



Phénologie de la migration vers la mer chez les juvéniles de saumon Atlantique (*Salmo salar*)



SANTANBIEN **Valentin**

Stage effectué du 12 Mars au 18 Mai 2018 au sein de l'UMR ECOBIOIP de l'INRA de St Pée sur Nivelle
sous la direction scientifique de Mr. BUORO Mathieu

*Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la
responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil*

Remerciements

Je tiens à remercier Monsieur Étienne Prévost, directeur de l'unité UMR Ecobiop de l'INRA de St pée sur Nivelles, pour m'avoir permis de travailler au sein de cette unité. Je souhaite ensuite remercier mon maître de stage, Monsieur Mathieu BUORO, chercheur à l'unité UMR Ecobiop de l'INRA de St pée sur Nivelles, pour m'avoir permis d'acquérir de nouvelles connaissances sur l'écologie du saumon Atlantique en plus de me permettre d'améliorer et d'approfondir mon utilisation des outils d'analyses statistiques. Mais aussi pour sa disponibilité, l'apport de ses nombreux conseils et pour m'avoir permis d'entreprendre une mission de deux semaines sur le terrain.

J'adresse aussi mes remerciements à Monsieur JEANNOT Nicolas et Monsieur GUILLOUX Yoann, techniciens sur le site expérimental de Pont-Scorff, pour l'accueil sympathique qui m'a été fait et l'enthousiasme avec lequel m'a été appris la manipulation du matériel utilisé pour l'acquisition des données sur le terrain. Il me semble aussi important de remercier Monsieur François De Polignac, propriétaire du terrain où est installé le système de piégeage du Moulin du Leslé, sans qui l'acquisition de données scientifiques n'aurait pu être possible.

Finalement, mes remerciements vont aussi à l'ensemble du personnel de l'INRA de St pée sur Nivelles pour la sympathie dont ils ont fait preuve, facilitant mon intégration et instaurant ainsi un cadre agréable et convivial.

Table des matières

1	Introduction.....	1
2	Matériels et méthodes	3
2.1	Site d'étude	3
2.2	Acquisition et analyses des données.....	3
2.2.1	Échantillonnage des smolts	3
2.2.2	Traitement des données.....	4
2.2.3	Analyses des données : mise en évidence des tendances d'évolutions	5
3	Résultats	6
3.1	Tendance d'évolution de la période de dévalaison	6
3.2	Evolution annuelle des paramètres environnementaux.....	7
3.2.1	Température moyenne journalière	7
3.2.2	Débit moyen journalier	8
3.3	Évolution annuelle des paramètres individuelle	9
4	Discussion	10

1 Introduction

La phénologie est l'étude des variations de phénomènes périodiques qui caractérisent le cycle biologique d'un organisme (e.g. début de la période de reproduction, de migration ou de métamorphose (Schwartz 2003), en relation avec les variations saisonnières du climat. Ces phénomènes saisonniers étant très dépendants des conditions climatiques, ils peuvent donc être fortement impactés par les changements environnementaux en cours tels que ceux engendrés par le changement climatique (Walther *et al.* 2002). Ces changements phénologiques ont notamment été observés (Parmesan 2006; Hülber *et al.* 2006; Sokolov 2006; Heggberget 2011) chez les plantes en ce qui concerne la date de floraison, (Cleland *et al.* 2007), chez les oiseaux et les poissons pour la migration (Thorup *et al.* 2007; Kennedy et Crozier 2010) ou encore pour l'hibernation chez des mammifères rongeurs (Williams C. T. *et al.* 2013). Ces changements peuvent avoir des conséquences dramatiques sur la dynamique des populations et le fonctionnement des écosystèmes (e.g. la synchronisation des interactions entre espèces (Winder et Schindler 2000; Edwards et Richardson 2004; Anderson *et al.* 2013).

Les changements environnementaux sont notamment susceptibles d'altérer la phénologie d'espèces qui partagent leur cycle de vie entre différents milieux tel que le saumon Atlantique (*Salmo salar*) (Anderson *et al.* 2013). En effet, le saumon Atlantique est une espèce diadrome, partageant son cycle de vie entre le milieu dulçaquicole -où a lieu la reproduction des adultes et le développement des juvéniles- et le milieu marin où a lieu la croissance et la maturation (Figure 1). En France, après une période de croissance d'une à deux années en eau douce, les juvéniles s'engagent dans une migration vers le milieu marin au printemps. Ce phénomène est appelé « dévalaison » et nécessite au préalable des changements physiologiques et morphologiques permettant une adaptation au milieu marin *via* le processus de smoltification. Les individus migrants sont alors appelés smolts (E. Thorpe et I. G. Morgan 2006; Hutchings et Jones 1998; Metcalfe et E. Thorpe 1990). Ces individus rejoignent ensuite les aires de croissance maritimes dans l'Océan Atlantique, où ils resteront de 1 à 2 ans avant de revenir dans leur rivière natale pour s'y reproduire. La phénologie du saumon Atlantique est donc caractérisée par deux phénomènes périodiques : la migration et la maturation.

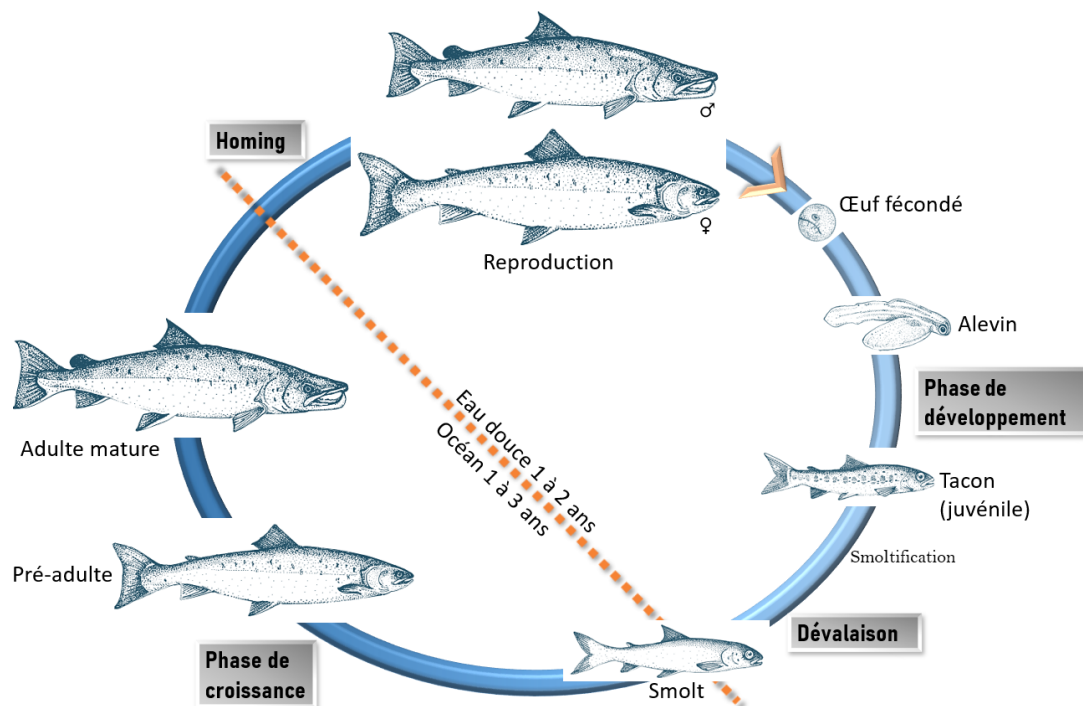


Figure 1. Cycle de vie du saumon Atlantique (*Salmo salar*)

La migration vers la mer et la date de dévalaison peuvent avoir des conséquences importantes sur la valeur sélective des individus. De manière générale, la migration vers la mer permet d'accéder à des ressources alimentaires plus abondantes (Baker 1978; Haugland *et al.* 2006) favorisant leur croissance et ainsi, leur succès reproducteur (L Charnov *et al.* 2013; Sloat *et al.* 2014). En revanche, cette migration peut engendrer un coût important en termes de survie puisqu'elle implique une dépense énergétique conséquente à travers le processus de smoltification avant la migration et les expose à un risque accru de prédation, ainsi qu'à de nouveaux pathogènes en milieu marin (Alerstam *et al.* 2003; Almeida *et al.* 2007; Milner-Gulland *et al.* 2011). Le choix de la date de dévalaison et d'entrée en mer permet de limiter ces coûts. Par exemple, il a été démontré que la survie en mer est taille-dépendante (B. Jonsson *et al.* 2017; Saloniemi *et al.* 2004; Taborsky *et al.* 2003). La survie en mer augmentant avec la taille des smolts, il y aurait donc un avantage à retarder la date de dévalaison pour migrer avec la plus grande taille possible. De la même manière, un gradient de température entre la rivière et la mer trop important peut affecter considérablement les performances de l'individu en mer (Staurnes *et al.* 2001; Friedland *et al.* 2003) ou encore induire un stress physiologique (Handeland *et al.* 2000; Sigholt et Finstad 1990). Ce dernier élément ayant été montré comme impactant négativement le comportement d'anti prédation que possède le saumon Atlantique, augmentant ainsi le risque de prédation au niveau de l'estuaire ou lors de la phase océanique (Handeland *et al.* 1996). La température entretenant un lien avec la disponibilité de ressources alimentaires (A Hvidsten *et al.* 2009), il existe aussi un risque de désynchronisation avec les ressources en mer disponibles (blooms de planctons) (Kennedy et Crozier 2010; Russell *et al.* 2012). Il existerait donc une « fenêtre » de dévalaison optimale (date et taille) permettant une diminution de l'exposition aux prédateurs et favorisant l'accès aux ressources alimentaires.

Le déterminisme de la date de dévalaison est donc essentiel pour mieux comprendre et prédire les effets des changements environnementaux sur la phénologie de la migration et l'évolution des populations du saumon Atlantique. Les conditions en mer ne pouvant être connues pour les juvéniles en rivière, il semblerait qu'ils utilisent des signaux environnementaux comme indicateurs de la fenêtre de dévalaison et ainsi déclencher la dévalaison. Les déterminants principaux de la dévalaison en rivière sont la photopériode (Zydlewski *et al.* 2014; Whalen *et al.* 1999), la température (Bror Jonsson et Ruud-Hansen 1985; N. Jonsson et Jonsson 2014) et le débit (Zydlewski *et al.* 2014; Stich *et al.* 2015). Concernant la photopériode, le déclenchement de la dévalaison semble associé positivement avec l'allongement de la durée du jour car corrélé à une augmentation de la production d'hormones de croissance thyroïdiennes (S. D. McCormick *et al.* 1995; Handeland *et al.* 1996). La date du début de la migration est parfois positivement associée à la température de l'eau (Otero *et al.* 2014). Néanmoins une température trop élevée peut inhiber la dévalaison (Stich *et al.* 2015; Otero *et al.* 2014) à cause d'une résorption des caractères physiologiques adaptés pour un milieu salin (activité Na^+ , K^+ -ATPase au niveau des branchies) et engendrer de ce fait un stress physiologique (Stephen D McCormick *et al.* 1999; S. McCormick *et al.* 2009). Le débit semble influencer positivement la date de dévalaison mais jusqu'à une valeur optimale (Stich *et al.* 2015). Ces facteurs environnementaux étant influencés par les conditions locales et le changement climatique global, on peut s'attendre à de la variabilité spatiale ((inter-populationnelle (Otero *et al.* 2014) et temporelle (modification de la fenêtre de dévalaison au cours du temps)). Ces changements pourraient ainsi engendrer une désynchronisation entre les indices utilisés comme déclencheurs de la dévalaison, et les conditions environnementales de l'océan d'accueil, avec des conséquences sur la valeur sélective et la productivité du saumon Atlantique (Piou et Prévost 2013).

Des changements de la date de migration vers l'océan ont été observés dans certaines populations de saumon Atlantique (Kennedy et Crozier 2010) et chez les salmonidés de manière

générale (Crozier *et al.* 2008; Jensen *et al.* 2012). Toutes montrent un départ vers la mer de plus en plus tôt en lien avec des changements environnementaux mais avec de fortes disparités entre populations (environ 3 jours par décennie) (Russell *et al.* 2012; Kennedy et Crozier 2010). Ces disparités étant dues notamment à une stimulation différente exercée par la température et/ou le débit sur la date de dévalaison (Carlsen *et al.* 2004; Jutila *et al.* 2005; Antonsson et Gudjonsson 2002). Dans certain cas l'augmentation du débit au printemps peut provoquer le début de la dévalaison alors que dans d'autres, seul la température de l'eau en est le déclencheur (Arne Hvidsten *et al.* 1995; Bror Jonsson et Ruud-Hansen 1985), rendant ainsi la constatation d'une dévalaison plus précoce rivière-dépendante.

L'objectif de cette étude consiste à vérifier l'existence d'un changement dans la phénologie de la migration d'une population de saumon Atlantique située au sud de son aire de distribution. Pour cela cette étude s'appuie sur un suivi à long terme d'une population de saumon Atlantique de la rivière du Scorff (Morbihan). Les données récoltées correspondent aux captures des smolts lors de la période de dévalaison entre 1995 et 2017. Nous émettons l'hypothèse d'un avancement de la date de dévalaison en lien avec des changements de température en rivière, de débit ou de taille des individus.

2 Matériels et méthodes

2.1 Site d'étude

Le Scorff est un petit fleuve côtier situé au sud de la Bretagne dont le cours principal atteint une longueur de 75 km, dont 12 km d'estuaire. Il traverse trois départements bretons : les Côtes d'Armor, le Finistère et le Morbihan. Il prend sa source sur les hauteurs des montagnes Noires en centre Bretagne et dispose d'un important réseau hydrographique aussi bien permanent (475 km ; source : DDAF 56) que semi permanent (200 km). Le Scorff rejoint les eaux de Blavet, dont il partage l'estuaire (rade de Lorient) pour enfin finir sa course dans l'océan Atlantique. Le climat est de type océanique au niveau du bassin versant caractérisé par de faibles variations thermiques se traduisant par des étés frais et des hivers doux. Les eaux ont une température oscillant entre 6 et 20°C et sont bien oxygénées, présentant ainsi des conditions favorables pour les salmonidés. Le Scorff, comme tous les autres cours d'eau côtiers de Bretagne, est sujet à de grandes variations de débit avec des périodes de hautes eaux en hiver et des étiages s'étalant de Juillet à Novembre. L'ensemble des cours d'eau accueille ainsi de nombreuses espèces migratrices dont la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), la truite commune (*Salmo trutta*), l'anguille (*Anguilla anguilla*) ou encore le saumon Atlantique. En 1994, un programme scientifique de suivi de la population de saumon Atlantique du Scorff a été initié par l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) et l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), en partenariat avec la Fédération du Morbihan pour la pêche et la protection des milieux aquatiques et les associations de pêches locales. Cette coopération permet de récolter des données sur les poissons migrateurs en vue de mieux comprendre la dynamique des populations. Le Scorff est ainsi une des 4 rivières de l'Observatoire de Recherche en Environnement sur les « poissons diadromes des petits fleuves côtiers » (ORE Dia PFC), et est associé au réseau de rivières « index » du Conseil International pour l'Exploitation de la Mer (CIEM).

2.2 Acquisition et analyses des données

2.2.1 Échantillonnage des smolts

Deux systèmes de piégeage, l'un au Moulin des Princes et l'autre au Moulin de Leslé (Figure 2), assurent la capture des smolts lors de la dévalaison depuis 1994. Le piège du Moulin des Princes, situé le plus en aval du Scorff - à la limite de l'influence des marées - permet de

contrôler une partie des entrées (montaison des adultes) et sorties (dévalaison des smolts) du saumon Atlantique via un double système de piégeage. Il est en service toute l'année. Le Moulin de Leslé est quant à lui situé plus en amont (environ 500m) et permet la capture des smolts lors de la période de dévalaison uniquement (en fonctionnement depuis 1997). Les smolts ainsi capturés sont anesthésiés (benzocaïne) puis mesurés (taille au cm près et masse en gramme) et éventuellement marqués (coupure de la nageoire pelvienne droite). Les systèmes de piégeages sont vérifiés plusieurs fois par jour durant la période de dévalaison. La date de dévalaison pour chacun des individus est donc connue. Des prélèvements d'écaillés sont également réalisés sur un échantillon d'individus afin de déterminer leur âge. Étant donné que la présente étude s'intéresse au flux de smolts uniquement, nous émettons l'hypothèse initiale que le système de piégeage n'influe pas sur la phénologie de la dévalaison, et de ce fait nos analyses porteront sur les deux pièges réunis.



Figure 2. Carte (A) indiquant la localisation de la ville de Pont-Scorff (point rouge) et la partie de la rivière Scorff utilisée pour l'étude des poissons migrateurs (zone verte). Ainsi qu'une photo pour chacun des deux systèmes de piégeage : Moulin des Princes (B) et Moulin du Leslé (C)

2.2.2 Traitement des données

La base de données originale utilisée répertorie tous les smolts capturés de 1994 à 2017 sur l'ensemble de l'année. Celle-ci comprend aussi de nombreuses variables (60) qui n'ont pas toutes été sélectionnées. Mon premier travail a consisté à extraire les variables voulues pour les analyses : date de capture, site de capture, longueur fourche à la capture, poids à la capture. J'ai déterminé et ajouté une variable « jours julien » calculé à partir de la date de capture. J'ai ensuite décomposé le jeu de données par année de dévalaison. La dévalaison s'effectuant essentiellement au printemps (notamment entre Avril et Mai), j'ai sélectionné seulement les smolts capturés dans la période s'étalant du 1 Mars au 30 Juin pour chacune des années. L'année 1994 fut retirée de l'analyse, pour cause de manque de donnée. Au total ce sont 71542 smolts qui ont été capturés et répertoriés entre 1995 et 2017 sur la période choisie (Figure 3). En moyenne, 3111 [653 - 7597] individus sont capturés chaque année.

Année	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Nombre de smolts capturés	653	384	7099	1632	954	1117	3104	784	7597
	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	5945	6882	2436	3739	2941	4370	4618	2414	1729
	2013	2014	2015	2016	2017				
	1184	3381	2122	4462	1995				

Figure 3. Nombre de smolts capturés par année entre 1995 et 2017 sans distinction entre les deux pièges (Moulin de Princes et Moulin du Leslé)

Concernant les facteurs abiotiques, nous disposons des relevés journaliers de la température de l'eau et du débit sur la période de dévalaison considérée.

2.2.3 Analyses des données : mise en évidence des tendances d'évolutions

Afin de décrire les distributions annuelles de la période de dévalaison (en jour julien), nous avons utilisé les quantiles à 5%, 50% et 95%. La médiane (quantile à 50%) indique la date à laquelle 50% des smolts ont dévalé et donc un déplacement de la période de dévalaison. Le quantile à 5% traduit le début de la dévalaison, c'est-à-dire quand 5% des individus ont été capturés. Le quantile à 95% traduit la fin de dévalaison lorsque 95% des individus ont été capturés. Un changement temporel de ces deux quantiles représenterait un étalement ou une contraction de la période de dévalaison. Pour mettre en évidence une potentielle tendance d'évolution, une régression linéaire en fonction du temps (années) pour chacun de ces trois quantiles a été effectuée pour 1) les dates de dévalaison, 2) les températures moyennes journalières et 3) le débit journalier. Des tests de corrélation ont été effectuées entre la date de dévalaison (en jours julien) et chacun des paramètres environnementaux (température et débit) pour évaluer une corrélation avec les tendances interannuelles observées. Toutes les analyses ont été effectuées avec le logiciel R (« R: The R Project for Statistical Computing » s. d.).

3 Résultats

3.1 Tendence d'évolution de la période de dévalaison

Nos résultats ne semblent pas indiquer des changements notables dans la distribution des dates de dévalaison (Figure 4). Bien que les pentes des régressions linéaires des trois quantiles pour la date de dévalaison soient négatives, aucune ne se montre significative (Tableau 1)

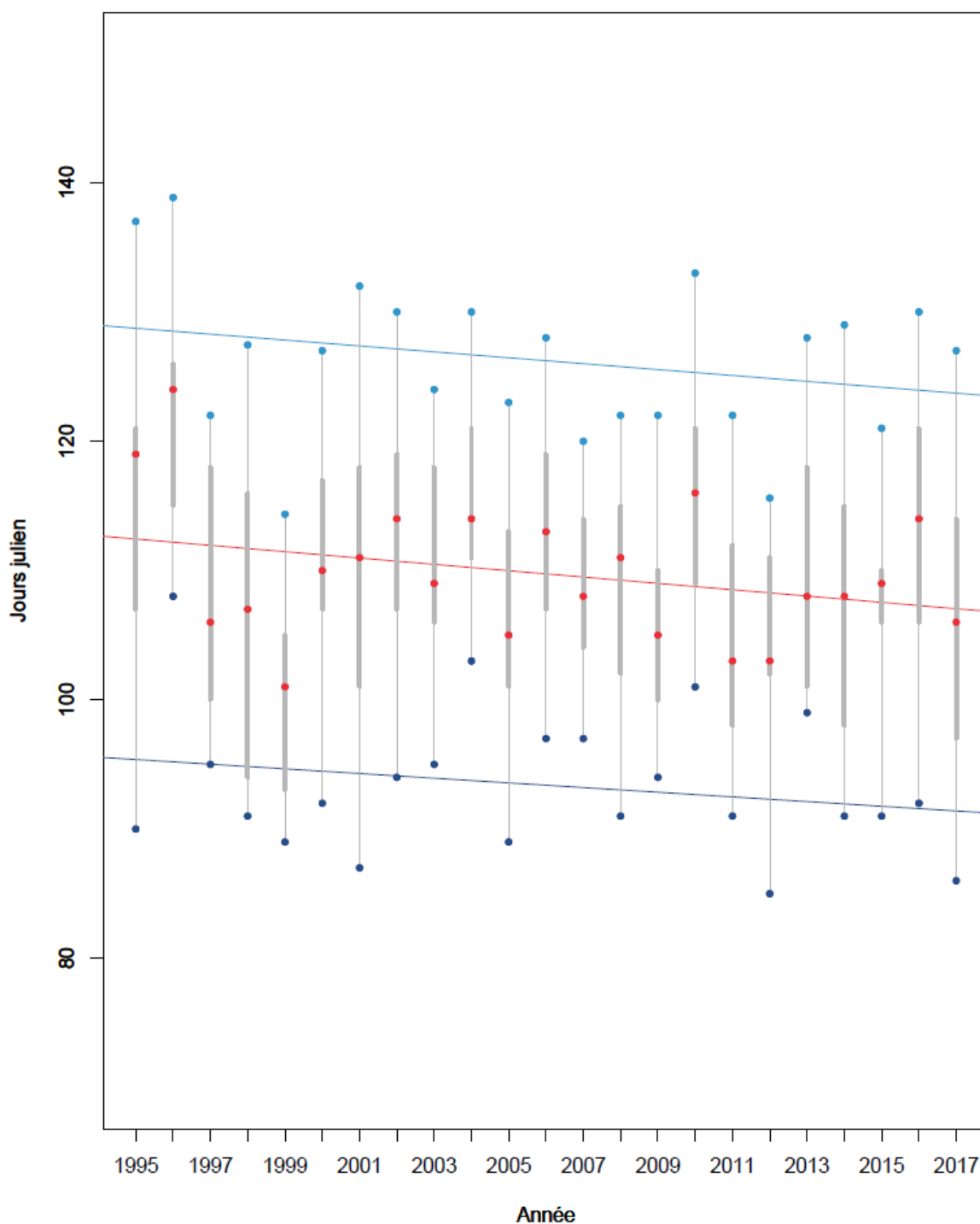


Figure 4. Distributions annuelles de la période de dévalaison (en jour julien) des smolts entre 1995 et 2017 (1er Mars au 30 Juin) avec une mise en évidence des quantiles 5% (bleu foncé), 50% (rouge) et 95% (bleu clair) ainsi que leur régression linéaire associée. Les points rouges indiquent la médiane, le segment fin l'intervalle à 95% et le segment gris foncé l'intervalle à 50%.

3.2 Evolution annuelle des paramètres environnementaux

3.2.1 Température moyenne journalière

Concernant la température de l'eau en période de dévalaison, les régressions linéaires effectuées n'ont pas mis en évidence de tendance significative (Tableau 1) pour le quantile 5% et 50%. Mais une tendance significative a été trouvée pour le quantile 95%, suggérant une baisse de la température maximum lors de la période de dévalaison (Figure 5).

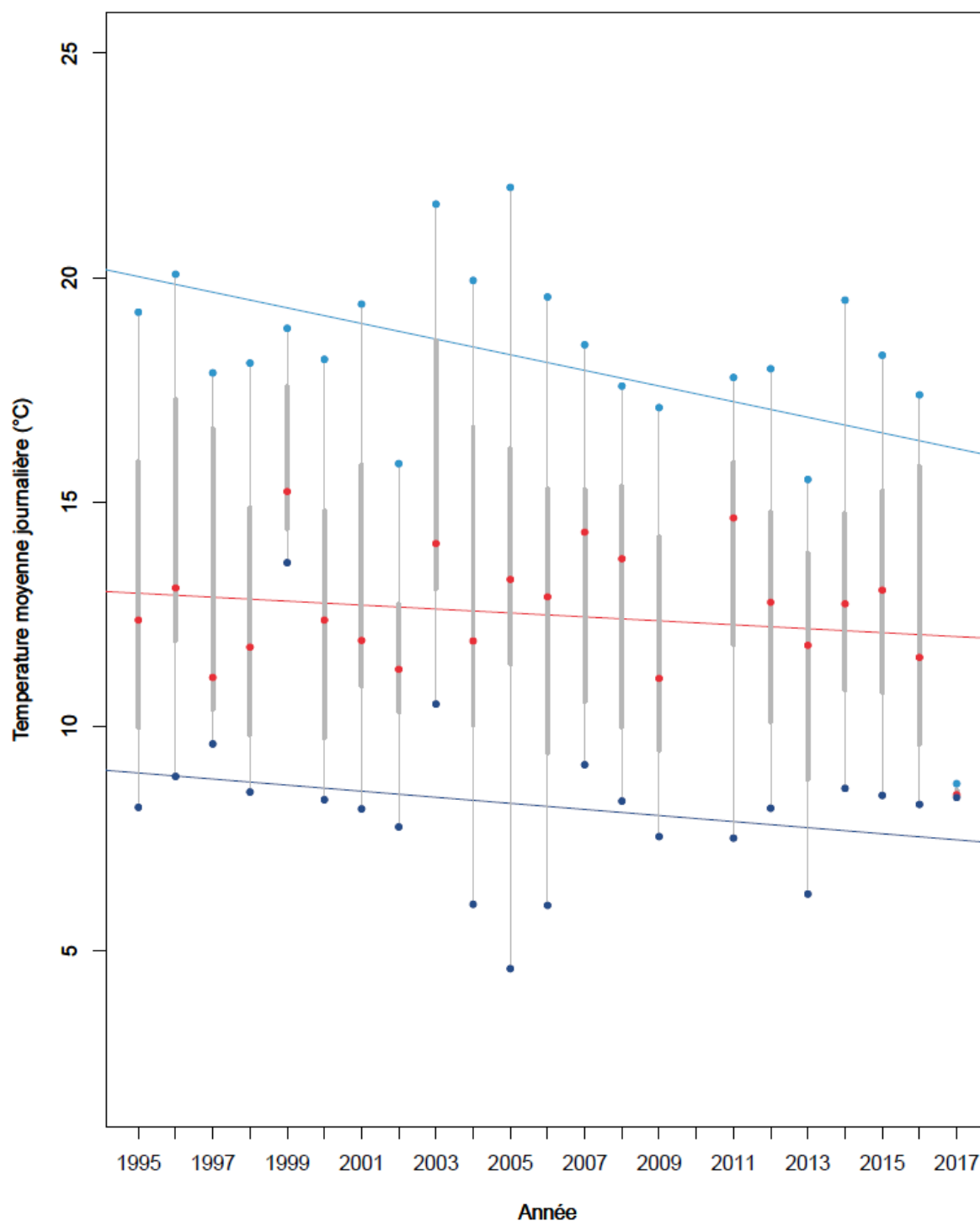


Figure 5. Distributions annuelles des températures moyennes journalières (en °C) entre 1995 et 2017 (1er Mars au 30 Juin) avec une mise en évidence des quantiles 5% (bleu foncé), 50% (rouge) et 95% (bleu clair) ainsi que leur régression linéaire associée. Les points rouges indiquent la médiane, le segment fin l'intervalle à 95% et le segment gris foncé l'intervalle à 50%.

3.2.2 Débit moyen journalier

Concernant le débit en période de dévalaison, les régressions linéaires effectuées n'ont pas permis de déceler la moindre tendance significative (Tableau 1) pour le quantile 5% et 50% et 95% (Figure 6).

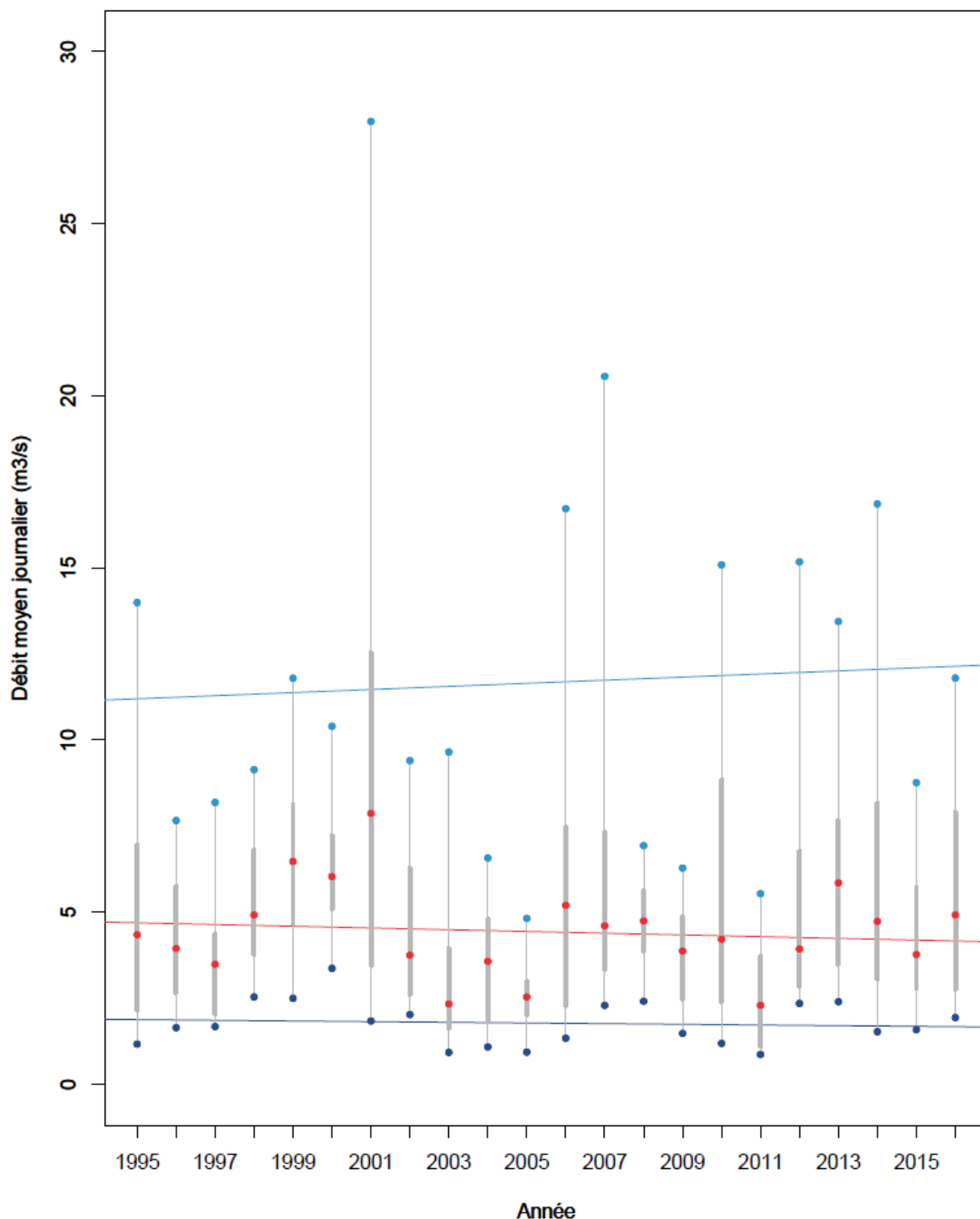


Figure 6. Distributions annuelles des débits moyens journaliers (en m³/s) entre 1995 et 2017 (1er Mars au 30 Juin) avec une mise en évidence des quantiles 5% (bleu foncé), 50% (rouge) et 95% (bleu clair) ainsi que leur régression linéaire associée. Les points rouges indiquent la médiane, le segment fin l'intervalle à 95% et le segment gris foncé l'intervalle à 50%.

3.3 Évolution annuelle des paramètres individuelle

Concernant cette fois-ci la taille des smolts lors de leur dévalaison, la régression linéaire effectuée n'a pas permis de déceler la moindre tendance significative (Tableau 1, Figure 7) pour le quantile 50%.

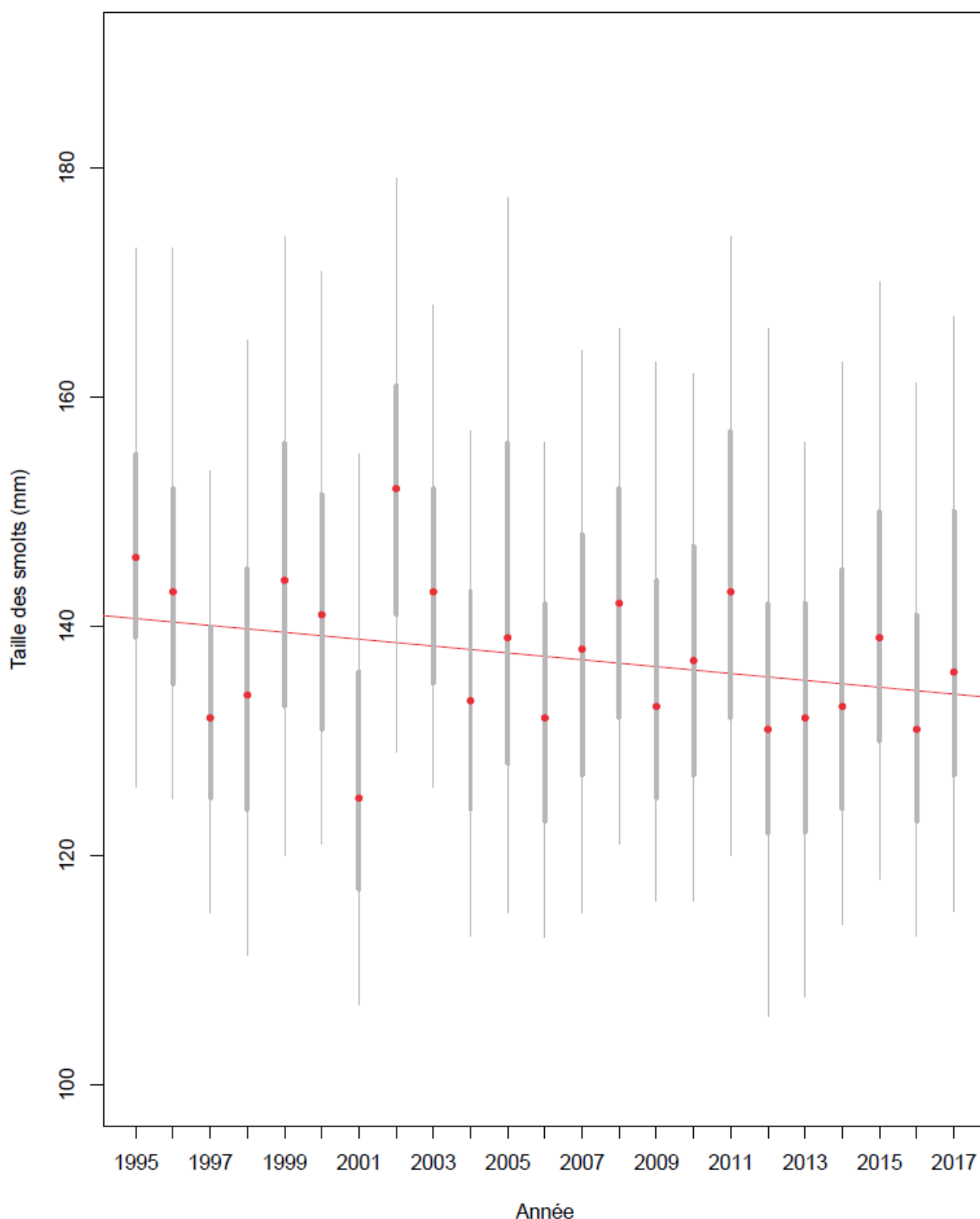


Figure 7. Distributions annuelles des tailles (en mm) des smolts à la dévalaison entre 1995 et 2017 (1er Mars au 30 Juin) avec une mise en évidence du quantile 50% (rouge) ainsi que la régression linéaire associée. Les points rouges indiquent la médiane, le segment fin l'intervalle à 95% et le segment gris foncé l'intervalle à 50%.

Paramètre	Quantile	Pente ($\pm$ s.e)	Intercept ($\pm$ s.e)	P-value
<u>Date de dévalaison</u>	5%	-0.18 $\pm$ 0.17	456.14 $\pm$ 348.76	0.31
	50%	-0.25 $\pm$ 0.17	601.33 $\pm$ 335.28	0.16
	95%	-0.23 $\pm$ 0.19	584.02 $\pm$ 381.39	0.24
<u>Température moyenne journalière</u>	5%	-0.07 $\pm$ 0.06	144.08 $\pm$ 111.44	0.24
	50%	-0.04 $\pm$ 0.05	100.50 $\pm$ 98.08	0.38
	95%	-0.17 $\pm$ 0.08	367.56 $\pm$ 152.05	0.03*
<u>Débit moyen journalier</u>	5%	-0.01 $\pm$ 0.02	1.88 $\pm$ 0.29	0.67
	50%	-0.03 $\pm$ 0.05	4.71 $\pm$ 0.60	0.59
	95%	0.05 $\pm$ 0.19	11.14 $\pm$ 2.50	0.82
<u>Taille</u>	50%	-0.30 $\pm$ 0.19	737.98 $\pm$ 380.44	0.13

Tableau 1. Données statistiques obtenues pour chacune des régressions linéaires effectuées comprenant le paramètre concerné, le quantile considéré, le coefficient de la pente (avec son erreur type, ordonnée à l'origine (avec son erreur type) et la p-value (* = P-value < 0.05)

4 Discussion

Nos résultats suggèrent qu'aucun changement phénologique notable est en cours dans la population de saumon Atlantique du Scorff, située dans l'aire sud de distribution de l'espèce. En effet, les analyses menées sur l'évolution interannuelle des dates de dévalaison ont permis d'identifier des tendances négatives mais non significatives depuis 1995. Même si elles ne sont pas significatives, à titre de comparaison, les pentes correspondraient à un avancement des dates de -2.5 jours par décennie. Contre un avancement significatif d'environ -3 jours par décennie dans la littérature existante. Nos résultats n'indiquent pas non plus de tendance d'évolution en ce qui concerne la température de l'eau et le débit durant la période de dévalaison considérée. Aucune tendance n'a aussi été décelée pour les tailles des individus à la dévalaison. Cependant, l'effet du débit sur l'efficacité du piégeage n'a pas été pris en compte et pourrait affecter nos résultats.

Notre étude souffre de certains biais et s'appuie sur des hypothèses qui pourraient influencer nos analyses. Premièrement, nous avons considéré que les captures par les systèmes de piégeages étaient représentatives de la phénologie de la migration. Hors l'efficacité des pièges n'est pas constante dans le temps et est fortement influencée par le débit qui influence lui-même la phénologie. Un débit trop important peut effectivement réduire l'efficacité du piégeage, empêchant ainsi la capture des smolts et la non-détection d'un pic de dévalaison. Il serait alors nécessaire de prendre en compte ce biais dans les prochaines études. Une des possibilités pour cela est l'utilisation d'un programme de capture-marquage-recapture déjà mise en place entre les systèmes de piégeages. Les captures au Moulin des Princes de smolts préalablement marqués au moulin du Leslé permettent une estimation de l'efficacité des pièges. À noter que de manière annexe, des analyses de tendance dans les dates de dévalaison ont aussi été menées sur les pièges pris indépendamment. Celles-ci révèlent des résultats différents notamment concernant la médiane au Moulin des Princes qui reste négative mais devient significative (pente = -0.31 $\pm$ 0.14, R^2 = 0.16, Intercept = 740.26 $\pm$ 275.18, p-value = 0.03). Ce résultat pourrait être expliqué par une différence de configuration des pièges, le Moulin des Princes étant le moins efficace et le moins dans la continuité du Scorff (alimenté en eau par un canal d'amenée). Dans le même esprit une distinction entre les smolts âgés de 1 ou plus et 2 ans ou plus aurait pu être effectuée pour analyser de manière annexe les tendances dans les

dates de dévalaison. Par manque de temps, celles-ci n'ont pas été effectuées mais il n'est pas exclu que des différences dans les résultats soient aussi observées.

Le fait qu'aucune tendance dans les dates de dévalaison durant cette étude ne soit observée pourrait résulter d'un faible gradient entre température en rivière et température de l'océan d'accueil dans l'aire sud de répartition ou de la distance à parcourir pour rejoindre les aires de croissances maritimes. En effet il existe une différence dans les dates de dévalaison en fonction de la latitude (Otero *et al.* 2014). Les populations du nord tendraient ainsi à migrer tardivement (fin printemps) alors que celle sud migreraient plus tôt (Otero *et al.* 2014). Par exemple en Norvège, il a été observé que même si les populations de différentes rivières migraient à des dates différentes celles-ci atteignaient l'océan à une température similaire (Arne Hvidsten *et al.* 1998). Une fois atteinte, cette température de 8°C représenterait alors la température adéquate d'entrée en mer pour ces populations (Arne Hvidsten *et al.* 1998). Au nord, les smolts retarderaient donc leur dévalaison pour rejoindre l'océan lorsque les températures d'eau ont suffisamment augmenté. Alors qu'au sud de l'aire de répartition, la température avoisine déjà en moyenne les 12°C (Otero *et al.* 2014), une température qui serait adéquate pour l'entrée en mer des smolts dès le début du printemps. La pression de migration pour rejoindre l'océan à des températures optimales serait donc moins forte pour ces populations. Cela sous-entend qu'il existerait un gradient de température optimale et que la date de dévalaison serait décalée si ce gradient augmente (sous-optimale). Bien qu'aucune tendance significative n'ait été observée ici, dans le cas où les températures en rivière et/ou en mer deviendraient trop élevées une tendance pourrait alors se dessiner. Ce décalage de date de dévalaison entre Nord et Sud pourrait également être lié aux distances plus importantes à parcourir pour les smolts pour rejoindre les aires de croissance maritimes. Effectivement, les populations du sud devraient alors partir plus tôt pour atteindre les zones de croissance maritimes (Atlantique Nord) à temps. Cette « prédisposition » à dévaler plus tôt pour les populations situées plus au sud pourrait aussi être perceptible *via* la différence d'âge et de taille des smolts suivant la latitude. Chez la truite commune, des études font effectivement état d'une dévalaison s'effectuant à un âge plus jeune et à une taille plus petite lorsque la latitude diminue (L'Abée-Lund *et al.* 1989; B. Jonsson et L'Abée-Lund 1993). La raison serait une nouvelle fois la température plus élevée présente au sud qui entrainerait une croissance plus rapide et donc un cycle de vie écourté. Avec à terme une date de dévalaison plus précoce que les populations du Nord (B. Jonsson et L'Abée-Lund 1993). Il n'est donc pas à exclure que les populations sud du saumon Atlantique soient dans un cas similaire.

De la même manière nous pourrions envisager que les changements ne soient pas encore perceptibles et/ou que les changements des températures d'eau n'ont pas atteint un stade critique (ou encore sous-optimal). À la vue de la relation liant la date de dévalaison et la température en mer, il serait alors aussi intéressant de se pencher sur la température optimale de migration non seulement en rivière mais aussi en mer. Par ailleurs, la période de température retenue peut également influencer nos résultats. Par exemple, la période considérée ici traduit l'influence de la température sur le début de la dévalaison, mais le choix d'une période antérieure traduirait tout autre chose. Effectivement, à ce moment-là on prendrait non seulement en compte l'influence de la température sur le début de dévalaison mais aussi son influence sur la croissance. Permettant ainsi de savoir, en partie, si la température rencontrée par les juvéniles lors de leur phase de croissance influence leur date de dévalaison. La photopériode, facteur dominant influençant la dévalaison pourrait être elle aussi de son côté prise en compte dans les prochaines études.

L'importance d'effectuer un aperçu global concernant l'apparition de tendances interannuelles dans les dates de dévalaison provient de la place importante que possède celle-ci au sein du cycle de vie du saumon atlantique. Une date de dévalaison optimale limitant les coûts (stress physiologique, prédation, ...) (Handeland *et al.* 2000; Sigholt et Finstad 1990; Handeland *et al.* 1996) et augmentant les bénéfices (synchronisation avec la disponibilité de la ressource alimentaire) (Baker 1978; Haugland *et al.* 2006; L Charnov *et al.* 2013; Sloat *et al.* 2014) celle-ci affectera donc à terme la valeur sélective de l'individu. Il est donc indispensable pour la survie de l'espèce qu'aucune désynchronisation trop importante due à un décalage dans les dates, ne s'opère entre ces deux éléments : date de dévalaison et disponibilité de ressource alimentaire en mer. Cependant, la dépendance que possède la date de dévalaison vis-à-vis des conditions climatiques (température, débit) la rend apte à une modification due au changement climatique en cours (Kennedy et Crozier 2010; Crozier *et al.* 2008; Jensen *et al.* 2012). La phénologie de la population pourra ainsi être amenée à dériver lentement de la fenêtre optimale si la vitesse des changements climatiques surpasse la vitesse d'adaptation permise par la plasticité phénotypique inhérente au saumon Atlantique. Elle dérivera d'autant plus brusquement si la variabilité (nécessaire à l'adaptation) surpasse la capacité de variabilité que possède la population pour cette phénologie (Crozier *et al.* 2008). De plus, si jusqu'à maintenant on émettait l'idée d'une déconnection entre les conditions en rivière et en mer dues à des changements climatiques en rivière, mais l'inverse n'est pas à exclure. Il est effectivement probable que des changements climatiques en mer s'opèrent mais qu'aucun indice de celui-ci ne parvienne jusqu'en rivière. Provoquant ainsi à terme une désynchronisation et « maladaptation » tout aussi dommageable pour les individus.

Cette étude a permis de tester l'existence de tendances dans les dates de dévalaison via des comparaisons interannuelles. Afin de mieux comprendre la phénologie de dévalaison, il semble nécessaire de prendre en compte les biais apportés par le fonctionnement moins efficace des pièges en période de débit important. De plus il semble nécessaire de mieux comprendre les mécanismes qui permettent de déclencher la dévalaison. Par exemple, pour mieux comprendre le rôle des facteurs biotiques et abiotiques sur la date de dévalaison, il est nécessaire d'adopter une approche 1) intra-annuelle en modélisant explicitement le processus d'observation (captures journalières aux pièges) dépendant du débit et/ou de la température et 2) individuelle permettant d'étudier l'effet de la taille à la migration sur la date de dévalaison

BIBLIOGRAPHIE

Proceedings of the Sixt Conference on Fish Telemetry Held in Europe. Springer Science & Business Media.

Anderson, James J., Eliezer Gurarie, Chloe Bracis, Brian J. Burke, et Kristin L. Laidre. 2013. « Modeling Climate Change Impacts on Phenology and Population Dynamics of Migratory Marine Species ». *Ecological Modelling* 264 (août): 83-97.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.03.009>.

Antonsson, Thorolfur, et Sigurdur Gudjonsson. 2002. « Variability in Timing and Characteristics of Atlantic Salmon Smolt in Icelandic Rivers ». *Transactions of the American Fisheries Society* 131 (4): 643-55. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(2002\)131<0643:VITACO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(2002)131<0643:VITACO>2.0.CO;2).

Arne Hvidsten, Nils, Tor Heggberget, et Arne Jensen. 1998. « Sea water temperatures at Atlantic Salmon smolt entrance ». *Nordic Journal of Freshwater Research* 74 (janvier): 79-86.

Arne Hvidsten, Nils, Arne Jensen, Helga Vivås, Øyvind Bakke, et Tor Heggberget. 1995. « Downstream migration of Atlantic salmon smolts in relation to water flow, water temperature, moon phase and social behaviour ». *Nordic Journal of Freshwater Research* 70 (janvier): 38-48.

Baker, R. Robin. 1978. *The evolutionary ecology of animal migration*. New York: Holmes & Meier Publishers.

Carlsen, Kristian T., Ole K. Berg, Bengt Finstad, et Tor G. Heggberget. 2004. « Diel Periodicity and Environmental Influence on the Smolt Migration of Arctic Charr, *Salvelinus Alpinus*, Atlantic Salmon, *Salmo Salar*, and Brown Trout, *Salmo Trutta*, in Northern Norway ». *Environmental Biology of Fishes* 70 (4): 403-13.
<https://doi.org/10.1023/B:EBFI.0000035438.85321.fa>.

Cleland, Elsa, Isabelle Chuine, Annette Menzel, Harold A Mooney, et Mark Schwartz. 2007. *Shifting plant phenology in response to global change*. Vol. 22.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.04.003>.

Crozier, Lisa, Andrew Hendry, Peter Lawson, T.P. Quinn, Nathan Mantua, J Battin, R.G. Shaw, et Raymond Huey. 2008. « PERSPECTIVE: Potential responses to climate change in organisms with complex life histories: evolution and plasticity in Pacific salmon ». *Evolutionary Applications* 1 (mai): 252-70. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2008.00033.x>.

E. Thorpe, J, et R I. G. Morgan. 2006. « Periodicity in Atlantic salmon *Salmo salar* L. smolt migration ». *Journal of Fish Biology* 12 (janvier): 541-48. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1978.tb04200.x>.

Edwards, Martin, et Anthony J. Richardson. 2004. « Impact of Climate Change on Marine Pelagic Phenology and Trophic Mismatch ». *Nature* 430 (7002): 881-84.
<https://doi.org/10.1038/nature02808>.

« Effect of global warming on the timing of migration and breeding of passerine birds in the 20th century | SpringerLink ». s. d.

<https://link.springer.com/article/10.1134/S0013873806100058>.

Friedland, Kevin D., David G. Reddin, et Martin Castonguay. 2003. « Ocean Thermal Conditions in the Post-Smolt Nursery of North American Atlantic Salmon ». *ICES Journal of Marine Science* 60 (2): 343-55. [https://doi.org/10.1016/S1054-3139\(03\)00022-5](https://doi.org/10.1016/S1054-3139(03)00022-5).

Handeland, S. O., Å Berge, B. Th Björnsson, Ø Lie, et S. O Stefansson. 2000. « Seawater adaptation by out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts at different temperatures ». *Aquaculture* 181 (3): 377-96. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00241-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00241-0).

Handeland, S O, T Järvi, A Fernö, et S O Stefansson. 1996. « Osmotic stress, antipredatory behaviour, and mortality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53 (12): 2673-80. <https://doi.org/10.1139/f96-227>.

Haugland, Monika, Jens Christian Holst, Marianne Holm, et Lars Petter Hansen. 2006. « Feeding of Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L.) Post-Smolts in the Northeast Atlantic ». *ICES Journal of Marine Science* 63 (8): 1488-1500. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.06.004>.

Heggberget, Tor. 2011. « Timing of Spawning in Norwegian Atlantic Salmon (*Salmo salar*) ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 45 (avril): 845-49. <https://doi.org/10.1139/f88-102>.

Hülber, Karl, Michael Gottfried, Harald Pauli, Karl Reiter, Manuela Winkler, et Georg Grabherr. 2006. « Phenological Responses of Snowbed Species to Snow Removal Dates in the Central Alps: Implications for Climate Warming ». *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 38 (février): 99-103. [https://doi.org/10.1657/1523-0430\(2006\)038\[0099:PROSST\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1657/1523-0430(2006)038[0099:PROSST]2.0.CO;2).

Hutchings, Jeffrey, et M.E.B. Jones. 1998. « Life History Variation and Growth Rate Thresholds for Maturity in Atlantic salmon, *Salmo salar* ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55 (janvier): 22-47. <https://doi.org/10.1139/d98-004>.

Jensen, Arne, Bengt Finstad, Peder Fiske, Nils Arne Hvidsten, Audun H. Rikardsen, et Laila Saksgård. 2012. « Timing of smolt migration in sympatric populations of Atlantic salmon (*Salmo salar*), brown trout (*Salmo trutta*), and Arctic char (*Salvelinus alpinus*) ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69 (mars): 711-23. <https://doi.org/10.1139/f2012-005>.

Jonsson, B., M. Jonsson, et N. Jonsson. 2017. « Influences of migration phenology on survival are size-dependent in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*) ». *Canadian Journal of Zoology* 95 (8): 581-87. <https://doi.org/10.1139/cjz-2016-0136>.

Jonsson, B., et J. H. L'Abée-Lund. 1993. « Latitudinal Clines in Life-history Variables of Anadromous Brown Trout in Europe ». *Journal of Fish Biology* 43 (décembre): 1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1993.tb01175.x>.

Jonsson, Bror, et Jan Ruud-Hansen. 1985. « Water Temperature as the Primary Influence on Timing of Seaward Migrations of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Smolts ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 42 (3): 593-95. <https://doi.org/10.1139/f85-076>.

- Jonsson, N., et B. Jonsson. 2014. « Time and Size at Seaward Migration Influence the Sea Survival of *Salmo Salar* ». *Journal of Fish Biology* 84 (5): 1457-73. <https://doi.org/10.1111/jfb.12370>.
- Jutila, Eero, E Jokikokko, et M Julkunen. 2005. « The smolt run and postsmolt survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., in relation to early summer water temperatures in the northern Baltic Sea ». *Ecology of Freshwater Fish* 14 (mars): 69-78. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2005.00079.x>.
- Kennedy, Richard, et Walter Crozier. 2010. « Evidence of changing migratory patterns of wild Atlantic salmon *Salmo salar* smolts in the River Bush, Northern Ireland, and possible associations with climate change ». *Journal of fish biology* 76 (mai): 1786-1805. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02617.x>.
- L Charnov, Eric, Henrik Gislason, et John G Pope. 2013. « Evolutionary assembly rules for fish life histories ». *Fish and Fisheries* 14 (juin): 213-24. <https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2012.00467.x>.
- L'Abée-Lund, J, Bror Jonsson, Arne Jensen, Leif Sættem, Tor Heggberget, Bjørn Johnsen, et Tor Næsje. 1989. « Latitudinal Variation in Life-History Characteristics of Sea-Run Migrant Brown Trout *Salmo trutta* ». *Journal of Animal Ecology* 58 (juin): 525-42. <https://doi.org/10.2307/4846>.
- McCormick, S. D., B. Th Björnsson, M. Sheridan, C. Eilerlson, J. B. Carey, et M. O'Dea. 1995. « Increased Daylength Stimulates Plasma Growth Hormone and Gill Na⁺,K⁺-ATPase in Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) ». *Journal of Comparative Physiology B* 165 (4): 245-54. <https://doi.org/10.1007/BF00367308>.
- McCormick, Stephen D, Richard A Cunjak, Brian Dempson, Michael F O'Dea, et Judith B Carey. 1999. « Temperature-related loss of smolt characteristics in Atlantic salmon (*Salmo salar*) in the wild ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56 (9): 1649-67. <https://doi.org/10.1139/f99-099>.
- McCormick, Stephen, Darren Lerner, M Y. Monette, K Nieves-Puigdollor, John Kelly, et Björn Thrandur Björnsson. 2009. « Taking It with You When You Go: How Perturbations to the Freshwater Environment, Including Temperature, Dams, and Contaminants, Affect Marine Survival of Salmon ». In *American Fisheries Society Symposium*, 69:195-214.
- Metcalf, Neil, et J E. Thorpe. 1990. « Determinants of Geographical Variation in the Age of Seaward-Migrating Salmon, *Salmo salar* ». *The Journal of Animal Ecology* 59 (février): 135. <https://doi.org/10.2307/5163>.
- Milner-Gulland, E. J., John M. Fryxell, et Anthony R. E. Sinclair, éd. 2011. *Animal Migration: A Synthesis*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Otero, Jaime, Jan Henning L'Abée-Lund, Ted Castro-Santos, Kjell Leonardsson, Geir O. Storvik, Bror Jonsson, Brian Dempson, et al. 2014. « Basin-Scale Phenology and Effects of Climate Variability on Global Timing of Initial Seaward Migration of Atlantic Salmon (*Salmo Salar*) ». *Global Change Biology* 20 (1): 61-75. <https://doi.org/10.1111/gcb.12363>.
- Parmesan, Camille. 2006. *Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change*. Vol. 37. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110100>.

Piou, Cyril, et Etienne Prévost. 2013. « Contrasting effects of climate change in continental vs. oceanic environments on population persistence and microevolution of Atlantic salmon ». *Global change biology* 19 (mars): 711-23. <https://doi.org/10.1111/gcb.12085>.

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
URL <http://www.R-project.org/>.

Russell, Ian C., Miran W. Aprahamian, Jon Barry, Ian C. Davidson, Peder Fiske, Anton T. Ibbotson, Richard J. Kennedy, et al. 2012. « The Influence of the Freshwater Environment and the Biological Characteristics of Atlantic Salmon Smolts on Their Subsequent Marine Survival ». *ICES Journal of Marine Science* 69 (9): 1563-73.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr208>.

Saloniemi, I, E Jokikokko, Irma Kallio-Nyberg, Eero Jutila, et P Pasanen. 2004. « Survival of reared and wild Atlantic salmon smolts: Size matters more in bad years ». *Ices Journal of Marine Science - ICES J MAR SCI* 61 (août): 782-87.
<https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.03.032>.

Schwartz, Mark, éd. 2003. *Phenology: An Integrative Environmental Science*. Tasks for Vegetation Science. Springer Netherlands. //wenvironmental cues with endog8164080.

Sigholt, Trygve, et Bengt Finstad. 1990. « Effect of low temperature on seawater tolerance in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Smolts ». *Aquaculture* 84 (janvier): 167-72.
[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90346-O](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90346-O).

Sloat, Matthew, Dylan Fraser, Jason Dunham, Jeffrey Falke, Chris Jordan, John Mcmillan, et Haley Ohms. 2014. « Erratum to: Ecological and evolutionary patterns of freshwater maturation in Pacific and Atlantic salmonines ». *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 24 (septembre): 709-11. <https://doi.org/10.1007/s11160-014-9354-x>.

Sokolov, L. V. 2006. « Effect of Global Warming on the Timing of Migration and Breeding of Passerine Birds in the 20th Century ». *Entomological Review* 86 (S1): S59-81.
<https://doi.org/10.1134/S0013873806100058>.

Staurnes, Magne, Trygve Sigholt, Torbjørn Åsgård, et Grete Baeverfjord. 2001. « Effects of a temperature shift on seawater challenge test performance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolt ». *Aquaculture* 201 (1): 153-59. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00654-8](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00654-8).

Stich, Daniel S., Michael T. Kinnison, John F. Kocik, et Joseph D. Zydlewski. 2015. « Initiation of migration and movement rates of Atlantic salmon smolts in fresh water ». *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 72 (9): 1339-51.
<https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0570>.

Taborsky, Barbara, Ulf Dieckmann, et Mikko Heino. 2003. « Unexpected discontinuities in life–history evolution under size–dependent mortality ». *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society* 270 (mai): 713-21. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2255>.

Thorup, Kasper, Anders Tøttrup, et Carsten Rahbek. 2007. « Patterns of phenological changes in migratory birds ». *Oecologia* 151 (mai): 697-703. <https://doi.org/10.1007/s00442-006-0608-8>.

- Walther, Gian-Reto, Eric Post, Peter Convey, Annette Menzel, Camille Parmesan, Trevor J. C. Beebee, Jean-Marc Fromentin, Ove Hoegh-Guldberg, et Franz Bairlein. 2002. « Ecological Responses to Recent Climate Change ». *Nature* 416 (6879): 389-95.
<https://doi.org/10.1038/416389a>.
- Whalen, K. D. Parrish, et S. McCormick. 1999. « Migration timing of Atlantic salmon smolts relative to environmental and physiological factors ». *Transactions of the American Fisheries Society*, janvier. https://scholarworks.umass.edu/fishpassage_journal_articles/177.
- Williams C. T., Barnes B. M., Kenagy G. J., et Buck C. L. 2013. « Phenology of hibernation and reproduction in ground squirrels: integration of environmental cues with endogenous programming ». *Journal of Zoology* 292 (2): 112-24. <https://doi.org/10.1111/jzo.12103>.
- Winder, Monika, et Daniel Schindler. 2100. « Climate change uncouples trophic interactions in an aquatic ecosystem ». *Reports Ecology* 85 (janvier): 2100-2106.
<https://doi.org/10.1890/04-0151>.
- Zydlewski, Gayle, D S. Stich, et Stephen McCormick. 2014. « Photoperiod control of downstream movements of Atlantic salmon *Salmo salar* smolts ». *Journal of Fish Biology* 85 (octobre). <https://doi.org/10.1111/jfb.12509>.
- Russell, Ian C., Miran W. Aprahamian, Jon Barry, Ian C. Davidson, Peder Fiske, Anton T. Ibbotson, Richard J. Kennedy, et al. 2012. « The Influence of the Freshwater Environment and the Biological Characteristics of Atlantic Salmon Smolts on Their Subsequent Marine Survival ». *ICES Journal of Marine Science* 69 (9): 1563-73.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr208>.

ANNEXE

Annexe 1. Tableau des tâches

Intervenant	Idée originale	Bibliographie	Collecte des données	Analyse statistique	Rédaction
Principal	MB	VS	NJ, YG	VS	VS
Secondaires		MB	VS	MB	MB

VS : Valentin Santanbien, stagiaire

MB : Mathieu Buoro, maître de stage

NJ : Nicolas Jeannot, technicien sur le site expérimental Scorff

YG : Yoann Guilloux, technicien sur le site expérimental Scorff

Annexe 2. Calendrier du stage

[illegible]

Résumé

Des changements phénologiques (floraison, migration, ...) sont observés à travers le règne animal et végétal en lien avec le changement climatique. En ce qui concerne le saumon Atlantique (*Salmo salar*), de nombreuses études ont mis en évidence un départ en mer des juvéniles (dévalaison) de plus en plus tôt et des retours des adultes vers les rivières natales de plus en plus tardifs, mais avec de fortes disparités entre les populations du Nord de l'Europe et celles du Sud de l'aire de répartition. Le décalage dans la date de dévalaison peut avoir à terme des répercussions négatives sur la survie de l'individu *via* le risque de prédation, l'adaptation au milieu salin et la désynchronisation avec la disponibilité de ressources alimentaires en mer. La présente étude a pour objectif de mettre en évidence un changement temporel dans la date de dévalaison des juvéniles de saumon Atlantique dans une population de l'aire sud de distribution de l'espèce. Elle s'appuie sur un suivi interannuel des dates de dévalaison dans la rivière du Scorff (France) entre 1995 et 2017. Nos résultats mettent en évidence des tendances négatives pour la date de migration vers la mer mais non significatives. Aucune tendance significative ne fut aussi trouvée pour les facteurs environnementaux (température de l'eau et débit) susceptibles de déclencher le début de la dévalaison. Nous émettons l'hypothèse que les bonnes conditions de croissance en rivière et la température de l'océan d'accueil favorisent déjà une dévalaison précoce dans les populations de la zone sud de l'aire de répartition du saumon Atlantique vis-à-vis des populations du Nord (respectivement début printemps contre fin printemps).

Mots clés : phénologie, saumon Atlantique, dévalaison, timing, changement climatique