



HAL
open science

Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents

Eric Petit, Anthony Acou, Didier Azam, Agnes Bardonnnet, Dominique D. Barloy, Yoann Benneveault, Anne-Laure Besnard, Valérie Bolliet, Clarisse Boulenger, Pascale Coste-Heinrich, et al.

► **To cite this version:**

Eric Petit, Anthony Acou, Didier Azam, Agnes Bardonnnet, Dominique D. Barloy, et al.. Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents. [Rapport de recherche] Agence de l'Eau Seine-Normandie. 2016, pp.18. hal-03357109

HAL Id: hal-03357109

<https://hal.inrae.fr/hal-03357109v1>

Submitted on 28 Sep 2021

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Dispersion et (re)colonisation du cours de la Sélune et de ses affluents

Rapport d'étape 2015

Ce rapport reprend les principaux objectifs du projet d'étude de la recolonisation de la Sélune et de ses affluents. Ces rappels sont suivis d'une synthèse des résultats obtenus en 2015, année qui a été écourtée du fait de la signature tardive de la convention de recherche entre l'INRA et l'AESN : il s'agit de ce fait d'un rapport d'étape sur les actions prévues pour 2015, et non d'un rapport final.

Ce thème de recherche rassemble un ensemble important d'acteurs issus de six laboratoires dépendants de onze organismes différents, comme indiqué ci-après :

Nom du laboratoire , organismes de tutelle <i>Personnes impliquées</i>
UMR BOREA , Museum National d'Histoire Naturelle, Université Pierre et Marie Curie, CNRS, IRD, Université Caen Normandie, Université des Antilles <i>Anthony Acou, Eric Feunteun</i>
UMR CARTEL , INRA, Université de Savoie <i>Jean Guillard</i>
UMR ECOBIO , CNRS, Université Rennes 1 <i>Jean-Marc Paillisson</i>
UMR ECOBIOP , INRA, Université de Pau et des Pays de l'Adour <i>Agnès Bardonnet, Valérie Bolliet, Pascale Coste, Emmanuel Huchet, Olivier Lepais, Etienne Prevost, Jacques Rives</i>
UMR ESE , INRA, Agrocampus Ouest <i>Jean-Luc Baglinière, Dominique Barloy, Anne-Laure Besnard, Clarisse Boulenger, Julie Coudreuse, Aurélie Daroux, Guillaume Evanno, Guillaume Forget, Dominique Huteau, Sophie Launey, Patricia Le Quilliec, François Martignac, Marie Nevoux, Adrien Oger, Dominique Ombredane, Eric Petit, Maxime Poupelin, Elodie Réveillac</i>
U3E , INRA <i>Didier Azam, Yoann Benneveault, Frédéric Marchand, Pablo Rault</i>

Rappel des objectifs et attendus du projet dispersion/recolonisation

Les objectifs ultimes du projet de suivi de l'arasement des barrages sur la Sélune sont (1) de mesurer les changements induits par cette perturbation à l'échelle d'un écosystème, (2) de caractériser la dynamique de ces changements, et (3) de mettre en évidence les mécanismes en jeu. Décliné sur le thème de la (re)colonisation du bassin de la Sélune, ce projet a ainsi pour but d'apporter des réponses aux questions interconnectées suivantes :

- quelles sont les espèces qui profitent de l'arasement des barrages pour (re)coloniser la Sélune et ses affluents ?
- quelles sont les conséquences de la levée des barrages sur la distribution des espèces et leur structure démo-génétique à l'échelle du bassin versant ?
- quelles sont les conséquences de la dynamique de (re)colonisation sur les traits des espèces concernées ?

Répondre à ces questions nous permettra d'apporter des connaissances sur la dynamique de colonisation d'une rivière après levée d'une barrière à la dispersion par la caractérisation du cortège d'espèces recolonisatrices, par le suivi du devenir de formes sédentaires d'espèces anadromes, par l'identification génétique et phénotypique des colonisateurs, et par la mise en évidence des processus évolutifs à l'œuvre lors de cette dynamique, notamment grâce à des comparaisons inter-spécifiques entre espèces autochtones et espèces invasives, et par des comparaisons intra-spécifiques entre écotypes sédentaires et migrants.

Ces connaissances permettront de prioriser des mesures de gestion, notamment en ce qui concerne les espèces d'intérêt piscicole et les espèces invasives.

Les objectifs opérationnels et la mise en œuvre méthodologique pour la phase pré-arasement (2015-2019), pour lesquels nous présentons des éléments d'avancement ci-après, comprennent :

1. La construction d'un état de référence de la dynamique de la distribution spatiale des espèces et de leur abondance ;
2. La construction d'un état de référence démographique des populations ;
3. La mise au point d'outils pour caractériser les migrations de poissons ;
4. La mise au point d'outils et d'états de référence pour la caractérisation des phénotypes ;
5. La mise au point d'outils et d'états de référence de la structure génétique des populations ;
6. La mise au point d'outils et d'états de référence pour déterminer l'origine des colonisateurs.

#####

1. CONSTRUCTION D'UN ÉTAT DE RÉFÉRENCE DE LA DYNAMIQUE DE LA DISTRIBUTION SPATIALE DES ESPÈCES ET DE LEUR ABONDANCE

#####

1.1 Mise en œuvre des pêches toutes espèces de poissons (7 stations), anguilles (22 stations), truites (25 stations), lamproies (11 stations) et écrevisses (60 stations) sur le bassin de la Sélune.

Cette thématique de recherche a été financée jusque fin 2015 par une fiche ONEMA pour ce qui concerne les poissons. Nous faisons de ce fait ici un bilan du travail mené sur les écrevisses.

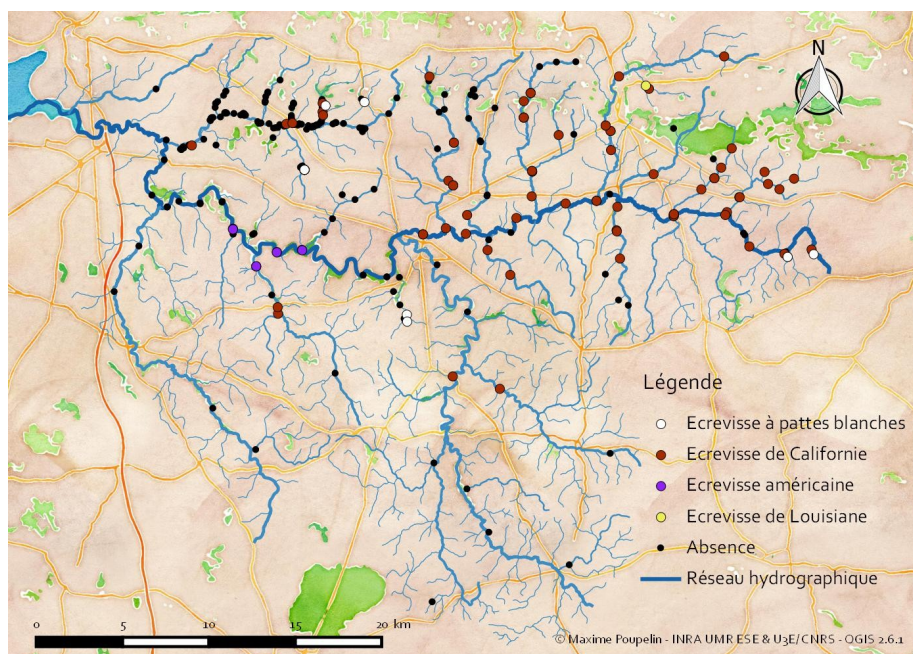
Le bilan qui suit constitue un premier état des lieux de la distribution spatiale des écrevisses sur le bassin de la Sélune. Ce bilan certes très partiel a le mérite de fournir des données inédites et très utiles pour la suite des travaux. C'est en effet une base essentielle à la conduite d'autres investigations : développement d'une méthode moléculaire de détection des écrevisses, étude du suivi d'individus marqués, analyse des réseaux trophiques, structure génétique des populations (cf. § 1.7, 4.2 et 5)... Ce bilan reprend les données recueillies lors de diverses campagnes de terrain (piégeages spécifiques et pêches électriques) réalisées au cours des dernières années par les équipes scientifiques de l'INRA et du CNRS de Rennes et se traduit par une carte (cf. ci-dessous) publiée récemment dans le bulletin d'information du bulletin de la Sélune (n°15).

Après une phase test réalisée en 2013, une campagne d'inventaire spécifique a été menée à l'automne 2014, à l'aide de pièges, sur 10 affluents de la Sélune en amont des retenues et aussi dans la zone d'emprise des retenues, totalisant 61 stations. A chaque station, 15 pièges ont été installés sur une durée de 24h. La densité de points sur la carte ci-dessous traduit en grande partie ce travail spécifique. Le bilan s'attache avant tout à renseigner la présence/absence d'écrevisses. Les stations dépourvues d'écrevisses sont ainsi reportées (pastilles noires) puisque ces données sont aussi très informatives.

L'écrevisse de Californie ou écrevisse signal, *Pacifastacus leniusculus*, est l'espèce majoritaire. Plusieurs faits laissent à penser que l'espèce s'est propagée sur le bassin de la Sélune à partir de la Cance près de Mortain, lieu d'introduction il y a de cela une trentaine d'années. De là, la colonisation de tout le cours de la Sélune et de ses affluents a eu lieu jusqu'à la queue de la retenue de Vézins. Les zones les plus amont de certains de ces affluents sont encore dépourvues en écrevisses. L'espèce est aussi présente sur le Lair et le Liron et sa répartition est certainement plus généralisée sur les affluents de ces deux cours d'eau qu'il n'y paraît sur la carte. Sur l'Oir, les quelques observations récentes correspondent à des individus très localisés et sont vraisemblablement le fait d'introductions volontaires. L'espèce est en effet totalement absente à l'aval des retenues. Les premiers affluents en amont du barrage de Vézins ne sont pas colonisés par l'écrevisse signal.

Une autre espèce, l'écrevisse américaine, *Orconectes limosus*, est présente dans les barrages. Cette espèce a été l'une des premières écrevisses introduite en Europe il y a de cela un siècle. Affectionnant les eaux calmes et profondes, elle supporte bien les charges en matières organiques et les faibles teneurs en oxygène. Sa présence dans les retenues n'est donc pas étonnante.

L'écrevisse de Louisiane, *Procambarus clarkii*, est la troisième espèce d'écrevisses introduites notées sur le bassin de la Sélune. Cette espèce colonise préférentiellement les milieux lenticules, et plus secondairement les petits cours d'eau. Actuellement, sur le bassin de la Sélune, l'espèce n'a été détectée qu'en une seule localité, un étang à proximité de la Cance, parmi une importante population d'écrevisses signal.



Résultat des prospections écrevisses menées dans le cadre du programme Sélune

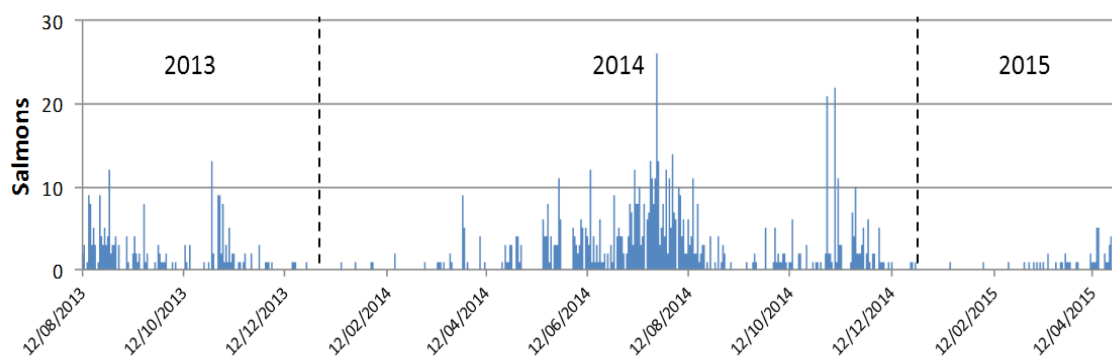
L'écrevisse à pattes blanches, *Austropotamobius pallipes*, est la seule espèce native présente. Alors que cette espèce était vraisemblablement bien plus présente sur le bassin de la Sélune il y a de cela 20-30 ans, elle est désormais localisée à l'amont de certains affluents et à la source de la Sélune. Le défaut de prospection actuel ne permet pas de se faire une idée précise sur la distribution exacte de l'espèce sur tous les petits cours d'eau. Il conviendrait d'y remédier à l'avenir. Il s'agit d'une espèce exigeante, qui affectionne les eaux de bonne qualité. Sa régression généralisée sur le territoire national est associée à la prolifération de l'écrevisse signal, espèce porteuse saine de la peste des écrevisses, maladie à laquelle l'écrevisse à pattes blanches est particulièrement sensible. La situation de l'écrevisse à pattes blanches sur le bassin de la Sélune ne fait certainement pas exception à ce constat national.

Les travaux d'inventaire doivent être poursuivis, d'une manière ou une autre. L'état de référence sur la distribution des écrevisses pré-arasement des barrages devrait donc être complété. A ce sujet, un effort d'intégration des données obtenues par d'autres acteurs sera effectué.

1.2 Utilisation de la caméra DIDSON pour analyser la dynamique migratoire des espèces diadromes (salmonidés migrants, anguille et lamproies).

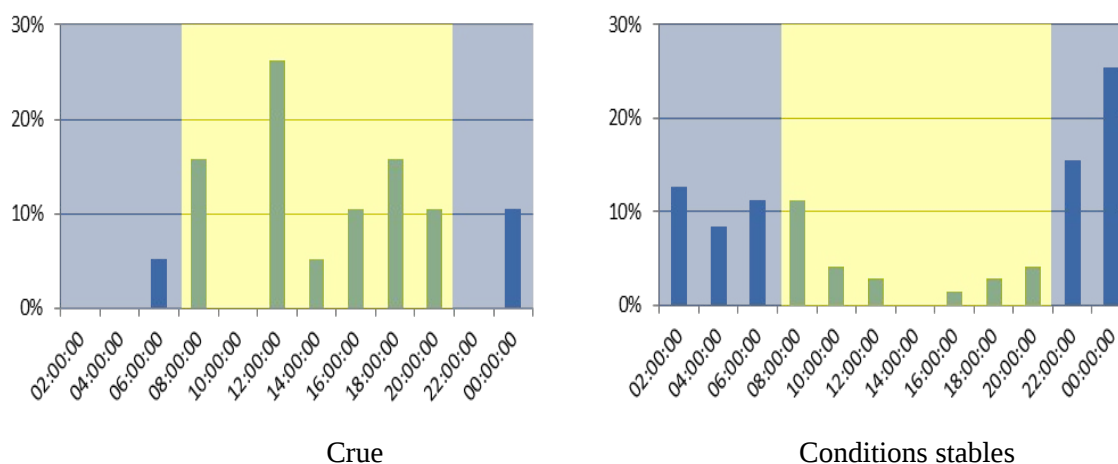
Une caméra acoustique DIDSON (Dual Beam Identification SONar), un outil hydroacoustique permettant d'observer de façon non intrusive les populations de poissons, est installée sur la Sélune dans la commune de Ducey. Elle enregistre en continu les passages de poissons depuis août 2013. Dans le cadre de la thèse de François Martignac, nos travaux se sont portés sur l'identification et la discrimination des saumons atlantiques (*Salmo salar*). La visualisation de toutes les vidéos étant trop chronophage, une méthodologie de « tracking » des saumons avec le logiciel Sonar5 Pro a été mise en place. Elle permet de diviser le temps de traitement des données par 3 et de sélectionner 70% des saumons. La méthodologie se base sur plusieurs critères : la taille (individus mesurant plus de 50 cm), la vitesse de nage (supérieur à $0,4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) et la direction du poisson (déplacement franc vers l'amont de la rivière). Une vérification visuelle est réalisée afin de confirmer que la cible sélectionnée par le logiciel est bien un saumon. Lors de cette vérification, les saumons sont mesurés manuellement cinq fois sur le logiciel constructeur SoundMetrics. Entre août 2013 et mai 2015,

1015 passages de saumons ont été recensés.



Chronologie des passages de saumons de août 2013 à mai 2015

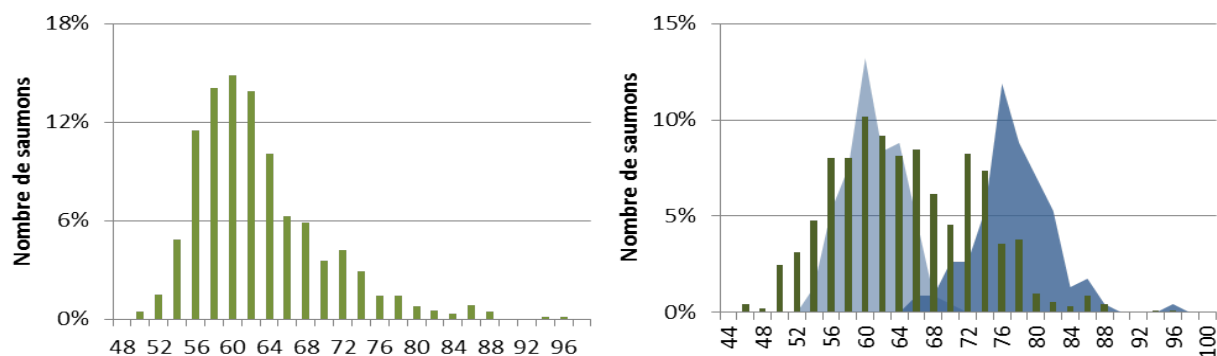
Des données environnementales (température, vitesse du courant, hauteur d'eau et depuis août 2015 turbidité) sont également enregistrées en continu afin de relier les passages et les comportements migratoires des saumons avec les conditions locales du milieu. On remarque différents comportements de migration en fonction des conditions hydrologiques.



Passage de saumons (pourcentage) en fonction de l'heure et des conditions hydrologiques

Les résultats des suivis nous ont également permis d'extraire de nombreuses informations sur les poissons de la Sélune. Plusieurs comportements propres aux espèces locales ont été observés (prédation, interaction entre individus, comportement erratique, reproduction d'alse, fouille du sédiment par des carpes, passage de bancs de juvéniles...), le site de suivi sur la Sélune constituant un habitat à part entière. Une stagiaire de Master 1, Axelle Bonnin, a été recrutée pour mettre en place une méthodologie de « tracking » des lamproies et des anguilles en se basant sur celle existante pour les saumons mais les résultats n'ont pas été probants. En accord avec le développeur du logiciel de Sonar5-Pro, les limites actuelles du logiciel sont atteintes, et des améliorations de l'outil sont en cours grâce aux résultats de ce travail.

En parallèle, des travaux expérimentaux ont été menés afin de valider la précision des mesures de taille avec le DIDSON. Cinquante poissons (vingt carpes et trente truites) de taille connue (taille totale comprise entre 50 et 70cm) ont été placés dans un bassin expérimental et leurs mouvements ont été enregistrés avec la caméra DIDSON. Sur les vidéos enregistrées, plusieurs opérateurs ont mesurés les poissons vingt fois chacun.



Histogrammes de la distribution des tailles des saumons atlantiques mesurés avec le DIDSON. Données brutes (gauche) et données corrigées avec le modèle (droite). Les surfaces pleines bleues représentent les données de distribution de taille issues des captures (source : ONEMA).

Les tailles réelles des poissons ont ensuite été comparées aux tailles mesurées sur les images du DIDSON. Des méthodes de bootstrap montrent que 5 mesures par poissons permettent d'obtenir une erreur moyenne de 2.69cm. De plus des modèles linéaires généralisés ont démontré une influence de la taille réelle des poissons et de l'opérateur. Une surestimation des poissons de moins de 55 cm et une sous-estimation des poissons de plus de 55cm ont été mises en évidence. Le modèle a été utilisé pour corriger les données de distribution de tailles des saumons atlantiques (comprise entre 50 et 70cm) de la Sélune.

La caméra acoustique DIDSON est un outil non intrusif susceptible d'apporter de nombreuses informations dans le cadre d'études de suivi écologique. Elle permet d'évaluer les populations de poissons et d'étudier leur comportement de nuit et en eau turbide où les systèmes optiques sont inefficaces. Cet outil ne supplante pas les autres techniques d'estimation de population (piégeage, pêche électrique ...), notamment en ce qui concerne l'étude des traits d'histoire de vie ou la génétique des populations de poissons, mais s'avère être un outil complémentaire permettant d'acquérir des données comportementales et morphologiques sur les populations de poissons sur des chroniques longues sans perturber leur activité naturelle.

1.3 Pêches au guideau ou à la tézelle pour caractériser la population dévalante d'anguilles argentées.

Les pêches au guideau à la tézelle pour caractériser la population dévalante d'anguilles argentées n'ont pas été encore réalisées. La mise en place d'une pêcherie est un point important pour les anguilles argentées mais également pour les autres migrateurs (truites, saumons, etc.). L'objectif est donc de mutualiser les moyens avec tous les partenaires/collègues investis par la question des flux de migrateurs (anguilles et autres espèces). Un atelier « pluri espèces » devrait donc rapidement avoir lieu (il est prévu de l'organiser en janvier 2016) afin de repérer le(s) sites le(s) plus propice(s) et sélectionner le système de piégeage le plus polyvalent. La mise en œuvre de ce dispositif et la campagne d'échantillonnage ne pourront commencer qu'en 2016.

1.4 Pêches de juvéniles de saumons sur les 4 fleuves de la Baie du Mont Saint-Michel pour constituer une collection d'échantillons et de données de référence pré-arasement au niveau génétique et démographique.

Le Saumon Atlantique (*Salmo salar*) est une espèce anadrome appartenant à la famille des salmonidés. Le saumon se reproduit généralement dans son cours d'eau d'origine. Cependant, ce n'est pas une règle stricte et certains saumons vont se reproduire dans d'autres bassins versants.

La recolonisation de l'amont du bassin de la Sélune va entraîner des modifications non seulement pour la population de ce cours d'eau mais aussi potentiellement sur les populations adjacentes étant donné le fonctionnement en métapopulation entre les populations de la Baie du Mont-Saint-Michel. Les futurs recolonisateurs pourront donc provenir de la partie aval déjà colonisée (cours principal, Oir et Beuvron), d'autres bassins versants de la Baie du Mont-Saint-Michel (Sée, Couesnon et Sienne) et dans une moindre mesure d'autres rivières normandes, bretonnes, voire plus éloignées.

Ainsi il est souhaitable de faire un état des lieux le plus exhaustif possible des populations de saumons

adultes et juvéniles avant l'arasement des barrages de la Sélune. Cet état des lieux porte sur les traits de vie et la structuration génétique des populations des bassins versants de la Sélune, la Sée, la Sienne et le Couesnon. Des collections de références de tissus, d'écaillés et d'otolithes seront constituées afin de créer une banque de données génétiques et phénotypiques. Cela permettra à terme une description précise de l'origine et de la biologie des poissons recolonisant l'amont de la Sélune.

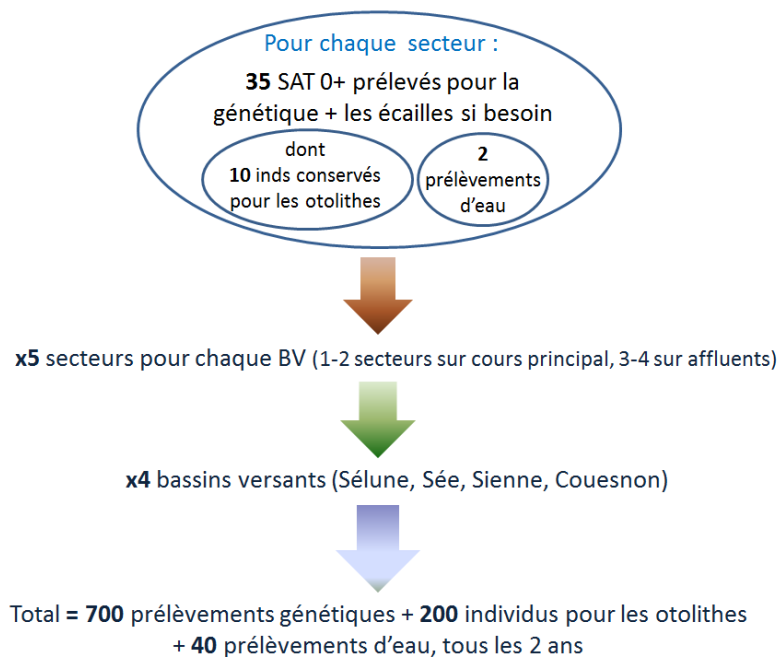
Le protocole de prélèvements sur les saumons juvéniles a été mis en place pour la première fois en 2015 sur les bassins versants du Couesnon, de la Sée, la Sienne et la Sélune. Les prélèvements sont réalisés en partenariat avec les fédérations de pêche et de protection des milieux aquatiques de la Manche et d'Ille et vilaine, lors de leurs campagnes annuelles d'indices d'abondance saumon. Cette campagne a été réalisée de fin août à fin septembre 2015 et sera reproduite tous les deux ans. Elle permet de fournir les échantillons biologiques des problématiques évoquées dans les § 5 et 6.

Méthodologie. Cette campagne de prélèvements de saumons juvéniles vise à caractériser des populations bien distinctes au sein même des quatre bassins versants. Afin d'optimiser le maillage de couverture des bassins, les rapports antérieurs d'indices d'abondance de saumons ont été analysés. Pour chaque bassin, cinq secteurs à forte abondance et éloignés les uns des autres sont échantillonnés. Un ou deux secteurs sont placés sur le cours principal et trois ou quatre sur des affluents distincts.

La méthode ne concerne que les tacons âgés de moins d'un an (0+), natifs de leur lieu de capture et représentatifs de la population locale. Il s'agit de capturer 35 tacons 0+ pour chacun des 5 secteurs sur chaque bassin versant prospecté (Sée, Sienne, Couesnon, Sélune). Chaque tacon fait l'objet d'un prélèvement génétique au niveau de la nageoire pelvienne. Les juvéniles dont la cohorte 0+ ou 1+ est incertaine font l'objet d'un prélèvement d'écaillés pour déterminer leur cohorte avec certitude.

Sur les 35 tacons mesurés et pesés, 10 sont sacrifiés et conservés pour prélever les otolithes ultérieurement. Deux prélèvements d'eau sont effectués sur chaque secteur, en lien avec l'analyse microchimique des otolithes.

Ce schéma de prélèvement 2015 représente donc **700** individus échantillonnés pour la génétique et si besoin les écaillés (35 inds * 5 secteurs * 4 bassins versants). Parmi ces 700 individus, **200** sont conservés pour les otolithes (10 inds * 5 secteurs * 4 bassins versants). **40** prélèvements d'eau auront été effectués (2 prélèvements * 5 secteurs * 4 bassins versants).



Aperçu du protocole d'échantillonnage sur les saumons juvéniles de moins d'un an

1.5 Comptages de frayères de lamproie marine sur la partie aval des barrages du bassin de la Sélune.

La lamproie marine (*Petromyzon marinus*) est une espèce migratrice potamotocue, appartenant à la classe des Agnathes. Sa taille moyenne est de 80 cm pour un poids de 0,9 à 1 kilogramme. Elle montre une coloration jaunâtre, marbrée de noir sur le dos et les flancs. La migration des lamproies marines commence à la fin de l'hiver (mars-avril), après un séjour en mer de 2-3 ans où elles effectuent leur phase de croissance par parasitisme. La remontée des cours d'eau se fait de nuit pour rejoindre leurs zones de frai de mai à juillet. La reproduction a lieu jusqu'à fin juillet sur des substrats composés d'une granulométrie grossière de type cailloux-galets.

La distribution spatiale et l'abondance de la population de *Petromyzon marinus* est mal connue sur la Sélune et ses affluents. Les pêches expérimentales en amont des barrages démontrent clairement l'absence totale des lamproies marines. Nous cherchons donc à mettre en place un état de référence de la population sur la partie du bassin en aval des barrages. Pour cela, un protocole de comptage de frayères de *Petromyzon* a été mis en place pour la première fois en 2015 et se poursuivra dans les années à venir. Il permet de déterminer l'abondance et la distribution spatiale des frayères. Après l'arasement des barrages, il sera possible de visualiser l'évolution du front de colonisation de *Petromyzon* d'année en année et de quantifier l'augmentation de la population de lamproies marines sur l'ensemble du bassin versant.

Méthodologie. Les zones de reproduction des lamproies marines sont principalement des radiers et des plats courants à granulométrie grossière. Les frayères se caractérisent par une dépression accompagnée d'un dôme d'éjection sédimentaire immédiatement en aval. Le mâle remanie le substrat en déplaçant les cailloux et galets à l'aide de sa puissante ventouse buccale. Les pierres retournées sur le dôme sont plus claires car le biofilm est absent. Les nids sont donc facilement visibles et identifiables jusqu'à plusieurs semaines après le frai. Il est possible d'observer des nids multiples, soudés, appelés « barres » de frayères. Une méthode de mesure de la surface de la cuvette des frayères a été testée afin de voir s'il était possible d'extrapoler le nombre de géniteurs présent dessus. Les géniteurs observés *in situ* sont comptés et sexés si possible.



Vue d'une frayère de *Petromyzon marinus* sur la Sélune

Le cours d'eau principal de la Sélune a été couvert en kayak pour couvrir plus de terrain, du barrage de la Roche Qui Boit jusqu'à Ducey. Les affluents ont été couverts à pied, sur les berges ou directement dans le cours d'eau suivant la visibilité. Le Beuvron a été prospecté dans sa totalité, de l'embouchure à la pisciculture de Valjoie, en amont de Saint James. L'Oir a été couvert sur les tronçons d'habitats favorables, de l'embouchure jusqu'au Bief du château de Montgohier.

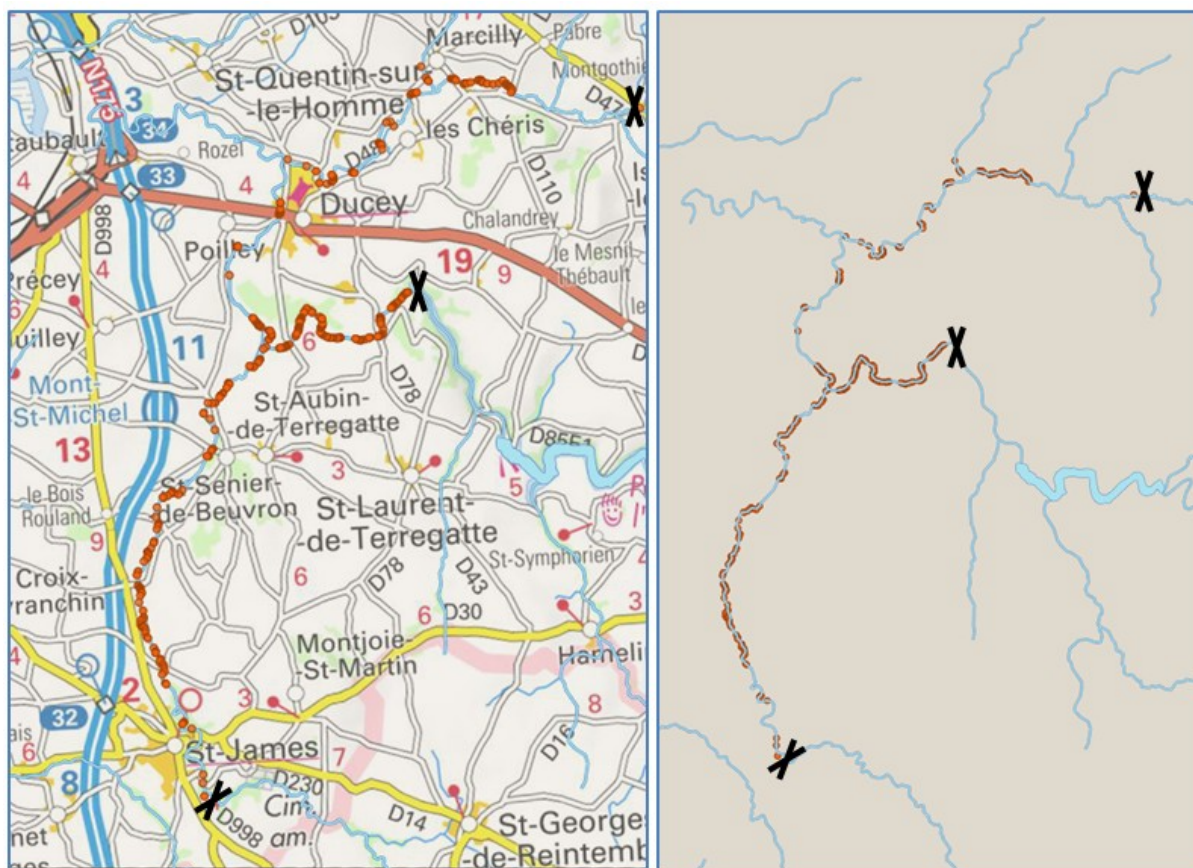
Quatre journées comprises entre le 20 et 30 juillet 2015 ont permis de réaliser la totalité des observations. Les conditions hydrologiques étaient correctes, permettant une bonne observation du lit des cours d'eau.

Résultats. Sur le cours principal de la Sélune, la profondeur varie entre 1,2 m et 40 cm sur les radiers. 435 frayères ont été dénombrées sur un linéaire de 8,9 kilomètres. Le moulin de Quincampoix proche de Ducey montre un certain effet bloquant sur la migration des lamproies. Une concentration importante de frayères est observée immédiatement en aval de l'ouvrage. Cependant, de nombreuses frayères sont observées en amont jusqu'au barrage de la Roche Qui Boit.

Sur le Beuvron, le comptage a été effectué de manière linéaire sur environ 14 km en partant de l'embouchure

jusqu'à la pisciculture de Valjoie. 143 frayères ont été observées. L'habitat est très favorable, de nombreux radiers s'échelonnent régulièrement le long du cours d'eau, la profondeur est comprise entre 20 à 70 cm. Il n'y a pas d'ouvrage stoppant totalement la migration. On observe simplement une raréfaction des frayères à partir de Saint Benoît.

L'Oir, prospecté uniquement sur les zones favorables, présente une profondeur similaire à celle du Beuvron. Les zones de plats courants et de radiers sont plus espacées que sur le Beuvron. 115 frayères ont été observées, la limite amont se situe à la Butte Pichon, à environ 7,5 km de l'embouchure. L'inconvénient du mode de prospection discontinu, uniquement sur les zones favorable est qu'il n'est pas possible de connaître avec précision le front de colonisation.



Aperçu de la géolocalisation des frayères de *Petromyzon marinus* sur la Sélune, le Beuvron et l'Oir.
Les croix indiquent les limites amont de prospection

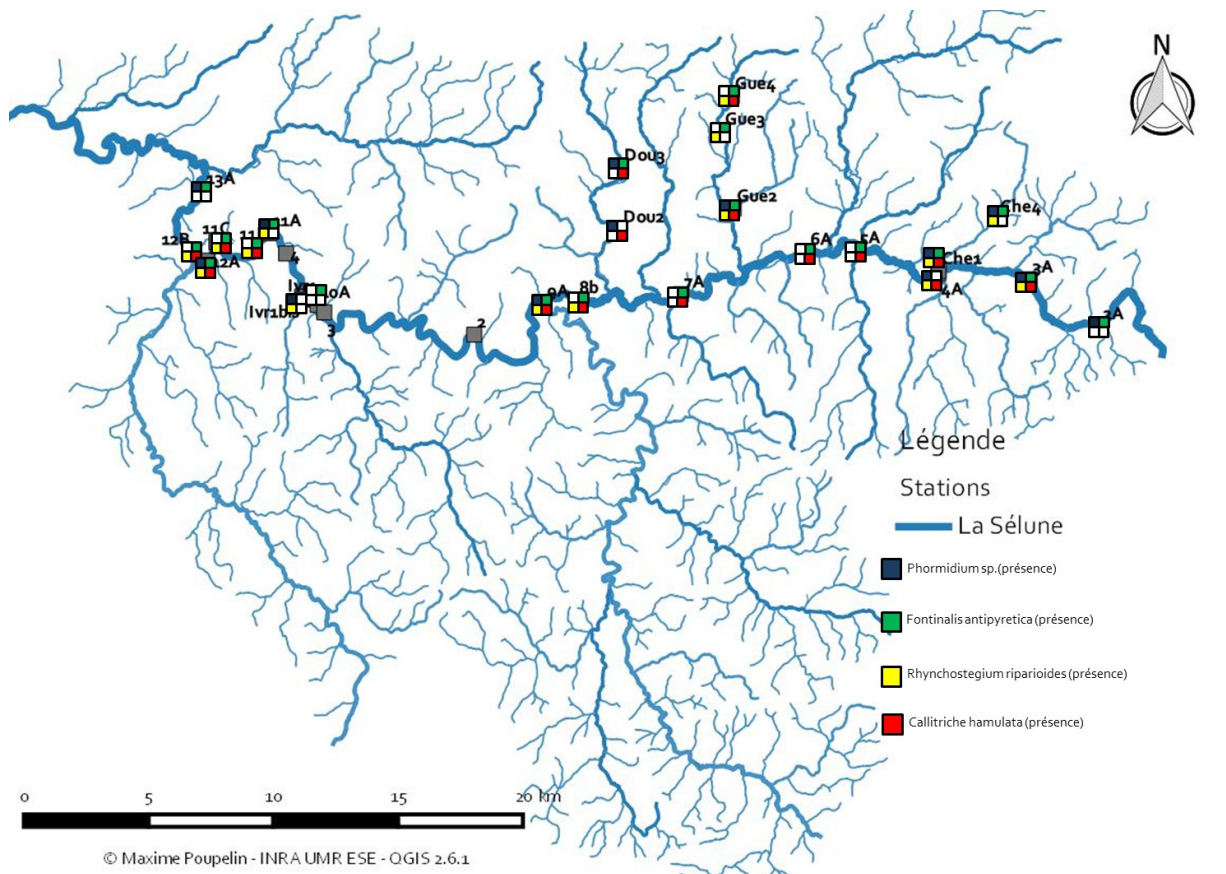
Le protocole de mesure de la surface des frayères est fastidieux et chronophage car il implique de descendre dans le cours d'eau à chaque frayère observée. Cette méthode n'a pas été retenue afin de couvrir l'ensemble des cours d'eau dans un temps acceptable. Trois géniteurs mâles tardifs de lamproies marines ont été observés sur leurs frayères le long du Beuvron et de la Sélune.

Les inventaires des années suivantes fourniront des points de comparaison pour évaluer la qualité du recrutement annuel 2015 sur la Sélune.

1.6 Relevé botanique des macrophytes sur la Sélune en amont (10 stations) et en aval (3 stations) des barrages, ainsi que sur cinq affluents de la Sélune situés en amont des barrages.

Cette action est conjointe aux deux autres sous-thèmes « Biomonitoring » et « Réseau trophique » et a été financée en 2015 sur ces 2 sous-thèmes. La végétation macrophytique de la rivière Sélune est caractéristique des rivières acides à Renoncules, dominées par les bryophytes en amont (*Rhynchostegium riparioides*, *Fontinalis antipyretica* et *Chiloscyphus polyanthus* par exemple) et les phanérogames en aval (*Ranunculus penicillatus* et *Callitriche hamulata*). Les actions menées dans le cadre de « Réseaux trophiques » ont

consisté, à partir des relevés floristiques sur le cours principal et les affluents de la Sélune, à identifier les espèces les plus présentes sur l'ensemble du réseau étudié. Le mode de reproduction (sexué et asexué) a aussi été un élément de choix des espèces. Ainsi les quatre espèces suivantes ont été retenues pour les analyses génétiques qui seront réalisées en 2016-2017: *Phormidium sp.* (algue, haploïde, sexuée), *Fontinalis antipyretica* (mousse, haploïde, sexuée et asexuée), *Rhynchostegium riparioides* (mousse, haploïde, asexuée et sexuée) et *Callitriche hamulata* (phanérogame, diploïde, sexuée). Leur distribution est représentée sur la carte ci-dessous.



Résultat des prospections menées dans le cadre du programme Sélune pour quatre espèces végétales

Sur les 23 stations de relevés, l'espèce la plus fréquente et la plus abondante est la mousse *Fontinalis antipyretica* (87% d'occurrence ; $3.5 \pm 4.5\%$ de recouvrement). Suivent la phanérogame *Callitriche hamulata* (70% d'occurrence ; $3 \pm 6.9\%$ de recouvrement), la mousse *Rhynchostegium riparioides* (65% d'occurrence ; $1.5 \pm 2.7\%$ de recouvrement) et finalement l'algue *Phormidium sp.* (56% d'occurrence ; $0.1 \pm 0.2\%$ de recouvrement). Les quatre espèces sont communes sur 3 stations en amont des retenues, 2 en amont lointain (3A et 4A) et une en aval direct de la retenue (9A) et sur une des stations en aval (pont de Signy). Elles sont également toutes présentes sur une des stations sur deux affluents : la Gueuche (Gue2) et le ruisseau de Chenilly (Che1).

En 2016, des prélèvements pour caractérisation génétique seront réalisés sur divers points du linéaire pour chaque espèce.

1.7 Mise au point d'une méthode de détection des écrevisses par analyse d'ADN environnemental.

Cette action est conjointe aux deux sous-thèmes « Réseaux trophiques » et « Recolonisation », mais est financée dans le cadre du premier. Le bilan correspondant est donc à lire dans le rapport 2015 sur les actions menées dans le cadre des « Réseaux trophiques ».

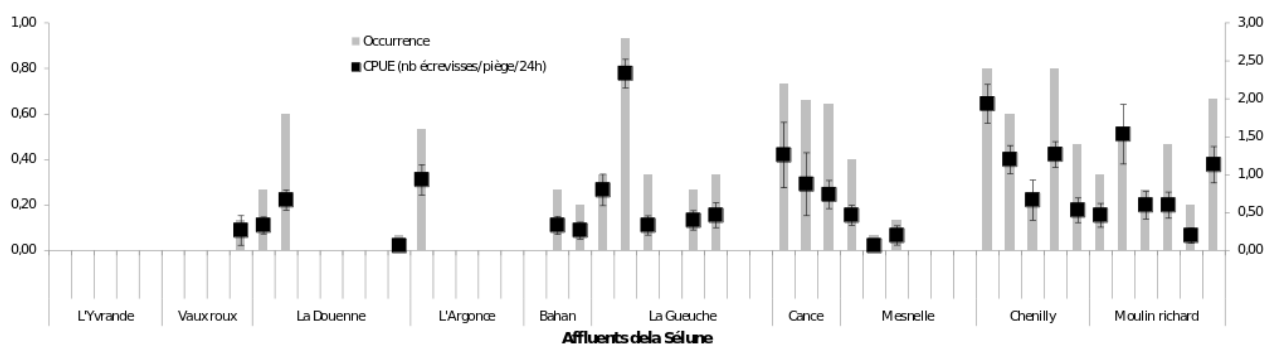
#####

2. CONSTRUCTION DE L'ÉTAT DE RÉFÉRENCE DÉMOGRAPHIQUE DES POPULATIONS

#####

2.1 Analyse des structures de taille/abondance des individus capturés lors des pêches toutes espèces, truites, anguilles, lamproies et écrevisses.

En complément à l'état de référence sur la distribution spatiale de la communauté des écrevisses présenté en tout début de ce rapport, sont fournies ci-dessous quelques données sur la structure des populations de l'écrevisse signal qui est l'espèce majoritaire du bassin de la Sélune. Ces données proviennent du suivi spécifique réalisé en 2014 à l'aide de pièges. Elles concernent donc 10 affluents de la Sélune, en amont des barrages, allant de l'Yvrande au Moulin richard (voir la carte de la rubrique 1.1). Ses affluents sont aussi distribués de part et d'autres de la Cance, lieu d'introduction de l'espèce il y a de cela environ 30 ans. Deux informations principales sont présentées ici : les occurrences (proportions de pièges contenant des écrevisses) et les CPUE (captures par unités d'effort, soit le nombre d'écrevisses par piège/24h, moyenne \pm erreur standard).



Données quantitatives issues des prospections écrevisses menées dans le cadre du programme Sélune

Ces deux séries de données sont assez convergentes : plus l'espèce est commune plus les abondances sont fortes. La colonisation est globalement bien plus marquée sur les affluents à proximité de la Cance, et même plus sur les affluents en situation amont (à l'exception de la Mesnelle). Des occurrences maximales de 0,67 et 0,80 sont observées respectivement sur le ruisseau du Moulin Richard et du ruisseau de Chenilly. Sur plusieurs stations des affluents en aval de la Cance (sur l'Argonce, la Douenne et le Vaux roux), l'espèce est absente, sans compter son absence sur tout le cours de l'Yvrande. A l'exception des ruisseaux de Chenilly et du Moulin richard où l'espèce est notée à chaque station, il apparaît en effet une graduation des occurrences/CPUE de l'aval vers l'amont au sein des affluents, la succession des stations sur la figure traduisant cette distribution aval/amont des stations. Les CPUE les plus fortes sont relevées sur la Gueuche ($2,3 \pm 0,2$ écrevisse/piège/24h) et le ruisseau de Chenilly ($1,9 \pm 0,3$ écrevisse/piège/24h). Enfin les populations sont majoritairement représentées par des adultes, 70% des captures totales ($n = 277$), même si la fraction des adultes varie sensiblement entre les affluents, et le sex-ratio est légèrement déséquilibré en défaveur des femelles 0,43 (femelles/total des captures). Bien évidemment, la méthode d'échantillonnage retenue ici traduit avant tout l'activité des écrevisses. D'autres suivis ont montré que lors de la période de reproduction qui a lieu principalement en octobre, les femelles adultes ne sont plus actives et alors seuls les mâles sont capturés. Egalement, il n'est pas exclu que le piégeage sous-estime la fraction de jeunes individus, même si les pièges utilisés sont faite d'un grillage de très petites mailles (5,5 mm de côté).

D'autres données sur la structure des populations seront mobilisables dans les mois à venir puisque des campagnes de terrain ont été réalisées en 2015 dans le cadre du volet « réseaux trophiques » et que les écrevisses capturées sont pour le moment stockées au congélateur.

2.2 Analyse otolithométrique des anguilles jaunes et argentées pour la détermination de l'âge des individus, et sexage par PCR quantitative.

Une centaine d'anguilles jaunes et une quinzaine d'anguilles argentées ont été collectées par le MNHN pendant les pêches de Septembre 2015. Les dissections et l'estimation de l'âge à partir des otolithes sont en cours (dissection, extraction, inclusion, ponçage, lecture). Pour le sexage, une quarantaine d'individus entre 25 et 30 cm ont été collectées par ECOBIOP. Les analyses otolithométriques se feront au fur et à mesure, et les analyses par PCR à la fin des prélèvements.

2.3 Comptage de frayères à saumon sur les 4 fleuves de la Baie du Mont.

Le saumon atlantique se reproduit en général dans sa rivière natale suite à un séjour marin de une à trois années. Néanmoins, ce comportement de « homing » n'est pas strict et certains individus ne se reproduisent pas dans leur rivière natale mais dans des cours d'eau adjacents. Afin de mettre en place un état de référence démographique sur le saumon, il est prévu de réaliser des comptages de frayères. Ces comptages se feront chaque année sur les 4 principaux bassins versants de la baie du Mont Saint Michel (Sélune, Sée, Sienne, Couesnon) à partir de l'hiver 2015/2016.

Cela se couplera avec une campagne de prélèvements sur les saumons reproducteurs morts afin de compléter les collections d'otolithes, d'écailles et de génétique débutées en fin d'été 2015 sur les saumons juvéniles. Ceci permettra de remplir plusieurs objectifs :

- Etude de la distribution spatiale de la reproduction afin de mettre en place un état de référence démographique à l'échelle de la baie du Mont Saint Michel.
- Déterminer l'origine géographique des saumons qui vont recoloniser la partie amont de la Sélune. Les prélèvements biologiques permettront d'alimenter les problématiques suivantes développées dans les § 5 et 6.

Méthodologie. La préparation de la campagne de comptage de frayères est actuellement en cours en concertation avec l'Onema et les fédérations de pêche des départements Manche et Ille et Vilaine. Les expérimentations seront réalisés à partir de fin Décembre 2015 jusqu'à mi-janvier 2016. Le comptage se fera à pied, équipé d'un kit de prélèvements biologiques. Les saumons adultes morts trouvés feront l'objet d'un prélèvement d'écailles et génétique au niveau de la nageoire pelvienne. Les têtes seront conservées et stockées au congélateur pour prélever les otolithes ultérieurement.

#####

3. MISE AU POINT D'OUTILS POUR CARACTÉRISER LES MIGRATIONS DE POISSONS

#####

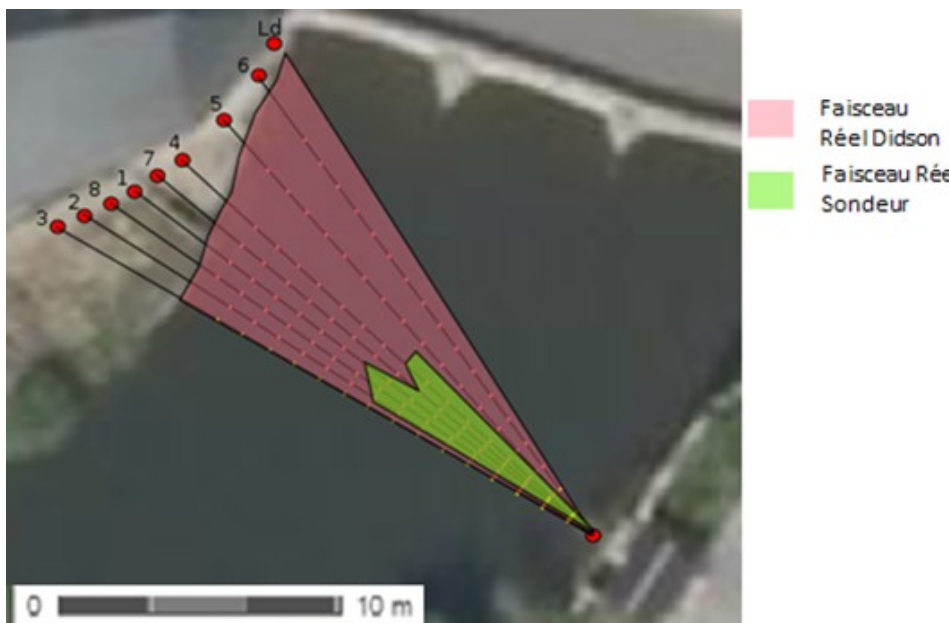
Développement d'un modèle statistique pour estimer la population de saumon à partir des données de comptage.

Une caméra acoustique DIDSON, installée à Ducey depuis juillet 2013, produit des données de comptage de salmonidés tout au long de l'année. Cependant, estimer la taille de la population de saumons fréquentant la Sélune, c'est pouvoir prendre en compte une détection imparfaite des poissons par le système d'observations considéré. L'estimation de cette probabilité de détection doit se faire par le couplage entre le DIDSON et un échosondeur EK60. Cependant, une première analyse des données disponibles (Mars-Avril et Juillet 2015) a montré qu'il semblait y avoir un décalage entre les temps et les distances de détection des deux appareils ce qui rendait difficile l'identification des saumons vu par les deux appareils, ou par un seul. Il a donc fallu dans un premier temps faire une inter-calibration des deux appareils. Une expérimentation a donc été réalisée pour calculer ce décalage mais aussi identifier l'emprise réelle des faisceaux des deux appareils, leur recouvrement et les possible zones de non-détection au sein de ces faisceaux (écho du fond trop fort, obstacles,...).

Pour cela, en Novembre 2015, une cible a été déplacée le long de 8 transects traversant le fleuve (Fig.1). Tous les mètres, la détection de la cible par les deux appareils étaient vérifiées à différentes profondeurs pour

avoir une schématisation en trois dimensions des faisceaux. Les premières analyses montrent que chaque jour l'ordinateur enregistrant les données de l'échosondeur prend une seconde de retard par rapport à celui enregistrant les données du DIDSON et qu'il y existe une différence de 20 à 80 cm dans l'interprétation de la position de la cible entre l'échosondeur et le DIDSON.

Les données issues de cette inter-calibration serviront d'ici fin décembre à corriger les données de comptage des deux appareils mais aussi à créer le design du modèle qui servira à l'estimation des flux de migration de saumons. Début 2016, la simulation de données devrait permettre de tester l'efficacité et l'applicabilité du modèle créé selon différents scénarios.



Cartographie des transects et des points d'échantillonnages et emprises réelles des faisceaux du DIDSON (rose) et de l'échosondeur (vert)

#####

4. MISE AU POINT D'OUTILS ET D'ÉTATS DE RÉFÉRENCE POUR LA CARACTÉRISATION DES PHÉNOTYPES

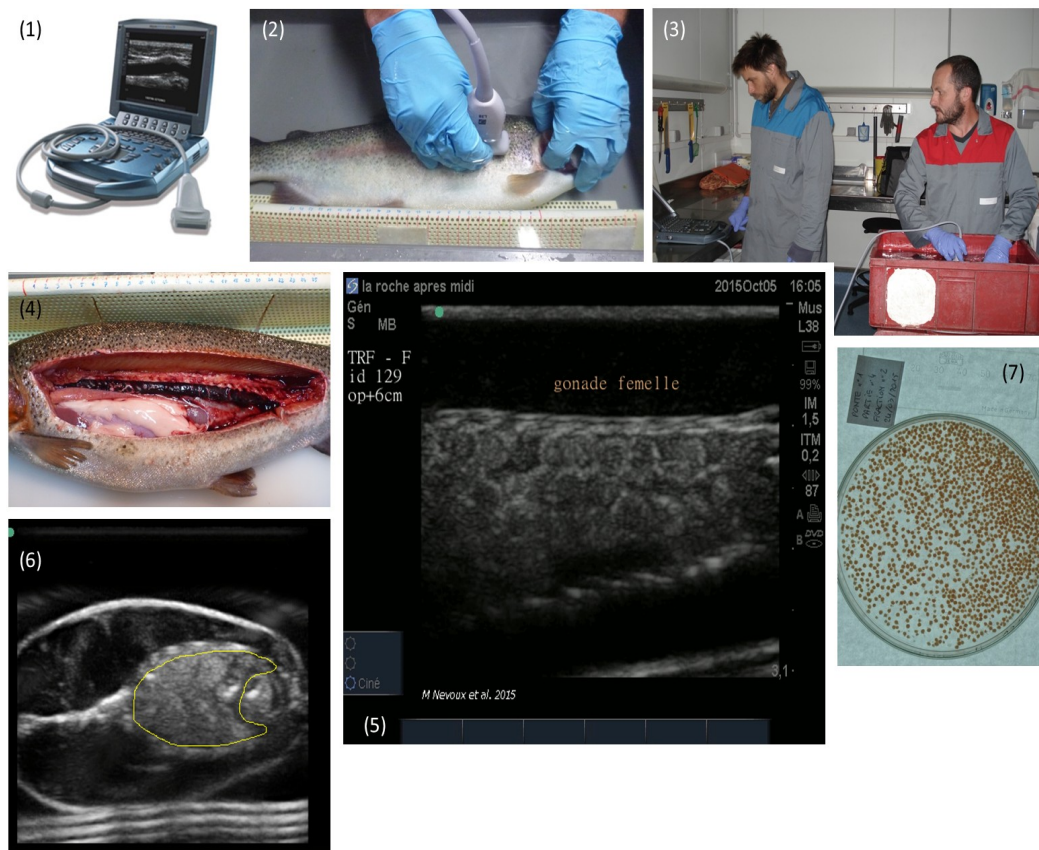
#####

4.1 Mise au point d'une mesure de la fécondité des truites par échographie.

Un échographe M-Turbo (Sonosite) a été acquis au printemps 2015 (1). Une prise en main de l'appareil et une étude de l'anatomie interne des salmonidés ont été réalisées sur des truites arc en ciel d'élevage (2, 3). Trois opérateurs se sont ainsi formés au cours de 10 séances programmées au cours de l'été. Enfin, l'interprétation des images obtenues avec l'échographe a été validée par la dissection des truites étudiées (4).

Une première utilisation de l'échographe sur le terrain a eu lieu en octobre 2015 lors d'une opération de pêche électrique réalisée sur l'Oir (suivi ORE DiaPFC). L'échographe a permis de sexer les truites échantillonnées et de prendre des images standardisées des gonades sur 21 femelles matures (5). L'analyse de ces images échographiques avec le logiciel Image J a permis d'obtenir des estimations de diamètres des gonades et de la taille des œufs (6).

Un travail complémentaire à partir de gonades de salmonidés prélevées par des pêcheurs est actuellement en cours. Il permettra de comparer les estimations de volume des gonades par déplacement d'eau avec la méthode de calcul utilisant les valeurs de diamètre obtenues à l'échographe. Enfin, le comptage des œufs contenus dans les gonades (7) permettra de préciser le nombre d'œufs par unité de volume, et ainsi de transformer une estimation de volume de gonade en une estimation de fécondité.



Illustrations de la mise au point d'une mesure de fécondité chez la truite par échographie

4.2 Mise au point d'une méthode de suivi individuel de déplacement des écrevisses signal à l'aide de transpondeurs.

L'expérimentation vise à tester, en condition expérimentale, un système de marquage individuel d'écrevisses. Cette phase test, indispensable avant son application en milieu naturel, a pour but d'évaluer la tenue du système de marquage sélectionné, à savoir l'emploi de transpondeurs passifs intégrés (PIT-tag) ou micropuces, la survie et la croissance inter-mues. L'expérimentation est conduite au sein de la plateforme de l'U3E (INRA, site de l'AgroCampus Ouest de Rennes).

Profitant de la conception du dispositif (auges cloisonnées pour accueillir une écrevisse par case (25 cm²), circulation/filtration de l'eau), de la pièce mise à disposition sur toute la durée de l'expérimentation (6 mois) et de la mobilisation en personnel de l'U3E, l'expérimentation a été étendue à deux espèces d'écrevisses invasives, l'écrevisse signal (*Pacifastacus leniusculus*) très bien représentée sur la bassin de la Sélune (voir l'état de référence des populations d'écrevisses au point 1.1) et l'écrevisse de Louisiane (*Procambarus clarkii*), encore quasi-absente du bassin de la Sélune, mais tout de même localisée au moins sur un site identifié.

Le déroulé de l'expérimentation en cours (démarrage le 16 novembre 2015) a consisté dans un premier temps à collecter des spécimens sur site (piégeage et capture à vue), à les rapatrier sur Rennes, puis à procéder à une phase d'acclimatation en bassin extérieur (une 15aine de jour). Le plan expérimental vise à tester les trois points précités (tenue du transpondeur, survie et croissance) sur une gamme de tailles d'écrevisses, et sur les deux sexes (dans la mesure du possible) considérant des lots témoins. Ainsi 60 écrevisses de chaque espèce ont été équipées de transpondeurs et 60 servent de témoins. L'étendue des tailles (longueur totale) varie de 58 à 115 mm pour l'écrevisse signal et de 68 à 126 mm pour l'écrevisse de Louisiane. L'injection des transpondeurs (longueur × diamètre : 12 × 2 mm) a été réalisée en phase ventrale dans l'abdomen (entre les second et troisième sternites). La prise de mesures biométriques (longueur totale, longueur du céphalothorax et pesée) permettra de suivre précisément la croissance des individus au cours de l'expérimentation. Pour cela, il est prévu après 2 à 3 mois de fonctionnement avec une photopériode 12/12

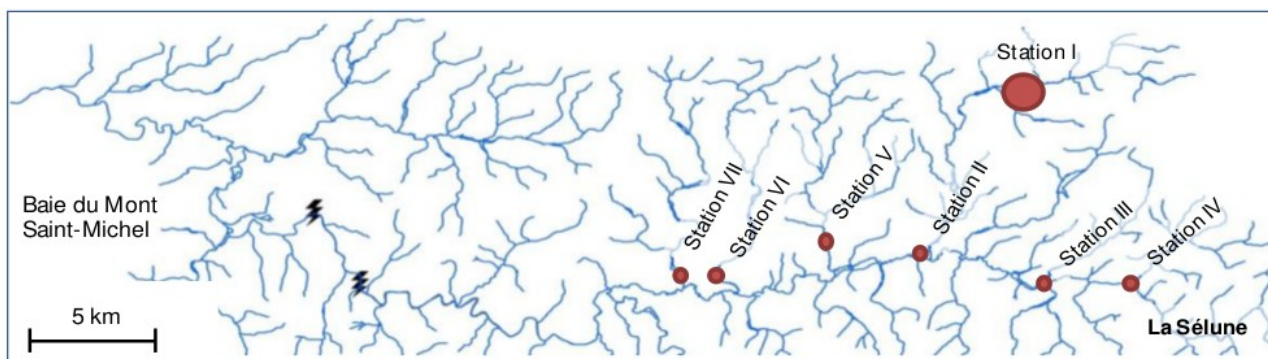
(jour/nuit) et une température de l'eau de 15°C de progressivement passer en photopériode 16/8 et avec une température de 18-20°C afin de générer la mue. Un suivi quotidien du dispositif est nécessaire (alimentation, relevé d'informations), la tenue des transpondeurs est quant à elle confirmée une fois par semaine.

Si cette phase expérimentale s'avère réussie, la seconde étape consistera à tester l'efficacité de détection de transpondeurs en milieu naturel par plusieurs opérateurs longeant un linéaire de petits cours d'eau. L'étape finale consistera à capturer/marker/relâcher des écrevisses signal et suivre leurs déplacements en réalisant des passages multiples à l'aide d'une antenne portative. Le plan d'échantillonnage vers lequel nous nous orientons viserait à simuler un front de colonisation (situation comparable, à échelle réduite, à ce qu'il en sera lors de l'arasement des barrages) et donc à comparer les déplacements d'écrevisses sur ce front de colonisation par rapport à une situation colonisée. L'analyse fine des déplacements selon les sexes, les tailles et les conditions des écrevisses sera réalisée (voir le lien avec l'analyse des traits morphologiques au point 4.3). Générer un front de colonisation revient à tendre vers l'épuisement du stock d'écrevisses sur un linéaire limité de cours d'eau déjà occupé par l'espèce, voire à transférer des individus marqués de cette zone précise en situation amont et aval où les écrevisses présentes seront elles aussi capturées, marquées et relâchées. Bien entendu l'expérimentation sera conduite sur un cours d'eau pilote accueillant actuellement de fortes populations d'écrevisses et pas fréquenté par des pêcheurs amateurs (aucun prélèvement d'individus). En aucun cas il est envisagé de faire une introduction d'écrevisses sur un site vierge d'écrevisses. Une demande de pêche scientifique a été transmise à la DDTM.

4.3 Etude de morphologie géométrique chez l'écrevisse signal pour apprécier l'étendue des variations de traits morphologiques, et leur possible correspondance aux capacités de dispersion des individus.

Divers traits phénotypiques sont en mesure de traduire les réponses/adaptations des organismes vivants à leurs environnements, et ce aux échelles populationnelles et individuelles. Leur étude est particulièrement opportune chez les espèces invasives puisqu'elles sont très souvent confrontées à de nouveaux milieux lors des phases d'expansion géographique. Parmi ces traits phénotypiques, ceux d'ordre morphologique sont souvent étudiés et des variations sont parfois reliées aux environnements fréquentés.

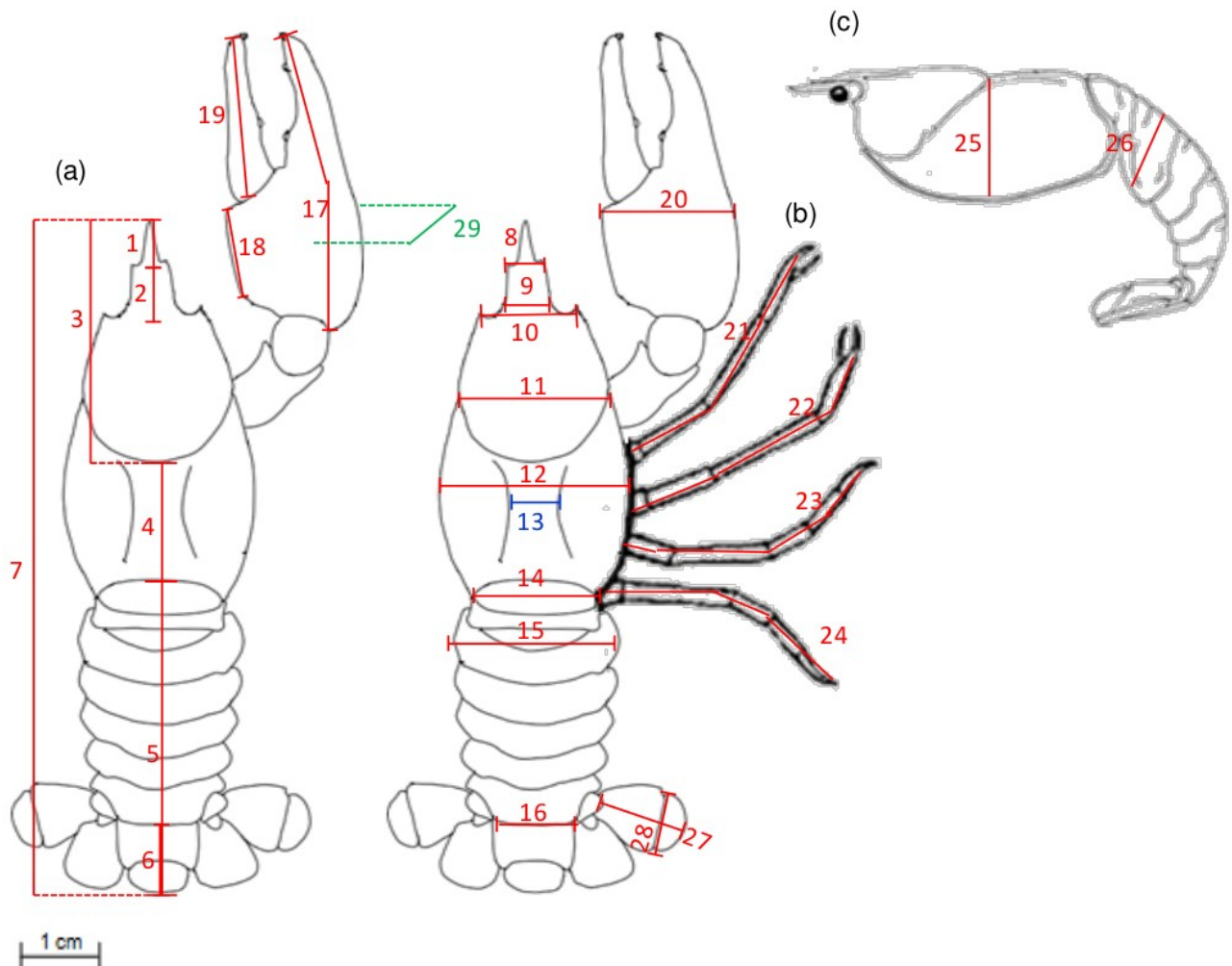
Le présent travail a porté sur l'analyse des variations morphologiques (-métriques) entre des populations d'écrevisse signal afin de caractériser en premier lieu l'étendue des variations. Par ailleurs, étant donné que le processus de dispersion est un trait de vie clé dans le contexte des invasions biologiques (du moins lors de phases d'expansion géographique), il n'est pas exclu qu'une correspondance puisse être décelée entre les variations morphologiques inter- et intra-populationnelles et le processus de dispersion. Il peut être attendu des changements morphologiques apparaissant le long de chemins d'invasion en réponse notamment à une forte pression de sélection sur ces fronts de colonisation. Pour ce faire, 7 populations d'écrevisses (stations) ont été échantillonnées en 2014 le long du gradient de colonisation du bassin de la Sélune (voir le volet 1.1 de ce rapport) à partir de la zone d'introduction identifiée de l'espèce (zone source, station I sur la carte). Les stations IV (amont) et VII (aval) sont ainsi les plus éloignées de la source. Finalement, ces premières données fournissent des états de référence des traits morphologiques de l'espèce avant arasement.



Carte des stations d'échantillonnage des écrevisses mesurées.

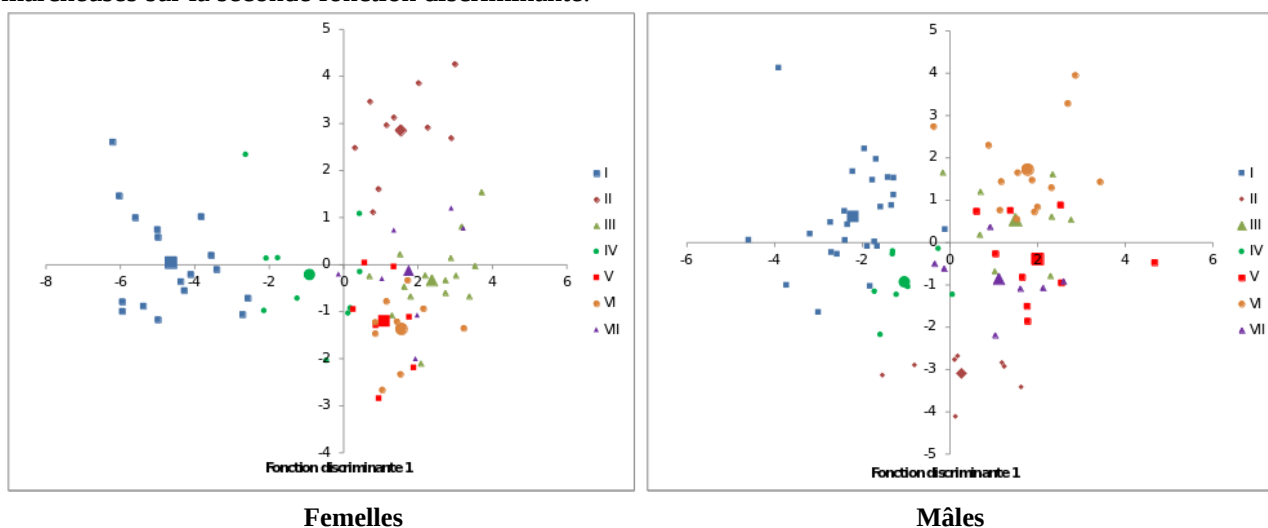
La collecte des données et leurs exploitations statistiques ont été réalisées à l'occasion d'un stage de master (O. Agator, master 1 PNB, Rennes) en 2015. Les résultats présentés ci-après n'ont pas trait à de la morphologie géométrique (conformation géométrique à partir de points de référence) mais à toute une série de mesures de segments à partir de photos (30, voir l'illustration ci-dessous), et plus exactement de ratios de ces longueurs de segments (au final 24 après avoir écarté les ratios ultra-corrélés) afin de s'affranchir des différences de taille des individus liées à leur âge. Certain traits mesurés (les pattes marcheuses, les uropodes...) sont potentiellement intéressants au regard de l'activité locomotrice et seraient donc des indicateurs du processus de dispersion.

Le jeu de données initialement composé de 211 individus a été réduit à 154, écartant les petits individus (biais d'allométrie de croissance) et ceux pour lesquelles certains appendices étaient absents (données manquantes), soit entre 7 et 17 mâles et entre 7 et 25 femelles par station. Des analyses discriminantes ont été conduites sur les deux jeux de données (mâles et femelles). Une analyse discriminante, comme son nom l'indique, a pour fonction de déterminer, parmi un panel de variables (ici les ratios de mesures) celles qui permettent de mieux discriminer des groupes définis *a priori* (ici les 7 populations d'écrevisses). Cette analyse exploratoire multivariée s'accompagne d'analyses de variance réalisées sur les scores canoniques obtenus sur les deux premiers axes.



Traits morphologiques mesurés chez l'écrevisse signal. Figure modifiée d'après Sint et al. (2007) (a), C. Monasson © (b) et Larson et al. (2012) (c). Références bibliographiques consignées dans le rapport de stage (Agator 2015).

Est reportée ci-dessous l'étendue de variation des scores canoniques des individus sur les deux premières fonctions discriminantes pour les deux jeux de données (mâles et femelles). Les deux premières fonctions discriminantes expliquent 86% et 71% de la variance, respectivement pour les mâles et les femelles. Pour les mâles, les traits morphologiques (plus exactement les ratios de mesures) relatifs aux pinces contribuent très fortement à la discrimination sur les deux axes. Contribuent également à la discrimination entre populations, mais plus secondairement, les variables décrivant la morphologie de la tête (le rostre et l'acumen). Chez les femelles, les ratios les plus discriminants portent sur des mesures faites sur l'abdomen et les uropodes pour la première fonction discriminante, et impliquent, dans une moindre mesure, des mesures de la tête et des pattes marcheuses sur la seconde fonction discriminante.



Femelles

Mâles

Scores canoniques des deux premières fonctions discriminantes des 7 populations d'écrevisse signal. Les grands symboles représentent les centroïdes (scores moyens) des populations.
 Voir la localisation des stations sur la carte.

L'analyse de variance des scores canoniques de la fonction 1 isole, pour les mâles, la station I (lieu d'introduction de l'espèce), la station IV (population la plus en amont du front de colonisation) et un lot composé par toutes les autres stations. L'analyse répétée sur les scores de la fonction 2 conduit à isoler la station II de ce dernier lot de stations. Pour les femelles, le regroupement des stations est quelque peu différent. La station I se démarque toujours de la majorité des autres stations, hormis la station II (station la plus proche). Cette station II se démarque également des autres stations sur la base des scores de la fonction 2.

L'analyse des traits morphologiques donne des résultats relativement conformes à ceux obtenus chez d'autres espèces d'écrevisses, à savoir 1/ une discrimination sur la base de traits différents (en lien à la fitness) selon les deux sexes, et donc 2/ une différenciation principalement sur la base de traits liés aux pinces chez les mâles (un lien est couramment admis entre ce trait morphologique et le comportement d'agressivité, la compétition pour les femelles) et à la forme de l'abdomen et des uropodes chez les femelles (lien à la reproduction, notamment la protection des œufs et premiers stades larvaires accrochés en phase ventrale). Néanmoins, il convient de préciser que le présent travail a été conduit, et ce comparativement à la majorité des travaux antérieurs, à une micro-échelle spatiale. Il faut donc en conclure qu'à cette échelle spatiale de la variation morphologique est décelable, même si une certaine homogénéisation est notée pour l'essentiel des populations. La sélection de traits liés à l'activité locomotrice n'a pas été mise en évidence. Ainsi, les regroupements de populations obtenus ne coïncident pas aux attendus fixés *a priori*. Cela suggère que 1/ d'autres traits de vie sont avant tout sélectionnés dans le contexte d'invasion du bassin de la Sélune (ceux liés à la reproduction par exemple) et/ou 2/ le front de colonisation n'est pas celui fixé ici, et, en corollaire, les populations en ces localités précises sont trop anciennes. Pour mémoire, l'écrevisse signal a été introduite, il y a environ 30 ans, et aucune donnée historique de la colonisation du bassin de la Sélune n'est disponible.

De plus, la morphologie de la population source est singulière. Une explication avancée revient à considérer cette population comme relativement isolée des autres conduisant alors à une divergence morphologique. Alternativement, voire même de façon additive, cette population source a été échantillonné dans un étang et

donc un type d'habitat différent. Ce serait alors la nature de l'habitat (lotique vs lentique) qui expliquerait la discrimination observée.

Pour conclure, une variabilité morphologique est notée entre certaines populations, à cette petite échelle spatiale, sans pour autant établir de lien avec le gradient de distance à la population source. Aucun trait lié à la dispersion des individus ne s'avère très discriminant. Bien entendu, le nombre d'individus par population a pu être un facteur limitant à l'analyse. Avant d'éventuellement corriger ce point précis à l'avenir, il est préférable de poursuivre le travail considérant une autre approche d'analyse de la morphologie des écrevisses qui est celle de la morphologie géométrique. Ce travail est *a priori* réalisable puisqu'il repose sur l'analyse de la base de données photos constituée à l'occasion de ce premier travail. Il est d'ailleurs possible que certains des individus non considérés ici (données manquantes pour certaines mesures) puissent être analysés en morphologie géométrique ce qui permettrait de contrecarrer le facteur limitant de taille d'échantillon.

#####

5. MISE AU POINT D'OUTILS ET D'ÉTATS DE RÉFÉRENCE DE LA STRUCTURE GÉNÉTIQUE DES POPULATIONS

#####

Développement de marqueurs génétiques de type SNPs (Single Nucleotide Polymorphisms, qui sont des mutations ponctuelles réparties aléatoirement dans le génome) par séquençage de masse de banques de fragments d'ADN génomique générés aléatoirement par restriction enzymatique (ou RADs, pour Restriction site Associated DNA) chez le saumon, les lamproies, les truites, les écrevisses et les macrophytes.

Les états des lieux des populations des différentes espèces (point 1.) ont donné lieu à des échantillonnages de tissus sur une vingtaine d'individus par espèce d'intérêt. L'extraction d'ADN de ces échantillons est en cours. Ces échantillons seront ensuite envoyés chez un prestataire externe (Plateforme GENTOUL) qui réalisera la préparation des banques RAD et leur séquençage. L'analyse de ces données et la détection des SNPs sera réalisée dans la foulée.

#####

6. MISE AU POINT D'OUTILS ET D'ÉTATS DE RÉFÉRENCE POUR DÉTERMINER L'ORIGINE DES COLONISATEURS

#####

6.1 Echantillonnage d'otolithes de saumons 0+ sur les 4 fleuves de la Baie du Mont Saint-Michel, pour des analyses microchimiques (analyse microélémentaire et isotopes du strontium) qui permettront l'assignation des individus qui recoloniseront la Sélune à leur rivière d'origine.

Le saumon atlantique se reproduit en général dans sa rivière natale suite à un séjour marin de une à trois années. Néanmoins, ce comportement de « homing » n'est pas strict et certains individus ne se reproduisent pas dans leur rivière natale mais dans des cours d'eau proches, voire distants de plusieurs centaines de kilomètres. Dans le cas de la Sélune, il est donc fondamental de comprendre comment la structuration régionale en métapopulation va contribuer à la recolonisation de la zone amont. En effet, les futurs « recolonisateurs » pourront provenir de la partie aval déjà colonisée (cours principal, Oir et Beuvron), mais aussi d'autres cours d'eau de la Baie du Mont-Saint-Michel (Sée, Couesnon et Sienne) voire dans une mesure, *a priori* moindre, d'autres rivières normandes, bretonnes, ou plus éloignées. Dans ce but, l'analyse de la composition microchimique des otolithes est un outil performant pour distinguer l'origine des saumons à une échelle fine, et notamment pour assigner leur provenance à l'un des quatre bassins versants de la Baie du Mont-Saint-Michel.

L'otolithe est une concrétion calcique biogène logée dans l'oreille interne des poissons osseux. Il participe à la fonction d'équilibre et est minéralisé tout au long de la vie de l'individu, depuis l'embryogénèse. Sa composition chimique et isotopique est le fruit du transfert des éléments chimiques majeurs (*e.g.* C, N, O), mineurs (*e.g.* Ca, Ba, Sr, Mg) et traces (*e.g.* Cd, Pb, Zn) et de leur diversité isotopique depuis le milieu aquatique vers la matrice protéo-calcique, et ce, de manière chronologique, pérenne et proportionnelle aux concentrations environnementales. De nombreux auteurs ont par ailleurs montré que chaque bassin versant, voire chaque affluent de cours d'eau, possédait une composition chimique propre, en lien avec les caractéristiques géochimiques des terres drainées en leur lit.

L'analyse microchimique projetée ici vise ainsi à exploiter l'ensemble de ces propriétés pour assigner un individu à un habitat chimique identifiable (*i.e.* cours d'eau) à un moment déterminé de son cycle de vie (ici, naissance et phase juvénile).

Le procédé se décompose en deux temps : (1) construire un référentiel géolocalisé des signatures chimiques des habitats dulçaquicoles de naissance des juvéniles. Il s'agit là de caractériser les signatures du milieu aquatique et des otolithes des juvéniles de saumon capturés à proximité des frayères, sur les bassins versants représentant des sources potentielles de colonisateurs ; (2) rechercher des correspondances de signature avec ce référentiel dans les otolithes des saumons recolonisant l'amont de la Sélune, afin de les assigner à un bassin versant d'origine (naissance).

En phase pré-arasement, l'essentiel du travail consistera à élaborer le référentiel tout en faisant un état des lieux des provenances des individus colonisant l'aval de la Sélune. Il s'agira à la fois d'optimiser l'utilisation de données préalablement collectées par Perrier et al. (2011) pour constituer cet état pré-arasement, et d'échantillonner des juvéniles et de l'eau sur les bassins versant d'intérêts pour alimenter le référentiel.

A l'automne 2015, une série de prélèvements a été réalisée en support de ce travail (Cf § 1.4). 5 tacons 0+ et 2 échantillons d'eau ont été prélevés sur 5 sites de chacun des 4 bassins versants : Sienne, Sée, Sélune et Couesnon, constituant une collection de 200 otolithes de juvéniles et 40 échantillons d'eau.

6.2 Analyses micro-chimiques des otolithes (Sr/Ca, Ba/Ca et ratios isotopiques du ^{87}Sr) pour analyser les traits migratoires des anguilles jaunes et argentées.

Une centaine d'individus distribués à peu près équitablement sur les sites où l'anguille est présente ont été échantillonnés. Les individus collectés sont répartis également équitablement en fonction des classes de tailles (cohortes). Les dissections de ces poissons pour en extraire les otolithes sont en cours.