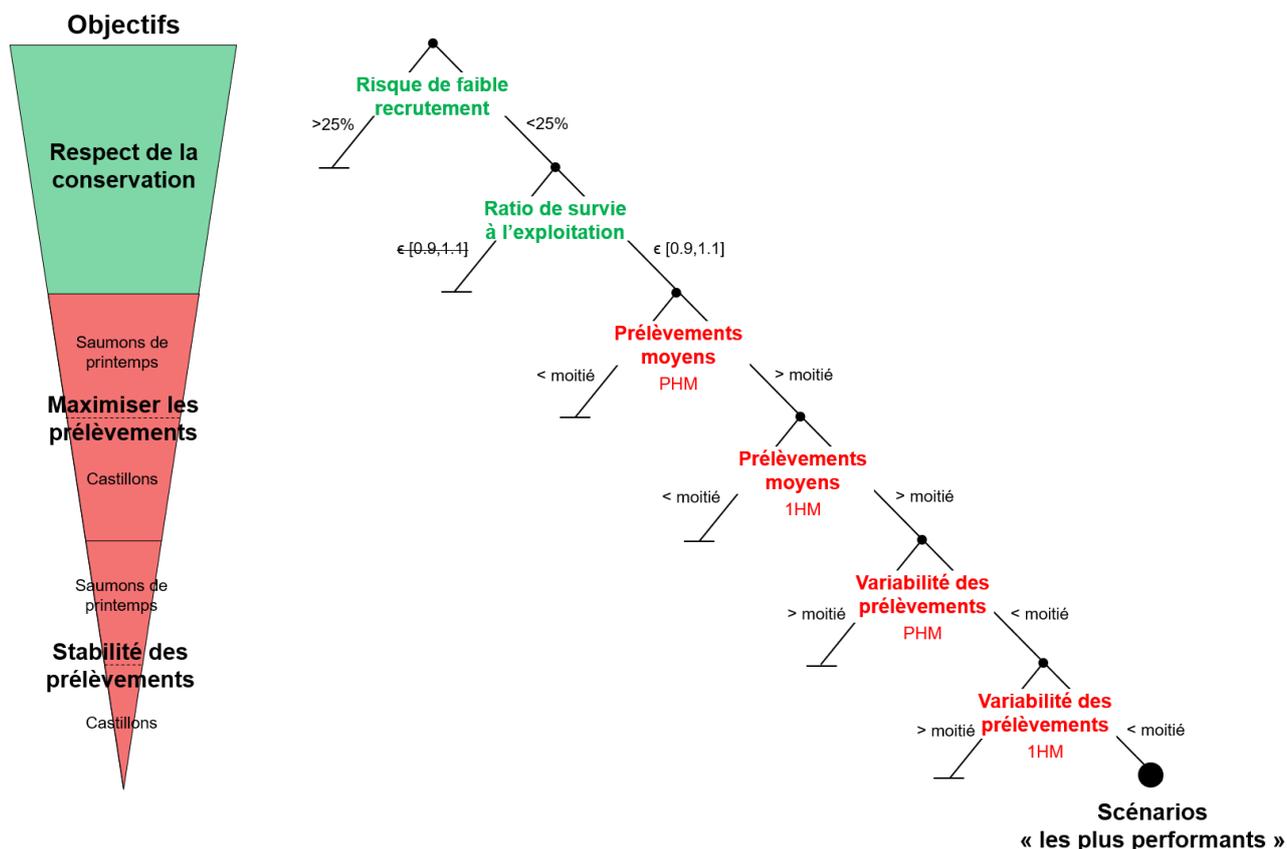


Figure 19. Arbre de décision utilisé pour évaluer les scénarios de régulation des pêcheries récréatives bretonnes de saumon atlantique. Le processus d'évaluation est séquentiel et gouverné par la hiérarchie des objectifs (pyramide inversée située à gauche). A chaque étape, pour un scénario donné, l'indicateur de performance est comparé à sa valeur de référence pour déterminer si l'objectif est satisfait. S'il est satisfait, le scénario passe à l'étape suivante, sinon il est abandonné.

La méthode d'évaluation par arbre de décision a été choisie pour évaluer les performances des scénarios de régulation. Elle a l'avantage de fournir des règles de décision conditionnelles (c.-à-d. « si... alors ... ») simples et compréhensibles par tous. Les règles de décision sont mobilisées selon un processus séquentiel à 6 étapes calqué sur la hiérarchie des objectifs de régulation (Fig. 19). A chaque étape, les scénarios sont successivement évalués à l'aide d'un indicateur de performance et de sa valeur de référence afin de sélectionner ceux qui satisfont l'objectif correspondant. Seuls ces derniers passent alors à l'étape suivante de l'évaluation. Ce processus séquentiel permet d'établir un sous-ensemble de scénarios les plus performants ayant passé avec succès les différentes étapes du

processus d'évaluation, et donc ayant satisfait les objectifs définis au préalable.

Indicateurs de performance

Les indicateurs de performance relatifs aux différents objectifs ont été établis en se basant sur la littérature scientifique tout en les adaptant aux populations de saumon atlantique bretonnes. Ils ont été choisis selon des critères de simplicité, c.-à-d. le plus facile à comprendre possible, et leur caractère évocateur, c.-à-d. qu'ils reflètent au mieux ce que les acteurs de la gestion entendent par être performant en matière de respect de la conservation, de maximisation et de stabilité des prélèvements. Seul un petit nombre d'indicateurs de performance ont été retenus pour faciliter l'évaluation : un par objectif de régulation, sauf pour celui de conservation pour lequel deux indicateurs de performance ont été définis.

Le premier indicateur de performance relatif au respect de la conservation repose sur la définition actée par le COGEPOMI, à savoir limiter le risque de faible recrutement. Il est défini comme la probabilité d'occurrence d'un recrutement inférieur à la moitié de la capacité d'accueil. Pour un scénario donné, la conservation est respectée si cette probabilité n'excède pas 25% et inversement. Tel qu'actée également par le COGEPOMI, une alternative plus stricte est aussi considérée pour le Léguer et l'Elorn, avec un seuil de 40% de probabilité d'être inférieur à 75% de la capacité d'accueil. Le second indicateur relatif à la conservation mesure la sélectivité de l'exploitation, c.-à-d. le prélèvement préférentiel par la pêche des individus selon certaines de leurs caractéristiques d'âge, de taille, de sexe, de date de retour en rivière par exemple. L'exploitation sélective, en favorisant/défavorisant certaines caractéristiques ayant une base génétique, peut être source d'altération des capacités d'adaptation des populations aux modifications de leur environnement. Compte tenu du contexte actuel, en particulier de changement climatique, l'intégration d'un indicateur de sélectivité de l'exploitation a fait consensus au sein du groupe de travail saumon du COGEPOMI Bretagne : elle est apparue importante pour maximiser les chances de préserver les populations de saumon atlantique sur le moyen/long terme. L'indicateur choisi est le ratio de survie à l'exploitation entre les saumons de printemps et les castillons. Un déséquilibre de survie entre ces deux catégories induit une sélection selon la taille, l'âge, le sexe et la date de retour en rivière. En effet, comparés aux castillons, les saumons de printemps sont plus grands, plus âgés, préférentiellement des femelles et reviennent en eau douce plus précocement dans l'année. Si ce ratio est inférieur (resp. supérieur) à 1, l'exploitation des saumons de printemps (resp. castillons) est plus intensive que celle des castillons (resp. saumons de printemps). Actuellement, ce ratio est très généralement inférieur à 1 dans les rivières bretonnes, ce qui révèle une sélection de la pêche de loisir en faveur des castillons. Dans l'optique de promouvoir une exploitation non-sélective, il a été considéré que le ratio de survie devait rester compris entre 0.9 et 1.1, c'est-à-dire proche de la valeur de référence de 1 correspondant à une neutralité de l'exploitation.

Les moyennes et les coefficients de variation (CV, variabilité relativement à la moyenne) des prélèvements de saumons de printemps et de castillons ont été utilisés comme indicateurs de performance pour évaluer les objectifs de maximisation et de stabilité des prélèvements. Pour un scénario donné, l'objectif de maximisation des captures est satisfait si les prélèvements moyens sont supérieurs à la médiane des valeurs des scénarios de régulation encore présent à ce stade de l'évaluation. De même pour l'objectif de stabilité des prélèvements à ceci près que ce sont les scénarios avec des valeurs inférieures à la médiane qui permettent de satisfaire cet objectif : plus le CV est petit plus les captures sont stables. A chaque étape du processus de sélection en fonction des critères d'exploitation, seule la moitié de scénarios testés sont ainsi retenus. Une variante est

introduite pour explorer le cas où la stabilité des prélèvements ne serait pas un objectif d'intérêt : seul le quart des scénarios testés successivement pour la maximisation des captures de saumons de printemps et de castillons sont conservés. De cette façon le nombre des scénarios retenus *in fine* est le même que celui obtenu quand la stabilité des prélèvements est prise en considération.

Calcul des indicateurs de performance

Les indicateurs de performance sont calculés pour chaque scénario à l'aide d'un modèle probabiliste de simulation. Ce dernier simule la dynamique des populations de saumon atlantique bretonnes et leur exploitation selon les différents scénarios de régulation. Il valorise l'ensemble des données scientifiques disponibles :

- le nombre et le rythme des prélèvements déclarés par les pêcheurs (base de données du CNICS),
- les données de comptages (disponibles pour le Couesnon, l'Elorn, l'Aulne et le Scorff),
- les dates des périodes de pêche,
- le débit des cours d'eau bretons,
- les indices d'abondances de juvéniles de saumon,
- les déversements de juvéniles pour des opérations de « repeuplement »,
- les surfaces d'habitat favorables au développement des juvéniles de saumon.

En plus de ces données, le modèle intègre explicitement les connaissances produites lors du projet RENOSAUM, c.-à-d. les estimations de retours et de tacons 0+ produites pour chacune des rivières (sections I et II) ainsi que les estimations des paramètres gouvernant la dynamique de chacune des populations (sections III et IV) et de leur exploitation (section II).

Les projections sont réalisées sur un horizon de 18 années, entre 2021 (la dernière année d'observation étant 2020) et 2038. L'horizon de projection choisi (2021-2038) est calé sur trois plans de gestion des poissons migrateurs (PLAGEPOMI), ces derniers étant renouvelés tous les 6 ans. Cela permet de simuler la dynamique des populations sur 4 à 5 générations, ce qui s'est révélé suffisant pour approcher une situation « à l'équilibre ». Sur cet horizon de projection, il a été considéré qu'aucun « repeuplement » ne serait effectué.

Pour chaque scénario, 12000 trajectoires temporelles possibles sont simulées pour chaque population. Cela permet de tenir compte de notre incertitude sur la dynamique des populations et de leur exploitation comme le recommande l'OCSAN. L'ensemble des trajectoires simulées, pour une rivière et un scénario donné, permet de calculer les indicateurs de performance associés aux différents objectifs de régulation. Ces indicateurs sont calculés sur les 5 dernières années simulées.

VI.5. Etat de conservation des cours d'eau bretons : vue d'ensemble

Pour la majorité des rivières bretonnes (14/18 rivières), tous les scénarios simulés respectent le premier critère de conservation (Fig. 20), c.-à-d. un risque inférieur à 25% de faible recrutement, le seuil de ce dernier étant fixé à 50% de la capacité d'accueil. Une situation intermédiaire est obtenue pour le Léguer et l'Elorn quand on considère le critère plus strict d'un risque de 40% pour 75% de la capacité d'accueil. Dans ce cas, parmi les 197 scénarios initiaux, 58 ne respectent pas la conservation sur le Léguer et 100 sur l'Elorn. Aucun scénario ne permet de respecter le premier critère de conservation sur le Leff, le Yar, le Queffleuth et la Mignonne.

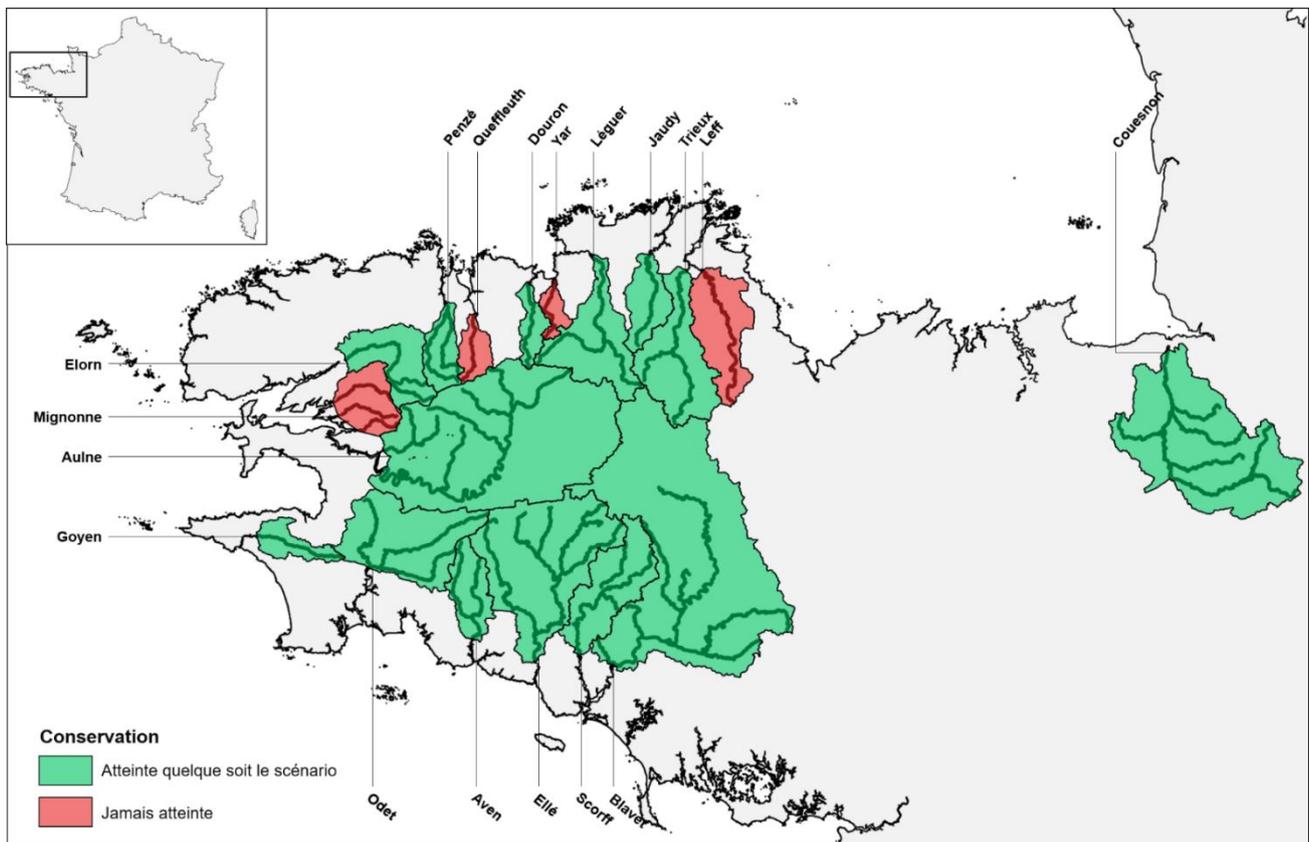


Figure 20. Cartographie de l'état de conservation simulé à l'horizon 2034-2038 des populations de saumon des cours d'eau bretons relativement au critère d'un risque de faible recrutement (< 50% capacité d'accueil) inférieur à 25%. Le bassin versant des rivières est figuré en vert si la conservation est atteinte quel que soit le scénario de régulation de l'exploitation et en rouge lorsqu'aucun scénario ne permet de l'atteindre.

Le respect du second critère de conservation relatif à la non-sélectivité de l'exploitation réduit le champ des scénarios de régulation acceptables pour toutes les rivières, sauf le Jaudy. En l'absence de régulation des prélèvements autre que les dates de pêche actuellement en vigueur et en incluant une prolongation automnale, l'exploitation par la pêche à la ligne du saumon en Bretagne est déséquilibrée en défaveur des saumons de printemps (préférentiellement prélevés par les pêcheurs ; Fig. 21). Ceci est vrai pour tous les cours d'eau, à l'exception du Jaudy où la survie après pêche est équilibrée entre les deux catégories d'âge de mer. Pour cinq autres rivières, le Couesnon, le Trieux, le Goyen, le Scorff et le Blavier, bien que déséquilibrés vers les saumons de printemps, les prélèvements restent dans la fourchette acceptable au sens du second critère de conservation (c.-à-d. ratio de survie à l'exploitation des saumons de printemps vs castillons compris entre 0,9 et 1,1), même en l'absence de régulation. Pour l'ensemble des cours d'eau sauf le Jaudy, certains scénarios, en particulier parmi les moins contraignants en matière d'exploitation des saumons de printemps, ne sont pas compatibles avec le respect du second critère de conservation. Le nombre et la nature des scénarios rejetés varient selon les cours d'eau en fonction de l'intensité comparée de l'exploitation des saumons de printemps et des castillons. Ces éléments sont précisés et synthétisés dans la section VI.7 de bilan et discussion générale, après que les détails des résultats par rivière aient été présentés (section VI.6 à suivre).

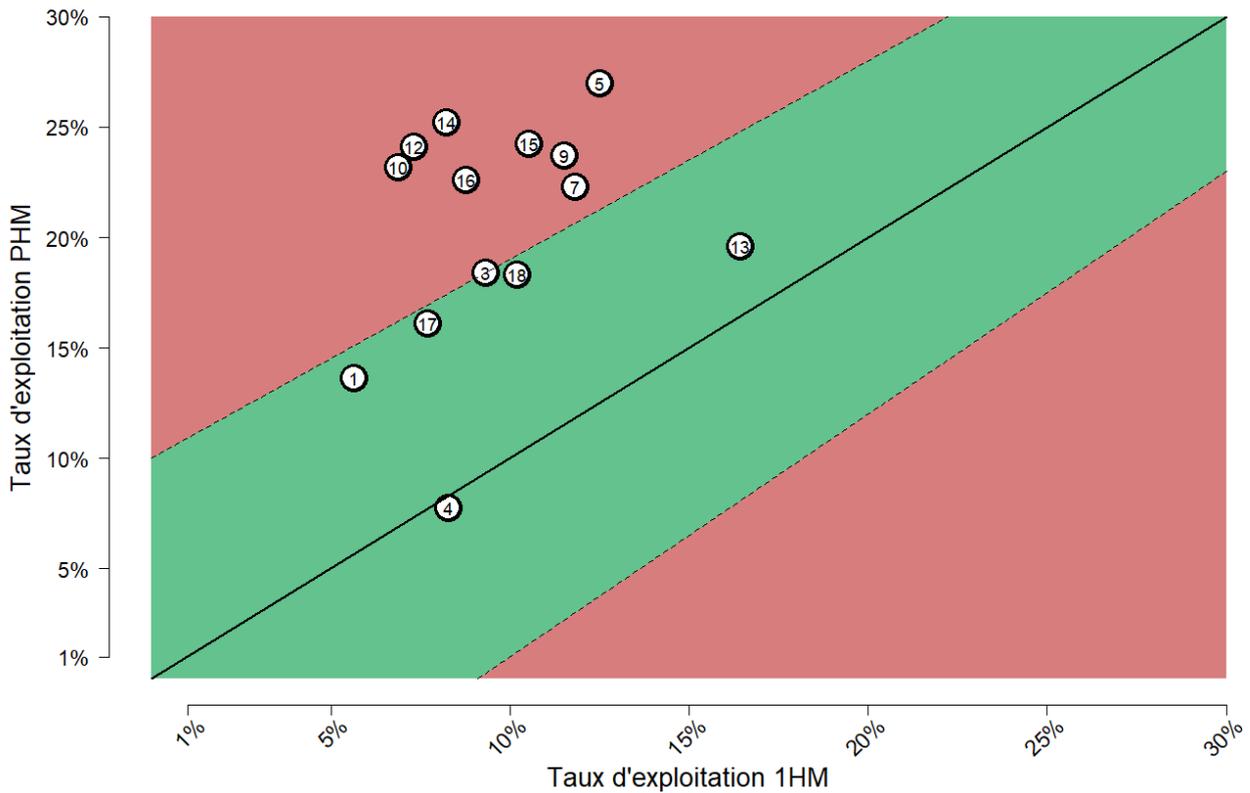


Figure 21. Situation au regard du second critère de conservation pour les 14 cours d'eau ayant satisfait au premier, sous l'hypothèse de l'absence de régulation des prélèvements autre que les dates de pêche actuellement en vigueur et en incluant une prolongation automnale. Chaque point correspond aux taux d'exploitation moyen obtenu en l'absence de régulation pour les castillons (1HM) et les saumons de printemps (PHM). La zone diagonale centrale verte correspond aux taux d'exploitation compatibles avec le second critère de conservation (ratio de survie à l'exploitation des saumons de printemps vs castillons compris entre 0.9 et 1.1). Chaque cours d'eau est figuré par son numéro en séquence : 1-Couesnon, 3-Trieux, 4-Jaudy, 5-Léguer, 7-Douron, 9-Penzé, 10-Elorn, 12-Aulne, 13-Goyen, 14-Odet, 15-Aven, 16-Ellé, 17-Scorff, 18-Blavet.

VI.6. Sous-ensemble des scénarios les plus performants : résultats rivière par rivière

Pour chacune des rivières sur lesquelles il existe des scénarios de régulation de l'exploitation compatibles avec le respect du premier critère de conservation, les résultats de la procédure de sélection séquentielle des scénarios les plus performants sont présentés de la même façon. Une fiche d'aide pour en faciliter la lecture et l'analyse est proposée page suivante, puis les différentes rivières sont successivement abordées. Le Léguer et l'Elorn font l'objet d'une double présentation selon la version du premier critère de conservation retenu (25% de probabilité d'être inférieur à 50% de la capacité d'accueil vs 40% de probabilité d'être inférieur à 75% de la capacité d'accueil).

AIDE POUR LA LECTURE DES RESULTATS

Scénarios respectant la conservation

($n_1 = 153$) ●●●●●

On conserve les scénarios produisant des risques de faible recrutement inférieurs à 25% et des ratios de survies à l'exploitation compris entre 0.9 et 1.1

Scénarios maximisant les prélèvements de PHM

($n_3 = n_2 / 2 = 76$) ●●●●●

On conserve la moitié des scénarios produisant en moyenne les meilleurs prélèvements de PHM

Scénarios maximisant les prélèvements de 1HM

($n_4 = n_3 / 2 = 38$) ●●●●●

On conserve la moitié des scénarios produisant en moyenne les meilleurs prélèvements de 1HM

Scénarios stabilisant les prélèvements de PHM

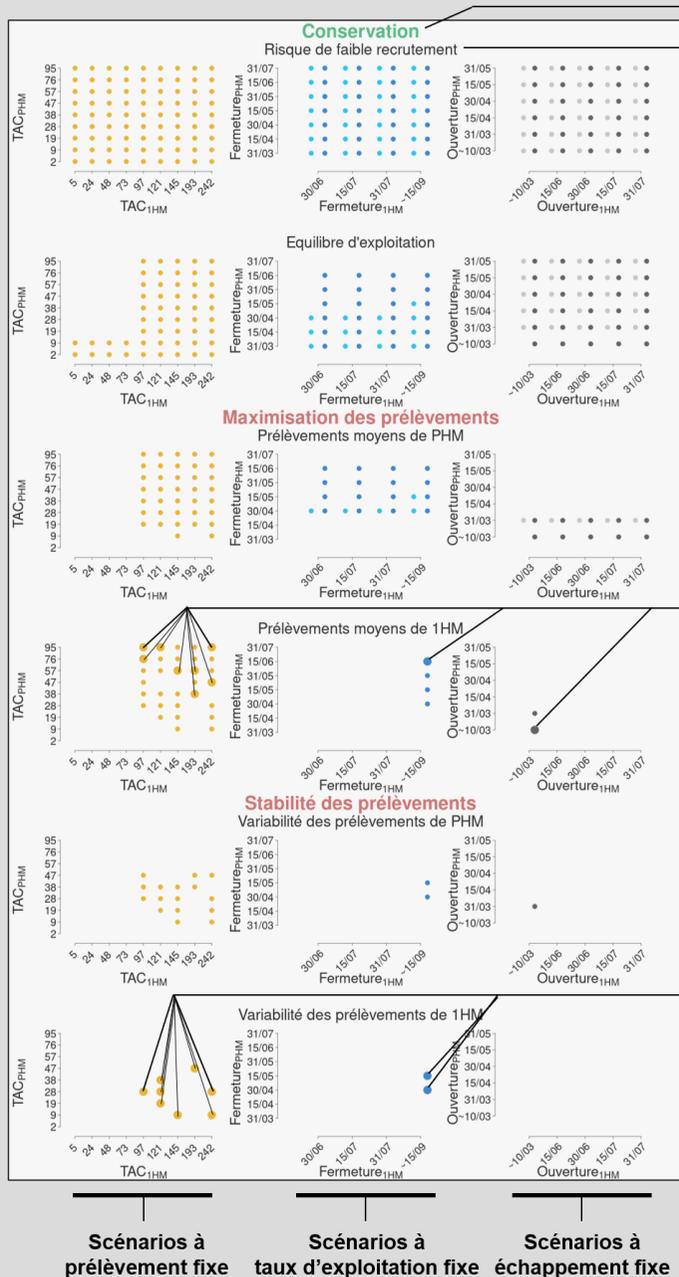
($n_5 = n_4 / 2 = 19$) ●●●●●

On conserve la moitié des scénarios produisant les prélèvements de PHM les plus stables

Scénarios stabilisant les prélèvements de 1HM

($n_6 = n_5 / 2 = 10$) ●●●●●

On conserve la moitié des scénarios produisant les prélèvements de 1HM les plus stables



Objectif de régulation

Indicateur de performance

● Sans prolongation

● Avec prolongation

Mesures de régulation (PHM/1HM) :

Valeur des TAC ou date d'ouverture / de fermeture. Pour les 1HM si la date est écrite en gras, la pêche est autorisée lors de la période automnale (prolongation automnale du 3^{ème} samedi de septembre au 31/10).

Informations sur les performances :

- **Prélèvement (PHM/1HM) :** Prélèvement moyen et intervalle à 90% (entre crochets). 9 années sur 10, les prélèvements réalisés seront inclus dans cet intervalle.
- **Probabilité d'atteindre les TAC (PHM/1HM)**
- **Equilibre d'exploitation :** Ratio de survie à l'exploitation par la pêche des deux catégories d'âge de mer. Si la valeur est égale à 1 cela signifie que l'exploitation est équilibrée entre les deux classes d'âge. Si elle est supérieure (inférieure) à 1, l'exploitation des PHM est plus (moins) importante que celle des 1HM.

Scénarios les plus performants

($N_1 = 10$) ●●●●●

si le seul objectif d'exploitation est de maximiser les prélèvements

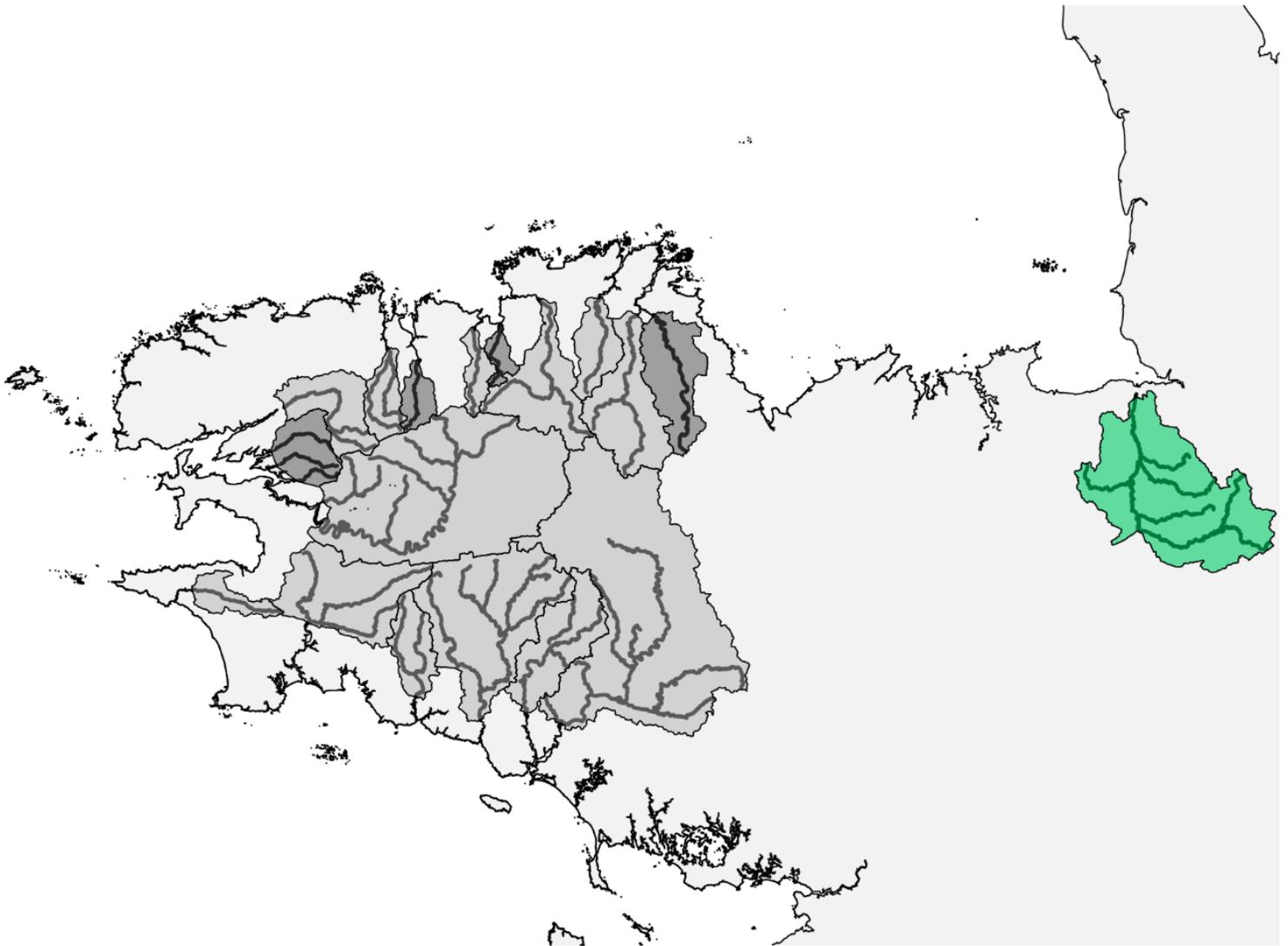
Scénarios les plus performants

($N_2 = 10$) ●●●●●

si les objectifs de l'exploitation sont de maximiser et de stabiliser les prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 38 | TAC : 190 | 14 [3,33] | 2% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 47 | TAC : 238 | 15 [3,36] | 1% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 57 | TAC : 143 | 15 [3,38] | 1% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 57 | TAC : 190 | 15 [3,38] | 0% | 26 [5,71] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 76 | TAC : 95 | 15 [3,39] | 0% | 26 [5,70] | 2% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 95 | TAC : 95 | 16 [3,40] | 0% | 26 [5,71] | 2% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 95 | TAC : 119 | 16 [3,40] | 0% | 26 [5,70] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 95 | TAC : 238 | 16 [3,40] | 0% | 26 [5,71] | 0% | 0.92 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/06 | Fermeture : -15/09 | 16 [3,40] | | 26 [5,71] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : -10/03 | Ouverture : -10/03 | 16 [3,40] | | 26 [5,70] | | 0.91 |

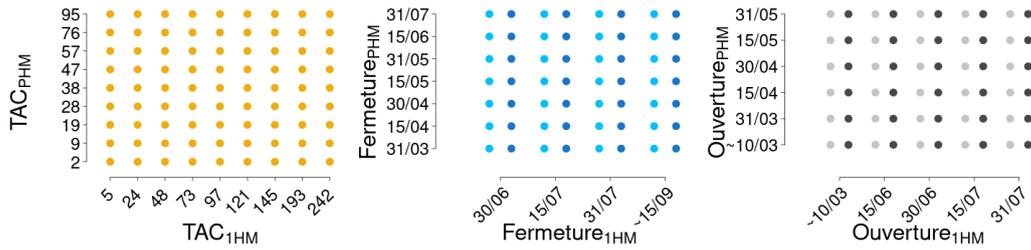
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 143 | 9 [3,19] | 41% | 26 [5,70] | 0% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 238 | 9 [3,19] | 41% | 26 [5,70] | 0% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 19 | TAC : 119 | 12 [3,27] | 13% | 26 [5,70] | 1% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 28 | TAC : 95 | 14 [3,29] | 5% | 26 [5,70] | 2% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 28 | TAC : 119 | 14 [3,29] | 5% | 26 [5,70] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 28 | TAC : 238 | 14 [3,28] | 5% | 26 [5,70] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 38 | TAC : 119 | 14 [3,33] | 2% | 26 [5,71] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 47 | TAC : 190 | 15 [3,36] | 1% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | Fermeture : -15/09 | 10 [2,26] | | 26 [5,69] | | 0.97 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | Fermeture : -15/09 | 12 [2,31] | | 26 [5,70] | | 0.95 |



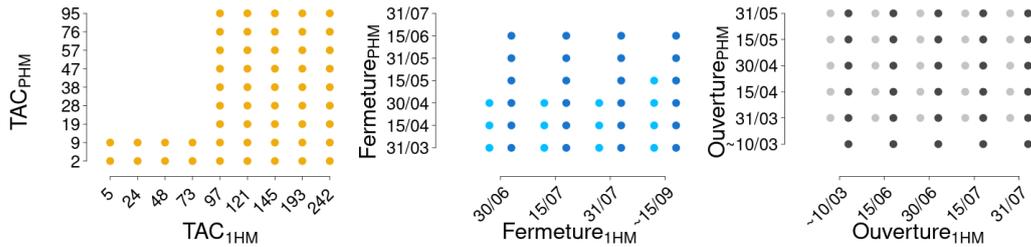
Couesnon

Conservation

Risque de faible recrutement

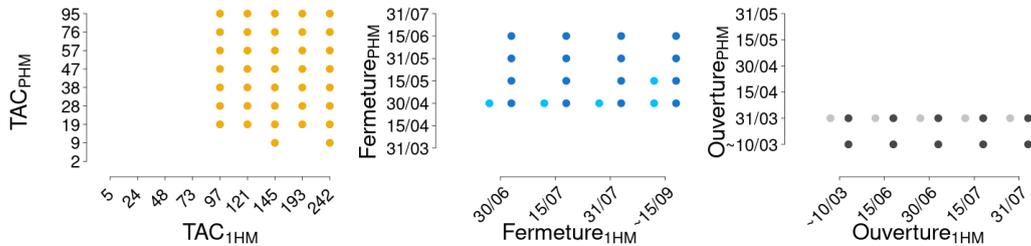


Equilibre d'exploitation

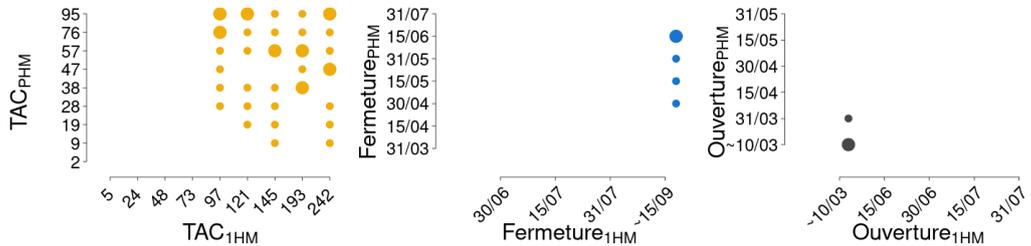


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PPHM

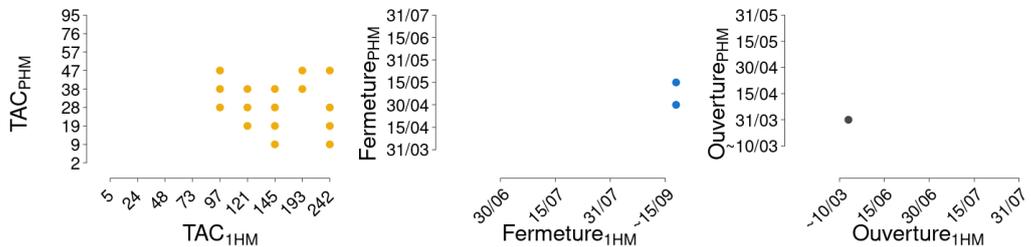


Prélèvements moyens de 1HM

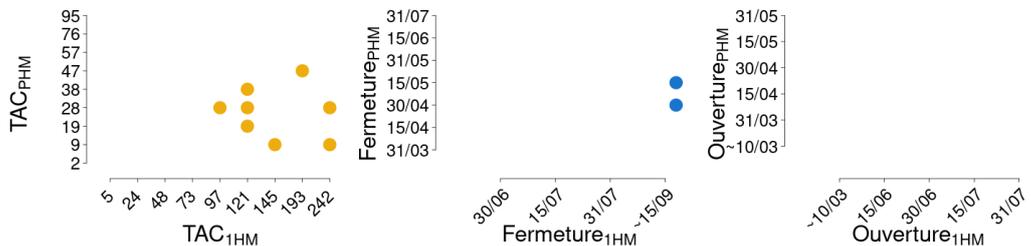


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PPHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 38 | TAC : 193 | 14 [3,33] | 2% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 47 | TAC : 242 | 15 [3,36] | 1% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 57 | TAC : 145 | 15 [3,38] | 1% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 57 | TAC : 193 | 15 [3,38] | 0% | 26 [5,71] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 76 | TAC : 97 | 15 [3,39] | 0% | 26 [5,70] | 2% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 95 | TAC : 97 | 16 [3,40] | 0% | 26 [5,71] | 2% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 95 | TAC : 121 | 16 [3,40] | 0% | 26 [5,70] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 95 | TAC : 242 | 16 [3,40] | 0% | 26 [5,71] | 0% | 0.92 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/06 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 16 [3,40] | | 26 [5,71] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 16 [3,40] | | 26 [5,70] | | 0.91 |

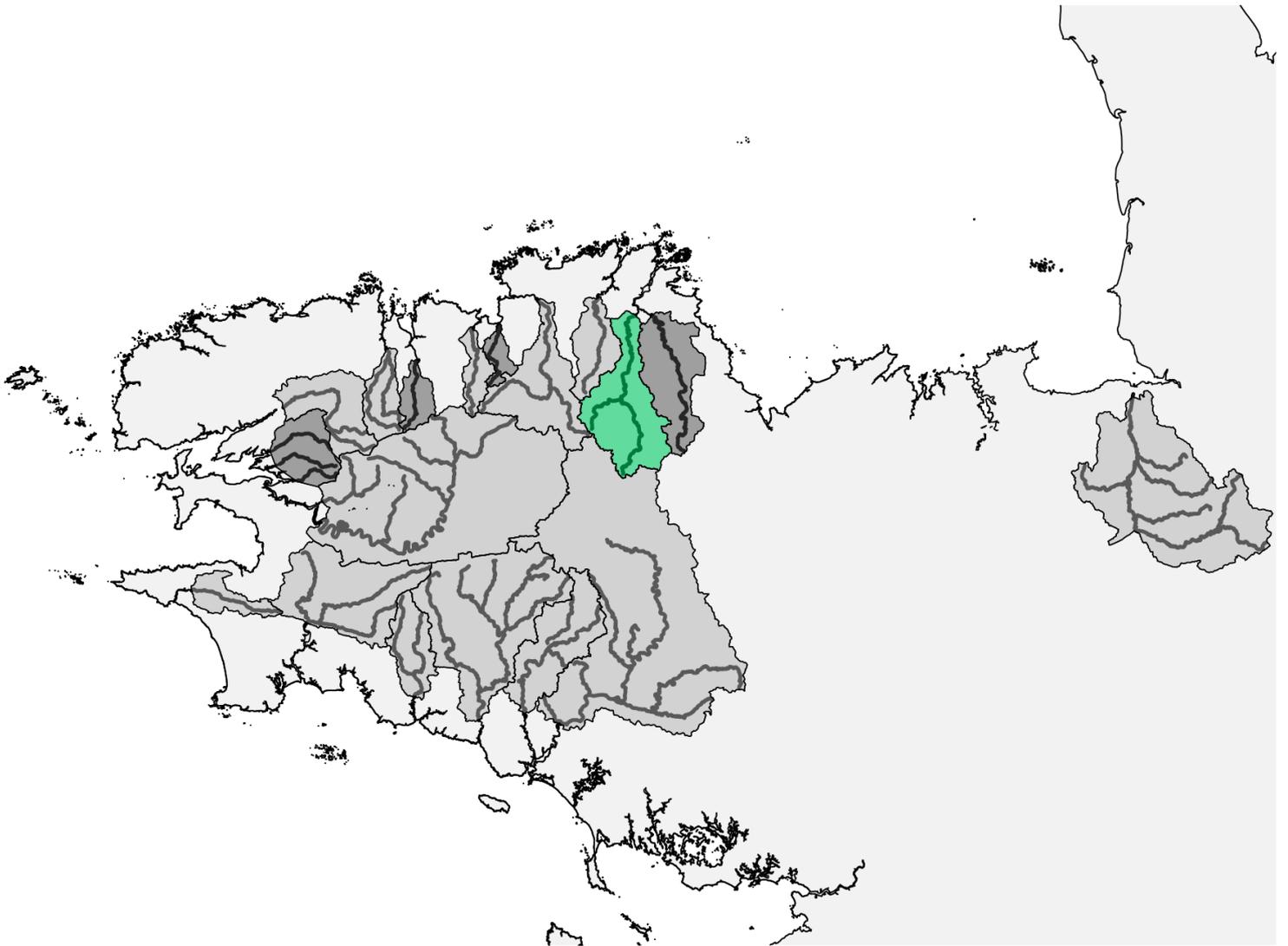
* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 145 | 9 [3,19] | 41% | 26 [5,70] | 0% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 242 | 9 [3,19] | 41% | 26 [5,70] | 0% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 19 | TAC : 121 | 12 [3,27] | 13% | 26 [5,70] | 1% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 28 | TAC : 97 | 14 [3,29] | 5% | 26 [5,70] | 2% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 28 | TAC : 121 | 14 [3,29] | 5% | 26 [5,70] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 28 | TAC : 242 | 14 [3,28] | 5% | 26 [5,70] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 38 | TAC : 121 | 14 [3,33] | 2% | 26 [5,71] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 47 | TAC : 193 | 15 [3,36] | 1% | 26 [5,70] | 0% | 0.92 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 10 [2,26] | | 26 [5,69] | | 0.97 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 12 [2,31] | | 26 [5,70] | | 0.95 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

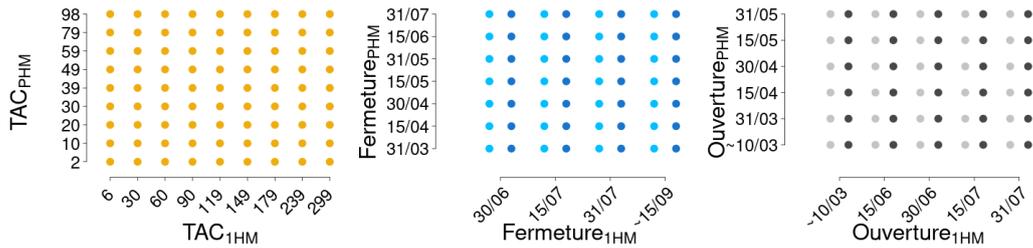
Trieux



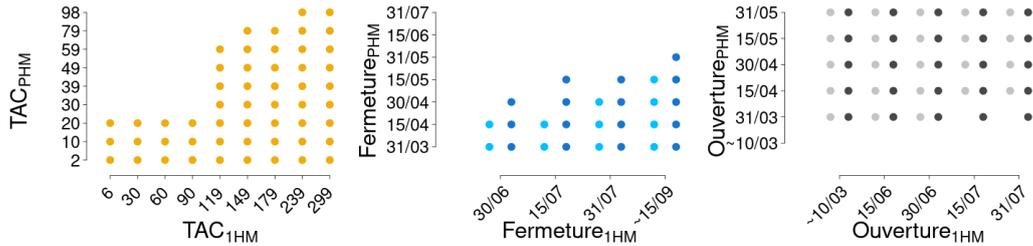
Trieux

Conservation

Risque de faible recrutement

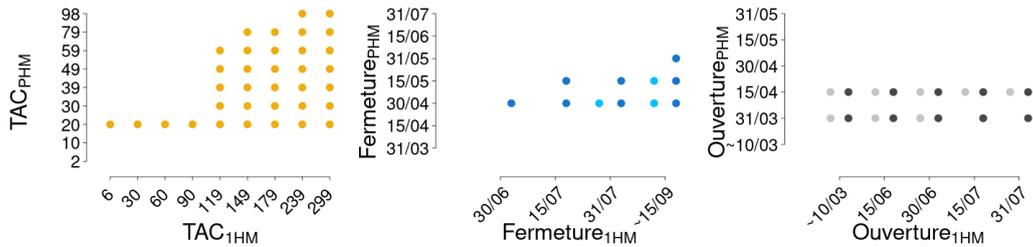


Equilibre d'exploitation

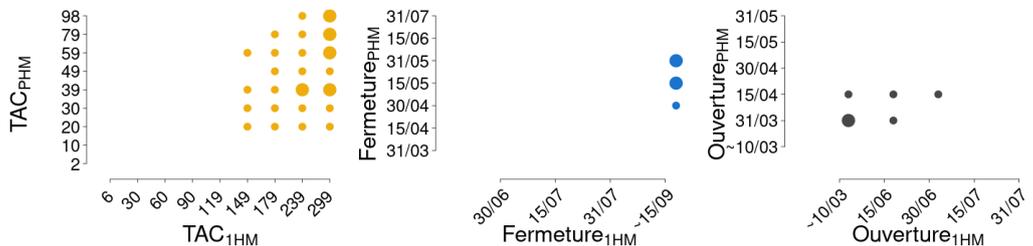


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

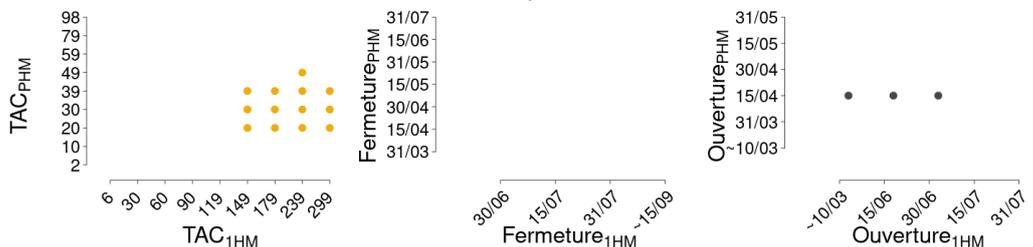


Prélèvements moyens de 1HM

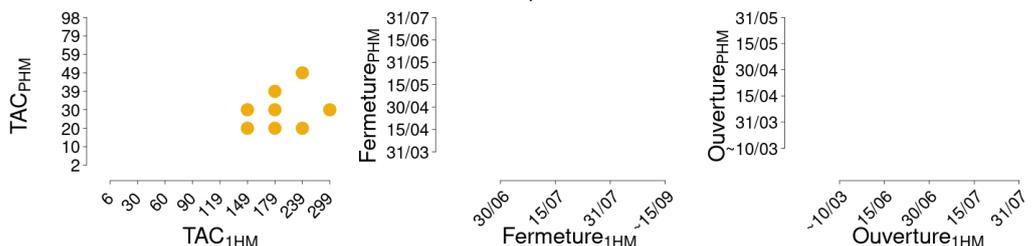


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



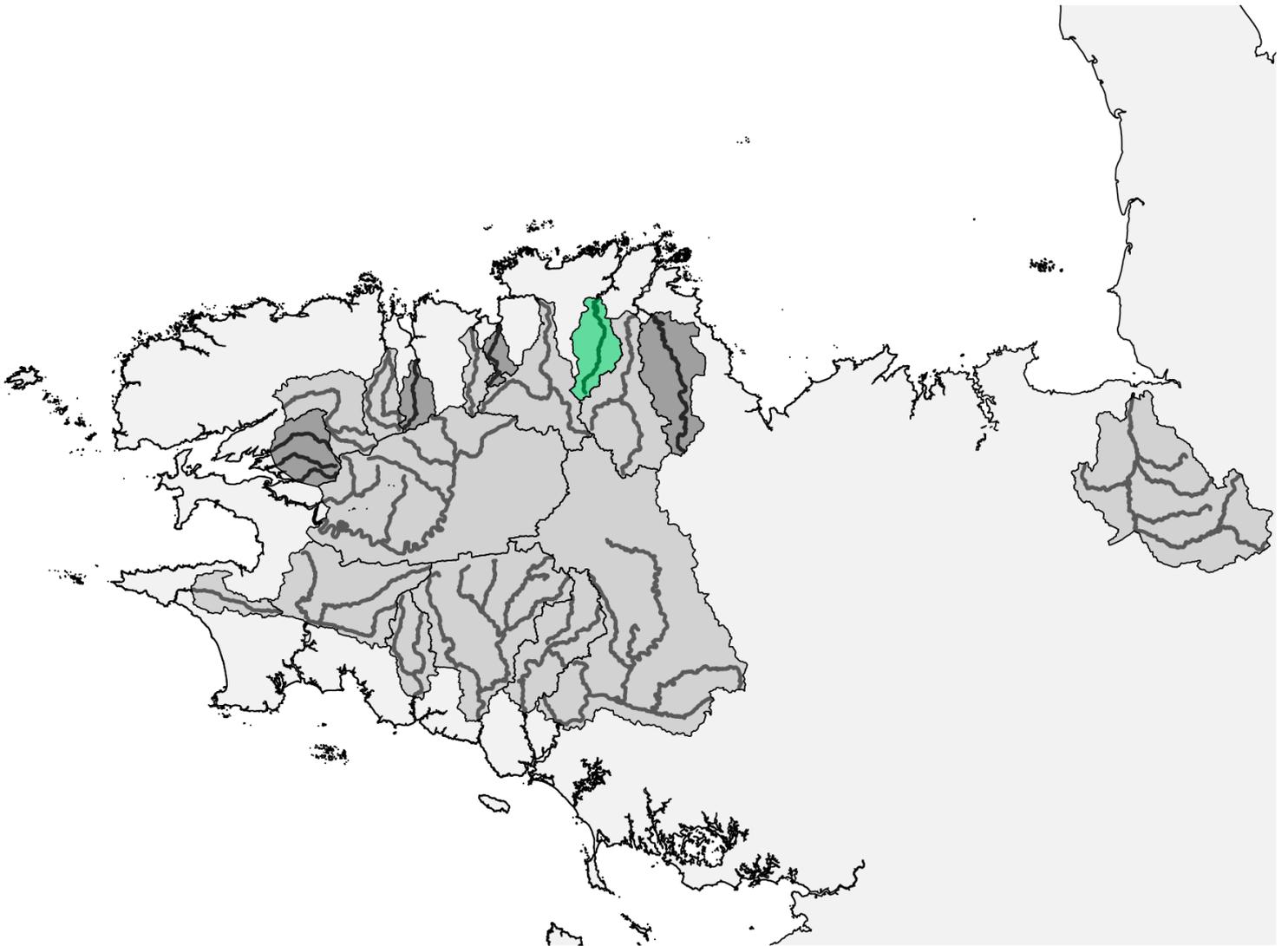
Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 39 | TAC : 239 | 25 [6,56] | 13% | 56 [9,156] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 39 | TAC : 299 | 25 [6,56] | 13% | 57 [9,157] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 59 | TAC : 299 | 28 [6,59] | 5% | 56 [9,155] | 0% | 0.91 |
| Prélèvement fixe | TAC : 79 | TAC : 299 | 29 [6,69] | 2% | 57 [9,157] | 0% | 0.9 |
| Prélèvement fixe | TAC : 98 | TAC : 299 | 30 [6,75] | 1% | 56 [9,156] | 0% | 0.9 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 25 [5,65] | | 58 [9,162] | | 0.94 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 31/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 29 [5,75] | | 58 [9,159] | | 0.92 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 24 [4,61] | | 58 [10,161] | | 0.95 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

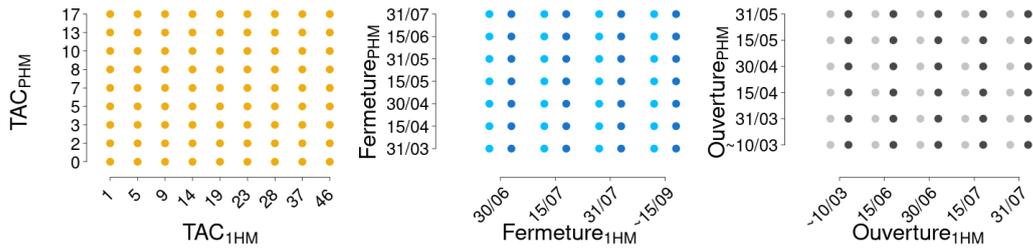
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 149 | 19 [6,40] | 37% | 54 [9,132] | 3% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 179 | 19 [6,40] | 37% | 55 [9,143] | 2% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 239 | 19 [6,40] | 36% | 56 [9,155] | 1% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 149 | 23 [6,50] | 22% | 54 [9,133] | 3% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 179 | 23 [6,50] | 21% | 55 [9,144] | 2% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 299 | 23 [6,49] | 21% | 56 [9,156] | 0% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 39 | TAC : 179 | 25 [6,56] | 13% | 54 [9,141] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 49 | TAC : 239 | 27 [6,59] | 8% | 56 [9,152] | 1% | 0.92 |



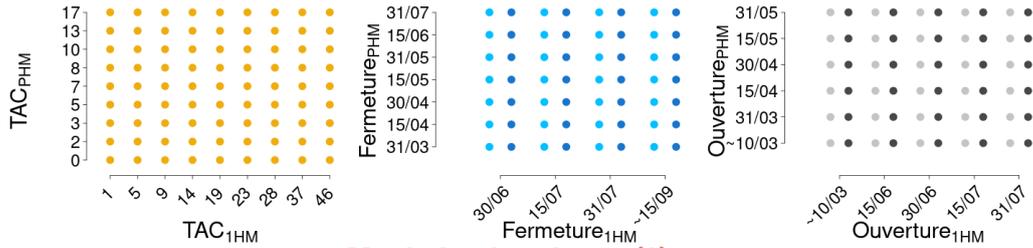
Jaudy

Conservation

Risque de faible recrutement

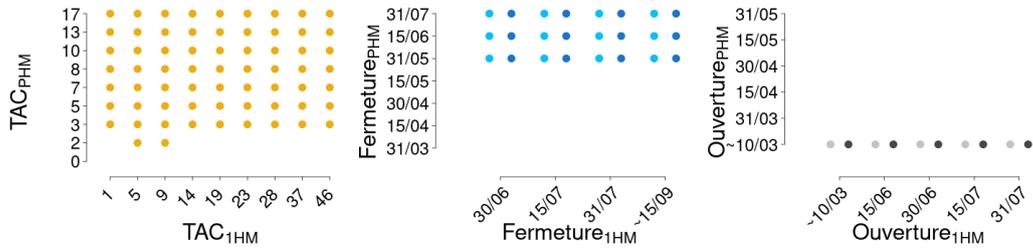


Equilibre d'exploitation

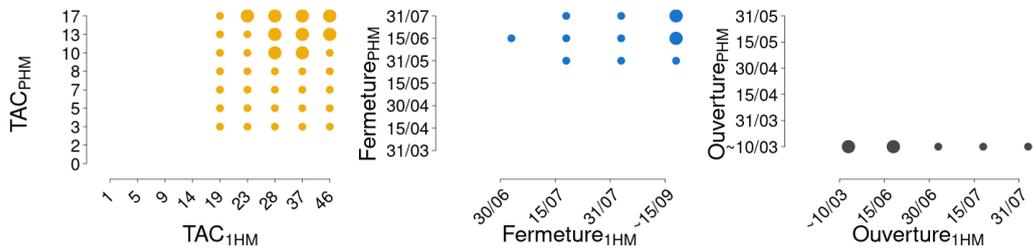


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

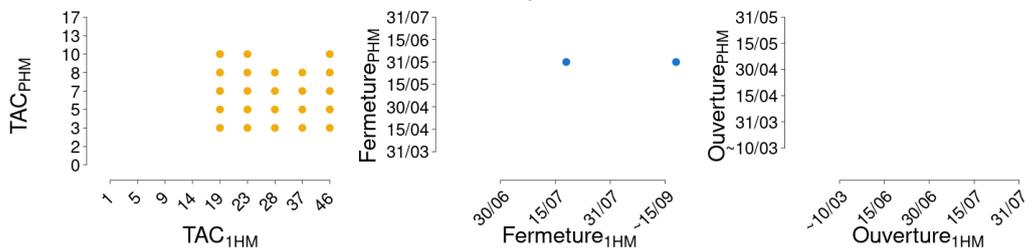


Prélèvements moyens de 1HM

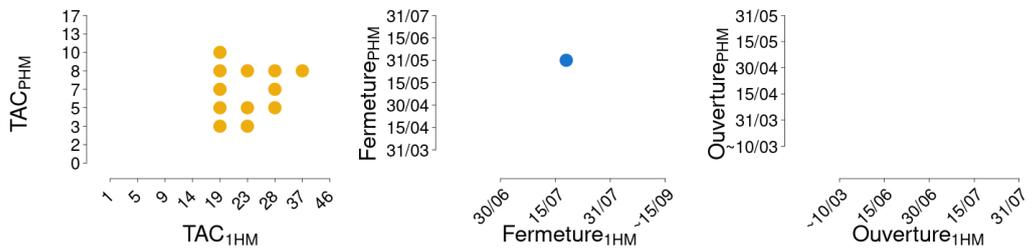


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 10 | TAC : 28 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 2% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 10 | TAC : 37 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,21] | 1% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 28 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 2% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 37 | 2 [0,4] | 0% | 7 [1,21] | 1% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 46 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 0% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 17 | TAC : 23 | 2 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 3% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 17 | TAC : 28 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 2% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 17 | TAC : 37 | 2 [0,4] | 0% | 7 [1,21] | 1% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 17 | TAC : 46 | 2 [0,4] | 0% | 7 [1,21] | 0% | 1.01 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/06 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 1 [0,4] | | 7 [1,21] | | 1.01 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 31/07 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 2 [0,5] | | 7 [1,21] | | 0.99 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 2 [0,4] | | 7 [1,21] | | 1.01 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 2 [0,4] | | 7 [1,20] | | 1.01 |

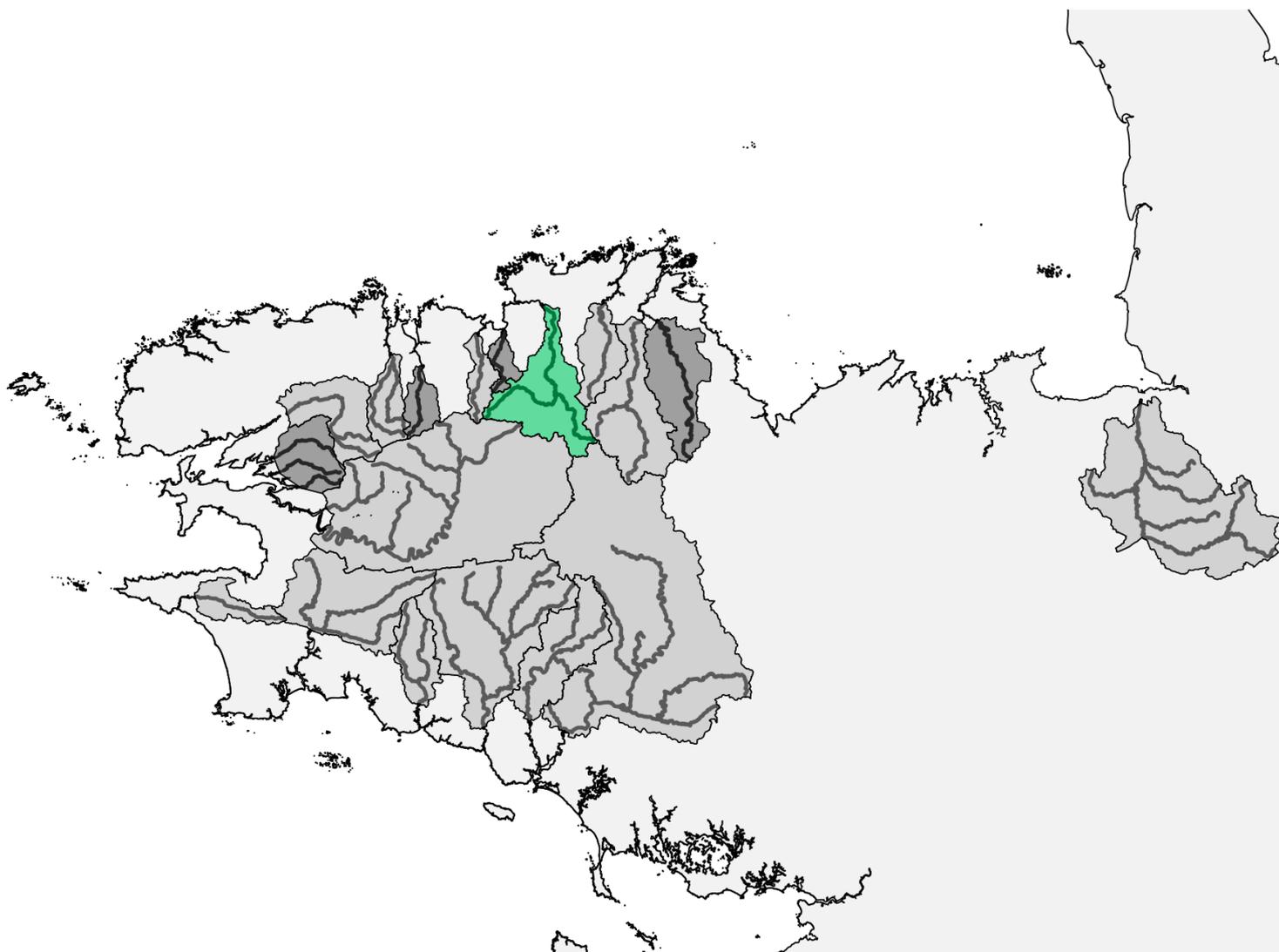
* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 3 | TAC : 19 | 1 [0,3] | 5% | 7 [1,19] | 4% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 3 | TAC : 23 | 1 [0,3] | 5% | 7 [1,20] | 3% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 5 | TAC : 19 | 1 [0,4] | 1% | 7 [1,19] | 5% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 5 | TAC : 23 | 1 [0,4] | 1% | 7 [1,20] | 3% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 5 | TAC : 28 | 1 [0,4] | 1% | 7 [1,20] | 2% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 7 | TAC : 19 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,18] | 4% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 7 | TAC : 28 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 1% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 19 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,18] | 4% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 23 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 3% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 28 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,20] | 2% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 37 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,21] | 1% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 10 | TAC : 19 | 1 [0,4] | 0% | 7 [1,19] | 5% | 1.01 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 31/05 | <u>Fermeture : 15/07*</u> | 1 [0,4] | | 6 [1,18] | | 1 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

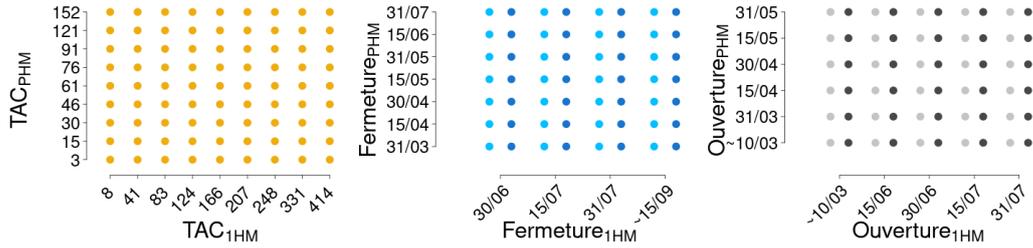
Léguer



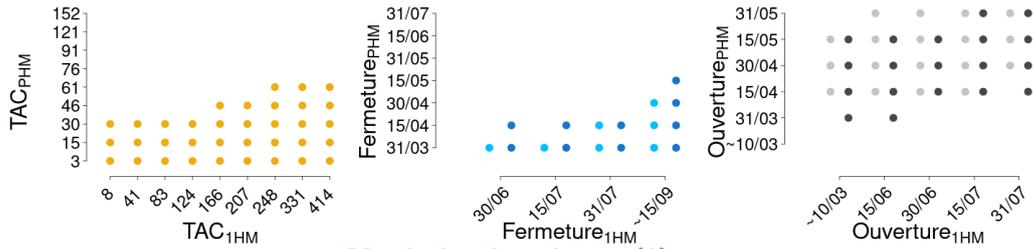
Leguer

Conservation

Risque de faible recrutement

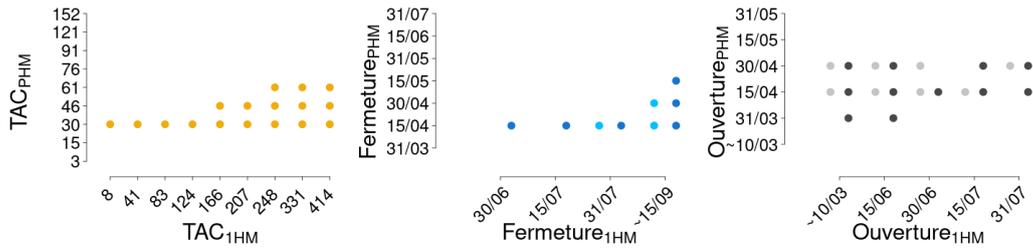


Equilibre d'exploitation

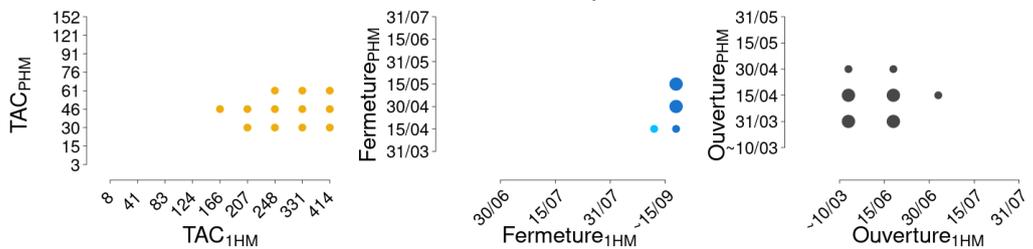


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

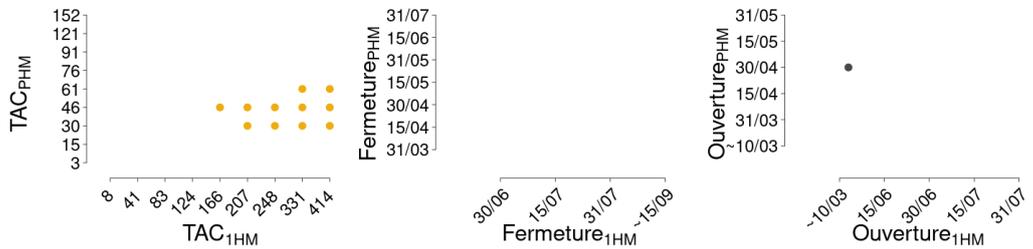


Prélèvements moyens de 1HM

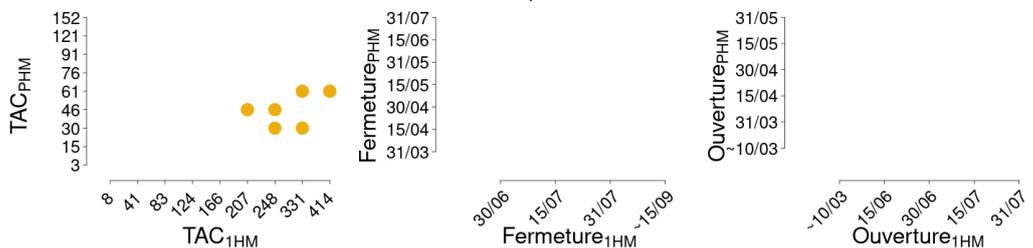


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 59 [13,144] | | 134 [22,383] | | 0.95 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 72 [17,175] | | 134 [22,378] | | 0.9 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 68 [15,163] | | 133 [22,378] | | 0.92 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 67 [15,163] | | 128 [21,357] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 51 [11,126] | | 135 [22,382] | | 0.98 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 51 [11,126] | | 129 [21,360] | | 0.97 |

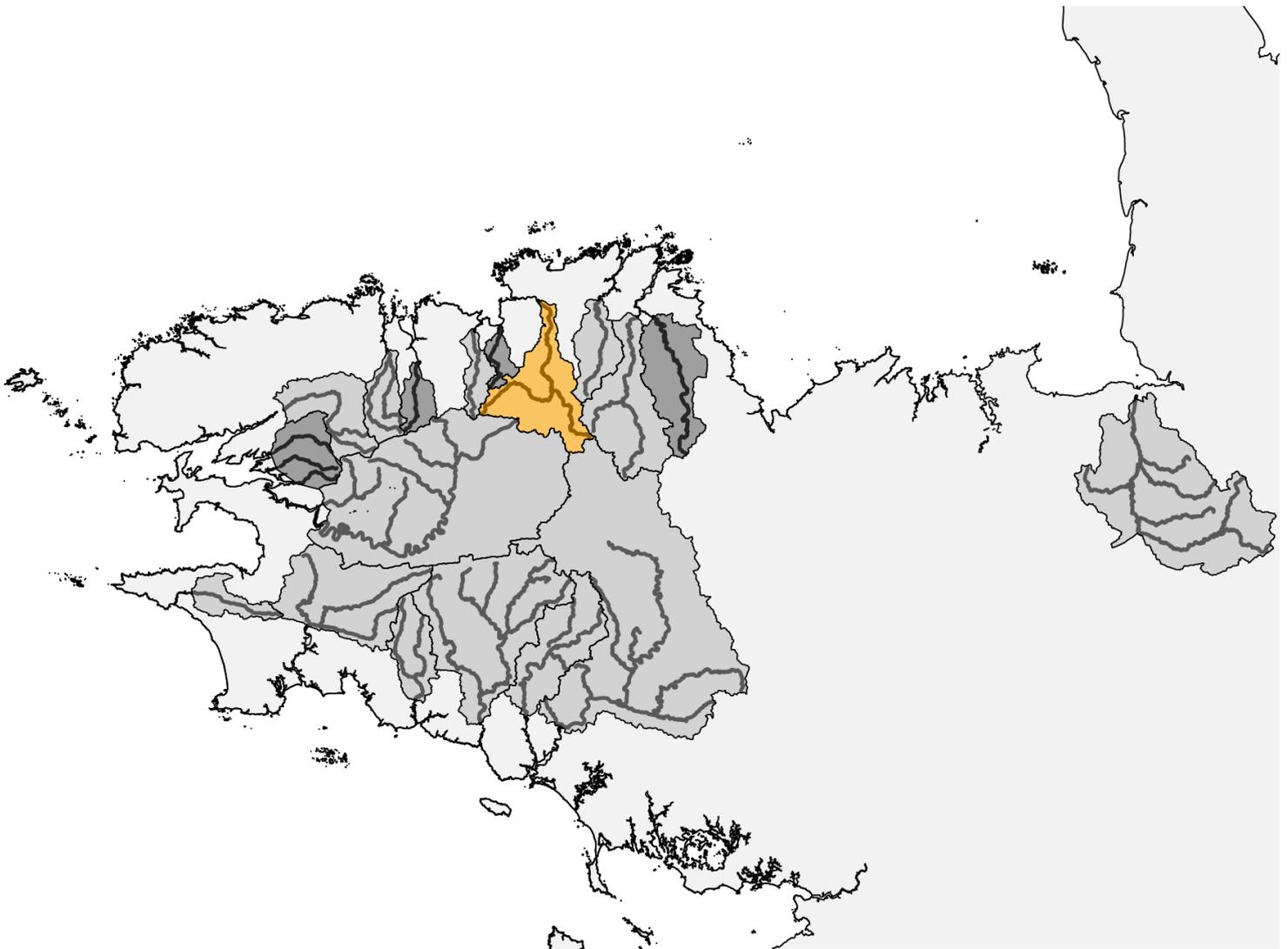
* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 248 | 39 [16,75] | 64% | 114 [22,245] | 5% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 331 | 39 [16,74] | 64% | 117 [22,283] | 2% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 46 | TAC : 207 | 51 [19,96] | 49% | 111 [22,261] | 7% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 46 | TAC : 248 | 51 [19,96] | 49% | 113 [22,244] | 4% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 61 | TAC : 331 | 59 [21,112] | 37% | 119 [21,288] | 2% | 0.91 |
| Prélèvement fixe | TAC : 61 | TAC : 414 | 59 [20,113] | 37% | 122 [22,319] | 1% | 0.91 |

Léguer (autre définition de la conservation)

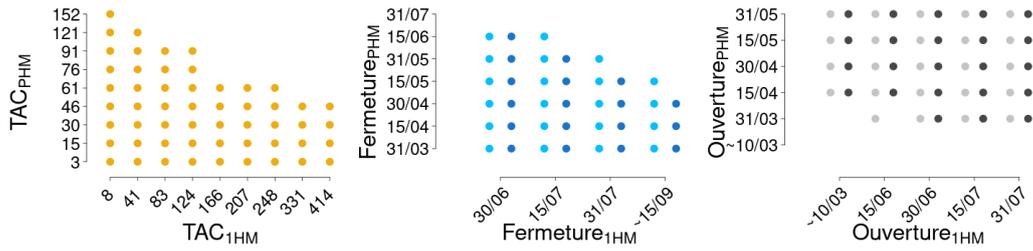
La conservation est définie comme le fait de limiter à 40% le risque de produire moins de trois quarts de la capacité d'accueil. Le bassin versant du Léguer est figuré en orange car certains scénarios de régulation ne permettent pas de respecter la conservation.



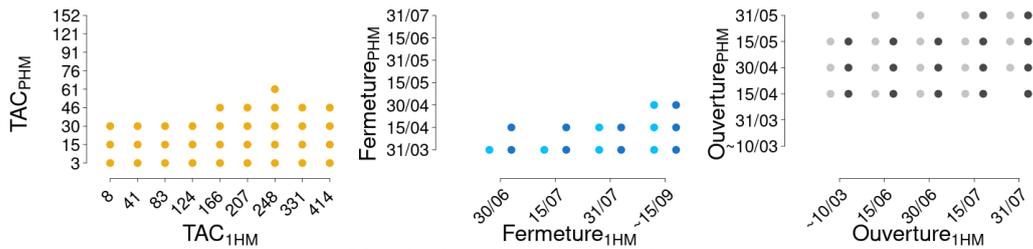
Leguer

Conservation

Risque de faible recrutement

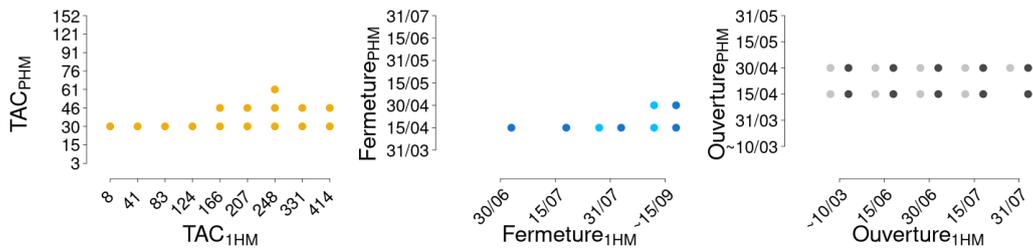


Equilibre d'exploitation

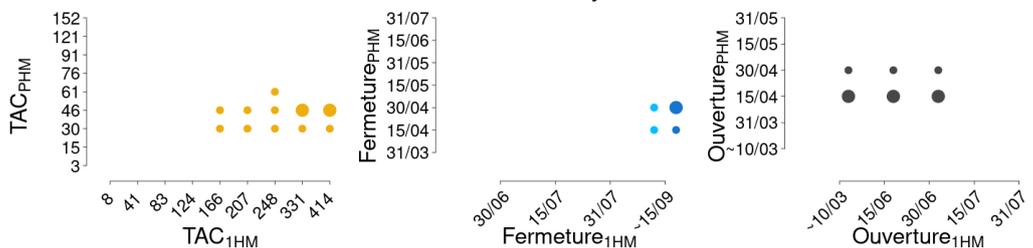


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

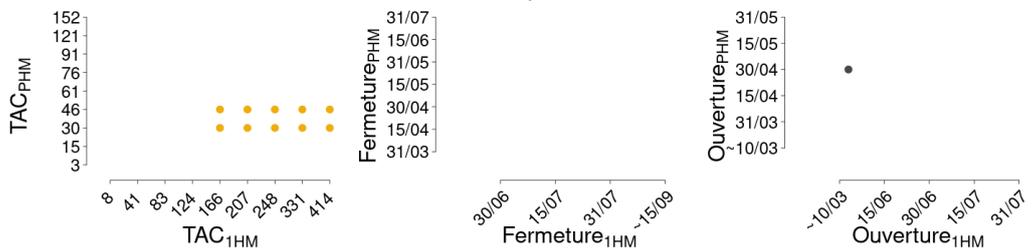


Prélèvements moyens de 1HM

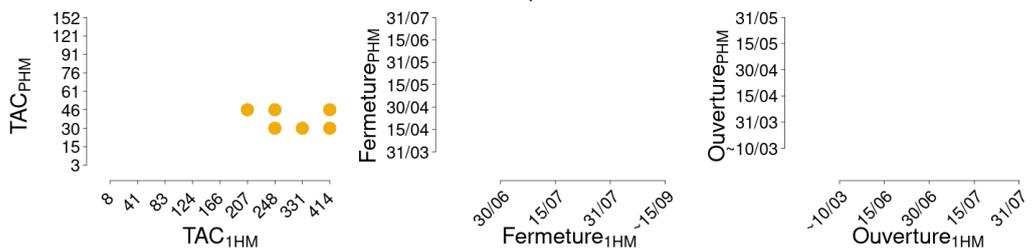


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

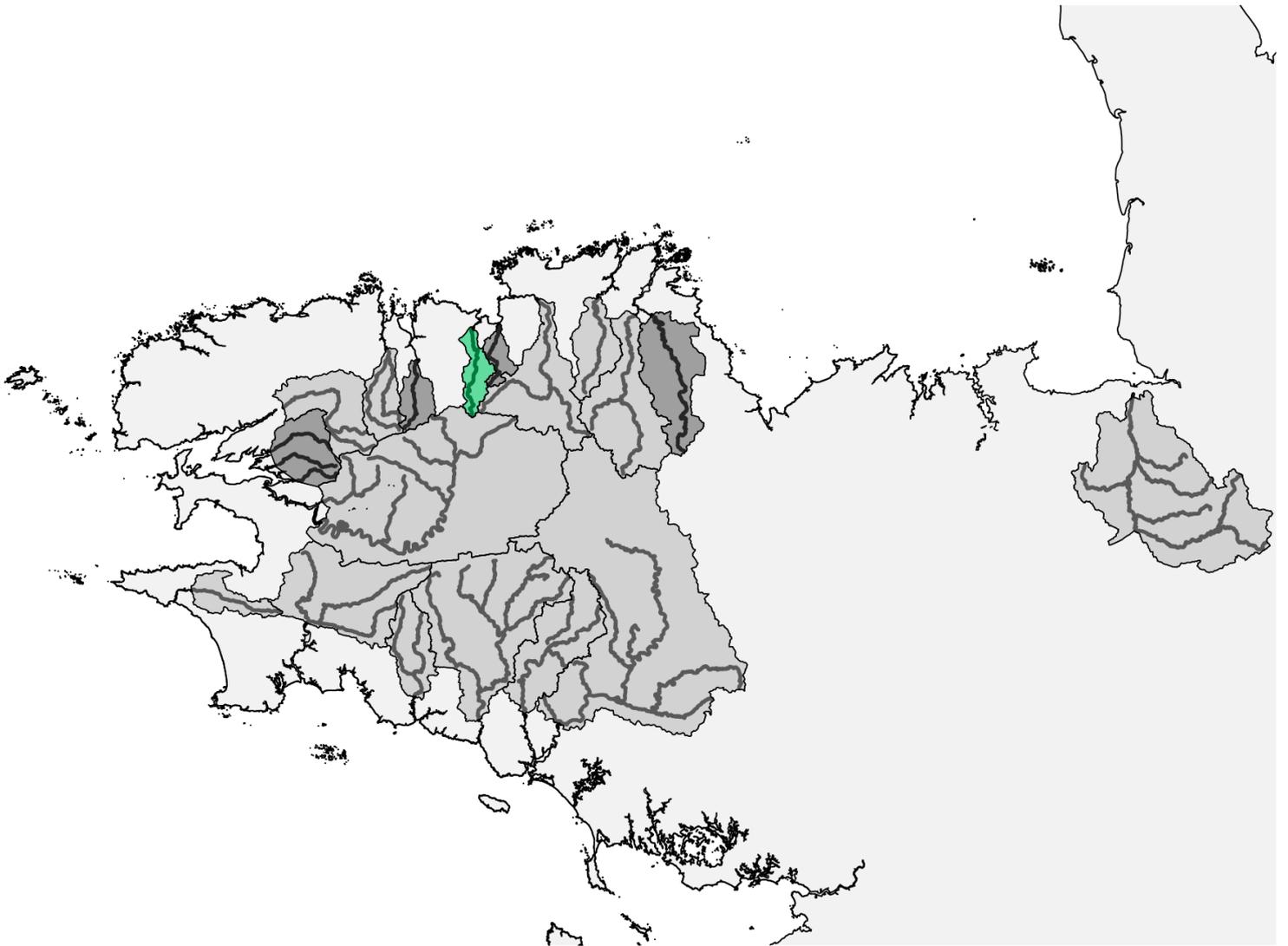
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 46 | TAC : 331 | 51 [19,95] | 49% | 119 [22,286] | 2% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 46 | TAC : 414 | 51 [19,96] | 49% | 123 [22,319] | 1% | 0.94 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 59 [13,144] | | 134 [22,383] | | 0.95 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 51 [11,126] | | 135 [22,382] | | 0.98 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 51 [11,126] | | 129 [21,360] | | 0.97 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 30/06*</u> | 51 [11,124] | | 119 [20,335] | | 0.96 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 248 | 39 [16,75] | 64% | 114 [22,245] | 5% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 331 | 39 [16,74] | 64% | 117 [22,283] | 2% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 30 | TAC : 414 | 39 [16,74] | 64% | 123 [22,319] | 1% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 46 | TAC : 207 | 51 [19,96] | 49% | 111 [22,261] | 7% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 46 | TAC : 248 | 51 [19,96] | 49% | 113 [22,244] | 4% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 46 | TAC : 414 | 51 [19,96] | 49% | 123 [22,319] | 1% | 0.94 |

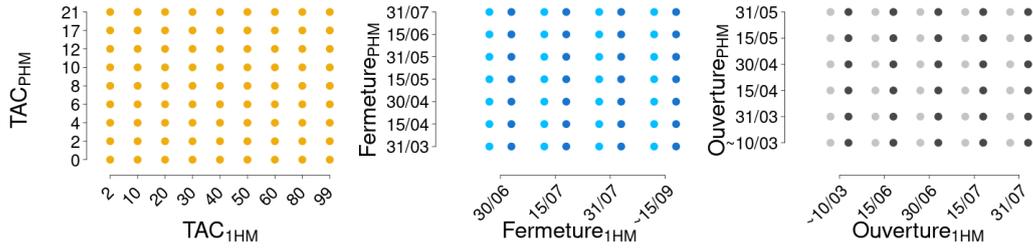
Douron



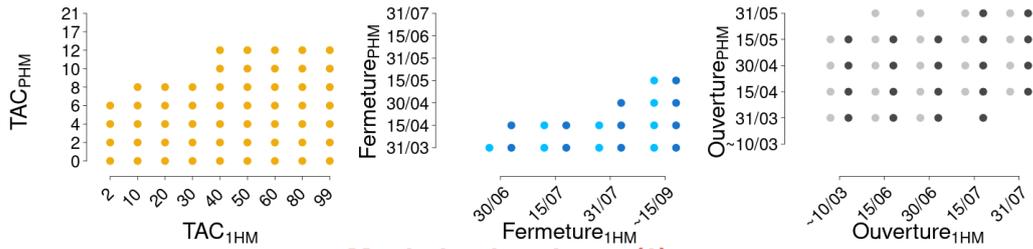
Douron

Conservation

Risque de faible recrutement

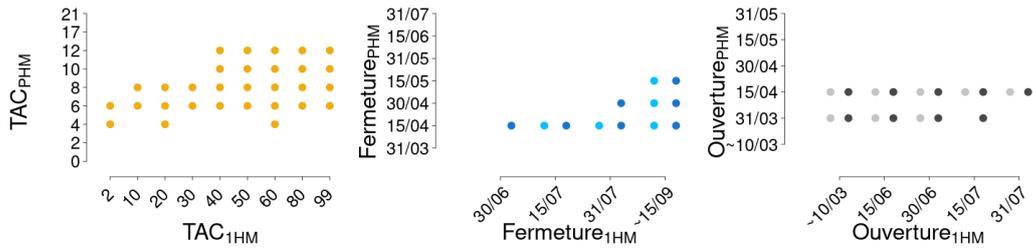


Equilibre d'exploitation

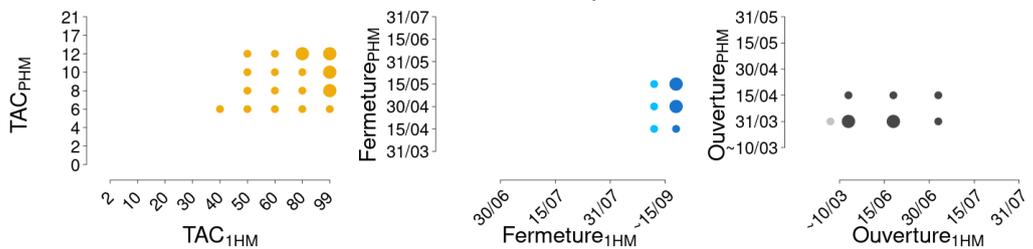


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

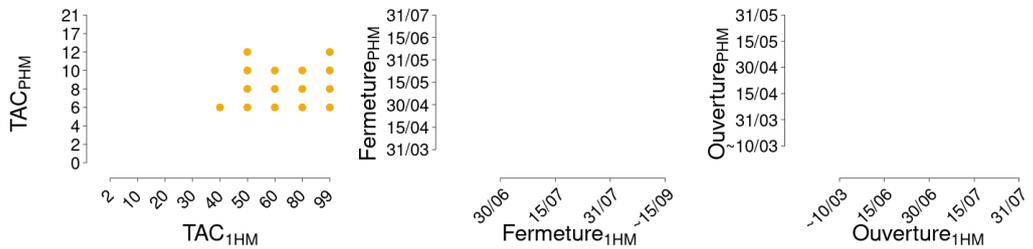


Prélèvements moyens de 1HM

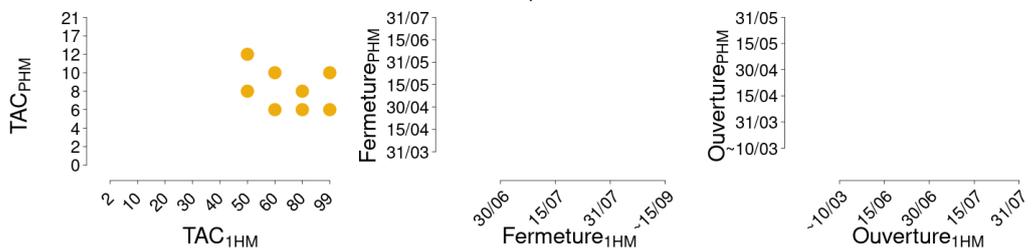


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



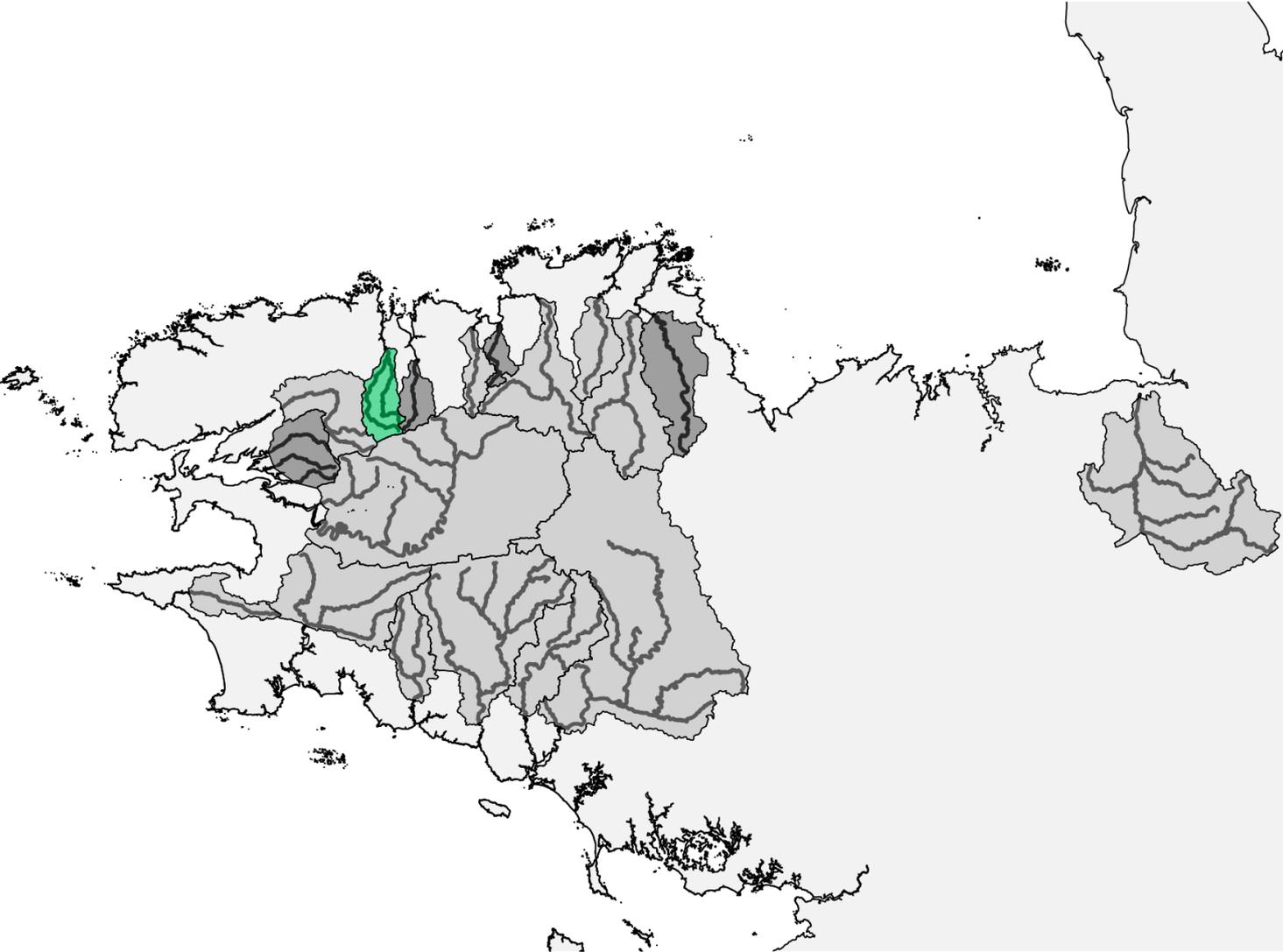
Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 99 | 9 [3,17] | 45% | 28 [5,74] | 1% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 10 | TAC : 99 | 9 [3,19] | 35% | 28 [5,73] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 80 | 10 [3,21] | 27% | 27 [5,68] | 2% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 99 | 10 [3,21] | 27% | 28 [5,74] | 1% | 0.92 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 9 [2,23] | | 30 [5,85] | | 0.97 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 11 [2,28] | | 30 [5,87] | | 0.93 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 10 [2,27] | | 30 [5,86] | | 0.95 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 11 [2,27] | | 29 [4,83] | | 0.94 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

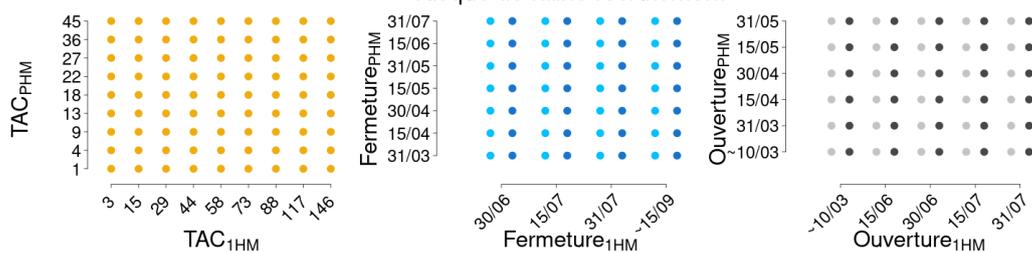
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 6 | TAC : 60 | 7 [3,14] | 57% | 26 [5,58] | 4% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 6 | TAC : 80 | 7 [3,14] | 57% | 26 [5,65] | 1% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 6 | TAC : 99 | 7 [3,14] | 57% | 27 [5,73] | 1% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 50 | 9 [3,17] | 45% | 25 [5,59] | 6% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 80 | 8 [3,17] | 44% | 27 [5,68] | 2% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 10 | TAC : 60 | 9 [3,19] | 35% | 26 [5,58] | 4% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 10 | TAC : 99 | 9 [3,19] | 35% | 28 [5,73] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 50 | 10 [3,21] | 27% | 25 [5,58] | 6% | 0.91 |



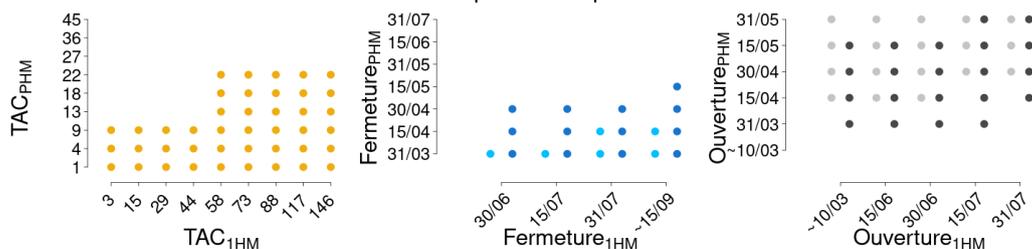
Penze

Conservation

Risque de faible recrutement

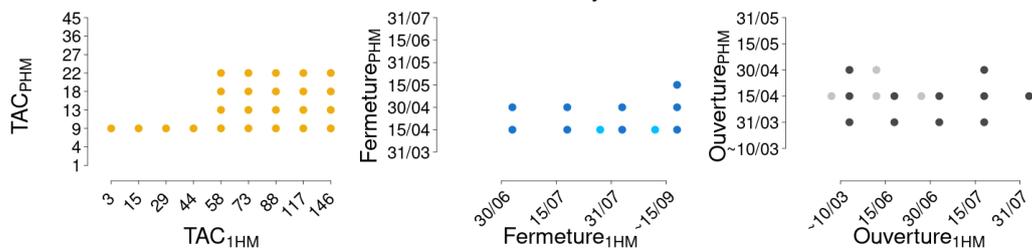


Equilibre d'exploitation

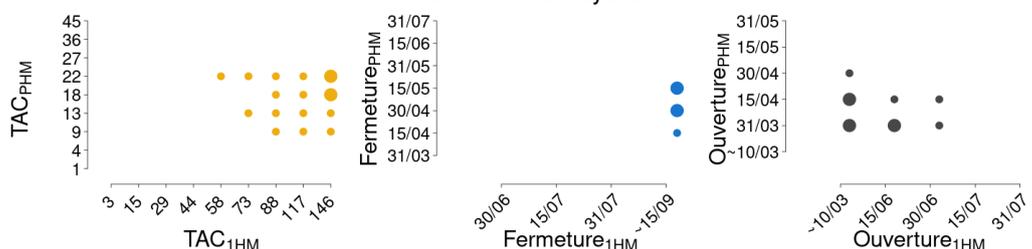


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

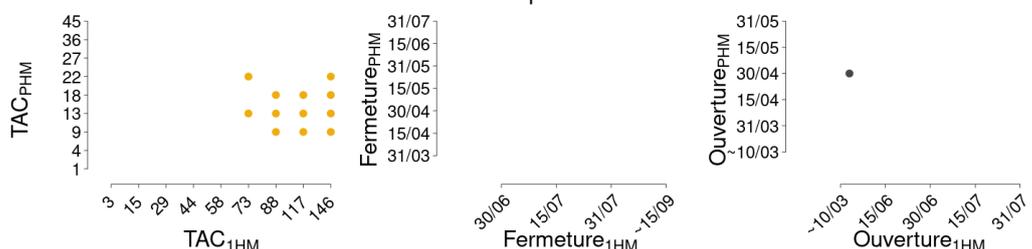


Prélèvements moyens de 1HM

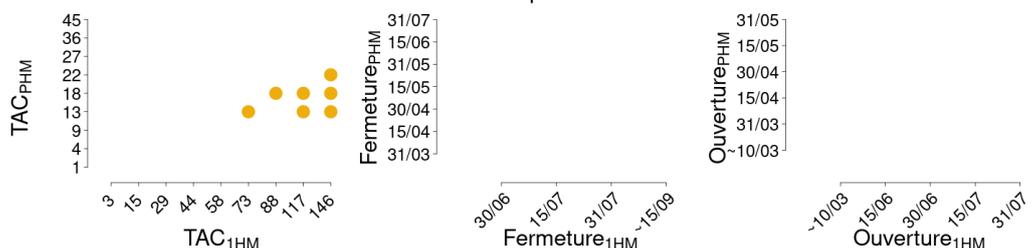


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



*Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements**

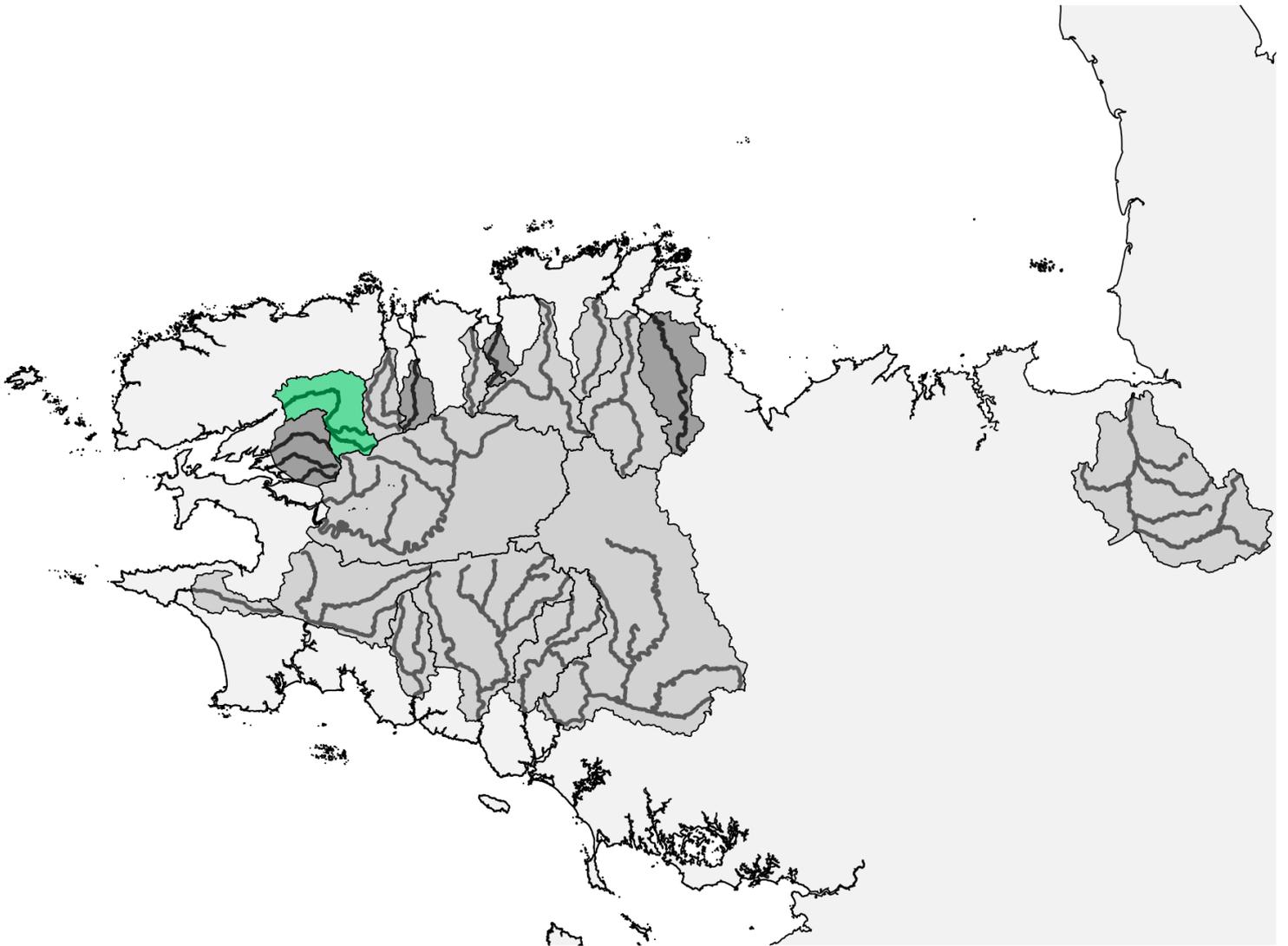
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 146 | 17 [5,34] | 37% | 45 [8,117] | 2% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 22 | TAC : 146 | 19 [6,38] | 28% | 45 [8,116] | 2% | 0.91 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 18 [3,45] | | 47 [8,128] | | 0.95 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 21 [4,55] | | 47 [8,128] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 20 [4,52] | | 47 [8,129] | | 0.92 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 20 [4,52] | | 46 [8,125] | | 0.92 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 15 [3,39] | | 47 [8,126] | | 0.98 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 73 | 15 [5,28] | 50% | 43 [8,115] | 11% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 117 | 15 [5,28] | 50% | 44 [8,108] | 3% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 146 | 15 [5,28] | 50% | 45 [8,118] | 2% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 88 | 17 [5,34] | 36% | 43 [8,108] | 7% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 117 | 17 [5,34] | 36% | 45 [8,108] | 3% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 146 | 17 [5,34] | 37% | 45 [8,117] | 2% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 22 | TAC : 146 | 19 [6,38] | 28% | 45 [8,116] | 2% | 0.91 |

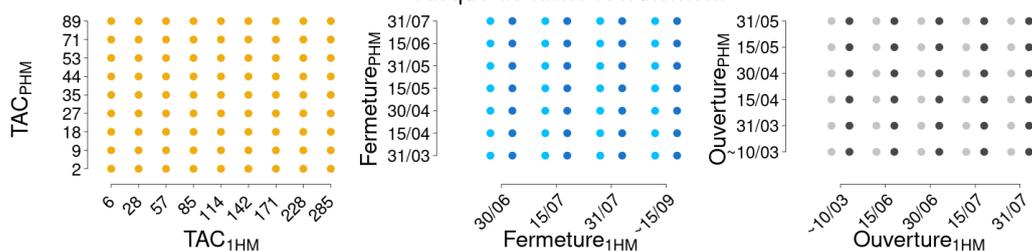
Elorn



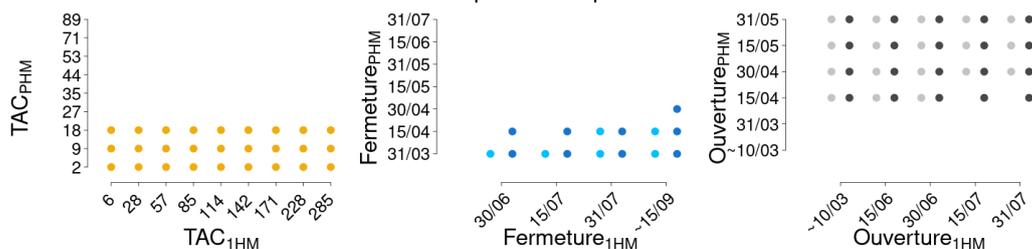
Elorn

Conservation

Risque de faible recrutement

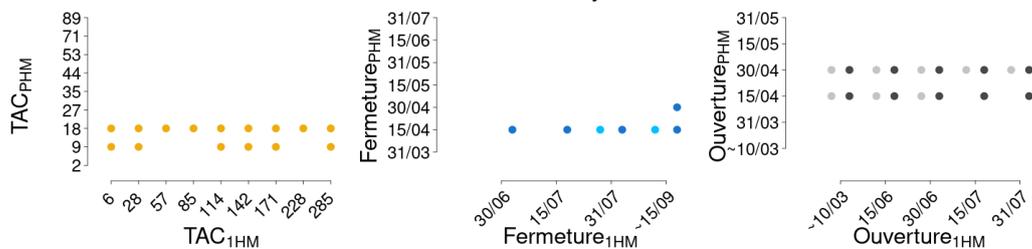


Equilibre d'exploitation

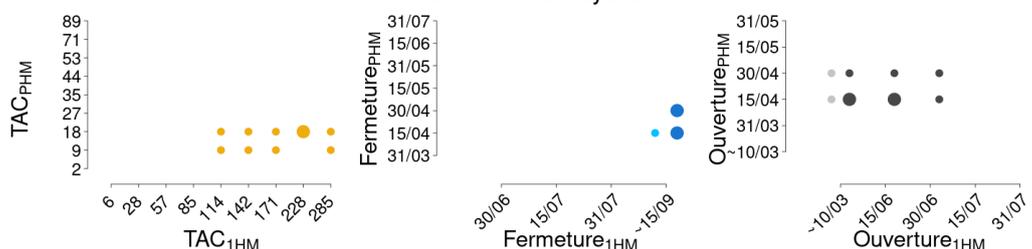


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

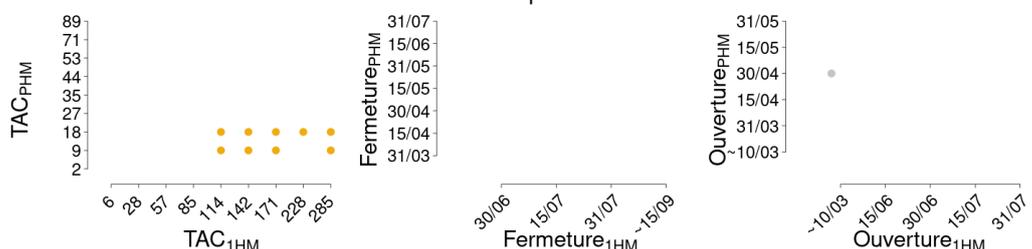


Prélèvements moyens de 1HM

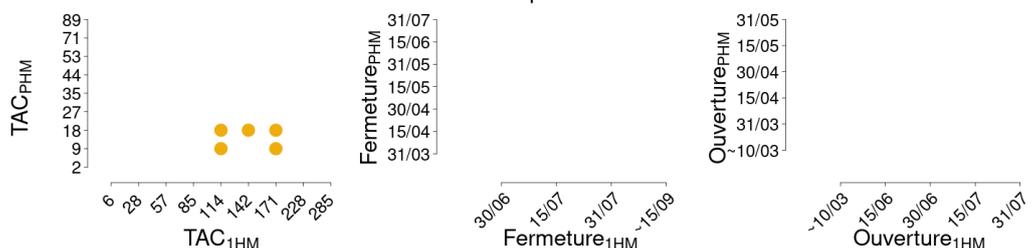


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 228 | 23 [10,44] | 63% | 44 [8,124] | 0% | 0.93 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 25 [6,60] | | 46 [8,132] | | 0.95 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 33 [8,81] | | 46 [8,131] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 28 [6,70] | | 46 [8,130] | | 0.93 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 29 [7,71] | | 44 [8,124] | | 0.93 |

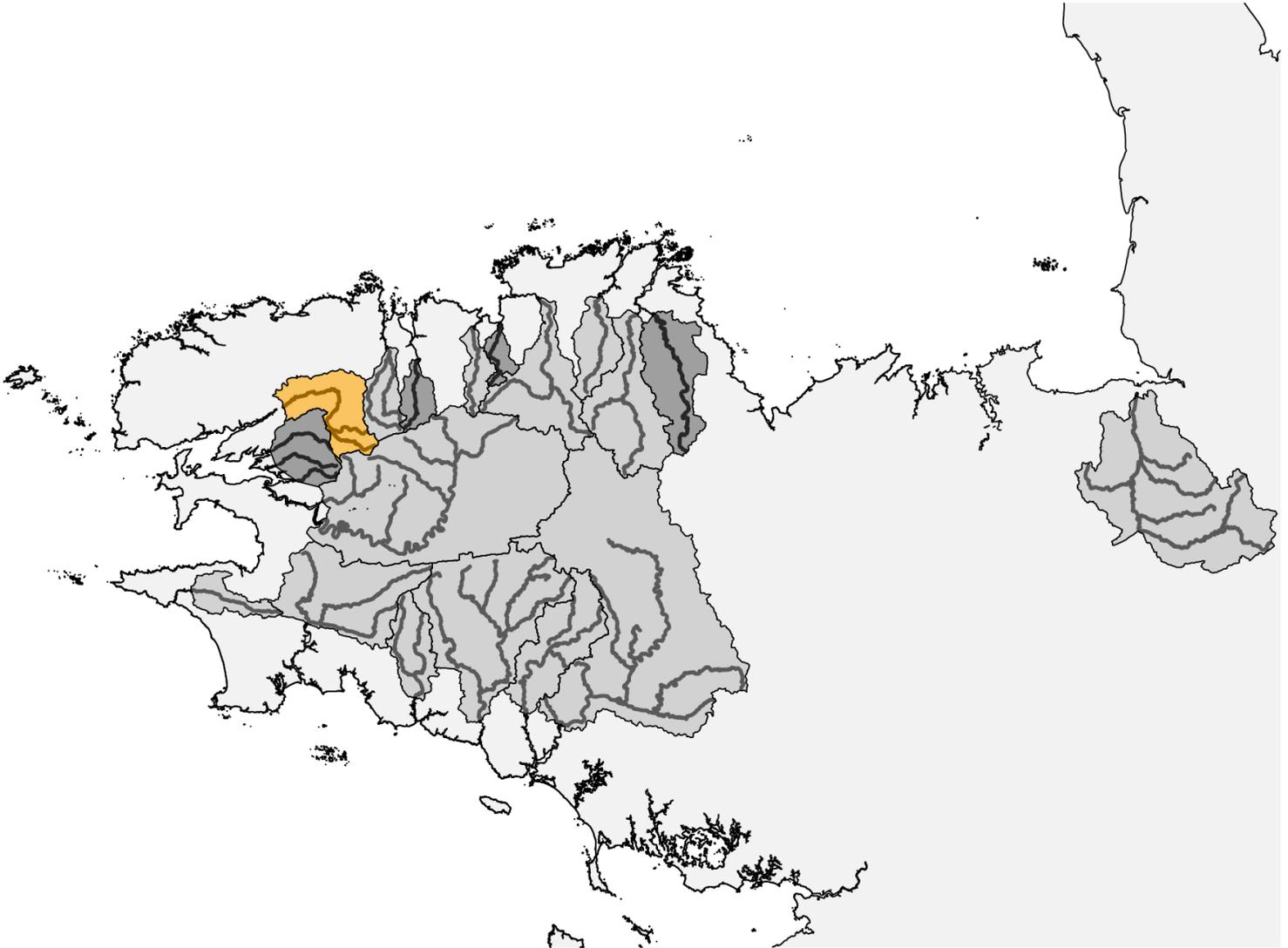
* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 114 | 16 [6,31] | 81% | 40 [8,97] | 2% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 171 | 16 [6,31] | 81% | 42 [8,115] | 0% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 114 | 23 [10,44] | 63% | 39 [8,94] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 142 | 23 [10,44] | 63% | 41 [8,106] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 171 | 23 [10,44] | 63% | 42 [8,114] | 0% | 0.93 |

Elorn (autre définition de la conservation)

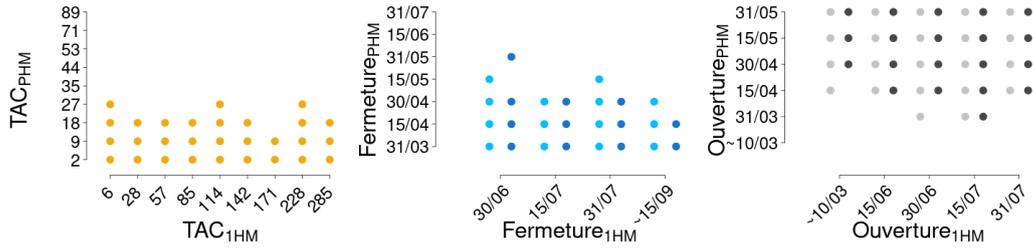
Conservation définie comme le fait de limiter à 40% le risque de produire moins de trois quarts de la capacité d'accueil. Le bassin versant de l'Elorn est figuré en orange car certains scénarios de régulation ne permettent pas d'atteindre la conservation.



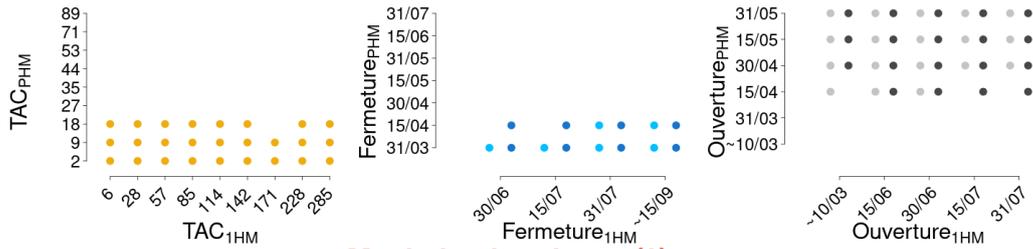
Elorn

Conservation

Risque de faible recrutement

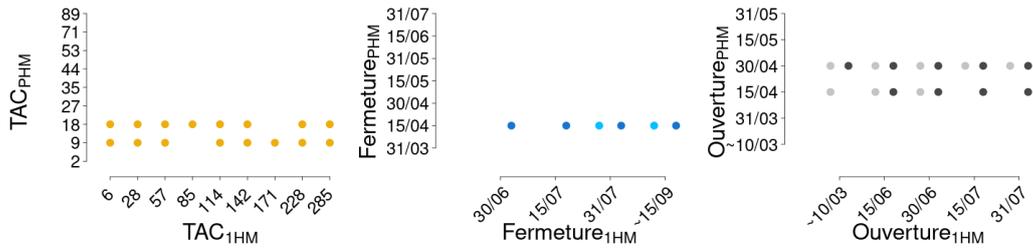


Equilibre d'exploitation

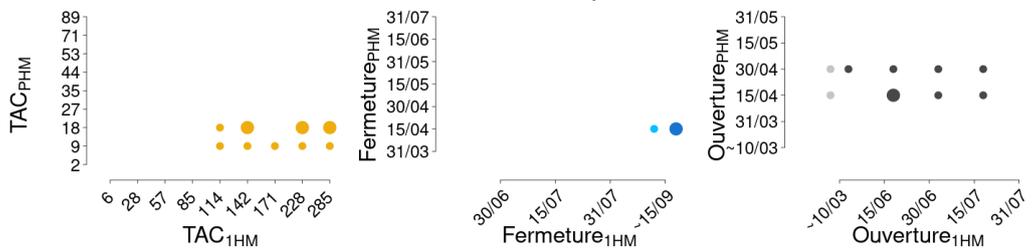


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

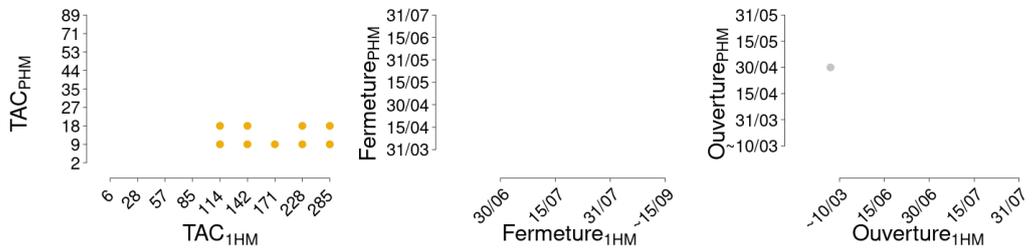


Prélèvements moyens de 1HM

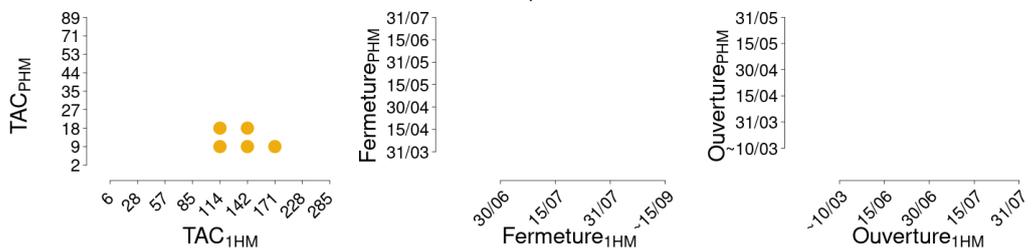


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

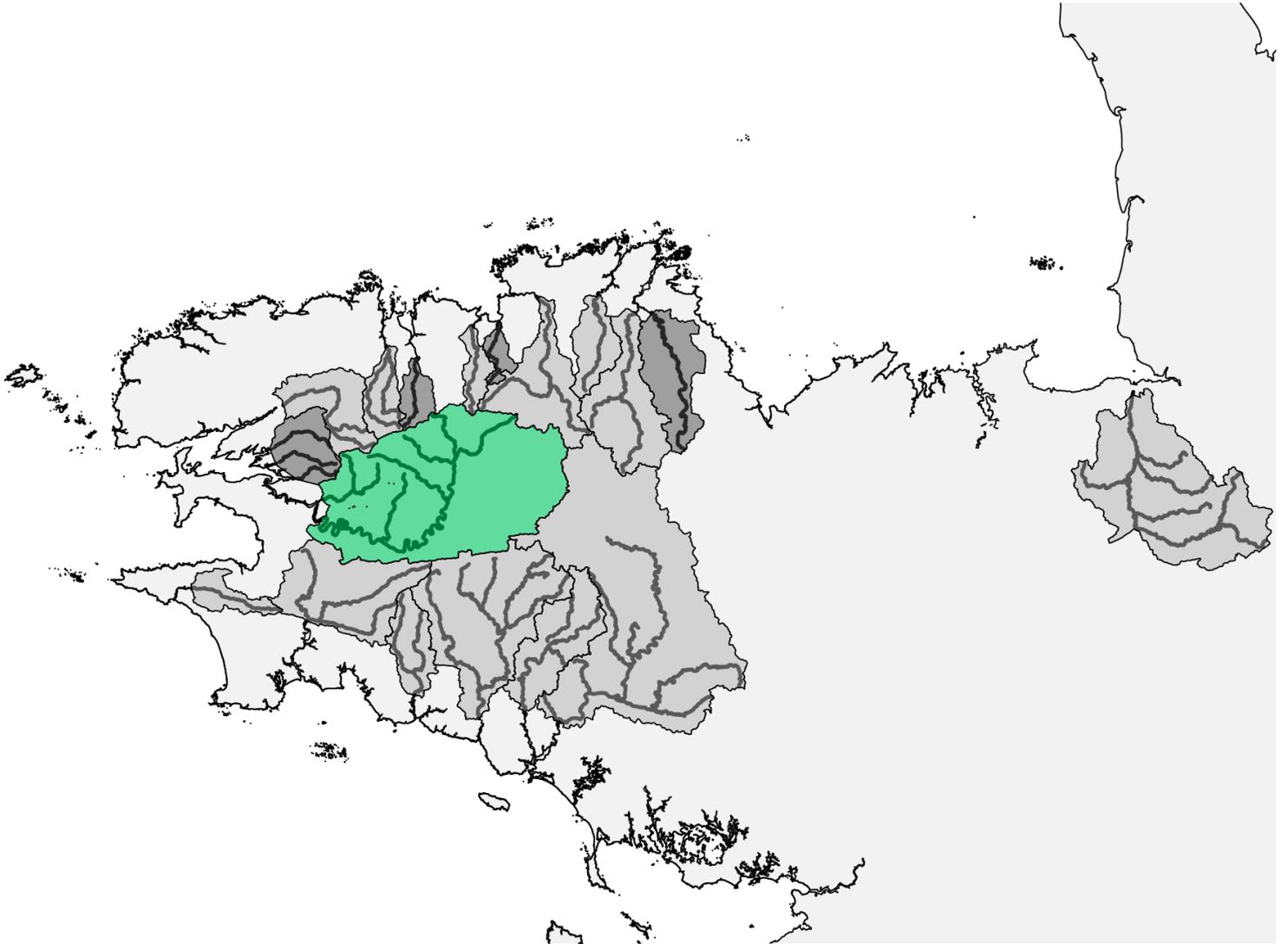
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 142 | 23 [10,44] | 63% | 41 [8,106] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 228 | 23 [10,44] | 63% | 44 [8,124] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 285 | 23 [10,44] | 63% | 45 [8,128] | 0% | 0.93 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 25 [6,60] | | 46 [8,132] | | 0.95 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 29 [7,71] | | 44 [8,124] | | 0.93 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 114 | 16 [6,31] | 81% | 40 [8,97] | 2% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 142 | 16 [6,31] | 80% | 41 [8,107] | 1% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 9 | TAC : 171 | 16 [6,31] | 81% | 42 [8,115] | 0% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 114 | 23 [10,44] | 63% | 39 [8,94] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 18 | TAC : 142 | 23 [10,44] | 63% | 41 [8,106] | 1% | 0.93 |

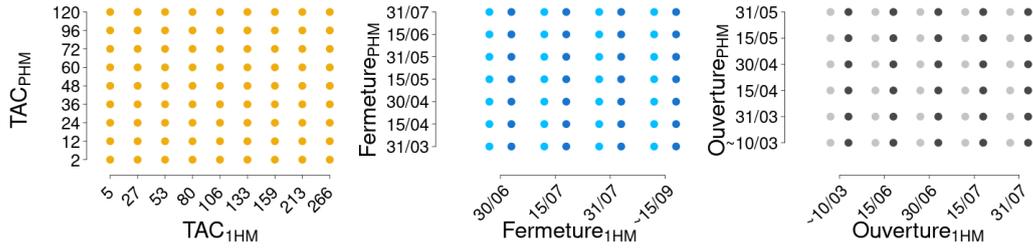
Aulne



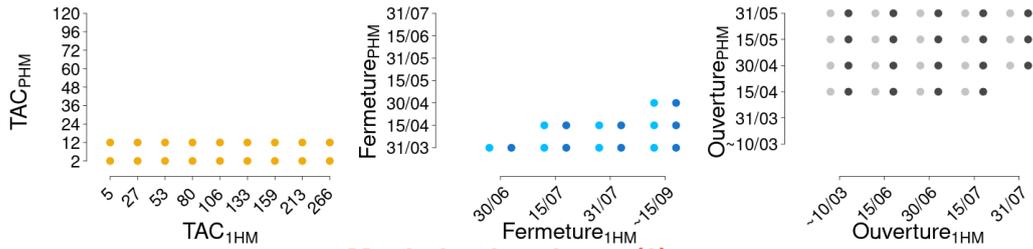
Aulne

Conservation

Risque de faible recrutement

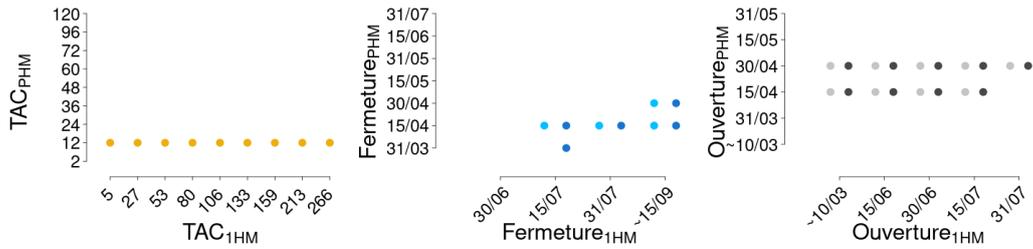


Equilibre d'exploitation

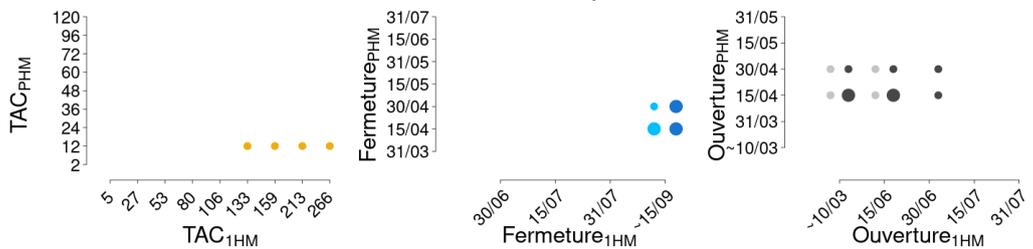


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PPHM

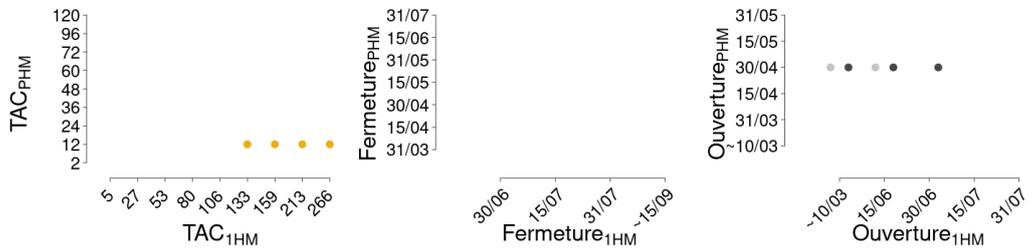


Prélèvements moyens de 1HM

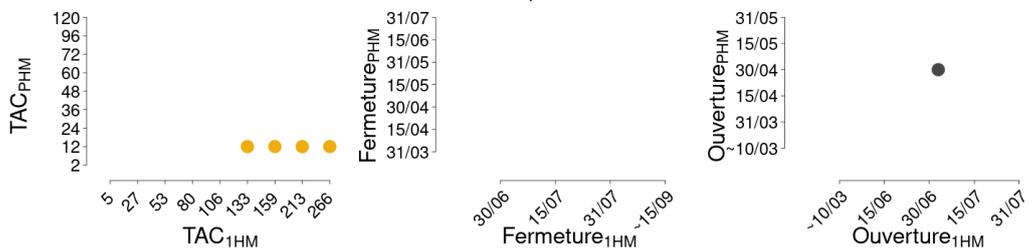


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PPHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

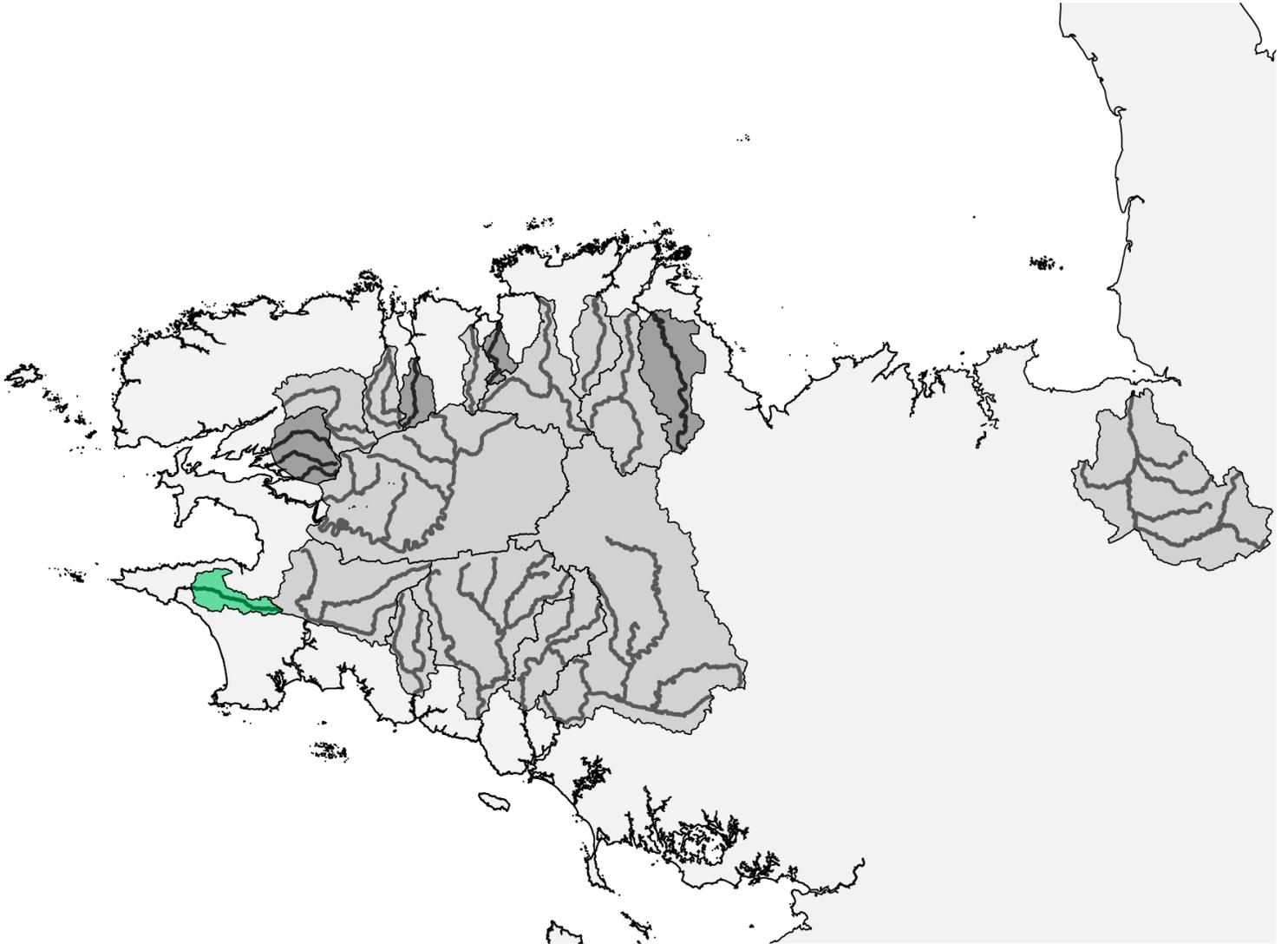
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/04 | Fermeture : ~15/09 | 17 [3,44] | | 32 [3,103] | | 0.96 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 17 [3,45] | | 34 [4,105] | | 0.96 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 23 [4,59] | | 34 [4,103] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 20 [4,51] | | 34 [4,106] | | 0.94 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 20 [4,52] | | 32 [4,99] | | 0.93 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 133 | 16 [6,31] | 62% | 30 [4,87] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 160 | 16 [6,31] | 62% | 31 [4,94] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 213 | 16 [6,31] | 62% | 32 [4,100] | 0% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 266 | 16 [6,30] | 63% | 32 [4,101] | 0% | 0.94 |
| Echappement fixe | Ouverture : 30/04 | <u>Ouverture : 30/06*</u> | 14 [2,36] | | 30 [3,93] | | 0.97 |

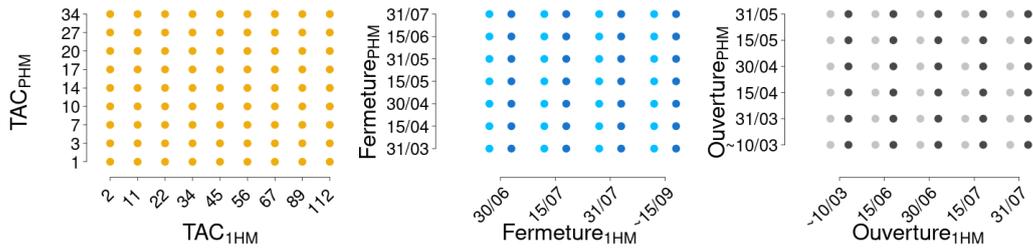
* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.



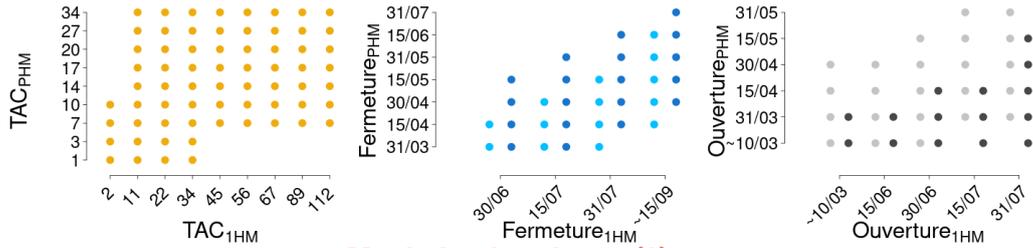
Goyen

Conservation

Risque de faible recrutement

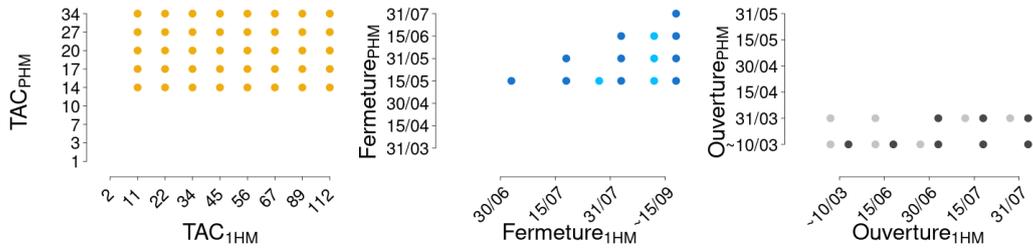


Equilibre d'exploitation

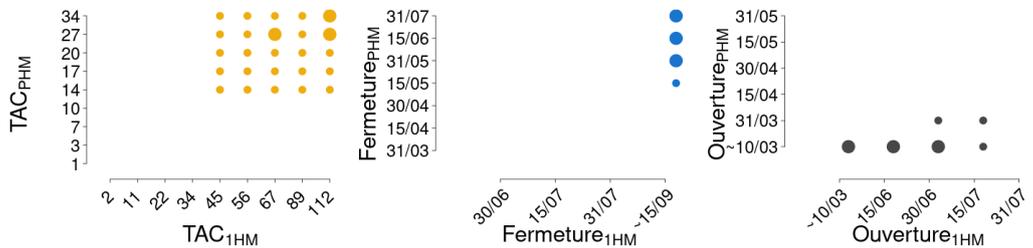


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

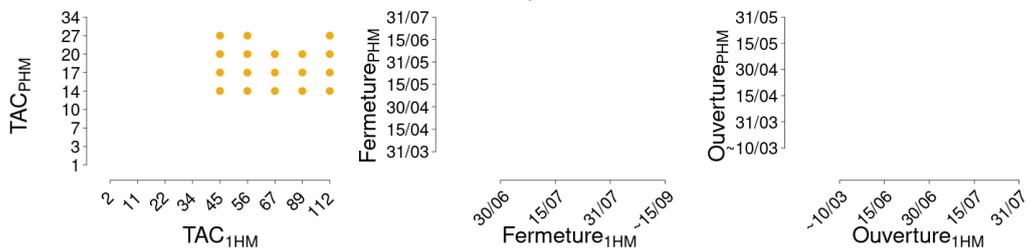


Prélèvements moyens de 1HM

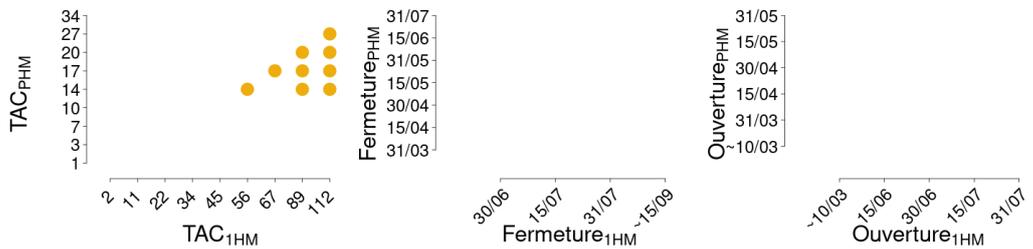


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



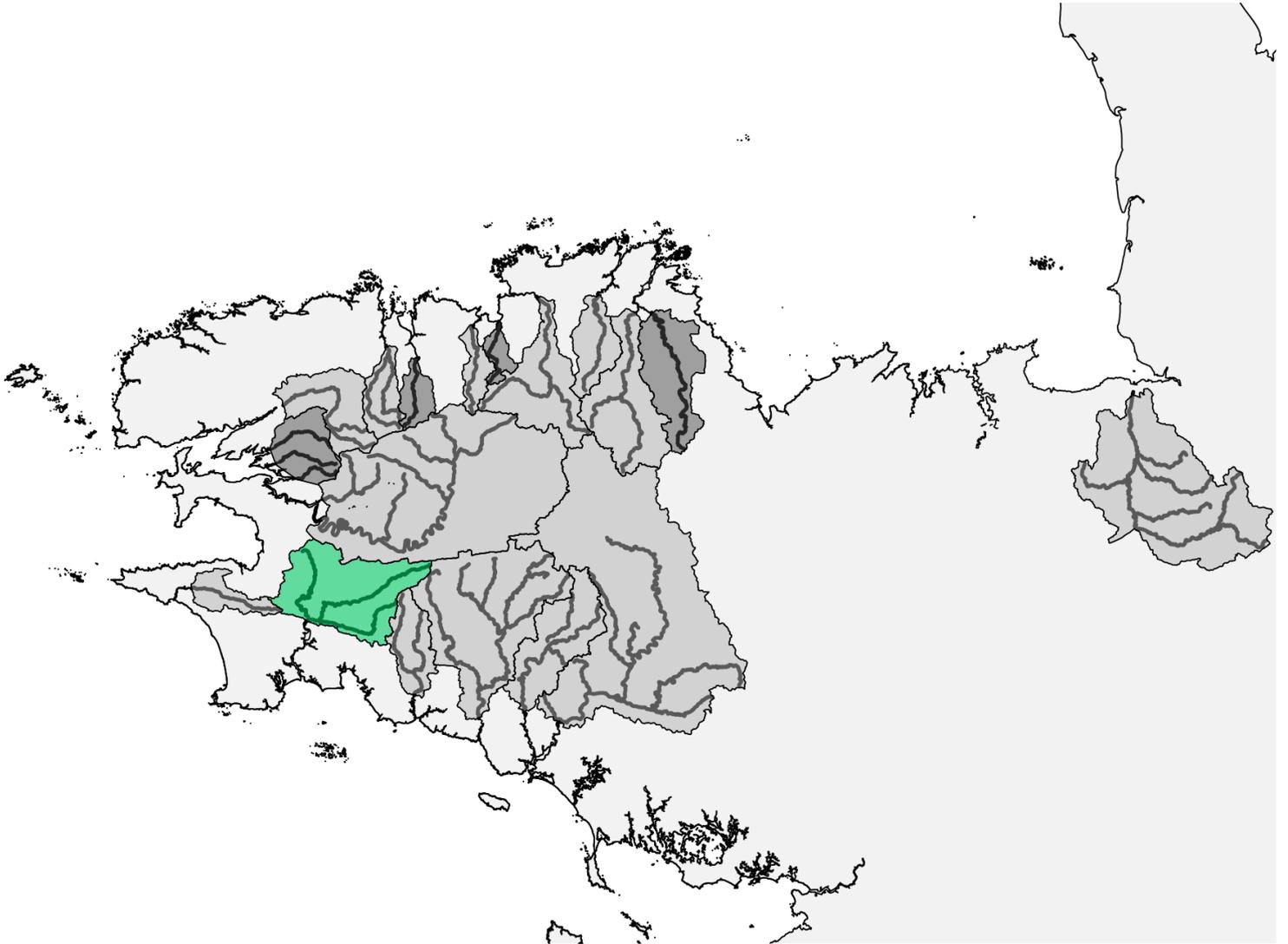
Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 27 | TAC : 67 | 13 [3,27] | 5% | 58 [11,163] | 22% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 27 | TAC : 112 | 13 [3,27] | 5% | 59 [11,142] | 7% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 34 | TAC : 112 | 13 [3,30] | 2% | 58 [11,142] | 7% | 0.98 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 31/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 13 [2,33] | | 65 [11,176] | | 1.02 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/06 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 14 [3,36] | | 65 [11,177] | | 1 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 31/07 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 16 [3,42] | | 66 [11,177] | | 0.95 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 14 [3,35] | | 66 [11,178] | | 1 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 14 [3,36] | | 63 [11,170] | | 0.99 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : 30/06*</u> | 14 [3,36] | | 60 [10,164] | | 0.97 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

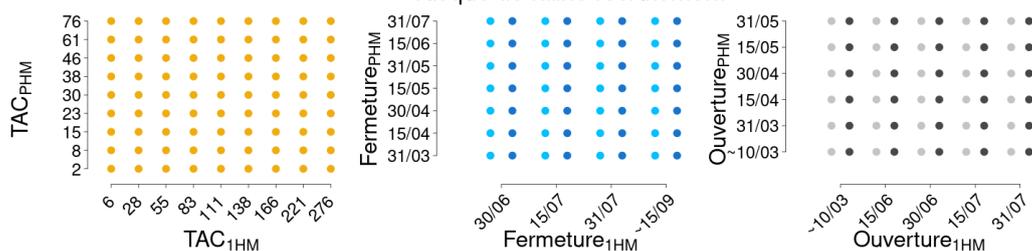
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 14 | TAC : 56 | 11 [3,23] | 20% | 57 [11,163] | 29% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 14 | TAC : 89 | 11 [3,23] | 20% | 57 [11,154] | 12% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 14 | TAC : 112 | 11 [3,23] | 20% | 57 [11,130] | 6% | 1.01 |
| Prélèvement fixe | TAC : 17 | TAC : 67 | 11 [3,25] | 14% | 57 [11,162] | 22% | 1 |
| Prélèvement fixe | TAC : 17 | TAC : 89 | 11 [3,25] | 14% | 57 [11,152] | 12% | 1 |
| Prélèvement fixe | TAC : 17 | TAC : 112 | 11 [3,25] | 14% | 58 [11,136] | 7% | 1 |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 89 | 12 [3,26] | 10% | 57 [11,152] | 12% | 0.99 |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 112 | 12 [3,26] | 10% | 58 [11,138] | 7% | 0.99 |
| Prélèvement fixe | TAC : 27 | TAC : 112 | 13 [3,27] | 5% | 59 [11,142] | 7% | 0.98 |



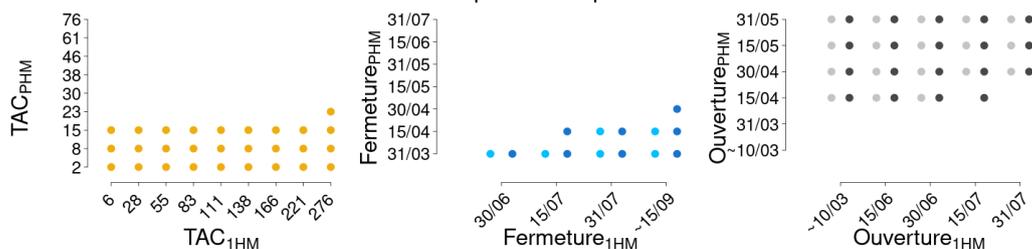
Odet

Conservation

Risque de faible recrutement

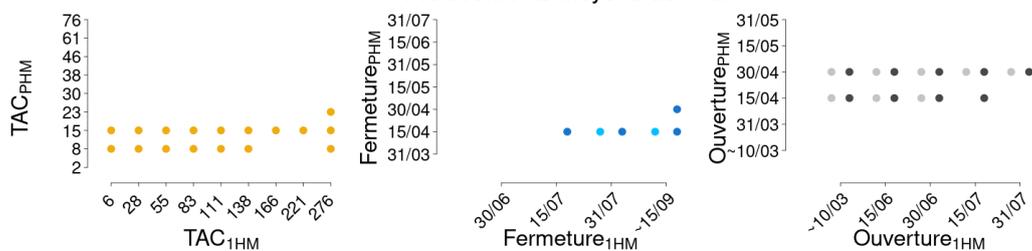


Equilibre d'exploitation

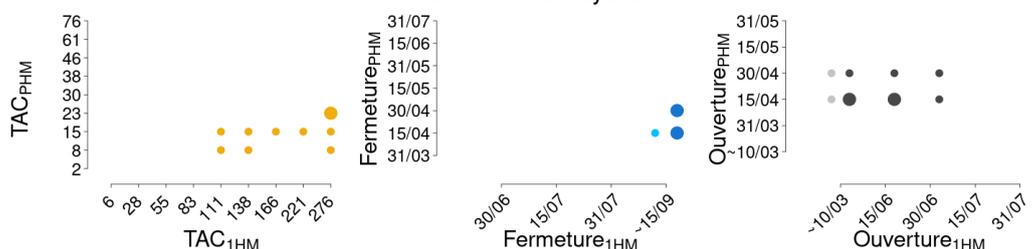


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

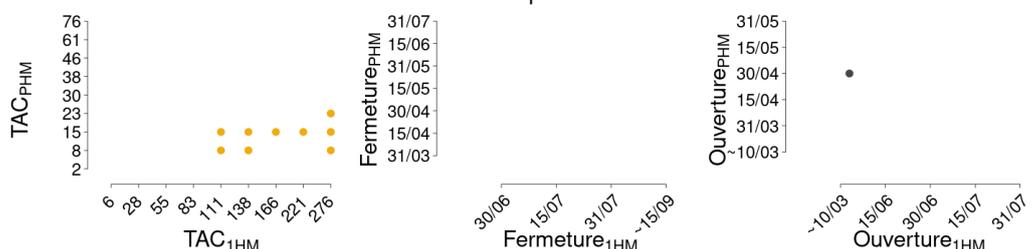


Prélèvements moyens de 1HM

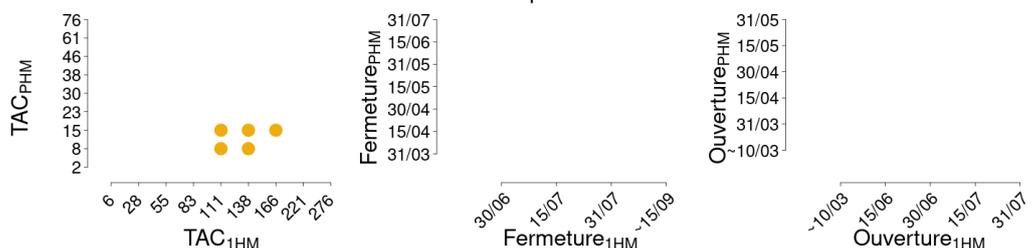


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

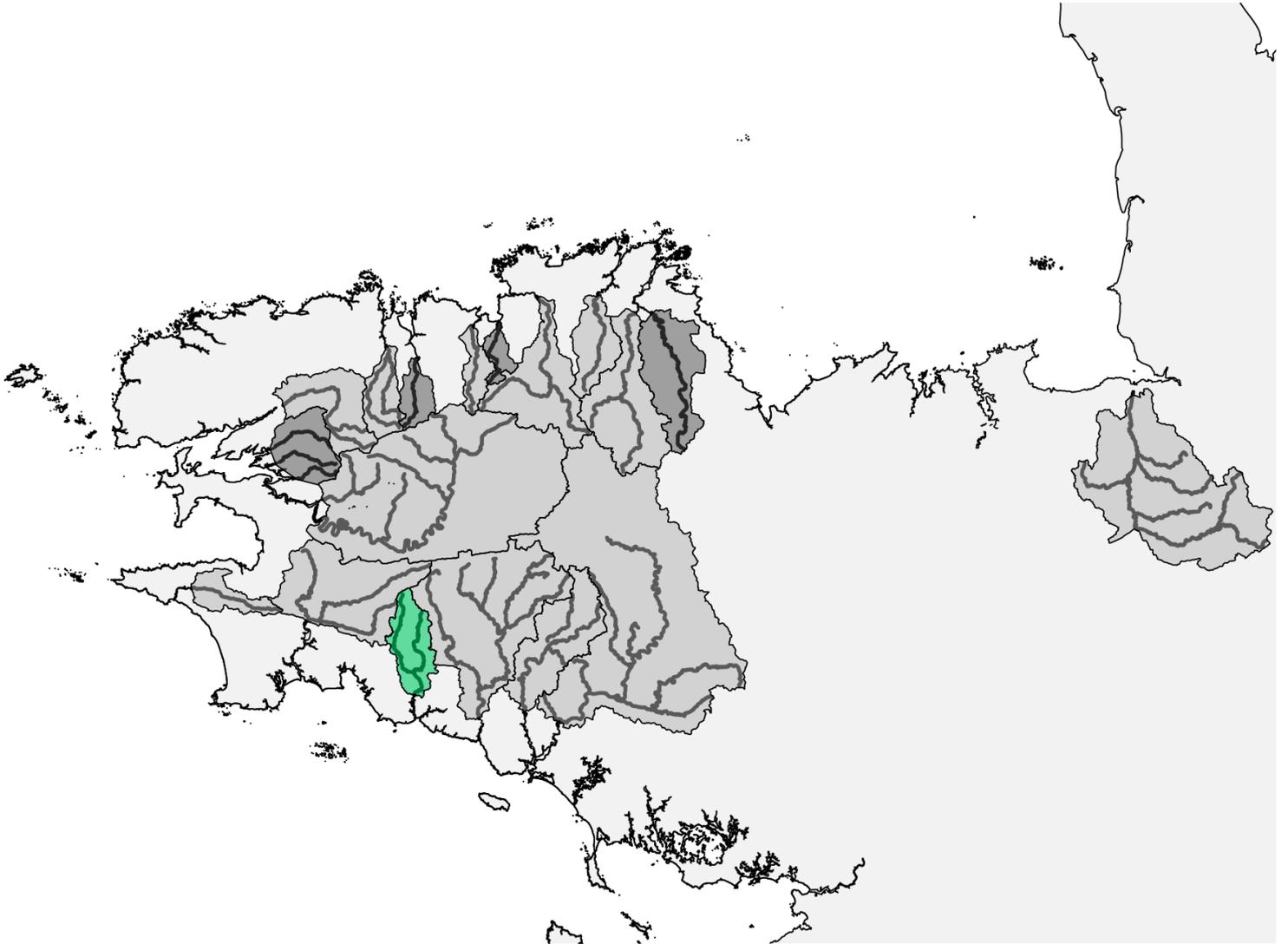
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 23 | TAC : 276 | 25 [9,47] | 47% | 42 [6,123] | 0% | 0.9 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 21 [4,51] | | 43 [6,125] | | 0.96 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 28 [6,69] | | 42 [6,124] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 24 [5,60] | | 43 [6,125] | | 0.93 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 24 [5,60] | | 41 [6,120] | | 0.93 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 111 | 14 [5,27] | 79% | 37 [6,93] | 2% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 8 | TAC : 138 | 14 [5,27] | 79% | 38 [6,103] | 1% | 0.98 |
| Prélèvement fixe | TAC : 15 | TAC : 111 | 20 [8,37] | 63% | 37 [6,93] | 2% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 15 | TAC : 138 | 19 [8,37] | 63% | 38 [6,103] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 15 | TAC : 166 | 20 [8,37] | 63% | 39 [6,109] | 0% | 0.94 |

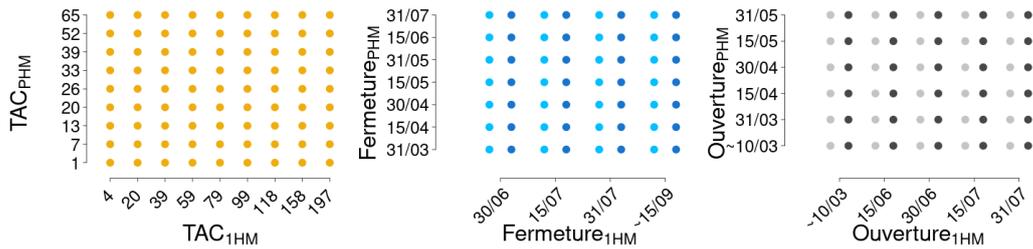
Aven



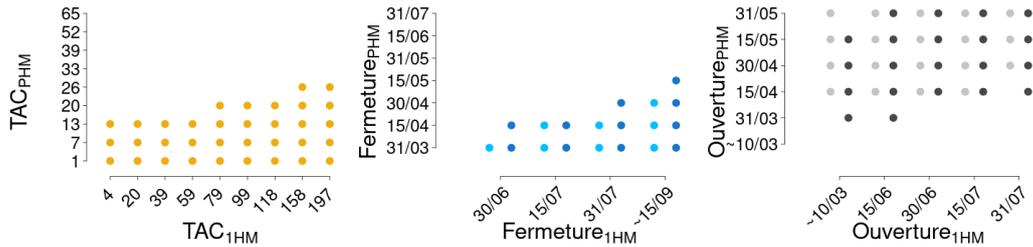
Aven

Conservation

Risque de faible recrutement

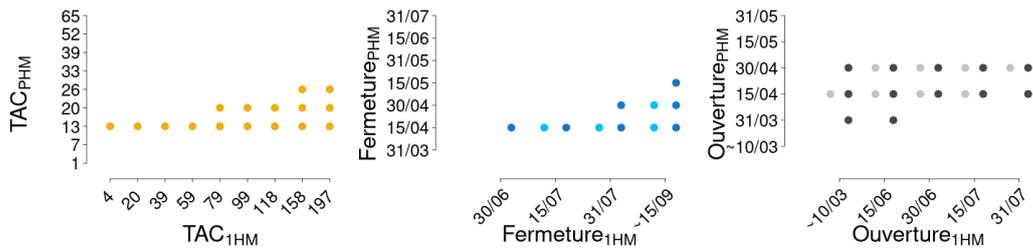


Equilibre d'exploitation

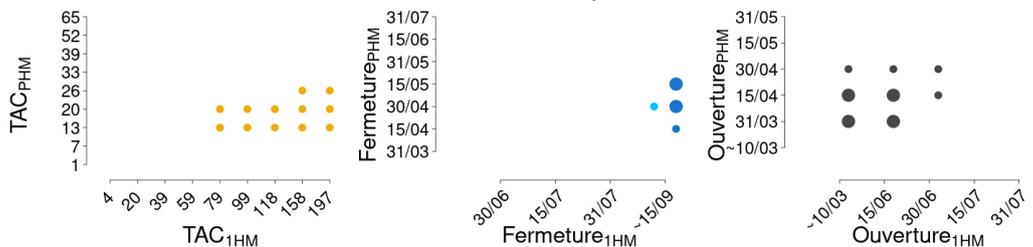


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

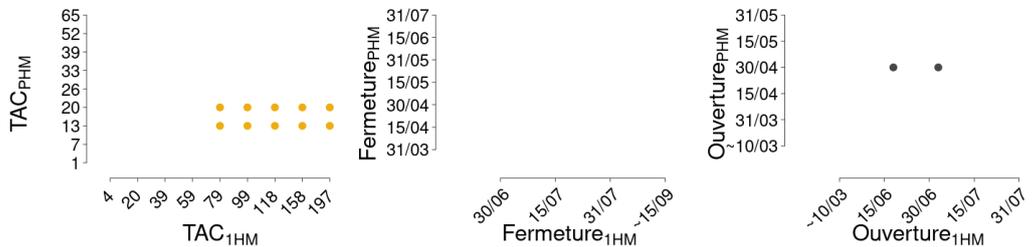


Prélèvements moyens de 1HM

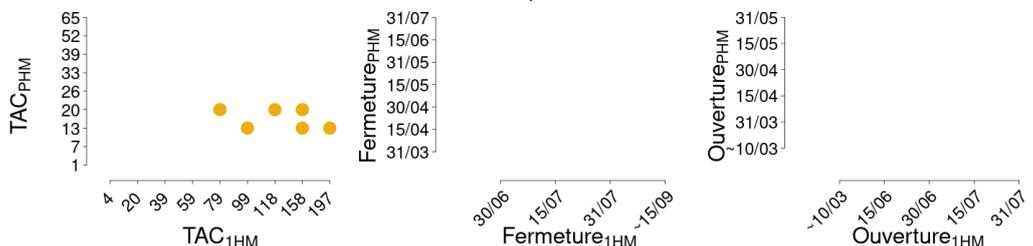


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



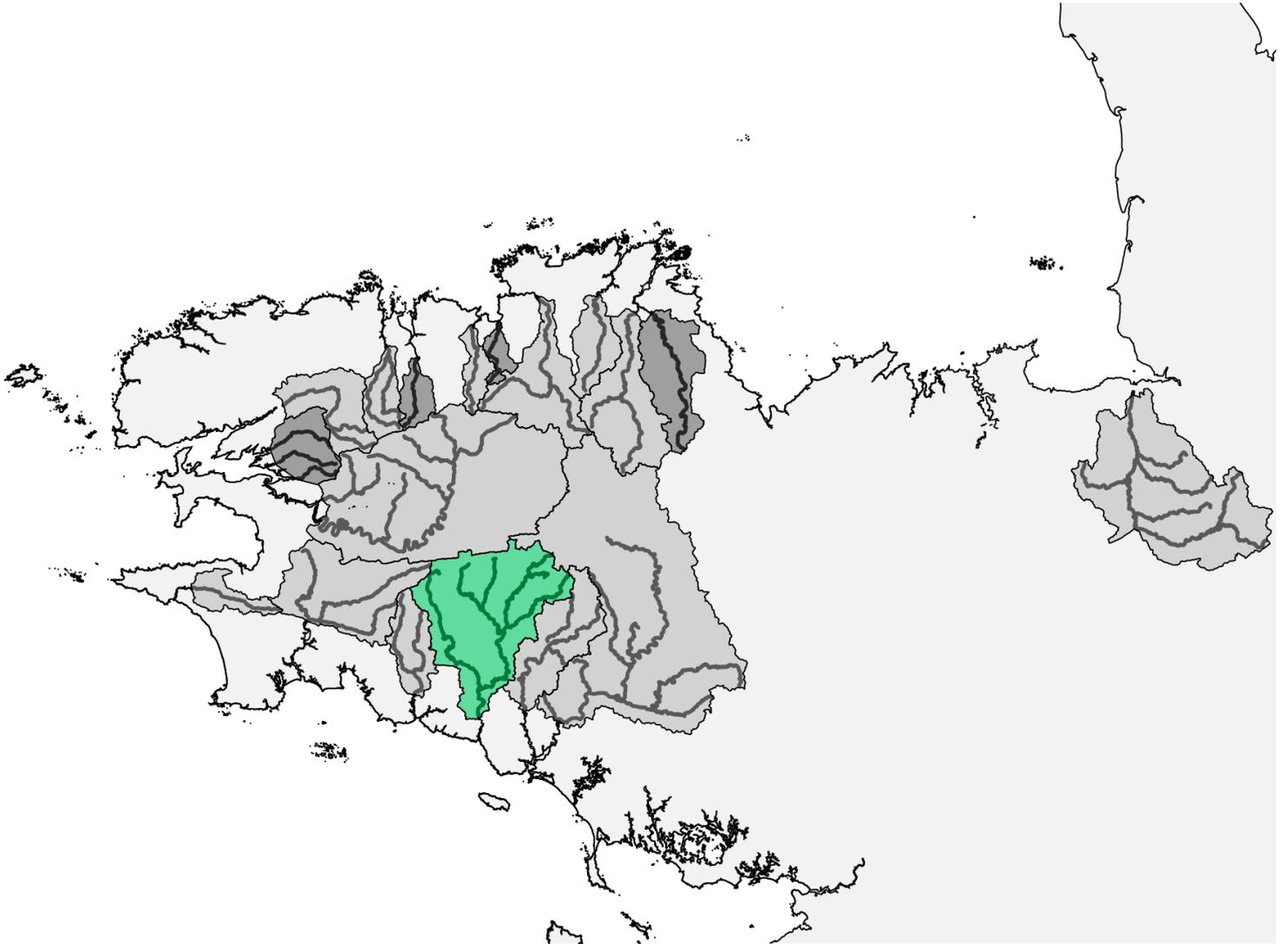
Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 23 [4,60] | | 51 [7,149] | | 0.94 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 28 [5,71] | | 51 [7,147] | | 0.9 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 27 [5,68] | | 51 [7,150] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 27 [5,67] | | 49 [7,143] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 20 [4,52] | | 51 [7,150] | | 0.97 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 20 [4,51] | | 49 [7,143] | | 0.97 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

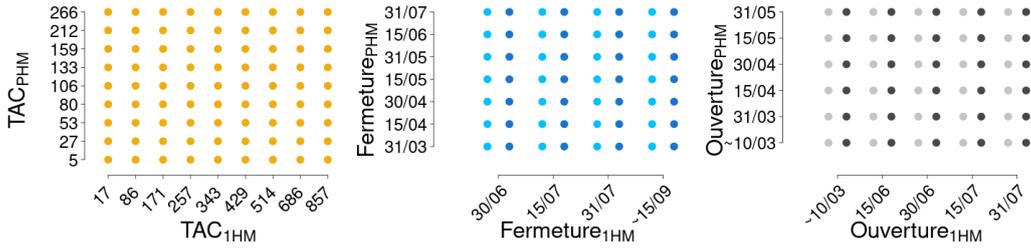
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 99 | 16 [6,32] | 60% | 44 [7,98] | 5% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 158 | 16 [6,32] | 59% | 46 [7,123] | 1% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 13 | TAC : 197 | 16 [6,32] | 59% | 47 [7,133] | 0% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 79 | 21 [6,41] | 43% | 42 [7,102] | 7% | 0.91 |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 118 | 21 [6,41] | 43% | 44 [7,105] | 2% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 20 | TAC : 158 | 21 [6,40] | 43% | 46 [7,122] | 1% | 0.93 |



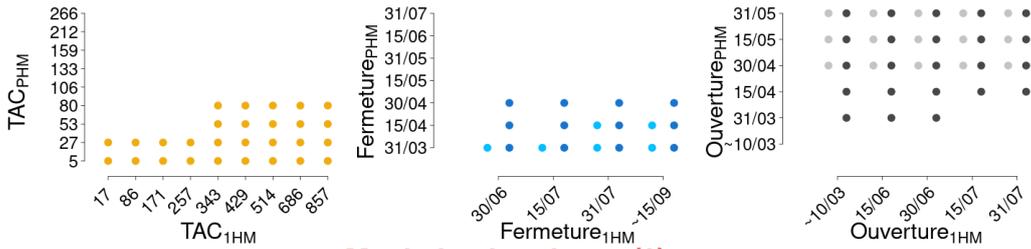
Elle

Conservation

Risque de faible recrutement

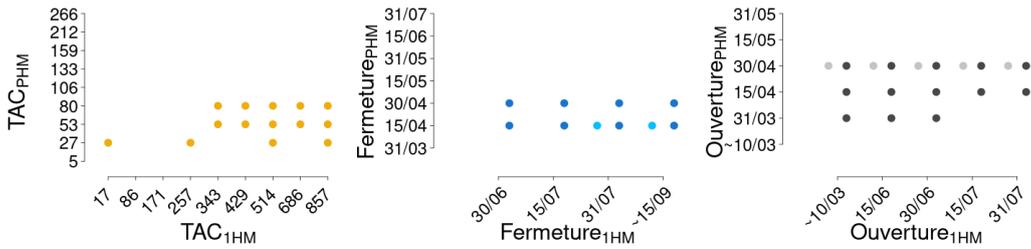


Equilibre d'exploitation

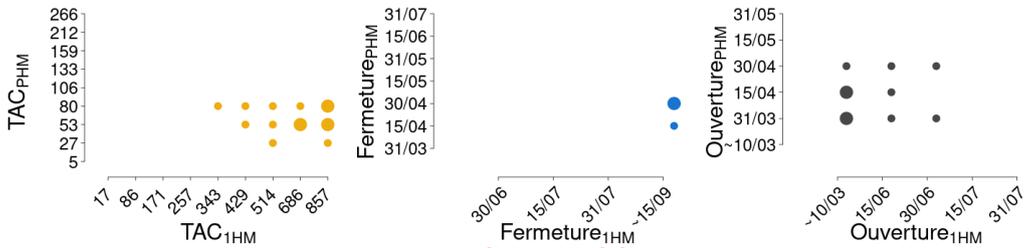


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

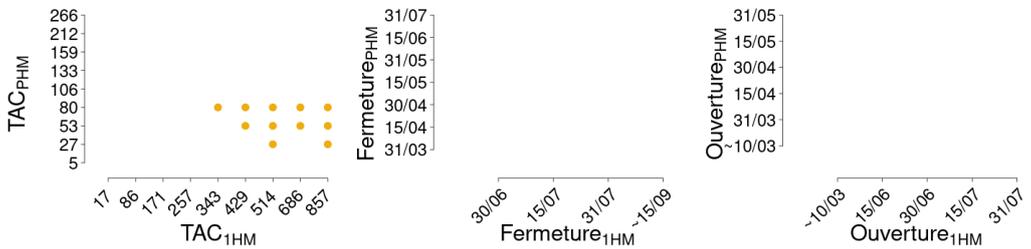


Prélèvements moyens de 1HM

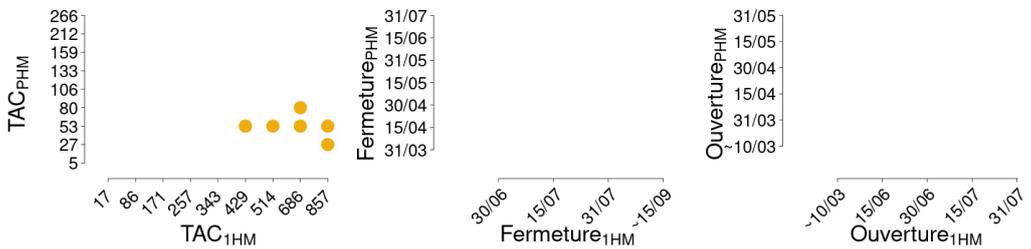


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



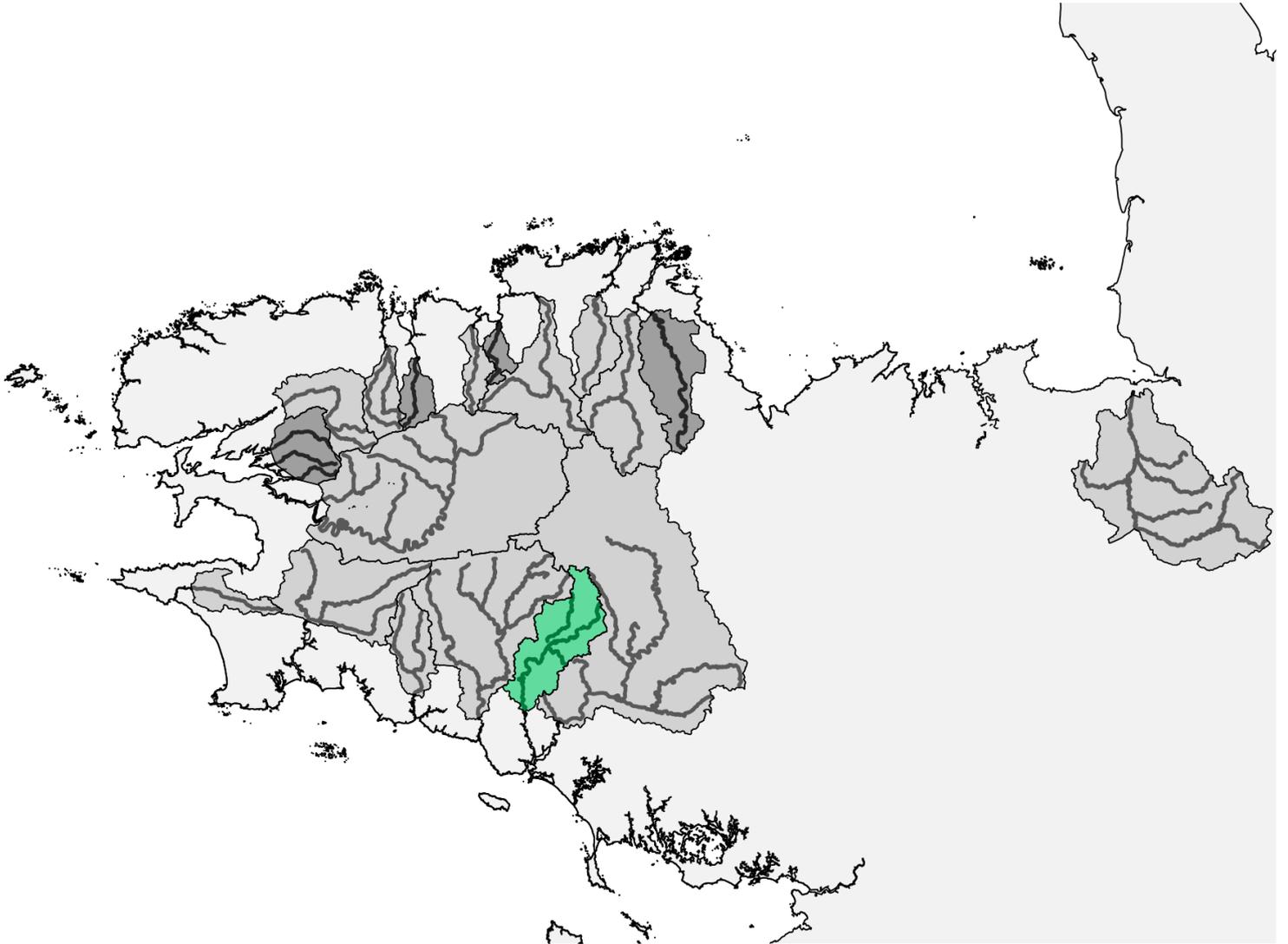
Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 53 | TAC : 686 | 64 [24,123] | 56% | 182 [34,482] | 1% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 53 | TAC : 857 | 64 [24,123] | 56% | 183 [34,484] | 1% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 80 | TAC : 857 | 80 [27,157] | 40% | 182 [34,483] | 1% | 0.92 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 30/04 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 86 [18,215] | | 184 [34,488] | | 0.93 |
| Echappement fixe | Ouverture : 31/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 99 [21,246] | | 186 [34,495] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : 15/04 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 74 [15,188] | | 186 [34,494] | | 0.96 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

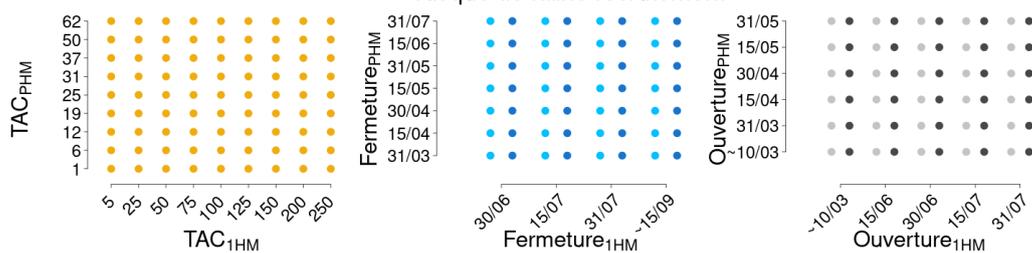
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 27 | TAC : 857 | 43 [17,86] | 75% | 183 [35,495] | 1% | 1 |
| Prélèvement fixe | TAC : 53 | TAC : 429 | 64 [24,123] | 56% | 177 [34,423] | 5% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 53 | TAC : 514 | 64 [25,122] | 56% | 179 [34,453] | 3% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 53 | TAC : 686 | 64 [24,123] | 56% | 182 [34,482] | 1% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 53 | TAC : 857 | 64 [24,123] | 56% | 183 [34,484] | 1% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 80 | TAC : 686 | 81 [27,156] | 40% | 180 [34,478] | 1% | 0.92 |



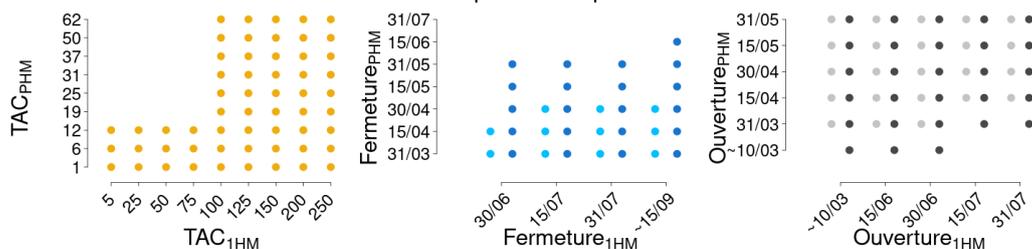
Scorff

Conservation

Risque de faible recrutement

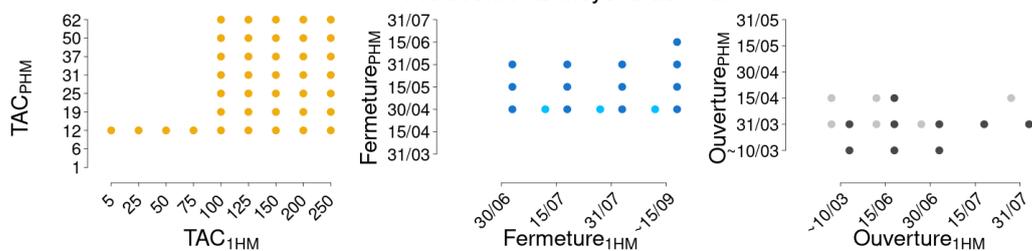


Equilibre d'exploitation

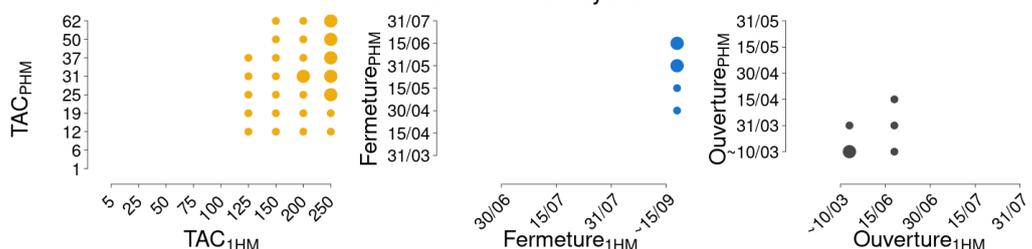


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

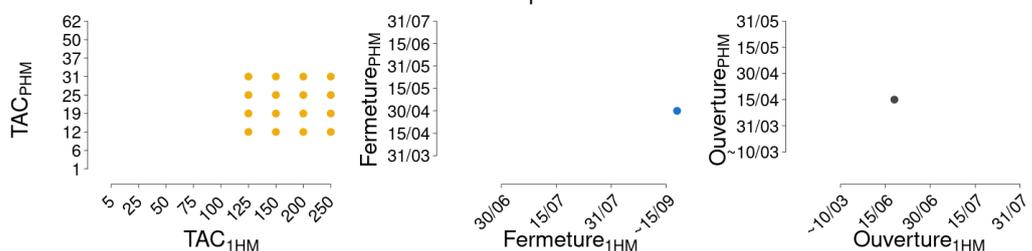


Prélèvements moyens de 1HM

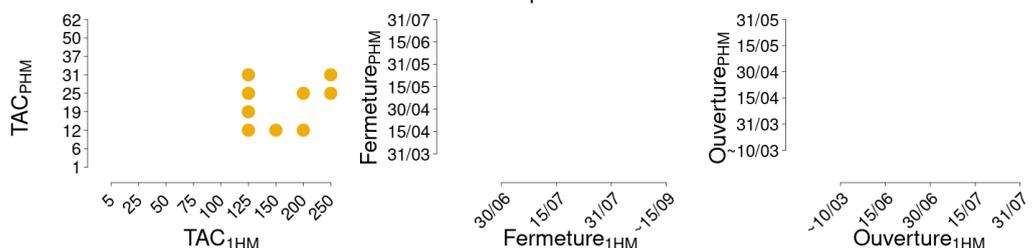


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



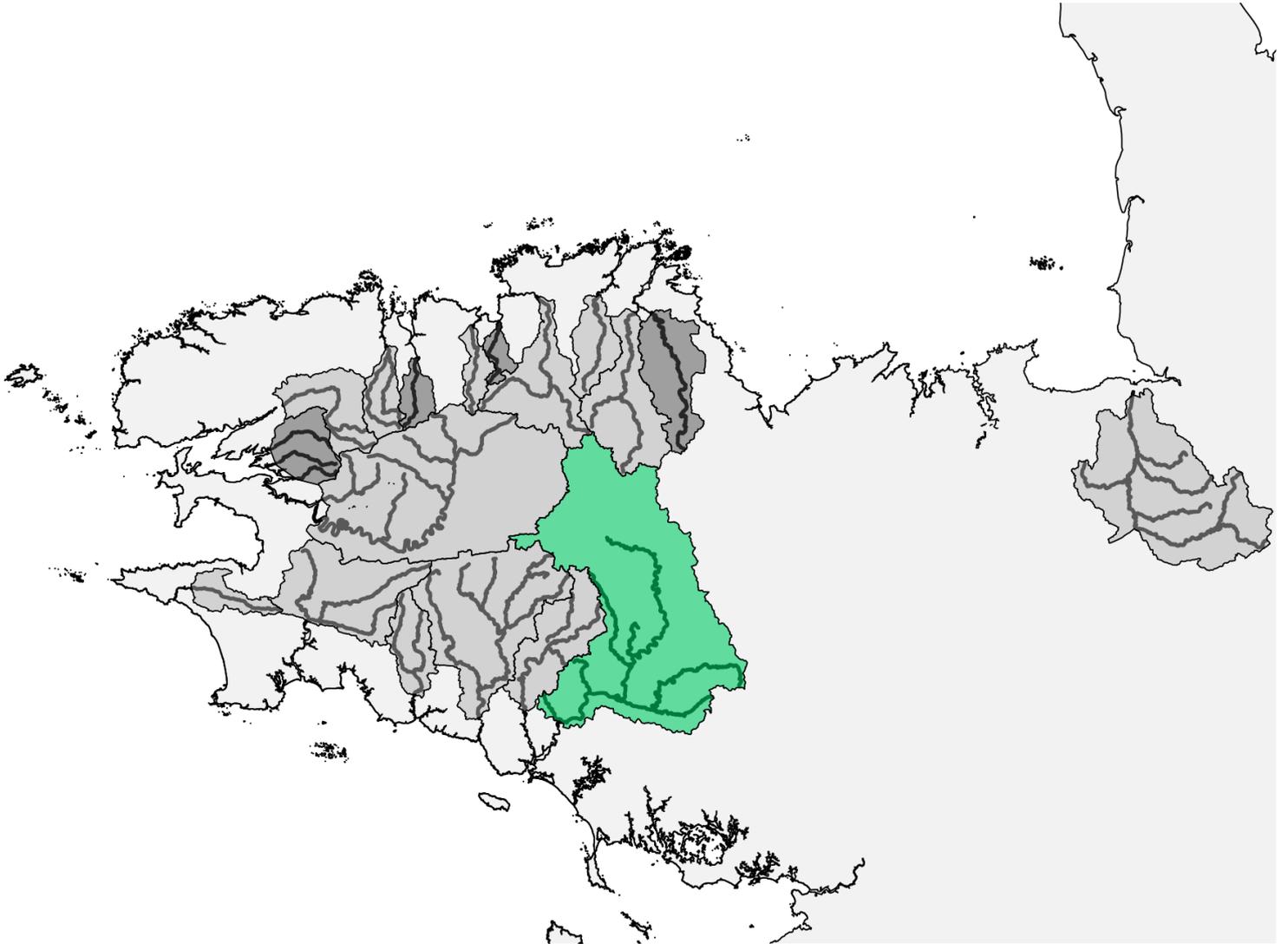
Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 25 | TAC : 250 | 16 [4,34] | 11% | 51 [11,128] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 31 | TAC : 200 | 17 [4,35] | 7% | 50 [11,124] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 31 | TAC : 250 | 17 [4,35] | 7% | 50 [10,125] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 37 | TAC : 250 | 18 [4,36] | 4% | 50 [10,126] | 0% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 50 | TAC : 250 | 18 [4,42] | 1% | 50 [10,126] | 0% | 0.91 |
| Prélèvement fixe | TAC : 62 | TAC : 250 | 19 [4,45] | 1% | 50 [10,126] | 0% | 0.91 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 31/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 18 [4,43] | | 50 [10,126] | | 0.92 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/06 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 20 [4,48] | | 50 [10,127] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 20 [4,48] | | 51 [10,128] | | 0.91 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

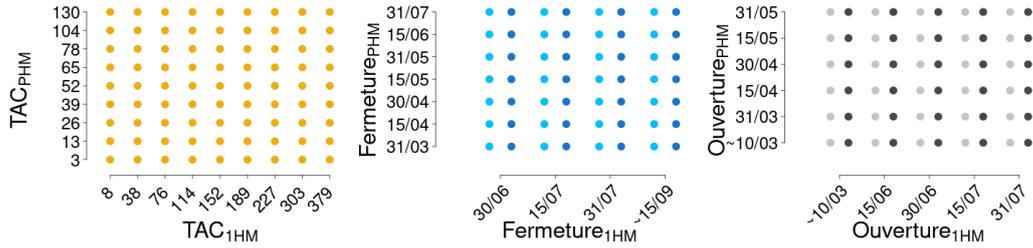
| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 125 | 12 [4,25] | 40% | 49 [10,113] | 3% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 150 | 12 [4,25] | 40% | 49 [10,121] | 2% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 12 | TAC : 200 | 12 [4,25] | 40% | 50 [10,125] | 1% | 0.96 |
| Prélèvement fixe | TAC : 19 | TAC : 125 | 15 [4,31] | 21% | 49 [10,114] | 3% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 25 | TAC : 125 | 16 [4,34] | 11% | 49 [10,114] | 3% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 25 | TAC : 200 | 16 [4,34] | 12% | 50 [10,124] | 1% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 25 | TAC : 250 | 16 [4,34] | 11% | 51 [11,128] | 0% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 31 | TAC : 125 | 17 [4,35] | 7% | 49 [10,115] | 3% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 31 | TAC : 250 | 17 [4,35] | 7% | 50 [10,125] | 0% | 0.92 |



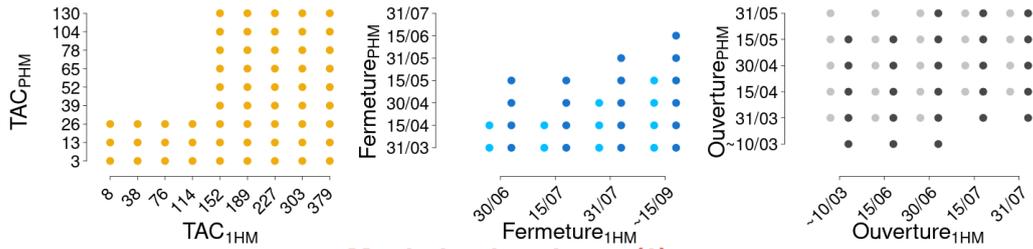
Blavet

Conservation

Risque de faible recrutement

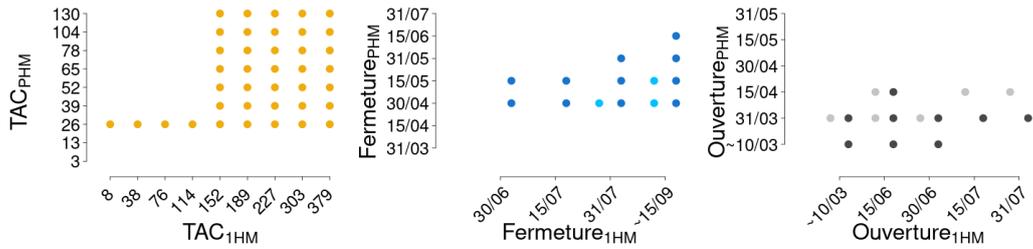


Equilibre d'exploitation

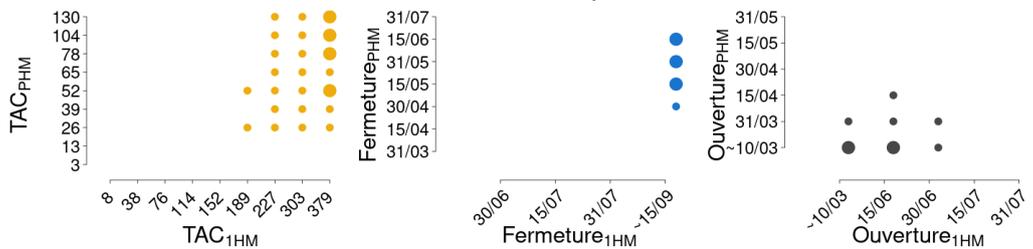


Maximisation des prélèvements

Prélèvements moyens de PHM

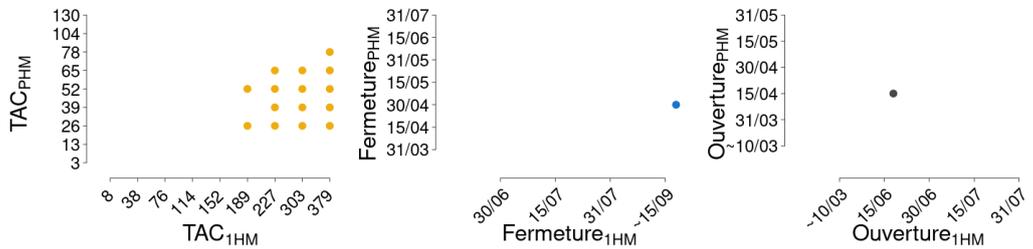


Prélèvements moyens de 1HM

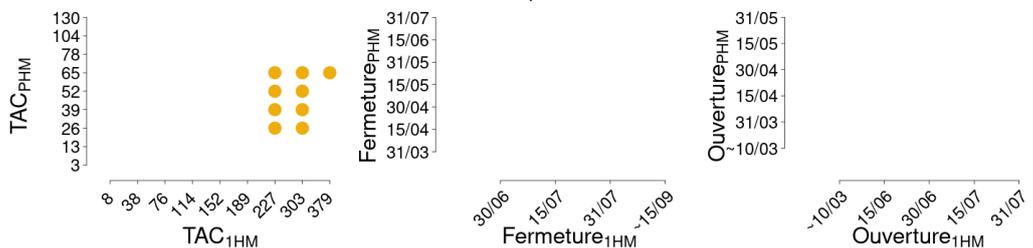


Stabilité des prélèvements

Variabilité des prélèvements de PHM



Variabilité des prélèvements de 1HM



Scénarios les plus performants en ne considérant que la maximisation des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 52 | TAC : 379 | 35 [8,76] | 15% | 100 [17,267] | 1% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 78 | TAC : 379 | 39 [8,84] | 6% | 99 [17,266] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 104 | TAC : 379 | 41 [8,95] | 3% | 100 [17,268] | 1% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 130 | TAC : 379 | 42 [8,104] | 1% | 99 [17,266] | 1% | 0.91 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 35 [6,92] | | 104 [17,287] | | 0.96 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 31/05 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 40 [7,104] | | 104 [17,288] | | 0.93 |
| Taux d'exploitation fixe | Fermeture : 15/06 | <u>Fermeture : ~15/09*</u> | 44 [8,115] | | 103 [17,287] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : ~10/03*</u> | 45 [8,116] | | 104 [17,289] | | 0.91 |
| Echappement fixe | Ouverture : ~10/03 | <u>Ouverture : 15/06*</u> | 44 [8,116] | | 101 [16,279] | | 0.91 |

* Pour les 1HM, les scénarios soulignés incluent une prolongation automnale au-delà de la date de fermeture indiquée ou à défaut au-delà du 15/09 si la date de fermeture n'est pas indiquée.

Scénarios les plus performants en considérant la maximisation et la stabilité des prélèvements

| Option | Mesure de régulation | | Informations sur les performances | | | | |
|------------------|----------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|
| | PHM | 1HM | Prélèvement PHM | P(TAC PHM atteint) | Prélèvement 1HM | P(TAC 1HM atteint) | Equilibre d'exploitation |
| Prélèvement fixe | TAC : 26 | TAC : 227 | 26 [8,53] | 39% | 96 [17,221] | 4% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 26 | TAC : 303 | 26 [8,53] | 38% | 97 [17,251] | 2% | 0.97 |
| Prélèvement fixe | TAC : 39 | TAC : 227 | 31 [8,67] | 24% | 96 [17,221] | 4% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 39 | TAC : 303 | 31 [8,66] | 24% | 98 [17,249] | 2% | 0.95 |
| Prélèvement fixe | TAC : 52 | TAC : 227 | 35 [8,77] | 15% | 96 [17,221] | 4% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 52 | TAC : 303 | 35 [8,77] | 15% | 97 [17,248] | 2% | 0.94 |
| Prélèvement fixe | TAC : 65 | TAC : 227 | 37 [8,83] | 9% | 95 [17,218] | 4% | 0.92 |
| Prélèvement fixe | TAC : 65 | TAC : 303 | 37 [8,83] | 9% | 97 [17,251] | 2% | 0.93 |
| Prélèvement fixe | TAC : 65 | TAC : 379 | 37 [8,83] | 9% | 99 [17,267] | 1% | 0.93 |

VI.7. Bilan et discussion de l'évaluation des performances des scénarios de régulation de l'exploitation à l'échelle de la Bretagne

Pour que l'évaluation des scénarios de régulation de l'exploitation reflète la vision des acteurs représentés au sein du COGEPOMI Bretagne et de son groupe de travail saumon, il est impératif que ces derniers s'accordent sur (i) les objectifs de conservation et d'exploitation qu'ils souhaitent poursuivre, (ii) les critères par lesquels ils sont évalués et (iii) l'ordre dans lequel ils doivent être considérés. L'importance de ces points est bien illustrée par les variations de composition du sous-ensemble de scénarios les plus performants selon que des critères de stabilité des prélèvements sont pris en compte ou pas. Les conséquences de ce choix sont discutées par la suite et la pertinence de la prise en compte de la variabilité des captures reste à déterminer à la suite des échanges qui ont pu avoir lieu au sein du groupe de travail saumon du COGEPOMI. La primauté de la conservation fait quant à elle consensus (recommandation de l'OCSAN et décision du COGEPOMI). Elle a été évaluée successivement au regard du risque de faible recrutement, puis de la sélectivité de l'exploitation vis-à-vis des saumons de printemps *vs* les castillons.

Statut de conservation : risque de faible recrutement

Le premier critère de conservation conduit à identifier quatre cours d'eau, le Leff, le Yar, le Queffleuth et la Mignonne, pour lesquels aucun scénario de régulation de l'exploitation ne permet un respect de la conservation (à l'horizon 2034-2038 ; Fig. 20). Ce diagnostic reste néanmoins à nuancer. Sur le Leff, le scénario le plus restrictif en matière d'exploitation produit un risque de faible recrutement de 27%, très proche du seuil de conservation fixé à 25%. Sur la Mignonne, le Queffleuth et le Yar, ces risques sont beaucoup plus importants, respectivement 44%, 51% et 58%. Le statut de conservation défavorable du Queffleuth et de la Mignonne est à mettre en relation avec la faiblesse des taux de retours d'adultes sur ces deux cours d'eau (Fig. 11 et 12). Pour le Yar, c'est la très faible productivité en matière de recrutement qui serait en cause (Fig. 8 et 9), même si les taux de retour sont également plutôt faibles. Pour le Leff, dont la situation est plus tangente, il semble que ce soit la combinaison d'un niveau général plutôt faible en matière de taux de retour allié à une productivité du recrutement moyenne qui soient en jeu.

Parmi les cours d'eau respectant le premier critère de conservation quel que soit le scénario de régulation de l'exploitation, le cas de l'Aulne est particulier. En effet, le respect de la conservation y est assuré, mais dans le cadre de très faibles niveaux de recrutement relativement au potentiel de production de ce bassin en termes d'habitat disponible pour la production de tacons. Cette sous-colonisation des habitats disponibles se traduit par une « anomalie » en termes de productivité du recrutement (Fig. 9). Cette faiblesse du recrutement est compensée par des taux de retour du tacon 0+ à l'adulte qui sont globalement les plus élevés parmi l'ensemble des cours d'eau considérés (Fig. 12) et qui permettent d'assurer un renouvellement des générations au sein de cette population. Pour autant, le respect du premier critère de conservation sur ce bassin est apprécié par rapport à son état actuel, apparemment très dégradé, vis-à-vis du recrutement en tacons. Cette dégradation pourrait être liée en particulier aux nombreux obstacles à la migration de reproduction des adultes sur son axe principal canalisé. Une appréciation du statut de conservation de cette population par rapport à son potentiel d'habitat disponible reste à réaliser et pourrait conduire à un diagnostic de conservation beaucoup plus défavorable.

Statut de conservation : équilibre des prélèvements

Pôle Gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement

RENOSAUM : Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne - Rapport final

Pour un ensemble de raisons, dont en particulier une préférence marquée des pêcheurs pour les poissons de grande taille et des conditions d'exercice de la pêche plus favorables lors de leur entrée en eau douce, les saumons de printemps sont ciblés préférentiellement et exploités sélectivement (Fig. 1, 2 et 21). Le second critère de conservation répond à un objectif de neutralité des prélèvements vis-à-vis de l'âge de mer (saumons de printemps *vs* castillons). Il a déjà été considéré par le passé et a conduit à la mise en place des TACs de saumon de printemps en 2000 qui sont toujours actuellement en vigueur. Dans les analyses présentées ici, le deuxième critère de conservation ne retient que les scénarios respectant une valeur de l'indicateur d'équilibre de l'exploitation (c.-à-d. ratio des survies à l'exploitation entre les saumons de printemps et les castillons) comprise entre 0.9 et 1.1. Le nombre et la nature des scénarios filtrés par ce critère sont variables selon le cours d'eau considéré, mais des éléments généraux ressortent cependant. Compte tenu de la propension des pêcheurs à exploiter sélectivement les saumons de printemps, le critère de non-sélectivité de l'exploitation conduit à exclure en premier lieu des scénarios parmi les plus permissifs en matière d'exploitation des saumons de printemps (c.-à-d. TACs élevés, fermeture tardive ou ouverture précoce), tout en retenant à l'inverse systématiquement dans le même temps les scénarios les moins contraignants pour les prélèvements de castillons. Secondairement, certains des scénarios restreignant le plus fortement l'exploitation des castillons sont souvent aussi éliminés. Deux cours d'eau font exception à ces patrons généraux :

- le Jaudy où la non sélectivité de l'exploitation ne conduit à éliminer aucun scénario ;
- le Goyen où certains scénarios très permissifs pour l'exploitation des castillons sont éliminés quand ils restreignent simultanément très fortement l'exploitation des saumons de printemps.

Ces deux exceptions s'expliquent par le fait que :

- le Jaudy est, parmi l'ensemble des 14 cours d'eau pour lesquels il existe des scénarios qui respectent la conservation au sens du premier critère de faible risque de faible recrutement, celui où l'exploitation des saumons de printemps est la plus légère.
- au sein du même sous-ensemble de 14 cours d'eau, le Goyen est celui où l'exploitation des castillons est la plus forte.

Ces deux cas illustrent aussi en creux le fait que, quand on compare entre les cours d'eau la sévérité de la sélection des scénarios acceptables au regard du second critère de conservation, elle est d'autant plus forte en faveur d'une limitation des prélèvements de saumon de printemps que le différentiel d'exploitation entre castillons et saumon de printemps est important (Fig. 21). Pour les castillons en revanche, du fait de la faiblesse de leurs taux de prélèvement actuellement en Bretagne, aucune restriction de l'exploitation n'est nécessaire (dans les limites des scénarios testés) pour satisfaire aux deux critères de conservation. Il serait même envisageable dans de nombreux cas de favoriser l'exploitation (c.-à-d. augmenter) des castillons pour rééquilibrer les prélèvements.

Performances d'exploitation...

En ce qui concerne les objectifs en matière d'exploitation, le sous-ensemble des scénarios les plus performants change significativement de composition selon la prise en compte ou non de la stabilité des prélèvements en complément de leur maximisation (Fig. 22) :

- quand la stabilité des prélèvements est considérée, le système de régulation actuel par TAC (prélèvement fixe) est de façon exclusive identifié comme le plus performant.
- quand la stabilité des prélèvements n'est pas considérée, une régulation par de simples dates de pêche fait toujours partie des scénarios les plus performants quelle que soit la rivière.

... en prenant en compte la stabilité des prélèvements

Quand la stabilité des prélèvements est considérée, les TACs de saumons de printemps les plus performants identifiés sont *in fine* analogues ou inférieurs à ceux en vigueur actuellement (Fig. 23). L'écart avec les TACs actuels est d'autant plus grand que la sélection selon le second critère de conservation est forte (cf. supra). Pour les castillons et pour la plupart des cours d'eau (sauf pour le Jaudy, l'Elorn et le l'Odet), au moins une option incluant le TAC testé le plus élevé est parmi les scénarios les plus performants. On notera aussi que dans certains cas (Jaudy, Penzé, Elorn, Odet, Ellé, Scorff) le TAC actuel de castillons n'est pas dans la gamme de TACs considérée dans le présent exercice car il est supérieur à la borne haute testée.

... sans prendre en compte la stabilité des prélèvements

Si la stabilité des prélèvements n'est pas considérée, la régulation par TAC peut ne pas apparaître au sein des scénarios les plus performants (cas de l'Aulne, de l'Aven et du Léguer quand le premier critère de conservation correspond à un risque de 25% pour un faible recrutement défini comme inférieur à 50% de la capacité d'accueil). La régulation par de simples dates de pêche est, elle, toujours représentée parmi les scénarios les plus performants. Les dates identifiées ne sont cependant pas nécessairement les mêmes selon le cours d'eau pour les saumons de printemps, contrairement aux castillons. En effet, pour ces derniers il existe pour tous les cours d'eau une option classée parmi les plus performantes qui autorise le plus largement possible la pêche des castillons (fermeture en septembre avec prolongation automnale). Ceci est à nouveau dû à la modération actuelle de l'exploitation des castillons dans les cours d'eau bretons. Une saison de pêche aux castillons selon une réglementation uniforme calée sur les dates de pêche actuelles (avec prolongation automnale) apparaît donc comme une option performante. Pour les saumons de printemps, la fixation de dates de pêche uniformes à l'échelle de la Bretagne est possible tout en satisfaisant aux deux critères de conservation. Une fermeture avancée au 30 avril ou une ouverture retardée au 15 avril sont les deux options communes (sauf pour l'Elorn quand on considère un premier critère de conservation exigeant avec un risque de 40% pour de faibles recrutements inférieurs à 75% de la capacité d'accueil où la fermeture devrait être avancée au 15 avril) les plus permissives possibles de ce point de vue. Mais elles ne sont pas parmi les scénarios les plus performants pour tous les cours d'eau, en particulier pas pour ceux où l'exploitation des saumons de printemps est la plus modérée.

Performances d'exploitation : l'objectif de stabilité des prélèvements en question

L'analyse comparative plus fine des deux sous-ensembles de scénarios les plus performants selon que l'on cherche ou pas à limiter la variabilité des prélèvements, montre que dans le premier cas l'élimination des scénarios de régulation par dates de pêche s'accompagne d'une sélection de TAC plus faibles que ceux identifiés dans le second. Ces TACs plus réduits concourent à diminuer la variabilité des captures principalement en écrêtant les captures les plus élevées (les intervalles à 90% des captures réalisés voient leurs bornes supérieures réduites sans pour autant augmenter les bornes inférieures). La pertinence de ce processus de sélection contre les très bonnes années de capture, et donc de la prise en compte de la stabilité des prélèvements, mérite réflexion de la part des membres du COGEPOMI Bretagne.

Des points de vigilance relatifs...

Les résultats présentés dans ce rapport doivent être considérés avec une certaine prudence. En effet, ils sont contingents à un certain nombre d'hypothèses de travail qu'il est important de connaître car

elles en conditionnent la pertinence, tout en étant des voies d'amélioration pour des travaux futurs.

...aux reports d'efforts...

La présente évaluation de scénarios de régulation par dates de pêche ne considère pas explicitement les éventuels reports d'effort (c.-à-d. d'activité de pêche et donc d'intensité d'exploitation) qui peuvent intervenir :

- au sein d'une même rivière si la saison de pêche est raccourcie ;
- entre rivières si les dates de pêche ne sont pas synchrones entre tous les cours d'eau bretons.

Un travail spécifique serait nécessaire pour mieux appréhender les conséquences de ces reports, mais il n'est sans doute pas aisé à conduire. Les conséquences potentielles peuvent cependant être identifiées.

Les reports au sein d'une même rivière peuvent intervenir si l'activité est plus intense et concentrée au fur et à mesure que la saison de pêche est réduite. Une partie des bénéfices attendus d'un raccourcissement de la saison de pêche pourrait être ainsi être perdue. Dans le présent exercice, ce risque de surestimation des effets de la régulation par dates de pêche est plus important dans le cas de report d'ouverture que dans celui d'un avancement de la fermeture. En effet dans le premier cas, l'exploitation peut porter potentiellement sur l'ensemble des individus entrés en rivière à une date donnée, même si des restrictions spatiales des zones de pêche et le comportement des poissons peut conduire à une diminution de la probabilité de capture des poissons au fur et à mesure que leur temps de résidence en eau douce s'allonge. A l'inverse, une fermeture plus précoce interdit toute exploitation des poissons entrant en eau douce après la date de fermeture. Les résultats présentés pour les décalages d'ouverture sont donc à prendre avec plus de prudence que ceux obtenus pour les avancements de fermeture.

Les reports entre cours d'eau peuvent eux intervenir si, suite à la fermeture de la pêche sur une rivière donnée, les pêcheurs exerçant sur cette dernière n'interrompent pas leur activité de prélèvement mais la déplacent (ne serait-ce que partiellement) vers d'autres cours d'eau où la pêche est encore ouverte. Dans le cadre du présent exercice, ces reports peuvent conduire également à surestimer les bénéfices attendus à l'échelle de la Bretagne de réductions locales de la durée de la saison de pêche. Ce risque de surestimation doit cependant être tempéré par le fait que les données utilisées pour caler la dynamique temporelle des captures (Annexe technique, A.1) prennent déjà en compte certains reports d'effort entre cours d'eau, puisque la régulation actuelle par TAC conduit à des fermetures anticipées et décalées entre les cours d'eau pour la pêche des saumons de printemps. Il existe par ailleurs deux façons de juguler les conséquences néfastes de ces reports d'effort :

- l'établissement de dates de pêche identiques pour tous les cours d'eau bretons ;
- la régulation par TAC dont l'efficacité est peu sensible aux reports d'effort car, même si ils peuvent conduire à une consommation plus rapide des TACs, les prélèvements réalisés *in fine* restent bornés par ces derniers.

... et au régime actuel de renouvellement des populations et d'intensité de l'exploitation

L'ensemble des simulations qui sous-tendent les résultats présentés reposent sur une double hypothèse :

- de renouvellement des populations identique (en moyenne et en amplitude des fluctuations) à celui observé depuis 1987 ;
- d'un régime d'exploitation, à la fois en terme d'intensité moyenne, de dynamique en cours de saison et de fluctuations, lui aussi identique à celui observé depuis 1987.

Si ces hypothèses venaient à ne plus être vérifiées à l'avenir, les scénarios les plus performants en seraient modifiés. En particulier, en cas d'intensification de l'exploitation et/ou d'affaiblissement du renouvellement des populations, des scénarios très peu contraignants (tels que des TACs largement dimensionnés au regard des captures réalisées ou des périodes de pêche très larges) pourraient ne plus être compatibles avec la conservation. Il convient donc de porter une attention particulière aux outils de suivis qui permettront de contrôler le respect à l'avenir des hypothèses de base de l'évaluation actuelle.

Pour pouvoir détecter un éventuel décalage au fil du temps, par rapport à la période de référence (1987-2020) utilisée dans le présent travail, il est important de continuer les suivis en cours :

- dans le domaine halieutique, avec les déclarations des prélèvements (nombres, caractéristiques des biométries et échantillons d'écaillés), recensement des permis de pêche (éventuellement complétés par des mesures plus précises de l'activité de pêche) et l'évaluation des éventuels prélèvements illégaux (incluant ceux réalisés par pêche à la ligne mais non déclarés).
- dans le domaine du renouvellement des populations, avec le réseau régional de quantification du recrutement en tacons 0+, les systèmes de dénombrement des adultes (éventuellement complétés au fil du temps) et le programme de référence plus approfondi mené sur le Scorff.

Périodiquement, la situation des populations de saumon bretonnes en matière de renouvellement et de leur exploitation devra être réévaluée. Un point à l'issue de chaque PLAGEPOMI à la lumière des nouvelles données disponibles serait pertinent.

Ce suivi au fil du temps pourrait être complété par un travail plus prospectif visant à apprécier la sensibilité des résultats d'évaluation comparative des scénarios de régulation en fonction d'hypothèses d'intensification de l'exploitation et/ou d'affaiblissement du renouvellement des populations. Un tel travail viserait à mieux apprécier en amont les risques encourus par les populations de saumon bretonnes en cas d'intensification des contraintes qui pèsent sur elles. Une attention particulière devrait être portée à l'évolution possible du statut de conservation des populations selon le scénario de régulation qui sera retenu *in fine* pour le prochain PLAGEPOMI.

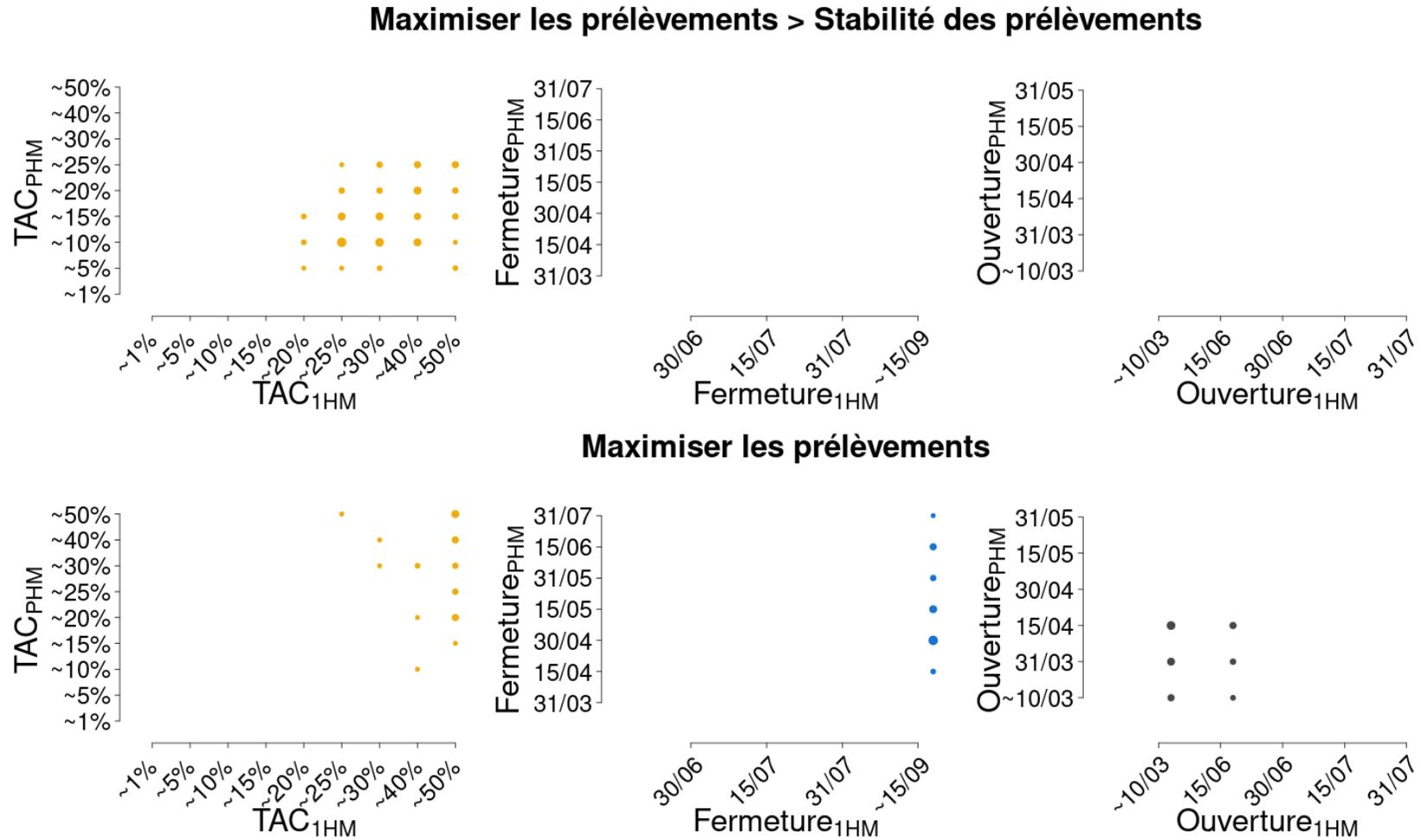


Figure 22. Synthèse à l'échelle de la Bretagne des sous-ensembles de scénarios les plus performants en fonction des objectifs d'exploitation considérés. Seuls les scénarios communs à plus de deux rivières sont présents sur cette figure. Plus un scénario est partagé par un nombre important de rivières, plus le diamètre du point est important. Pour élaborer cette figure une définition unique de la conservation a été considérée pour toutes les rivières bretonnes (risque < 25% de faible recrutement < 50% de la capacité d'accueil).

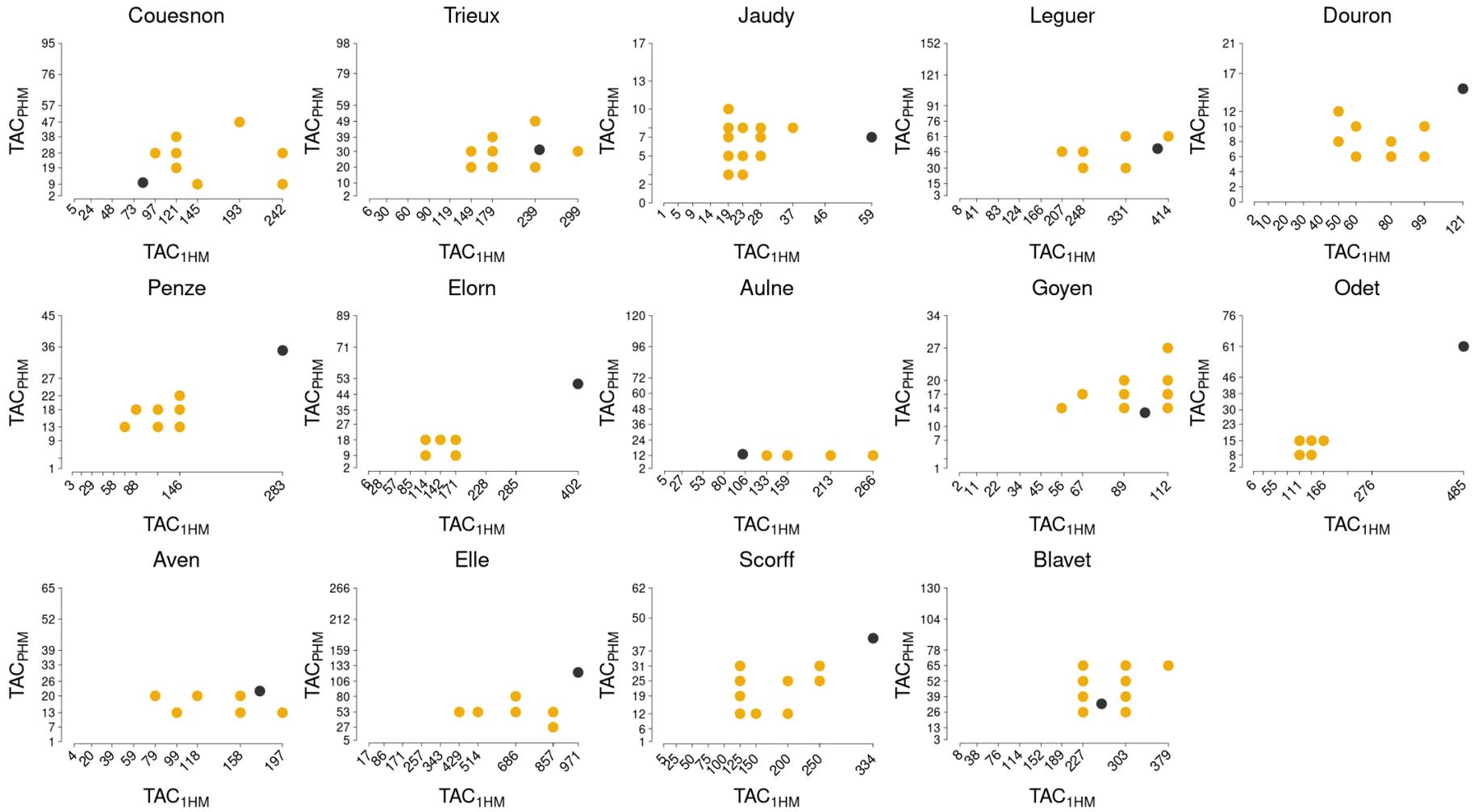


Figure 23. Comparaison des TAC actuels (points noirs) avec les TAC des scénarios de régulation les plus performants (points jaunes) lorsque l'évaluation vise à maximiser et stabiliser les prélèvements. Pour élaborer cette figure une définition unique de la conservation a été considérée pour toutes les rivières bretonnes (risque < 25% de faible recrutement < 50% de la capacité d'accueil).

Conclusion

Le projet RENOSAUM est à ce jour un exercice sans précédent en France (et sans doute au-delà) d'aide à la décision pour la gestion des populations de saumon, à la fois par l'ampleur du travail réalisé, la quantité de données valorisée, sa prise en compte des recommandations internationales (OCSAN en particulier), et le dialogue continu entre scientifiques et acteurs de la gestion des populations de saumon qui a gouverné son déroulement. Il a permis de disposer aujourd'hui pour les 18 principales rivières à saumon de Bretagne de nouvelles connaissances concernant :

- l'abondance du recrutement en juvéniles (section II) et des retours d'adultes (section I) ;
- le régime d'exploitation du saumon en Bretagne par la pêche à la ligne (section I) ;
- les mécanismes de renouvellement des générations au sein des populations étudiées (sections III et IV).

Ces nouvelles connaissances couvrent une période de plus trois décennies (1987-2020) et ont servi de socle pour :

- l'établissement de nouvelles limites de conservation pour chacune des populations étudiées, reposant elles-mêmes sur une définition renouvelée de la conservation (section V ; annexe A.III),
- une analyse comparative d'un très large ensemble de scénarios de régulation de l'exploitation (section VI).

De nouvelles méthodes et outils ont aussi été élaborés au cours du projet, essentiellement dans le domaine de la modélisation⁹, qui sont maintenant disponibles pour actualiser et étendre à l'avenir le travail déjà réalisé.

L'objectif premier du projet RENOSAUM était d'éclairer les décisions que les instances de gestion, le COGEPOMI Bretagne en premier lieu, devront prendre *in fine* pour renouveler la régulation de l'exploitation du saumon en Bretagne. L'analyse comparative des scénarios de régulation de la pêche à la ligne dans les cours d'eau bretons est ainsi le produit final le plus important du projet. Les scénarios sont comparés selon leurs performances en matière de conservation, dont la priorité est mise en avant, et d'exploitation. L'analyse s'appuie sur une nouvelle définition de la conservation, objet d'un consensus parmi les parties prenantes représentées au sein du COGEPOMI Bretagne, reposant à la fois sur la maîtrise du risque de faible recrutement et l'équilibre castillon vs saumon de printemps du prélèvement (non sélectivité de l'exploitation). Ses principaux enseignements peuvent être résumés par les points suivants :

- pour quatre cours d'eau (Leff, Yar, Queffleuth et Mignonne), aucun scénario (même en l'absence de prélèvement) ne permet de respecter la conservation, par défaut de conformité avec le premier critère utilisé (maîtrise du risque de faible recrutement).
- pour les 14 autres cours d'eau considérés, les conditions actuelles d'intensité de l'exploitation et de renouvellement des populations ne requièrent pas de contraindre l'exploitation des castillons au-delà des dates de pêches actuelles incluant une prolongation automnale.
- selon les cours d'eau, il convient de contenir l'exploitation des saumons de printemps plus ou moins fortement, en premier lieu pour satisfaire au second critère de conservation (équilibre du prélèvement), et éventuellement pour réduire la variabilité des prélèvements.
- selon que la stabilité des prélèvements est considérée ou non comme un critère pertinent du point de vue de l'exploitation, les scénarios les plus performants relèvent uniquement d'une

⁹ L'ensemble de ces outils sont disponibles sur le site : <https://forgemia.inra.fr/pole-migrateurs/renosaum/bretagne>
Pôle Gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement
RENOSAUM : Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne - Rapport final

régulation par TACs ou peuvent inclure un contrôle par des dates de pêches, plus restrictives que celles en vigueur actuellement pour les saumons de printemps.

Le nouveau système de régulation de l'exploitation par pêche à ligne du saumon en Bretagne qui sera finalement retenu devra aussi prendre en considération des aspects non traités dans le cadre de ce projet, tels que le respect du cadre légal qui fixe les conditions d'exercice de la pêche de loisir du saumon en France, son applicabilité eu égard aux moyens de contrôle disponibles pour assurer son respect et son acceptabilité par les acteurs du monde de la pêche et les autres parties prenantes. Quelques petits cours d'eau pour lesquels on ne dispose que de très peu de données, même s'ils sont fréquentés par le saumon atlantique, n'ont pas été considérés. Bien qu'ils constituent un angle mort du projet RENOSAUM, ils devront aussi être intégrés au nouveau système de régulation. Pour les quatre cours d'eau, Leff, Yar, Queffleuth et Mignonne, pour lesquels la conservation n'est pas assurée, même en l'absence d'exploitation, le présent travail constitue un signal d'alerte. L'enjeu est maintenant d'identifier les voies et moyens pour leur permettre de retrouver aussi rapidement que possible un statut de conservation favorable.

Annexe technique

A.I. Estimation des séries chronologiques des retours d'adultes et du stock reproducteur (Thèse : Chapitre II)

Modélisation

Les nouveaux éléments de modélisation de l'exploitation décrits plus haut se traduisent par un remplacement des équations II.3 à II.7 du chapitre II par les suivantes :

Si $p = 1$ ou 2 :

$$\mu_{t,r,p}^v = \text{umax}_{t,r,p} \times \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{F_{t,r,p}}{\alpha_p^C}\right)^{\beta_p^C}\right)^2} - \text{umax}_{t,r,p} \times \frac{1}{\left(1 + \left(\frac{O_{t,r,p}}{\alpha_p^C}\right)^{\beta_p^C}\right)^2}$$

$\mu_{t,r,p}^v$ est le taux d'exploitation moyen attendu pour la rivière r et l'année t pour une période pêche qui ouvre puis ferme aux dates $O_{t,r,p}$ et $F_{t,r,p}$. Il est calculé comme la différence de deux termes qui correspondent chacun au taux d'exploitation théorique qui aurait été atteint si la pêche avait été ouverte dès le début de l'année et avait fermé la date $F_{t,r,p}$ (premier terme) ou à la date $O_{t,r,p}$ (second terme). Chacun des termes est calculé comme le produit du taux d'exploitation moyen maximum $\text{umax}_{t,r,p}$ et d'une fonction de distribution cumulée d'une loi de probabilité log-logistique. Cette fonction dépend de deux paramètres, α_p^C et β_p^C , et représente la dynamique temporelle de l'exploitation des saumons de printemps pour $p=1$ et des castillons pour $p=2$.

Le taux d'exploitation moyen maximum $\text{umax}_{t,r,p}$ est modélisé en fonction du débit moyen à l'échelle régionale $Q_{t,p}$ (après centrage et réduction) calculé sur la saison de pêche (du 2^{ème} samedi de mars au 15 juin pour $p=1$ et du 16 juin au 31 août pour $p=2$). Une relation linéaire en échelle logit est utilisée.

$$\text{logit}(\text{umax}_{t,r,p}) = \alpha_{r,p}^{\text{umax}} + \frac{\log(Q_{t,p}) - M_p^{\log(Q)}}{\sigma_p^{\log(Q)}} \times \beta_p^{\text{umax}}$$

Pour la période de prolongation automnale ($p = 3$), aucune dynamique temporelle de l'exploitation, ni influence du débit n'est prise en compte. Le taux d'exploitation moyen attendu une année donnée dépend de la rivière, mais ne dépend donc plus de l'année. Par souci de simplification, le taux d'exploitation moyen par rivière en échelle logit est aussi noté $\alpha_{r,3}^{\text{umax}}$.

$$\text{logit}(\mu_{t,r,3}^v) = \alpha_{r,3}^{\text{umax}}$$

Les $\alpha_{r,p}^{\text{umax}}$, qui correspondent (en échelle logit) au taux d'exploitation moyen maximum pour un débit régional moyen pour les deux premières périodes ($p=1$ ou $p=2$) ou au taux d'exploitation moyen pour la période prolongation ($p=3$), varient fonction de la rivière selon une loi normale.

$$\alpha_{r,p}^{umax} \sim \text{Normale}(\mu_p^\alpha, \tau_p^\alpha)$$

La dynamique temporelle log-logistique de l'exploitation correspond au rythme des captures en cours de saison de pêche est considérée à l'échelle doublement agrégée de la région et de la période d'étude (1987-2020). Les captures journalières déclarées $C_{j,p}$ avec j correspondant au jour et p à la période de pêche) sont donc modélisées comme résultant d'un processus aléatoire suivant une loi de Poisson, dont la moyenne $c_{j,p}^C$ évolue selon une fonction correspondant à une loi-logistique de paramètres α_p^C et β_p^C , à un facteur d'échelle γ_p^C prêt.

$$C_{j,p} \sim \text{Poisson}(c_{j,p}^C)$$

$$c_{j,p}^C = \frac{\frac{\beta_p^C}{\alpha_p^C} \times \left(\frac{j}{\alpha_p^C}\right)^{\beta_p^C - 1}}{\left(1 + \left(\frac{j}{\alpha_p^C}\right)^{\beta_p^C}\right)^2} \times \gamma_p^C$$

Corrélativement à ces modifications de la modélisation de l'exploitation, des données de capture journalière $C_{j,p}$ - non prises en compte dans la thèse de Clément Lebot- sont utilisées pour les inférences statistiques. Elles concernent uniquement les saumons de printemps pour la première période ($p=1$) et seulement les castillons pour la seconde ($p=2$). Elles proviennent d'un sous ensemble d'années (1987-2000, 2002-2003 et 2020 pour les saumons de printemps, 1995, 1997, 2000-2002, 2004-2020 pour les castillons), de dates (du 15 mars au 31 mai pour les saumons de printemps, au 31 juillet pour les castillons) et de rivières (toutes à l'exception du Couesnon, du Jaudy et du Yar pour les saumons de printemps et toutes à l'exception du Jaudy, du Yar, et du Queffleuth pour les castillons) pour lesquelles la pêche était toujours autorisée. Les captures journalières sont sommées sur les rivières et les années. Les rivières et les dates sélectionnées représentent l'essentiel des captures à l'échelle de la Bretagne.

Résultats

La nouvelle modélisation de l'exploitation fait deux hypothèses assez fortes :

- la dynamique temporelle de l'exploitation (Fig. A.1 et A.2) à l'échelle régionale, incluant son conditionnement par les débits, est considéré comme globalement peu variable entre les rivières ou au cours de la période d'étude (voire au-delà quand elle est reprise pour la simulation de scénarios d'exploitation, section VI).
- l'effet des variations d'effort de pêche, en particulier entre les années, n'a que peu d'influence sur le niveau d'exploitation (et n'est de ce fait pas pris en compte).

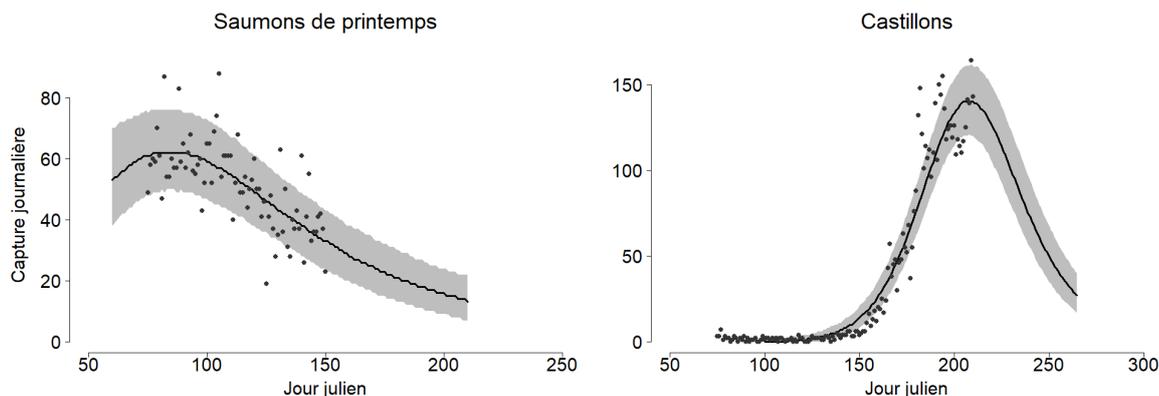


Figure A.1. Estimation *a posteriori* des courbes (loi log-logistique) représentant le rythme moyen des captures journalières pour les saumons de printemps entre le 1^{er} mars et le 31 juillet et pour les castillons entre le 1^{er} mars et le 15 septembre. Les dates sur l'axe des abscisses correspondent au numéro du jour dans l'année. L'intervalle interquartile est figuré en grisé autour de la courbe médiane.

Ces points sont des domaines d'amélioration potentielle de la version actuelle du modèle et donc des estimations d'abondance. Ils mériteraient à ce titre des analyses plus approfondies, pour autant que les données disponibles le permettent. Des essais ont été menés pour prendre en compte de l'effort de pêche. Il se sont révélés infructueux car ils se heurtent à la double difficulté de la quasi impossibilité de sa mesure à l'échelle de chaque cours d'eau ou de la période de pêche et de son apparent manque de contraste au cours de la période d'étude à l'échelle régionale (faibles variations du nombre de licences de pêche au saumon émises chaque année en Bretagne). Des analyses complémentaires pourraient également être conduites sur la nature (c.-à-d. forme) de la fonction utilisée pour modéliser la dynamique temporelle de l'exploitation en cours de saison. L'ajustement de la forme log-logistique utilisée aux données de captures observées semble perfectible (Fig. A.1) pour les castillons.

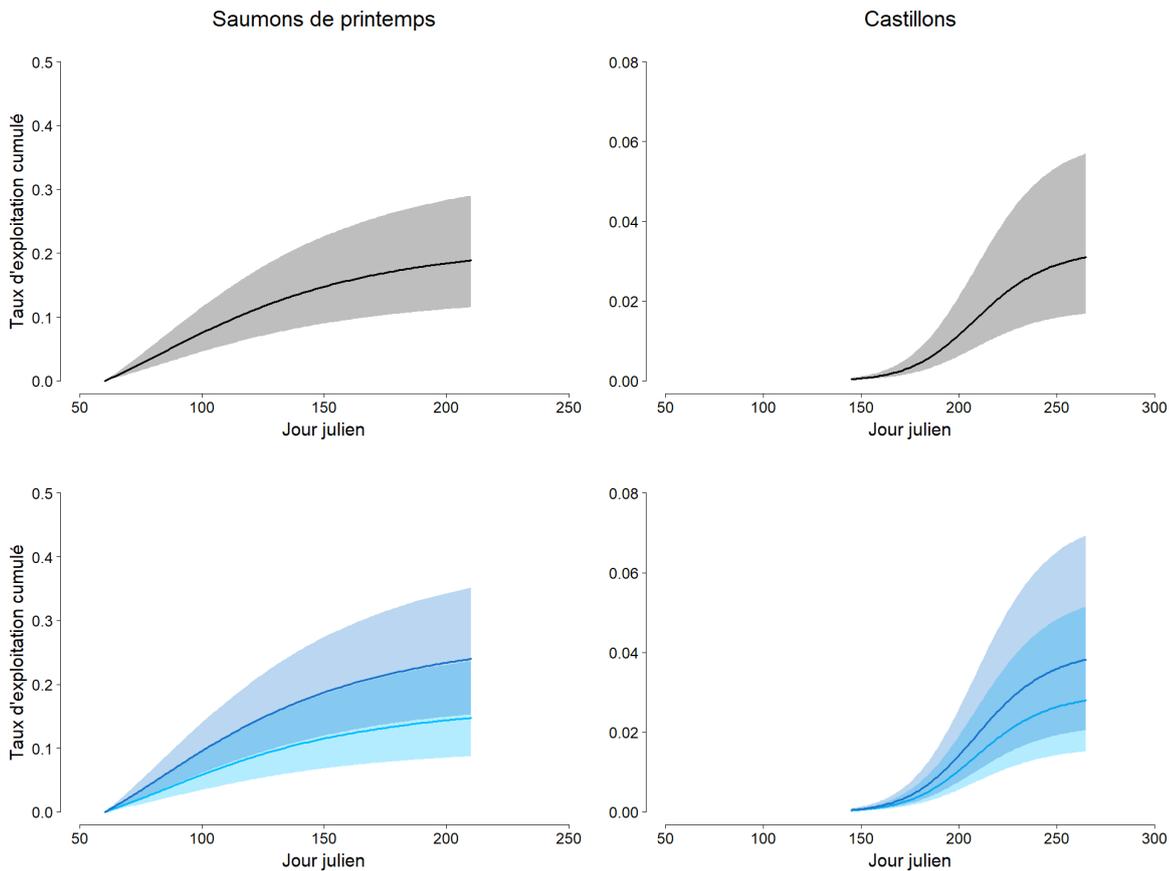


Figure A.2. Estimation *a posteriori* des taux d'exploitation en fonction de la date de fermeture de la pêche pour une ouverture fixée au 10 mars. Les dates sur l'axe des abscisses sont exprimées en numéro du jour dans l'année. La date de fermeture maximale est le 31 juillet pour les saumons de printemps (colonne de gauche) et le 15 septembre (hors prolongation automnale) pour les castillons (colonne de droite). L'évolution du taux d'exploitation correspond à une situation moyenne au travers des rivières et de la période étudiées, selon le rythme des captures présenté à la figure A.1. Ligne du haut : année d'hydraulicité (c.-à-d. débit à l'échelle régionale) moyenne. Ligne du bas : année à faible (bleu clair) et à forte hydraulicité (bleu foncé). L'intervalle interquartile est figuré en grisé ou en bleu autour de la courbe médiane.

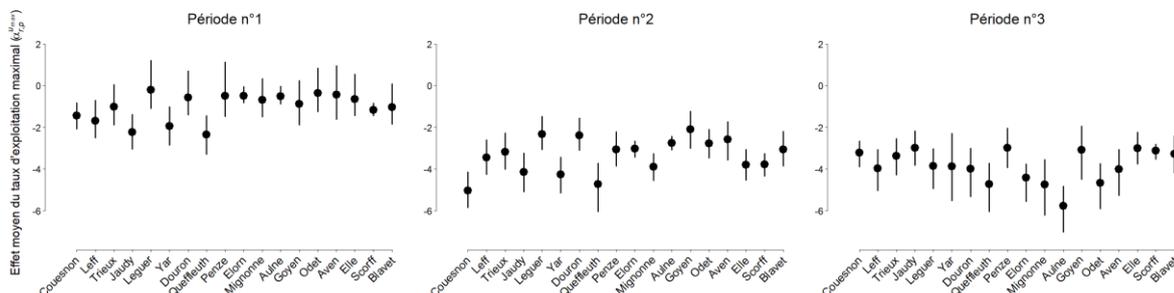


Figure A.3. Estimations *a posteriori* des $\alpha_{r,p}^{umax}$. Ces grandeurs quantifient l'intensité relative de l'exploitation entre les rivières et selon la période de pêche considérée. Les médianes et les intervalles à 90% de probabilités *a posteriori* sont représentés.

| Paramètre | Distribution <i>a priori</i> | | | Distribution marginale <i>a posteriori</i> | |
|-------------------------|------------------------------|---------|------------|--|------------|
| | distribution | moyenne | écart-type | moyenne | écart-type |
| Taux d'exploitation | | | | | |
| μ_1^a | Normale | 0 | 10 | -0.97 | 0.36 |
| μ_2^a | Normale | 0 | 10 | -3.36 | 0.29 |
| μ_3^a | Normale | 0 | 10 | -3.87 | 0.32 |
| β_1^{Umax} | Normale | 0 | 10 | 0.16 | 0.06 |
| β_2^{Umax} | Normale | 0 | 10 | 0.06 | 0.06 |
| α_1^C | Normale | 0 | 10 | 109.52 | 2.67 |
| α_2^C | Normale | 0 | 10 | 211.07 | 1.79 |
| β_1^C | Normale | 0 | 10 | 2.80 | 0.35 |
| β_2^C | Normale | 0 | 10 | 11.69 | 0.28 |
| γ_1^C | Normale | 0 | 10 | 8723.05 | 985.17 |
| γ_2^C | Normale | 0 | 10 | 10112 | 531.32 |
| Abondances | | | | | |
| μ^q | Normale | 0 | 10 | 1.35 | 0.06 |
| $\alpha 1^d$ | Normale | 0 | 10 | -1.27 | 0.21 |
| Paramètres de précision | | | | | |
| τ_1^y | Gamma | 1 | 3.16 | 5.70 | 1.55 |
| τ_2^y | Gamma | 1 | 3.16 | 1.34 | 0.19 |
| τ_3^y | Gamma | 1 | 3.16 | 2.66 | 0.63 |
| τ^a | Gamma | 1 | 3.16 | 1.36 | 0.59 |
| τ^q | Gamma | 1 | 3.16 | 3.96 | 0.61 |
| τ^d | Gamma | 1 | 3.16 | 6.63 | 1.03 |
| $\tau^{\alpha 2}$ | Gamma | 1 | 3.16 | 9.04 | 2.63 |
| $\tau^{\alpha 3}$ | Gamma | 1 | 3.16 | 4.80 | 2.68 |

Tableau A.1. (Thèse : Tableau III.2). Résumés statistiques (moyennes et écarts-types) des distributions *a priori* et des distributions marginales *a posteriori* des paramètres du modèle d'estimation des retours d'adulte et de leur exploitation.

| | Moyenne | CV | | | | |
|----------------------------|----------------|-----------|--------------------|----------------------------------|------------------------|----------|
| | | | Abondance observée | Abondance partiellement observée | Abondance non observée | Combinée |
| Taux d'exploitation | | | | | | |
| PHM ($u_{t,r,1}$) | 0.16 | 22% | 35% | 50% | | 47% |
| 1HM ($u_{t,r,2}$) | 0.06 | 19% | 41% | 66% | | 61% |
| Abondances | | | | | | |
| PHM ($N_{t,r,1}$) | 133 | - | 37% | 60% | | 54% |
| 1HM ($N_{t,r,2}$) | 483 | - | 33% | 56% | | 51% |

Tableau A.2. (Thèse : Tableau II.3). Moyenne et CV et estimations a posteriori des taux d'exploitation et des retours d'adultes par classe d'âge de mer. Les coefficients of variation (CV) des distributions *a posteriori* sont moyennés sur l'ensemble complet d'années et de rivières, puis séparément pour trois sous-ensembles selon la qualité de l'information disponible sur les retours d'adultes (observés, partiellement observés ou non-observés). Combinée se réfère à l'ensemble complet de rivières et d'années quel que soit leur statut d'observation.

A.II. Modèle d'estimation des séries chronologiques de densité de tacons 0+ (recrutement) (Thèse : Chapitre III)

Modélisation

Dans un souci d'homogénéisation de la modélisation, les densités locales en juvéniles (Thèse : équation III.7) d_i sur les sites ayant servi à l'inter-calibration des indices d'abondance (IA) sont considérées échangeables et distribuées selon une loi log-normale de moyenne μ^d et d'écart-type σ^d .

$$\log(d_i) | \mu^d, \sigma^d \sim \text{Normal}(\mu^d, \sigma^d)$$

Auparavant, une loi gamma était utilisée pour ces sites d'inter-calibration, alors qu'une loi log-normale était déjà employée pour ceux où seul un IA avait été collecté (équation III.11 du manuscrit de thèse).

Dans la thèse, la modélisation des indices d'abondance faisait appel à une loi binomiale négative (Thèse : équation III.8). Cette dernière résulte d'un mélange d'une loi gamma et d'une loi de Poisson. Elle a été remplacée par un mélange d'une loi log-normale et d'une loi de Poisson.

$$IA_i | \lambda_i^{IA} \sim \text{Poisson}(\lambda_i^{IA})$$

$$\log(\lambda_i^{IA}) | \mu_i^{IA}, \sigma^{IA} \sim \text{Normal}(\mu_i^{IA}, \sigma^{IA})$$

Résultats

| Paramètres | Distribution <i>a priori</i> | | | Distribution marginale <i>a posteriori</i> | |
|---------------------|------------------------------|---------|-------------|--|-------------------|
| | distribution | moyenne | écart-type | moyenne | écart-type |
| μ^p | Bêta | 0.5 | 0.29 | 0.47 | 0.08 |
| σ^p | Uniforme | 5 | 2.89 | 1.11 | 0.19 |
| ε | Uniforme | 5 | 2.89 | 0.95 | 0.13 |
| μ^d | Normale | 0 | 10 | 2.30 | 0.18 |
| σ^d | Uniforme | 5 | 2.89 | 0.04 ⁶ | 0.01 ⁶ |
| σ^{IA} | Uniforme | 5 | 2.89 | 0.29 | 0.10 |
| α^η | Normale | 0 | $\sqrt{10}$ | -0.33 | 0.24 |
| β^η | Normale | 0 | $\sqrt{10}$ | 0.43 | 0.12 |
| σ^d | Uniforme | 5 | 2.89 | 0.83 | 0.01 |
| α^{1^d} | Normal | 0 | $\sqrt{10}$ | 2.14 | 0.19 |
| $\sigma^{\alpha 2}$ | Uniforme | 5 | 2.89 | 0.49 | 0.08 |
| $\sigma^{\alpha 3}$ | Uniforme | 5 | 2.89 | 0.38 | 0.08 |

Tableau A.3. (Thèse : Tableau III.2). Résumé statistique (moyennes et écart-types) des distributions *a priori* et des distributions marginales *a posteriori* des paramètres du modèle.

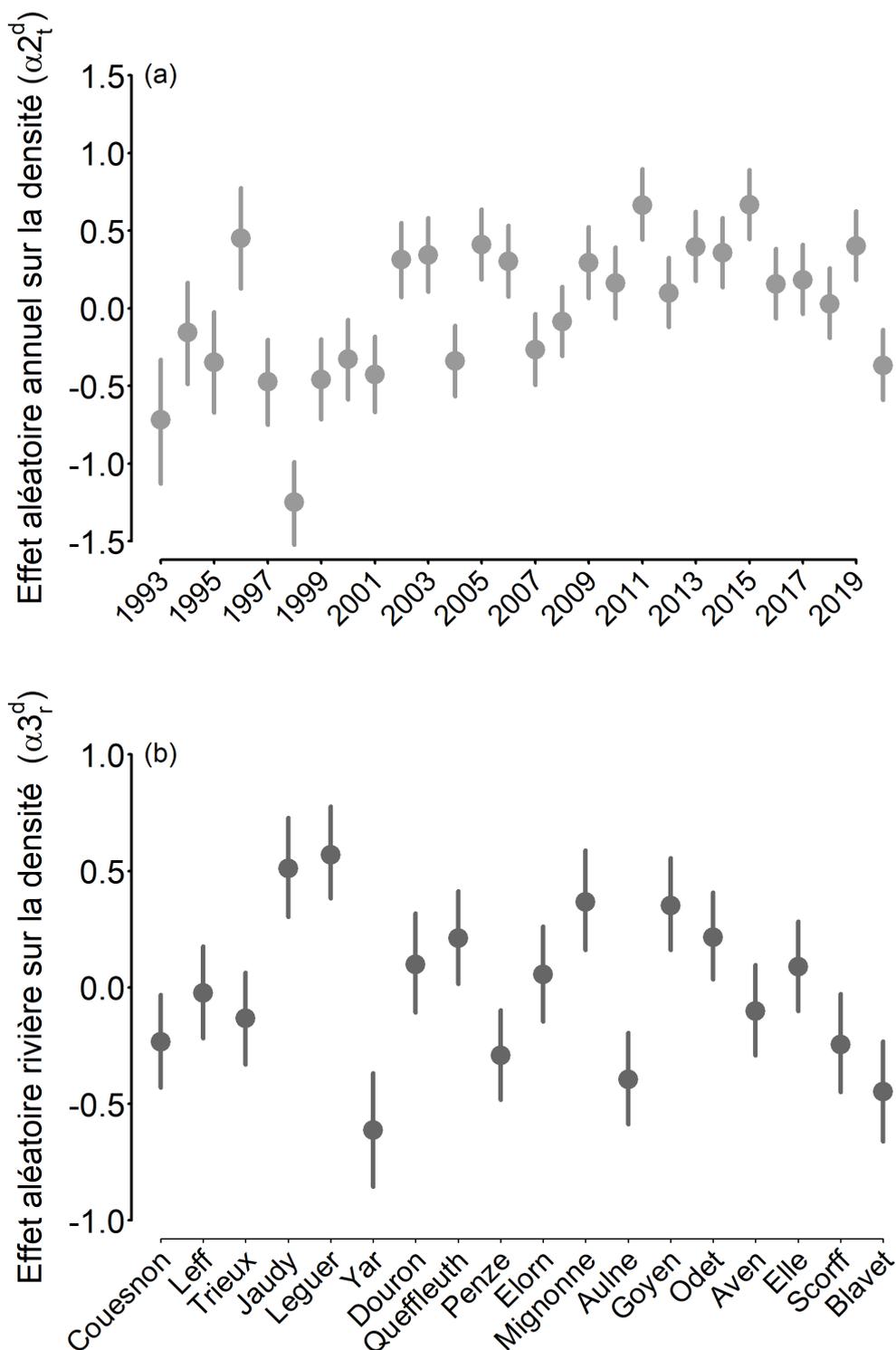


Figure A.4. (Thèse : Figure III.1). Distributions marginales *a posteriori* des effets années (a) et rivières (b) sur la densité en tacons 0+ des sites échantillonnés. Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité.

A.III. Relation stock-recrutement (*Thèse : Chapitre IV*)

| Paramètres | Distribution <i>a priori</i> | | | Distribution marginale <i>a posteriori</i> | |
|-------------------|---|---------|------------|--|------------|
| | distribution | moyenne | écart-type | moyenne | écart-type |
| α_{Scorff} | Bêta | 0.04 | 0.11 | 0.09 | 0.03 |
| k_{Scorff} | Exponentielle | 19 | 19 | 17.08 | 1.99 |
| μ^m | Normale | 0 | 1.41 | 0.30 | 0.11 |
| Densité | | | | | |
| $\log(\lambda)$ | Normale tronquée (valeurs négatives) | -1.13 | 0.85 | -0.98 | 0.26 |
| ρ | Bêta | 0.5 | 0.29 | 0.08 | 0.10 |
| μ^T | Gamma | 0.1 | 1 | 23.35 | 8.55 |
| γ^T | Gamma | 0.1 | 1 | 1.83 | 3.41 |

Tableau A.4. (*Thèse : Tableau IV.2*). Résumé statistique (moyennes et écart-types) des distributions *a priori* et des distributions marginales *a posteriori* des paramètres du modèle. Le nom de la distribution *a priori* associée à chaque paramètre est donné pour information. A noter que la distribution de $\log(\lambda)$ est une distribution normale de moyenne 0 et d'écart-type 1.41 tronquée en 0 de telle sorte que λ soit compris entre 0 et 1.

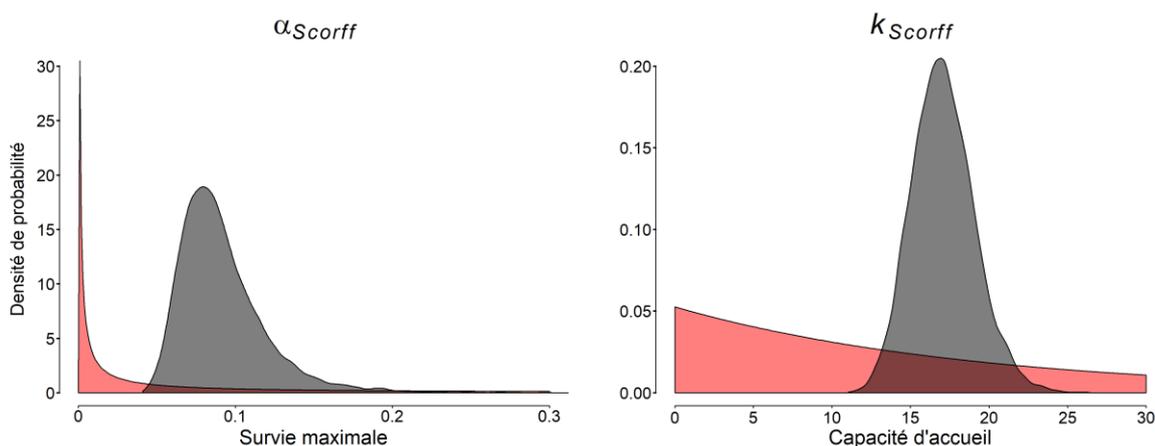


Figure A.5. (*Thèse : Figure IV.1*). Densités de probabilité des distributions *a priori* (rouge) et *a posteriori* (gris) de la survie maximale (à gauche) et de la capacité d'accueil (à droite).

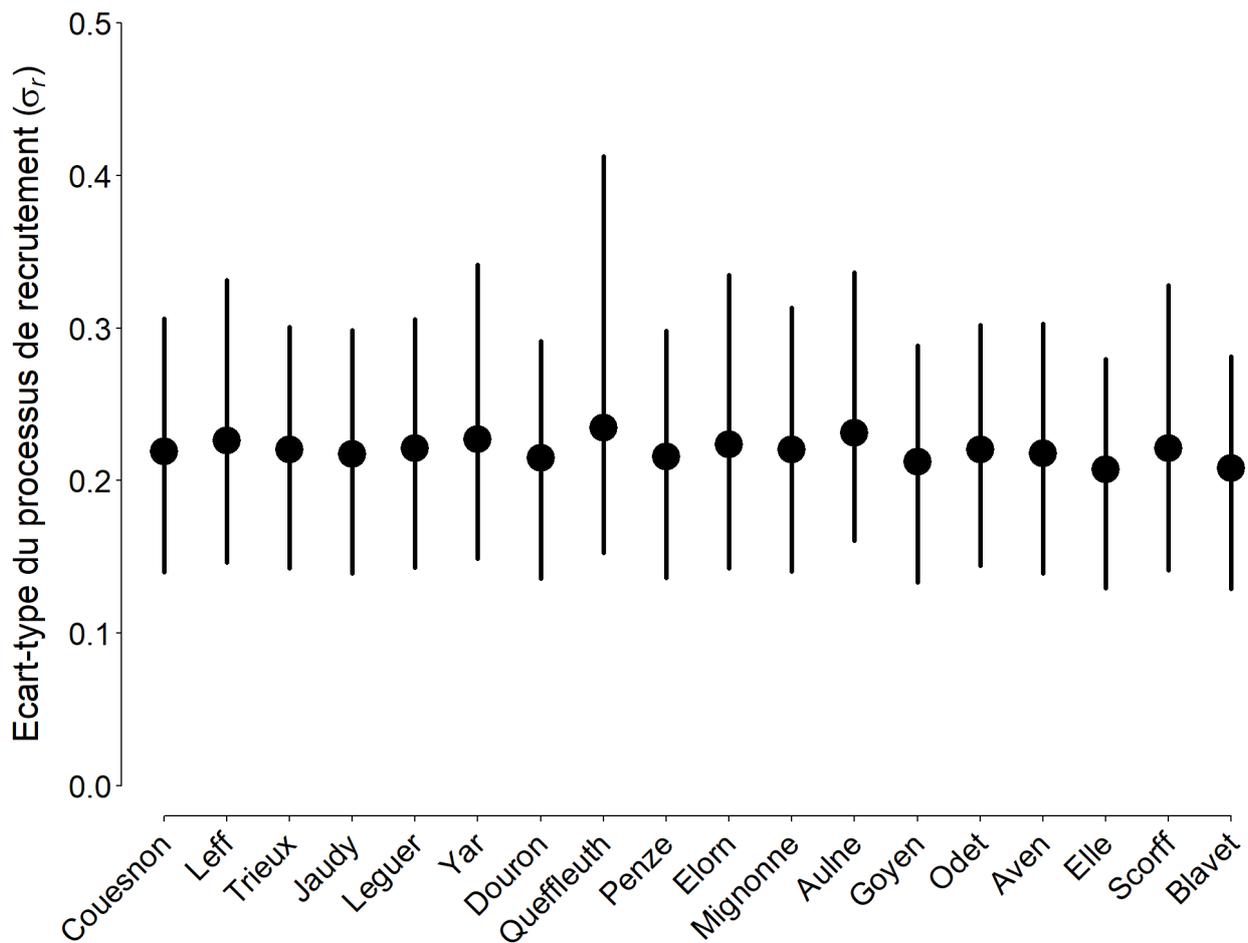


Figure A.6. (Thèse : Figure IV.3). Distributions marginales *a posteriori* des écarts-types du recrutement σ_r^R . Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle à 90% de probabilité des distributions de ces grandeurs

La variabilité du processus de recrutement est très homogène selon les cours d'eau (Fig. IV.3). Dans un souci de simplification du modèle, l'utilisation d'une seule variabilité commune à l'ensemble des populations pourrait se justifier.

A.IV. Relation recrutement-stock (*Thèse : Chapitre V*)

| Paramètres | Distributions <i>a priori</i> | | | Distributions marginales <i>a posteriori</i> | |
|-------------------|-------------------------------|---------|-------------|--|------------|
| | distribution | moyenne | écart-type | moyenne | écart-type |
| γ^* | Bêta | 0.5 | 0.29 | 0.09 | 0.05 |
| θ^* | Bêta | 0.5 | 0.29 | 0.0019 | 0.001 |
| λ^*_2 | Bêta | 0.5 | 0.29 | 0.52 | 0.23 |
| $\alpha 1^\theta$ | Normal | 0 | $\sqrt{10}$ | -3.35 | 0.32 |
| δ | Normal | 0 | $\sqrt{10}$ | -0.03 | 0.004 |
| η | Bêta | 0.5 | 0.29 | 0.47 | 0.22 |
| μ^T | Gamma | 0.1 | 1 | 22.45 | 7.61 |
| γ^T | Gamma | 0.1 | 1 | 0.07 | 0.05 |

Tableau A.5. (*Thèse : Tableau V.2*). Résumé statistique (moyennes et écart-types) des distributions *a priori* et des distributions marginales *a posteriori* des paramètres d'intérêt du modèle recrutement-stock. Le nom de la distribution *a priori* associée à chaque paramètre est donné pour information.

Deux des paramètres du modèle sont peu mis à jour *a posteriori*. λ^*_2 correspond à la proportion de castillons issus des smolts produits en élevage et relâchés certaines années dans certains cours d'eau (principalement l'Elorn et l'Aulne). La valeur moyenne estimée est faible si on la compare à la proportion moyenne de castillons dans les retours (0.79 ; section I). Cet écart pose question, d'autant plus qu'il y a peu d'information dans les données utilisées pour l'analyse recrutement-stock pour estimer précisément λ^*_2 . L'utilisation d'un prior informatif pour ce paramètre, fondé sur la distribution *a posteriori* de la proportion moyenne de castillons issus de l'analyse conduite à la section I serait une alternative à explorer. Le second paramètre peu mis à jour *a posteriori* est η . Il règle l'autocorrélation des effets annuels des taux de retours (Fig. 11a). Cette autocorrélation n'est pas évaluée précisément, mais il n'en demeure pas moins que la probabilité qu'elle soit proche 0 est très faible.

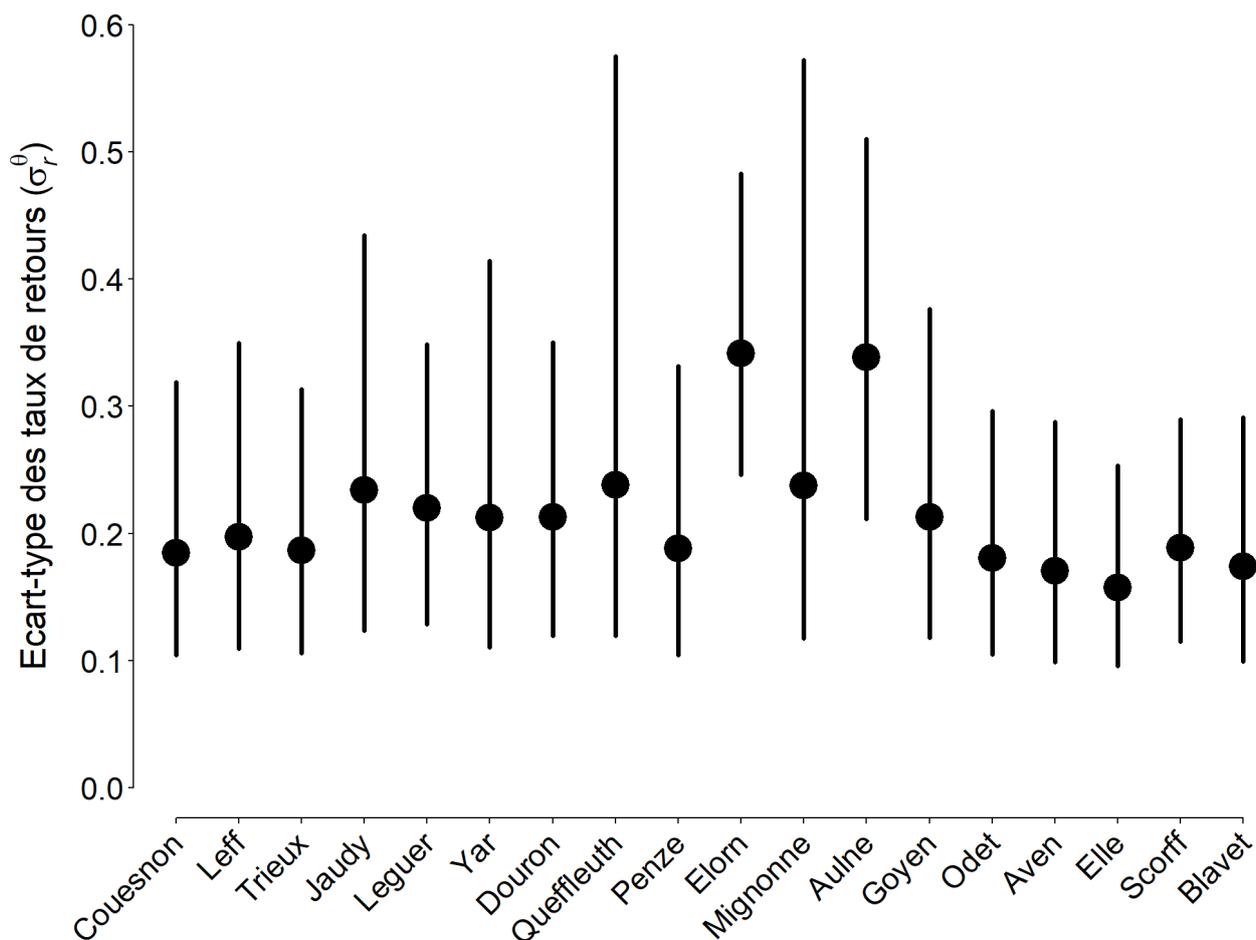


Figure A.7. (Thèse : Figure V.3). Distributions marginales *a posteriori* des écarts-types des taux de retour σ_r^0 . Les points et les lignes matérialisent respectivement la médiane et l'intervalle de probabilité à 90% des distributions de ces grandeurs.

La variabilité des taux de retour semble plus forte pour l'Elorn et l'Aulne que pour les autres cours d'eau étudiés. On notera qu'il s'agit des deux rivières où des programmes de « repeuplement » via des relâchés de smolts ont été (ou sont encore pour l'Elorn) les plus importants en Bretagne. La variabilité apparente des taux de retours sur cette rivière a pu être influencée à la hausse par celle de cette composante très spécifique venant abonder les retours d'adultes. Dans la version actuelle du modèle recrutement-stock utilisé, la variabilité des taux de retours des smolts de repeuplement n'est pas séparée de celle des taux de retours des juvéniles sauvages.

La densité de tacons 0+ est prise en compte dans la version actuelle du modèle recrutement-stock dans son échelle naturelle. Compte tenu de la structure logit-normale de ce dernier un passage en échelle logarithmique pourrait être plus approprié.

A.III. V. Définition de nouvelles limites de conservation pour les populations de saumon en Bretagne (Thèse : Chapitre IV)

| Riviere | Nouvelle LC | Ancienne LC |
|------------|-------------|-------------|
| Couesnon | 2,9 | 1,75 |
| Leff | 2,9 | 2,25 |
| Trieux | 2,9 | 2,25 |
| Jaudy | 2,9 | 2,5 |
| Leguer | 2,9 | 4 |
| Yar | 2,9 | non définie |
| Douron | 2,8 | 2,5 |
| Queffleuth | 3 | 5,25 |
| Penze | 2,9 | 5,5 |
| Elorn | 2,9 | 4,75 |
| Mignonne | 2,9 | 3 |
| Aulne | 3 | 0,75 |
| Goyen | 2,9 | 3,75 |
| Odet | 2,9 | 4 |
| Aven | 2,9 | 2,5 |
| Elle | 2,9 | 3 |
| Scorff | 2,9 | 3 |
| Blavet | 2,9 | 1,5 |

Tableau A.6. Nouvelles et anciennes LC pour les 18 rivières à saumon de Bretagne étudiées en nombre d'œufs par m² d'équivalent radier -rapide (habitat préférentiel des tacons 0+). Voir aussi Figure 16.



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Avec le soutien financier de :



INRAE



L'INSTITUT
agro Rennes
Angers



IVERSITÉ
DE PAU ET DES
PAYS DE L'ADOUR

www.afbiodiversite.fr

<http://www.inrae.fr/>

www.agrocampus-ouest.fr

www.univ-pau.fr

Pôle Gestion des Migrateurs Amphihalins dans leur Environnement
RENOSAUM : Rénovation de la stratégie de gestion du saumon en Bretagne - Rapport final