



HAL
open science

Effets des arasements sur le fonctionnement des réseaux trophiques - Avancement des travaux 2017

Jean-Marc Roussel, Julie Coudreuse, Caroline Gorzerino, Dominique Huteau, Eric Petit, Maxime Poupelin, Guillaume Bouger, J.M. Paillisson, A. Pannard, C. Piscart

► To cite this version:

Jean-Marc Roussel, Julie Coudreuse, Caroline Gorzerino, Dominique Huteau, Eric Petit, et al.. Effets des arasements sur le fonctionnement des réseaux trophiques - Avancement des travaux 2017. [Rapport de recherche] Agence de l'Eau Seine-Normandie. 2018, pp.19. hal-03357329

HAL Id: hal-03357329

<https://hal.inrae.fr/hal-03357329v1>

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

Effets de l'arasement des barrages sur le fonctionnement des réseaux trophiques

Avancement des travaux 2017

UMR ESE Ecologie et Santé des Ecosystèmes (INRA / Agrocampus-Ouest à Rennes)

Julie Coudreuse, Caroline Gorzerino, Dominique Huteau, Eric Petit, Maxime Poupelin,
Jean-Marc Roussel

UMR ECOBIO Ecosystèmes, Biodiversité, Evolution (CNRS/Université Rennes 1)

Guillaume Bouger, Jean-Marc Paillisson, Alexandrine Pannard, Christophe Piscart

Rappel du contexte du projet

Le projet « Réseaux Trophiques » (« projet RT » par abréviation dans la suite du document) a l'ambition de considérer, dans un ensemble large, les différentes composantes des biocénoses aquatiques et rivulaires de la Sélune, des sources à l'estuaire. Sans focaliser sur un groupe taxonomique ou une communauté d'espèces en particulier, la démarche vise à étudier les interactions entre ces composantes, des microorganismes aux poissons, avec pour objectif principal de comprendre les relations trophiques (« qui mange quoi »). Les interactions trophiques sous-tendent en grande partie les équilibres (et les déséquilibres) que l'on peut observer au sein des écosystèmes. Décrivant le fonctionnement des écosystèmes, ce type d'approche sur les réseaux trophiques est souvent qualifiée de fonctionnel. Dans le cas présent, le projet RT doit permettre de comprendre les équilibres trophiques actuels dans les écosystèmes aquatiques, des têtes de bassin versant à l'estuaire, puis de suivre les modifications engendrées par la restauration des continuités écologiques, et notamment les nouveaux équilibres qui s'installeront au sein des biocénoses aquatiques.

Les recherches menées dans le projet RT apporteront des réponses aux questions génériques suivantes : quelles conséquences ont les opérations de démantèlement de barrages sur les biocénoses aquatiques en place, leurs interactions et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, des têtes de bassin versant à l'estuaire ? Comment l'écosystème rivière se restaure-t-il à l'emplacement précis d'un ancien lac de barrage ? Quels sont les rôles de certaines espèces clés (notamment les poissons amphihalins et les espèces invasives) dans les nouveaux équilibres de l'écosystème cours d'eau reconnecté à l'océan ?

Rappel des objectifs généraux

Durant la période 2014-2019, avant l'ouverture de l'hydrosystème aux migrateurs amphihalins, deux objectifs sont particulièrement visés par le projet RT dans sa configuration initiale. Il s'agit :

- 1- d'établir, avant les opérations de vidange, un état de lieux des réseaux trophiques et du fonctionnement des écosystèmes aquatiques sur le fleuve (hors estuaire) et les affluents,
- 2- d'étudier, à partir des opérations de vidange, la mise en place des nouveaux équilibres trophiques dans les néo-habitats d'eau courante.

Partenaires scientifiques impliqués et évolution

Le projet RT regroupe 9 personnes de deux Unités Mixtes de Recherche : Ecologie et Santé des Ecosystèmes (INRA-Agrocampus Ouest à Rennes) et Ecobio (CNRS-Université de Rennes). Il a débuté de manière effective au troisième trimestre 2014 avec le recrutement d'un assistant ingénieur pour 3 ans (2014-2017), Maxime Poupelin, dont le rôle est de mener les campagnes d'échantillonnage sur le terrain, de contribuer à la préparation des échantillons et au rendu des résultats.

A noter enfin que l'extension de l'aire d'étude vers l'estuaire fait l'objet d'un travail en cours. Deux nouveaux partenaires, Ifremer Dinard et Agrocampus-Ouest travaillent sur les communautés benthiques et les réseaux trophiques de l'estuaire et de la Petite Baie. Ludovic Goyot a été embauché sur CDD pour 1 an (2017-2018) grâce au financement AESN (convention AESN-INRA n°1066356). Bien que sur 2 conventions différentes, les travaux des projets en rivière et en estuaire sont coordonnés et les informations complémentaires qu'ils apporteront pourront faire l'objet de comparaisons. De plus, les analyses isotopiques d'échantillons de la Petite Baie (prestations externes) ont été financées sur le budget du projet « Réseaux Trophiques » (AESN-INRA n° 1 050 492) en 2017. Les résultats de la convention n°1066356 feront l'objet d'un rapport final spécifique en 2018.

Organisation du rapport 2017

Ce rapport d'avancement du projet RT ne reprend que les résultats et faits marquants de l'année 2017. Il s'agit du dernier rapport d'avancement de l'étude, un rapport final faisant la synthèse des résultats acquis et donnant les conclusions opérationnelles sera produit au premier semestre 2019. Le rapport 2017 s'organise de la même manière que les rapports 2015 et 2016, en 3 parties successives qui correspondent aux travaux menés :

Partie I. A l'échelle de l'hydrosystème entier

Partie II. Sur 6 stations pilotes du cours principal

Partie III. Sur 8 stations pilotes en affluents, augmenté de 2 stations supplémentaires en 2017

La carte présentée ci-dessous (**Figure 1**) reprend l'ensemble des stations échantillonnées dans les 3 parties du projet RT (profil en long, réseaux du cours principal, réseaux des affluents).

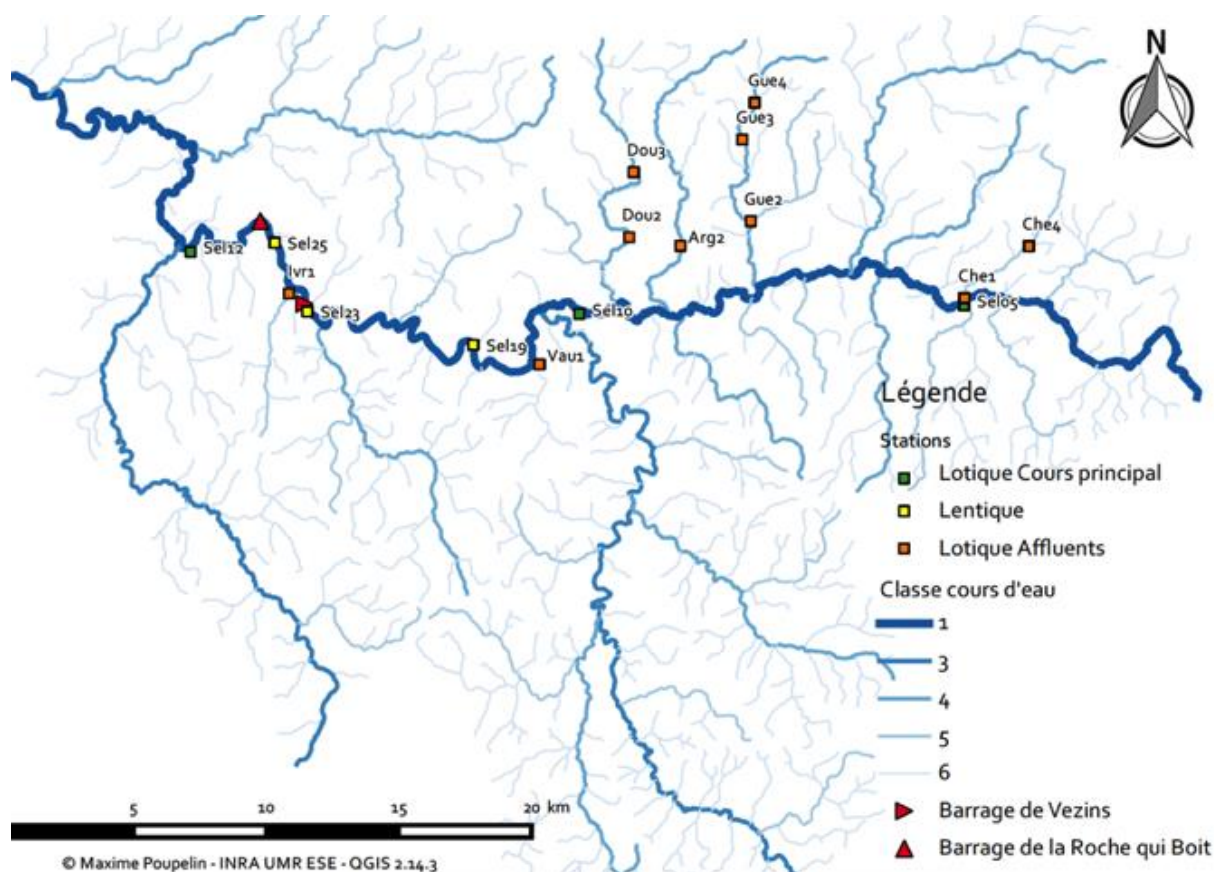


Figure 1. Les principales stations d'études retenues depuis 2014 pour le projet « réseaux trophiques ».

Pour suivre l'avancement des travaux, chaque partie débute par un tableau qui rappelle les livrables annuels attendus. Dans ces tableaux, une croix verte signifie que le livrable est accompli, une croix orange qu'il est en cours (léger retard par rapport aux prévisions), une croix rouge qu'il n'a pas été

réalisé (décalage de programmation ou abandon). Ensuite pour chaque partie, les résultats obtenus en 2017 sont présentés sous une forme synthétique et illustrative, mettant en avant les principales avancées et conclusions du projet RT pour l'année 2017.

Point budget fin 2017

La convention AESN-INRA n° 1 050 492 couvre la période de juillet 2014 à juillet 2019. Un budget total de 295 427 € est réparti sur deux laboratoires, INRA (UMR ESE, Rennes) d'une part et CNRS (UMR Ecobio, Rennes) d'autre part. Les dépenses cumulées par poste jusqu'en 2017 inclus sont présentées sur la **Figure 2**.

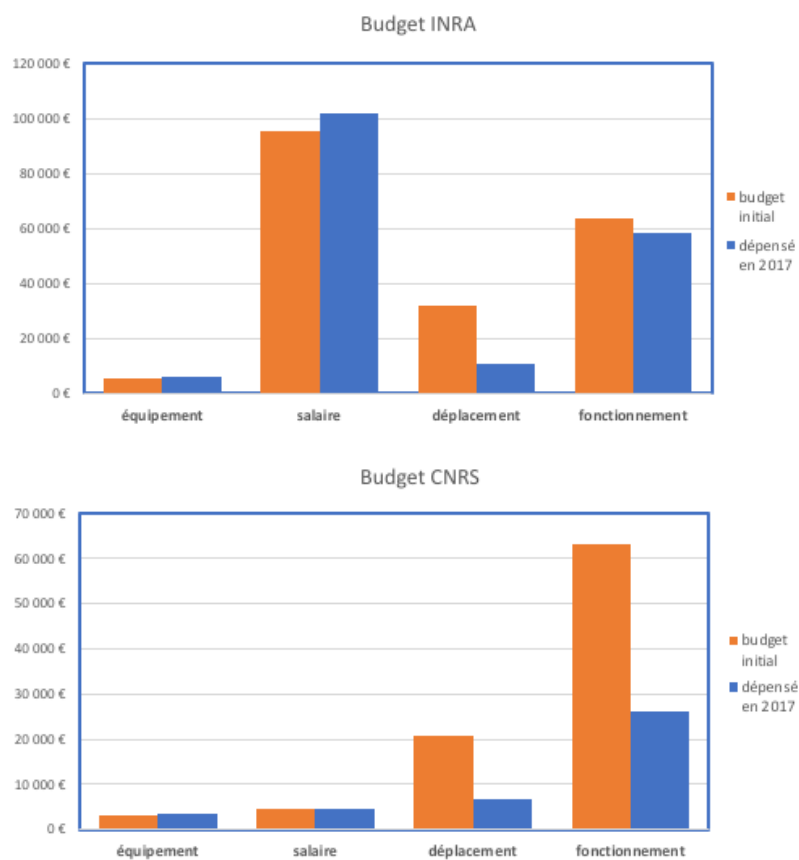


Figure 2. État des dépenses sur le projet, selon les 2 sous budgets (INRA, UMR ESE et CNRS, UMR ECOBIO).

Partie I. A l'échelle de l'hydrosystème Sélune

	2014		2015		2016		2017	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
Echelle hydrosystème Sélune								
1- Profil isotopique de référence	X		X					
2- Essai détectabilité par ADNe	X	X	X	X	X	X		
3- Distribution spatiale écrevisse signal			X	X	X	X	X	
Travaux en laboratoire								
Préparation des échantillons isotopes		X	X	X	X	X	X	X
Préparation et analyse de barcoding alimentaire			X	X	annulé			
Analyse des isotopes stables (prestations externes)				X	X	X	X	X
Interprétation des résultats ; valorisation								
			X	X	X	X	X	X

1- Profil isotopique de référence (Jean-Marc Roussel, ESE ; Maxime Poupelin, ESE).

Les prélèvements étant terminés, les travaux en 2017 ont porté sur l'analyse des isotopes de l'azote, qui semblent le mieux marquer la rupture de continuum à l'aval des barrages (**Figure 3**). Dans l'hypothèse maintenant proposée, les barrages présentent un obstacle au flux vers l'amont de nutriments marins (enrichis en ^{15}N), dont les principaux vecteurs sont les poissons diadromes (notamment le saumon Atlantique *Salmo salar*, l'anguille européenne *Anguilla anguilla* et la lamproie marine *Petromyzon marinus*) actuellement bloqués à l'aval.

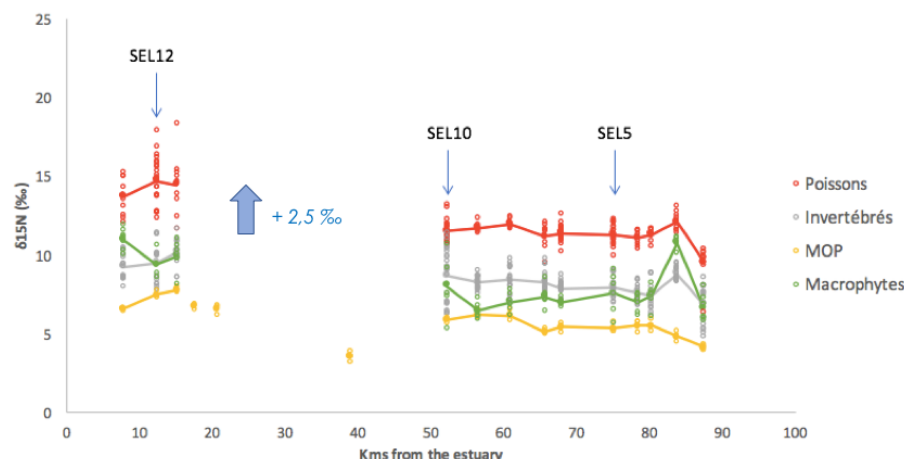


Figure 3. Profils isotopiques aval-amont pour les isotopes de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$, en ‰) dans différents tissus / compartiments du réseau trophique de la Sélune. MOP = matière organique particulaire, échantillon issu de filtration d'eau.

Nous avons donc voulu vérifier que les signaux marins véhiculés par les poissons diadromes étaient bien enrichis en ^{15}N . Pour cela, nous avons analysé les isotopes C et N présents dans le collagène des écailles de saumon capturés à la ligne par les pêcheurs dans la Sélune au cours des dernières décennies. Les résultats confirment que par rapport aux valeurs isotopiques dans les biocénoses aquatiques présentes à l'amont des barrages (cf Figure 3), le contraste isotopique est fort (2-3 ‰ sur le $\delta^{15}\text{N}$) et tend à augmenter pour les grands saumons revenant dans la Sélune après un séjour marin d'au moins 2 hivers de mer (**Figure 4**). Par contre, le contraste avec les castillons (séjour en mer court) tend à diminuer. Malgré tout, nous devrions être en mesure de suivre, dans les années à venir, la

progression des nutriments marins vers l'amont après arasement des barrages, en utilisant les isotopes stables de l'azote comme traceur. Il faudra cependant continuer à suivre en parallèle l'évolution des signaux isotopiques marins, pour prévenir toute conclusion erronée.

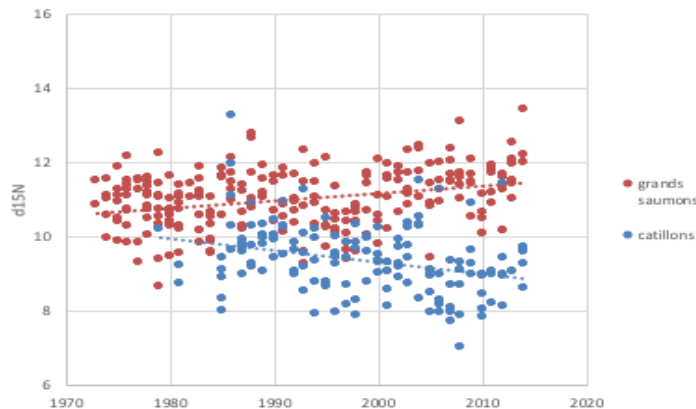


Figure 4. Évolution des ratios isotopiques de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$, en ‰) dans les écailles des adultes de saumon Atlantique revenant se reproduire dans la Sélune lors des 4 dernières décennies.

2- **Essais de détectabilité par ADN environnemental** : mise au point d'un protocole pour l'écrevisse signal (Eric Petit, ESE ; Maxime Poupelin)

Les travaux de 2017 concernent l'amélioration des modèles de détection de l'écrevisse et de la peste de l'écrevisse (ou aphanomycose), à partir des prélèvements réalisés les années précédentes. Toujours en cours, ils seront valorisés en 2018 et présentés dans le rapport final. Par ailleurs, une étude complémentaire a été réalisée en 2017 pour élucider la présence d'ADN d'écrevisse sur les stations où le piégeage d'écrevisse est négatif (notamment, à l'aval des barrages sur le Sélune). L'étude repose sur le prélèvement de fèces de deux prédateurs potentiels de l'écrevisse – la loutre d'Europe *Lutra lutra* et l'anguille européen *Anguilla anguilla*, présents à l'aval des barrages, fèces dans lesquels la recherche d'ADN d'écrevisse a été entreprise. L'hypothèse testée est que l'écrevisse serait présente en trop faible quantité pour être piégée, mais pourrait être consommée par les prédateurs avérés de l'espèce. Les analyses sont en cours, les résultats seront également présentés dans le rapport final. Ils permettront de mieux comprendre les modalités de dispersion de l'ADN d'écrevisse en milieu lotique, qui est l'un des points critiques de l'utilisation de la méthode d'ADNe en rivière.

3- **Distribution spatiale des espèces d'écrevisse** (Jean-Marc Paillisson, Ecobio ; Maxime Poupelin, ESE)

La fin des investigations portant sur l'étude de la distribution spatiale des écrevisses avait été actée suite aux travaux réalisés en 2016 ; néanmoins, nous avons souhaité compléter les inventaires sur des secteurs très ciblés. Plus précisément, sur la base des premiers travaux ayant trait à la détection moléculaire (ADNe) de l'écrevisse Signal, quelques divergences de résultats avaient été relevées localement, mais en des localités cruciales. En effet, de l'ADN d'écrevisse Signal avait été décelé, initialement, sur différentes stations du Vaux Roux, petit affluent directement connecté à la retenue du barrage de Veziens, et également en aval des deux barrages, alors que le piégeage n'avait pas permis de capturer d'individus (données de 2014 à 2016). Par conséquent, un complément d'échantillonnage par piégeage a été réalisé en aval des barrages (4 stations), et sur le Vaux Roux (4 stations), consistant à déployer 20 pièges par station sur une durée de 24 h. Dans tous les cas, aucune écrevisse signal n'a été capturée, confirmant l'absence de l'espèce en ces localités (**Figure 5**). Par ailleurs, une actualisation des données d'ADNe sur ces secteurs a également été réalisée. Les résultats obtenus vont permettre de mieux définir des hypothèses biologiques quant à la dispersion de l'ADN de l'écrevisse.

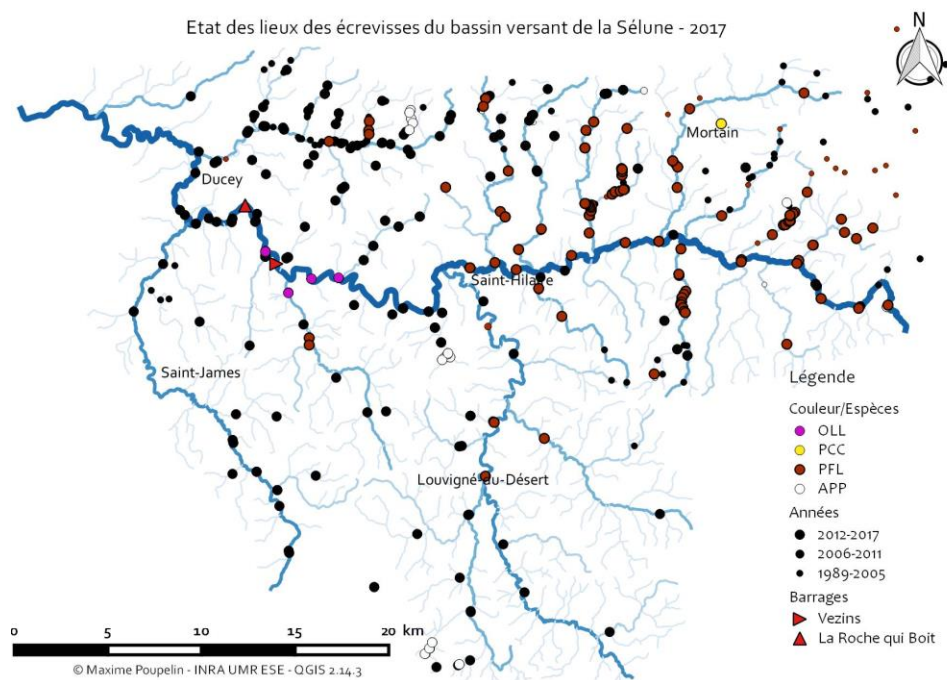


Figure 5. Carte actualisée de la distribution des écrevisses sur le bassin de la Sélune. Espèces non natives : OLL, *Orconectes limosus* (écrevisse américaine), PCC, *Procambarus clarkii* (écrevisse de Louisiane), et, PFL, *Pacifastacus leniusculus* (écrevisse Signal). Ecrevisse native : APP, *Austropotamobius pallipes* (écrevisse à pattes blanches).

Partie II. Sur les 6 stations pilote du cours principal

	2014		2015		2016		2017	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
6 stations pilote sur la Sélune								
1- Etude des communautés végétales et animales	X		X	X	X		X	X
2- Activité photosynthétique	X		X		X		X	X
3- Dégradation de la matière organique	X	X	X	X	X		X	X
4- Analyse des réseaux trophiques (isotopes stables et barcoding alimentaire), prélèvements	X		X		X		X	X
5- Mise au point du barcoding alimentaire		X	X	annulé				
Travaux en laboratoire								
Tri et détermination taxonomique			X	X	X		X	X
Préparation des échantillons pour l'ergostérol		X	X	X	X			
Préparation des échantillons pour les isotopes		X	X	X	X	X	X	X
Dosage C, N et P dans les végétaux		X	X		X		X	X
Préparation et analyse de barcoding alimentaire			X	X	annulé			
Analyse de l'ergostérol (prestation externe)				X	X			
Analyse des isotopes stables (prestations externes)				X	X	X	X	X
Interprétation des résultats ; valorisation			X	X	X	X	X	X

1- **Etude des communautés végétales et animales en place** (collectif ESE et Ecobio).

Le travail a pour objectif de décrire les biocénoses aquatiques, végétales et animales, en place sur les 6 stations de référence choisies. Il s'appuie sur des inventaires réalisés à partir des méthodes spécifiques aux différents groupes taxonomiques et conventionnellement utilisées dans ce type d'étude. Il doit permettre la caractérisation des communautés, d'un point de vue structurel (détermination taxonomique, abondance, biomasse) et fonctionnel (production primaire, dégradation de la matière, production secondaire, organisation des réseaux trophiques).

i) **Les communautés végétales aquatiques** (Julie Coudreuse, ESE)

Des inventaires de terrain (relevés de végétation) ont été réalisés au cours du mois d'octobre 2017, hors épisodes hydrologiques pouvant influencer le développement de la végétation. Les identifications taxonomiques ont été vérifiées en laboratoire via des observations microscopiques pour les taxons difficiles (systématiquement pour les algues, bryophytes, callitriches, renoncules et potamots). Aucun macrophyte n'a été recensé sur les 3 stations inventoriées dans les retenues. L'état de référence pré-arasement réalisé en début d'été 2015 sur le cours principal de la Sélune, a mis en évidence une flore macrophytique typique de cours d'eau acides à Renoncules (*Ranunculo-Callitrichetum hamulatae*).

Le site en amont lointain (confluence avec le ruisseau de Chenilly, SEL05, **Figure 6**), présente en 2015 une flore macrophytique peu abondante (moins de 1% de végétalisation totale) et peu diversifiée (6 espèces), notamment du fait d'une mésologie peu propice au développement des végétaux (dominance des faciès lents, ombrage important).

Le site amont (à Saint Hilaire du Harcouët, SEL10) et le site aval des retenues (Pont de Signy, SEL12), sont comparables d'un point de vue milieu physique, si ce n'est leur hydrologie contrastée. En effet, le milieu physique à l'amont présente des zones pouvant émerger lors des faibles niveaux d'eau. Celles-ci permettent le développement de phanérogames héliophytes se superposant aux espèces strictement aquatiques, expliquant ainsi la plus forte diversité de ce groupe en amont proche SEL10 (15 espèces versus 5 en aval en 2015 ; **Figure 6**). La flore de ces deux sites est finalement diversifiée (une quinzaine d'espèces) et équilibrée entre groupes taxonomiques (algues, bryophytes et phanérogames). En 2017, les situations restent comparables mais la variabilité des niveaux d'eau entre les échantillonnages (ces derniers délimitant la zone d'échantillonnage : seuls les taxons ayant les pieds dans l'eau sont pris en

compte dans le relevé) a conduit à l'ajout (en aval) ou la perte (en amont proche) d'espèces de berges hélophytes.

En juillet 2015, l'hydrologie contrastée du site aval entraînait une limitation du développement des phanérogames immergés (10% de recouvrement), facilement arrachés lors des coups d'eau et a contrario, un développement important de la mousse *Octodiceras fontanum* (30% de recouvrement sur la station d'étude), caractéristique d'aval de moulins et de l'algue rhéophile *Lemanea* sp. (4% de recouvrement). En octobre 2017, si le recouvrement total est proche, ceux des groupes taxonomiques ont bien évolué (**Figure 6**) : *Octodiceras fontanum* présente une abondance réduite (10%), au contraire de la renoucle qui s'est développée (40%). Il est probable que des coups d'eau aient impacté le site, arrachant une partie du peuplement macrophytique qui a ensuite pu se régénérer, de manière plus importante pour les renoucles (dont la pousse est plus rapide que les bryophytes).

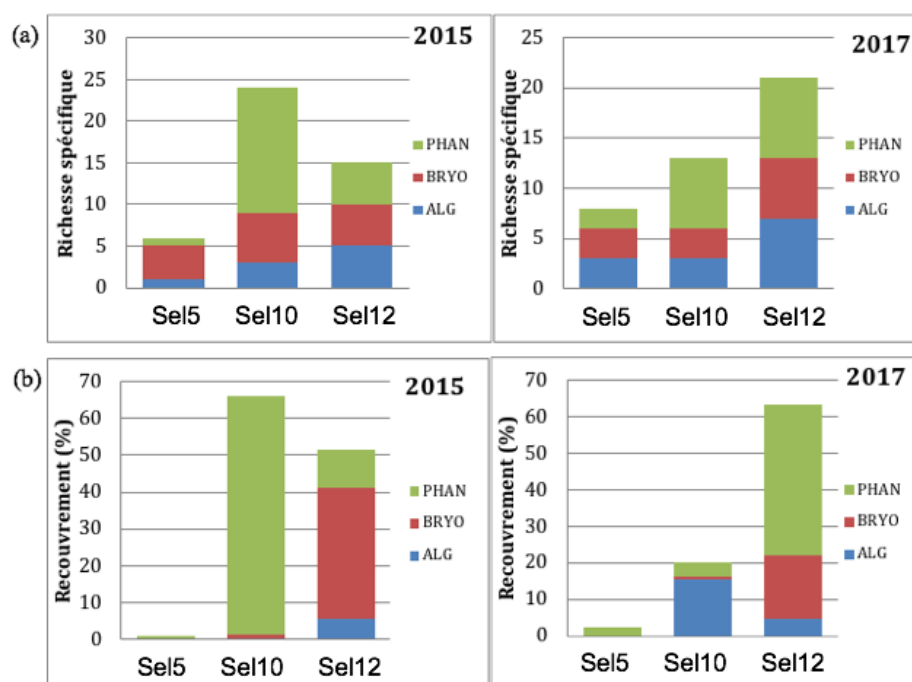


Figure 6. Répartition des différents groupes taxonomiques de macrophytes sur le cours principal de la Sélune (amont et aval des retenues) en 2015 et 2017 ((a) richesse spécifique et (b) abondance). Légende : PHAN = Phanérogames ; BRYO = bryophytes ; ALG = algues.

ii) **Les communautés planctoniques et biofilms** (Alexandrine Pannard, Ecobio ; Caroline Gorzerino, ESE)

Les opérations réalisées en 2017 ont consisté à analyser le reste des échantillons collectés lors des campagnes 2016, à compiler les données 2015-2016 et vérifier la cohérence du jeu de données, en croisant avec les données des sondes et de la littérature. La phase de mise en relation avec les autres compartiments biologiques et d'interprétation est en cours.

Les données sont également mises en lien avec les données saisonnières de la composition du phytoplancton et du biofilm, suivies dans le cadre du projet Biomonitoring. Une forte diminution des espèces de diatomées a été observée dans les barrages, avec maintien de la diminution à l'aval en 2015 (station de Signy SEL12) et une ré-augmentation en 2016 (**Figure 7**). Les données collectées en 2017 et les autres mois de l'année, vont permettre de mieux comprendre cette variabilité observée à la station de Signy. La composition en diatomées montre elle aussi une forte modification, avec un remplacement des espèces dominantes dans le biofilm au niveau des barrages.

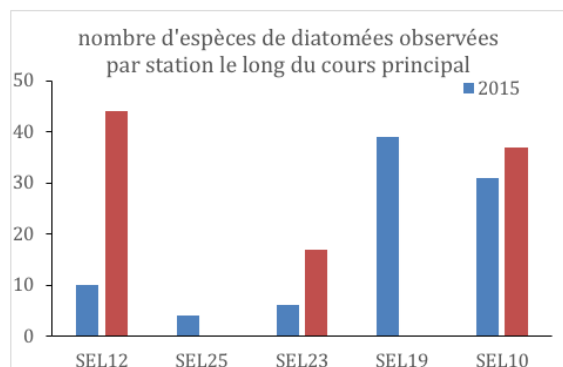


Figure 7. Nombre d'espèces de diatomées benthiques composant le biofilm aux stations du cours principal en juin 2015 et 2016. Les données 2016 de SEL25 et SEL19 sont toujours en cours d'acquisition (numérisation).

iii) Les communautés d'invertébrés aquatiques (Christophe Piscart, Ecobio)

Des prélèvements d'invertébrés ont été réalisés au printemps 2017. Pour chaque site, quatre substrats artificiels constitués par 5L de galets ont été utilisés pour déterminer la structure trophique des communautés d'invertébrés. Le tri et la détermination ont été réalisés pour la campagne de 2017 mais l'identification des invertébrés est toujours en cours pour 2016.

Les résultats des campagnes d'échantillonnage depuis l'automne 2014 au printemps 2017 confirment l'effet des retenues sur la structure des communautés d'invertébrés de la Sélune (**Figure 8**). Les sites en eau courante (Sel10 et Sel 12) sont caractérisés par des communautés d'invertébrés plus riches en invertébrés brouteurs, collecteur et herbivores (à gauche sur l'axe F1). L'abondance de ces groupes est cohérente avec la position longitudinale de ces stations sur la Sélune. La faible hauteur d'eau permet le développement important du biofilm et des plantes aquatiques consommées par ces guildes trophiques. Cet effet est même plus visible sur le site Sel 12, en aval des barrages où la transparence de l'eau est encore plus forte du fait de la décantation de MES dans les retenues. Au contraire, les communautés des retenues (Sel 23 et Sel 25) ont plus de filtreurs et des décomposeurs. Le site du Pont de la République (Sel19) héberge une communauté d'invertébrés particulière, riche en mangeurs de sédiment. Cela est probablement lié au substrat de ce site, qui est constitué uniquement de sédiments fins et de terre, limitant la disponibilité des autres ressources.

Le traitement des échantillons collectés en 2016 devra permettre d'affiner les changements de structure trophique des communautés et de vérifier si ces changements dépendent de la saison. En effet, les conditions environnementales et particulièrement l'hydrologie et la température de l'eau sont très impactées par le barrage, cela pourrait donc avoir des conséquences non seulement sur la structure des réseaux trophiques mais également sur les productions des écosystèmes en raison d'accélération de cycles de développement pouvant conduire à des émergences précoces. Ces modifications des émergences pourraient impactées la structure des communautés automnales qui dépendent en grande partie de l'émergence et de la reproduction des communautés du printemps. Ces liens pourront être confirmés par le suivi saisonniers de 2014 à 2017 afin d'étudier la succession des communautés.

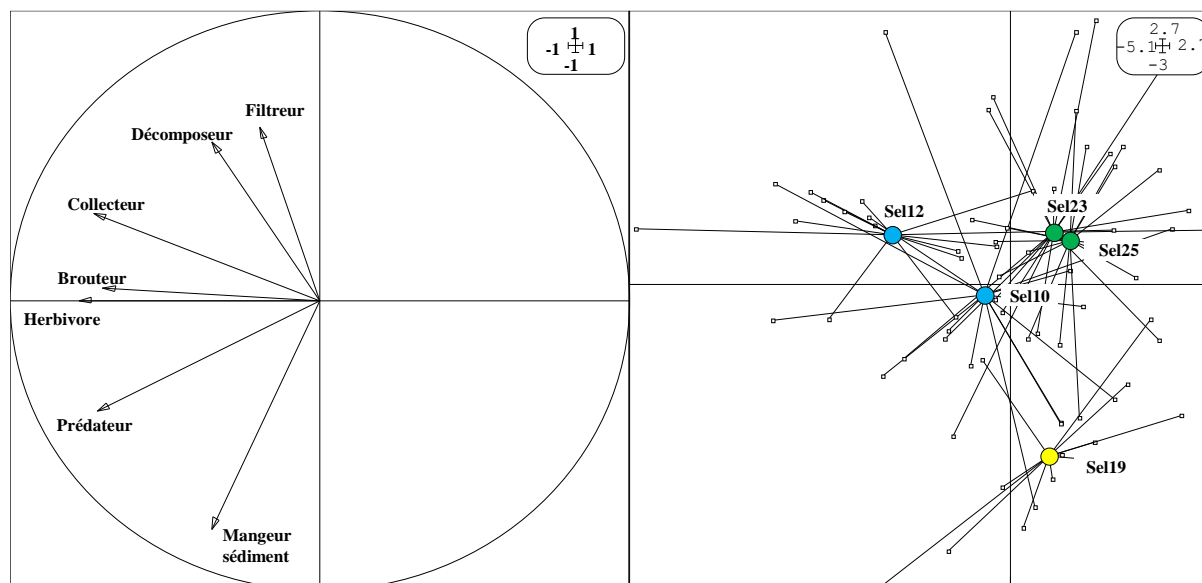


Figure 8. Résultats de l'analyse en composante principale (ACP) des abondances des invertébrés dans chaque guildes trophique au cours des 5 campagnes d'échantillonnage entre l'automne 2014 et le printemps 2017 sur les stations rivières (en bleue), lacustres (en vert) et intermédiaire (en jaune). a) Cercle des corrélations issues des deux premiers axes (PC1 et PC2). b) Position moyenne (centre de gravité) des 5 sites de la Sélune dans le plan factoriel.

iv) **Les écrevisses** (Jean-Marc Paillisson, Ecobio)

Aucune action supplémentaire n'a été réalisée en 2017, la caractérisation des populations d'écrevisses ayant été effectuée en 2015.

v) **Les communautés de poissons** (Jean-Marc Roussel, ESE ; Maxime Poupelin, ESE)

Aucune action n'a été réalisée en 2017.

2- **Activité photosynthétique** (Alexandrine Pannard, Ecobio ; Caroline Gorzerino, ESE)

Les opérations réalisées en 2017 ont consisté à revoir les calculs de production primaire, en fonction des résultats des analyses de chlorophylle obtenus après incubation au laboratoire en présence de ^{13}C (**Figure 9**). Les résultats montrent une productivité maximale du phytoplancton sur le cours principal par rapport à l'affluent Chenilly 4, avec une augmentation dans les barrages et une légère diminution à Signy. Le biofilm présente une productivité moins forte que celle du phytoplancton (**Figure 9**). Les 3 stations lotiques du cours principal présente une productivité assez proche, la station du barrage présente la productivité maximale et la station de l'affluent Chenilly 4 la plus faible valeur. Une des explications possibles est que les espèces de diatomées observées spécifiquement dans le barrage, du genre *Achnanthisdium* qui sont favorisées par le faible hydrodynamisme, présentent une forte productivité, par rapport aux espèces des stations lotiques.

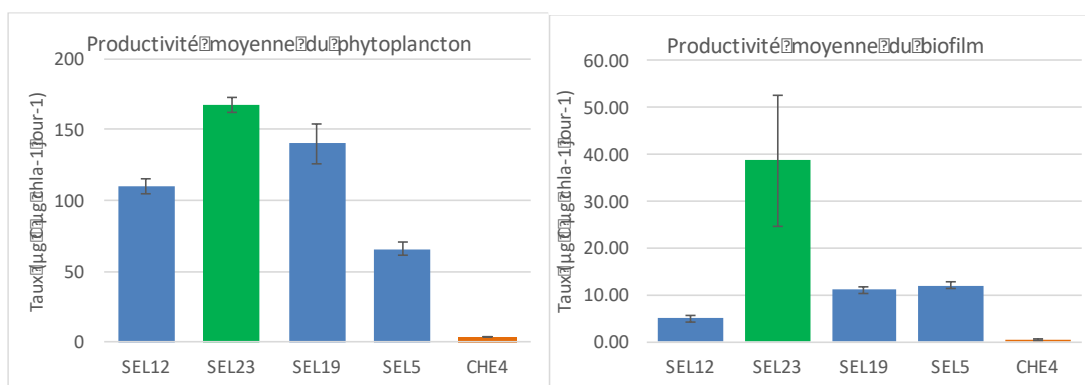


Figure 9. Résultats des taux d'incorporation de ¹³C par unité de biomasse (chlorophylle a) pour le phytoplancton (gauche) et le biofilm (droite) sur les stations d'études. L'histogramme vert indique le barrage de Vezins et celui orange, la seule station affluent mesurée, Chenilly 4. Les traits verticaux représentent les écarts types autour de chaque moyenne.

3- Activité de dégradation de la matière organique (Christophe Piscart, Ecobio)

Des mesures de vitesse de décomposition de litière d'aune ont été réalisées en avril 2017. Comme en 2016, les sacs de litière ont été placés pendant 1 mois à l'intérieur des substrats artificiels afin de prendre en compte les très fortes variations de niveau d'eau possibles sur certaines stations et pour permettre une meilleure interprétation des résultats de décomposition avec la faune présente dans les sacs. Nous avons retiré la station SEL 19 sur ce graphique car les données en 2015 (à cause de vandalisme) et 2017 (à cause des travaux) nous pas pu être récupérées.

Nos résultats confirment une très forte variabilité dans les vitesses de décomposition entre les sites en fonction des années, avec une vitesse en générale beaucoup plus faible en 2016 et plus forte en 2015 (**Figure 10**). En revanche, la décomposition des sites de la Roche qui Boit (SEL25) accélère progressivement de 2015 à 2017, alors que celle de la station la plus amont (SEL6) diminue dans le même temps.

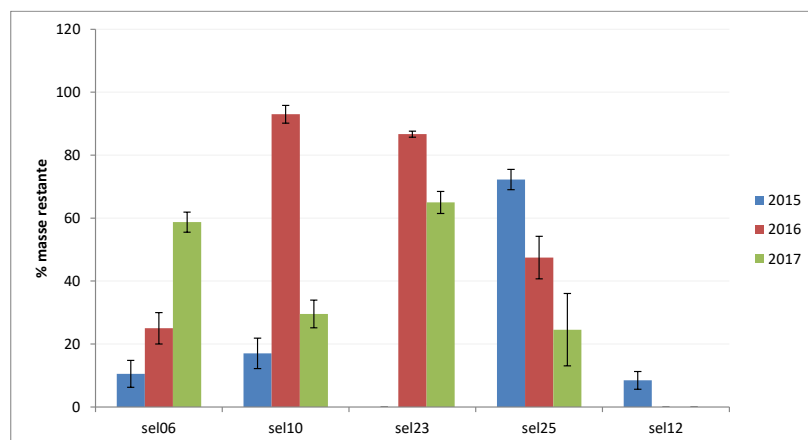


Figure 10. Pourcentage de masse restante de litière d'Aulne (moyenne ± erreur standard) dans les sacs après 30j d'immersion sur les 5 stations de la Sélune entre 2015 et 2017.

D'une manière générale, la diminution de la vitesse de décomposition en 2016 sur les sites amont peut certainement s'expliquer par des crues importantes, à cette période sur le secteur amont, qui ont probablement perturbées les communautés de macroinvertébrés. Toutefois, seul le traitement des échantillons d'invertébrés qui est toujours en cours pour cette date apportera les preuves de cet impact. Cela serait aussi cohérent avec les plus faibles écarts observés sur le site aval (SEL12), pour lequel le contrôle du régime hydrologique par les barrages a sans doute permis de tamponner l'effet des crues (sédiments) dans et à l'aval des retenues.

L'absence de données de décomposition dans la retenue de Vezins en 2015 ne permet pas de mesurer l'effet de la retenue en 2015. En revanche la vitesse de décomposition dans la retenue de la Roche qui Boit (SEL25) par rapport aux sites en amont et en aval suggère une diminution possible de la vitesse de décomposition des feuilles. Malheureusement, les fortes variabilités observées sur les autres sites en amont des retenues, plus particulièrement en 2017, ainsi que l'effet des crues en 2016 ne nous permettent pas de confirmer définitivement l'impact des retenues sur la décomposition des litières.

4- Analyse des réseaux trophiques (Jean-Marc Roussel, ESE ; Maxime Poupelin ESE ; Jean-Marc Paillisson, Ecobio)

Sur la base des résultats d'analyses isotopiques obtenus à partir des prélèvements fait en 2015 et 2016, une nouvelle analyse des données a été réalisée en 2017. Par rapport à l'approche précédente par ellipses (cf. rapport d'activité 2016), l'objectif ici est de visualiser l'architecture des réseaux trophiques de manière standardisée. Pour cela, nous avons utilisé le package tRophic Position sous R, qui pour chaque groupe trophique au sein du réseau, transforme les valeurs isotopiques de l'azote en niveau trophique (de 2 pour un consommateur primaire à 4 pour un prédateur), et les valeurs isotopiques du carbone en contribution de la voie algale et détritique (de 0 à 1, respectivement).

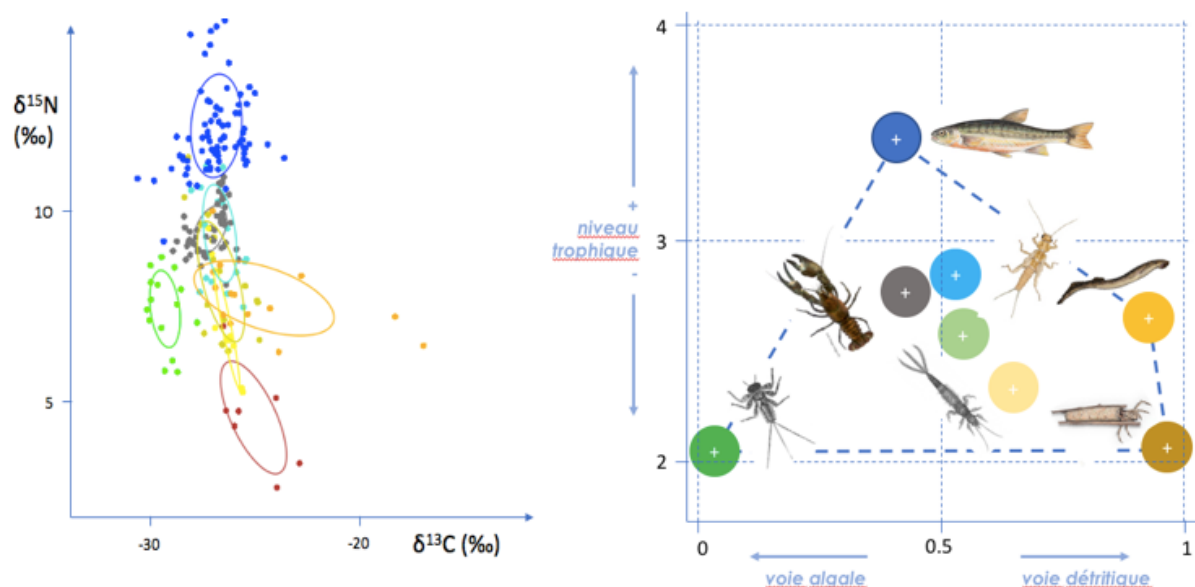


Figure 11. Représentation du réseau trophique type du cours principal de la Sélune (droite), à partir des données isotopiques C et N des différents groupes trophiques (gauche). Vert foncé : invertébrés brouteurs herbivores (voie algale), marron : invertébrés déchetteurs et lamproies juvéniles (voie détritique), puis invertébrés omnivores (vert clair et jaune clair), écrevisses (gris), invertébrés prédateurs (bleu clair) et poissons invertivores (bleu foncé).

Ce type d'analyse facilite les comparaisons entre les situations d'étude, comme le montre la **Figure 11** qui représente l'architecture type du réseau trophique sur le cours principal. Il est intéressant de noter que les contributions des voies algale et détritique dans les niveaux trophiques supérieures (poissons

invertivores, niveau trophique 3,5) sont assez proches. De plus, l'écrevisse invasive se place au centre de ce réseau, avec notamment un niveau trophique moyen très proche (2,8) de celui des invertébrés prédateurs. Un échantillonnage complémentaire est prévu en 2018 pour permettre de faire ce type d'analyse en comparant les stations amont et aval des barrages.

5- **Mise au point du Barcoding alimentaire** (Dominique Barloy, Jean-Marc Roussel, ESE)

Suite aux difficultés techniques rencontrées en 2015, l'approche moléculaire des relations trophiques (barcoding alimentaire) a été abandonnée. Les conséquences sur l'avancement du projet sont minimales, puisque le barcoding alimentaire était surtout envisagé comme un complément à l'approche classique par analyses de isotopes stables (paragraphe ci-dessus). Néanmoins, la recherche d'ADN d'écrevisses dans les contenus digestifs de prédateurs (loutre d'Europe et anguille européenne, cf. Partie I.2. de ce rapport) est en cours, et permettra de mieux comprendre le rôle de proie de l'écrevisse dans le réseau trophique.

Partie III. Sur les 8 stations pilote en affluents

	2014		2015		2016		2017	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
8 stations pilote sur 5 affluents de la Sélune								
1- Etude des communautés végétales et animales			X		X			
2- Activité photosynthétique			X		X			
3- Dégradation de la matière organique				X	X			
4- Analyse des réseaux trophiques (isotopes stables et barcoding alimentaire), prélèvements			X		X		X	
Travaux en laboratoire								
Tri et détermination taxonomique			X	X	X		X	
Préparation des échantillons pour l'ergostérol		X	X	X	X			
Préparation des échantillons pour les isotopes		X	X	X			X	X
Dosage C, N et P dans les végétaux		X		X	X			
Préparation et analyse de barcoding alimentaire			X	X	annulé			
Analyse de l'ergostérol (prestation externe)				X				
Analyse isotopes stables (prestations externes)				X	X	X	X	X
Interprétation des résultats ; valorisation								
			X	X	X	X	X	X

1- Etude des communautés végétales et animales en place (collectif ESE et Ecobio).

Le travail a pour objectif de décrire les biocénoses aquatiques, végétales et animales, en place sur les 8 stations pilote choisies. Il s'appuie sur des inventaires réalisés à partir des méthodes spécifiques aux différents groupes taxonomiques et conventionnellement utilisées dans ce type de travail. Il doit permettre la caractérisation des communautés, d'un point de vue structurel (détermination taxonomique, abondance, biomasse) et fonctionnel (production primaire, dégradation de la matière, production secondaire, organisation des réseaux trophiques). Les éléments de méthodes communs à l'étude des stations du cours principal sont disponibles dans la partie précédente (Partie II) et ne sont pas réécrits ici.

i) Les communautés végétales aquatiques (Julie Coudreuse, ESE)

Ces travaux sont terminés, il n'y a pas eu de nouvelles actions en 2017.

ii) Les communautés planctoniques et biofilms (Alexandrine Pannard, Ecobio ; Caroline Gorzerino, ESE)

Tout comme pour le cours principal, les opérations réalisées en 2017 ont consisté à analyser le reste des échantillons stockés lors des campagnes 2016, à compiler les données 2015-2016 et vérifier la cohérence du jeu de données, en croisant avec les données des sondes et de la littérature. Les résultats pour la concentration en phytoplancton montrent encore une très forte variabilité entre les années (**Figure 12**). La phase de mise en relation avec les autres compartiments biologiques et d'interprétation est en cours.

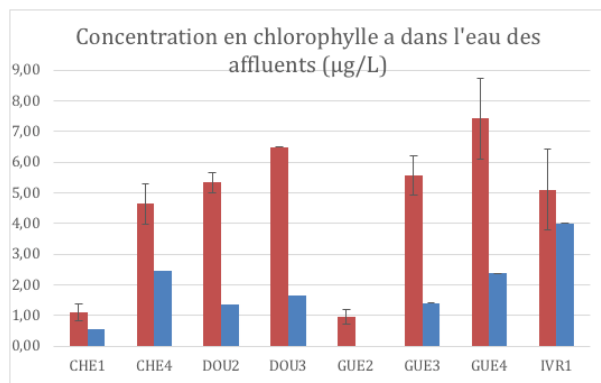


Figure 12. Biomasses de phytoplancton mesurées par dosage de la chlorophylle a sur les stations d'études en 2015 (rouge) et 2016 (bleu). Les traits verticaux représentent les écarts types autour de chaque moyenne.

iii) **Les communautés d'invertébrés aquatiques** (Christophe Piscart, Ecobio)

Il n'y a pas eu d'activité nouvelle en 2017 sur cette partie. Toutefois, des prélèvements d'invertébrés représentant les principales guildes trophiques ont été réalisés sur les deux nouveaux affluents, le Vaux Roux (Vau1), et l'Argonce (Arg2), pour les besoins de l'analyse isotopiques des réseaux trophiques (cf. paragraphe III.4.)

iv) **Les écrevisses** (Jean-Marc Paillisson, Ecobio ; Maxime Poupelin, ESE)

Les investigations sur les réseaux trophiques ont été étendues, en 2017, à deux affluents supplémentaires, choisis de façon à décrire des configurations sans écrevisse (cf. paragraphe III.4. plus loin). Le travail a consisté, ici, à valider l'absence d'écrevisses sur ces deux stations à l'aide d'une session de piégeage réalisée en juin 2017. Aucune écrevisse n'a effectivement été détectée sur la station la plus en aval (Vaux Roux, Vau1), alors que deux individus ont été capturés sur la seconde station située bien plus au cœur de la zone connue pour être envahie par l'espèce (Argonce, Arg2). Ce dernier résultat ne remet néanmoins pas en cause l'attendu fixé initialement, car il est peu probable qu'une présence aussi faible d'écrevisses puissent modifier les réseaux trophiques. Les profils d'abondance d'écrevisses sur les 10 stations d'affluents sont reportés **Figure 13**. Les stations sur la Gueuche et en aval du ruisseau de Chenilly accueillent de fortes populations d'écrevisses comparativement aux autres stations.

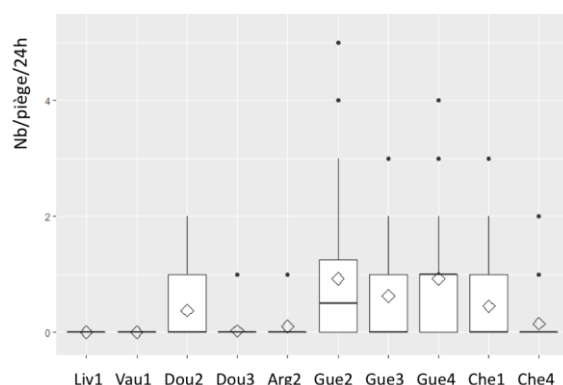


Figure 13. Abondance d'écrevisses Signal (CPUE, captures par unité d'effort, soit le nombre d'écrevisses par piège et par 24h) sur les dix stations affluents. Sur les boîtes à moustache sont reportés les valeurs médianes (barre horizontale) ainsi que les moyennes (losanges). NB : une valeur extrême

à 8 individus / piège / 24h sur la Gueuche (station Gue4) n'apparaît pas sur le graphique, pour faciliter la lecture.

v) **Les communautés de poissons** (Jean-Marc Roussel, ESE ; Maxime Poupelin, ESE)

Les deux nouveaux affluents, le Vaux Roux (Vau1), et l'Argonce (Arg2), ont été inventoriés pour les besoins de l'analyse des réseaux trophiques (cf. paragraphe III.4. plus loin). Nous disposons maintenant de données de biomasse de poisson, exprimées en grammes pour 100 m², pour 10 stations affluents (**Figure 14**). On remarque une forte variabilité des valeurs de biomasse de poissons selon les stations, dont une grande partie s'explique par la composition en espèces. En effet, les deux espèces les plus présentes (en biomasse) sont la truite et l'anguille, qui tirent les biomasses des stations vers le haut lorsqu'elles sont présentes. C'est notamment le cas pour Livret (anguille), Chenilly et l'Argonce (truite). Même si la diversité spécifique est plutôt plus faible dans les affluents que dans le cours principal, il faut noter que certaines stations en affluent s'illustrent par des biomasses très fortes (Che4, où la biomasse de chabot *Cottus gobio* est un record) ou très faible (Gue3, sur la Gueuche).

La présence de juvéniles de lamproie sur les stations a été vérifiée par des sondages complémentaires dans les banquettes de sédiments fins (**Figure 14**). Cette donnée est donc fiable, mais les valeurs de biomasse ne doivent être considérées car la méthode d'inventaire par pêche électrique n'est pas efficace sur cette espèce. Sur le cours principal enfin, on confirme l'extraordinaire concentration d'anguille au pied du barrage de la Roche qui Boit (station Sel12), et la présence de chevesne sur la partie haute de la Sélune (Sel5), dont les biomasses ne sont pas correctement quantifiées par la méthode de pêche électrique mise en œuvre.

	Sel 12	Sel 10	Sel 6	Sel 5	Liv 1	Vau 1	Arg 2	Dou 2	Dou 3	Gue 2	Gue 3	Gue 4	Che 1	Che 4	TOTAL
<i>nb espèces</i>	6	6	6	7	3	3	6	5	4	5	2	3	4	5	9
<i>S. trutta</i>			26	146	80	375	377	270	104	3	142	333	588	307	2749
<i>A. anguilla</i>	1627				407										2034
<i>C. gobio</i>	25	137	69	26			58	64	75	203	11		90	542	1300
<i>B. barbatulus</i>	3	17	80	105		33	111	3	98	27		14	47	85	622
<i>P. phoxinus</i>	14	9	36	109			74	8		37			14	75	376
<i>G. gobio</i>	20	88	32	251			6								396
<i>R. rutilus</i>		203			15										218
<i>(L. planeri)</i>	1	17	18	31		3	5	6	6	8		13		10	(117)
<i>(S. cephalus)</i>				(748)											(748)
TOTAL biomasse	1691	470	259	667	502	411	632	350	282	278	153	360	739	1019	8560

Figure 14. Nombre d'espèces de poisson inventoriées sur les stations d'étude, et répartition des biomasses (en g.100m⁻²) par stations et par espèces.

2- Activité photosynthétique (Alexandrine Pannard, Ecobio ; Caroline Gorzerino, ESE)

Les résultats obtenus sur Chenilly sont présentés dans la Partie II.2. en parallèle aux résultats obtenus sur la Sélune.

3- Activité de dégradation de la matière organique (Christophe Piscart, Ecobio)

En 2016, nous avons suivi la décomposition de 18 types de litières communes dans les forêts et les jardins de la région. L'ensemble de ces espèces permettait d'avoir une grande variété de compositions physiques et chimiques représentatives de différents types d'environnement avec des espèces de zones humides et d'autres de milieux plus secs. Nos résultats avaient mis en évidence des différences très importantes en termes de vitesse de décomposition en fonction de nos espèces avec des pertes de masses variant de 6,1 à 65,8% après 30j d'immersion. Nous avons pu confirmer que la palatabilité des litières semble donc fortement liée à la composition chimique de celles-ci. Ainsi, la composition élémentaire des feuilles semble être importante dans le processus de décomposition et en particulier la quantité d'Azote et de Soufre qui sont significativement corrélés à la décomposition.

En 2017, nous avons travaillé sur des mélanges de feuille en associant des feuilles de « bonne qualité » avec des feuilles de « mauvaise qualité » afin de mieux comprendre les conséquences de la mixité des feuilles dans la décomposition. Les résultats montrent que l'effet synergique entre des feuilles différentes est plus fort quand on mélange des feuilles de « bonne qualité ». Contrairement à nos attentes, en mélangeant des feuilles de « mauvaise qualité » avec des feuilles de « bonnes qualité », les vitesses de décomposition mesurées ne montrent pas d'amélioration de la décomposition des feuilles de mauvaise qualité. La présence de feuilles facilement assimilables par l'écosystème est donc très importante pour assurer un soutien efficace aux réseaux trophiques.

Finalement, des mesures de vitesse de décomposition de litière d'Aulne ont été mises en place sur les 8 stations pilotes des affluents en mars 2015, mars 2016 et avril 2017 avec le même lot de feuilles afin d'estimer la variabilité annuelle de la vitesse de décomposition des litières (**Figure 15**). Nos résultats montrent une très forte variabilité dans les vitesses de décomposition malgré le fait que ces expériences aient été réalisées à la même période. D'un point de vue général, la vitesse de décomposition des litières a été beaucoup plus faible en 2016 qu'en 2015 ou 2017. Comme sur le cours principal de la Sélune, les fortes crues en 2016 sur la partie amont du bassin versant de la Sélune pourraient expliquer cette diminution. Les données sur les communautés d'invertébrés associées à ces litières, en cours de traitement, devraient nous apporter des résultats importants pour expliquer ces différences.

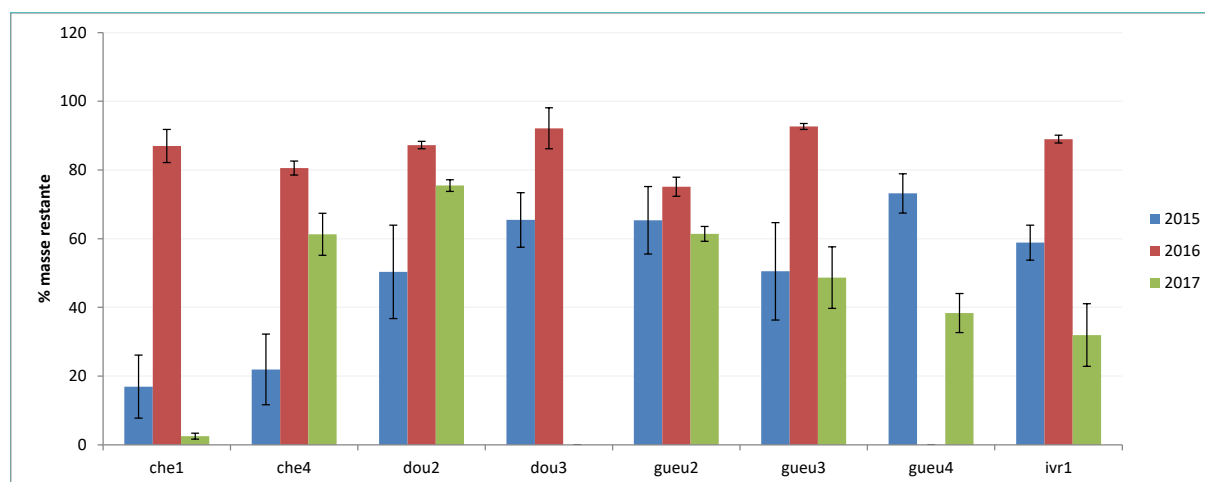


Figure 15. Pourcentage de masse restante de litière d'Aulne (moyennes \pm Erreur standard) dans les sacs après 30j d'immersion dans les 8 stations des affluents de la Sélune de 2015 à 2017.

4- Analyse des réseaux trophiques (Jean-Marc Roussel, ESE ; Jean-Marc Paillisson, Ecobio ; Maxime Poupelin, ESE)

Les investigations sur les réseaux trophiques ont été étendues, en 2017, à deux affluents supplémentaires, choisis de façon à décrire des configurations sans écrevisse. En s'appuyant sur la même démarche que celle expliquée au paragraphe II-4 pour le cours principal de la Sélune, nous pouvons représenter l'organisation du réseau trophique en affluent, en l'absence d'écrevisse (**Figure 16**). Contrairement à nos attentes vis-à-vis de réseaux trophiques dans des petits cours d'eau de tête de bassin, il s'avère que la balance entre voie algale et voie détritique, analysée par le biais des isotopes stables du C et de l'N, ne soit pas fondamentalement modifiée dans les affluents sans écrevisse comparé au cour principal (cf. **Figure 11**). Cela signifierait que le C issu de la production autotrophe tient une place importante dans les niveaux trophiques supérieures. A ce titre, on note que le niveau trophique moyen pour les poissons invertivores tend à baisser légèrement (3,1) dans ces affluents par rapport à la Sélune (3,5), ce qui souligne que les chaînes alimentaires seraient plus courtes en affluents.

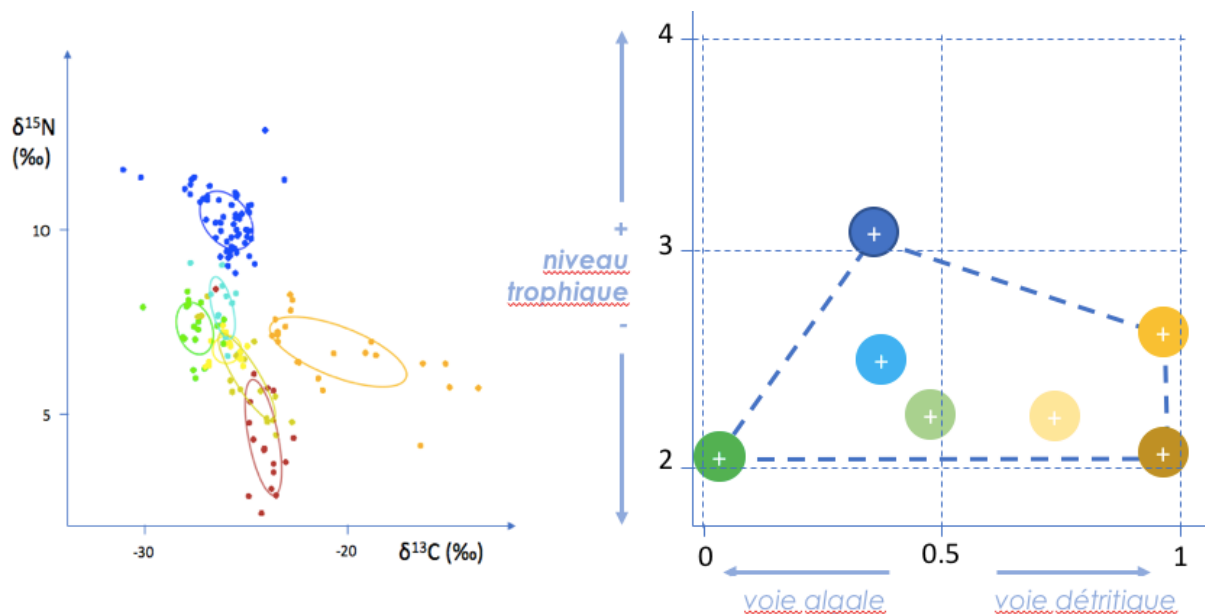


Figure 16. Représentation du réseau trophique type des affluents de la Sélune (droite), à partir des données isotopiques C et N des différents groupes trophiques (gauche). Vert foncé : invertébrés brouteurs herbivores (voie algale), marron : invertébrés décheteteurs et lamproies juvéniles (voie détritique), puis invertébrés omnivores (vert clair et jaune clair), invertébrés prédateurs (bleu clair) et poissons invertivores (bleu foncé).

Si l'on considère les affluents où l'écrevisse est présente, le même type de représentation souligne une situation assez différente (**Figure 17**). Dans ce cas en effet, l'écrevisse invasive se place plus nettement sur la voie algale et semble entraîner les poissons invertivores dans cette même direction. Cela signifierait que le C circulant dans les chaînes alimentaires jusqu'aux poissons proviendrait, de manière plus marquée, des producteurs autotrophes sur les affluents où l'écrevisse est présente. On peut remarquer parallèlement que le niveau trophique des écrevisses juvéniles est identique (2,8) à ce qui est observé dans le cours principal de la Sélune pour les adultes (cf. **Figure 11**), et également proche de celui des invertébrés prédateurs. Par contre, les écrevisses adultes sont très nettement sur la voie algale (**Figure 17**). Ces résultats restent à confirmer par des analyses de données complémentaires,

et leur interprétation reste à affiner, notamment au regard des résultats obtenus sur les communautés d'invertébrés, la dégradation des litières, et les activités photosynthétiques sur les affluents.

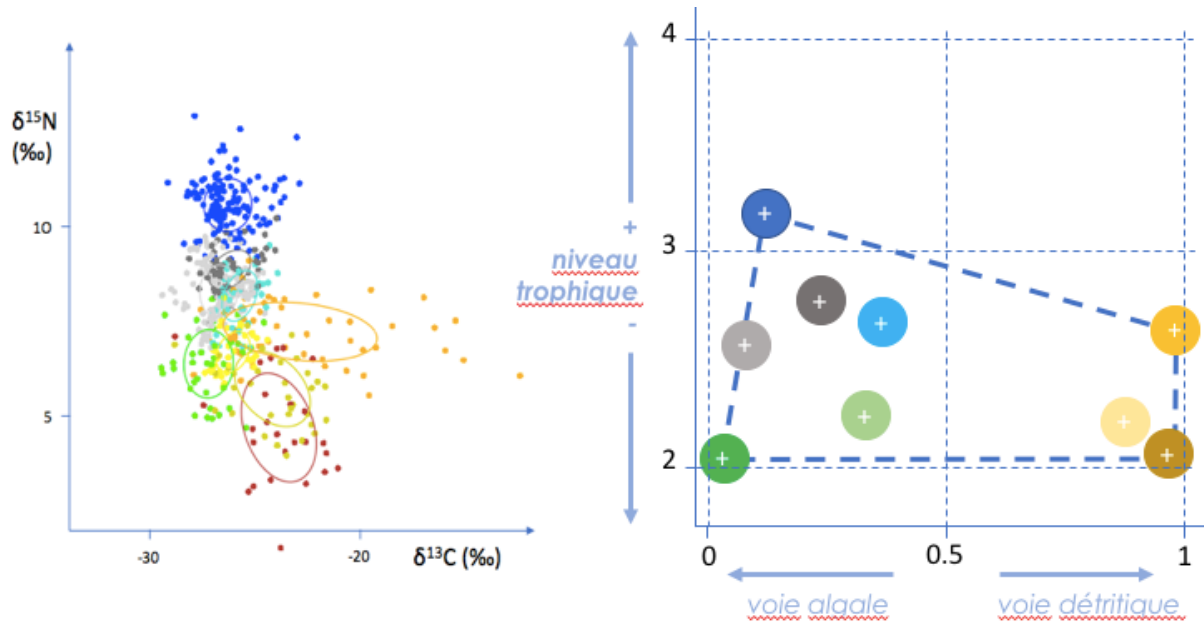


Figure 17. Représentation du réseau trophique type des affluents de la Sélune en présence de l'écrevisse invasive (droite), à partir des données isotopiques C et N des différents groupes trophiques (gauche). Vert foncé : brouteur herbivore (voie algale), marron : invertébrés décheteteurs et lamproies juvéniles (voie détritique), puis invertébrés omnivores (vert clair et jaune clair), écrevisses juvéniles (gris foncé) et adultes (gris clair), invertébrés prédateurs (bleu clair) et poissons invertivores (bleu foncé).