



SERVICE PUBLIC DE WALLONIE  
DIRECTION GENERALE OPERATIONNELLE AGRICULTURE, RESSOURCES  
NATURELLES ET ENVIRONNEMENT  
DEPARTEMENT DE LA NATURE ET DES FORETS  
Avenue Prince de Liège, 15 -5100 JAMBES

## **CONVENTION RELATIVE A LA REHABILITATION DU SAUMON ATLANTIQUE DANS LE BASSIN DE LA MEUSE**

### **Rapport de convention février 2013- janvier 2014**

**COORDINATION SCIENTIFIQUE GENERALE :**  
**J.C. Philippart – M.Ovidio**

REALISATION PAR LES EQUIPES UNIVERSITAIRES

#### **Université de Liège**

**J.C. Philippart, A. Dierckx, B.N. Matondo, J.P. Benitez, P.Poncin, M. Ovidio**

Unité de Biologie du Comportement  
Centre de recherche en Ichtyologie Fondamentale et Appliquée (AFFISH-RC)  
Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie (LDPH)  
22 quai E. Van Beneden, 4020 Liège

#### **Université de Namur**

**P. Kestemont, B. Bernard, R. Mandiki, A. Evrard**

Unité de Recherche en Biologie Environnementale et Evolutive (URBE)  
Rue de Bruxelles, 61 – 5000 Namur



## TABLE DES MATIERES

	page
<u>INTRODUCTION</u>	3
<u>PARTIE 1. ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES ECHELLES A POISSONS DANS LA HAUTE MEUSE A WAULSORT ET TAILFER</u>	5
1.1. Passe de Waulsort	5
1.2. Passe de Tailfer	19
1.3. Testage de la fonctionnalité du piège a dévalaison du piège de Lixhe	23
<u>PARTIE 2. REPEULEMENTS ET SUIVI DES POPULATIONS REIMPLANTEES</u>	28
2.1. Appui au Service de la Pêche du SPW pour l'exécution des repeuplements dans le Samson	
2.2. Compilation et synthèse des suivis réalisés dans le passé	30
2.3. Pêche de contrôle automnale dans le Samson	33
2.4.. Pêche pa rindice d'abondance	38
<u>PARTIE 3. ENCADREMENT SCIENTIFIQUE DE L'ELEVAGE DE SAUMONS DE SOUCHE MEUSE ET LOIRE-ALLIER EN REGION WALLONNE</u>	41
<u>PARTIE 4 ELABORATION D'UN PROTOCOLE DE CRYOCONSERVATION ET D'UNE CRYOBANQUE SE SPERME DE SALMONIDES</u>	75
4.1. Amélioration de la qualité de la semence cryopreservée	76
4.2. Testage des géniteurs disponibles à la station d'Erezée et stockage des gamètes	
4.3. Développement de la structure de la cryobanque saumon	79
<u>PARTIE 5. CARACTERISATION DE L'EFFICACITE DE LA REMONTEE DES POISSONS DANS L'AXE FORME PAR LA MEUSE EN AVAL DU BARRAGE DE LIXHE, LES BARRAGE DE MONSIN ET D'YVOZ-RAMET ET LA BASSE OURTHE EN AMONT DU BARRAGE DE LIEGE GROSSES BATTES (ULG)</u>	81
5.1. Contrôle des remontées dans les échelles à poissons de Mixhe sur la Meuse en 2013	82
5.2. Caractérisation en 2013 de la migration de remontée dans l'axe Meuse entre Lixhe, Monsin, Yvoz-Ramet et Grosses Battes de poissons marqués par puce RFID à Lixhe	97
<u>PARTIE 6. CARACTERISATION DE LA DEVALAISON DES SMOLTS DE SAUMONS ET TRUITES DE MER DANS LA BASSE OURTHE A MERY AU PRINTEMPS 2013 AU COURS D'UNE HUITIEME SAISON DE PIEGEAGE) (ULG)</u>	114
6.1. Objectifs de l'étude	115
6.2. Conditions environnementales	118
6.3 Bilan général des captures toutes espèces confondues	119
6.4 Caractéristiques de la population des saumoneaux dévalants	120
6.5. Devalaison des autres espèces	125
6.6. Conclusions préliminaires basées sur les suivis au cours des sept années de piégeage.	127
6.6. Projet de programme pour 2013-2014	128
<u>PARTIE 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</u>	129
<u>PARTIE 8. ANNEXES</u>	131

**Dossier de 160 pages**

# INTRODUCTION

Le présent rapport d'activités intègre les travaux des deux équipes universitaires de Namur et de Liège. Il traite des 6 actions techniques principales décrites dans le programme de travail présenté en Annexe 2.

Comme les années antérieures, nous tenons à remercier collectivement toutes les personnes et institutions qui ont accordé leur appui financier et/ou logistique à la réalisation des études et actions décrites dans ce rapport et ont ainsi contribué à la progression du projet ' Saumon Meuse'. Nous remercions spécialement M. Carlo Di Antonio, Ministre wallon des Travaux Publics, de l'Agriculture, de la Ruralité, de la Nature, de la Forêt et du Patrimoine, qui a accepté d'accorder la subvention 2013-2014 aux équipes universitaires (Annexes 2) dans un contexte budgétaire difficile (réduction du budget total de 120000 à 100000 euros pour 2013-2014). Nos remerciements s'adressent aussi aux Services concernés du Service Public de Wallonie (SPE) qui ont participé au projet d'une manière ou d'une autre. Il s'agit spécialement de la DGARNE (Direction de la Nature et des Forêts, Inspecteur général Ir. Ph. BLEROT; Service Chasse et Pêche, Directeur Ir. P. VILLERS, Service de la Pêche, Dr. Ir X. ROLLIN) et de la DG02 (Services des Voies hydrauliques de Liège et Namur ; Direction des Aménagements paysagers Ir. A. GILLET ; Service d'Etudes Hydrologiques-SETHY et D.G.2-D.212-Ir Ph. DIERICKS).

Nous remercions aussi particulièrement l'équipe du Service de la Pêche de la DNF, représenté par son Directeur X. ROLLIN ainsi que ses agents sur le terrain: R. CRAHAY, Y. HAUPMANN, P. LAFALIZE, A. LAMOTTE, J.-B. LEURQUIN, V. PAQUAY, D. WALTZING, T. WERGIFOSSE, D. GILSON et Y. NEUS, pour leur participation directe au projet, spécialement pour toutes les opérations d'élevage des saumons à Erezée et à Emptinne, de leur déversement en rivière mais aussi pour leur appui au contrôle des échelles à poissons régulièrement sur la Haute Meuse (V. PAQUAY) et pour l'appui aux contrôles du piège de Méry (coordination Y. NEUS).

Merci à P. ORBAN, O. DETRAIT, O ; LEHANSE et M.C. FLAMAND pour leurs participations aux réunions du comité d'accompagnement.

L'équipe de l'Université de Namur adresse un grand merci Marie-Claire Forget, Jessica Douxfils, Kathleen Roland, Marie-Line Rostenne, Pierre Cambier, Kevin Chantung Sobandi, Romain De Jaegere, Adrien Latli, William Otjacques et Florian Geay pour leur participation à cette étude. L'équipe de l'Université de Liège remercie les étudiants et stagiaires qui ont participé aux activités sur le terrain.

## Référence du rapport

PHILIPPART, J.C. DIERCKX, A., MATONDO, B.N., BENITEZ, J.P. PONCIN, P, KESTEMONT, P., BERNARD, B., MANDIKI, R., EVRARD, A., OVIDIO, M. (2014). Rapport final annuel 2014 au Service Public de Wallonie (DGARNE/DNF-SP) de la Subvention 2013-2014 relative au suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse. Université de Liège et Université de Namur, 160 pages (avril 2014)

# **1. ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES ÉCHELLES À POISSONS DE LA HAUTE MEUSE À WAULSORT ET TAILFER**

**(université de Namur et appui du Service de la Pêche)**

# **1. ÉTUDE DU FONCTIONNEMENT DES ÉCHELLES À POISSONS DE LA HAUTE MEUSE À WAULSORT ET TAILFER**

## **1.1. Suivi de la passe à poissons de Waulsort à l'aide du système de vidéo-surveillance SYSIPAP.**

### **1.1.1 Introduction**

L'installation du système de vidéosurveillance automatisé SYSIPAP (développé par le professeur M. Cattoen du Laboratoire d'Electronique de l'ENSEEIH de Toulouse) à la passe à poissons de Waulsort en avril 2010 nous a permis de suivre les migrations printanières et automnales de la faune ichtyologique de la haute Meuse de 2010 à 2013.

L'optimisation de ce système a nécessité des longues observations et travaux d'aménagement étendus sur les deux premières années d'installation, soit entre 2010 et 2011. Rappelons que suite à divers facteurs déjà décrits dans nos rapports précédents un nombre très élevé de vidéos parasites étaient chaque fois enregistrés et augmentaient considérablement l'encombrement du système informatique et le temps de traitements des données. Les travaux d'aménagement réalisés en vue de cette optimisation concernent principalement :

- la construction d'un caisson anti-lumière autour de la surface de passage des poissons,
- un meilleur réglage de l'ouverture de la vanne d'entrée d'eau et des instructions plus précises aux éclusiers responsables de l'entretien de l'échelle à poisson,
- une optimisation de la sensibilité et du déclenchement du système d'enregistrement.

Lors du premier semestre de 2011, 3998 vidéos ont été enregistrées. Parmi cette série de vidéos, 839 affichaient le passage d'un ou plusieurs poissons, soit un pourcentage de vidéos utiles de près de 21%. Selon le spécialiste français (M. Jean Dartiguelongue), ce pourcentage est généralement compris entre 10 et 20%. L'efficacité du système a été largement améliorée par rapport à 2010 (2,3% de vidéos utiles) sans que l'on remarque une perte d'information. En effet, la limite de détection du système n'a pas été changée et permet toujours la détection de poisson de 10 cm environ, soit la taille de l'ablette commune adulte.

Fin 2011, l'équipe de l'URBE a remplacé trois néons défectueux, installé un meilleur caisson anti-lumière en plaque multiplex marin et fixé un nouveau dôme au sol, forçant le poisson à passer au centre de l'image, ce qui a permis de parachever l'optimisation du système pour une deuxième année complète de suivi de la faune ichtyologique en 2012.



Figure 1 : Installation d'un dôme dans la passe de Waulsort.

Etant donné le niveau d'optimisation du système de vidéo-surveillance, il a été décidé unanimement que le relevé et dépouillement des données seront réalisés par les agents du Service de la Pêche, et que l'appui de l'UN-URBE sera limité au niveau de l'interprétation de ces données.

Pour ce faire, le 23 janvier 2013, Adrien Latli et Benoît Bernard (URBE, UN) ont organisé une formation d'initiation aux logiciels d'acquisition d'images (Wseq32) et de dépouillement des vidéos (Wpois32) à Waulsort à l'intention des agents du Service de la Pêche. Etaient présents : Monsieur Xavier Rollin (DGARNE) et Madame et Messieurs les agents du Service de la Pêche (SP) Myriam Hanson, Bernard Moreaux, Victor Paquay et Jean-Baptiste Leurquin.

Les personnes concernées sont appelées à effectuer les actions suivantes :

- Vérification du bon fonctionnement du logiciel d'acquisition d'image
- Réglages de base du logiciel (identification d'un problème de réglage, seuil de détection, durée d'enregistrement, nom d'enregistrement des fichiers...)
- Vérification de l'historique de l'intégrité du système électrique d'alimentation
- Récupération des données vidéo sur un outil de transport de données portatif
- Visionnage des vidéos et traitement de base (reconnaissance des espèces, ajout, modification et retrait de notes et remarques, détermination de la taille des individus,...)
- Compréhension des symboles de taxa et du tableau de données
- Concaténage des résultats en fichier Wordpad et exportation en fichier Excel

Mais étant donné la complexité du logiciel, le suivi du site continuera d'être effectué par l'équipe de l'Université de Namur en vue d'une prise en main progressive par les agents du Service de la Pêche au cours de l'année 2013. À sept reprises, réparties tout au long du premier semestre 2013, le ramassage des données vidéo a été organisé par l'Université de Namur en invitant les agents du Service de la Pêche à participer. Ces actions étaient accompagnées de séance de questions-réponses.

En février 2013, lors d'un nettoyage du système de vidéo-surveillance, un morceau du dôme a été cassé du reste de la structure. Cependant, il est resté attaché au mastic, lui permettant de bouger avec le courant. Cela a occasionné un enregistrement continu pendant 2 semaines, engendrant le nombre de vidéos parasites le plus élevé de l'année 2013 avec 11985 vidéos. Le vendredi 12 avril, un problème avec la serrure de la porte d'entrée de la passe n'a pas permis le ramassage des données. Une intervention rapide de messieurs Alain Gillet (Premier attaché, Direction générale opérationnelle « Routes et Bâtiments » - DGO1) et Hugues Petit (Ingénieur chef de district, Direction générale opérationnelle de la Mobilité et des Voies Hydrauliques - DGO2) a permis de résoudre ce problème avant la date suivante de ramassage.

## 1.1.2 Bilan 2013 des migrations ichtyologiques

### 1.1.2.1 Premier semestre (du 1<sup>er</sup> janvier au 30 juin 2013)

Le système d'enregistrement automatique de la passe à poissons de Waulsort a permis l'observation de 3693 poissons (Tableau 1) entre le 01/01/2013 et le 30/06/2013. Toutefois, ce comptage ne reflète pas le nombre exact de poissons en migration vers l'amont du barrage de Waulsort. En effet, un petit nombre de ces poissons disposent d'un territoire de chasse dans la passe et leurs passages répétés tronquent le comptage. La plupart du temps, ces poissons causent un enregistrement quasi continu et il est facile de les reconnaître. Cependant, une erreur est toujours possible lorsque le poisson sort du champ de vision de la caméra ou que d'autres passent devant l'objectif en même temps. Seulement 150 poissons nageant d'amont en aval du barrage ont été observés, ce qui s'explique simplement par le fait que les poissons n'ont pas besoin de passer par l'échelle pour dévaler.

Tableau 1: Résultats des observations de la passe à poisson de Waulsort du 01/01/2013 au 30/06/2013.

Espèce	Montaison	Dévalaison	Total de passages
Ablette	377	4	381
Anguille	17	1	18
Barbeaux	146	2	148
Brème	77	1	78
Brochet	1	0	1
Carpe	1	0	1
Chevesne & hotu	1023	98	1121
Cyprins	2	0	2
Gardon, ide, rotengle & vandoise	1663	36	1699
Goujon	185	2	187
Perche	18	0	18
Silure	3	0	3
Tanche	2	0	2
Truite de mer	2	0	2
Truite fario	1	0	1
Indéterminé	25	6	31
<b>Total</b>	<b>3543</b>	<b>150</b>	<b>3693</b>

Le peuplement ichtyologique en montaison lors du premier semestre de 2013 à Waulsort a été évalué à 3543 individus. Dix-huit taxa différents ont été observés, toutefois, la diversité est probablement sous-évaluée du fait de la qualité des images enregistrées qui limite l'identification précise de plusieurs espèces morphologiquement proches. On spécifiera qu'une pêche électrique en bateau a été réalisée par l'URBE en amont du pont d'Hastièrre en août 2011, qui a permis la capture de 18 taxa dont le silure glane, l'aspe, le rotengle et plusieurs petites espèces (chabot, loche franche, grémille et épinoche à trois épines). Certaines espèces ont été regroupées dans le tableau de synthèse car il est très probable qu'un certain nombre d'individus ait été confondu avec une ou plusieurs autres espèces. La qualité de l'image, la turbidité de l'eau, la position du poisson dans l'eau et sa présentation à la caméra ne permettent pas toujours de discerner tous les critères de détermination nécessaire. C'est le cas pour les gardons, ides mélanote, rotengles et vandoises ainsi que pour les chevesnes et hotus et pour les brèmes communes et bordelières.

Les taxa les plus représentés en 2013 sont les gardons/ idées/ rotengles et vandoises avec 1663 individus observés, les chevesnes/ hotus (1023), les ablettes (377) et les goujons (185). Cette année, 146 barbeaux ont été identifiés ainsi que 77 brèmes. Le nombre de prédateurs est, en revanche, relativement faible avec 18 perches (la plupart de petite taille), 17 anguilles, 1 truite fario, 1 brochet et 3 silures observés (Tableau 1).

En 2013 à Waulsort, le premier mode de migration correspond au premier décan du mois de janvier composé principalement de gardons et de brèmes (Figure 2). La migration de printemps a commencé début avril avec un pic de migration au deuxième décan. Le taux de passages maximum s'élève à 349 individus par jour. Les différents modes sont très bien corrélés avec le profil thermique de la Meuse. Remarquons que le pic de migration débute lorsque la température de l'eau dépasse le seuil des 10°C. Un dernier mode de migration s'étend de la fin mai à la fin juin. Le taux de passages maximum s'élève à 44 individus par jour. Les espèces les plus représentées sont les chevesnes et hotus. On observe également une augmentation des passages coïncidant avec une hausse des températures au premier décan de mars.

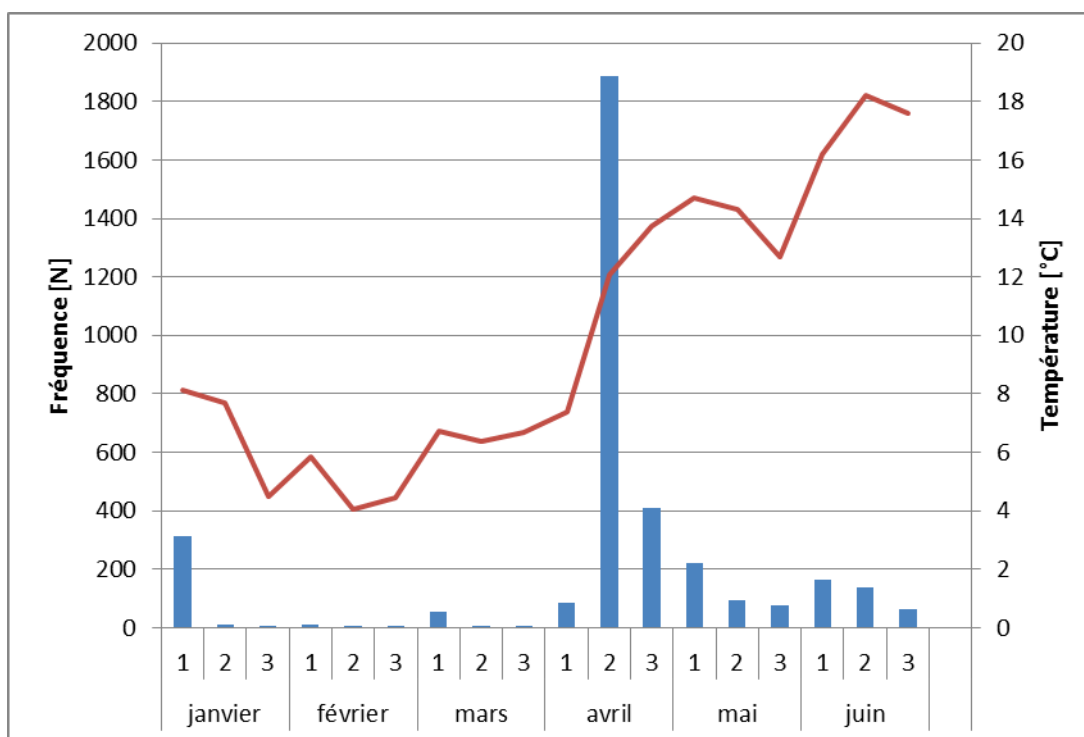


Figure 2: Evolution des observations de poissons à la passe de Waulsort et de la température (°C) de la Meuse du 1 janvier 2013 au 30 juin 2013. (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

La migration des six groupes les plus représentés (Figure 3) se fait au cours de la même période à Waulsort. En effet, lors du visionnage des enregistrements, on a pu constater que ces espèces de cyprins, qu'ils soient rhéophiles ou limnophiles, ont tendance à migrer en banc compact multi-spécifique. Le pic de migration des brèmes (fin mai) est décalé par rapport aux pics des cinq autres groupes (mi-avril). Des données de passes à poissons montrent un pic de passage de brème bordelière (*Blicca bjoerkna*) au printemps qui précède probablement la période principale de reproduction et que cette espèce présente des motifs de mouvements bien définis (Molls, 1999). Le pic d'abondance de brème commune (*Abramis brama*) dans les passes à poissons européens est moins bien défini que pour le barbeau ou la brème bordelière et se prolonge sur une plus longue période (Baras *et al.*, 1994 & Prignon *et al.*, 1998). La définition des vidéos de surveillance ne nous permet pas de différencier les deux espèces de brèmes dans notre suivi. Nos données obtenues en 2013 montrent des mouvements de brème à partir du deuxième décan d'avril jusque fin juin ce qui

coïncide avec la Figure 5. Toutefois, le pic de migration est plus tardif que sur le graphique de même que par rapport aux autres espèces de cyprins dans la Meuse en 2013.

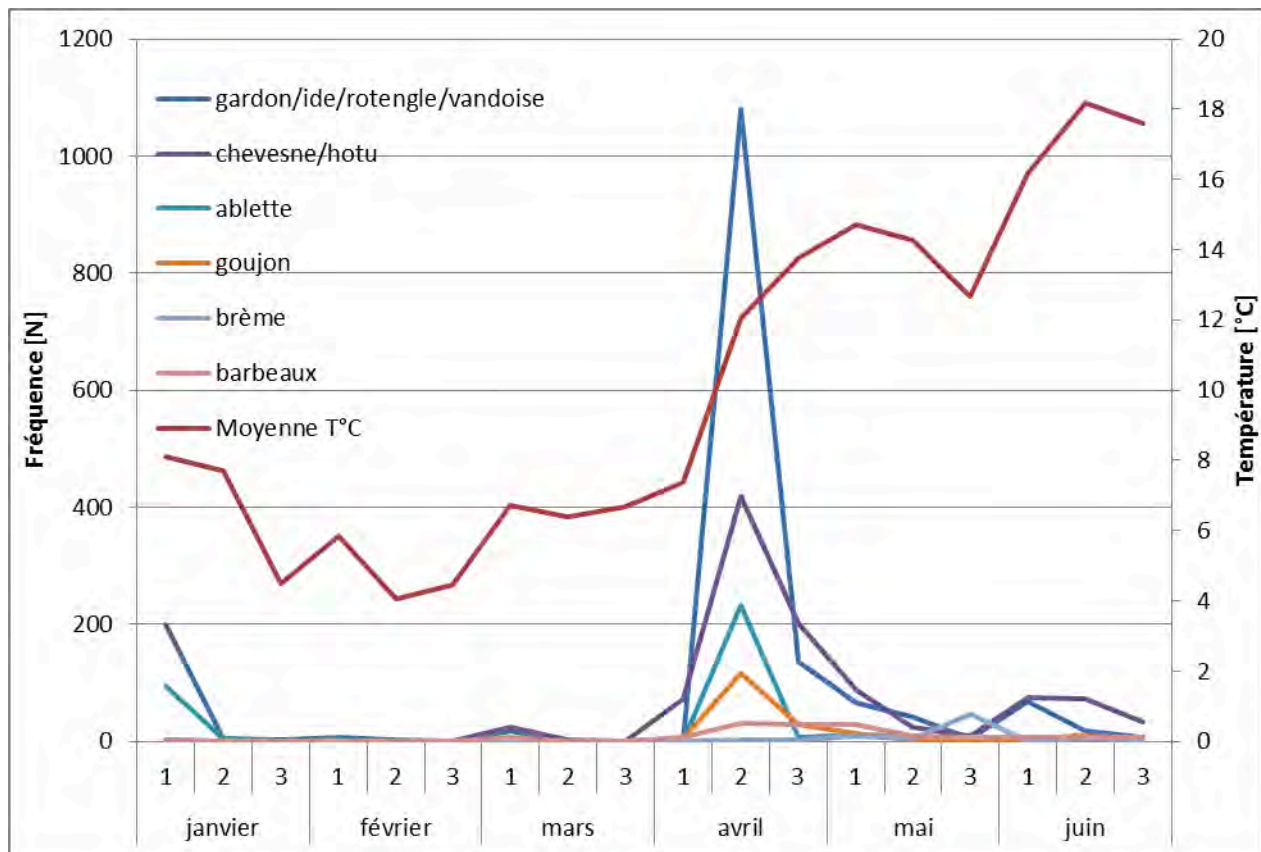


Figure 3: Evolution des observations par décan des taxa les plus représentés à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

On observe également un deuxième mode de migration début juin pour les groupes gardon/ ide/ rotengle/ vandoise et chevesne/ hotu. Malgré certains auteurs qui annoncent que le gardon ne semble pas montrer de relations claires entre le timing de reproduction et le régime thermique que ce soit au sein même ou entre population (Diamond, 1985 ; Vollestad & Abée-Lund, 1987), nos données montrent un taux de corrélation élevé entre la température de la Meuse et le nombre d'individus migrant. Selon certains auteurs, c'est la photopériode qui semble être le facteur principal de coordination du cycle reproducteur dans les régions tempérées (Mills dans Winfield & Nelson, 1992). Toutefois, le début et la durée de reproduction chez le gardon montrent des variations inter-annuelles (Diamond, 1985 ; Vollestad & Abée-Lund, 1987) ; ce qui implique que d'autres stimuli environnementaux ont un rôle complémentaire (Mills in Winfield & Nelson, 1992).

Certaines études de passes à poissons montrent qu'il y a un pic d'occurrence de gardons au printemps (Lucas & Baras, 2001) ce qui pourrait être associé à un mouvement de pré-reproduction bien que des « upstream-directed activities » dure pendant une proportion significative au cours de l'année et pourraient être en relation avec des mouvements pour d'autres but comme la nourriture et le refuge. Les gardons vivant dans le lac Arungen en Norvège se reproduisent à la fois dans le lac et dans cinq de ses affluents. Une étude détaillée de marquage a montré que les poissons migrant vers les affluents présentaient un fort taux de homing (83,5-92%). Cependant, ils se mélangeaient pendant l'été et devaient donc avoir un moyen actif de retrouver l'affluent de reproduction (Abée-Lund & Vollestad, 1985). Il se pourrait ainsi que les différentes populations de gardons de Meuse retournent aussi vers la même zone de frayère d'année en année. Cela a d'ailleurs été montré pour la vandoise (*Leuciscus leuciscus*) dans la rivière Frome dans le sud de l'Angleterre (Diamond, 1985)

ainsi que pour la brème dans le système fluviale Suck en Irlande (Whelan, 1983).

Les chevesnes (*Leuciscus cephalus*) dans la Spree en Allemagne migrait en mai (Friedrich, 1996) et dans la Derwent en Angleterre migrait en mai et en juin (Lucas *et al.*, 1999, Lucas, 2000). Dans le cas de la Haute Meuse, les chevesnes apparaissent régulièrement dans les passes à poissons de mai à septembre, ce qui pourrait refléter une saison de reproduction étendue ou des activités estivales dispersées en amont. Cependant, le comportement migratoire des chevesnes peut être quelque peu variable avec l'utilisation annuelle d'habitats et des distances de migration montrant une variabilité substantielle entre individus et entre rivières (Lucas *et al.*, 1998 & Allouche *et al.*, 1999). À Waulsort, les premiers chevesnes ont été observés dès le premier décan de mars. Il s'ensuit un pic de migration tout au long du mois d'avril et on observe un mode de migration supplémentaire au cours de juin. Nos observations sont décalées par rapport aux données de la littérature (Figure 5).

Au printemps, le hotu (*Chondrostoma nasus*) montre des profils de migrations bien définis (Povz, 1988, Zbinden & Maier, 1996). Comme notre logiciel ne permet pas de différencier les chevesnes des hotus avec certitude, nous ne pouvons avancer que des conjectures quant à la période de migration des hotus et des chevesnes dans la Meuse à Waulsort. Nous pouvons toutefois préciser que le nombre de hotus recensés avec certitude varie de pair avec le nombre de chevesnes. Comme précisé, les cyprins rhéophiles et limnophiles migrent en bancs compact multispécifique au printemps.

Le barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) ne semble pas avoir de période de migration bien définie tant ses fréquences de passages sont étendues entre début mars et fin juin. Cette espèce est très mobile pendant la reproduction et montre des périodicités saisonnières bien marquées avec des pics en mai dans la Meuse et l'Ourthe (Baras, 1992 ; Baras 1993a & Baras *et al.*, 1994a). Nos observations en 2013 sont décalées par rapport aux données de la littérature, avec le nombre de passage maximum au cours du mois d'avril et une période de migration étalée de mars à juin.

Tout comme précédemment, les migrations des espèces prédatrices coïncident avec les hausses de températures (Figure 4). Les deux brèves augmentations de températures début février et début mars sont suivies par le passage d'une truite de mer. Les perches semblent se mettre en mouvement une fois le seuil des 10°C dépassé. Les passages sont plus fréquents pendant les hausses de température. L'observation des silures en mai et juin s'est fait à plus de 14°C. Toutes les observations des anguilles se sont faites en juin suivant l'augmentation de température entre 14 et 18°C. Un seul brochet a été observé fin mars pendant une période durant laquelle la température reste stable. Ce prédateur suit peut-être les premiers cyprins du pic de migration de ces espèces fourrages.

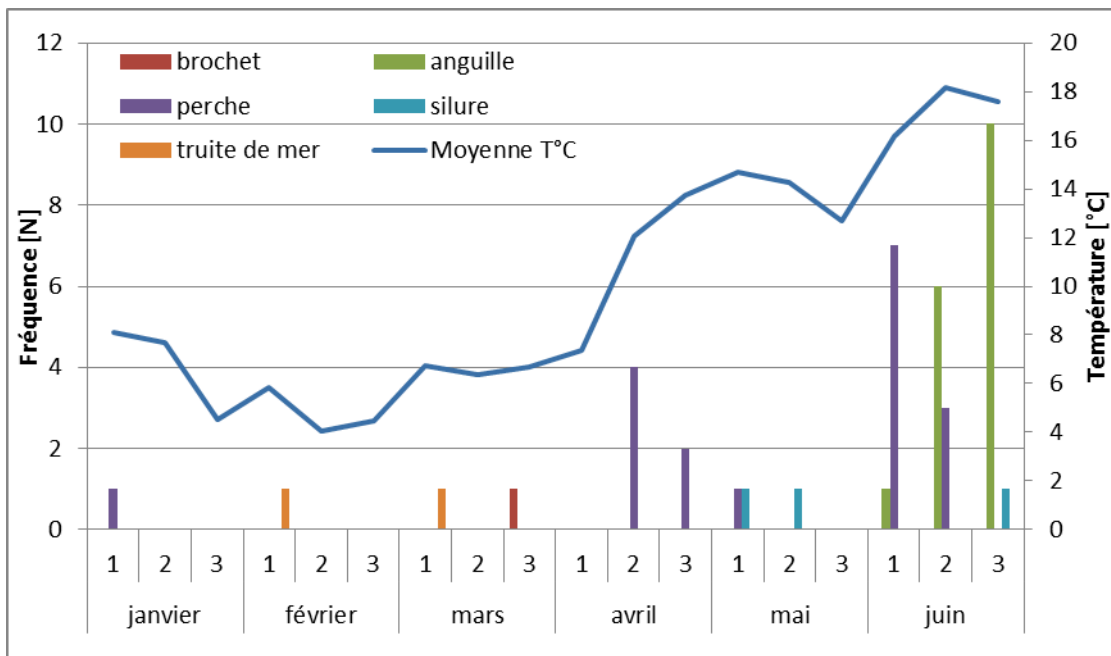


Figure 4: Evolution des observations par décan des taxa prédateurs à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

Un grand nombre de données sur des migrations vers l'amont sont disponibles pour plusieurs cours d'eau d'Europe de l'Ouest, la Garonne et la Dordogne en France (Travade *et al.*, 1998), la Meuse et al, unpubl., Pignon *et al.*, 1998) et la Meuse et la Moselle en Allemagne (Pelz, 1985). La synthèse de ces données est présentée sous la forme d'histogrammes à la Figure 5.

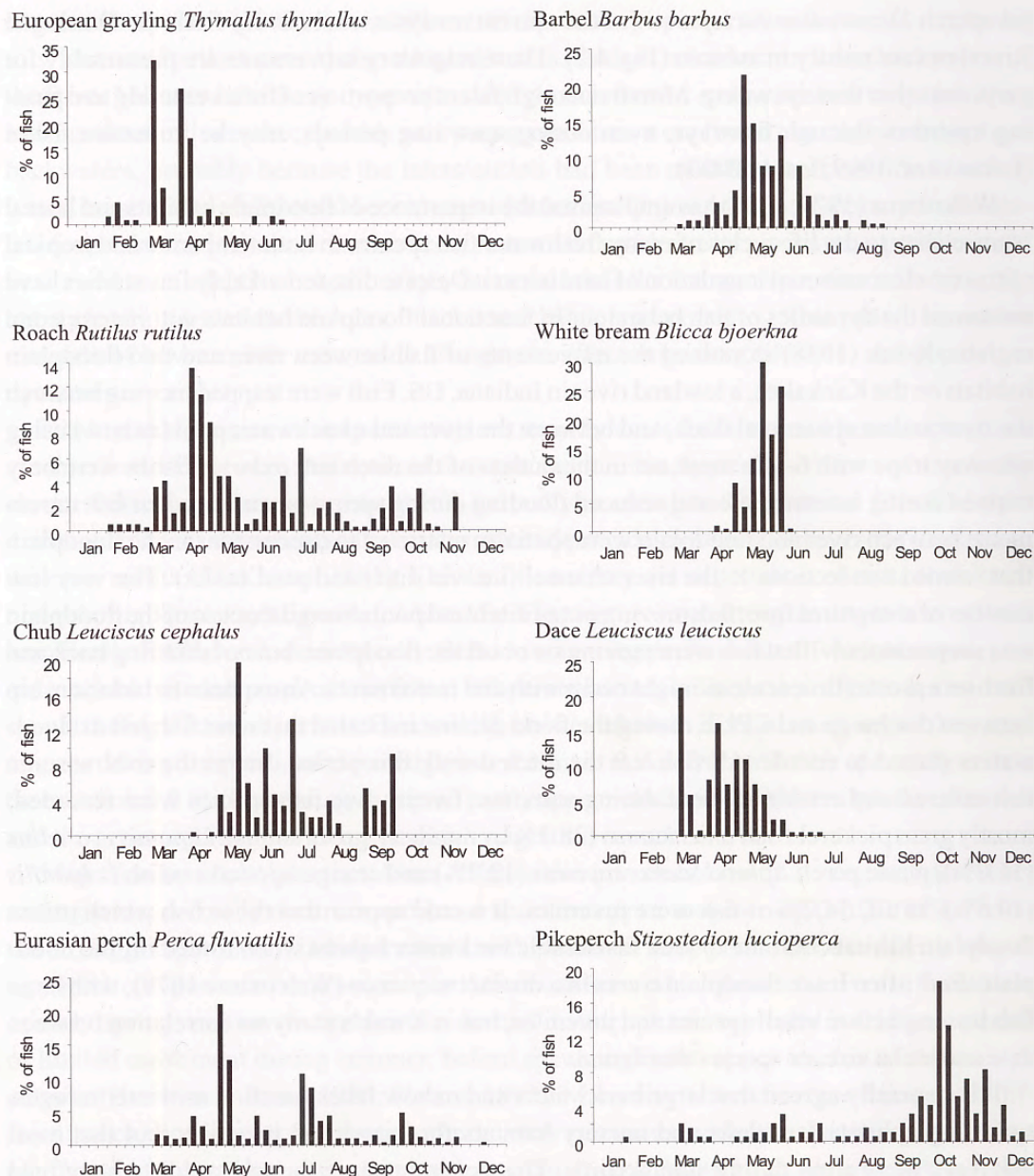


Fig. 4.2 Relative timing of occurrence of several European freshwater fishes in fish passes, based on meta-analysis of data from several western European rivers (see text for further details). It is suggested that seasonal peaks in occurrence are likely to be indicative of upstream-directed migration.

Figure 5 : Timing relatif des passages de plusieurs espèces européennes de poissons dans les échelles à poissons, basé sur la synthèse de données de cours d'eau d'Europe de l'Ouest (Lucas & Baras, 2001).

### 1.1.2.2 Deuxième semestre (du 1<sup>er</sup> juillet au 31 décembre 2013)

Le système d'enregistrement automatique de la passe à poissons de Waulsort a permis l'observation de 1424 poissons en montaison et 67 en dévalaison pour un total de 1491 poissons (Tableau 1) entre le 01/07/2013 et le 31/12/2013. Les mêmes réserves que celles émises lors de la description des résultats du premier semestre sont toujours valables ici. Douze taxa différents ont été observés, toutefois, la diversité est probablement sous-évaluée pour les mêmes raisons explicitées aux points précédents. Les taxa les plus représentés sont les gardons/ ides/ rotengles avec 621 individus observés, les chevesnes/ hotus (179), les ablettes (201) et les goujons (66). Cette année, 35 barbeaux ont été identifiés ainsi que 7 brèmes. Le nombre de prédateurs est, en revanche, relativement faible

(16 perches, 4 truites fario, et 1 silure) à l'exception des 106 anguilles observés (Tableau 1).

Tableau 2: Résultat des observations de la passe à poisson de Waulsort du 01/07/2013 au 31/12/2013.

	Nb de montaison	Nb dévalaison	Total passages
Ablette	199	2	201
Anguille	106	3	109
Barbeaux	35	11	46
Brème	7	0	7
Carpe	1	0	1
Chevesne/ hotu	179	36	215
Gardon/rotengle/ ide/ vandoise	621	4	625
Goujon	66	3	69
Perche	16	1	17
Silure	1	0	1
Truite fario	4	0	4
Indéterminés	189	7	196
<b>Total</b>	<b>1424</b>	<b>67</b>	<b>1491</b>

En 2013 à Waulsort, la migration automnale a commencé le dernier décan de septembre et s'étend jusqu'en décembre (Figure 6). On remarque également une forte activité au cours du mois de juillet et une augmentation à la fin du mois de décembre. Contrairement au premier semestre, la température ne semble pas influencer la migration. A l'heure de la rédaction du rapport, les données de température pour le mois de décembre n'étaient pas encore disponibles.

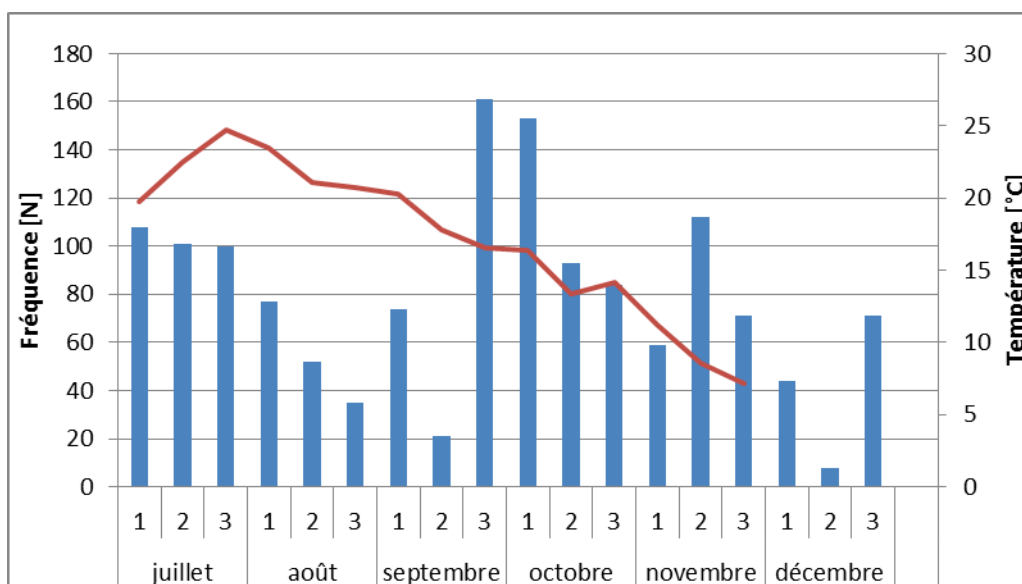


Figure 6: Evolution des observations par décan de tous les taxa confondus à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

La migration automnal est majoritairement composée des taxa gardon/rotengle/ ide/ vandoise et ablettes (Figure 7). Mais, ce n'est qu'à la mi-novembre que le pic de passage de gardon le plus important a été observé. La migration de reproduction des gardons peut être subdivisée en deux parties dont la première peut débuter en septembre et est initiée par les plus gros individus (Keith & Allardi, 2001; Kottelat & Freyhof, 2007). C'est durant la période estival que la plupart des passages des taxa chevesne/hotu ont été observés. Rappelons que les chevesnes apparaissent régulièrement

dans les passes à poissons de mai à septembre, ce qui pourrait refléter une saison de reproduction étendue ou des activités estivales dispersées en amont. Cependant, le comportement migratoire des chevesnes peut être variable avec l'utilisation annuelle d'habitats et des distances de migration montrant une variabilité importante entre individus et entre rivière (Lucas *et al.*, 1998 & Allouche *et al.*, 1999). Remarquons également le mode de migration des brèmes durant les deux premiers décans de novembre. On peut voir un mode de migration des goujons début septembre, mais tout comme le barbeau fluviatile, il ne semble pas avoir de période de migration bien définie tant ses fréquences de passages sont étendues tout au long du deuxième semestre.

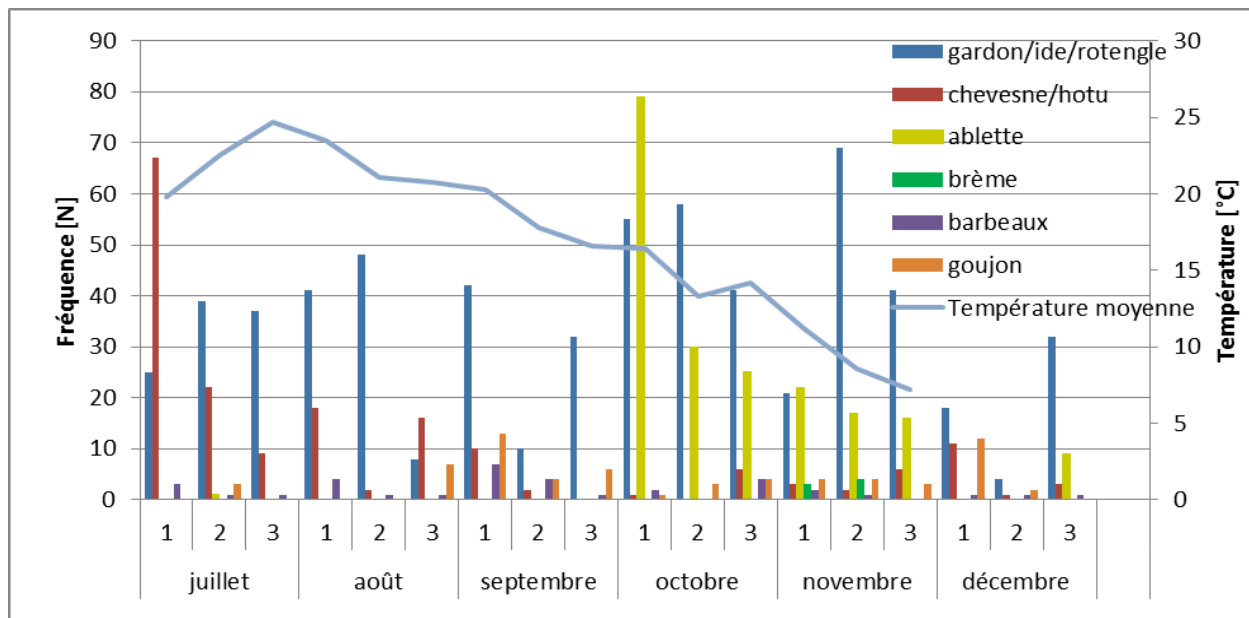


Figure 7 : Evolution des observations par décan des taxa les plus représentés à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

Les anguilles observées l'ont été majoritairement au cours de la période estivale (Figure 8). On peut observer deux modes de migration pour les perches, le premier en juillet et le deuxième entre septembre et octobre. Les nombres d'individu trop faible de truite et de silure ne permettent pas d'en dégager des modes de migration.

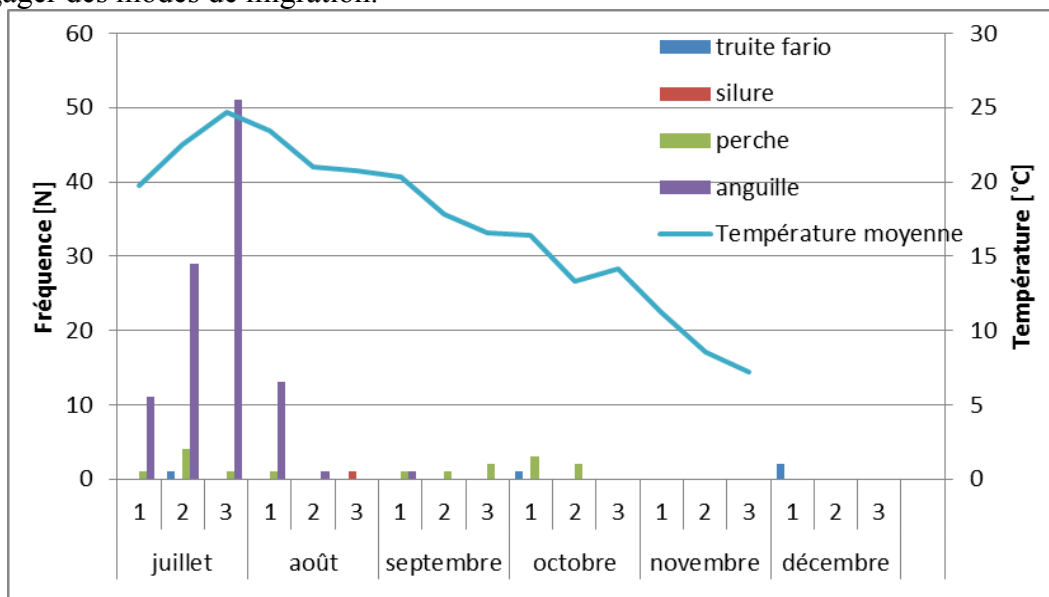


Figure 8: Evolution des observations par décan des taxa prédateurs à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

## 1.1.3 Comparaison des migrations de 2010 à 2013

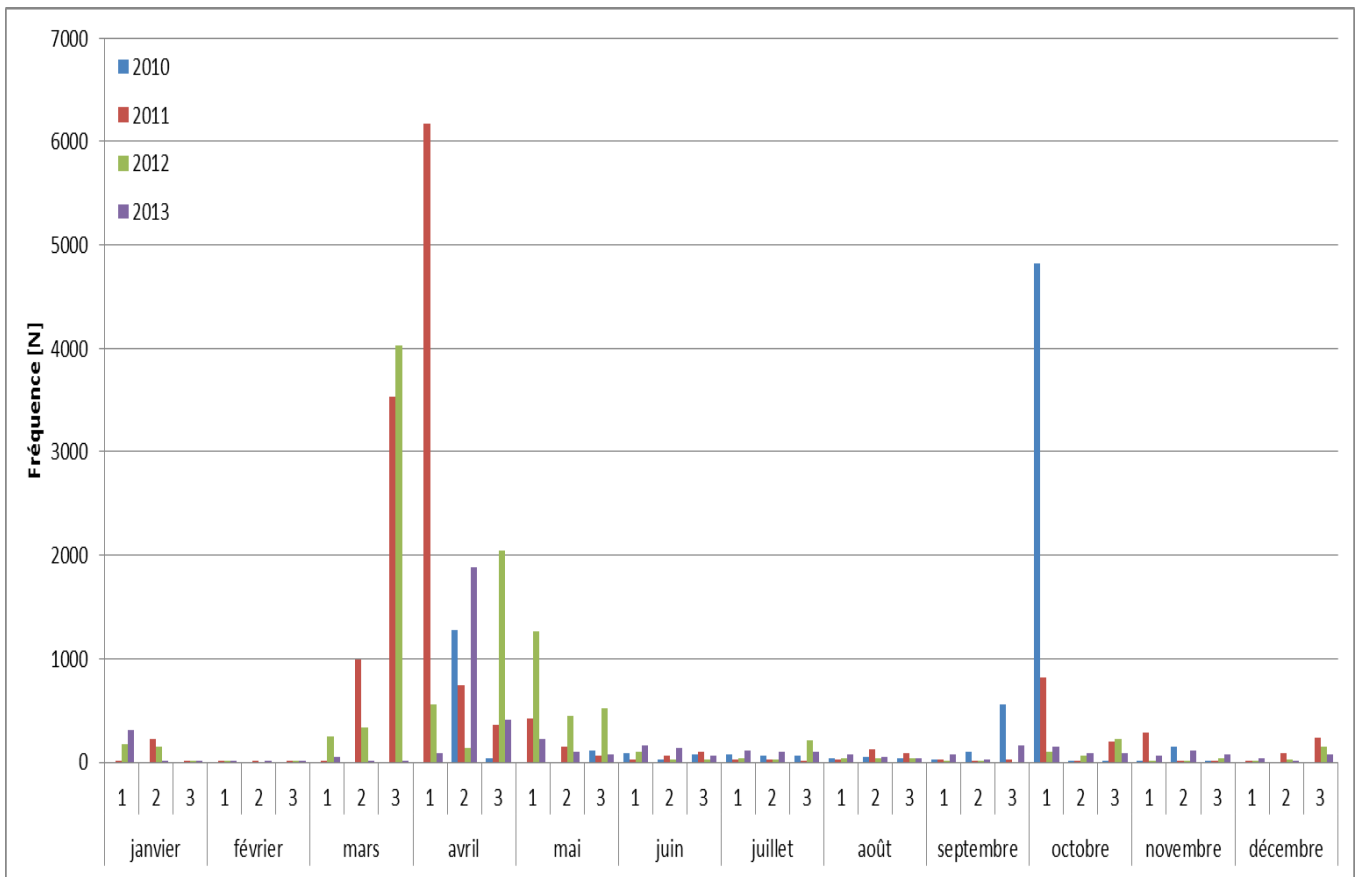
### 1.1.3.1 Migrations de printemps

La comparaison des passages de poissons observés à la passe de Waulsort au cours de quatre années de suivi n'est pas aisée car le contrôle des remontées a débuté le 13 avril 2010 et que les enregistrements ont été interrompus pendant un mois (du 24 avril au 26 mai) suite à un problème technique. Les résultats obtenus entre 2011 à 2013 nous indiquent que la majeure partie de la migration de printemps en 2010 a été manquée (Figure 9). Dès lors, nous nous contenterons de comparer les résultats entre 2011 et 2013, années pour lesquelles nous disposons de données sur le premier semestre en entier (Tableau 3 & Figure 9).

La première chose que l'on remarque est le faible nombre d'observations de passage de poissons en 2013 par rapport aux deux années précédentes. En observant de plus près, toutes les espèces de cyprins observées les autres années sont en diminution mis à part la tanche toujours représentée par un seul individu comme en 2012. Par rapport à 2012, le groupe chevesne / hotu a connu la plus faible diminution (16%) suivi par le barbeau (27%). L'effectif des brèmes a le plus chuté (88%) suivi par les carpes (83%). Le nombre d'individus des autres groupes de cyprins ont chuté de 62-75%.

Tableau 3: Comparaison des observations de la passe à poissons de Waulsort au premier semestre pour les quatre années de suivi.

Espèce	2010	2011	2012	2013	% de 2012
Ablette	34	1142	1012	381	38
Anguille	40	4	8	18	225
Barbeaux	139	250	205	148	72
Brème	46	435	650	78	12
Brochet	0	2	3	1	33
Carpe	11	8	6	1	17
Chevesne & hotu	848	2330	1344	1121	83
Cyprins	459	192	7	2	29
Gardon, ide, rotengle & vandoise	364	6620	6071	1699	28
Goujon	152	2053	767	187	24
Ombre commun	0	1	0	0	
Perche	290	14	22	18	82
Sandre	2	0	0	0	
Silure	0	0	1	3	300
Tanche	7	10	1	1	100
Truite de mer	1	0	0	2	
Truite fario	49	4	8	1	13
Indéterminés	103	10	7	31	443
<b>Total</b>	<b>2545</b>	<b>13075</b>	<b>10112</b>	<b>3692</b>	<b>37</b>
<b>Diversité</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	



**Figure 9 : Migration de printemps en 2010, 2011 et 2012 à l'échelle de Waulsort.**

En ce qui concerne les salmonidés, une seule truite fario a été observée et toujours aucun ombre commun depuis 2011. Notons cependant, le passage de 2 truites de mer, le 1 février et le 6 mars. Les tailles estimées sont respectivement de 50 et 45 cm (Figure 10).

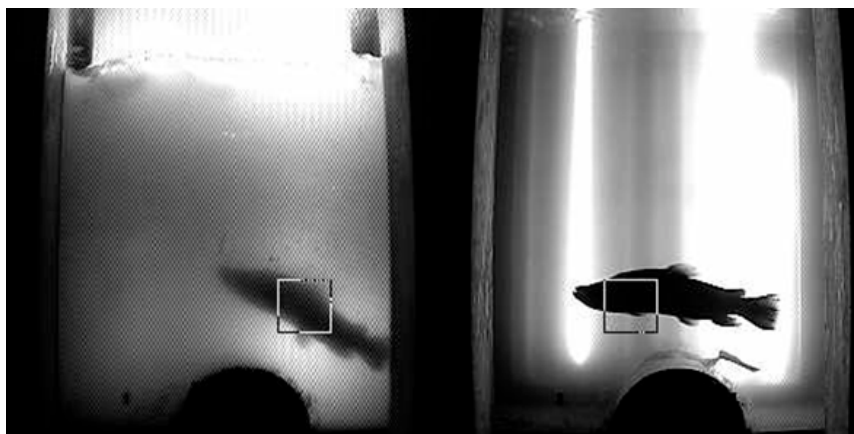


Figure 10 : Truites de mer observées le 1 février et le 6 mars dans l'échelle à poissons de Waulsort.

Chez les autres prédateurs, l'augmentation du nombre d'observations d'anguilles est à noter mais aucune anguille argentée en dévalaison n'a été recensée. Les anguilles observées sont pour la plupart de petite taille (< 30cm). Cependant, l'accroissement du nombre de jeunes anguilles jaunes peut être un signe d'une amélioration de l'état du stock d'anguilles en Meuse. Le nombre de perche est en léger recul par rapport à 2012 mais reste toutefois assez stable depuis le début du suivi. Le nombre de brochets recensés est toujours faible avec des valeurs entre 1 et 3 individus chaque année. Etant donné la problématique actuelle du déclin de certaines espèces de poissons, il est intéressant de noter l'utilisation de la passe de Waulsort par 3 silures soit deux de plus que l'année précédente où un seul silure avait été observé pour la première fois dans la passe de Waulsort. Les observations datent des 9 et 13 mai ainsi que du 23 juin. Les tailles estimées sont de 90, 50 et 65 cm. (Figure 11).

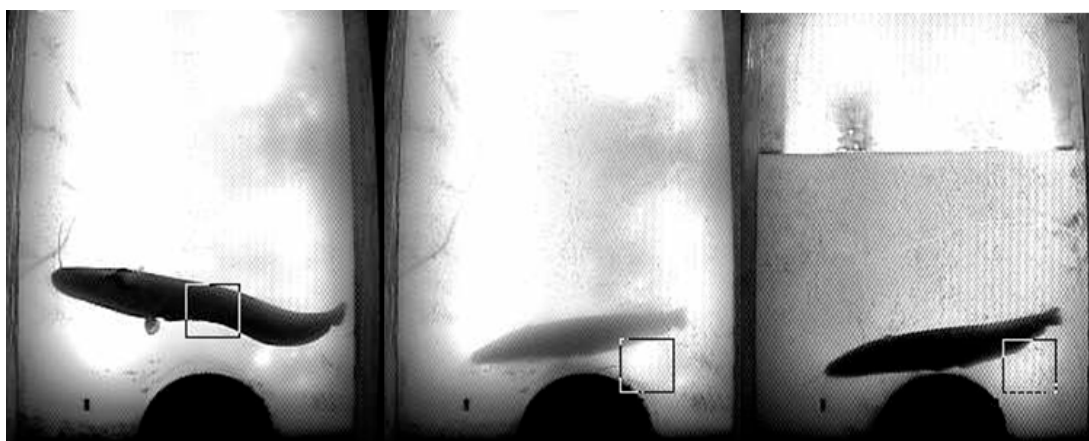


Figure 11 : Silure et grenouille observés dans la passe à poissons de Waulsort au premier semestre 2012.

Remarquons toutefois que certains carnassiers utilisent la passe comme territoire de chasse, ce qui peut engendrer un grand nombre de vidéos parasite inutile à notre suivi. Il en est de même pour les anguilles qui, en plus, utilisent la cavité du dôme cassé comme protection contre le courant. Les perches, souvent de petites tailles, ne sont pas toujours détectées par la caméra lorsqu'elles nagent dans la zone d'ombre au fond de la passe, surtout lorsque la turbidité de l'eau est élevée. Un individu recensé en nageant vers l'amont peut très bien repasser vers l'aval sans déclencher d'enregistrement et être à nouveau comptabilisé au prochain passage vers l'amont.

Pour certaines espèces comme le gardon, l'ide et le rotengle, la diversité taxonomique ne reflète probablement pas la réalité. La précision du logiciel, la turbidité de l'eau, la propreté de la vitre d'observation et l'expérience de l'examineur sont autant de facteurs qui ne permettent pas toujours de différencier ces espèces morphologiquement proches contrairement à un suivi par un agent du Service de la Pêche comme à Tailfer.

Certaines espèces n'ont pas été observées chaque année, c'est le cas du sandre (*Sander lucioperca*) et de l'ombre commun (*Thymallus thymallus*) qui n'ont été observés qu'une seule année. De même, la truite de mer (*Salmo trutta*) n'avait plus été observée depuis 2010 et le silure glane (*Silurus glanis*) n'a fait son apparition que depuis 2012.

Depuis 2011, on peut également distinguer un mode de migration précoce s'étendant de la fin décembre à la mi-janvier et majoritairement constitué de gardons et d'ablettes. En ce qui concerne la migration de printemps, elle se divise en deux modes en 2012 contrairement aux autres années. On remarque également la forte diminution du nombre de poissons migrant en 2013 (3692), la somme globale des passages printaniers est de loin inférieure aux années précédentes ? avec respectivement 13075 en 2011 et 10112 en 2012 individus. Avec un plus grand nombre d'années de suivi, une modélisation fiable des migrations pourra être envisagée. Le logiciel Sysipap garde en mémoire l'heure et le jour des passages et une estimation de la taille des individus est également possible de telle sorte qu'une analyse poussée des passages pourra être entreprise. De plus, le modèle pourra intégrer des variables connus dans la littérature pour influencer les migrations piscicole, par exemple débit, température, photopériode, ... (Lucas & Barras, 2001 ; Sykes et al., 2009 ; McCormick et al., 2009).

### 1.1.3.2 Migrations d'automne

Notons tout d'abord que la période de contrôle des trois années n'est pas analogue (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). En effet, en 2010, le contrôle a été interrompu de la fin novembre à la fin décembre à cause d'un problème technique. En 2011, tout le deuxième semestre a pu être suivi dans son intégralité. Le chômage technique de la Meuse en automne 2012 a provoqué l'interruption de l'enregistrement pendant 3 semaines. Remarquons que les taux de migration les plus importants au cours des deux années précédentes ont justement été enregistrés durant la période du chômage technique (semaines 37 à 3<sup>ème</sup> décan de septembre jusqu'au 2<sup>ème</sup> décan d'octobre). Les modes de migration des années précédentes se laissent bien identifier mais les passages en 2013 sont faibles même si elles semblent s'étendre tout au long de l'automne.

Lorsque l'on compare les effectifs de poissons au deuxième semestre sur les quatre dernières années, l'information principale est la diminution flagrante de la population de gardon (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). En 2010, 5217 gardons avaient été enregistrés dont la grande majorité lors du pic de migration à l'automne contre quelques centaines depuis 2012. Le nombre d'ablettes, de perches et de truites fario est en diminution par rapport aux années précédentes. L'augmentation la plus marquée est celle de l'anguille avec aucun individu en 2010 comparé à 106 individus en 2013. Le nombre de chevesne/hotu et de goujon est également en augmentation depuis 2010. Suite au problème technique à la vanne de fermeture de la passe et à la prolifération subséquente d'algues sur la vitre, le pourcentage de poissons indéterminés a augmenté par rapport aux années précédentes. Remarquons la présence d'un silure, ce qui porte le nombre d'observations totales à 4 en 2013.

**Tableau 4: Comparaison des observations de la passe à poissons de Waulsort au deuxième semestre pour les quatre années de suivi.**

<b>Espèce</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>% de 2012</b>
Ablette	402	85	313	199	64
Anguille	0	5	55	106	193
Barbeaux	28	31	27	35	130
Brème	13	1	4	7	175
Brochet	2	1	1	0	0
Carpe	1	2	0	1	
Chevesne/hotu	27	62	58	179	309
Gardon/ide/rotengle/vandoise	5251	1785	488	621	127
Goujon	8	29	50	66	132
Perche	19	21	33	16	48
Silure	0	0	0	1	
Tanche	3	0	0	0	
Truite de mer	0	1	0	0	
Truite fario	11	17	13	4	31
Cyprins indéterminés	20	5	4	0	0
Indéterminés	3	25	27	189	700
<b>Total</b>	<b>5788</b>	<b>2070</b>	<b>1073</b>	<b>1424</b>	133
<b>Diversité spécifique</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	

## 1.2 Suivi des remontées dans l'échelle à poissons de Tailfer sur le modèle des études réalisées dans les années 1990 et en liaison avec le Service de la Pêche de la Région wallonne.

En 2013, l'échelle à poisson de Tailfer, a fait l'objet d'un suivi scientifique régulier. Les remontées de poissons par l'échelle ont été évaluées entre le 14 avril et le 16 juin 2013 au niveau du palier amont de l'échelle par V. Paquet (Service Extérieur de la Pêche - Triage de Namur) afin d'englober toute la période de migration de printemps. L'objectif principal de ce suivi est d'étudier les rythmes migratoires des espèces mosanes empruntant cette échelle deux décennies après les suivis réalisés dans les années 90. Les différentes espèces ont été déterminées, le nombre d'individus par espèce a été comptabilisé, la longueur totale (mm) des individus a été mesurée et lorsque cela été possible, les individus ont été sexé. La température de l'eau était également contrôlée (°C).

### 1.2.1 Bilan général des migrations ichtyologiques

Le Tableau 5 présente l'inventaire des captures réalisées dans l'échelle à poissons de Tailfer entre le 14 avril et le 16 juin 2013. Cette période de contrôle couvre la période de migration printanière dans son intégralité. Au total, 106 individus ont été capturés. Ils se répartissent en 8 taxa. Les chevesnes représentent à eux seuls plus de 50 % des captures. Les goujons et gardon représentent ensemble près de 36% (respectivement 19,8% et 16%) des captures. Les autres espèces capturées sont très peu représentées, ablette (3,8 %), perche (2,8 %), vandoise (4,7%)... Aucun grand poisson piscivore n'a été capturé. Le pic de migration de printemps à la passe de Tailfer en 2013 a été enregistré au troisième décan d'avril (Figure 12). Au cours de ces 10 jours, la température de la Meuse était comprise entre 12 et 13,5°C et 27 poissons ont été identifiés, soit plus de 27 % des captures. On observe également un pic début juin essentiellement constitué de chevesnes. Ce pic représente 45,3% des passages de 2013.

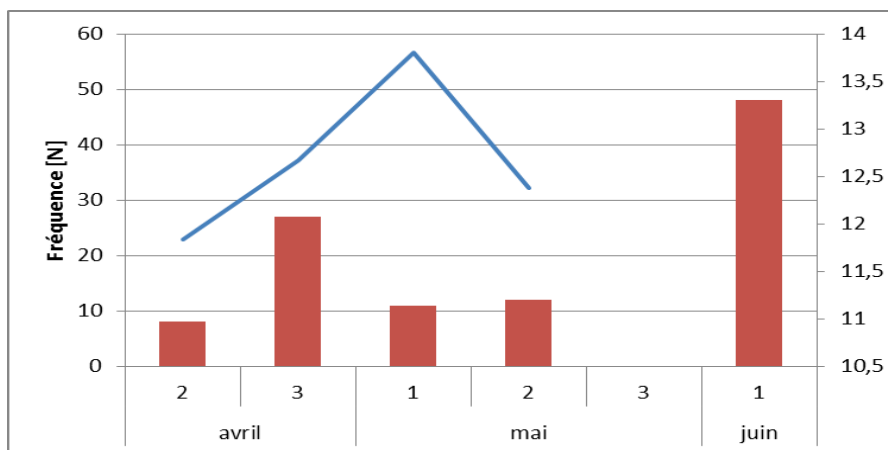


Figure 12: Poissons capturés à la passe de Tailfer du 14/04 au 16/06.

A l'instar des autres années depuis 2006 (Tableau 5), les résultats de 2013 sont alarmants si on les compare au nombre total de captures réalisées au début des années 90 (qui atteignaient en moyenne 28262 individus/an). Nous avons constaté en 2010 une légère augmentation des captures par rapport à 2009, très mauvaise année où seulement 661 individus avaient été observés. L'accroissement du nombre des captures observées en 2010 (2317 individus) n'a pas été confirmé en 2011, le nombre des poissons migrants restant faible (1669). En 2013, seuls 106 poissons ont été recensés. Jamais aussi peu de poissons n'avaient été comptabilisés ! La diversité spécifique observée en 2013 est également la plus faible des données dont nous disposons avec 8 taxa différents contre 17 en 2011, 14 en 2010, 12 en 2009. De plus, des espèces typiques de cette zonation (brème bordelière, barbeau fluviatile...) ne sont même pas représentées.

Tableau 5: Présentation des inventaires de captures de poissons de l'échelle de Tailfer au cours du début des années 90 et aujourd'hui.

Année	1989		1990		1991		1992		1993		1994		2006		2009		2010		2011		2013	
Période	01/04 au 01/12		01/04 au 01/12		25/2 au 20/12		1/4 au 31/12		1/3au 30/11		1/3au 31/12		15/3 au 19/7		4/4 au 7/8		16/3 au 4/7		16/3 au 4/8		14/4 au 16/6	
Espèces	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%	Nombre	%
Ablette commune					112								28	<	22	3,3	37	1,6	25	1,5	4	3,8
Brème bordelière	793	3,6	27	0,1	114	<	5265	11,8	298	3,1	356	1	4	<	3	<	1	0,04	2	<		
Brème commune	321	1,5	23	0,1	203	1,3	101	<	224	2,3	425	1,2	55	1,9	14	2,1	25	1,08				
Carassin	1	<	1		1	<					1	<							1	<		
Carpe					1				1	<			5	<								
Gardon	20618	93,3	20956	99,5	17755	85,6	36983	82,7	7856	80,7	34344	94,3	661	22,3	139	21	1479	63,83	730	43,7	17	16,0
Grémille	11				0	<	1	<														
Rotengle	7		1		3	<	28	<	3	<	8	<	1	<	1	<			1	<	1	0,9
Sandre	1	<	1		3	<	3	<	1	<	1	<										
Perche	342	1,5	49	0,2	79	<	132	<	75	<	57	<	5	<	29	4,4	9	0,39	18	1,1	3	2,8
Tanche	1	<	2		2		8	<			4	<										
Vairon																			1	<		
<b>Sous-total espèces limnophiles</b>	<b>22095</b>	<b>93,8</b>	<b>21060</b>	<b>90,2</b>	<b>18273</b>	<b>88,1</b>	<b>42521</b>	<b>95</b>	<b>8458</b>	<b>86,8</b>	<b>35196</b>	<b>96,6</b>	<b>759</b>	<b>42,3</b>	<b>208</b>	<b>31,5</b>	<b>1551</b>	<b>66,94</b>	<b>778</b>	<b>46,6</b>	<b>25</b>	<b>23,6</b>
Barbeau fluviatile	147	11,5	2	0,2	22	<	200	<	39	<	12	<	18	<	1	<	1	0,04	2	<		
Chabot																	1	0,04	5	<		
Chevesne	349	27,4	84	7,2	389	2,4	551	1,2	848	8,7	977	2,7	1176	39,6	213	32,2	38	1,64	39	2,3	54	50,9
Goujon	27	2,1	16	1,4	12	<	165	<	44	<	48	<	977	32,9	98	14,8	667	28,79	645	38,6	21	19,8
Hotu	141	11,1	567	48,6	774	5	689	1,5	102	1	23	<	1	<			27	1,17	21	1,3	1	0,9
Ide mélanotte	2	0,2	2	0,2	3	<	1	<			1	<							1	<		
Loche franche																			3	<		
Ombre commun					3	<					2	<							1	<		
Spirilin			2	0,2	2	<					1	<										
Truite arc-en-ciel	17	1,3	3	0,3			6	<	6	<	9	<										
Truite fario	35	2,7	24	2,1	45	<	93	<	126	1,3	86	<	15	<	4	<	2	0,09	2	<		
Saumon de fontaine	2	0,2	1	0,1	1	<	2	<	3	<	4	<										
Vairon													2	<	134	20,3	1	0,04				
Vandoise	555	43,5	465	39,9	409	2,4	416	<	80	<	48	<	2	<			28	1,21	22	1,3	5	4,7
<b>Sous-total espèces rhéophiles</b>	<b>1275</b>	<b>5,4</b>	<b>1166</b>	<b>5,0</b>	<b>1660</b>		<b>2123</b>		<b>1248</b>	<b>12,8</b>	<b>1211</b>	<b>3,3</b>	<b>2191</b>	<b>56,6</b>	<b>450</b>	<b>68,1</b>	<b>765</b>	<b>33,02</b>	<b>741</b>	<b>44,4</b>	<b>81</b>	<b>76,4</b>
0+																			>150	9,0		
Anguille	173		1106		266	1,6	94	<	21	<	13	<	14	<	3	<						
Truite de mer	4		11		7	<	2	<	10	<	13	<	5	<			1	0,04				
<b>Total général</b>	<b>23547</b>		<b>23343</b>		<b>20206</b>		<b>44740</b>		<b>9737</b>		<b>36433</b>		<b>2969</b>		<b>661</b>		<b>2317</b>		<b>1519</b>		<b>106</b>	
Diversité	<b>20</b>		<b>20</b>		<b>23</b>		<b>19</b>		<b>17</b>		<b>21</b>		<b>16</b>		<b>12</b>		<b>14</b>		<b>17</b>		<b>8</b>	

En 2013, les gardons migrent majoritairement entre le 19 avril et le 12 mai, avec un maximum observé pendant le troisième décan d'avril (Figure 13). Le nombre de goujons capturés en 2013 est inférieur à celui des années 2000 mais est proche des valeurs retrouvées dans les années '90. Bien que cette espèce présente de forte variation interannuelle, c'est une des rares espèces dont la population n'a pas diminué depuis les années '90. La migration du goujon se déroule au même moment que celle du gardon. Cependant, contrairement à ce dernier, aucun goujon n'a été capturé en dehors de cette période.

En 2013, le chevesne est l'espèce la plus abondante. Cependant, cela n'est pas dû à une augmentation massive du nombre de chevesnes mais plutôt à une diminution dramatique du nombre d'individus des autres espèces. En effet, 2010 et 2011, le nombre de captures de chevesnes à Tailfer est dans le même ordre de grandeur qu'en 2013 (respectivement 38, 39 et 54) mais cela reste très inférieur à la moyenne (533) des années '90. La migration des chevesnes s'étend tout au long de la période de piégeage avec un pic de migration durant le premier décan de juin. La majorité des individus du pic de migration sont des adultes (Figure 14) de plus de 300 mm (23) avec, pour les plus grands d'entre eux, des tailles dépassant les 500 mm (7). On notera également la présence de 21 individus de taille comprise entre 200 et 299 mm. 23 mâles, 16 femelles et 5 individus immatures composaient le pic de migration.

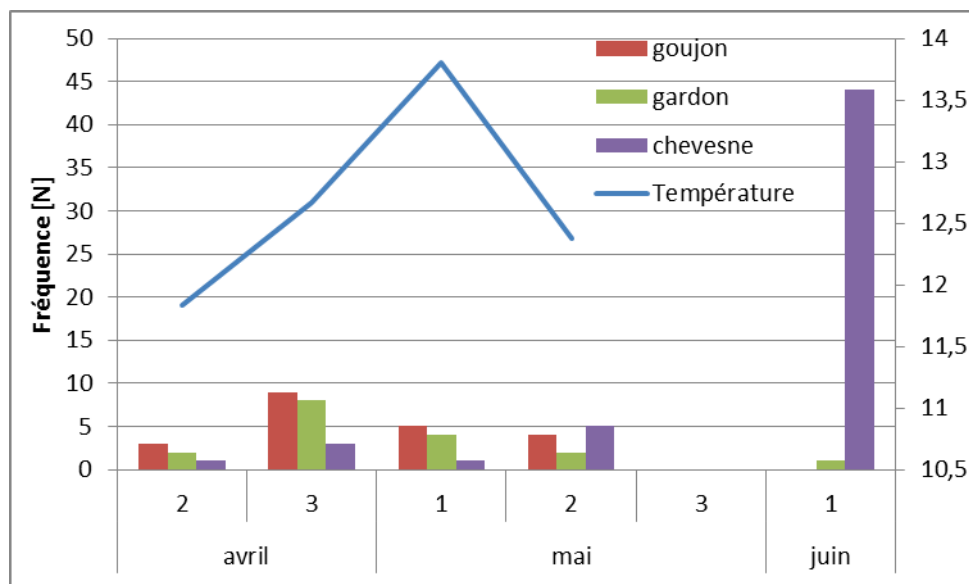


Figure 13: Evolution des captures de gardons à Tailfer du 16 mars au 04 aout 2011.

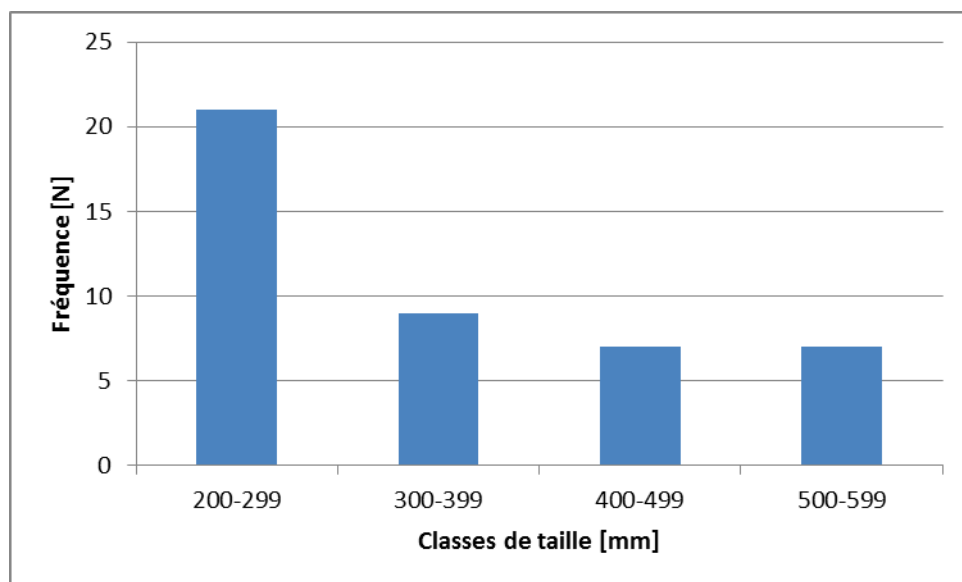


Figure 14: Evolution des captures de chevaine à Tailfer du 16 mars au 04 aout 2011.

## 1.2.2 Conclusions

Les résultats de 2013 sont proches des années précédentes (2010 à 2012) et donc forts inférieurs à ceux observés dans les années '90. Le nombre de poisson capturé est réduit de plus de 99 % par rapport à la moyenne des captures des années '90. Les captures d'espèces limnophiles se sont effondrées essentiellement à cause de la raréfaction du gardon (et accessoirement des brèmes) qui représentait dans les années '90 plus de 80 % des captures. La diversité spécifique a également diminué, elle était en moyenne de 19 taxa dans les années '90 et a chuté à 12 taxa en 2009 et 8 en 2013 malgré une augmentation en 2011 avec 17 taxa identifiés.

A partir des années 2000, le nombre de gardons et de brèmes capturés a tellement diminué que les espèces rhéophiles, comme le chevesne et le goujon étaient les plus abondamment capturées (respectivement 32% et 16% en 2009). Toutefois, en 2010 et 2011, le nombre de gardon a augmenté par rapport aux années 2006 et 2009 ce qui permet aux espèces limnophiles (respectivement 67% et 47 %) d'être à nouveau légèrement plus représentées que les espèces rhéophiles (respectivement 33% et 44 %). Le nombre d'espèces rhéophiles capturées en 2010 et 2011 est plus faible qu'en 2006, principalement suite à la diminution des captures de chevesne et de goujon. Les espèces rhéophiles sont à nouveau plus représentées que les espèces limnophiles en 2013 (76% contre 24%).

Malgré la légère augmentation des captures en 2010 par rapport aux années 2006, 2009, 2011 et 2013, les résultats restent très faibles comparés aux années '90 et le constat général est assez similaire aux années passées. Les connaissances et/ou les données sont toujours insuffisantes pour avancer des causes précises vis à vis de ce constat alarmant.

Plusieurs explications ont été avancées et mériteraient d'être vérifiées :

- l'apparition et l'expansion de certaines espèces invasives telles la palourde asiatique *Corbicula spp*, peuvent être responsables de cette situation, ou du moins avoir contribué à une diminution significative des ressources trophiques. Mais l'évaluation des taux de filtration de la masse phytoplanctonique du milieu aquatique par cette espèce invasive semble être difficile.
- l'expansion du cormoran et l'impact des prélèvements ichthyologiques de cette espèce piscivore doivent probablement aussi contribuer à la diminution du nombre de gardons et d'autres espèces en Meuse. Les classes de taille des poissons consommés par le cormoran pourraient expliquer la chute du recrutement en jeunes individus
- de même, l'apparition du silure en Meuse doit contribuer à ce résultat, par une prédation potentielle sur les autres espèces
- l'amélioration graduelle de la qualité des eaux de nos rivières depuis le développement du réseau de collecte et d'épuration des eaux, intensifie également le phénomène de diminution de la production primaire.

Aucune hypothèse ne peut être écartée à ce jour, et le résultat observé peut également être la conséquence de plusieurs facteurs combinés. Ce type de contrôle nécessite évidemment d'être prolongé sur quelques années afin de valider les observations récentes ? et d'en évaluer les variations inter-annuelles.

### 1.3 Testage de la fonctionnalité du piège à dévalaison de Lixhe

Rappelons qu'un piège à dévalaison a été construit au barrage de Lixhe sur la Meuse liégeoise en 1997. Cette passe à la dévalaison, de type exutoire de surface, permet aux smolts de contourner le barrage en évitant les turbines (Figure 15). La conception et les caractéristiques de cette passe sont détaillées des rapports antérieurs (Prignon et Micha 1998).

Depuis la fin du suivi en 2007, l'exutoire est ouvert chaque année de début avril à fin mai afin de permettre aux poissons migrateurs de franchir le barrage. La grille supérieure a été recouverte d'une plaque en multiplex marin afin de faire glisser tous les poissons directement en aval du barrage.

Dans le but de capturer des saumons dévalant qui auraient été soumis au choc thermique lors du passage de la rivière à la Meuse au cours de la migration de 2013, il a été décidé de remettre en fonction le piège à la dévalaison au barrage de Lixhe. En février et mars 2013, une équipe de l'Université de Namur a remis en ordre de marche et en service le système de piégeage. Afin de remplacer le vivier de 700 l, disparu, une grille séparant les deux chambres a été installée. Ce système garantissait l'évacuation de l'excédent d'eau par la première salle tout en gardant captif les poissons dans la deuxième salle, transformée en vivier géant.

Un suivi bihebdomadaire au cours des mois d'avril et de mai n'ont permis la capture d'aucun smolt. De multiples problèmes, résultant peut-être d'une usure de certains éléments du système suite aux longues années de non fonctionnalité, expliquent ce résultat. Régulièrement, le chenal de dévalaison était obstrué par des immondices nécessitant des heures de travail de déblayage (Figure 16). Une vingtaine de poissons mort ont ainsi été retrouvés dans les débris. Il s'agissait de chevesnes, de brèmes communes et de carpes communes. Plusieurs poissons ont probablement été projetés au-delà de la première grille étant donné que le débit dans le chenal de dévalaison n'est pas réglable. Régulièrement, des branches, troncs et autres souches d'arbres défonçaient la grille de séparation des chambres, ce qui permettait aux éventuels poissons captifs de s'échapper.

Le piège n'est pas le seul chemin que les smolts peuvent emprunter lors de la dévalaison ; le canal Albert et les turbines constituent deux autres passages. Finalement, un seul poisson vivant a été capturé en date du 27 mai. Il s'agissait d'un gardon.

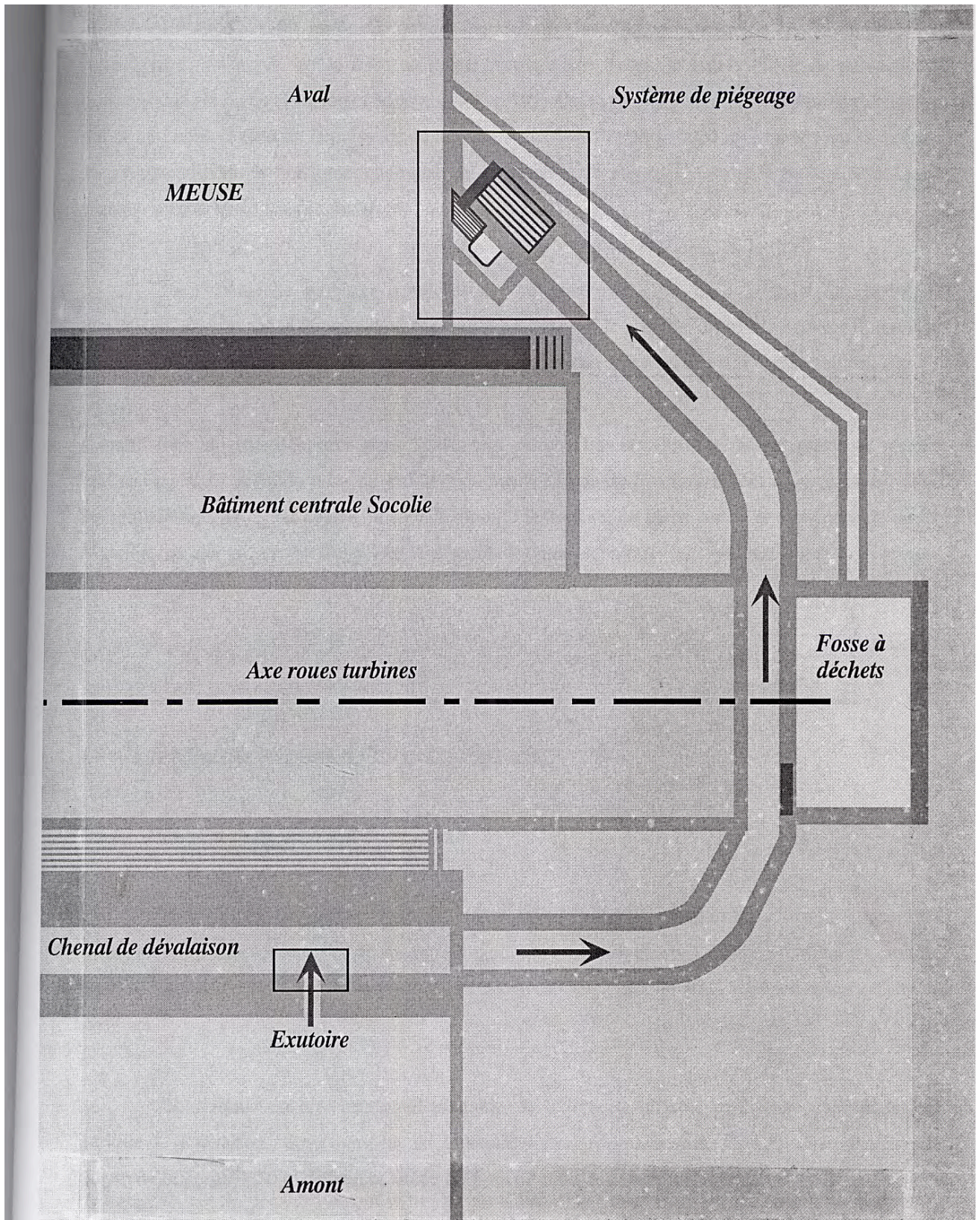


Figure 15 : Schéma de la passe à dévalaison installée au barrage de Lixhe.



Figure 16 : Nettoyage du piège à la dévalaison de Lixhe.

## **2. Repeuplement et suivis des populations réimplantées**

Exécution : équipe FUNDP-Namur avec l'appui du Service de la Pêche.

## 2 Repeuplement et suivis des populations réimplantées

### 2.1 Appui au Service de la Pêche pour l'exécution des repeuplements dans le Samson

En 2013, les repeuplements ont été effectués au cours du mois de juin. Les saumons de souche irlandaise, provenant de la pisciculture d'Emptinne, ont été transvasés dans des sacs plastiques doublés par lot de 1600 individus juste avant le rempoissonnement. Le transport jusqu'au lieu de déversement a été effectué alors dans les plus brefs délais. L'équipe de l'Université de Namur s'est chargée du repeuplement du Samson. Le déversement d'alevins de saumon a été effectué le 24 juin 2013. Quatre stations ont été rempoissonnées, le Bois de Gesves (ZA et ZB) ainsi que la station Aval de l'abbaye et au Pont de Sorinne (Figure 18) par M. Rostenne et B. Bernard. Le nombre de poissons déversés à chaque station est repris ci-dessous ainsi que les conditions hydrologiques et météorologiques. (Tableau 6).

Tableau 6: Répartition des tacons de repeuplement dans 3 secteurs du Samson en date du 3 juin 2011.

	N individus	Température [C°]	Conductivité [ $\mu$ S/cm3]	Oxygène [mg/L] (% de saturation)	pH
Aval de l'abbaye	3300	12,34	461	12,2 (116)	8,12
Bois de Gesves (ZA)	2500	11,95	456	12,3 (116)	7,95
Bois de Gesves (ZB)	2500	11,95	456	12,3 (116)	7,95
Pont de Sorinne	1700	11,90	353	11,7 (109)	7,95
Total	10000				

Sur le terrain, 51 individus, pris au hasard dans un des sacs de transport, ont été mesurés individuellement avec une règle à butée. Au total, 10 000 individus ont été déversés dans le Samson. La longueur moyenne de ces tacons était de 43,5 mm pour un poids moyen de 0,68 g (pesé par M. Thierry Wergifosse, SPW). L'histogramme des fréquences-tailles des tacons déversés est présenté ci-dessous (Figure 17). Les valeurs des mesures individuelles sont reprises dans les annexes (Tableau ).

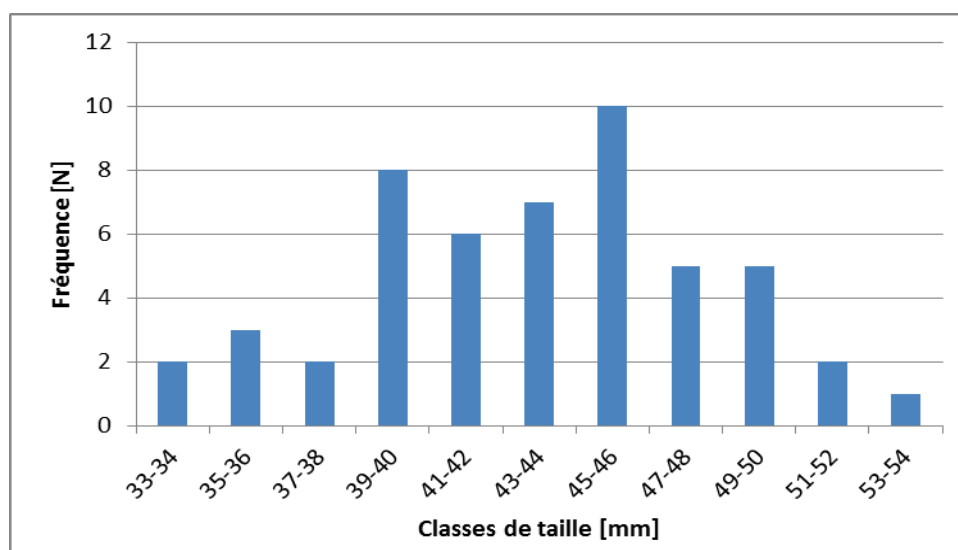


Figure 17 : Histogramme des fréquences-tailles des tacons de repeuplement (N=51) pour le Samson en 2013.

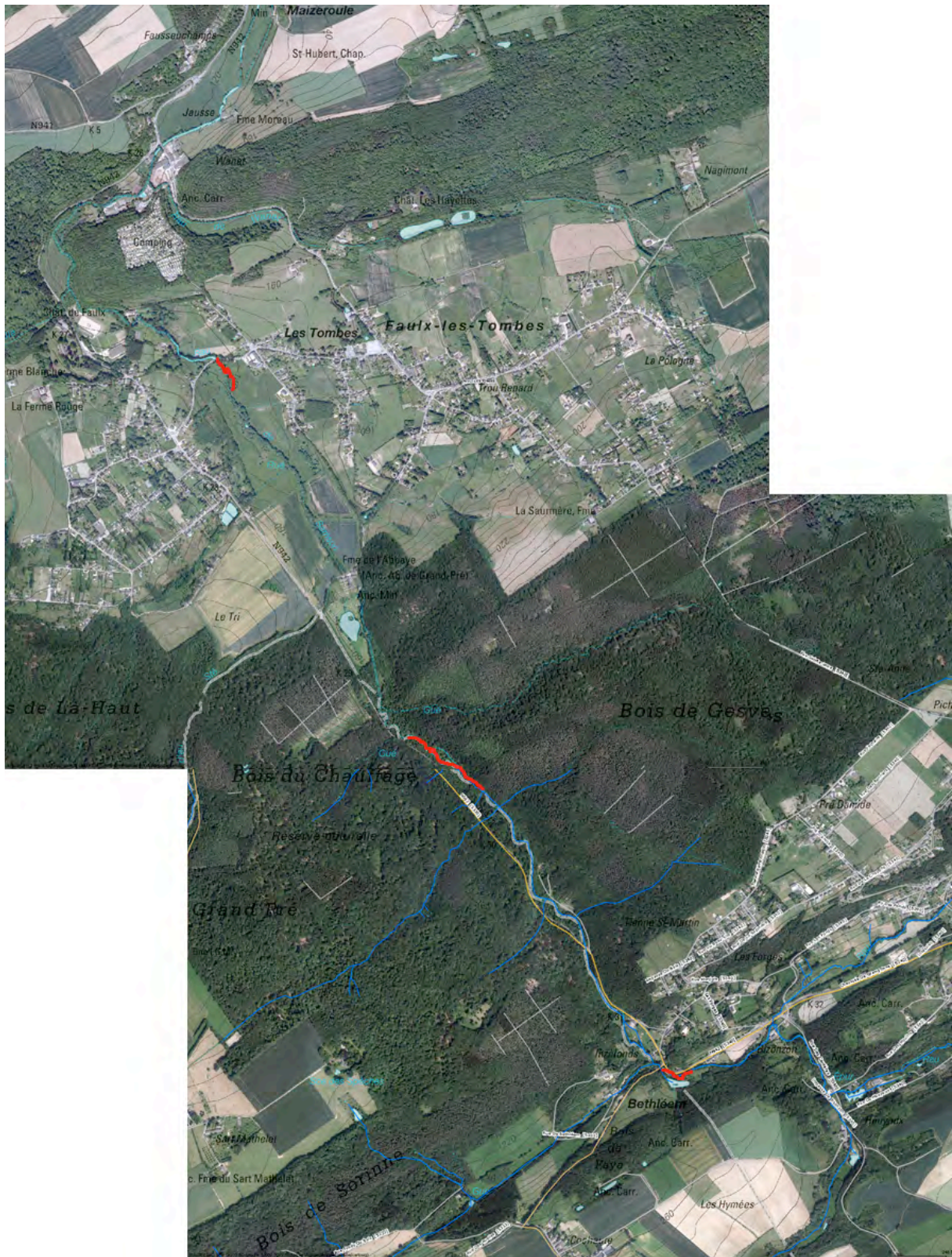


Figure 18 : Emplacements des déversements de tacons dans le Samson en 2013.

## 2.2 Compilation et synthèse des suivis réalisés par le passé

Les efforts de déversement de tacons dans le Samson, au cours des neuf dernières années, sont repris ci-dessous (Figure 19). Le nombre de tacons déversés varie entre 5900 et 10000 par an.

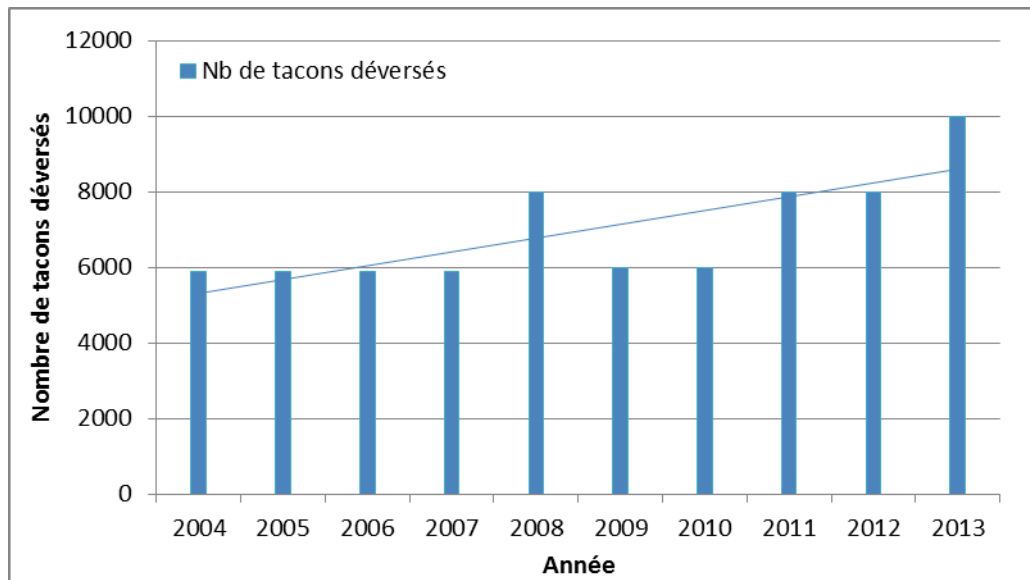


Figure 19: Récapitulatif des efforts de repeuplement du Samson entre 2004 et 2013.

Les taux de croissance en taille (mm/j) et en poids (g/j) donnent des informations importantes quant aux ressources disponibles pour les tacons dans le cours d'eau. Nous disposons de données depuis 1990 (Tableau 7) nous permettant de comparer les taux de croissance de différentes souches sur plus de 20 ans. Malheureusement, la pollution de 2008 ne nous permet pas d'obtenir des valeurs à comparer pour cette année-là. Les taux de croissance obtenus en 2013 sont proches de ceux de 2012 mais ce sont quand même les plus élevés depuis le début du suivi. Ils sont proches des taux de croissance de la souche bretonne en 1998 et Loire-Allier en 2010 qui détiennent toujours le record de croissance dans le Samson.

Tableau 7: Taux de croissance des tacons 0+ dans le Samson de 1998 à 2013.

Années	Date de déversement	Date de capture	Souche	p déversement [g]	lt déversement [mm]	P recapture [g]	Lt recapture [mm]	nbr jours	SGR
1990	20-juin	19-oct			42			121	
1991	4-juil	8-oct			44,2			96	
1992	18-juin			0,9	45,2	32,5	136	336	1,07
1993	29-juil	25/10-19/11		1,93	60	6	79	114	0,99
1994	5-juil	29/09-21/10	SCO	1,04			68	86	
	26-août	24-oct	SCO	2,9		4,5	73	59	0,74
		25-nov	IRL	3,02		4,55	73	91	0,45
1995	20-juil	9-oct	SCO	1,33		3,112	64	81	1,05
			IRL	1,09		3,358	65	81	1,39
1996	22-mai	22-oct	FRN	0,76		5,4	77	153	1,28
				0,76		6,17	80	153	1,37
	16-juil	7-nov	SCO	0,8		2,5	61	114	1,00
				0,8		2,07	57	114	0,83
			IRL	0,9		2,3	58	114	0,82
				1		2,1	56	114	0,65
1997	18-juil	21-oct	FRN	1,7 ± 0,4	53 ± 4	5,1	75	95	1,16
				1,7 ± 0,4	53 ± 4	5,1	86	95	1,16
			IRL	1,7 ± 0,4	54 ± 4	4,4	72	95	1,00
				1,7 ± 0,4	54 ± 4	4,4	81	95	1,00
1998	16-juil	19/11-03/12	FRN	1,7 ± 0,4	53 ± 3	3,8	70	126	0,64
			IRL	1,5 ± 0,3	52 ± 4	2,9	65	126	0,52
	20-mai	13-oct	BRE	0,3 ± 0,1	26 ± 4	7,2	83	144	2,21

	16-juil	13-oct	FRN	$1,7 \pm 0,4$	$53 \pm 3$	6,1	80	89	1,44
			IRL	$1,5 \pm 0,5$	$52 \pm 4$	7,5	87	89	1,81
1999	18-juin	21-oct	BRE	$0,8 \pm 0,2$	$42 \pm 4$	7,5	86	125	1,79
2000	7-juil	23-oct	BRE	$1,2 \pm 0,2$	$49 \pm 2$	5,2	75	108	1,36
				$1,2 \pm 0,2$	$49 \pm 2$	6	78	108	1,49
			FRN	$1,7 \pm 0,3$	$54 \pm 4$	5,3	76	108	1,05
				$1,7 \pm 0,3$	$54 \pm 4$	6,2	79	108	1,20
2001	16-juil	oct	BRE	$1,3 \pm 0,8$	$49 \pm 3$		63	107	0,29
				$1,3 \pm 0,8$	$49 \pm 3$		66	107	0,34
			FRN	$2,3 \pm 0,6$	$58 \pm 5$		76	107	0,31
				$2,3 \pm 0,6$	$58 \pm 5$		80	107	0,37
2002	17-juin	oct	BRE	$1,34 \pm 0,27$	$48,9 \pm 3,3$	5,3	74,2	140	0,98
2004	2-juil	05/11-08/11	LA	$1,3 \pm 0,3$	$48 \pm 4,3$	5,33	77	126	1,12
2005	21-juin	7-oct	LA	$1,3 \pm 0,2$	$52,4 \pm 3,3$	6,07	84,04	108	1,43
2006	8-juin	22-sept	LA	$0,93 \pm 0,3$	$49,4 \pm 2,9$	4,2	78,4	106	1,42
2007	5-juin	06/11-07/11	IRL	$0,8 \pm 0,2$	$44,4 \pm 3$	3,1	71	154	0,88
			LA	$1,5 \pm 0,2$	$55,5 \pm 3,2$	7,5	97	154	1,05
2009	29-mai	17-sept	IRL	$0,63 \pm 0,13$	$38,1 \pm 2,57$	4,9	79,5	111	1,85
2010	29-juin	20-sept	LA	0,7	39	4,6	76	83	2,27
2011	3-juin	19-sept	IRL	0,55		2,7	65,2	108	1,47
2012	10-mai	18-sept	IRL	$0,335 \pm 0,1$	$34,765 \pm 2,5$	4,5	77,7	130	2,00
		8-nov		$0,335 \pm 0,1$	$34,765 \pm 2,5$	7,4	91,5	182	1,70
2013	24-juin	18-sept	IRL	0,68	$43,451 \pm 4,8$	3,4	72,3	86	1,87
				0,68	$43,451 \pm 4,8$	4,4	71,1	86	2,18
		20-sept		0,68	$43,451 \pm 4,8$	4,7	77,5	88	2,20

### 2.3 Pêche de contrôle automnal dans le Samson, cours d'eau repeuplé en jeunes saumons d'élevage

Les pêches de contrôle automnal ont été effectuées entre le 18 et le 20 septembre sur les trois stations rempoissonnées au début de l'été. Deux groupes électrogènes Deka 2 délivrant un courant redressé de 3 ampères ont été couplés chacun à une anode. Les deux passages de l'inventaire ichtyologique au Pont de Sorinne ont rapportés 712 poissons de 4 espèces différentes (Tableau 8). Sur le secteur ZB du Bois de Gesves 283 poissons, regroupés en 4 taxa différents, ont été capturés (Tableau 9). La pêche à Aval de l'abbaye, quant à elle, a permis la capture de 639 poissons de 5 espèces différentes (Tableau 10). Les résultats détaillés de ces pêches sont présentés dans les annexes (Tableau ).

**Tableau 8: Résultats des captures de la pêche au Pont de Sorinne réalisée le 18 septembre 2013.**

	Nombre de capture			% de capture	nb estimés	nb estimés/ha	Biomasse [kg/ha]
	Passage 1	Passage 2	Total				
Truite fario	33	12	45	64	52	1168	109,2
Saumon atlantique	8	5	13	38	21	480	12,6
Chabot	299	354	653	-18			
Lamproie	1	0	1	100			
Total	341	371	712				121,9

**Tableau 9 : Résultats des captures de la pêche au Bois de Gesves (ZB) réalisée le 18 septembre 2013**

	Nombre de capture			% de capture	nb estimés	nb estimé/ha	Biomasse [kg/ha]
	Passage 1	Passage 2	Total				
Truite fario	62	22	84	65	96	1503	57,9
Saumon atlantique	10	8	18	20	50	782	13,7
Chabot	101	79	180	22	464	7254	
Petite lamproie	1	0	1	100	1	16	
Total	174	109	283				71,6

**Tableau 10: Résultats des captures de la pêche à la station Aval Abbaye réalisée le 20 septembre 2013**

	Nombre de capture			% de capture	nb estimés	nb estimés/ha	Biomasse [kg/ha]
	Passage 1	Passage 2	Total				
Truite fario	30	6	36	80	38	563	56,9
Saumon atlantique	66	24	90	64	104	1557	14,3
Chabot	257	256	513	0			
Perche	1	0	1				
Lamproie	5	0	5				
Total	353	286	639				71,2

Malgré de bien meilleurs résultats de capture en nombre d'individus au Bois de Gesves (n=84 contre n=36 à Aval de l'abbaye), les biomasses estimées de truite fario sont quasiment identiques dans les deux stations (57,9 kg/ha et 56,9 kg/ha). Le meilleur résultat a été obtenu au Pont de Sorinne avec 109,2 kg/ha. De même, les biomasses de saumons atlantique sont semblables aux trois stations (12,6 kg/ha, 13,7 kg/ha et 14,3 kg/ha). Il faut toutefois spécifier que les résultats des deux pêches du 18 septembre sont à interpréter avec précaution pour le saumon car la probabilité de capture est inférieure à 0,5. Les captures de tacons sont faibles avec 13 et 18 individus à l'exception de la station Aval de l'Abbaye où 90 ont été capturés.

Au Bois de Gesves, le nombre d'individus de toutes les espèces est le plus faible depuis 2011. Le nombre de saumons, lui, a diminué de 63 individus en 2011 à 49 individus en 2012 et finalement 18 individus en 2013 (Figure 20). Tout comme l'année précédente, des lamproies de Planer ont été capturées mais aucune carpe n'a été recensée contrairement à l'année précédente. Le faible nombre d'individus capturés, particulièrement de saumon, est en partie dû aux conditions météorologiques médiocres du 18 septembre.

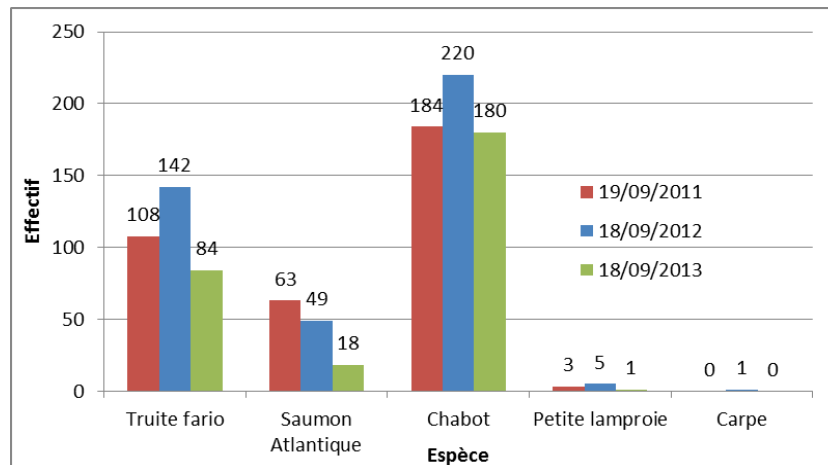


Figure 20: Comparaison entre les captures de deux pêches électriques réalisées dans le Samson à la station Bois de Gesves ZB en septembre 2011, 2012 et 2013.

Les populations de truites fario dans le Samson sont bien équilibrées (Tableau 11 et Figure 21, Figure 22, Figure 23) en ce sens qu'une population comprend des alevins de taille inférieure à 100 mm, une dominance marquée de jeunes individus entre 100 et 200 mm et des adultes de taille supérieure à 200 mm. La longueur moyenne des truites capturées en septembre 2013 varie de 139mm à 181 mm pour un poids moyen variant entre 38,5g à 101g.

Tableau 11 : Proportion des classes de taille de la population de truite fario dans le Samson en septembre 2013.

Station	<100mm	100-200mm	>200mm	Lt moyenne [mm]	P moyen [g]
Pont de Sorinne	18	51	31	179,4	93,5
Bois de Gesves	23	64	13	139,3	38,5
Aval de l'Abbaye	29	34	37	181,3	101

Suite aux pêches d'automne, deux cohortes différentes de saumon sont observables au niveau de deux stations (Figure 24). Que ce soit au Bois de Gesves ou à Aval de l'abbaye, la première cohorte (respectivement de 60 à 89 mm et de 60 à 99) dérive très probablement des tacons déversés en juin 2013. La deuxième cohorte (respectivement de 120 à 169 mm et de 140 à 179 mm) dérive probablement des poissons déversés au printemps de l'année précédente. Cependant une autre explication existe, des poissons du déversement de mai peuvent avoir grandi suffisamment que pour être confondus avec ceux de la deuxième cohorte. Deux modes de croissances ont déjà été observés sur le Samson. Cependant, comme c'est la première année qu'un déversement a eu lieu au Pont de Sorinne et que l'on observe qu'un seul mode de croissance à cette station, la première explication semble plus correct. Par ailleurs, un individu de grande taille (263 mm) y a été capturé, indiquant un mouvement vers l'amont de cet individu depuis son déversement. Le sexe du poisson n'a pas pu être déterminé par stripping mais il s'agit probablement d'un « sneaker ». Le faible nombre de représentants de la deuxième cohorte de saumons s'explique en grande partie par le cycle de vie du saumon qui entame une migration de dévalaison lorsqu'il a atteint une taille minimum 10 – 15 cm (Elson, 1957 ; McCormick & Saunders, 1987).

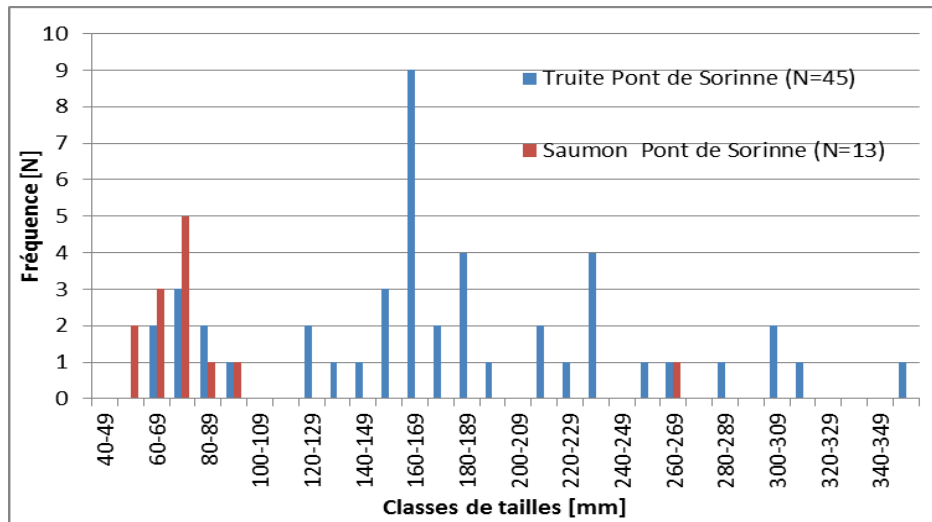


Figure 21 : Histogramme fréquence-taille des saumons atlantique (N=13) et truites fario (N=45) pêchés dans le Samson (Pont de Sorinne) le 18 septembre 2013.

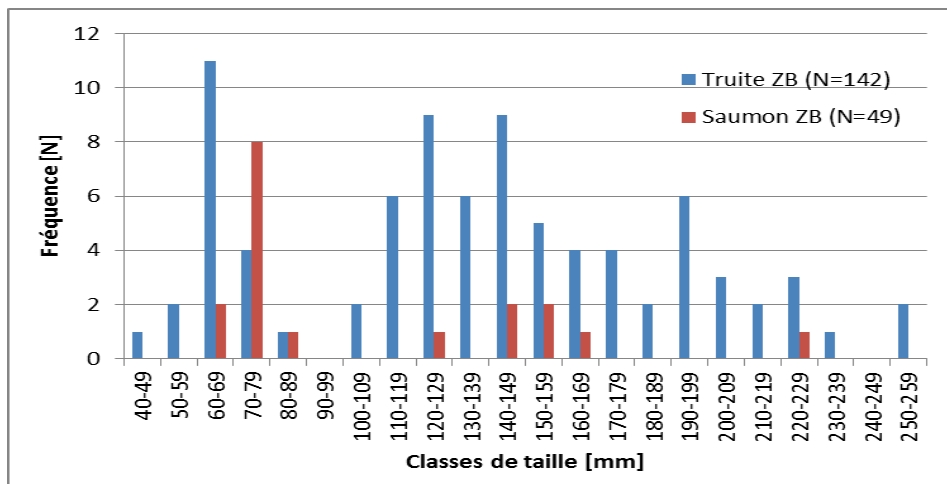


Figure 22: Histogramme fréquence-taille des saumons de l'Atlantique (N=18) et truites fario (N=84) pêchés dans le Samson (Bois de Gesves - ZB) le 18 septembre 2013.

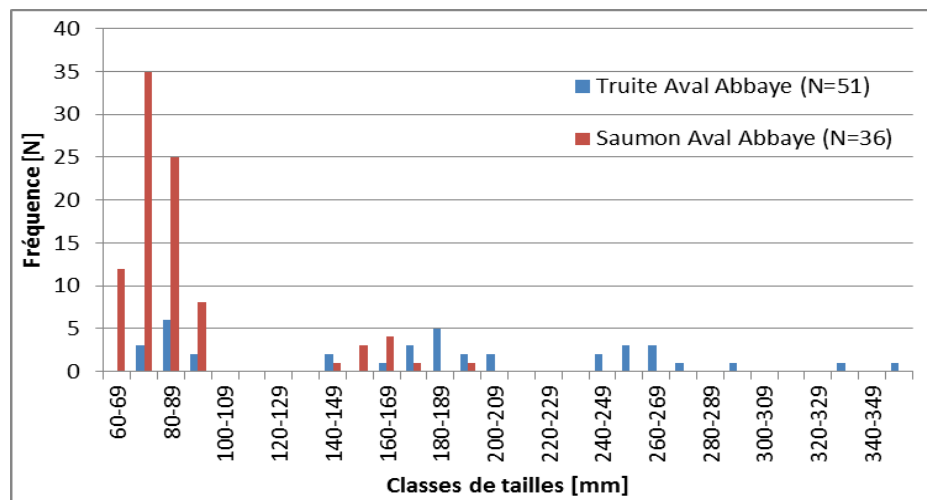


Figure 23 : Histogramme fréquence-taille des saumons atlantique (N=90) et truites fario (N=38) pêchés dans le Samson (Aval de l'Abbaye) le 20 septembre 2013.

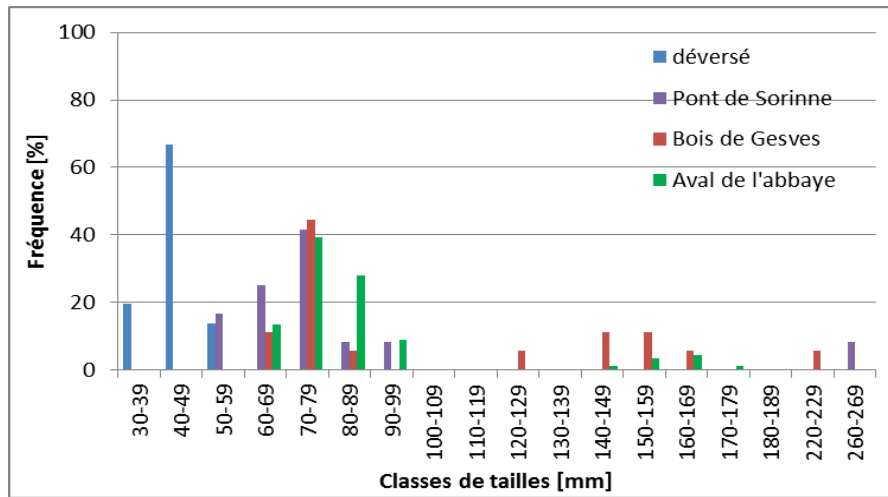


Figure 24 : Histogramme fréquence–taille des saumons de l'Atlantique déversés en mai et recapturés en automne 2013 dans le Samson.

La croissance des alevins est de type allométrique négative ( $b < 3$ ) à Aval de l'Abbaye ce qui indique que la longueur des poissons augmente plus vite que leur poids. La croissance est de type allométrique positive ( $b > 3$ ) sur les deux autres stations (Figure 25, Figure 26, Figure 27) Le facteur de condition K pour les saumons 0+ aux trois stations corrobore ces résultats (1,13 au Pont de Sorinne, 1 au Bois de Gesves et 0,88 à Aval de l'abbaye). Le K proche de 1 témoigne d'une alimentation suffisante et d'une bonne condition des saumons. Les valeurs individuelles du coefficient d'embonpoint sont présentées dans les annexes (Tableau).

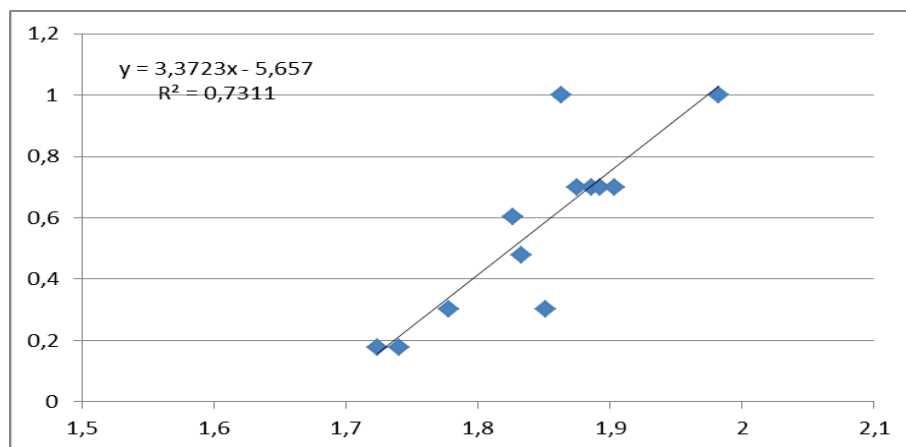


Figure 25 : Relation entre le logarithme du poids et le logarithme de la longueur totale des saumon 0+ pêchés en automne 2013 au Pont de Sorinne (N=12).

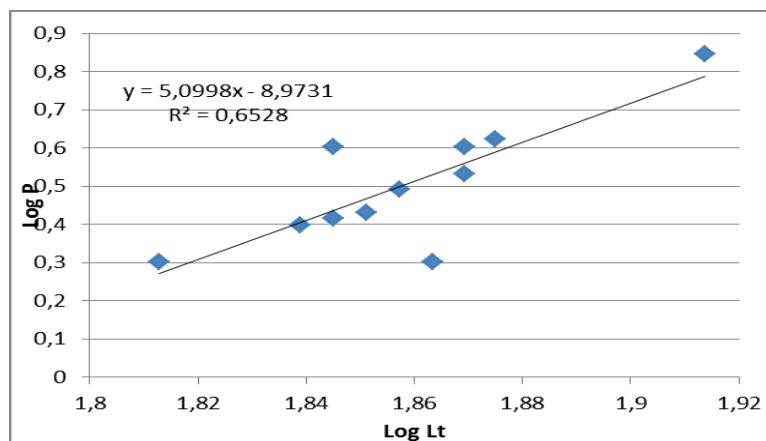


Figure 26 Relation entre le logarithme du poids et le logarithme de la longueur totale des saumon 0+ pêchés en automne 2013 au Bois de Gesves (N=11).

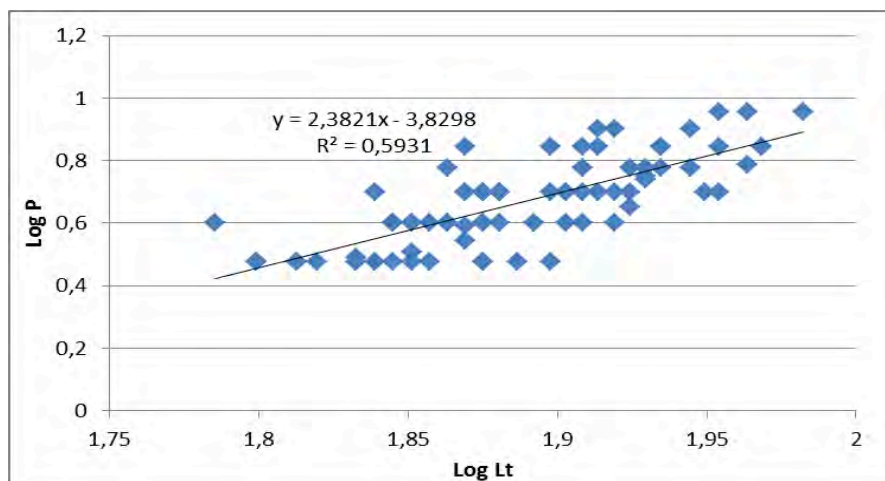


Figure 27 : Relation entre le logarithme du poids et le logarithme de la longueur totale des saumon 0+ pêchés en automne 2013 à Aval de l'abbaye (N= 80).

En considérant le nombre d'alevins déversés et la surface disponible, on obtient une densité initiale de 382 individus/100 m<sup>2</sup> au Pont de Sorinne, de 782 individus/100 m<sup>2</sup> au Bois de Gesves et de 611 individus/100 m<sup>2</sup> à la station Aval de l'abbaye (Tableau 12). En estimant les nombre de 0+ avec les résultats des pêches par enlèvement successif, nous obtenons des densités de 2,7 individus/100 m<sup>2</sup> au Pont de Sorinne, de 1,7 individus/100 m<sup>2</sup> au Bois de Gesves et 14,8 individus/100 m<sup>2</sup> à Aval de l'abbaye. Ceci correspond donc à un pourcentage de recapture faible, à savoir 0,71% au Pont de Sorinne, 0,22% au Bois de Gesves et 2,42% à Aval de l'abbaye. Les conditions hydrologiques et météorologiques lors des pêches au Pont de Sorinne et au Bois de Gesves (fin de crue et temps couvert) sont probablement une des explications possibles pour ces faibles taux de recapture. Une autre explication est que les alevins de pisciculture n'ont jamais été confrontés à de telles conditions et ont probablement été emporté par le courant vers une station en aval du point de déversement. De plus, l'origine des alevins fait que ceux-ci n'ont jamais été habitués à chasser pour se procurer leur alimentation. Le stade de vie a probablement aussi un rôle à jouer dans l'explication de ces résultats car étant donné leur taille, les alevins de saumons sont des proies potentielles d'autres poissons et animaux ichtyophages.

Tableau 12 : Pourcentage de recapture des alevins déversés au printemps 2013.

Station	Nbr déversé	Surface [m <sup>2</sup> ]	densité initiale [ind/100m <sup>2</sup> ]	densité pêche [ind/100m <sup>2</sup> ]	%recapture
Pont de Sorinne	1700	444	382,88	2,70	0,71
Bois de Gesves	5000	639,2	782,23	1,72	0,22
Aval de l'abbaye	3300	540	611,11	14,81	2,42

## 2.4 Pêche par indice d'abondance

### 2.4.1 Introduction

En rivière, l'estimation des peuplements ichtyologiques se fait essentiellement à l'aide de la technique de pêche électrique par enlèvements successifs sur un tronçon de longueur déterminé. Toutefois cette technique nécessite un investissement important en temps, en matériel et en homme. Or, pour estimer la taille d'une population à l'échelle du cours d'eau ou étudier sa distribution spatiale, le nombre de points d'échantillonnage est généralement le premier facteur déterminant. Ainsi, il est proposé d'appliquer une technique plus légère que la méthode par enlèvement successif, ce qui permettrait de multiplier à moindre coût les stations d'échantillonnage. Prévost et Baglinière ont mis au point en 1995 une méthode d'évaluation ciblant les jeunes saumons atlantiques reposant sur un protocole standardisé de pêche à l'électricité qui permet de fournir des indications d'abondance au niveau d'une station et par unité d'effort. Cette technique offre par ailleurs un gain de temps, de personnel et d'argent. Le protocole standardisé consiste à :

- utiliser un appareil portatif de pêche électrique (de type martin pêcheur ou autre),
- prévoir une équipe de 3 ou 4 personnes (1 anode, 1 ou 2 épuisettes et 1 tine),
- pêcher sur une station pendant 5 minutes effectives (5 minutes pendant lesquelles le courant électrique passe dans l'eau),
- prospecter dans les habitats types du tacon (radier) en progressant latéralement et vers l'amont,
- maximiser les captures à chaque balayage en conservant uniquement les tacons

Cette standardisation vise à assurer une capturabilité identique à chaque opération de pêche. Cependant, la capturabilité ne peut pas toujours être maintenue constante mais certains arguments théoriques contribuent à en réduire la variabilité et font que cette technique se prête bien à l'étude des tacons:

- l'approche est mono-spécifique et ne concerne qu'une seule classe d'âge,
- les tacons sont territoriaux,
- seules des stations homogènes du point de vue de l'habitat sont pêchées,
- les poissons ne sont soumis qu'une seule fois au champ électrique, ce qui évite les problèmes de diminution de capturabilité lors de passages successifs.

Le gain de temps et d'argent que procure cette nouvelle technique est fort appréciable comme le montre Prévost et Baglinière (1995) (Tableau 13).

Tableau 13: Comparaison des méthodes de pêche « classique » et par indice d'abondance.

	Méthode	
	Pêche « classique »	Pêche par indice d'abondance
Nb de stations prospectées	23	23
Temps (jours)	6	3
Personnel	15	4
Nb de véhicules	4	1

En 1999, Prévost et Nihouan ont recherché la relation entre l'indicateur d'abondance et l'estimation des densités par enlèvements successifs. A l'aide de couples de données, ils ont montré qu'il existe une liaison forte entre les indicateurs de captures par unité d'effort et l'estimation des densités qui a été modélisée par:

$$D = A \times I$$

Avec : D : la densité de saumon [N ind/ 100m<sup>2</sup>]

A : le coefficient de proportionnalité

I : l'indicateur d'abondance [N ind/5 mn de pêche]

Le coefficient de proportionnalité de Prévost et Nihouan (1999), varie avec la largeur du cours d'eau (Tableau 14)

**Tableau 14: Différentes valeurs du coefficient de proportionnalité A en fonction de la largeur de la rivière.**

Largeur du cours d'eau	A	Nb de couple de données
<3m	0,869	8
>3m	0,358	44

De plus, il est basé sur un nombre élevé de couples de données. Cependant, ces données ont été récoltées sur des rivières dans le massif armoricain. Le coefficient de proportionnalité n'est donc valable que pour des écosystèmes similaires. Il est donc nécessaire de définir un coefficient adéquat pour les rivières salmonicoles de la région wallonne.

#### 2.4.2 Détermination du coefficient de proportionnalité pour le Samson

Afin de définir un coefficient adéquat pour les cours d'eau de la Région Wallonne, il est nécessaire de disposer de couples de données sur plusieurs rivières salmonicoles. Depuis 2011, des pêches par point d'abondance sont réalisées sur le Samson. Celles-ci sont suivies rapidement par des pêches par enlèvements successifs, beaucoup plus invasives pour l'écosystème rivière. Les résultats obtenus depuis le début de l'étude sont présentés dans le Tableau 15.

**Tableau 15: Résultats des pêches par indice d'abondance (PIA) et par enlèvements successifs (PES) pour le calcul du coefficient de proportionnalité A.**

Année	Station	Date PPA	Date PES	PPA [Ind/5 min]	PES [Ind/ 100m <sup>2</sup> ]	Coefficient de proportionnalité A
2011	Bois de Gesves	13/09	19/09	5	11,15	2,23
2012	Bois de Gesves	17/09	18/09	6	9,13	1,52
	Aval de l'abbaye	10/10	8/11	8	11,2	1,40
2013	Bois de Gesves	13/09	18/09	8	7,82	0,98
	Aval de l'abbaye	13/09	20/09	18	15,57	0,87
	Pont de Sorinne	16/09	18/09	4	4,8	1,20
	Moyenne					1,37

Au vu des résultats variables d'année en année sur une seule rivière et comme les rivières de la Région Wallonne diffèrent toutes les unes des autres, ce coefficient n'est pas représentatif à la l'échelle de la région. A l'instar du Samson, il faudrait définir un coefficient de proportionnalité propre à chaque cours d'eau. En 2011 et en 2012, les résultats obtenus au Bois de Gesves étaient fort différents. Par contre, les résultats obtenus en 2012 aux deux stations échantillonnées sont proches. En 2013, l'effort de repeuplement est le plus haut depuis que le Samson est repeuplé avec 10 000 alevins relâchés. De ce fait, une troisième station, le « Pont de Sorinne » a pu être échantillonnée lors des pêches de contrôle automnales. Après trois années de suivi, le coefficient du Samson peut être retenu comme 1,37. Il est maintenant nécessaire d'organiser des pêches supplémentaires sur d'autres rivières annuellement rempoissonnées en saumon atlantique comme la Lesse et l'Ourthe.

**Encadrement scientifique de l'élevage de saumons de  
souche Cong et Loire-Allier en Région wallonne**

### 3 Encadrement scientifique de l'élevage de saumons de souche Cong et Loire-Allier en Région wallonne.

(Exécution : équipe FUNDP-Namur)

#### 3.1 Introduction

La smoltification permet aux espèces de salmonidés anadromes de survivre à la transition d'un environnement dulcicole vers un environnement marin (McCormick, 2009). De nombreux processus complexes, à la fois morphologiques, physiologiques et comportementaux y sont associés tout au long de la dévalaison (McCormick et al., 1998 ; Stefansson et al., 2008). C'est par l'intermédiaire du système endocrinien que la température et la photopériode, principalement, influencent les changements physiologiques associés à la smoltification et à la dévalaison (McCormick, 2009 ; Björnsson & Bradley, 2007).

A ce jour de nombreuses hormones jouant un rôle dans le processus de smoltification sont connues. Un timing précis de la dévalaison permet l'arrivée simultanée en mer des smolts des différentes populations au pic de smoltification, appelée fenêtre physiologique des smolts, au moment le plus propice à leur survie, correspondant à la fenêtre écologique des smolts, (McCormick et al., 1998). D'autres indicateurs de smoltification sont également connus dans la littérature comme le coefficient d'embonpoint, l'osmolalité ou encore la concentration plasmatique en ions. Le plus reconnu de ces indicateurs est l'activité  $\text{Na}^+\text{K}^+\text{ATPase}$  des branchies représentant l'acquisition du caractère d'euryhalinité.

#### 3.2 Matériel et méthode

La relation entre la longueur et le poids pour les smolts de repeuplement a été établie. Elle est de la forme :

$$P = a \times L^b$$

Le symbole b représente le taux d'allométrie. Habituellement, il est compris entre 2 et 4. S'il est égal à 3, cela signifie que la croissance est isométrique, c'est-à-dire que le poids augmente aussi vite que la taille. Si  $b < 3$ , la taille augmente plus vite que le poids et si  $b > 3$ , le poids augmente plus rapidement que la taille (Didier & Micha, 1996). Les coefficients a et b varient entre espèces et entre populations d'une même espèce. De plus, ils sont fonction de variations individuelles et saisonnières. Cela comprend la disponibilité en nourriture, le sexe et l'état de maturation (Ricker, 1971).

Le facteur de condition, aussi appelé le coefficient de condition ou d'embonpoint, est un concept dérivé de la croissance pondérale. Il nous permet de savoir si un individu est en bonne ou en mauvaise condition. Ce facteur (K) est défini pour chaque poisson par le rapport de sa masse (P) en gramme au cube de sa longueur (L) en centimètres (Hile, 1936). Généralement, ce quotient est multiplié par une puissance de 10, définie en fonction des unités choisies pour la masse et la longueur, afin de ramener la valeur du facteur de condition à un nombre voisin de l'unité :

$$K = \frac{P}{L^3} \times 10^2$$

Comme l'on considère que, pour un poisson idéal, la masse est proportionnelle au cube de sa longueur, K nous permet de comparer un poisson réel avec le poisson idéal théorique.

$$P = a \times L^3$$

Rappelons que l'étude de ce facteur est intéressante à plusieurs niveaux. Tout d'abord, il sert à comparer des populations monospécifiques vivant dans des conditions apparemment

similaires ou différentes. Ensuite, il permet de suivre l'altération du milieu et l'accroissement et le déclin du nourrissage (Micha, 1980).

### 3.2.1 Osmolalité et concentration plasmatique en ion sodium et potassium

L'osmolalité plasmatique a été dosée avec un osmomètre (Löser Osmometer Type 6) fonctionnant selon l'effet Peltier. Le principe du dosage est basé sur la détermination du point de congélation par cryoscopie. En effet, 1 milliosmole de soluté par kilogramme d'eau abaisse le point de congélation de 1,858 millidegrés celsius. Pour chaque dosage, 100µl de plasma sont placés dans un microtube. Nous avons dosé l'osmolalité chez tous les individus. Les résultats de dosage sont repris dans les annexes (Tableau ).

La concentration plasmatique en ion sodium et potassium a été mesurée par spectrophotométrie d'absorption atomique. Cette technique se base sur l'absorption de photons par des atomes à l'état fondamental. L'absorption des radiations électromagnétiques des régions visibles et UV du spectre par les atomes libres résulte d'un changement dans la structure électronique. On l'observe lorsque la radiation caractéristique d'un élément passe dans un nuage de vapeur atomique de l'échantillon. Dans notre cas, l'échantillon est vaporisé par aspiration de la solution dans une flamme. La différence d'intensité du rayon lumineux avant et après le passage par l'échantillon, nous permet de calculer la concentration de l'élément choisi. Un volume connu (50µl) de plasma a été déposé au fond d'un creuset et calciné pendant 12h dans un four à moufle chauffant à 450°C. Les cendres ont alors été resuspendues dans 2ml d'acide chloridrique 1M (+ 1,266g de chlorure de césium par litre). Cette solution a ensuite été diluée pour cadrer avec une droite d'étalonnage et passée à la flamme d'un spectrophotomètre à absorption atomique.

### 3.2.2 Activité NaK-ATPases branchiales

Le dosage proposé ici est basé sur la diminution d'un composé, le NADH, couplé à l'activité de l'enzyme. La lecture par spectrophotométrie de la variation de l'absorbance de ce composé par unité de temps en présence et en l'absence d'un inhibiteur spécifique des NaK-ATPases, l'Ouabaïne, nous permet de distinguer l'activité des NaK-ATPases de l'activité totale des ATP-ases.

La formule qui permet de calculer les activités à partir des variations d'absorbances est :

$$\frac{\Delta DO_{éch} * dilution * 2}{6,22 * temps * volume_{hg}} = \text{activité par gr de tissu (U/gr)}$$

avec 6,22 = coefficient d'absorption du NADH.

La quantité de protéines totales contenue dans un homogénat de branchie pour chaque échantillon a été déterminée par un dosage de Pierce (Smith *et al.*, 1985). Cela permet ainsi de déterminer l'activité spécifique de la Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup> ATP-ase.

La première étape consiste à faire une droite de calibration avec du standard BSA (1mg.L<sup>-1</sup>). Ensuite, les échantillons sont dilués 10x avec de l'eau distillée. Un volume de 10µl d'homogénat dilué est introduit dans les puits d'une plaque multi-puits (Greiner F-Bottom 96) avant d'y ajouter le réactif de Pierce. Une fois remplie d'échantillons et de la droite de calibration, la plaque multipuits est couverte d'aluminium afin d'empêcher la pénétration de la lumière et agitée pendant 1min avant d'être lue par spectrophotométrie à 450nm. La droite de calibration et les dosages des échantillons ont été effectués en duplicat.

### **3.2.3 Dosage des hormones plasmatiques**

#### **3.2.3.1 Dosage du cortisol, de la prolactine et de l'insulin-like growth factor-1 (IFG-1) plasmatique**

Le dosage du cortisol a été effectué grâce à un kit ELISA (DRG Diagnostics, EIA-I887). Ce kit de dosage permet une mesure quantitative du cortisol dans un échantillon de plasma selon une réaction immuno-enzymatique compétitive. Le principe de la réaction est une compétition inhibitrice entre le cortisol présent dans l'échantillon et le cortisol conjugué à la Horse Radish Peroxydase (HRP) pour la liaison avec des anticorps monoclonaux dirigés contre un antigène spécifique du cortisol. Après incubation, le conjugué non lié est éliminé et la quantité de ceux liés est inversement proportionnelle à la concentration de cortisol contenu dans l'échantillon. Suite à l'addition d'une solution substrat, l'intensité de la coloration obtenue est inversement proportionnelle à la concentration de cortisol présent dans l'échantillon. Lors d'un test préliminaire, la concentration des échantillons se révèle être supérieure à celle du standard le plus concentré. Il a donc été nécessaire de diluer les échantillons 100X avec une solution de PBS 1X afin d'avoir des résultats se trouvant au niveau de la courbe standard. La lecture de la plaque a été réalisée grâce à un spectrophotomètre (FLUOstar Omega de BMG Labtech) à 450nm. Le dosage de la prolactine et de l'IGF-1 ont été effectués grâce à un kit ELISA (CUSABIO) selon le même principe que celui du cortisol.

#### **3.2.3.2 Dosage de l'hormone de croissance (GH) plasmatique**

Le dosage de la GH a été effectué grâce à un kit ELISA (CUSABIO) selon un principe similaire à celui des autres dosages hormonaux. Seulement, dans ce cas de figure, l'antigène se trouve entre 2 anticorps spécifiques (ELISA en sandwich).

#### **3.2.3.3 Dosage des hormones thyroïdiennes T3 et T4**

Le dosage des hormones thyroïdiennes a été réalisé par l'équipe du professeur Veerle Darras du laboratoire d'endocrinologie comparative de la KU Leuven par la méthode de Radioimmunoassay (RIA). Dans les tubes contenant le plasma, une compétition entre hormones marquées et hormones contenues dans le plasma va s'opérer. Cette compétition va tendre vers un équilibre. À ce stade, nous mesurons la radioactivité des échantillons. Ainsi en connaissant la radioactivité totale et la radioactivité résiduelle, on peut connaître la fraction d'hormones liées aux anticorps spécifiques. Grâce à la courbe standard, il est alors possible de déterminer la concentration d'hormones dans notre échantillon.

### **3.2.4 Analyses statistiques**

Les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R Vers. 3.0.2 et Microsoft Excel 2007. Les tests statistiques sont précédés d'une analyse d'homogénéité de variance (test de Levene d'après Stanton et Slinker, 1990). Afin d'étudier la variation des différents indicateurs de smoltification entre les souches Loire Allier et Cong, et selon les dates de prélèvements, une ANOVA 2 a été utilisée avec la souche et la date de prélèvement en tant que variable. Pour étudier les variations au sein d'une souche selon les dates étudiées une ANOVA 1 a été utilisée. Si l'hypothèse d'égalité des variances est rejeté au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ), un test post-hoc de Tukey a été réalisé pour comparer les modalités entre-elles. Si les données ne sont pas issues d'une distribution paramétrée, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été employé. A une date donnée, entre les deux souches étudiées, un t-test de Student a été réalisé pour déterminer s'il existait une différence entre les valeurs des marqueurs de smoltification

### **3.3 .Effet des conditions photopériodiques d'élevage sur la qualité physiologique de smolts de souche Loire-Allier capturés après repeuplement :**

#### **3.3.1 Description de l'expérience et des prélèvements**

À partir de décembre 2012, à la salmoniculture d'Erezée, des présmolts de souche Loire-Allier ont été soumis à deux conditions différentes de photopériode, 12h ou 24h. Des individus provenant de deux bassins par traitement ont été conservés après le repoissonnement au début du printemps pour l'évaluation du statut physiologique. Un premier prélèvement a eu lieu les 13 et 18 mars 2013. Une fois anesthésié au MS222 (120mg/L), le sang a été récolté par ponction dans la veine caudale à l'aide de seringues héparinées et conservé sur glace jusqu'à la fin des prélèvements. Une coagulation excessive malgré la présence de 100 µl d'héparine (5000 U/ml) par Eppendorf a rendu les échantillons de sang du 13 mars inutilisables à cause du temps de transport jusqu'à la centrifugation à Namur. Le problème de coagulation a été résolu par l'emploi d'une centrifugeuse portable (10 min à 3000g) directement après les prélèvements. Les plasmas ont ensuite été conservés à -80°C jusqu'aux différents dosages. Après les prises de sang, les poissons ont ensuite été euthanasiés par bris de l'arête dorsale. Les arcs branchiaux 1 et 2 ont été prélevés et directement plongés dans un bain d'azote liquide.

Tout au long de la saison de dévalaison, deux fois par semaine, des prélèvements ont été effectués sur le terrain. Deux stations d'échantillonnage étaient prévues, le piège à la dévalaison de MéryTherm sur l'Ourthe et celui du barrage de Lixhe. Les prélèvements d'échantillons se sont déroulés selon le même protocole qu'à Erezée.

La biométrie des individus échantillonnés à Erezée et à MéryTherm est reprise dans les annexes (Tableau et Tableau ).

#### **3.3.2 Qualité physiologique des smolts avant le repoissonnement**

##### **3.3.2.1 Relation poids-longueur et facteur de condition**

Les poissons des deux traitements pour les deux dates confondues présentent une croissance de type allométrique positive ( $b > 3$ ) indiquant une augmentation de poids supérieure à celle en longueur (Figure 28). Les individus soumis à une photopériode constante (24h) ont un taux d'allométrie supérieure à ceux de l'autre groupe (12h). Mais les données obtenues concernant le coefficient de condition n'indiquent pas de différence significative entre les deux traitements (Figure 29). Toutefois, nous observons une diminution significative du K en fonction de la date pour les poissons soumis à 12h de photopériode.

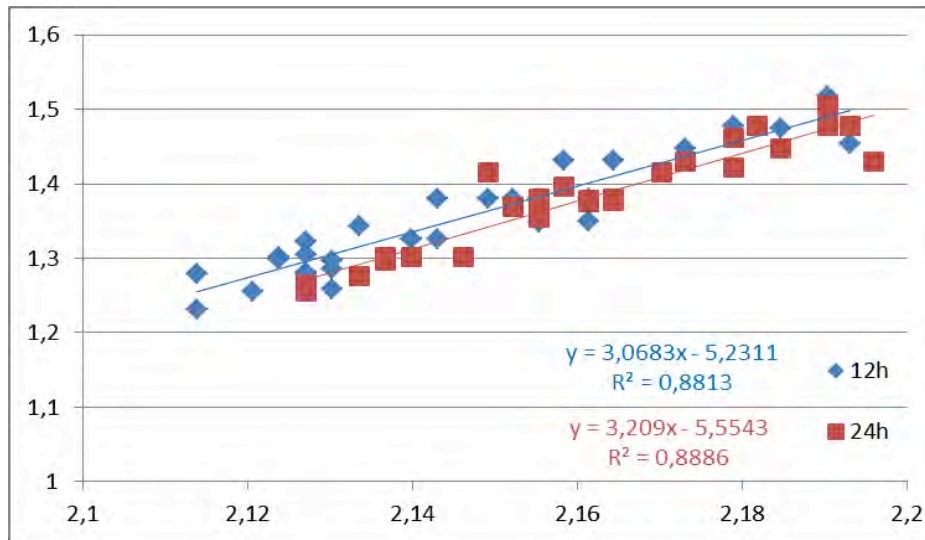


Figure 28 : Relation poids-longueur pour les deux groupes de smolts (N=28) en mars 2013.

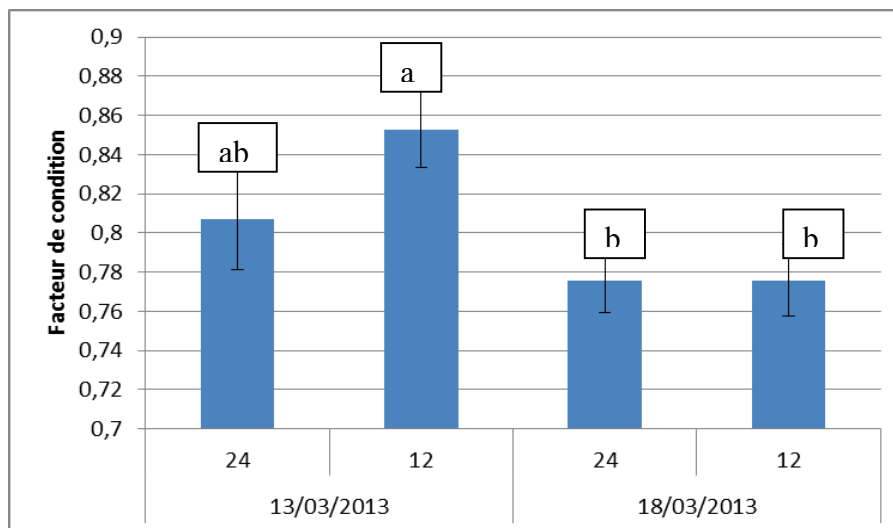


Figure 29 : Facteur de condition en fonction du traitement et de la date de prélèvement (n=14 pour tous les groupes sauf le groupe 24h du 18/03 où n=16).

### 3.3.2.2 Osmolalité plasmatique et concentration en ions sodium et potassium

L'osmolalité plasmatique ne diffère pas significativement entre les deux groupes (Figure 30) et les valeurs mesurées se retrouvent dans la littérature. Rappelons qu'un problème de coagulation a rendu les échantillons de plasma du 13 mars inutilisables.

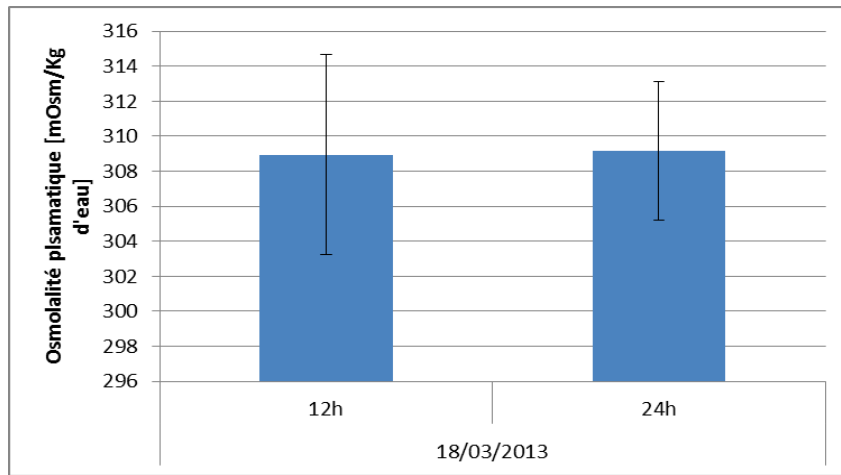


Figure 30 : Moyenne par traitement de l'osmolalité plasmatique des smolts échantillonnés le 18/03/13 (n=13 pour tous les groupes).

Aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les traitements en ce qui concerne les concentrations en ions (Figure 31 & Figure 32), malgré une tendance à la baisse du sodium pour le groupe 24h ( $p=0,054$ ). A nouveau, nos valeurs entrent dans la gamme de celles que l'on retrouve dans la littérature consacrée.

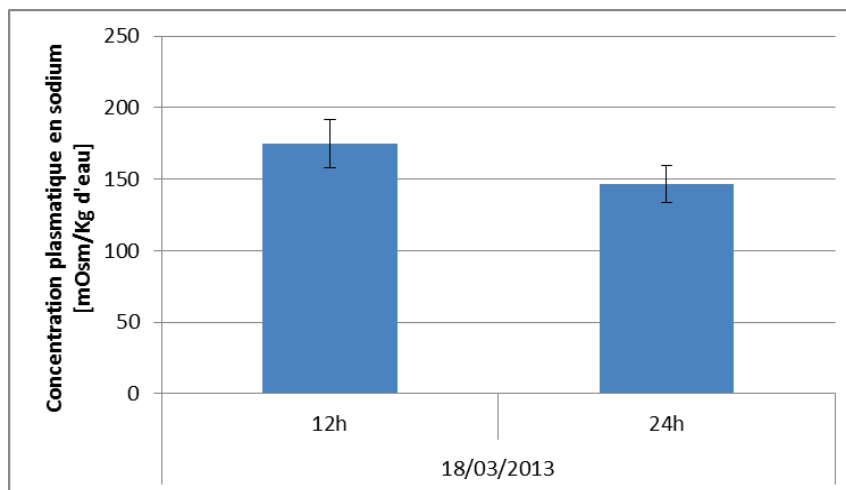


Figure 31 : Moyenne par traitement de la concentration plasmatique en sodium chez les smolts prélevés à Erezée le 18/03/13 (n=10 pour chaque groupe).

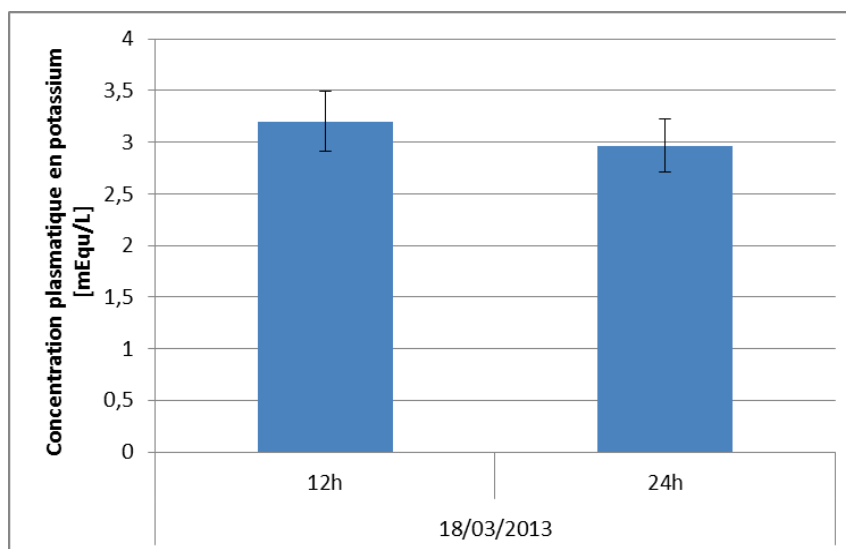


Figure 32 : Moyenne par traitement de la concentration plasmatique en potassium chez des smolts prélevés à Erezée le 18/03/13 (N=10 pour chaque groupe).

### 3.3.2.3 Activité NaK-ATPases branchiales

En comparant l'activité NKA branchiale, nous avons observé une différence significative ( $P=0,011$ ) avec des valeurs plus élevée pour les smolts ayant été soumis à 24h de lumière (6,7 contre  $2 \mu\text{mol ADP} \cdot \text{mg prot}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ). Les valeurs individuelles sont présentées en annexes (Tableau).

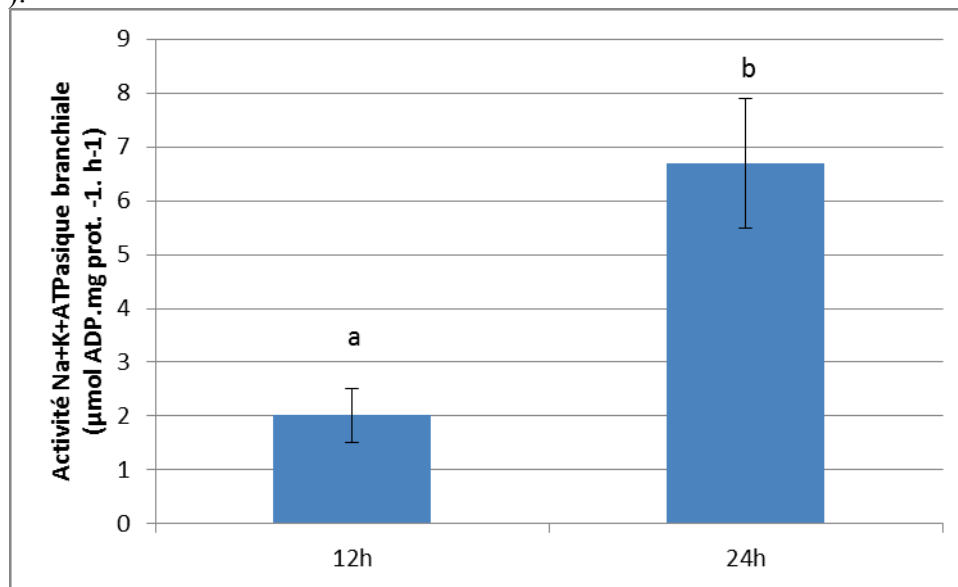


Figure 33: Histogramme des dosages de la Na/K ATPase chez des smolts prélevés à Erezée le 18/03/13 (N=4 pour chaque groupe).

### 3.3.3 Qualité physiologique des smolts en milieu naturel

#### 3.3.3.1 Profil de dévalaison

La dévalaison des smolts soumis à une photopériode de 24h n'a été observée qu'au début des relevés soit entre le 6 et 13 mars, à part un seul individu capturé le 22 mai (

Figure 34). Ce profil indiquerait que ces smolts auraient dévalé juste après leur rempoissonnement. En revanche, le pic de dévalaison pour les smolts élevés dans des conditions photopériodiques de 12h a été observé entre le 24 avril et le 8 mai, soit plus d'un mois plus tard comparé au groupe de 24h. Aucun smolt n'a été capturé au piège de Lixhe. De plus, très peu de smolts du traitement 24h ont été recapturés à Méry. Beaucoup de changements morphologiques et physiologiques faisant partie du processus de smoltification sont influencés par la photopériode, avancé lors d'une augmentation de celle-ci et retardé lors d'une diminution (Wedemeyer *et al.*, 1980). Une fois relâchés dans le milieu naturel, ces smolts auraient entamé rapidement leur migration de dévalaison. Cependant, une période de crue début mars a rendu le piège inefficace ce qui a permis aux smolts de passer ce point de contrôle sans être capturés. Ainsi, pour la partie du suivi en milieu naturel, nous nous focaliserons dans notre analyse sur la comparaison de smolts soumis à 12h de photopériode (marqué) et ceux ayant smoltifié en milieu naturel (non-marqué) qui ont été suivi tout au long de la saison de dévalaison (Figure 35).

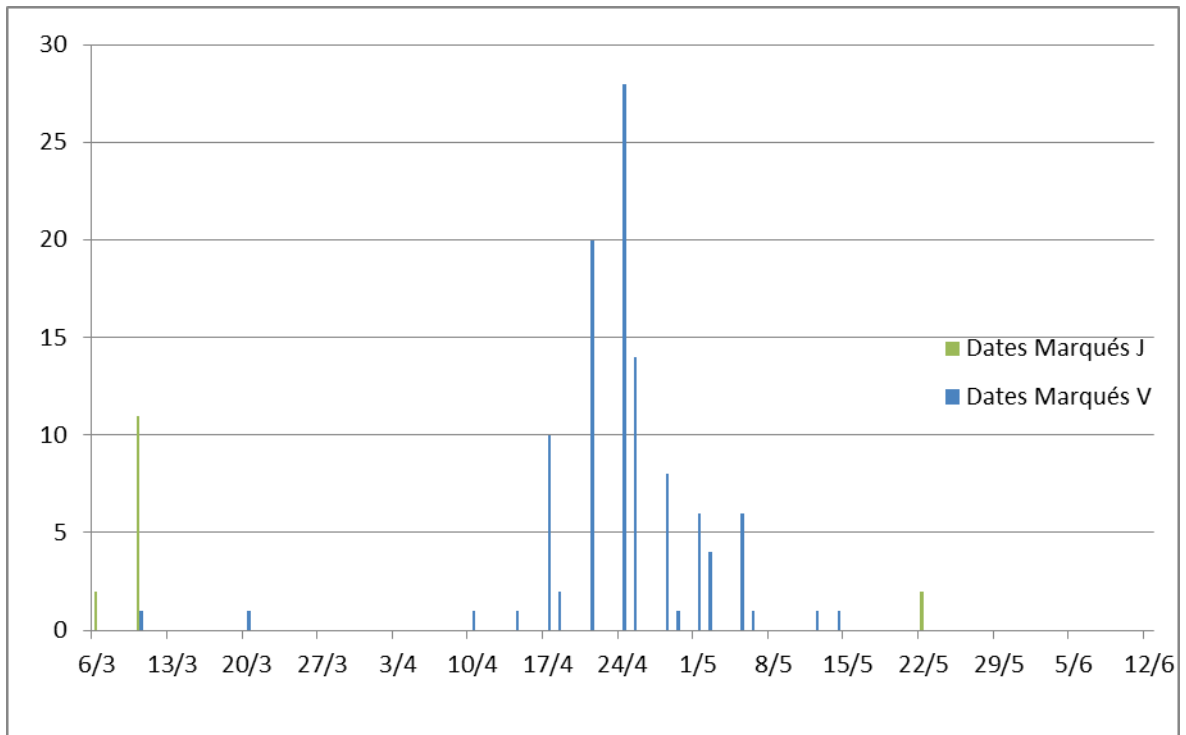


Figure 34: Fréquence de dévalaison des saumons soumis à une photopériode de 12h (vert) ou 24h (rouge).

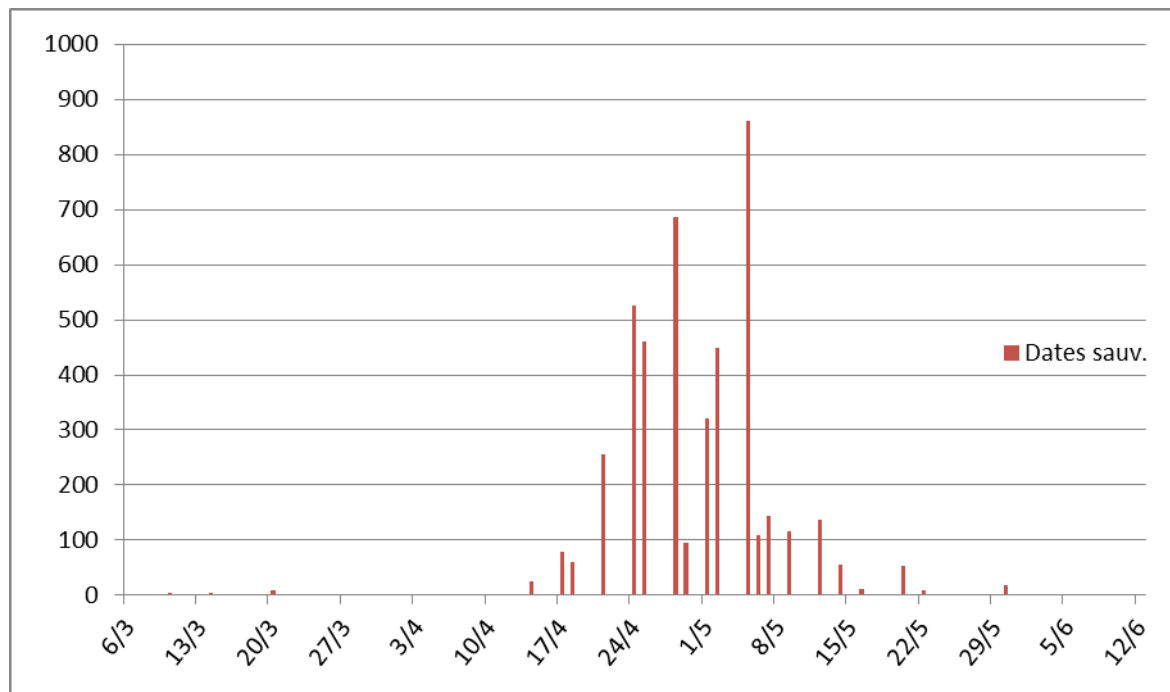


Figure 35: Fréquence de dévalaison des saumons non-marqués.

### 3.3.3.2 Relation poids-longueur et facteur de condition

La relation poids-longueur montre une différence dans le type de croissance (Figure 36). Les smolts marqués (12h) montrent une croissance de type allométrique négative tandis que les smolts non-marqués ont une croissance de type allométrique positive.

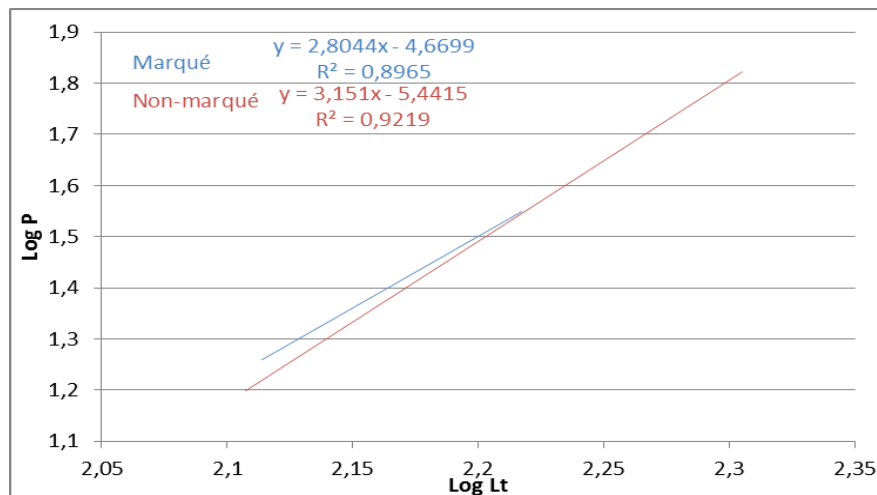


Figure 36: Relation poids-longueur du suivi des smolts marqués (12h) et non-marqués au piège de Méry au cours du printemps 2013. Les données des smolts marqués incluent celles des prélèvements à Erezée.

Le suivi des smolts soumis à une photopériode de 12h ne montre aucune différence significative du facteur de condition au cours de la saison de dévalaison (Figure 37). Toutefois, le K des smolts non-marqués varie de façon significative au cours du temps. Pour les dates auxquelles nous avons des données à la fois de smolts marqués et non-marqués, le K ne diffère que le 22 avril.

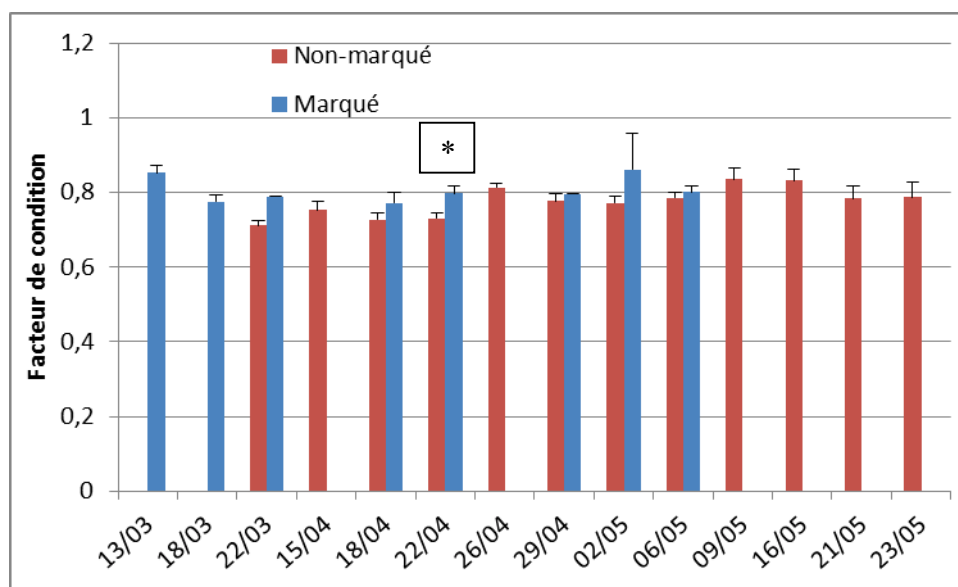


Figure 37 : Profil du facteur de condition des smolts élevés sous 12h de photopériode avant le repeuplement (Erezée) et au cours du printemps 2013 à Méry.

### 3.3.3.3 Osmolalité plasmatique et concentration en ions sodium et potassium

Les résultats de dosage sont repris dans les annexes (Tableau & Tableau ).

Les smolts du groupe marqué ont une osmolalité plasmatique significativement ( $P=0,03$ ) supérieure à celle du groupe non-marqué seulement à la date du 2 mai (Figure 38). Nos résultats montrent également que l'osmolalité évolue de façon significative au cours du temps pour le groupe marqué ( $p=0,001$ ) et le groupe non-marqué ( $p < 7 \cdot 10^{-6}$ ).

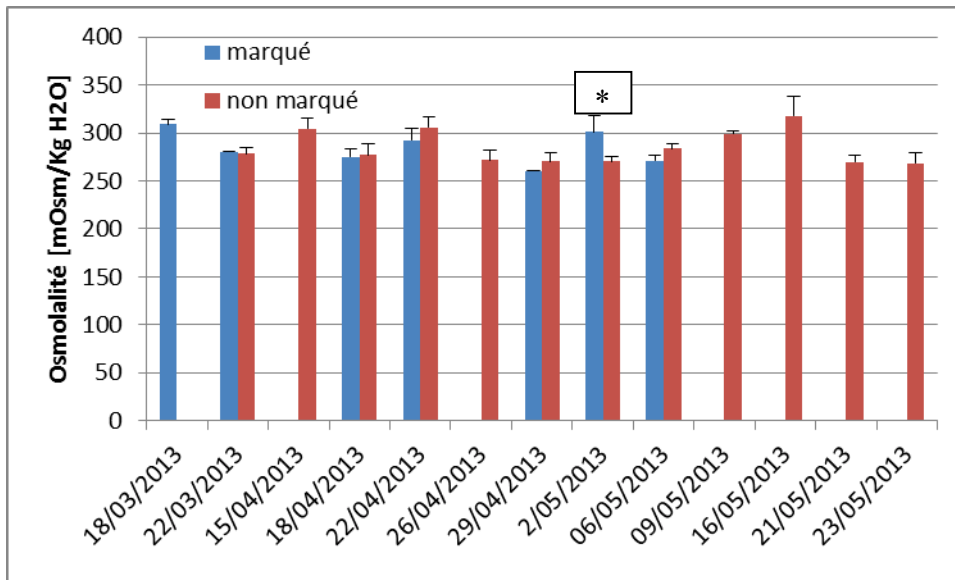


Figure 38 : Profil de l'osmolalité plasmatique des smolts élevés sous des conditions photopériodiques de 12 ou 24h avant le repeuplement (Erezée) et au cours du printemps 2013 à Méry.

Nous observons une différence significative entre nos deux groupes d'études aux dates des 22 mars ( $p=0,01$ ) et 22 avril ( $p=0,002$ ) mais la concentration plasmatique en sodium ne semble pas évoluer au cours de la saison pour aucun des groupes (Figure 39).

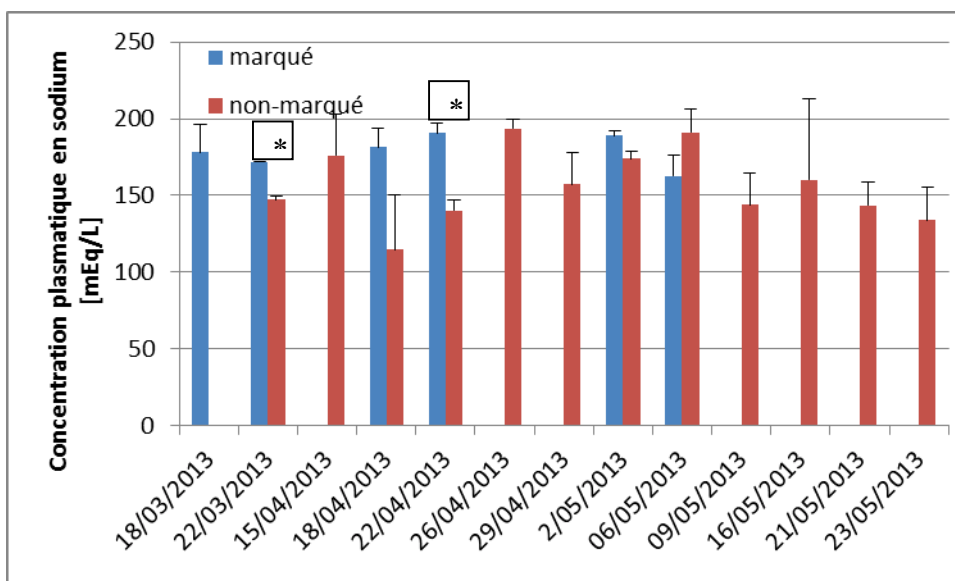


Figure 39 : Profil de la concentration plasmatique en sodium des smolts élevés sous des conditions photopériodiques de 12 ou 24h avant le repeuplement (Erezée) et au cours du printemps 2013 à Méry.

Contrairement à la concentration plasmatique en sodium, celle de potassium change de manière significative au cours du temps à la fois pour le groupe marqué ( $p=0,0053$ ) et celui non-marqué ( $p=0,0058$ ). De plus, il faut signaler une différence entre les groupes le 18 avril ( $p=0,02$ ).

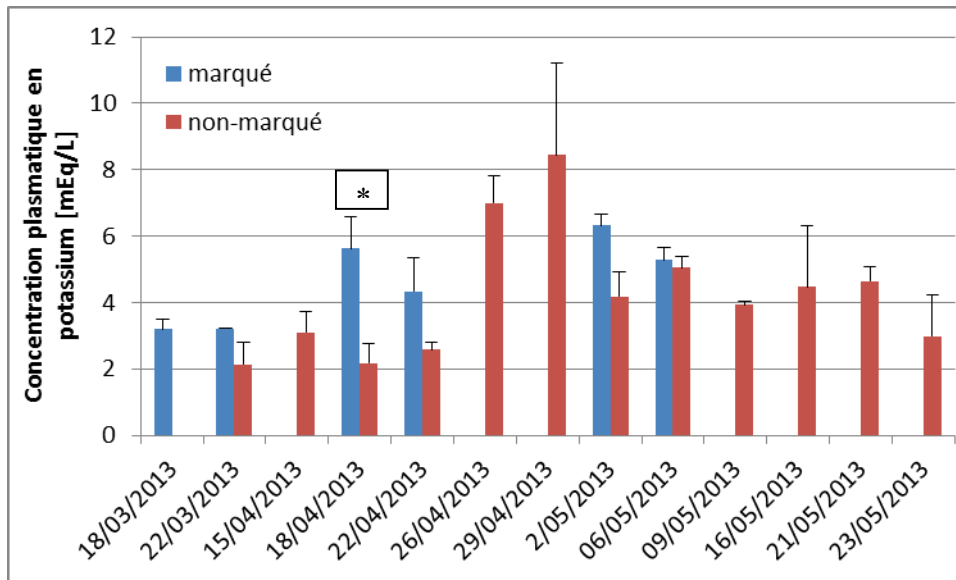


Figure 40 : Suivi de la concentration plasmatique en potassium des smolts marqués (12h) et non-marqués au piège de Méry au cours du printemps 2013. Les données des smolts marqués incluent celles des prélèvements à Erezée.

### 3.3.3.4 Activité NaK-ATPases branchiales

Les valeurs de l'activité  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-asiq (NKA) branchiale chez les saumons non-marqués capturés à Méry révèlent une augmentation significative de l'activité ( $p = 0,043$ ) à partir du 6 mai 2013 et un pic de l'activité enzymatique ( $13,2 \mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) à la date du 16 mai 2013 (Figure 41). Pour les points de comparaison, aucune différence n'a pu être mise en évidence entre les deux groupes de smolts. De plus, nous n'avons observé aucun changement significatif de l'activité NKA au cours de la saison pour les smolts marqués. Les valeurs de dosages sont reprises dans les annexes (Tableau ).

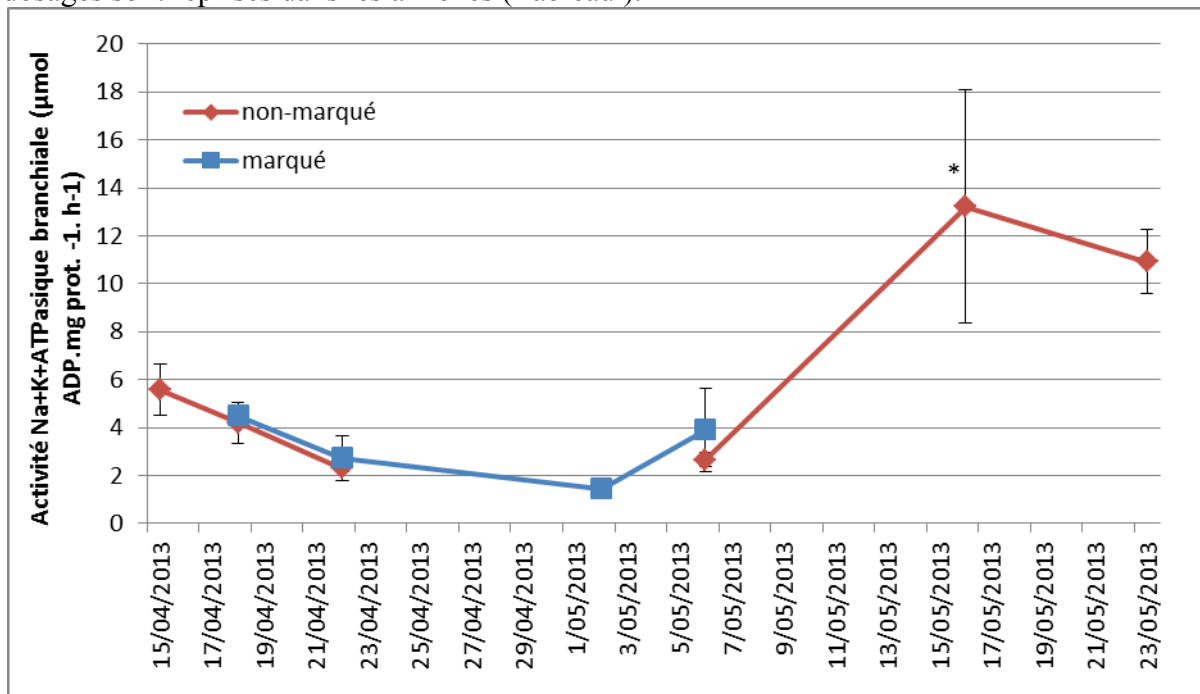


Figure 41 : Histogramme des dosages de la Na/K ATPase des saumons ayant smoltifié en milieu naturel.

### 3.3.3.5 Suivi des concentrations plasmatique en différentes hormones

Les résultats du dosage de la prolactine montrent une différence ( $p=0,017$ ) en fonction du temps pour le groupe de smolt non-marqué (Figure 42). Cependant, le résultat du 22 avril n'est basé que sur un seul individu et il se pourrait que cette valeur soit aberrante. Les résultats du groupe marqué ne montrent pas de différence au cours du temps et nous n'avons

pas réussi à mettre en évidence une différence entre les deux groupes.

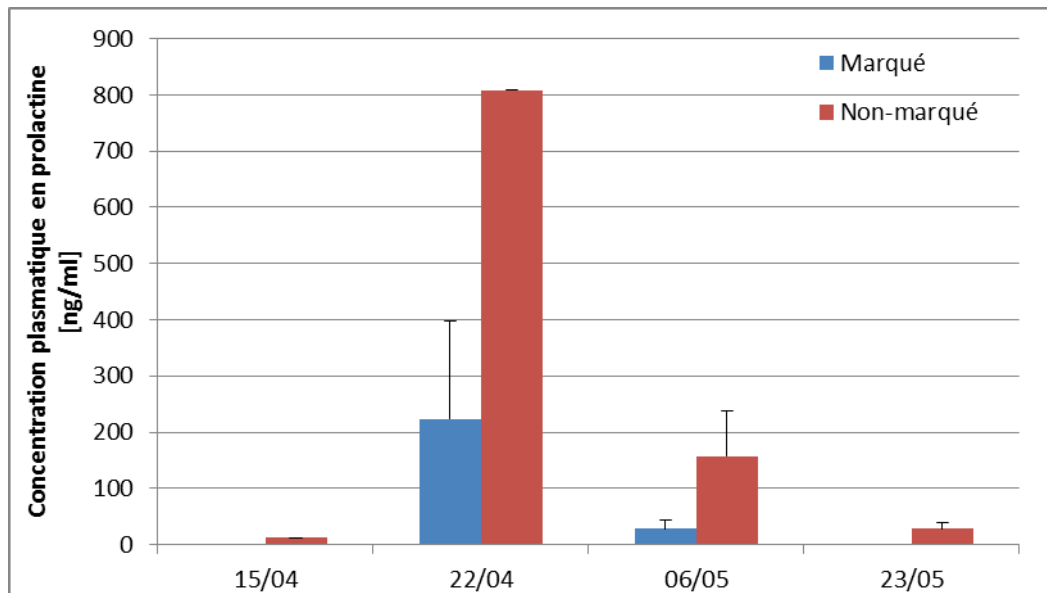


Figure 42: Histogramme des concentrations plasmatique de prolactine pour des smolts marqués (12h) et non-marqués capturés à Méry au cours du printemps 2013.

La concentration en IGF-1 varie de façon significative au cours du temps ( $p=0,002$ ) pour le groupe non-marqué (Figure 43). Aucune autre différence n'a pu être mise en évidence entre les deux conditions photopériodiques.

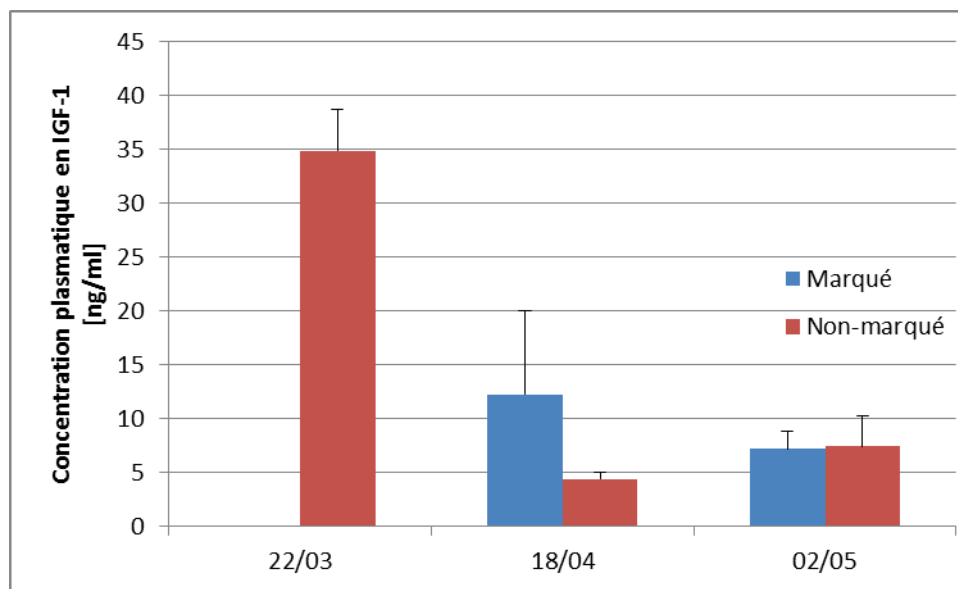


Figure 43: Histogramme des concentrations plasmatique de IGF-1 pour des smolts marqués (12h) et non-marqués au piège de Méry au cours du printemps 2013.

Le dosage de la GH n'a révélé aucune différence, que ce soit entre les groupes ou en fonction du temps (Figure 44).

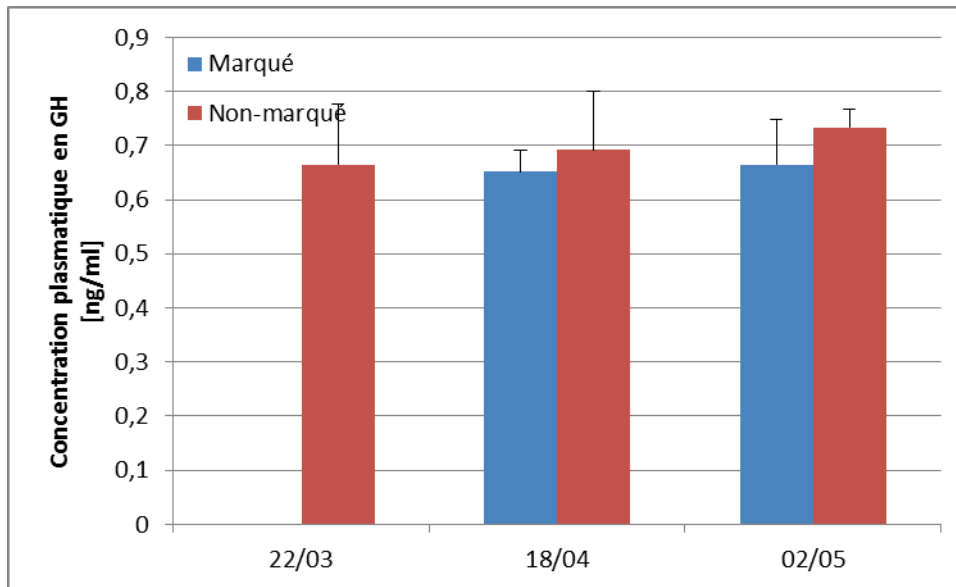


Figure 44: Histogramme des concentrations plasmatique de GH pour des smolts marqués (12h) et non-marqués au piège de Méry au cours du printemps 2013.

Vu le faible nombre de poisson par dosage, en les regroupant par traitement, nous pouvons comparer la production de ces différentes hormones (Figure 45). Aucune différence significative de production n'a pu être mise en évidence pour aucune des hormones.

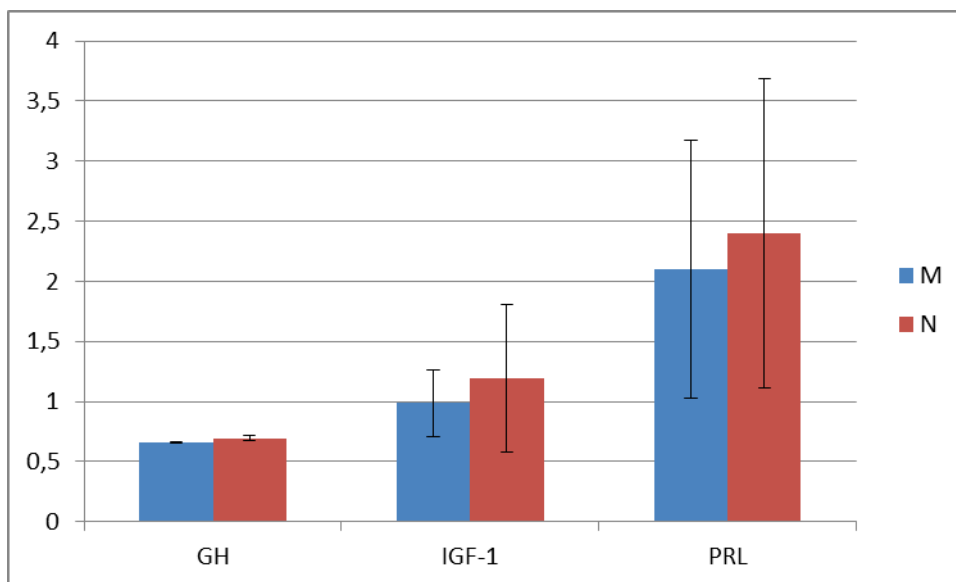


Figure 45: Comparaison de la production de différentes hormones au cours de la smoltification pour des smolts marqués (12h) et non-marqués au piège de Méry au cours du printemps 2013. Les valeurs d'IGF-1 et de prolactine ont subi une transformation logarithmique en base dix.

### 3.3.3.6 Discussion

L'objectif de cette tâche était de vérifier l'influence des conditions de production de smolts, notamment de la photopériode, sur la qualité physiologique des smolts après leur déversement en milieu naturel. Avant le déversement, on a observé un taux d'allométrie positive plus élevé chez les smolts soumis à 24h de lumière que chez le groupe 12h. Une prise alimentaire plus élevée ainsi qu'une augmentation du poids a déjà été observée chez les smolts sous lumière constante par rapport à une photopériode naturelle simulée (Handeland *et al.*, 2013). Une meilleure stimulation/inhibition de la production de certains facteurs endocriniens comme l'IGF-1, la GH et la mélatonine pourrait expliquer cet effet positif sur le comportement alimentaire et la croissance, mais ces indicateurs ne pouvaient être mesurés car nous ne disposions que des échantillons d'une seule date avant le déversement. La valeur moyenne de

l'activité NaKATPasique branchiale mesurée en date du 18 mars est élevée par rapport à celle du groupe 12h ainsi que comparée aux valeurs retrouvées avant le pic d'activité chez les smolts non-marqués. Comme ce facteur est considéré dans la littérature comme un des plus fiable pour juger de l'état de smoltification (McCormick *et al.*, 1998), notre dosage corrobore notre hypothèse que les smolts sous lumière constante ont dévalé très tôt dans la saison, probablement lors des forts débits à la fin de l'hiver ce qui rendait le piège inefficace.

Lors du suivi en milieu naturel, des différences concernant le type de croissance ont également été observées, notamment, les smolts élevés dans des conditions photopériodiques de 12h ont montré une croissance de type allométrique négative tandis que ceux soumis à une photopériode naturelle ont eu une croissance de type allométrique positive.

La différence de type de croissance entre les groupes marqué et non-marqué a plusieurs causes possibles. Cela peut être en rapport avec la vitesse d'acquisition du processus de smoltification comme certaines études morphologiques suggèrent une croissance de plus en plus allométrique négative au cours de la smoltification (Hoar, 1939a; Martin, 1949; Houston & Threadgold, 1963; Vanstone & Markert, 1968 ; Fessler et Wagner, 1969, Hoar, 1988). Ou alors, cela peut être une conséquence directe du moment de déversement. Les tacons qui ont smoltifiés en milieu naturel auraient constitué des réserves suffisantes et seraient capables de continuer de chasser et de se nourrir efficacement dans la rivière au cours de la dévalaison. Les smolts déversés à la fin de l'hiver auraient probablement commencé la dévalaison avec un capital solide de réserves énergétiques en rapport avec la qualité et le type de nourrissage en pisciculture, mais aussi le fait que le déversement en milieu naturel intervient après une période de faible ingestion alimentaire au cours de la période hivernale. De plus, ils n'ont probablement pas un rendement, entre l'énergie dépensée et l'énergie gagnée par la chasse, aussi élevé que celui des smolts non-marqués comme ils n'ont jamais été habitués à chasser leur nourriture. Stradmeyer et Thorpe (1987) ont démontré que ces derniers ont plus de difficultés, que des saumons sauvages, pour trouver leur nourriture car ils ont été habitués à une présence de nourriture stable dès le début de leur croissance.

Il est aussi intéressant de noter que le pic de dévalaison pour les smolts du groupe 24h serait intervenu plus d'un mois en avance comparativement à celui du groupe 12h d'après les relevés effectués à Méry par l'équipe de l'ULg. Très peu de poissons soumis à une photopériode de 24h ont été capturés le 22 mai soit après le pic de dévalaison observé pour le groupe 12h indiquant qu'il s'agirait d'individus tardifs du groupe 24h. Un tel profil de dévalaison pourrait indiquer qu'une photopériode de 24h aurait exercé un effet stimulateur transitoire sur les processus de smoltification entraînant une dévalaison précoce d'un lot important de smolts dès le repeuplement et quitte à ce que plus tard, les effets du traitement aient diminué. Le pic de l'activité NKA pour les individus du groupe 24h est d'ailleurs supérieur à celui du groupe 12h lors des prélèvements du 18 mars. Cependant, malgré une différence de près de 3 semaines entre les groupes marqué et non-marqué, l'analyse de l'activité NKA n'a pas montré de différence entre ces deux groupes.

Il existe des indications dans la littérature sur un nombre de degré-jours minimum pour initier la dévalaison (Handeland *et al.*, 2004 ; Zydlewsky *et al.*, 2005) mais, à notre connaissance, il n'existe pas d'indication sur une quantité minimum de lumière nécessaire. Les peu de données acquises ne nous permettent pas encore d'expliquer clairement l'influence des conditions photopériodiques sur le type de croissance et comportement entre les smolts avant et après le déversement en milieu naturel. Toutefois, en considérant tous les échantillons obtenus entre mars et mai, la tendance à une meilleure stimulation chez le groupe non-marqué de certains facteurs endocriniens comme ceux de la fonction somatotrope (IGF-1 et GH) pourrait être évoquée. Les autres paramètres physiologiques comme les concentrations en ions ou l'activité NKA n'ont pas montré de différences importantes, mais l'analyse de leurs profils indiquerait quelques dates de pics qui méritent d'être confirmés. En effet, pour le groupe NA les valeurs les plus élevées de sodium et d'osmolalité plasmatique ont été mesurées le 16 mai. Cela correspond au pic d'activité Na/K ATPasique branchiale ainsi qu'à des valeurs faibles de prolactine, hormone inhibitrice de la smoltification (Prunet *et al.*, 1989). De plus, le pic de

cette hormone observée le 22 avril correspond avec l'activité NKA la plus faible enregistrée.

Il est difficile d'attribuer les différences que nous avons observées uniquement au traitement de la photopériode étant donné que lors de l'étude en 2012, de nombreux résultats montraient une différence entre smolts relâchés à différent stade (au stade tacon, au stade prés-molt et au stade smolt). Si l'étude devait être répétée, un groupe contrôle, soumis à une photopériode naturelle et relâché en même temps que les groupes 12h et 24h, sera indispensable afin de mieux discerner les effets de la photopériode avant le déversement.

### 3.4 Essai de caractérisation du statut physiologique des saumons non-dévalant

Afin de capturer des saumons non-dévalant, plusieurs pêches électriques à l'ambiance ont été organisées par une équipe de l'Université de Namur. Plusieurs radiers à deux stations, Hamoir et Comblain-la-Tour ont été prospectés avec un groupe portable de type martin-pêcheur (DEKA 3000) alimentés par une batterie de 12 volts et délivrant une intensité de courant de 2 à 4 ampères. Une station, en aval de la chute de Méry-Therm, a été prospectée en plus des deux autres lors de la journée de pêche du 11 juillet. Un groupe électrogène générant 300 V et un courant redressé de 3-4 ampères a été ajouté au groupe portable. Malheureusement, les résultats de ces pêches sont nuls quelle que soit la date ou la station sauf 6 poissons capturés à Méry-Therm en date du 11 juillet avec 3 individus argentés (A) et trois non-argentés (NA) (Tableaux 16-17).

Tableau 16: Résultats des pêches de contrôle sur l'Ourthe pendant la saison de dévalaison

	03/04	18/04	02/05	23/05	11/07
Hamoir	0	0	0	0	0
Comblain-la-Tour	0	0	0	0	0
Méry-Therm	/	/	/	/	6

Les valeurs obtenues pour différents dosages sont présentées dans le Tableau 17.

Tableau 17: Biométrie et résultats des dosages effectués sur les saumons capturés à Méry le 11 juillet 2013.

Lt [mm]	P [g]	Argenté	K	Osmolalité (mosm.kg-1)	[Na] mEq/L	[K] mEq/L
166	43,2	Oui	0,94	295	245,3	4,2
164	39,7	Oui	0,90	315	185,5	6,7
141	26,5	Non	0,95	300	223,1	1,3
161	37	Oui	0,89	315	213,3	3,0
130	19,4	Non	0,88		229,7	8,4
156	35,7	Non	0,94	286	241,5	2,3

#### 3.4.1 Facteur de condition

Les deux groupes présentent un facteur d'embonpoint proche de 1, signifiant que les poissons sont en bonne condition mais aucune différence significative n'a pu être mise en évidence entre les deux groupes (Figure 46). Le facteur K proche de un n'est pas étonnant étant donné la saison estivale et l'abondance de proies qui l'accompagne. Cela expliquerait aussi le fait d'avoir une valeur moyenne de K plus élevée pour l'ensemble des poissons non-dévalant (0,923) comparativement à celle obtenue pour des smolts dévalant (0,91).

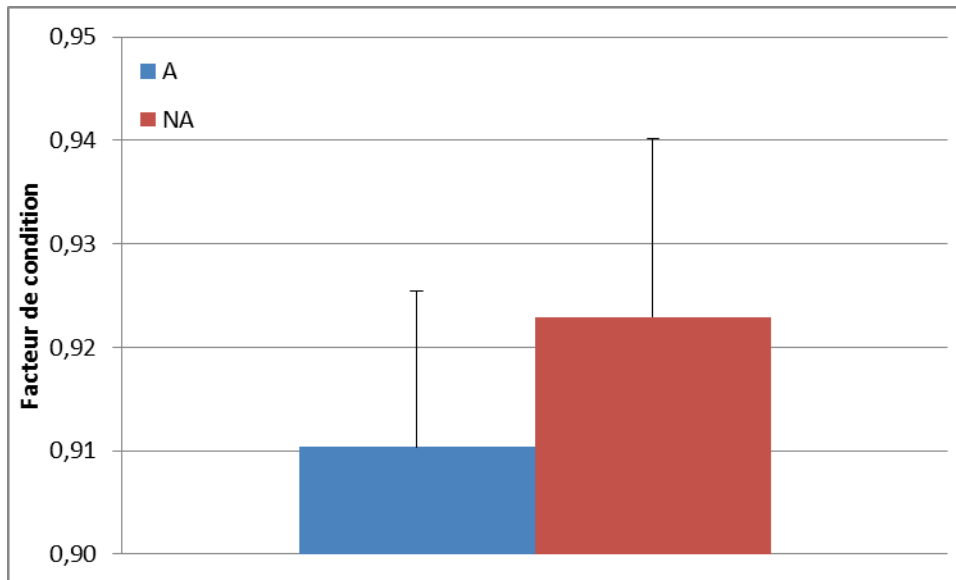


Figure 46: Facteur de condition des smolts échantillonnés le 11 juillet 2013 (n=3 pour chaque groupe)

### 3.4.2 Osmolalité plasmatique et concentration en ions sodium et potassium

Les valeurs de l'osmolalité calculées pour les poissons non-argentés (308,3) sont comparables à celles des poissons argentés (293) et corroborent les données de la littérature (Figure 47, Figure 48 et Figure 49). Mais la comparaison de poissons non-dévalant aux smolts dévalant a montré des valeurs faibles de K (4 vs 4,6) et élevées de sodium (231,4 vs 214,7.) indiquant que la caractérisation de ces populations pourrait être intéressante sur le plan physiologique en rapport avec les phénomènes de smoltification et de dévalaison.

Concernant les poissons argentés et non-argentés, aucune différence significative n'a pu être mise en évidence que ce soit pour l'osmolalité plasmatique ( $p=0,2$ ) ou pour les concentrations plasmatiques en ion sodium ( $p=0,8$ ) et potassium ( $p=0,4$ ). Le fait que nos comparaisons ne montrent pas de différence significative trouve probablement sa principale explication dans le faible nombre de poissons disponible. Malgré le faible nombre de capture, la différence flagrante de coloration de la robe des poissons suscite plusieurs questions. Tout d'abord, il se pourrait que nous ayons à faire à trois tacons et trois smolts. Mais alors, pourquoi des poissons de taille similaire n'ont pas tous smoltifié et dévalé au printemps ? La présence de smolts en juillet pourrait s'expliquer par le fait qu'une fois leur fenêtre physiologique dépassées, les smolts ont arrêté de dévaler. Jusqu'à présent, aucune explication à ces questions n'existe dans la littérature et le processus de désmolting reste largement méconnu.

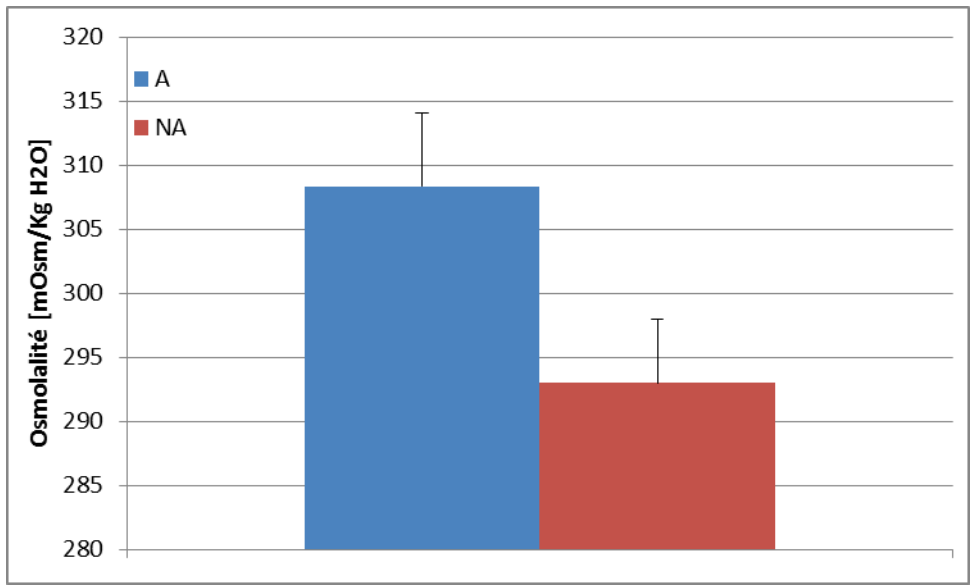


Figure 47 : Osmolalité plasmatique des smolts échantillonnés le 11 juillet 2013 (n=3 pour A et n=2 pour NA).

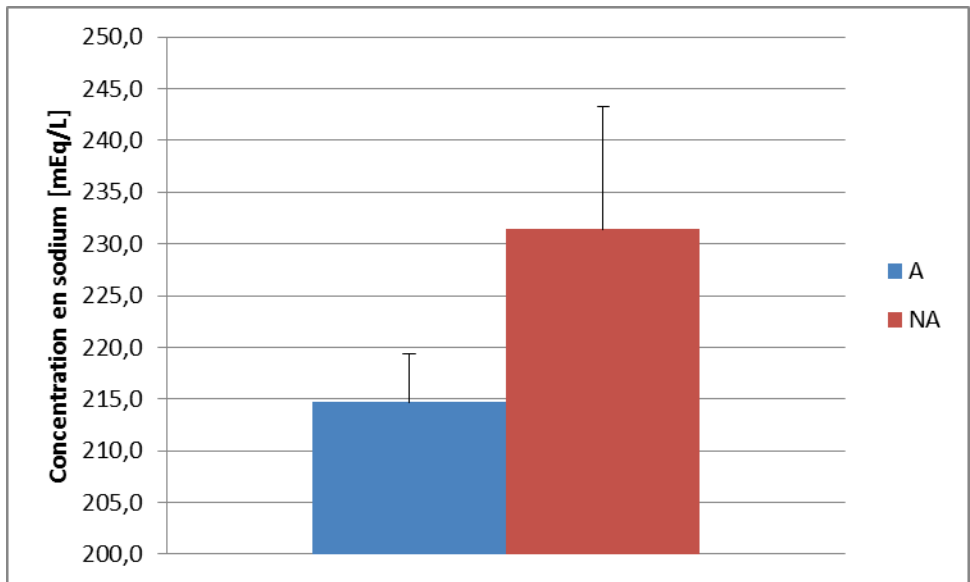


Figure 48 : Concentration plasmatique en sodium chez des smolts prélevés en été 2013 (N=3 pour chaque groupe)

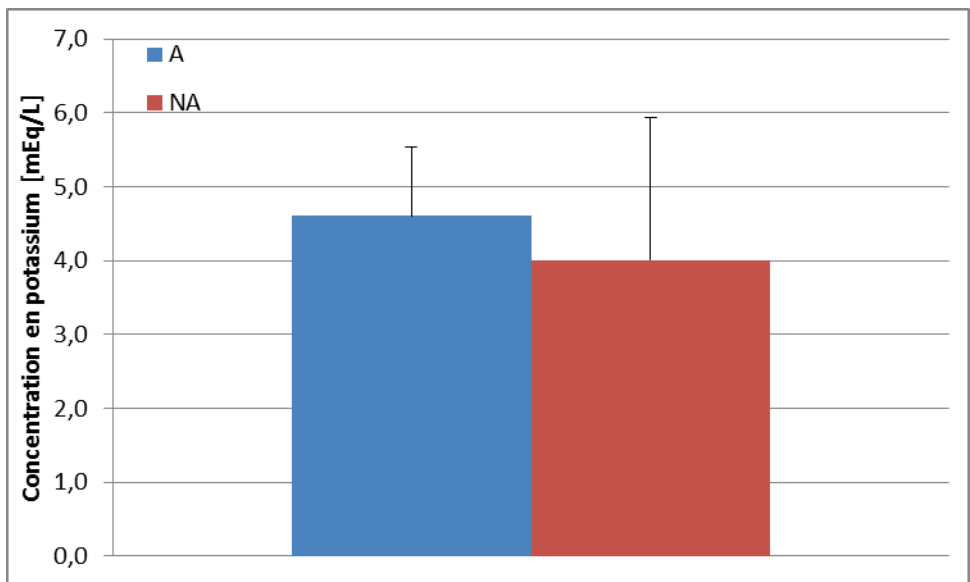


Figure 49 : Concentration plasmatique en potassium chez des smolts prélevés en été 2013 (N=3 pour chaque groupe)

### 3.4.2.1 Activité NaK-ATPases branchiales

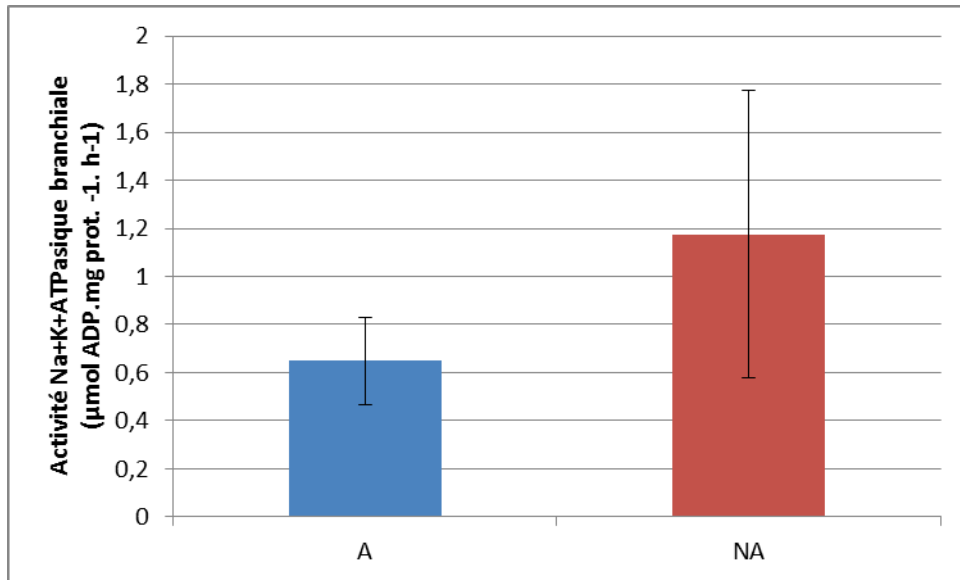


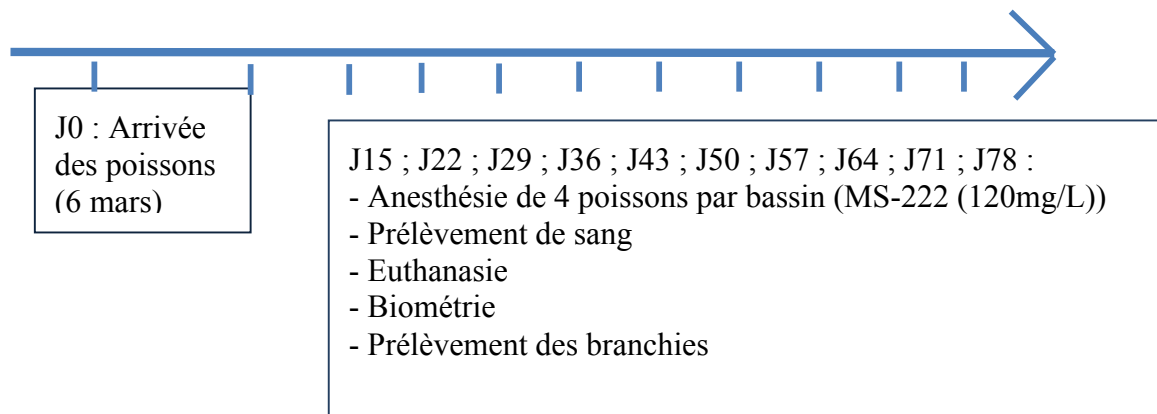
Figure 50: Histogramme des dosages de la Na/K ATPase des smolts prélevés en été 2013 (N=3 pour chaque groupe)

La comparaison des deux groupes ne nous a pas permis de mettre en évidence une différence ( $P=0,5$ ). Au vu des résultats, l'explication principale semble à nouveau liée au faible nombre d'échantillons disponibles. Les valeurs individuelles (entre  $0,3$  et  $2,5 \mu\text{mol ADP. mg prot}^{-1}\text{h}^{-1}$ ) sont présentées dans les annexes (Tableau).

## Effet de la souche sur les marqueurs de smoltification en milieu contrôlé d'élevage (circuit expérimental UNamur, URBE)

### 3.4.3 Description de l'expérience et de prélèvements

#### 3.4.3.1 Schéma expérimental chronologique



#### 3.4.3.2 - Description détaillée du protocole expérimental

Le 6 mars 2013, des saumons atlantique ont été transportés depuis la salmoniculture du Service de la Pêche (SPW) à Erezée jusque dans des bassins de stabulation dans un laboratoire humide de l'URBE (UNamur). Deux souches différentes, Loire-Allier (N = 360, poids moyen 26,69 g) et Irlande (N = 360, poids moyen 25,69 g), ont chacune été réparties équitablement dans trois bassins par souche. La concentration en oxygène dissous a été rigoureusement contrôlée quotidiennement et maintenue à un seuil minimum de 8 mg/L pour répondre aux exigences d'oxygénation de l'espèce étudiée. Une photopériode et une température naturelles ont été maintenues tout au long de l'expérience en suivant les valeurs moyennes des données de la dernière décennie d'une rivière salmonicole belge, l'Aisne.

Après une période d'acclimatation de deux semaines, un prélèvement a été organisé une fois par semaine à l'aube jusqu'à la fin mai. Pour ce faire, 4 saumons par bassin ont été prélevés et anesthésiés dans une solution de MS-222 (120mg/L). La biométrie de ces individus est reprise dans les annexes (Tableau ). Une fois anesthésié, le sang a été récolté par ponction dans la veine caudale à l'aide de seringues héparinées (5000 unités/ml) et conservé sur glace jusqu'à la fin des prélèvements. Il s'en est suivi une double euthanasie des poissons par concussion et dislocation des cervicales. Les arcs branchiaux 1 et 2 ont été prélevés et directement plongés dans un bain d'azote liquide. Le sang a ensuite été centrifugé (10 min à 3000g), afin de limiter l'hémolyse remarquée lors de l'étude précédente, et aliquoté. Tous les prélèvements ont ensuite été conservé à -80°C jusqu'aux différents dosages. Les gonades ont également été prélevées et directement utilisés pour la détermination du sex-ratio par squash gonadique au carmin-acétate.

Tout au long de l'expérience, les poissons ont été nourris, à 1% de la biomasse, par des tapis de nourrissage électriques tout au long de la journée. De plus, la qualité de l'eau a été contrôlée quotidiennement (T°, O<sub>2</sub>) et hebdomadairement (pH, nitrites, nitrates et ammonium) et le bien-être des animaux a été évalué au quotidien selon une grille de critères prédéfinie (Projet éthique 13193KE).

### 3.4.4 Résultats

#### 3.4.5 3.4.2.1 Relation poids-longueur et facteur de condition

Les deux souches présentent une croissance de type allométrique négative ( $b < 3$ ) indiquant une augmentation de la longueur plus rapide que la prise de poids (Figure 51).

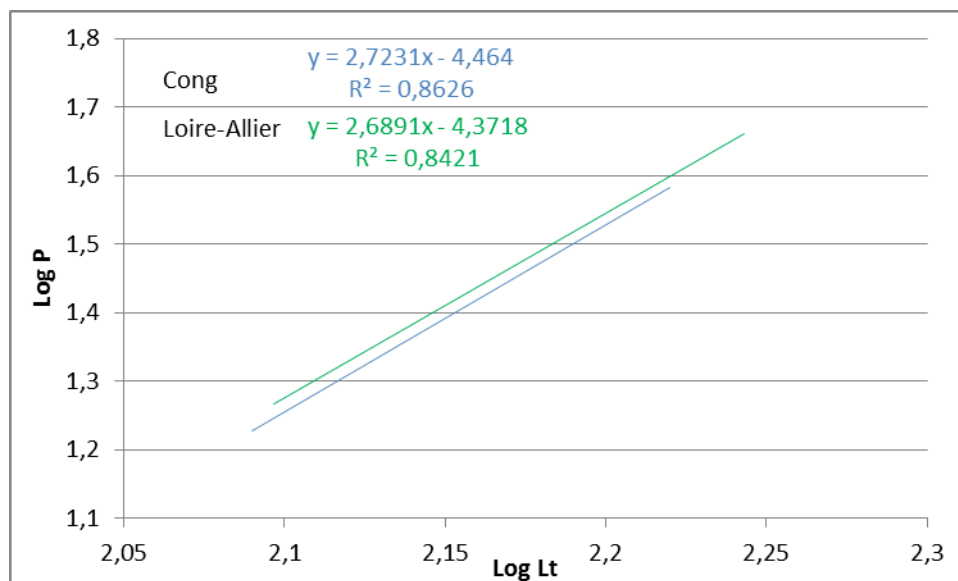


Figure 51 : Relation poids-longueur pour les six groupes de smolts (N=10) de deux souches

Les valeurs de K obtenues pour les deux souches sont comprises entre 0,83 et 0,94 et les profils du facteur de condition tout au long de la saison de dévalaison montrent une tendance décroissante chez les deux souches (Figure 52). Une diminution de K au cours de la smoltification est connue dans la littérature consacrée. Nous n'observons de différence significative entre les souches que lors du prélèvement du 18 avril ( $p = 0,035$ ). Globalement, nous avons aussi constaté que le facteur de condition K varie de la même manière chez les deux souches au cours du temps.

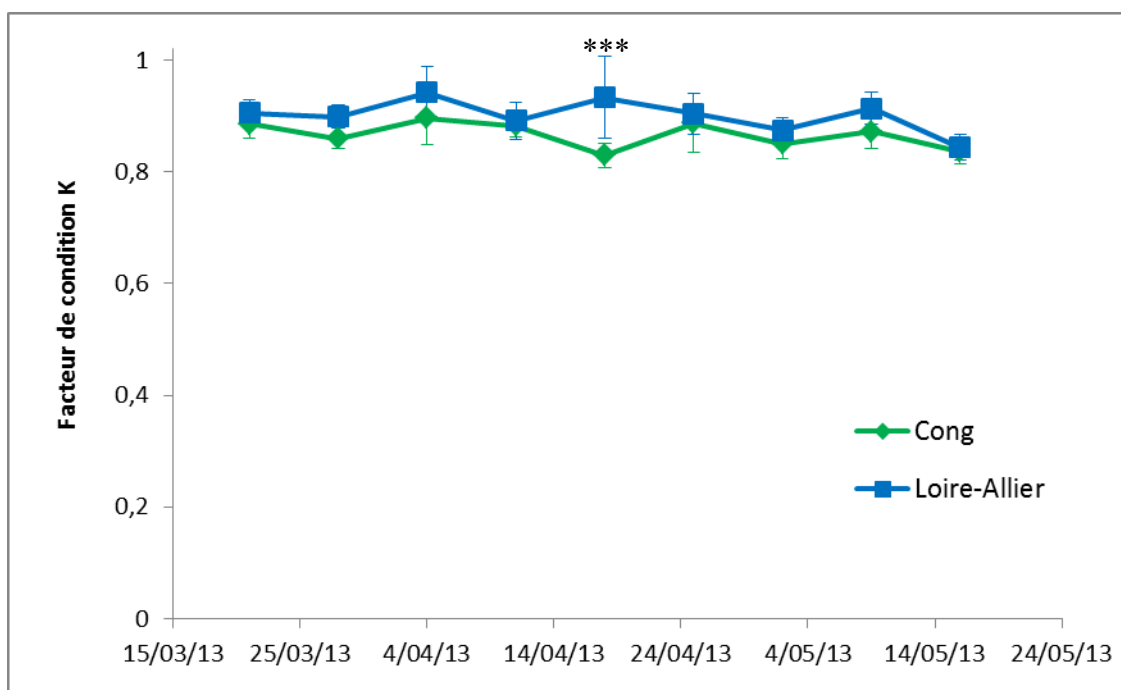


Figure 52 : Profils du facteur de condition K pour les deux souches de smolts (N=12 par souche par date).

### 2.4.2.2 Osmolalité plasmatique et concentration en ions sodium et potassium

Nous avons dosé l'osmolalité chez tous les individus. Les résultats de dosage sont repris dans les annexes (Tableau ). Nous observons une très grande similitude dans l'allure de la courbe d'osmolalité pour les deux souches de saumons au cours du temps (Figure 53). En effet, l'osmolalité varie avec le temps de la même manière ( $p = 0,999$ ). Aussi, à chaque date étudiée, les valeurs d'osmolalité entre les deux souches ne sont pas significativement différentes. Pour les deux souches de saumons, nous observons un pic d'osmolalité à la date du 4 avril 2013 ( $p < 0,05$ ). Ainsi, l'osmolalité varie bien chez les deux souches avec le temps. Après cette date, l'osmolalité tend à diminuer vers la fin de la période de smoltification. Cependant, cette baisse n'est pas significative.

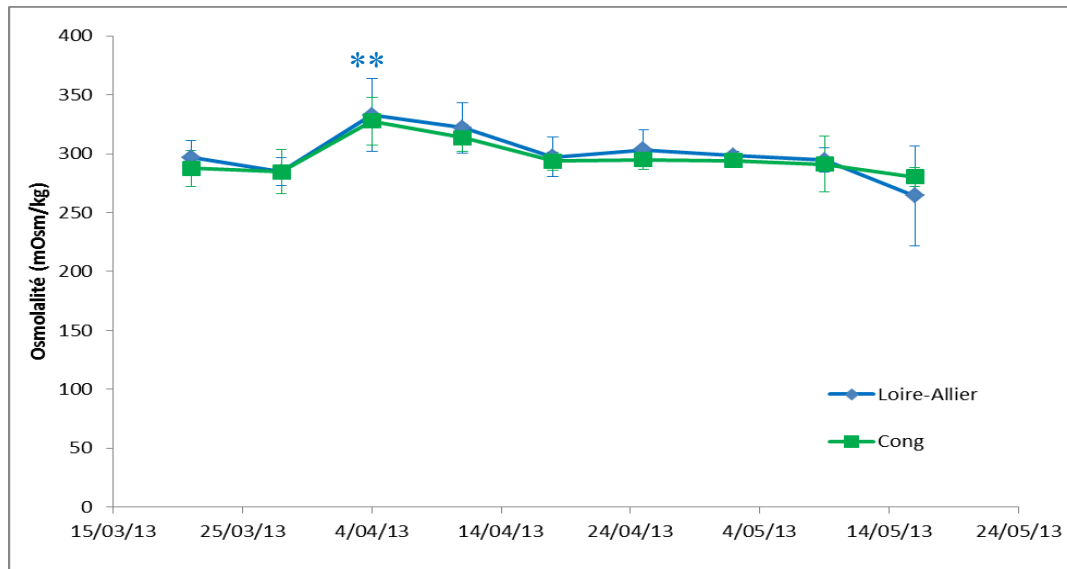


Figure 53 : Osmolalité plasmatique des smolts échantillonnés au printemps 2012.

Les dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique (SAA) révèlent un pic de sodium plasmatique à la date du 11 avril chez les deux souches de saumon étudiés (Figure 54). Toutefois, nous pouvons remarquer que, chez la souche Loire-Allier, l'augmentation en sodium débute une semaine avant celle de la souche Cong, soit à la date du 28 mars 2013. Nous observons donc bien une variation significative ( $p < 0,001$  pour les deux souches) du taux de sodium plasmatique pour cette période. En dehors de ces dates, le niveau de sodium reste stable à environ 2 mg/L de plasma même si la concentration semble baisser vers la fin des échantillonnages. Cette baisse n'est en effet pas significative. Les résultats individuels ou moyens des dosages sont repris dans les annexes (Tableau ).

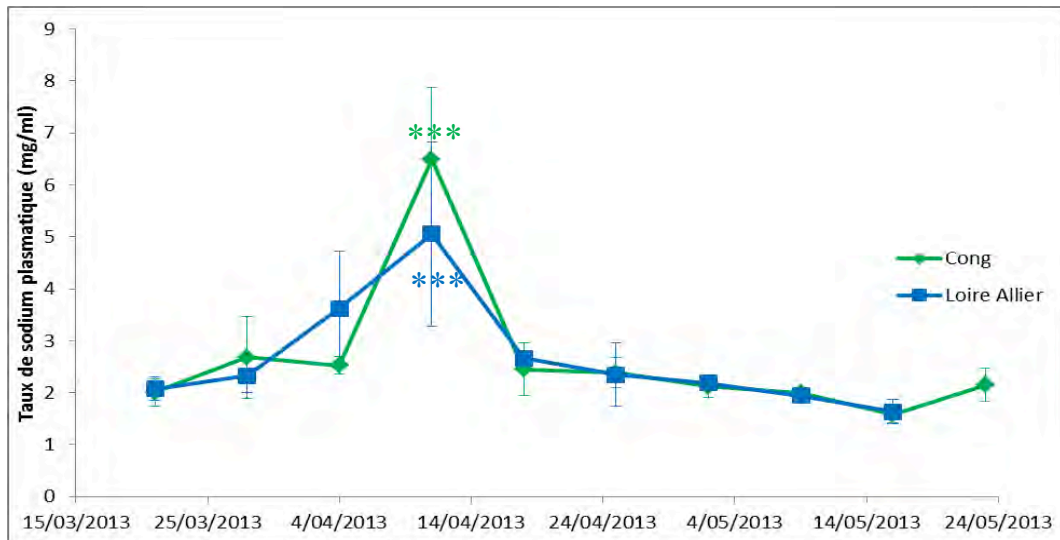


Figure 54 : Concentration plasmatique en sodium chez des smolts de souches Irlandaise et Loire-Allier au cours de la saison de smoltification (N=X par souche par prélèvement).

A partir du 4 avril nous observons une baisse du potassium plasmatique avant de se stabiliser à la date du 18 avril (Figure 55). En fin d'expérimentation, à la date du 16 mai, un pic de potassium a été observé chez la souche Cong. Malgré ce pic de potassium, le taux plasmatique de cet ion ne varie pas de manière significativement différente entre les deux souches de saumon. La concentration de potassium varie de manière significative avec le temps ( $p < 0,05$ ). Les taux de potassium au début de l'expérience ne sont pas significativement différents, avec une valeur qui se rapproche des 0,75 à 1,25 mg/L de plasma.

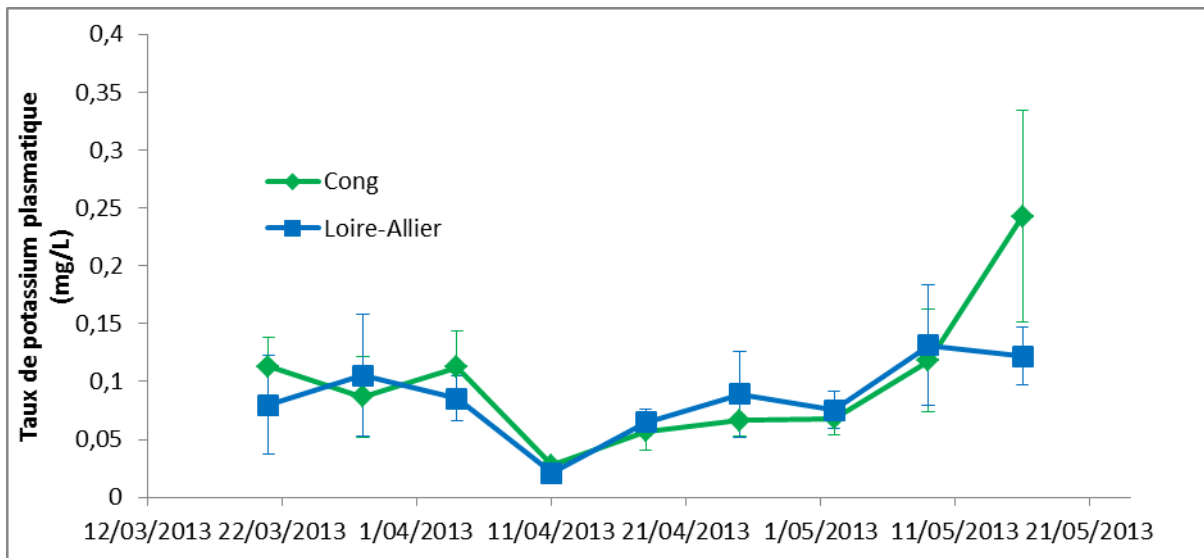


Figure 55 : Concentration plasmatique en potassium chez des smolts prélevés au printemps 2012 (N=5 pour chaque groupe).

### 3.4.6 Activité NaK-ATPases branchiales

Les valeurs moyennes obtenues (2-14 U/g de protéine) sont comprises dans la gamme de celles retrouvées dans la littérature consacrée (Figure 56). Les valeurs individuelles sont reprises dans les annexes (Tableau ). Pour les deux souches, nous observons une augmentation de l'activité des NaK-ATPases dès les premiers prélèvements. En effet, l'activité de la NKA augmente d'environ  $3,5 \mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  au 21 mars 2013 jusqu'à atteindre un pic de 7,5 (CNG) et 8,3 (LA)  $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  à la date du 04 avril 2013. Après cette date, l'activité chez les deux souches diminue brutalement et reste stable durant deux semaines. A partir du 25 avril, le taux de NKA augmente progressivement

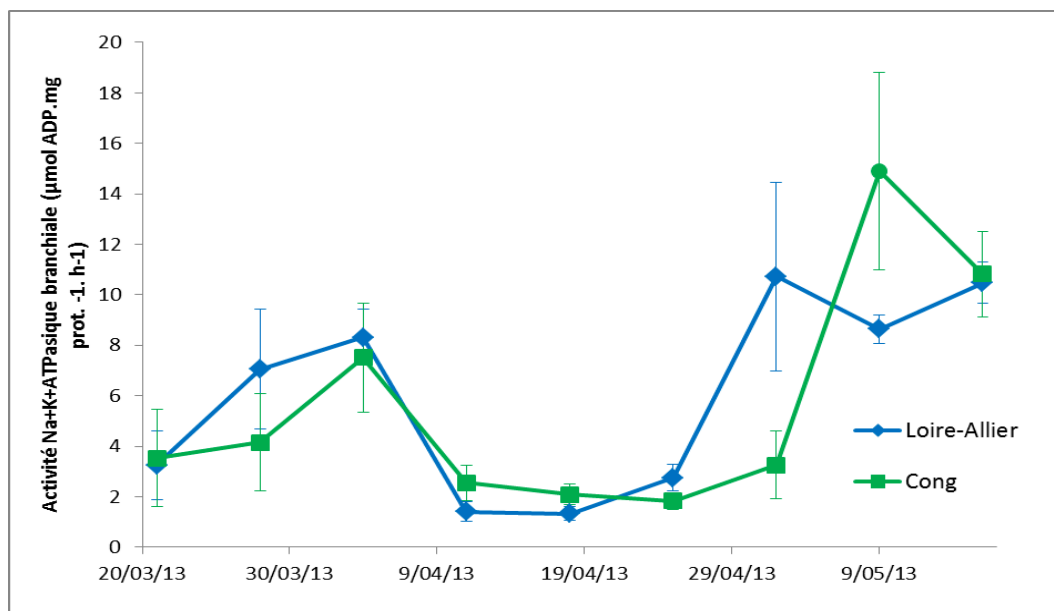
chez la souche Loire-Allier jusqu'à atteindre un maximum le 02 mai 2013 avec une valeur de  $10,7 \mu\text{mol ADP} \cdot \text{mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ . La même tendance se retrouve chez la souche Cong chez qui l'activité de l'enzyme augmente plus tardivement. En effet, le taux de la NKA chez la souche Cong ne commence à augmenter que quand le niveau est maximal pour la souche Loire-Allier. Elle atteint son pic à la date du 09 mai 2013 et chute progressivement jusqu'à atteindre un niveau équivalent à celui de la souche française. Ainsi, l'activité  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-asique évolue de manière comparable chez les deux souches de saumon, mais fluctuent de manière significativement différente ( $p = 0,039$ ). Les tests de Student effectués pour chaque date montre que la différence entre les valeurs de l'activité  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-asique chez les deux souches ne diffère pas significativement, même pour les valeurs obtenues le 2 mai 2013 ( $p = 0,1369$ ). Pour les deux souches, l'activité de la NKA varie selon les dates de manière significative (LA  $p = 0,006$  et CNG  $p = 0,012$ ).

Nous avons profité de la dissection lors de notre expérimentation pour faire un sexage afin d'examiner des différences éventuelles liées au genre. La proportion des deux sexes est proche des 50% pour tous les individus échantillonnés et quelle que soit la population (Tableau 18).

**Tableau 18: Résultats du sexage des individus échantillonnés.**

Souche	Mâle	Femelle
Loire-Allier	47	53
Cong	57	56

Une comparaison de l'activité NAK entre mâles et femelles n'a pas montré de différences significatives (Figure 57) pour aucune des deux souches (LA  $p = 0,56$  et CNG  $p = 0,22$ ).



**Figure 56 : Histogramme des dosages de la Na/K ATPase branchiale.**

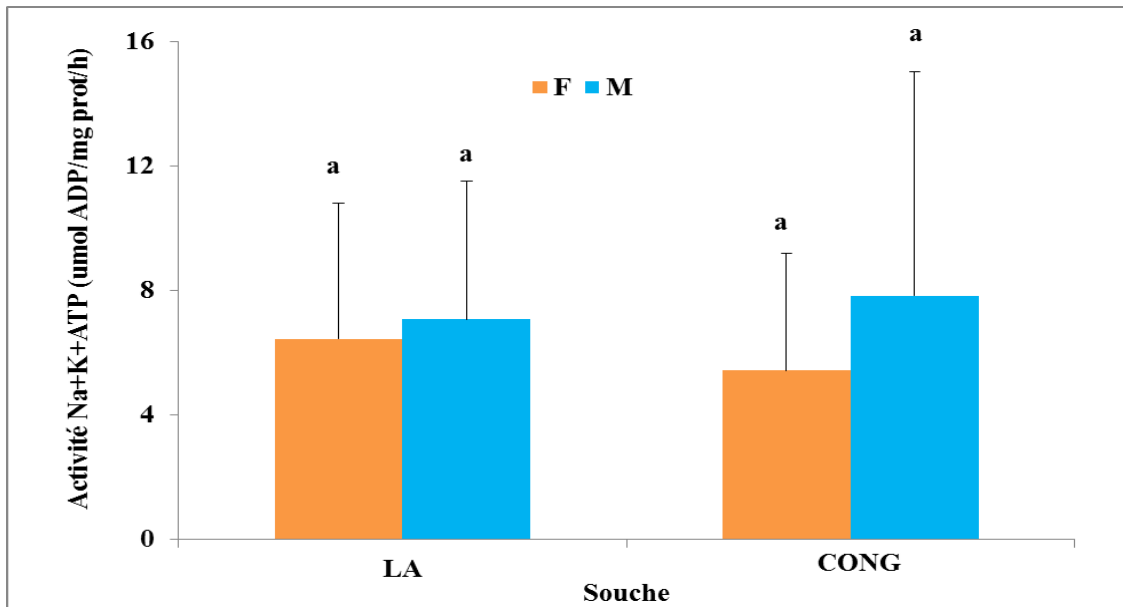


Figure 57 : Histogramme des dosages de la Na/K ATPase branchiale entre mâles et femelles de souches Loire-Allier et Cong.

### 3.4.7 Profil du cortisol plasmatique

Il est intéressant de noter que les profils des deux courbes de cortisol pour les deux souches de saumon se ressemblent (Figure 58). En effet, d'après un test ANOVA2, les concentrations en cortisol plasmatique varient, chez les deux souches, de la même manière, tout au long de la période d'étude. On observe une augmentation du taux de cortisol plasmatique avec le temps chez les deux souches sauf à la date du 2 mai où la concentration en cortisol chute pour la souche Cong. Cette chute en cortisol se produit aussi pour la souche Loire-Allier mais à une date différente (9 mai), soit une semaine plus tard. A la fin de la période d'échantillonnage, on retrouve des valeurs similaires chez les deux souches.

De manière générale, la concentration plasmatique en cortisol est significativement supérieure chez les saumons de la souche Cong que chez les saumons de la souche Loire-Allier ( $p = 3,58 \times 10^{-5}$ ). Cependant, les concentrations ne semblent pas évoluer de façon significative au cours de la période d'échantillonnage ( $p = 0,385$ ). Les résultats détaillés sont repris dans les annexes (Tableau).

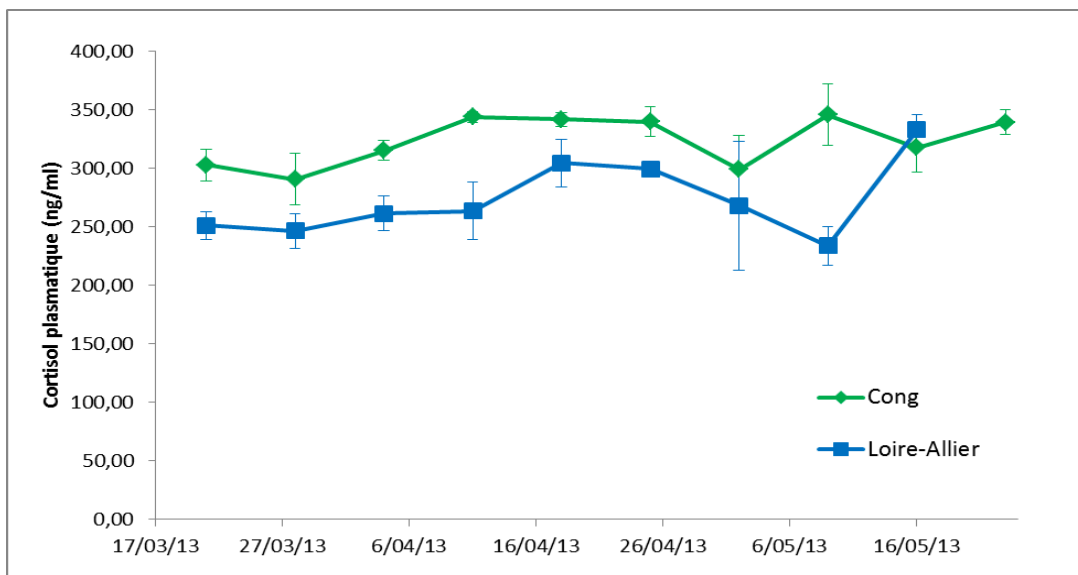


Figure 58: Profil du taux de cortisol plasmatique en ng/ml (moyennes et écarts-types) chez les deux souches de saumon atlantique étudiées (Cong et Loire-Allier) lors de la période de smoltification.

### 3.4.8 Profil de l'IGF1 plasmatique

Les dosages hormonaux ont été réalisés à différentes dates sur des échantillons « poolés » de sang prélevés sur des poissons d'un même bassin. Ainsi, pour une date donnée, un échantillon à doser correspond à un mélange de plasma provenant de 4 poissons d'un même bac et donc d'une même souche. A la dernière date de prélèvement (23 mai 2013), aucun poisson de la souche Loire-Allier n'était disponible. A cette date, seules les hormones des saumons de la souche Cong ont été dosées. Les résultats individuels sont repris dans les annexes (Tableau ) et ci-dessous (Figure 59).

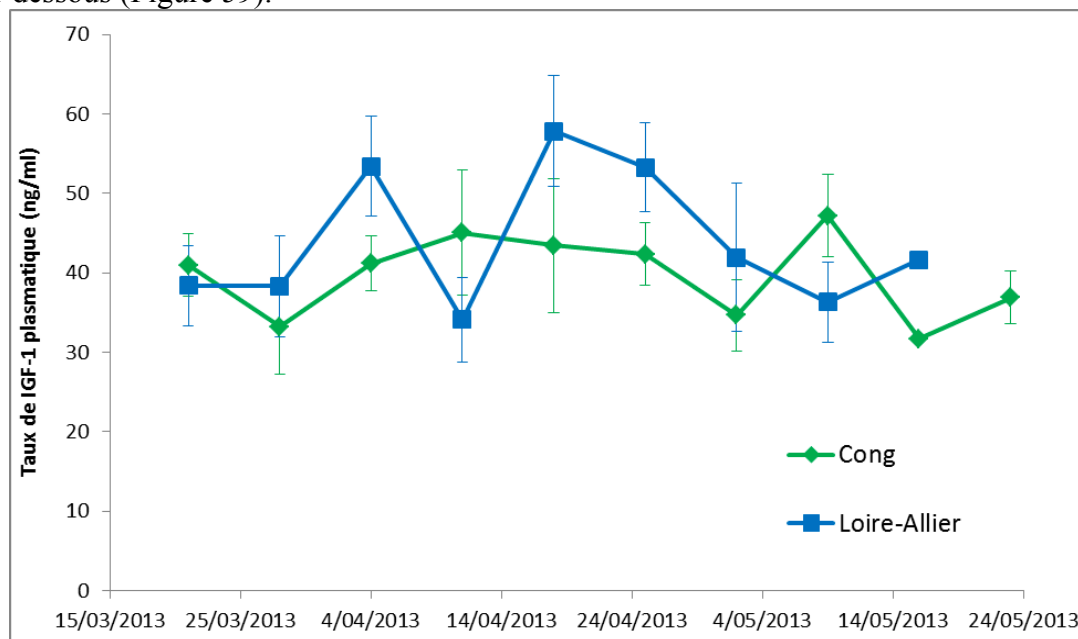


Figure 59: Profil du taux d'IGF-1 plasmatique en ng/ml (moyennes et écarts-types) chez les deux souches de saumon atlantique étudiées (Cong et Loire-Allier) lors de la période de smoltification.

La concentration en insulin-like growth factor 1 (IGF-1) au cours de l'expérience semble plus variable chez les poissons de la souche Loire-Allier que chez ceux de la souche Cong. Or, compte tenu des différences entre bassins, le taux d'IGF-1 plasmatique ne varie pas, le long de l'expérience, de manière significative ( $p = 0,78967$  pour la souche Cong et  $p = 0,2190$  pour la souche LA). De plus, les valeurs plasmatiques de concentration en IGF-1 ne sont pas significativement différentes entre les deux souches et cela pour chaque date d'échantillonnage. Excepté le 18 avril, la concentration en IGF-1 est élevée au courant de tout le mois d'avril pour la souche Loire-Allier et diminue en mai, une telle augmentation n'est observée qu'en mi-mai pour la souche Cong. En dehors de ces dates, les taux en IGF-1 dans le plasma des saumons étudiés sont très similaires. En effet, le taux d'IGF-1 plasmatique chez les deux souches ne varie pas avec le temps de manière significative ( $p = 0,414$ ).

### 3.4.9 Profil de la prolactine plasmatique

Nous avons observé, pour chaque souche de saumon, un pic de prolactine ayant lieu respectivement 3 et 4 semaines après le début des échantillonnages, soit le 4 avril pour la souche Cong et le 11 avril pour la souche Loire-Allier (Figure 60). Notons qu'à ces dates les concentrations plasmatiques en prolactine sont significativement différentes entre les deux souches ( $p = 0,028$  lors du pic de prolactine chez la souche CNG et  $p = 0,018$  lors du pic chez la souche LA). Un deuxième pic peut être observé chez la souche LA à la date du 09 mai 2013. Le taux de prolactine dans le plasma des deux souches de saumon varie ainsi de manière significative avec le temps ( $p = 0,0028$  pour la souche CNG et  $p = 0,0027$  pour la souche LA) et de manière significativement différente entre les souches ( $p < 0,001$ ). Les valeurs de dosage individuelles sont reprises dans les annexes (Tableau ).

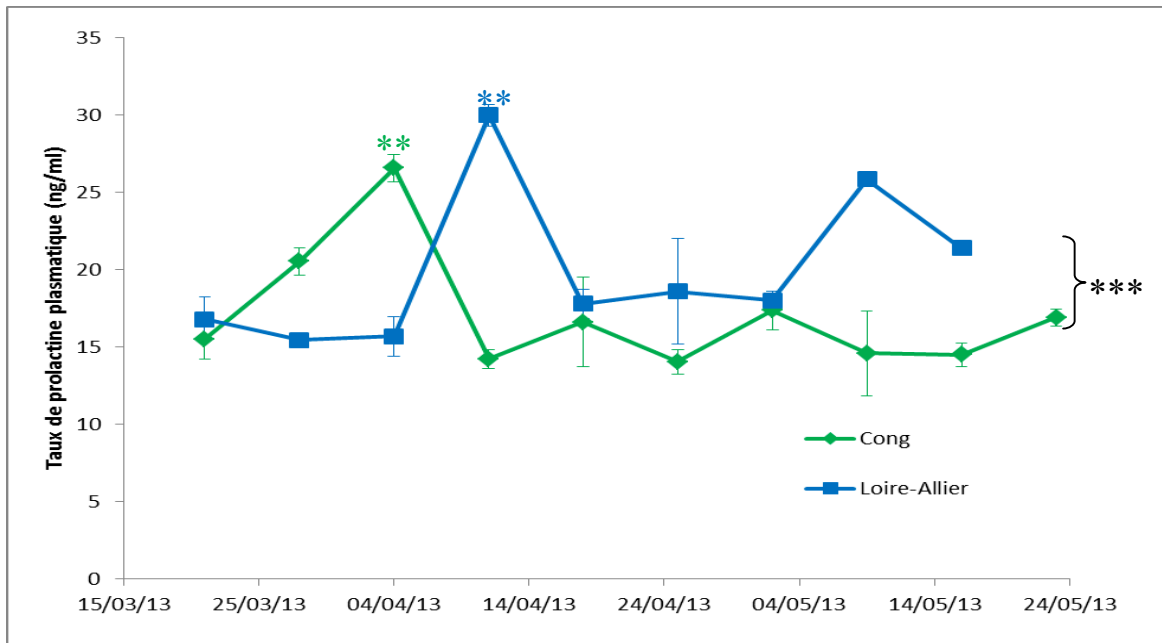


Figure 60: Profil du taux de prolactine plasmatique en ng/ml (moyennes et écarts-types) chez les deux souches de saumon atlantique étudiées (Cong et Loire-Allier) lors de la période de smoltification.

### 3.4.10 Profils de la T4 plasmatique

Le taux plasmatique de thyroxine (T4) augmente au cours du temps de manière hautement significative pour la souche Cong ( $p = 0,0005$ ) mais de manière non significative pour la souche Loire-Allier ( $p = 0,1455$ ) (Figure 61). Nous pouvons constater deux pics de T4 qui ont lieu chez la souche Loire-Allier le 11 avril et le 9 mai alors que, chez la souche Cong, un seul pic a lieu en date du 9 mai. Les résultats individuels ou moyens des dosages sont repris dans les annexes (Tableau ).

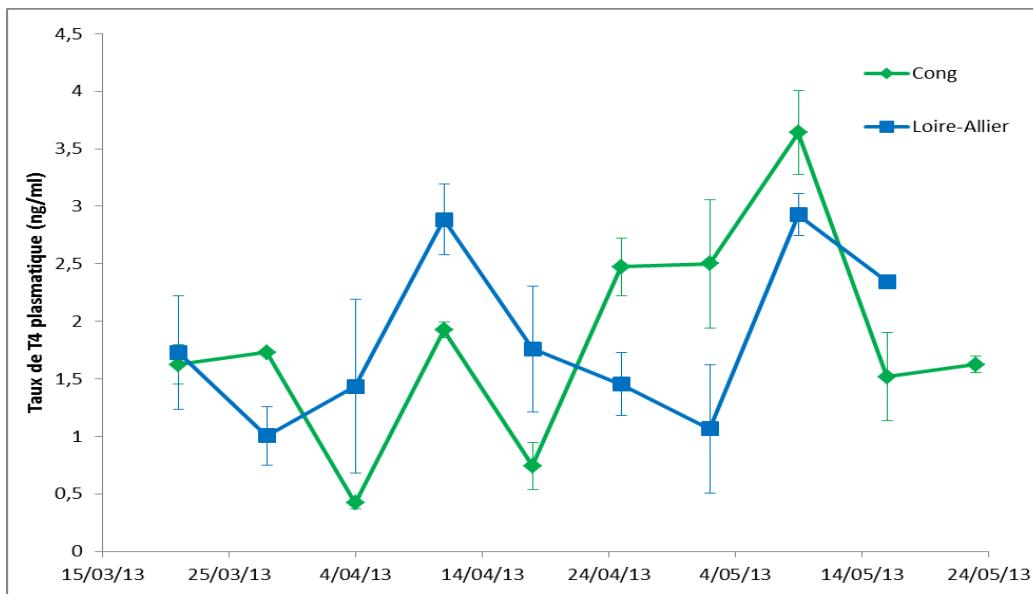


Figure 61: Profil du taux de T4 plasmatique en ng/ml (moyennes et écarts-types) chez les deux souches de saumon atlantique étudiées (Cong et Loire-Allier) lors de la période de smoltification.

### 3.4.11 Profil de l'hormone de croissance (GH) plasmatique

Nous pouvons observer 3 pics de GH correspondant à 3 concentrations significativement élevées ( $p < 0,05$ ) à 3 dates différentes pour la souche Cong (le 11 avril, le 25 avril et le 9 mai) (Figure 62). Nous pouvons aussi observer deux pics de GH pour la souche Loire Allier dès le début des échantillonnages, à savoir le 21 mars et le 9 mai 2013. Le taux plasmatique

de l'hormone de croissance (GH) chez les deux souches de saumon varie de manière significative tout au long de la période d'échantillonnage ( $p = 0,0006$  pour la souche Cong et  $p = 0,0059$  pour la souche Loire-Allier).

En étudiant les concentrations de GH entre les deux souches à chaque date de prélèvement, on a pu déterminer que les valeurs de GH chez les deux souches ne sont pas significativement différentes sauf pour la première date ( $p = 0,045$ ), où se situe le premier pic de GH pour la souche LA. Les résultats individuels ou moyens des dosages sont repris dans les annexes (Tableau).

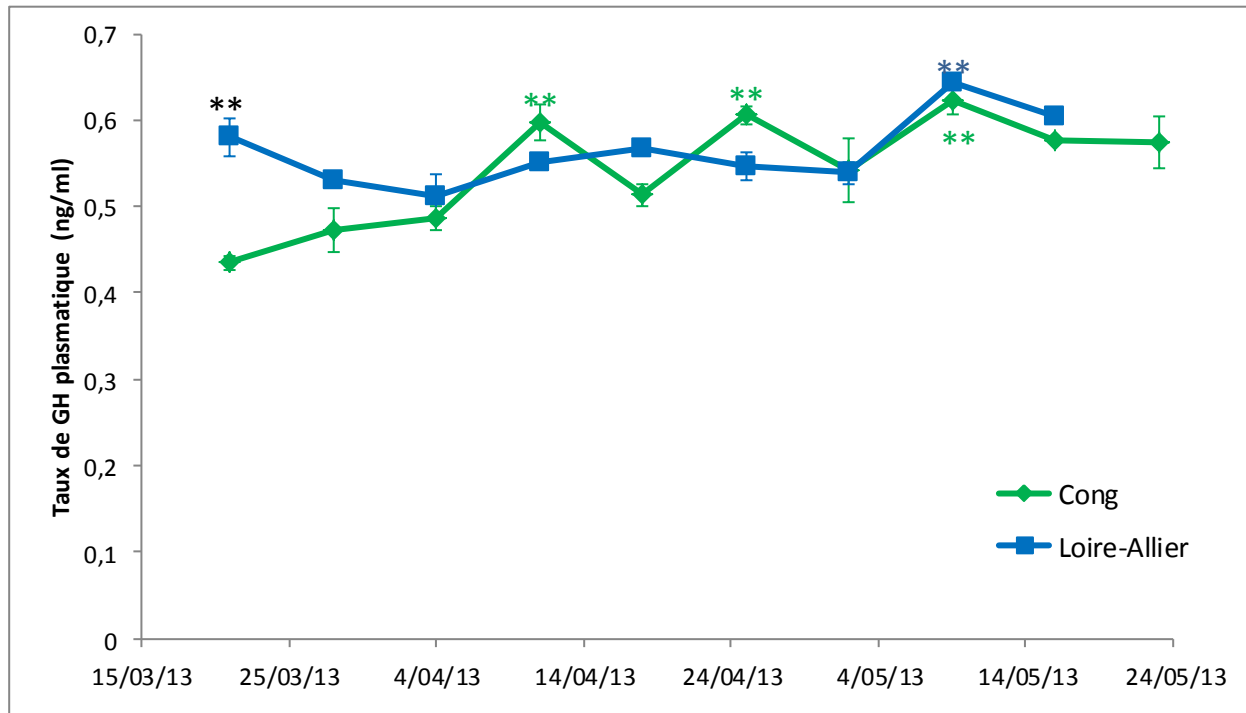


Figure 62: Profil du taux de GH plasmatique en ng/ml (moyennes et écarts-types) chez les deux souches de saumon atlantique étudiées (Cong et Loire-Allier) lors de la période de smoltification.

### 3.4.12 Discussion

Des valeurs retrouvées dans la littérature spécialisée sont présentées à la fin de cette section (Tableau 19).

Les saumons des deux souches voient leur facteur K diminuer de manière non significative tout au long de la saison. Rappelons que le facteur de condition est un indicateur de smoltification fiable, il peut être combiné avec d'autres critères physiologiques pour une bonne évaluation de l'état de smoltification. Certaines études morphologiques sur la smoltification suggèrent que le corps des saumons s'allonge au cours du processus de smoltification (Hoar, 1939a; Martin, 1949; Houston & Threadgold, 1963; Vanstone & Markert, 1968 ; Fessler et Wagner, 1969, Hoar 1988). Ainsi, la croissance serait de plus en plus allométrique et le facteur de condition diminuerait tout au long de la saison de smoltification. Une diminution du facteur de condition au cours de la smoltification a également été observée lors d'expériences plus récentes (McCormick *et al.*, 2000 ; Handeland *et al.*, 2004). De plus, l'évolution du facteur K au cours du temps est liée à la fois aux conditions d'alimentation et du milieu (McCormick, 1998). La baisse observée chez les individus de laboratoire implique un affinement général des poissons, caractéristique du processus de smoltification (Hoar, 1988) mais étant donné le nourrissage journalier, la quantité d'énergie ingurgitée suffisait également à une prise de poids ce qui explique la diminution non significative et le fait que le facteur K reste proche de 1, signe d'une bonne

Tableau 19: Valeurs retrouvées dans la littérature pour les facteurs analysés.

Source	CP Na [mEq/L]	CP K [mEq/L]	Osmolalité [mOsm/ Kg H <sub>2</sub> O]	Cortisol	GH	T3	T4	IGF-1 [ng/ml]	Na <sup>+</sup> /K <sup>+</sup> ATPase [U/g de protéine]	Facteur de condition K
McCormick, 1993	180								0,72	
McCormick <i>et al.</i> , 1999									3-10	
McCormick, 2009				20-140	1-15				3-13	
McCormick <i>et al.</i> , 2000				5-120	1-11	4-8	5-17	75-170	2-10	1,15-0,95
Agutsson <i>et al.</i> , 2001								20-120		
McCormick <i>et al.</i> , 2003	160-200				1-10		3-14	25-65	2-10	1,1-0,9
Handeland <i>et al.</i> , 2004									12	1,30-0,95
Zydelevsky <i>et al.</i> , 2010	160-200	2-3,5	320-420						4-10	
Bystrinasky & Schulte, 2011	150-170		300-320						1,5-2	
Gonçalves <i>et al.</i> , 2013			325-340							
Stefansson <i>et al.</i> , 2003					10-45					
Handeland <i>et al.</i> , 2013					1-26				4-12	1,08-0,96

condition générale du poisson. Cela n'aurait peut-être pas été le cas en milieu naturel étant donné la faible abondance de proies en hiver et au printemps. Evidemment, l'affinement observé pourrait aussi refléter, peut-être en partie, l'effet d'un autre facteur incontrôlé comme une variation dans la qualité de l'eau en mésocosme.

Parmi les indicateurs qui ont été suivis dans cette étude, l'activité de la  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-ase (NKA) constitue le paramètre le plus fiable (Hoar 1988 ; Bisbal et Specker 1991 ; Mackie *et al.*, 2007). Les profils de l'activité  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-asiq (NKA) branchiale nous ont permis non seulement de situer la date du pic de smoltification, mais aussi de quantifier son intensité. En effet, ce critère physiologique représente, au travers de sa valeur d'indicateur d'acquisition de l'euryhalinité, un indice intéressant de l'état de smoltification. Les profils établis par notre étude montrent en effet une augmentation significative du taux de l'activité NKA avec le temps. Nous avons ainsi observé chez les deux souches un premier pic en date du 4 avril 2013. Après ce premier pic, le taux de la NKA se stabilise avant d'augmenter une deuxième fois chez les deux souches (le 25 avril pour la souche Loire-Allier et le 2 mai pour la souche Cong). Cependant, le taux de la NKA chez la souche Cong ne commence à augmenter que quand l'activité est maximale pour la souche Loire-Allier. Ainsi, soit la smoltification débute en avance chez la souche française, soit la vitesse d'acquisition des processus de smoltification est plus faible chez la souche irlandaise. En comparant avec la littérature, certains auteurs ont déjà retrouvé deux pics de l'activité de la NKA dans des périodes de temps similaires (Handeland *et al.*, 2003).

Le facteur de condition et les dosages de la NKA nous permettent déjà d'avoir une idée sur l'état de smoltification des saumons étudiés. De manière complémentaire, les profils hormonaux permettent de comprendre davantage les mécanismes de la smoltification. En effet, c'est par l'intermédiaire du système endocrinien que les facteurs environnementaux sont intégrés. Ce sont les hormones qui servent de médiateurs des signaux et qui permettent tous les changements associés à la smoltification sous dépendance du système endocrinien (Hoar, 1988; Boeuf, 1993; McCormick *et al.*, 1998; Ebbesson *et al.*, 2003; Stefansson *et al.*, 2008). De plus, le système endocrinien joue un rôle important dans la régulation de l'intensité des changements morphologiques, physiologiques et comportementaux permettant de préparer les juvéniles à la vie en mer (McCormick *et al.*, 1998 ; Nilsen *et al.*, 2008).

Chez les saumons, le cortisol a été identifié comme une des hormones principales permettant l'adaptation à l'environnement marin. De nombreuses recherches démontrent que cette hormone joue un rôle physiologique dans l'assimilation des ions lors de l'osmorégulation (Bisbal et Specker, 1991 ; Björnsson *et al.*, 2011 ; Folmar et Dickhoff, 1980 ; Jonsson et Jonsson, 2009; McCormick *et al.*, 2003; McCormick, 1996, 2009). Lors de notre étude en conditions expérimentales, nous n'avons pas observé d'augmentation du taux plasmatique en cortisol lors de la période d'intensification des processus de smoltification définie grâce aux activités NKA (à partir du 25 avril pour la souche Loire-Allier et à partir du 2 mai pour la souche Cong). La concentration la plus élevée a été mesurée au moment du pic de NKA chez la souche Cong. Cependant, au moment du pic de NKA pour la souche Loire-Allier, la concentration en cortisol tend à diminuer depuis une semaine nonobstant une forte variabilité des résultats le jour du pic de NKA. D'après plusieurs recherches, le taux de cortisol plasmatique augmenterait considérablement lors de la période de smoltification (Bisbal et Specker, 1991, Barron, 1986, Björnsson, 2010). Cependant, des recherches effectuées par McCormick (1996) indiquent qu'il peut être nécessaire d'attendre jusqu'à 14 jours, après une injection de cortisol, pour observer une augmentation de la NKA. Dès lors, il est possible que l'augmentation du cortisol observée du 28 mars au 25 avril chez les deux souches ait participé au pic de la NKA observé le 2 mai (LA) et le 9 mai (CNG). En comparant avec la littérature, nous avons remarqué que nos valeurs calculées (250-350 ng/ml) représentaient près du double des valeurs retrouvées dans la littérature (25-175 ng/ml) (Bisbal et Specker, 1991 ; Ebbesson *et al.*, 2008). Il est possible que les deux souches étudiées montrent une cortisolemie élevée lors

de la période de smoltification comparativement à d'autres populations. En effet lors de notre étude, les précautions suffisantes ont été prises pour minimiser un éventuel biais pouvant être induit par le stress. Tous les poissons ont été soumis à une période d'acclimatation aux bassins et les prélèvements sanguins ont été effectués endéans cinq minutes depuis l'ouverture du couvercle du bassin afin d'éviter toute libération de cortisol liée à la capture des poissons.

Des recherches ont démontré une synergie entre le cortisol et l'axe somatotrope de contrôle de la production des hormones de croissance (GH) et Insulin-like Growth Factor 1 (Madsen 1990 ; McCormick, 1996, 2001). En effet, d'après ces auteurs, une injection de GH/IGF-1 couplée à du cortisol provoque une augmentation de la NKA significativement plus grande qu'une injection de GH/IGF-1 ou cortisol seule. Les hormones de croissance GH et IGF-1 ont un rôle important dans l'acclimatation des poissons à l'eau de mer. En plus de son rôle essentiel dans la croissance chez les vertébrés, l'hormone de croissance agit sur l'osmorégulation chez les saumons en augmentant la taille et le nombre de cellules à chlorure. Plusieurs recherches, démontrent une augmentation importante de ces hormones lors de la smoltification (Björnsson *et al.*, 1988; Prunet *et al.*, 1989). En effet, nous avons bien observé une augmentation du taux de GH et d'IGF-1 à différentes périodes de notre étude. De plus, les pics de GH chez les deux souches semblent se produire en même temps que ceux d'IGF-1 (pics de GH et IGF-1 le 11 avril et 9 mai chez la souche Cong et le 18 avril chez la souche Loire-Allier). La GH est une hormone qui stimule la sécrétion d'IGF-1 et augmente la sensibilité des cellules à ce dernier. Cela expliquerait donc les pics de GH qui ont lieu aux mêmes moments que les pics d'IGF-1. De plus, des études ont démontré que l'IGF-1 augmente le taux plasmatique de la Na<sup>+</sup>K<sup>+</sup> ATP-ase (Madsen et Bern, 1993, McCormick, 1995). En effet, notre étude montre une augmentation de l'activité NKA au moment du pic de IGF-1 pour la souche CNG et peu après le pic pour la souche LA. Lors de notre expérience, les augmentations d'IGF-1 ont lieu précocement chez la souche Loire Allier (18 avril) et de manière plus tardive chez la souche Cong (9 mai). Ce même constat a été observé pour la GH (1<sup>er</sup> pic de GH observé le 21 mars pour la souche Loire-Allier et le 11 avril pour la souche Cong). En comparant nos résultats avec ceux de la littérature, nous observons des tendances similaires pour les variations de GH et d'IGF-1 (McCormick *et al.*, 2002 ; McCormick, 2007 ; 2009 ; Nordgarden *et al.*, 2007).

Ojima et Iwata (2010) ont indiqué que les hormones somatotropes n'agissaient pas seulement au niveau de l'osmorégulation mais qu'elles stimuleraient également l'induction du comportement de dévalaison des jeunes saumons. De plus, l'augmentation du taux plasmatique de T4 par la GH a été observée chez les téléostéens depuis 1977 par Stetson. Le taux de thyroxine augmente lors de la smoltification et, une fois activée sous forme de T3, celle-ci agit sur les cellules à chlorure et peut interagir avec l'axe GH/IGF-1 afin de garantir l'osmorégulation (Dickhoff *et al.*, 1978, McCormick, 2011). En effet, nous avons observé, lors de notre étude, deux pics de thyroxine le 11 avril et le 9 mai pour les deux souches de saumon étudiées. Or, c'est à ces périodes là que nous avons observé des pics de l'activité de la NKA ou encore des pics de GH et d'IGF-1. Il semblerait donc évident de retrouver des pics de T4 à ces périodes. En regardant les caractéristiques physiques des smolts, nous avons remarqué qu'à partir du 9 mai 2013, 91% des smolts échantillonnés étaient argentés et ne possédaient plus de marque de tacon ni aucune tache orange ou rouge. En effet, la T4 est bien connue pour son implication dans les changements comportementaux, physiologiques et morphologiques (Hoar, 1988). Elle est responsable de l'apparition de l'argenture chez les smolts par stimulation de dépôt de guanine au niveau du derme (Hoar, 1988).

La dernière hormone étudiée est la prolactine. Nos résultats montrent une augmentation de celle-ci vers le début de la période d'échantillonnage puis une rapide diminution. Cela semble logique car la prolactine est une hormone qui inhibe la smoltification et qui réduit l'efficacité et le nombre de cellules à chlorure nécessaires à l'osmorégulation (Prunet *et al.*, 1989) ; elle a

donc un rôle modérateur dans le processus de smoltification. Les résultats que nous avons obtenus sont corroborés par Young *et al.* (1989) qui ont observé une augmentation précoce de la prolactine, lors du développement suivi d'une diminution rapide lors de la smoltification. De plus, comme dans notre cas, Prunet et Bœuf (1989) ont observé un pic de prolactine durant le mois d'avril. D'autre part, nous avons remarqué une deuxième augmentation, plus tardive, de la prolactine chez les saumons de la souche Loire-Allier. D'après les résultats obtenus pour les autres indicateurs de smoltification (NKA, GH, IGF-1), on se serait attendu à un pic plus précoce chez les poissons de la souche LA que chez ceux de la souche Cong. En effet, une diminution plus tardive pourrait impliquer une smoltification plus tardive. Cependant, cela pourrait aussi indiquer une mise en place moins précoce des phénomènes osmorégulateurs chez la souche Cong. En effet, la souche Loire-Allier est soumise à une plus longue période de smoltification dû à un plus grand trajet de migration. Ainsi, après les pics observés, le taux de prolactine plasmatique reste faible et stable tout au long de la suite de l'expérience. Dès lors, une smoltification pourrait se produire sans l'effet inhibiteur de la prolactine sur le processus d'osmorégulation, nécessaire en eau salée.

Ajoutons que la prolactine est une hormone qui intervient fortement dans l'osmorégulation. En effet, d'après Nagahama *et al.* (1975), cette hormone contrôle la balance ionique et le volume d'eau présent dans les cellules. De plus, elle diminue la perméabilité osmotique à l'eau et augmente la réabsorption de  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  par l'épithélium en eau douce. Ainsi, la prolactine affecte les concentrations plasmatiques en ions et donc l'osmolalité du plasma. En effet, chez les poissons vivant en eau douce, elle aide à maintenir les ions nécessaires dans le plasma. Nous devrions donc voir une augmentation des ions suite à une augmentation de la prolactine. En effet, les dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique ont révélé des taux élevés en ion  $\text{Na}^+$  durant le pic de prolactine chez les deux souches de saumons étudiées. On pourrait également mettre en relation le pic de prolactine avec la première augmentation de la NKA vu l'augmentation de la concentration plasmatique en sodium. L'augmentation de la prolactine observée fin mai chez la souche Loire-Allier associée à un deuxième pic de plusieurs autres facteurs endocriniens (IGF-1, GH, cortisol) à ce moment pourrait induire un processus de désmoltification, c'est-à-dire, la réadaptation à la vie dulcicole. Cela n'est pas à exclure étant donné que certaines hormones jouent un rôle à la fois dans l'adaptation à l'eau de mer et à l'eau douce et que nous avons pêchés de saumons argentés en juillet en rivière.

L'activité  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-ase influence aussi le niveau plasmatique en ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ . En effet, l'enzyme est une pompe à sodium et à potassium. Elle fonctionne en faisant entrer 2 ions de potassium dans les cellules contre 3 ions de sodium sortant dans le plasma. Lors de nos études, nous avons observé une augmentation du niveau de sodium plasmatique une semaine après une augmentation de la NKA. Il est donc possible que la forte activité  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-ase puisse induire une augmentation du sodium et une baisse du potassium plasmatique comme observé lors des dosages (Bystriansky & Schulte, 2011). De plus, l'augmentation du sodium a fait varier l'osmolalité du plasma comme nous l'avons remarqué pour le pic d'osmolalité observable à la même période. Toutefois, nous n'avons pas observé d'augmentation de la concentration en ions sodium ni une diminution en ions potassium lors du deuxième pic de NKA. A ce stade, il est possible que les saumons aient acquis une plus grande capacité d'osmorégulation à travers les cellules à chlorures plus développées (Hoar, 1988), d'autres systèmes d'osmorégulation ( $\text{Na}^+\text{K}^+$   $2\text{Cl}^-$  cotransporteur) (Boeuf 1993) ou éventuellement une filtration glomérulaire plus efficace (McCormick et Saunders, 1987). Nous observons également une diminution du taux de sodium plasmatique vers la fin de notre étude. Cette observation a déjà été faite par Parry (1960) qui a démontré une très grande variabilité selon les poissons au niveau du taux plasmatique en sodium. Primet *et al.* (1988) ont aussi mesuré des variations du niveau des ions plasmatiques lors de la saison de smoltification. De plus, les valeurs de sodium et de potassium plasmatiques trouvées dans notre étude correspondent aux valeurs rapportées dans la littérature (Folmar et Dickhoff,

1980, Primet *et al.*, 1988). En ce qui concerne le taux de potassium plasmatique, ce dernier reste stable tout au long de nos échantillonnages comme l'ont montré Folmar et Dickhoff en 1989.

En ce qui concerne l'osmolalité, nous avons observé des valeurs stables durant toute l'étude chez les deux souches de saumons, à l'exception d'une augmentation début avril. Saunders et Henderson (1970) ont démontré que, chez le saumon, l'osmolalité restait stable tout au long de la période de smoltification tandis que d'autres recherches montrent au contraire qu'il y a une augmentation ou même une diminution de l'osmolalité lors de la période de smoltification (Parry, 1960, Hickman et Trump, 1969).

Les différences de pic de smoltification sont à mettre en rapport avec le patrimoine génétique des souches. Stewart et ses collaborateurs (2006) ont déjà montré une différence de timing de dévalaison entre des populations d'un même cours d'eau. Des individus d'une population aval mis en amont débutaient leur migration plus tardivement que la population amont et vice versa. Ils en concluaient à une différence au point de vue génétique pour un timing précis permettant aux différentes populations d'arriver simultanément en mer. C'est par l'intermédiaire du système endocrinien que la température et la photopériode influencent les changements physiologiques associés à la smoltification et à la dévalaison (McCormick, 2009; Björnsson & Bradley, 2007). Grâce à leur capacité à contrôler et à coordonner des réponses complexes, les hormones sont des cibles importantes de la sélection et sont probablement impliqués dans beaucoup d'adaptations évolutives (Gould, 1977; West-Eberhard 2003). Le grand nombre de gènes impliqués dans les capacités de réponse sensorielle du système endocrinien présentent beaucoup de cibles pour l'évolution afin d'ajuster précisément les réponses développementales et environnementales (McCormick, 2009). Un timing précis de la dévalaison permet l'arrivée simultanée en mer des smolts des différentes populations au moment du pic de smoltification (appelée fenêtre physiologique des smolts), au moment où les conditions environnementales sont les plus propices à leur survie (correspondant à la fenêtre écologique des smolts) (McCormick *et al.*, 1998). Etant donné que les souches Cong et Loire-Allier viennent de cours d'eaux très différents et qu'elles ont été placées dans les mêmes conditions de laboratoire mais qui leur sont étrangères à toutes les deux, il se peut que la réponse que nous avons obtenu témoignent de la différence de patrimoine génétique. Le fait que le pic d'après la NKA de diffère que d'une semaine atteste cependant d'une certaine plasticité. Mais celle-ci pourrait être plus marquée chez la souche Loire-Allier car l'augmentation de la sécrétion de certains indicateurs stimulateurs des processus de smoltification est plus précoce pour cette souche comparée à la souche Cong.

### **3.4.13 Conclusions**

En vue d'une caractérisation préliminaire du statut des smolts produits par la station salmonicole de la RW à Erezée, deux expériences ont été réalisées avec comme objectifs spécifiques :

- de déterminer l'influence des conditions photopériodiques, sur le statut physiologique avant et après le repeuplement d'étudier l'influence de la souche sur les indicateurs de smoltification dans des conditions contrôlées d'un RAS.

Globalement, les résultats obtenus ont montré que les conditions photopériodiques influenceraient de manière importante le statut physiologique des smolts avant et après le déversement en rivières, notamment une croissance de type allométrique positive ou négative lorsqu'on applique une photopériode de 24 ou 12h. De plus, le pic de dévalaison pour les smolts du groupe 24h serait intervenu plus d'un mois en avance comparativement à celui du groupe 12h. Une telle observation pourrait traduire une acquisition plus précoce d'une meilleure fenêtre physiologique favorable à la smoltification et/ou dévalaison pour les smolts élevés dans des conditions photopériodiques de 24. Malheureusement, à cause de leur

précocité dans la dévalaison, le nombre de smolts du groupe 24h capturés était très faible et n'a pas permis de faire une comparaison valable pour les indicateurs physiologiques analysés.

Concernant l'étude des marqueurs de la smoltification, les résultats obtenus en conditions contrôlées ont montré que l'évolution de certains indicateurs comme l'activité  $\text{Na}^+\text{K}^+$  ATP-ase était parallèle à celle des processus de smoltification ou de dévalaison. En milieu naturel comme dans des conditions contrôlées, les profils de cette activité étaient caractérisés par une petite décharge entre fin mars et mi-avril et une seconde d'une plus grande intensité intervenant dans la première quinzaine de mai. L'intensité de la smoltification pourrait être maximale peu avant ou au cours de la période de cette grande décharge de NKA car cela correspond au pic de dévalaison observé pour les groupes de smolts du groupe 12h mais il semble aussi que la dévalaison précoce s'était produite au moment de la première décharge de NKA. L'évolution de certains indicateurs endocriniens comme le cortisol n'a pas montré de parallélisme étroit avec celle du processus de smoltification ou de nous indiquer son intensité alors que d'autres marqueurs comme l'IGF-1 nous ont permis d'évaluer le statut physiologique des smolts de manière plus aisée. Mais, la comparaison avec les données de la littérature nous a permis de corroborer la majorité des profils retrouvés pour les marqueurs analysés.

L'analyse des marqueurs de smoltification en fonction du pool génétique nous ont permis de mettre en évidence une différence dans le timing de smoltification entre les deux souches de saumon étudiées. En effet, lors de notre étude, les tacons de la souche Loire-Allier ont smoltifié de manière plus précoce que ceux de la souche Cong. Cette différence serait probablement due aux différences du patrimoine génétique des deux souches. Un choix judicieux, pas uniquement basé sur la disponibilité ou des raisons financières, est nécessaire afin d'essayer d'optimiser le rendement du programme de repeuplement dans le système Meuse.

Les conclusions de cette étude préliminaire montrent l'intérêt d'une meilleure caractérisation du statut physiologique des smolts dévalant en vue d'améliorer le management de leur production piscicole. Certaines améliorations sont à envisager afin d'améliorer les protocoles d'études sur le statut physiologique des smolts :

- En ce qui concerne l'effet des conditions photopériodiques sur le déroulement de la smoltification et de la dévalaison, il serait intéressant d'inclure un groupe contrôle (photopériode naturelle) afin de comparer de façon effective l'effet d'un traitement à différentes photopériodes. De plus, il faudrait améliorer le planning de capture de façon à intercepter les smolts issus des différentes conditions testées en élevage et prévoir des dosages plus réguliers afin de cibler précisément les moments critiques de la smoltification. En ce qui concerne l'étude en conditions de laboratoire, il serait intéressant de comparer la capacité d'osmorégulation chez les deux souches face à une augmentation de salinité.
- L'étude fondamentale pourrait être élargie à d'autres marqueurs comme la quantité et la taille des cellules à chlorure branchiales ou encore l'analyse du rapport glucose/glycogène hépatique au cours de la smoltification
- Comme nous avons vu une différence dans le timing de smoltification entre la souche Loire-Allier et Cong en milieu contrôlé, il serait intéressant de voir comment la souche Cong évoluerait en conditions naturelles lorsque tous les facteurs environnementaux sont présents.

**Élaboration d'un protocole de cryoconservation et d'une  
cryobanque de sperme de salmonidés**

**(U. de Namur)**

## 4 Élaboration d'un protocole de cryoconservation et d'une cryobanque de sperme de salmonidés

### 4.1. Amélioration de la qualité de la semence cryopréservée :

#### 4.1.1 Evaluation de la motilité des spermatozoïdes cryopréservés par cytométrie en flux:

- L'objectif de cette tâche est d'une part, de réévaluer le pourcentage de spermatozoïdes mobiles (motilité) des paillettes stockées depuis deux ans, notamment celles contenant la semence issue des géniteurs jugés stratégiques en cas d'une éventuelle carence de mâles à la station salmonicole d'Erezée. D'autre part, une évaluation plus vaste des caractéristiques de la mobilité des spermatozoïdes (spz) sera réalisée par l'analyse de cytométrie en flux en collaboration avec le centre de l'AWE de Ciney. Ces caractéristiques sont corrélées avec la capacité de fécondation des spz chez la plupart d'espèces de poisson.
- Le stock actuel de sperme cryopréservé comprend aussi des paillettes issues des essais de mise au point de la méthodologie de cryoconservation sans un choix ciblé en termes d'utilisation future pour des programmes éventuels de reproduction à Erezée. Etant donné la faible capacité des cuves cryogéniques disponibles, ce type de matériel sera éliminé petit à petit afin de libérer de la place pour des besoins de stockage de semence d'importance stratégique.
- Seuls les résultats de la réévaluation de la motilité du sperme cryopréservé par la méthode microscopique sur certains lots sont disponibles pour ce rapport. La détermination des caractéristiques de la mobilité des spz par cytométrie n'a pas encore été faite faute de surcharge des appareils du centre de l'AWE-Ciney ou d'emploi de temps des personnes en charge de ce type de matériel. Une première séance de travail est programmée le 09 avril 2014.
- Les résultats concernant la réévaluation de la semence cryopréservée montrent que la motilité est restée stable pour des lots de jeunes saumons prélevés en novembre 2011 (Tableau 20) ou en janvier 2013 (Tableau 21), indiquant une bonne qualité des cuves cryogéniques disponibles et un bon rythme de remplissage d'azote liquide. Pour certains individus, des légères différences dans le temps (positives ou négatives) sont observées à cause des erreurs liées à la subjectivité de la méthode microscopique.

Tableau 20: Motilité (%) des spermatozoïdes cryopréservés de jeunes saumons Loire-Allier (femelle F1 x male sauvage) après décongélation en novembre 2011 vs nov 2013.

Cuve n° 3	Numéro	Couleur des paillettes	Motilité Nov 2011	Motilité Nov 2013
Canister blanc	1	Jaune-brun-blanc	38±4	36±2
Canister blanc	2	Blanc-brun-blanc	49±6	48±5
Canister blanc	3	Rouge-brun-blanc	41±5	44±3
Canister vert	4	Jaune-brun-blanc		
Canister vert	5	Blanc-brun-blanc	31±3	30±2

Canister vert	6	Rouge-brun-blanc	30±3	32±3
---------------	---	------------------	------	------

**Tableau 21: Motilité (%) des spermatozoïdes cryopréservés de jeunes saumons Loire Allier (femelle F1 x male sauvage) après décongélation en janvier 2013 vs janvier 2014.**

Cuve n° 4	Numéro	Pit-Tag	Motilité Janv 2013	Motilité Janv 2014
Canister vert	1	00-0698-6847	39±8	42±4
Canister vert	2	00-0698-54EE	28±2	25±3
Canister vert	3	00-0698-886F	35±3	37±2
Canister vert	4	00-06C9-C5B6	36±6	33±3
Canister jaune	5	00-06CA-1A04	38±0	39±1
Canister jaune	6	00-06CA-13BB	37±5	35±3
Canister jaune	7	00-0698-6F9C	44±1	42±3
Canister jaune	8	00-0698-83B3	35±0	36±4

#### 4.1.2 Détermination du moment optimum de collecte de la semence pour la cryoconservation de la semence des jeunes saumons :

- *L'objectif* de cette tâche est de déterminer le moment optimum de collecte de la semence à stocker par l'évaluation de la motilité du sperme à différents moments de la saison de reproduction ainsi que les caractéristiques de mobilité des spz. Ces dernières mesures seront réalisées par cytométrie en flux en collaboration avec l'AWE-Ciney.
- Comme il a été montré récemment chez certaines espèces que la capacité de résistance au refroidissement des spz est corrélée avec la qualité des lipides membranaires, nous déterminerons facultativement sur les échantillons prélevés, la variation des profils en acides gras des spermatozoïdes avant et après le cycle de cryopréservation.
- *Protocole expérimental* :
  - L'expérience a été réalisée sur des jeunes saumons d'origine Loire-Allier (femelle F1 x male sauvage) âgés d'environ deux ans ;
  - Ils étaient répartis dans deux bassins d'une vingtaine de poissons par bassin dont dix individus étaient identifiés individuellement par des Pit-Tags le 15 novembre 2013 ;
  - Quatre prélèvements ont été programmés : 26/11 et 17/12/2013, 17/01 et 17/02/2014. Pour le prélèvement, le stripping était réalisé de façon à épuiser le stock de sperme afin de déterminer l'évolution de la production spermatique.
  - Après prélèvement à Erezée (avant-midi), les échantillons étaient ramenés au laboratoire de l'URBE à Namur sur glace sans aucune étape de dilution. Celle-ci était réalisée environ 90 minutes après prélèvement. Chaque échantillon était subdivisé en trois aliquots, soit une partie pour l'évaluation de la motilité des spz et deux autres pour la qualité des lipides avant et après cryoconservation.
  - Deux types de dilueurs (1 : 4) ont été utilisés avec ou sans jaune d'œuf :
    - . Pour l'évaluation de la motilité, le dilueur IMV additionné de jaune d'œuf et de DMSO, comme déjà testé antérieurement, a été utilisé ;
    - . Pour l'évaluation de la qualité des acides gras, le dilueur BSA a été utilisé afin de ne pas interférer avec les lipides membranaires des spz.
  - Un cycle de refroidissement rapide par mini-cool déjà testé antérieurement a été appliqué (-25°C/min).

- *Résultats :*

- Nous présentons dans ce rapport, les résultats concernant la motilité de la semence cryopréservée. L'analyse des caractéristiques de la mobilité des spz ne commencera qu'en début avril 2014 faute de disponibilité de l'appareillage de l'AWE et la détermination de la qualité des lipides est en cours de réalisation dans notre laboratoire.
- Les résultats moyens des données disponibles sur la motilité et le volume du sperme des jeunes saumons testés au cours de la saison de reproduction 2013-2014 sont présentés dans les ci-après (Figure 63 & Figure 64), et les données brutes sont consignées ci-dessous (Tableau 22, Tableau 23 & Tableau 24).
- Ces données montrent une augmentation de la motilité du sperme cryopréservé (Figure 63) entre fin novembre et mi-décembre et cette amélioration persiste jusqu'en mi-janvier. Mais les moyennes ne sont pas statistiquement différentes à cause d'une forte variabilité entre individus qui n'est pas atténuée en pleine saison de spermiation. La faible motilité observée au début de la saison de spermiation est due au nombre élevé de mâles ayant des valeurs critiques (< 30%) passant de 50 à 30% entre novembre et décembre ou janvier. Grâce au marquage individuel, certains de ces derniers individus ont été testés deux (5 individus) ou trois (3 individus) fois, et il apparaît que leur qualité ne s'est pas améliorée au cours de la pleine saison de reproduction entre décembre. Cette constatation a déjà été reportée dans la littérature sur d'autres espèces de poisson que la résistance au froid est dépendante d'une forte influence génétique intra-populationnelle ou intra-individuelle impliquant la mise en place d'un cheptel d'élite pour la constitution d'une banque de sperme.
- Concernant le volume de sperme (Figure 64), les résultats de cette étude montrent une augmentation significative ( $p < 0.05$ ) au cours de la saison de reproduction avec un pic en mi-janvier. Aucun individu n'a donné un volume de sperme supérieur à un ml le 17 février 2014, le volume obtenu sur cinq mâles était compris entre 0.5-0.8 ml, indiquant une suppression du processus de spermiation vers cette date. L'augmentation du volume de sperme ne semble pas être corrélée à la motilité du sperme car les valeurs ont augmenté autant chez les individus ayant une motilité critique comme chez ceux avec une bonne qualité de sperme. De même, il a été observé qu'une motilité comparable entre décembre et janvier n'était pas corrélée avec des valeurs statistiquement différentes de volume de sperme. Aussi, en rapport avec le pic de la bonne qualité du sperme observé en mi-janvier (motilité et volume), la chute importante du volume de sperme en mi-février est apparue brutalement pour les populations observées. Il serait intéressant de faire des mesures plus rapprochées (toutes les deux semaines) pour mieux élucider cette suppression rapide de la production spermatique.
- L'analyse approfondie des paramètres de la mobilité des spz cryopréservés permettra de compléter cette étude afin de formuler une conclusion plus objective sur le profil de la variation dans le temps de la capacité de cryopréservation des populations de jeunes saumons de la station d'Erezée avec une implication pratique sur le planning des opérations de cryoconservation de la semence pour la cryobanque saumon 2000.

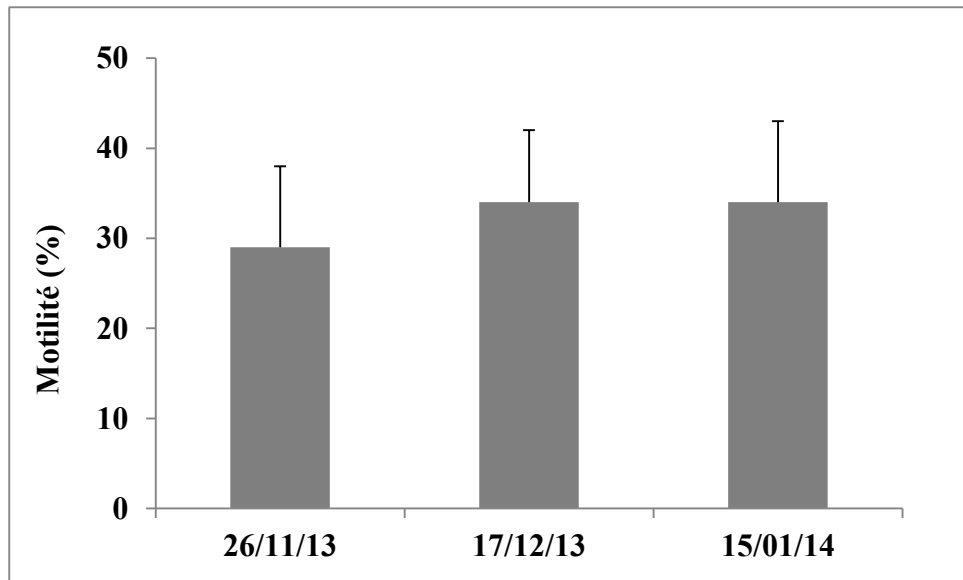


Figure 63: Evolution de la motilité du sperme cryopréservé de jeunes saumons Loire-Allier au cours de la période de reproduction.

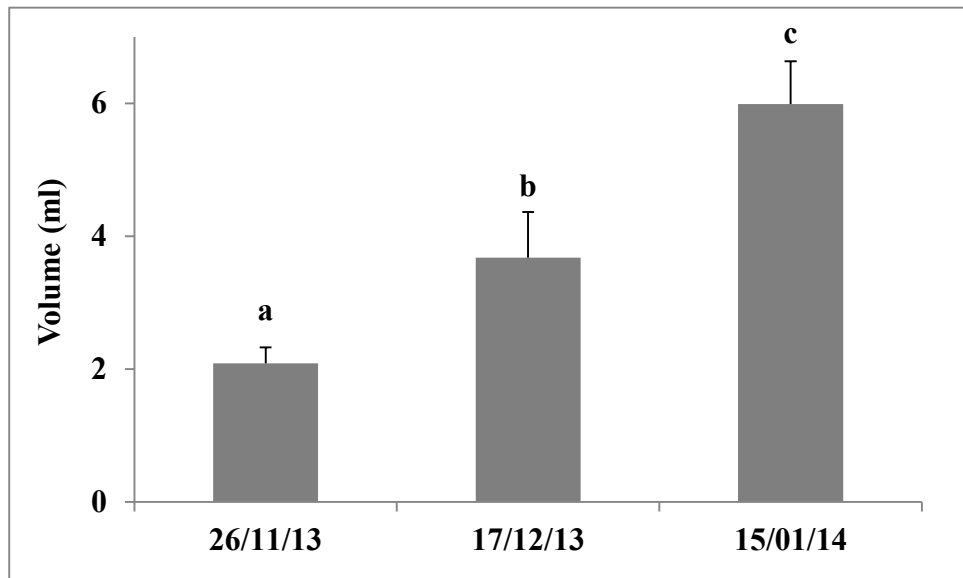


Figure 64: Evolution du volume de sperme cryopréservé de jeunes saumons Loire-Allier au cours de la période de spermiation.

Tableau 22: Motilité (%) du sperme cryopréservé pour les prélèvements du 26 novembre 2013.

Cuve n° 1	N°/bassin 15	Pit-Tag	Poids (g)	Vol (ml)	Motilité
Canister vert A	1	00-06B9-C2D5	181	2.2	25±2
Canister vert A	2	00-06B9-DB17	158	2.0	28±3
Canister vert A	3	00-0698-D733	138	2.2	15±2
Canister vert A	4	00-06B9-BEBD	104	2.0	35±1
Canister vert A	5	00-06CA-0EF5	136	2.3	36±2
				<b>2.18±0.10</b>	<b>28±9</b>
Cuve n° 1	N°/bassin 16				
Canister vert B	1	00-06B9-BC8E	170	2.2	36±1
Canister vert B	2	00-06CA-163E	187	1.5	22±2
Canister vert B	3	00-06B9-B0CB	146	2.0	35±2
Canister vert B	4	00-06B9-BBF7	193	2.3	41±2
Canister vert B	5	00-06B9-B8C0	149	2.0	20±2
				<b>1.95±0.33</b>	<b>31±9</b>

**Tableau 23: Motilité (%) du sperme cryopréservé pour les prélèvements du 17 décembre 2013.**

<b>Cuve n° 1</b>	N°/B15	Pit-Tag	Poids (g)	Vol (ml)	Motilité
Canister blanc A-B	1	00-06C9-E238	273	3.2	38±2
Canister blanc A-B	2	00-06B9-DB17	149	3.6	20±3
Canister blanc A-B	3	00-0698-D733	134	3.3	26±2
Canister blanc A-B	4	00-06B9-BEBD	103	3.6	40±1
Canister blanc A-B	5	00-06B9-AC2A	167	3.4	45±2
				<b>3.42±0.18</b>	<b>34±10</b>
<b>Cuve n° 1</b>	N°/B16				
Canister orange A-B	1	00-06C9-E309	183	3.7	41±1
Canister orange A-B	2	00-06B9-BBF7	186	5.5	35±3
Canister orange A-B	3	00-06B9-B0CB	143	3.2	39±2
Canister orange A-B	4	00-06CA-163E	179	3.3	24±1
Canister orange A-B	5	00-06B9-BC8E	164	4.0	30±2
				<b>3.94±0.94</b>	<b>34±7</b>

**Tableau 24: Motilité (%) du sperme cryopréservé pour les prélèvements du 15 janvier 2014.**

<b>Cuve n° 1</b>	N°/B15	Pit-Tag	Poids (g)	Vol (ml)	Motilité
Canister blanc A-B	1	00-06B9-C2D5	273	6.5	26±1
Canister blanc A-B	2	00-0698-D733	149	6.3	18±3
Canister blanc A-B	3	00-06C9-E238	134	6.0	41±3
Canister blanc A-B	4	Sans numéro	103	4.8	35±1
Canister blanc A-B	5	Sans numéro	167	6.4	46±2
<i>Moyenne</i>				<i>6.00±0.70</i>	<i>33±11</i>
<b>Cuve n° 1</b>	N°/B16				
Canister orange A-B	1	00-06B9-BBF7	175	6.3	41±1
Canister orange A-B	2	00-06CA-163E	167	6.5	22±3
Canister orange A-B	3	00-06C9-F5EB	175	4.8	39±2
Canister orange A-B	4	00-06C9-E309	169	6.1	40±1
Canister orange A-B	5	00-06B9-C0D2	147	6.2	30±2
<i>Moyenne</i>				<i>5.98±0.68</i>	<i>34±8</i>

#### **4.2 Testage des géniteurs disponibles à la station d'Erezée et stockage de gamètes :**

Peu de mâles sauvages ont été capturés au cours de l'année 2012-2013 et aucun lot n'a été destiné au testage pour la capacité de cryoconservation.

#### **4.3 Développement de la structure de la cryobanque saumon :**

##### **4.3.1 Collaboration avec l'AWE-Ciney :**

- La prise en charge du stockage à long terme et dans des meilleures conditions de garantie de la qualité des gamètes était l'objectif principal de notre demande d'appui technique auprès du centre d'insémination bovine de l'AWE-Ciney. Suite aux informations variables de la part de l'AFSCA et peut-être au changement de priorités de ce centre, il n'y a pas beaucoup d'espoir d'avoir une réponse positive à ce problème. Il a en effet été question d'affecter un petit local qui pouvait accueillir des cuves de sperme de saumon et d'autres espèces. Mais contrairement à ses règlements antérieurs, l'AFSCA n'autoriserait pas la cohabitation d'un stockage de sperme de plusieurs espèces. Ce qui semble peser sur la promesse donnée antérieurement par l'AWE-Ciney qui comptait aussi profiter de notre collaboration pour tester le système de remplissage automatique des cuves cryogéniques dans une partie de ce local.

- Ainsi, l'appui technique de la part de l'AWE-Ciney reste limité jusqu'aujourd'hui à l'accès à certains appareillages de cryoconservation comme ceux d'impression des paillettes permettant une meilleure traçabilité individuelle des mâles ou d'analyse des paramètres de la mobilité des spz (à partir de fin avril 2014).

#### **4.3.2 Collaboration avec l'équipe de LLN (Prof. Isabelle Donnay) :**

- L'équipe du Prof Isabelle Donnay de l'UCL travaille depuis quelques temps sur la mise au point d'une cryobanque de sperme d'espèces élevées traditionnellement en Belgique mais dont les cheptels est en déclin pour plusieurs raisons. Cette action soutenue comme la nôtre par la Région Wallonne est confrontée à la même problématique de manque de local secondaire pouvant sécuriser dans des conditions performantes une partie du matériel génétique. Le professeur Donnay a aussi contacté le centre de l'AWE pour une prise en charge du stockage d'une partie du matériel génétique de son projet et a fait face à la situation décrite ci-dessus.
- En collaboration avec cette équipe de l'UCL, des contacts prometteurs sont en cours avec Monsieur J. Wavreille du centre de recherche agronomique (CRA) de Gembloux pour avoir une localisation qui pourrait servir de point de stockage secondaire pour des cuves cryogéniques de nos deux projets de cryobanque. Mr. J. Wavreille est favorable à cette demande car le CRA a parmi ses vocations de contribuer à la conservation du matériel génétique des espèces en déclin en Wallonie, mais il attend une réponse formelle de son administration. Il a promis d'organiser dans un proche avenir une réunion de concertation afin de discuter ensemble concernant la structure et la gestion d'un tel local.
- Si une telle collaboration est établie, les conditions préalables d'accessibilité à un tel local impliquent l'acquisition par notre projet d'un équipement minimum tel que :
  - . Deux cuves cryogéniques de capacité moyenne équipées d'alarme de détection du niveau d'azote ±17000 €
  - . Des frais de surveillance et généraux pour le local à fixer

**5. CARACTERISATION DE L'EFFICACITE DE LA  
REMONTÉE DES POISSONS DANS L'AXE FORME PAR LA  
MEUSE EN AVAL DU BARRAGE DE LIXHE, LES  
BARRAGES DE MONSIN ET D'YVOZ-RAMET ET LA BASSE  
OURTHE EN AMONT DU BARRAGE DE LIEGE/ GROSSES  
BATTES (ULG)**

## 5.1. Contrôle des remontées dans les échelles à poissons de Lixhe sur la Meuse en 2013

### 5.1.1. Conditions de réalisation de l'étude

Les contrôles de la grande échelle (GE) en 2013 (15<sup>ème</sup> année consécutive) ont été réalisés du 03 janvier au 30 décembre (109 contrôles et 362 jours de piégeage en continu). Dans la petite échelle (PE), les contrôles ont couvert la période du 18 avril au 26 septembre (50 contrôles et 162 jours de piégeage en continu). Trois petites nasses à anguilles ont été placées dans les bassins de repos de la GE du 19 juin au 20 septembre, tandis qu'un filet verveux et 4 petites nasses à anguilles ont été placés en amont de la cage du 17 juin au 16 septembre (29 contrôles et 101 jours de piégeage en continu) et que deux vidanges complètes des bassins de cette GE ont été effectuées le 21 juin et le 19 juillet 2013. La pose des nasses et les contrôles de la PE sont en lien avec le projet FEP « Stock Anguille Meuse » dont le LDPH est promoteur. Les résultats propres à ce projet (dynamique de migration et évaluation du stock entrant d'anguille en Meuse belge) ne seront pas détaillés dans ce rapport saumon.

Les débits de la Meuse à Lixhe sont disponibles grâce aux relevés du SETHY-SPW (fig. 65) et le régime des températures est connu (fig. 66) grâce à des enregistrements en continu de la température de l'eau spécialement mis en place par l'ULG sur le site.

#### *Régime des débits*

Début 2013 deux hausses de débits ont été enregistrées avec environ 900 m<sup>3</sup>/s début janvier et environ 1000 m<sup>3</sup>/s fin janvier début février, le débit de la Meuse a ensuite diminué régulièrement avec des moyennes mensuelles de 298 m<sup>3</sup>/s en mars, 184 m<sup>3</sup>/s en avril, 289 m<sup>3</sup>/s en mai, 211 m<sup>3</sup>/s en juin, 106 m<sup>3</sup>/s en juillet et 48 m<sup>3</sup>/s en août. Au cours de la période de décroissance du débit à partir de début février, se sont produites deux hausses significatives de débit (> 450 m<sup>3</sup>/s) dues à des coups d'eau fin mars et fin avril. Le débit moyen mensuel a atteint un minimum de 16 m<sup>3</sup>/s en septembre et octobre, nous avons ensuite enregistré des hausses du débit en fin d'année avec un débit de 1016 m<sup>3</sup>/s le 8 novembre et un débit maximum de 1167 m<sup>3</sup>/s le 26 décembre.

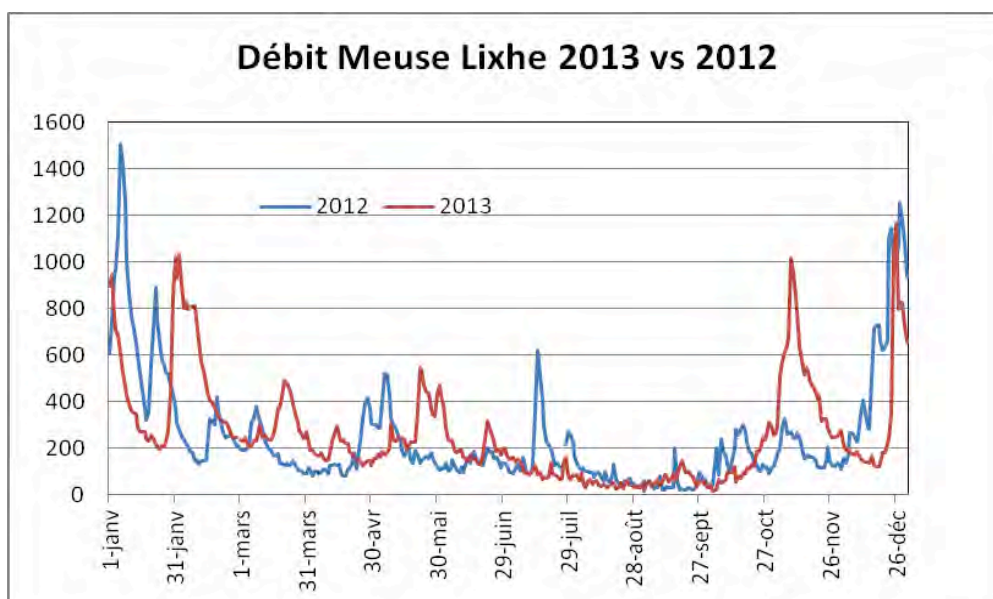


Figure 65. Débits moyens journaliers de la Meuse à Visé-Lixhe en 2013 (trait rouge) par rapport à 2012 (trait bleu) (source : SETHY SPW).

## Régime des températures de l'eau

Le printemps 2013 a été particulièrement froid, la température de l'eau est restée inférieure à 10°C jusqu'à la mi avril avec des fluctuations comprises entre 3,5 et 9°C (fig. 66), puis elle a augmenté progressivement pour atteindre 15°C fin avril et s'est maintenue entre 11 et 16°C jusque début juin. La température est ensuite montée pour atteindre plus de 25°C fin juillet et s'est maintenue entre 20 et 24°C jusque fin août. La température moyenne mensuelle de l'eau a atteint un maximum de 23°C pour les mois de juillet et Août. Elle est ensuite progressivement redescendue en dessous de 20°C en septembre, 17°C en octobre et 10°C en novembre pour atteindre une moyenne mensuelle de 7°C début décembre.

Le régime thermique de la Meuse à Lixhe apparaît nettement plus froid en 2013 qu'en 2012 à des périodes critiques pour la migration des poissons. Cette période est comprise entre début mars et fin juin, avec 6,8°C en mars (vs 10,8°C en 2012), 10,8°C en avril (vs 13,1°C en 2012), 14,4 °C en mai (vs 16,7°C en 2012) et 18,4 °C en juin (vs 20°C en 2012). Entre début août et fin décembre 2013, le régime thermique de la Meuse est relativement identique à celui de 2012.

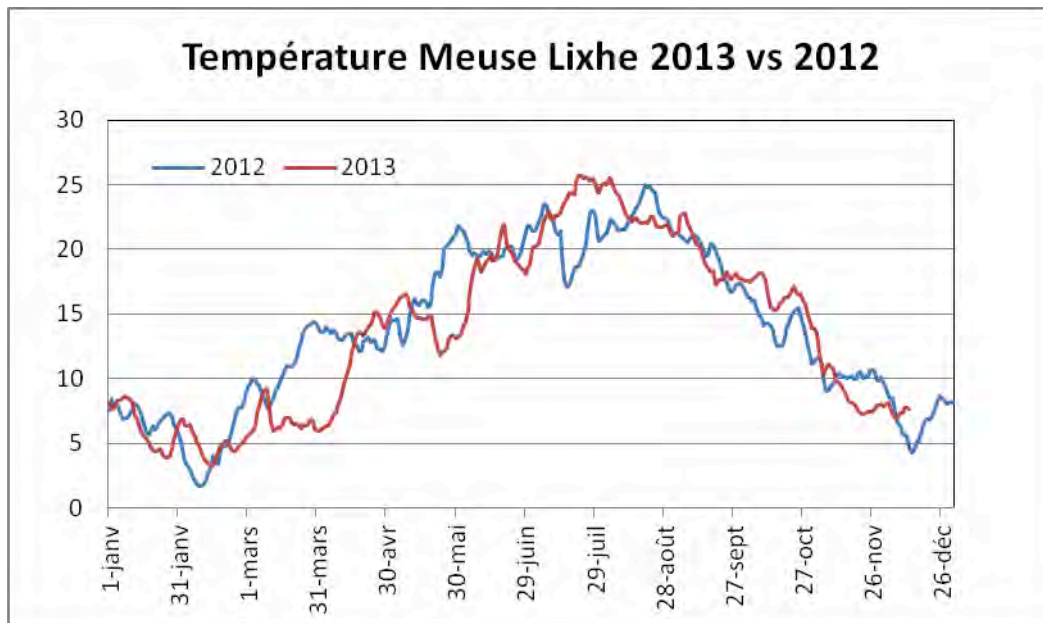


Figure 66. Régime des températures moyennes journalières dans la Meuse à Lixhe en 2013 (trait rouge) par rapport à 2012 (trait bleu).

### 5.1.2. Statistiques de base des captures

Les résultats des captures 2013 sont synthétisés dans le tableau 24. Ils peuvent être comparés à ceux des contrôles en 2012 (tabl. 2). Les captures totales en 2013 se montent à n=1805 poissons (non 0+) pour une biomasse de 1202,07 kg versus n=1061 poissons non 0+ et une biomasse de 1042,88kg en 2012.

Tableau 25. Statistiques des captures des poissons en migration de remontée dans les deux échelles à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse entre janvier et décembre 2013 dans la grande échelle (109 contrôles) et entre fin avril et fin septembre dans la petite échelle (50 contrôles). GE = grande échelle (contrôlée toute l'année) PE = ancienne petite échelle (contrôlée de avril à septembre).

	Nombre			Biomasse (Kg) (sauf 0+)		
	GE	PE	Total	GE	PE	Total
Saumon atlantique	7	1*	7+1*	29,0	0,02	29,02
Truite commune	11	3	14	15,6	0,35	15,95
Barbeau	14	16+2*	30+2*	30,2	1,91	32,11
Hotu	5	1	6	3,3	0,09	3,39
Chevaine	14	4+1*	18+1*	19,2	1,46	20,66
Spirilin 4-9 cm	-	16	16	-	0,04	0,04
Vandoise	-	2+2*	2+2*	-	0,05	0,05
Ide mélanote	3	2+3*	5+3*	2,1	0,47	2,57
Aspe	22	17*	22+17*	35,0	0,09	35,09
<b>Total rhéophiles</b>	<b>76</b>	<b>44+26*</b>	<b>120+26*</b>	<b>134,4</b>	<b>4,48</b>	<b>138,88</b>
Ablette commune	-	327	327	-	4,04	4,04
Gardon	147	217+8*	364+8*	28,9	23,7	52,6
Brème commune	595	102	697	833	18	851
Brème bordelière	5	1	6	1,8	0,22	2,02
Carpe commune	5	-	5	38,1	-	38,1
Tanche	1	-	1	2,7	-	2,7
Perche	3	3+277*	6+277*	0,02	1,27	1,29
Sandre	-	1	1	-	0,54	0,54
Silure	12	-	12	81,8	-	81,8
Anguille	(+)	265	265	(+)	29,1	29,1
<b>Total non rhéophiles</b>	<b>768</b>	<b>916+285*</b>	<b>1684+285*</b>	<b>986,32</b>	<b>76,87</b>	<b>1063,19</b>
<b>Total général</b>	<b>844</b>	<b>960+311*</b>	<b>1804+311*</b>	<b>1120,72</b>	<b>81,35</b>	<b>1202,07</b>

\* = poissons 0+ ou assimilés : saumon smolt < 25 cm ; truite < 15 cm ; hotu < 10 cm ; chevaine < 10 cm ; aspe < 10 cm ; perche < 8 cm ; ide < 10 cm ; gardon < 8 cm (+) anguilles interceptées dans la grande échelle au moyen de nasses ou filets ou lors de vidanges (n= 132 et B= 14,26kg)

Tableau 26. Statistiques des captures des poissons en migration de remontée dans les deux échelles à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse entre janvier et décembre 2012 (96 contrôles) dans la grande échelle et entre mai et octobre 2012 (41 contrôles) dans la petite.

GE = grande échelle (contrôlée de avril à septembre). PE = ancienne petite échelle (contrôlée toute l'année)

Nombre	Biomasse (kg) (sauf 0+)					
	GE		PE	Total		
Total	GE		PE	GE	PE	Total
Saumon atlantique	16	1*	16+1*	75,69	0,02	75,71
Truite commune	11	6	17	25,64	0,42	26,06
Truite a-e-c	1	-	1	0,83	-	0,83
Barbeau	43	1+1*	44+1*	101,97	0,04	102,01
Hotu	1	-	1	1,34	-	1,34
Chevaine	22	4	26	19,40	0,36	19,76
Spirilin 4-9 cm	-	15	15	-	0,07	0,07
Ide mélanote	2	1	3	4,14	0,05	4,20
Aspe	8	2*	8+2*	15,35	-	15,35
<b>Total rhéophiles</b>	<b>104</b>	<b>27+4*</b>	<b>131+4*</b>	<b>244,36</b>	<b>0,96</b>	<b>245,32</b>
Ablette commune	-	12	12	-	0,32	0,32
Gardon	27	53	80	6,10	1,60	7,70
Brème commune	449	13	462	625,91	0,64	626,55
Brème bordelière	13	1	14	3,21	0,25	3,46
Carpe commune	2	-	2	21,52	-	21,52
Carpe de roseau	1	-	1	17,10	-	17,10
Carpe marbrée	2	-	2	21,92	-	21,92
Tanche	2	-	2	3,82	-	3,82
Gibèle	2	-	2	0,60	-	0,60
Perche	18	7	25	0,72	0,25	0,97
Brochet	1	-	1	1,85	-	1,85
Silure	5	-	5	42,21	-	42,21
Anguille	(+)	322	322	(+)	49,56	49,556
<b>Total non rhéophiles</b>	<b>522</b>	<b>408</b>	<b>930</b>	<b>744,96</b>	<b>52,62</b>	<b>797,58</b>
<b>Total général</b>	<b>626</b>	<b>435+4*</b>	<b>1061+4*</b>	<b>989,32</b>	<b>53,58</b>	<b>1042,90</b>

\* = poissons 0+ ou assimilés : saumon smolt < 25 cm ; truite < 15 cm ; barbeau < 10 cm ; hotu < 10 cm ; chevaine < 10 cm ; aspe < 10 cm ; perche < 8 cm ; ide < 10 cm ; gardon < 8 cm.

(+) anguilles interceptées dans la grande échelle au moyen de nasses ou filets ou lors de vidanges (n= 69 et B=8,208 kg)

Près de **93 %** de la biomasse annuelle 2013 des poissons migrateurs est concentrée dans la grande échelle.

Les captures totales de 1202,07 kg sont pratiquement du même ordre de grandeur mais un peu plus élevées, en 2013 qu'en 2012 (1042,88 kg ; voir tabl. 26).

### 5.1.3. Analyse des observations 2013 pour les espèces et les groupes d'espèces

#### 5.1.3.1. Saumon atlantique (tabl. 27 ; fig. 67)

Les captures de saumons atlantique s'élèvent à n=7. Le nombre de capture est deux fois moins important que pour l'année 2012 où 16 individus avaient été interceptés. Une hypothèse probable à cette diminution des remontés des saumons en 2013, serait **l'arrêt des turbines de la centrale pour cause de travaux durant les périodes de remontées potentielles**. Le rejet des turbines a un effet attractif sur les poissons qui trouvent plus facilement l'entrée de la GE.

Tableau 27. Liste des saumons adultes (n=7) capturés dans la nouvelle passe à poissons du barrage de Lixhe au cours de l'année 2013.

Date	Débit m3/s	Temp °C °C	Oxygène mg/l	% sat.	Taille Lf, mm	Poids kg	Sexe	Taille mandibule	Souche (analyse DNA)
27/05/2013	372	13,1	10	95	811	4010	F	69	Loire - Allier
5/06/2013	184	15,3	-	-	851	5040	M	71	Loire - Allier
28/06/2013	169	18,2	7,1	75	915	7280	F	80	Loire - Allier
1/07/2013	139	18,5	7,5	80	900	6090	F	74	Loire - Allier
14/10/2013	58	15,1	7,8	78	792	3320	M	85	Loire - Allier
26/11/2013	262	7,1	12	98	538	1282	F	51	Irlande
2/12/2013	216	9,3	11	95	585	1979	M	73	Irlande

Les analyses génétiques réalisées par l'équipe de l'UCL indiquent que la majorité (5 sur 7) des saumons capturés à Lixhe est de souche Loire-Allier mais qu'il y a également 2 saumons de souche irlandaise.

Il faut signaler que le saumon de 126 mm-22 g capturé le 29 avril (14,3°C) dans la petite échelle est un smolt provenant probablement des déversements de tels poissons effectués dans la basse Berwinne.

A noter en 2013 la capture de deux saumons à Lixhe, le 1 juillet et le 2 décembre, équipés d'un transpondeur NEDAP (fig. 67). Ce marquage a été réalisé aux Pays-Bas.



Figure 67. Saumon marqué dans l'estuaire et capturé le 2 décembre 2013 à Lixhe (Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée)



Figure 68. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 2 décembre 2013.  
(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée). Origine : Lith Pays-Bas.



Figure 69. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 05 juin 2013  
(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).



Figure 70 Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 28 juin 2013  
(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).

### 5.1.3.2. Truite commune de mer et de rivière (tabl. 28)

On enregistre la capture de 11 truites communes dans la grande échelle. Il s'agissait en majorité de grands poissons de 35,7-52 cm, surtout des truites de mer, interceptés entre le 13 juin à 19,2°C et le 14 août à 22,1°C. Ces captures sont comparables à celles effectuées pendant la même période en 2012 (n=7).

Date	Débit m <sup>3</sup> /s	Temp °C °C	Oxygène		Taille	Poids	Echant. génétique	Obs ervation
			mg/l	% sat.				
13/06/2013	139	19,2	7	76	357	539	33	c ipam
13/06/2013	139	19,2	7	76	485	1688	34	c ipam
28/06/2013	168	18,2	7,1	75	494	1470		Erezée
28/06/2013	168	18,2	7,1	75	447	1071	35	c ipam
8/07/2013	116	22,3	6	68	491	1270		Erezée
8/07/2013	116	22,3	6	68	476	1330		Erezée
15/07/2013	87	22,6	5,7	67	490	1386	36	Transpondeur
19/07/2013	72	21,8	5,2	60	561	1271		Erezée
19/07/2013	72	21,8	5,2	60	553	2460		Erezée
22/07/2013	91	24,8	6,6	80	510	1665		Erezée
14/08/2013	44	22,1	5,6	64	520	1492		c ipam

**Tableau 28. Liste des truites communes adultes (n=11) capturées dans la nouvelle passe à poissons du barrage de Lixhe au cours de l'année 2013.**

En fin d'année 2013, aucune capture n'a été enregistrée dans la grande échelle contre 3 en 2012. Pour l'ensemble de l'année 2013, les captures de truites communes adultes dans la grande échelle de Lixhe s'élèvent à 11 individus contre 10 en 2012.

La truite capturée le 15 juillet dans la passe à poisson de Lixhe était une truite de mer marquée avec un transpondeur NEDAP (placé lors d'une capture aux Pays-Bas) (tabl. 29). Elle a été retrouvée morte dans la cage lors du contrôle avec une plaie ouverte au niveau du marquage.

Lieu de détection	Date de détection
Lith	25/06/13
Grave	27/06/13
Sambeek	29/06/13
Belfeld	5/07/13
Roermond	5/07/13
Linne	6/07/13
Maastricht	9/07/13
Lixhe	15/07/13

**Tableau 29. Lieux et dates de détections de la truite de mer marquée aux Pays-Bas capturée à Lixhe le 15 juillet**

Dans la petite échelle, trois petites truites de 9,7-22,8 cm furent capturées en mai et juin.

### 5.1.3.3. Cyprins d'eau rapide et assimilés

#### (a) Barbeau

Les captures de barbeaux en 2013 sont bien inférieures à celles de 2012. Mais l'année 2012 reste une année record depuis l'ouverture de l'échelle avec 43 individus.

Une première vague de remontées (n=7 individus et B=19,6 kg) se produit en début d'année (versus 26 en 2012) avec des captures qui s'étalent entre le 24 avril à 14,4°C et le 13 juin à 19,2°C. Cette remontée constituée majoritairement de reproducteurs de 54,3 - 65 cm est associée au passage de la température de l'eau au-dessus des 13°C qui marque le début de

l'activité de ponte. Une deuxième vague automnale de remontée des barbeaux (n= 8 individus de 12,0-70,6 cm et B=10,5 kg) se déroule en fin d'année entre le 23 septembre à 17,6°C et le 12 novembre à 9,9°C.

On note la présence de 16 barbeaux de 7,5-33,9 cm dans la PE en 2013 contre 1 individu en 2012.

*(b) Chevaine*

Les remontées des chevaines ont lieu principalement dans la grande échelle et s'élèvent à un effectif de 14 individus de 28,6-52,4 cm (biomasse de 15kg). Les captures de chevaines sont en légère diminution par rapport à 2012 (n=22 et B=19,4 kg). Les captures s'étalent sur une période comprise entre le 19 avril à 14,4°C et le 29 juillet à 25,3°C. Aucun individu n'a été intercepté dans l'échelle en fin d'année. A noter la capture d'un chevaine de 52,4 cm pour un poids de 2,17 kg le 21 mai.

Dans la petite échelle, les captures de chevaines se limitent à 4 individus de 29,1-35,4 cm et un juvénile de 6 cm.

*(c) Hotu*

Cinq hotus adultes de 33,3-39 cm (biomasse 3,3kg) ont été capturés entre le 30 avril à 14,6°C et le 18 avril à 14,1°C dans la grande échelle contre un seul en 2012. Dans la PE, on a capturé 1 juvénile de 18,3 cm le 6/5.

*(d) Vandoise*

Quatre individus de 45-156 mm ont été capturés dans la PE de Lixhe.

*(e) Aspe et ide mélanote*

Dans la GE, on enregistre en 2013 **la capture record de 22 aspes adultes** de 43,3-64,1 cm, contre n=8 en 2012. Ces remontées se déroulent du 6 mai à 17,2°C au 14 octobre à 15,1°C. On observe la capture groupée de 8 individus le 10 juin à 18,7°C. Dans la PE, on trouve 17 juvéniles de 5,5-8,8 cm, comme en 2011 (n=256), contrairement à la situation de 2012 avec aucune capture n'est signalée.

Trois ides adultes de 23,3- 41 cm sont capturées dans la GE, deux le 7 janvier à 9°C et une le 24 octobre à 17,4°C. Dans la PE, on ne retrouve que trois juvéniles de 8-10 cm et deux ides adultes de 22-23 cm.

### 5.1.3.3. Cyprins ubiquistes et d'eau lente

#### (a) Gardon et ablette commune

On observe une légère augmentation du nombre de captures de gardons à la fois dans la GE avec 147 individus contre n=27 en 2012 et dans la PE (n =217 vs n=53 en 2012). La majorité des captures a lieu entre le 3 janvier à 7,4°C et le 15 janvier à 5,4°C. La même observation pour l'ablette commune dans la PE : n=327 en 2013 contre n=12 en 2012.

#### (b) Brèmes commune et bordelière

On observe une augmentation des captures de brèmes communes en 2013 avec un effectif de 697 poissons (n=595 dans la GE et n=102 dans la PE) contre n=462 en 2012 et une légère diminution des captures de brèmes bordelière en 2013 avec n=6 contre n=14 en 2012.

#### (c) Carpe commune et tanche

Cinq carpes communes de 63,1-80,5 cm pour une biomasse de 38,1 kg furent capturées dans la GE en 2012 contre n= 2 et B=21,5 kg en 2012.

Dans la GE, on note aussi la capture d'une tanche de 53,3 cm pour une biomasse de 2,7kg le 24 juin à 19,9°C.

#### (d) Silure

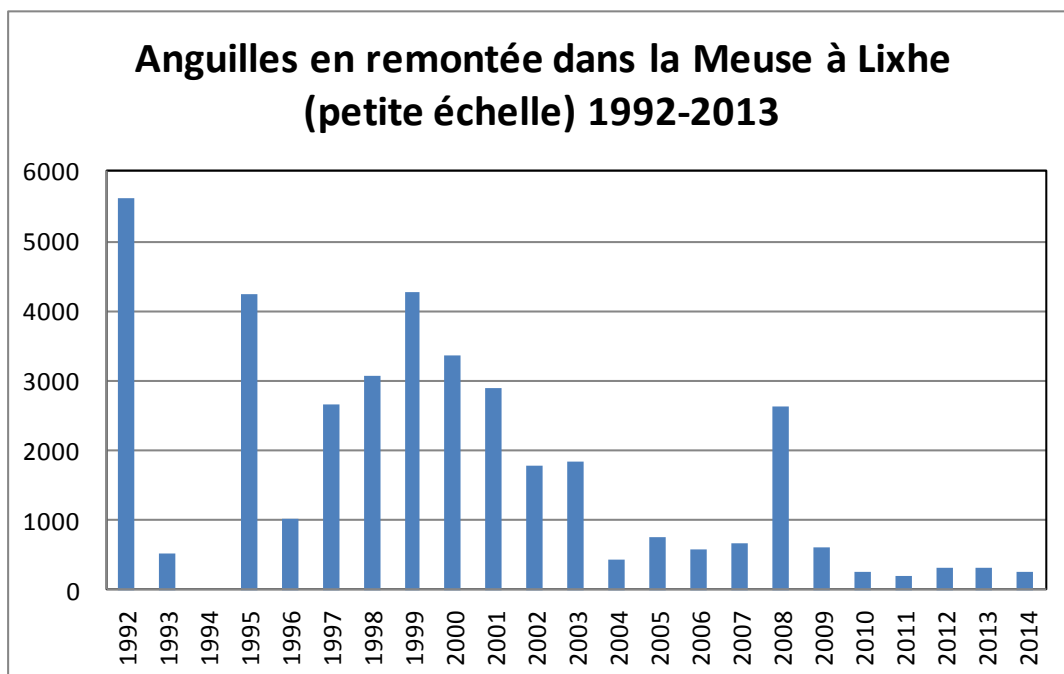
On a enregistré une augmentation des captures dans la GE avec 12 individus de 80,3-134 cm pour une biomasse de 81,8 kg en 2013 contre n=5 (B=42,2 kg en 2012, n=8 (B=84,4 kg) en 2011, n=6 (B=96,5 kg) en 2010 et n=12 (B=149,6 kg) en 2009.

#### (e) Perche fluviatile

283 perches de 5-12,6 cm pour une biomasse de 1,3 kg (n=3 dans GE et n=280 dans PE) ont été capturées entre le 3 janvier à 7,4°C et le 13 septembre à 20,3°C. La majorité des captures est comprise entre le 5 août à 25°C et le 11 août à 22,7°C.

#### (f) Anguille européenne

Le nombre d'anguilles interceptées dans le piège de la PE s'élève à n= 265 pour une biomasse de 29,1 kg, un effectif qui diminue par rapport à 2012 avec n=322. En 2013 la majorité des anguilles a été capturée entre le 19 juillet à 24,2°C et le 08 août à 25°C. Pour cette espèce, l'écroulement du recrutement se confirme (fig. 71). Des résultats complémentaires relatifs à l'anguille sont traités dans un rapport spécifique au projet FEP-ULG-SPW Anguille 2012-2014.



**Figure 71. Tendence dévolution de 1992 à 2013 du nombre d'anguilles jaunes capturées en remontée dans la petite échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse.**

*g) Espèces de petite taille*

Il faut signaler la capture dans la petite échelle de 16 ablettes spiralins de 51-75 mm contre n=15 en 2012.

**5.1.4. Questions relatives à la bonne gestion du site des échelles à poissons de Lixhe**

Le filet verveux installé dans le canal de sortie de la GE à été volé le 4 juillet 2013, un nouveau filet sécurisé par des chaînes a été installé le 5 juillet. Le 11 juillet, une chaîne avec cadenas (fig. 72) à été placée sur la barrière pour sécuriser l'accès à l'échelle à poissons, cette barrière avait été forcée le 8 juillet 2013.

Le placement d'un container à déchets serait le bienvenu car lors des contrôles scientifiques, de nombreux déchets sont retirés des grilles du piège par l'équipe et ces déchets doivent être remis à l'eau.

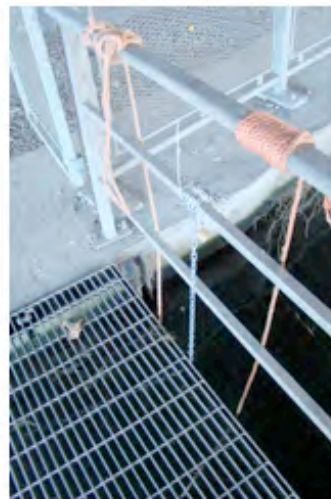


Figure 72. En haut : chaîne installée sur la barrière du site de l'échelle à poissons de Lixhe. En bas : placement de chaînes et de cadenas pour empêcher de relever le filet verveux.

### 5.1.5. Captures dans la grande échelle au moyen de nasses, d'un filet verveux et par vidange des bassins

En complément des captures dans le piège de la grande échelle, on a procédé en 2013 comme cela avait été réalisé en 2012 à divers échantillonnages des poissons en transit dans les bassins de cette grande échelle. Trois techniques ont été utilisées : i) du 17 juin au 16 septembre, placement de 4 nasses à anguilles dans le canal de sortie de l'échelle vers la Meuse et du 19 juin au 20 septembre, placement de 3 nasses à anguilles dans les bassins de l'échelle à différents niveaux ; ii) du 17 juin au 16 septembre, placement d'un filet –poche en travers du canal de sortie de l'échelle vers la Meuse et iii) le 21 juin et 19 juillet, vidange complète des bassins et récolte des poissons à l'épuisette.

**Tableau 30 Statistiques des captures de poissons effectuées en 2013 dans la grande échelle au moyen de nasses (n=3) placées dans les bassins du 19 juin au 20 septembre (29 contrôles), de nasses (n=4) placées en amont de la cage du 17 juin au 16 septembre (29 contrôles), d'un filet verveux installé en amont de la cage du 17 juin au 16 septembre (27 contrôles) et par vidange complète des bassins le 21 juin et le 19 juillet.**

Espèces	Nasse + Filet amont		Vidange		Total		Longueur (mm Lf)	
	N	Kg	N	Kg	N	Kg	Min	Max
Barbeau	69	41,1	23	9,5	92	50,6	65	299
Chevaine	1	0,023	1	0,104	2	0,127		119
Vandoise	1	0,063	-	-	1	0,063		168
Ide mélanote	14	0,17	-	-	14	0,17	78	114
Aspe	3	0,019	-	-	3	0,019	78	85
Ablette commune	1	0,009	6	0,06	7	0,069		98
Gardon	271	60	35	7,75	306	67,75	51	285
Perche	28	0,32	2	0,022	30	0,342	50	128
Silure	5	4,5	-	-	5	4,5	245	849
Gobie	1	0,003	-	-	1	0,003		72
Saumon	-	-	1	0,028	1	0,028		
Truite	-	-	2	0,128	2	0,128		
Anguille	118	17,6	28	4,03	146	21,63	306	856
<b>Total</b>	<b>512</b>	<b>123,81</b>	<b>98</b>	<b>21,62</b>	<b>610</b>	<b>145,43</b>		

Les résultats de ces échantillonnages présentés dans le tableau 30 mettent surtout en évidence la présence dans la grande échelle d'espèces de poissons non interceptées dans la cage comme l'anguille européenne ou interceptées en faibles effectifs comme le gardon et la perche fluviatile ce qui avait déjà été observé lors de l'année 2012 (tableau 30) et antérieurement.

Cette forme de sélectivité des captures provient du fait que chez les trois espèces concernées la totalité des individus (anguille) ou leur majorité (gardon, perche) parviennent à passer entre les barreaux du piège. Ainsi, les gardons retenus dans la cage en début d'année ont pour la plupart une taille supérieure à 20 cm.

**Tableau 31. Statistiques des captures de poissons effectuées en 2012 dans la grande échelle au moyen de nasses (n=5) placées dans les bassins du 18 juin au 17 septembre (27 contrôles), d'un filet verveux installé en amont de la cage-piège du 12 juillet au 13 septembre (18 contrôles) et par vidange complète des bassins le 30 mai.**

Espèces	Nasse + Filet amont		Vidange		Total		Longueur (mm Lf)	
	N	Kg	N	Kg	N	Kg	Min	Max
Barbeau	8	0,953	8	3,334	16	4,287	136	491
Chevaine	-	-	2	0,445	2	0,445	248	250
Gardon	18	1,941	94	12,841	112	14,782	110	237
Perche	11	0,613	30	1,2	41	1,813	126	199
Silure	-	-	1	10,37	1	10,37		961
Anguille	64	6,451	4	1,102	68	7,553	300	696
<b>Total</b>	<b>101</b>	<b>9,958</b>	<b>139</b>	<b>29,292</b>	<b>240</b>	<b>39,25</b>		

En 2013 les captures de gardons représentent 68,8 % des individus interceptés dans les nasses et filet en ne prenant pas en compte les captures d'anguilles, qui elles représentent 23 % du total d'individus capturés dans les nasses et filet. La majorité des anguilles (61,8%) est interceptée entre le 19 juillet à 24,2°C et le 05 août à 25°C.

On observe la capture dans les nasses et le filet en 2013 de plusieurs espèces, comme l'ide mélanote, la vandoise, l'aspe, l'ablette commune, la truite et le gobie qui n'ont pas été observés en 2012. On enregistre une augmentation des captures d'anguilles en 2013 avec n=118 contre n=64 en 2012. La même tendance existe pour le barbeau (n=69 en 2013 contre n=8 en 2012) et le gardon (n=271 en 2013 contre n=18 en 2012). Cette augmentation de capture s'explique certainement par l'installation de 3 nasses supplémentaires dans la passe à poissons de Lixhe (augmentation de l'effort de capture).

### 5.1.6. Marquage des poissons au moyen de puces électroniques

Dans le cadre du projet Anguille 2012-2014 FEP/ULG/SPW, une station RFID a été mise en place sur le site de Lixhe avec une antenne dans le dernier bassin en amont de la GE et dans l'avant dernier bassin de la PE. Ces antennes ont été installées en vue d'estimer le stock d'anguilles jaunes à hauteur du barrage et de la centrale hydroélectrique de Lixhe par marquage-redétection ou recapture.

Des puces électroniques RFID (CIPAM) ont été placées sur un échantillon de 440 poissons appartenant à 10 espèces et écotypes (tabl 32). Ces poissons, à l'exception des anguilles qui étaient relâchées en aval du barrage de Lixhe pour évaluer le stock, étaient relâchés 600 m à l'amont du barrage de Lixhe (km 127,7) en vue de leur détection automatique dans l'échelle à bassins du barrage de Monsin (km 114,6), 13,1 km à l'amont (voir point 5.2.) avec poursuite possible jusqu'au barrage d'Yvoz-Ramet sur la Meuse (km 97,1) à 30,6 km de Lixhe et 17,5 km de Monsin et jusqu'à celui de Liège Grosses-Battes sur la basse Ourthe, à 22 km de Lixhe.

**Tableau 32. Nombre de poissons des différentes espèces et écotypes marqués par puce électronique Tiris après capture dans les échelles à poissons de Lixhe puis détectés lors de leur passage dans des échelles à poissons à l'amont sur la Meuse à Monsin et Yvoz et sur la basse Ourthe à Angleur-Liège.**

Espèce	Marquage cipam		Détection cipam amont		
	Nombre	Longueur mm		n	%
Barbeau	13	314	706	1	7,6
Chevaine	13	286	524	8	61,5
Carpe	1	667		0	0
Ide mélanote	1	410		0	0
Aspe	11	427	641	0	0
Hotu	4	333	390	0	0
Silure	13	803	1340	0	0
Truite de mer	3	357	520	1	33
Anguille	380	293	856	35	9,2
Truite fario	1	447		1	100
<b>Total</b>	<b>440</b>			<b>46</b>	<b>10,5</b>

Les résultats de cette étude sont analysés en détail au point 5 2.

### 5.1.7. Perspectives de programme pour 2014

Poursuite des contrôles annuels et en continu des remontées des poissons dans les échelles du barrage de Lixhe impliquant les opérations suivantes :

(a) interception des saumons et des truites de mer à transférer (avec l'appui du Service de la Pêche) à la pisciculture d'Erezée ou à utiliser pour des études télémétriques/RFID ;

(b) Interception de toutes les autres espèces de poissons et marquage d'un maximum de poissons cibles (truite commune, barbeau, hotu, aspe, anguille) au moyen de puces électroniques pour suivre leur migration vers l'amont grâce à leur détection automatique (RFID) lors du passage dans les échelles de Monsin et d'Yvoz-Ramet sur la Meuse et d'Angleur Grosses Battes sur l'Ourthe. Envisager de poursuivre les suivis vers la Vesdre, dont le cours inférieur sera nouvellement équipé d'une échelle à poisson (site de Chênée) en 2014.

L'exécution de ce programme permettra aussi un suivi de l'évolution de la biodiversité des poissons dans la basse Meuse. Les échelles à poissons du barrage de Lixhe constituent en effet d'intéressants outils de surveillance de la biodiversité des poissons dans la Basse Meuse et il sera utile de poursuivre leur contrôle en 2014 sous cet angle afin de ne pas interrompre une série d'observations de 15 années dans la grande échelle et de 22 années dans la petite échelle. Une attention particulière doit être accordée à des espèces en régression (anguille, gardon, ablette commune) et en expansion (silure, aspe, ide mélanote).

**5.2. CARACTERISATION DE L'EFFICACITE DE LA  
REMONTÉE DES POISSONS DANS L'AXE FORME PAR LA  
MEUSE EN AVAL DU BARRAGE DE LIXHE, LES  
BARRAGES DE MONSIN ET D'YVOZ-RAMET ET LA BASSE  
OURTHE EN AMONT DU BARRAGE DE LIEGE/ GROSSES  
BATTES (équipe ULG)**

## 5.2. Caractérisation en 2013 de la migration de remontée dans l'axe Meuse entre Lixhe, Monsin, Yvoz-Ramet et Grosses Battes de poissons marqués par puce RFID à Lixhe

### 5.2.1. Mise en place du programme CIPAM en Meuse liégeoise

La libre circulation des poissons migrateurs en remontée dans la Meuse liégeoise à partir de la frontière néerlandaise mitoyenne à Eijsden (km 128,4 en Région wallonne) est perturbée par quatre grands barrages de navigation associés à une centrale hydroélectrique (fig. 73 et 74). De l'aval vers l'amont, ces ouvrages sont situés à Lixhe-Visé (km 127,7), Monsin-Liège (km 114,6), Yvoz-Ramet (km 97,1) et Ampsin-Neuvville (km 82,7).

Dans le cadre du programme Saumon Meuse, ces barrages ont été équipés par le SPW (DGO3) d'une nouvelle échelle à poissons moderne en 1998 à Lixhe, 2001 à Monsin et 2002 à Yvoz-Ramet et d'autres nouvelles constructions sont prévues : une passe spécifique à anguilles à Yvoz-Ramet et une rivière de contournement à Ampsin. Dans le bief entre les barrages de Monsin et d'Yvoz-Ramet débouche l'Ourthe barrée par un obstacle majeur, le barrage des Grosses Battes, qui a aussi été équipé en 2009 d'une passe à poissons moderne.

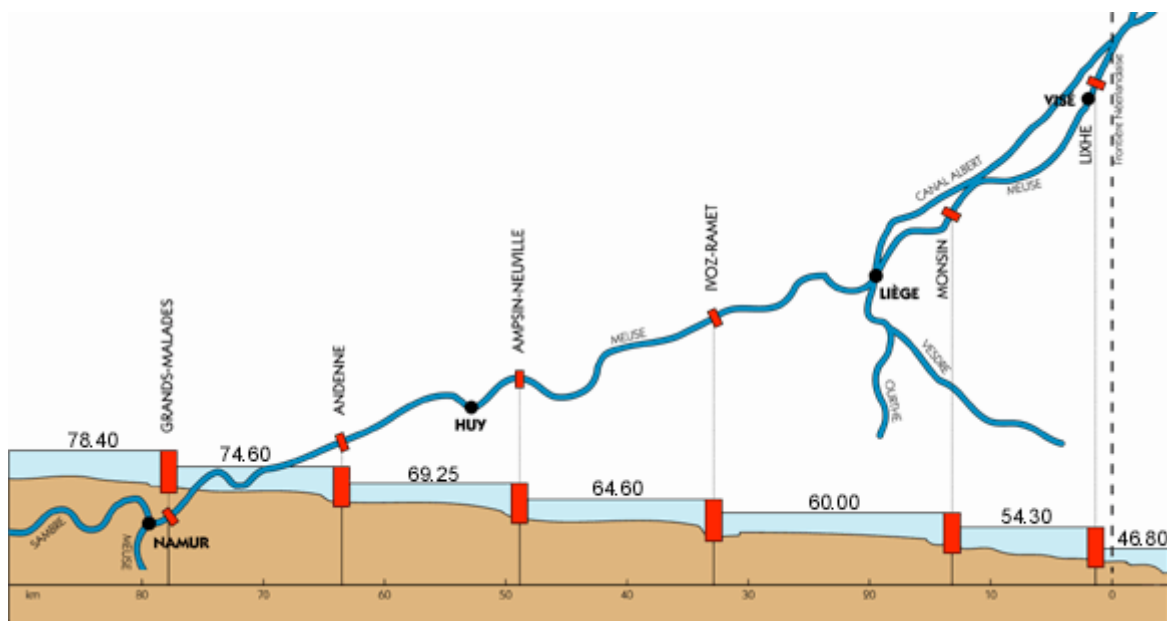


Figure 73. Localisation des barrages de navigation+ centrales hydroélectriques sur la Meuse wallonne entre Visé et Namur (source : SPE).

Jusqu'à 2010, l'efficacité du rétablissement de la libre remontée des poissons migrateurs en Meuse liégeoise a surtout été vérifiée grâce à des pièges de capture installés dans les échelles de Lixhe et de Liège Grosses Battes. Dépourvues de piège de capture, les échelles de Monsin et d'Yvoz n'ont pu être contrôlées qu'exceptionnellement par vidange complète des bassins et récolte des poissons à l'épuisette. La passe à poissons de Liège Grosse Battes n'est plus contrôlée depuis janvier 2013 pour cause de dommages engendrés aux poissons piégés dans la cage.

Au cours de la dernière décennie, quelques observations intéressantes ont toutefois pu être réalisées grâce au suivi télémétrique de poissons interceptés en remontée à Lixhe, pourvus d'un émetteur radio, relâchés dans la Meuse en amont du barrage puis radio-pistés manuellement dans l'axe Meuse et dans la basse Ourthe (voir rapports saumon des années 1997-1998)

A partir de 2010, l'ULg a entrepris de mettre en place progressivement en région liégeoise un réseau de détection automatique (méthode RFID d'identification par radio-fréquence) du passage dans les ouvrages de franchissement des barrages par des poissons porteurs d'une puce électronique. Pour suivre la remontée de poissons au-delà du barrage de Lixhe, la mise en place du réseau de détection a progressé selon le calendrier suivant : échelle de Monsin en 2010, échelle d'Yvoz-Ramet en 2011 et échelle de Liège Grosses Battes en 2012. En 2013 la passe à poissons de Lixhe à été équipée d'une station cipam pour permettre des études d'estimation de stock par marquage-redétection.



Figure 74. Vues aériennes (Google map) des sites des barrages+centrales hydroélectriques d'Ampsin-Neuville (a), Yvoz-Ramet (b), Monsin-Liège (c) et Lixhe –Visé (d) sur la Meuse liégeoise.

## 5.2.2. Description du réseau de détecteurs CIPAM en Meuse liégeoise

### 5.2.2.1. Méthode utilisée

L'équipement CIPAM de détection automatique permet de suivre individuellement les poissons marqués avec un transpondeur RFID. Le poisson marqué est détecté automatiquement lors de son passage à travers une antenne installée dans la passe à poissons et reliée à une station d'enregistrement, l'information est directement transmise à cette station. Le code du poisson détecté est stocké en mémoire avec comme informations la date et l'heure de la détection. Ces données seront par la suite transférées sur un ordinateur pour y être analysées.

Le marquage s'effectue par insertion du transpondeur RFID (fig. 75) dans la cavité abdominale du poisson. Le poisson est au préalable anesthésié et les instruments désinfectés. Une incision de 5mm est réalisée pour permettre l'insertion de la puce dans la cavité abdominale. Une fois le marquage effectué le poisson est maintenu en stabulation le temps qu'il soit bien réveillé.

### 5.2.2.2. Echelle à poissons du barrage de Monsin-Liège

L'équipement CIPAM de détection automatique RFID (identification par radio-fréquence) de poissons marqués par transpondeurs TIRIS Texas-Instruments (fig. 75), a été installé en début 2010 dans un bassin supérieur de l'échelle de Monsin (fig. 76).



Figure 75. Transpondeur TIRIS (Texas Instrument) et lecteur de marque portable



Figure 76. Partie supérieure de l'échelle à poissons à bassins du barrage de Monsin-Liège sur la Meuse (km 114,6). L'antenne de détection RFID a été placée au niveau de la dernière échancrure de la passe à poissons de Monsin.

### 5.2.2.3. Echelle à poissons du barrage d'Yvoz-Ramet

Une installation de détection CIPAM a été mise en place (fig. 77) en fin juillet 2011 dans l'échelle à poissons d'Yvoz-Ramet, au km 97,1 de la Meuse wallonne et à 17,5 km et 30,6 km en amont de Monsin et de Lixhe respectivement.



Figure 77. Détecteur CIPAM de poissons pucés installé en 2011 dans la passe à bassins du barrage d'Ivoz-Ramet sur la Meuse (km 97,1). Au-dessus : antenne de détection placée sur la fente du bassin supérieur à sec (à gauche) et sous eau (à droite). En-dessous : boîtier électronique (à gauche) abrité dans un local du barrage+centrale hydroélectrique (à droite).

### 5.2.2.5. Echelle à poissons du barrage de Liège Grosses Battes

Dans l'échelle à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe (fig 78), l'installation d'un détecteur RFID a été mise en place le 29 mars 2012 dans l'avant dernier bassin de l'échelle.



Figure 78. Au-dessus : antenne de détection CIPAM placée en 2012 au niveau d'une échancrure à l'amont de l'échelle à poissons du barrage des Grosses Battes sur la basse Ourthe à Liège. En dessous : station d'enregistrement des données logée dans une armoire métallique spécialement installée sur la pile du barrage mobile.

### 5.2.2.6. Echelle à poissons de barrage de Lixhe

La passe à poissons de Lixhe a été équipée d'un système de détection automatique Cipam mis en route le 19 avril 2013. L'installation est composée d'une station qui est dans un petit abri en bois sous le pont de Lixhe et de deux antennes (fig. 79), une dans le dernier bassin de la grande échelle de Lixhe et la seconde dans l'avant dernier bassin de la petite échelle. Cet équipement est destiné à détecter les poissons qui seront relâchés en aval du barrage pour estimation du stock et nous permettra également d'identifier les poissons porteurs d'une

marque RFID qui auraient dévalé en aval du barrage de Lixhe après avoir été relâchés en amont.



**Figure 79.** Au-dessus : antenne de détection CIPAM placée au niveau d'une échancrure à l'amont de la grande échelle à poissons de Lixhe sur la Meuse. En dessous : antenne de détection CIPAM placée au niveau d'une échancrure à l'amont de la petite échelle à poissons de Lixhe sur la Meuse.

## 5.2.3. Conditions environnementales

### 5.2.3.1 Station principale de monitoring au barrage de Monsin sur la Meuse

#### *Régime des débits*

Le débit de la Meuse à hauteur du barrage+centrale hydroélectrique de Monsin (débit turbiné maximum de 450 m<sup>3</sup>/s avec 3 turbines Kaplan à axe vertical de 150 m<sup>3</sup>/s) est la résultante de l'apport venant de l'amont (station de Liège) et de la dérivation de l'eau vers le canal Albert. L'eau qui arrive au barrage de Monsin est transférée vers l'aval en direction du barrage de Lixhe et des Pays-Bas par trois voies possibles : le turbinage hydroélectrique, la surverse aux déversoirs ainsi que les pertes diverses au niveau des vannes et l'alimentation de l'échelle à poissons (y compris le débit d'attrait).

Le régime des débits dans le bief Lixhe–Monsin de 13,5 km est reflété par les mesures effectuées à Lixhe (fig. 80). La situation hydrologique de la Meuse à Lixhe en 2013 est similaire à celle de 2012, nous n'avons pas connu de réduction ou l'arrêt complet de l'alimentation en eau de l'échelle comme cela avait été le cas en 2011.

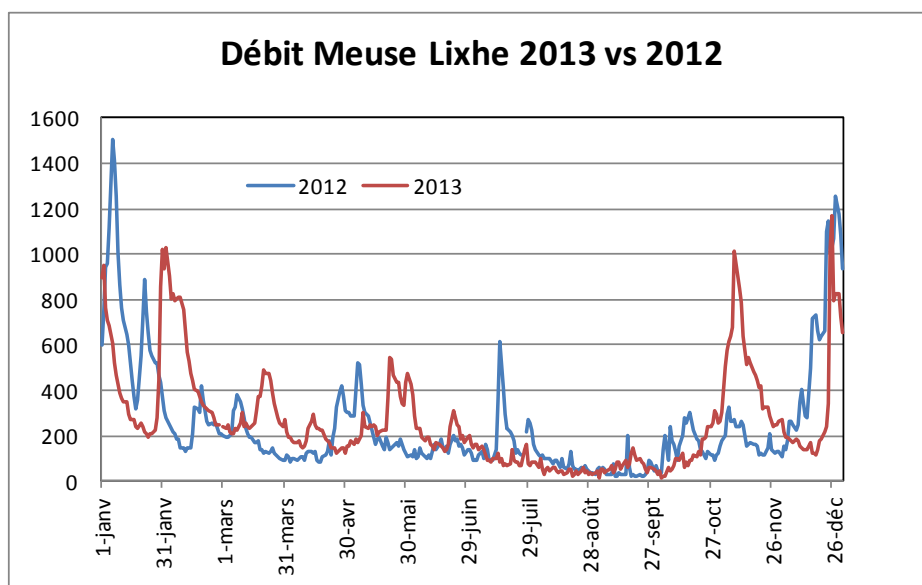


Figure 80. Débits moyens journaliers de la Meuse à Visé-Lixhe en 2013 (trait rouge) par rapport à 2012 (trait bleu) (source : SETHY SPW).

#### *Régime des températures de l'eau*

Le régime thermique de la Meuse dans le bief Monsin-Lixhe apparaît nettement plus froid en 2013 qu'en 2012 à des périodes critiques pour la migration des poissons. Cette période est comprise entre début mars et fin juin, avec 6,8°C en mars (vs 10,8°C en 2012), 10,8°C en avril (vs 13,1°C en 2012), 14,4 °C en mai (vs 16,7°C en 2012) et 18,4 °C en juin (vs 20°C en 2012). Entre début août et fin décembre 2013, le régime thermique de la Meuse est relativement identique à celui de 2012.

Sur la base des moyennes mensuelles (fig. 9), les régimes des températures de la Meuse à Monsin et à Lixhe sont globalement fort comparables avec toutefois une tendance à un léger échauffement artificiel à Monsin par rapport à Lixhe par les rejets thermiques industriels (CN

Tihange+ TGV Seraing+ Les Awirs) en amont de Liège et de la confluence de l'Ourthe.

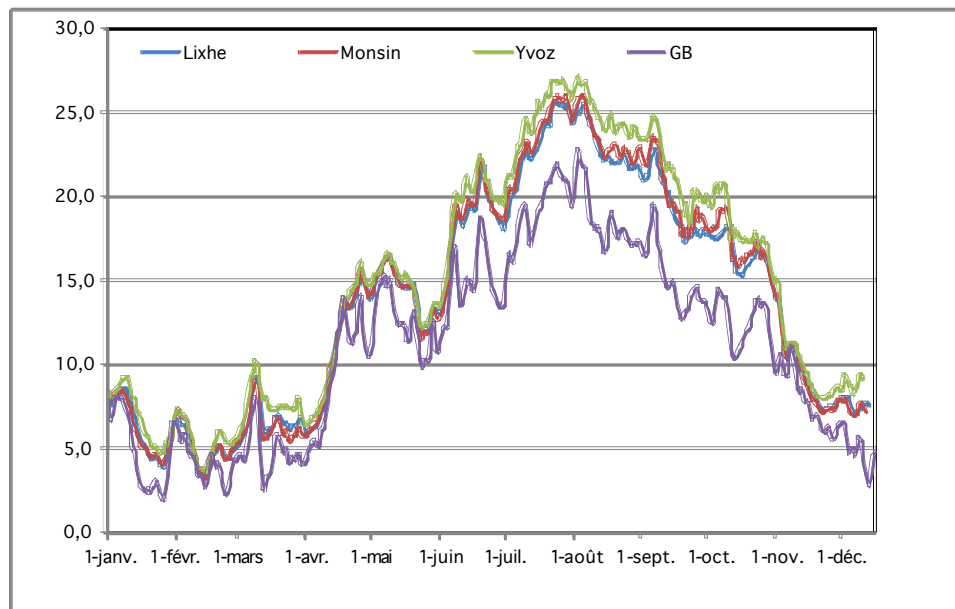


Figure 81. Comparaison des régimes des températures moyennes en 2013 dans la Meuse à Lixhe, Monsin et Yvoz-Ramet et dans l'Ourthe à Liège Grosses Battes (GB).

### 5.2.3.2 Station de monitoring au barrage d'Ivoz-Ramet sur la Meuse en amont de Liège

A hauteur du barrage d'Ivoz, la température de la Meuse est sensiblement plus élevée que dans les stations de l'aval à Monsin et Lixhe. L'écart des températures moyennes mensuelles entre Yvoz et Lixhe est d'environ +1,6°C en juillet, +1,9 °C en août et septembre et + 1,6°C en octobre en faveur d'Ivoz. Cette situation peut s'avérer attractive pour l'anguille plutôt thermophile mais répulsive pour les salmonidés et les cyprins d'eau rapide.

### 5.2.3.3 Station de monitoring au barrage de Liège Grosses Battes sur l'Ourthe

La température moyenne de l'eau est plus basse dans l'Ourthe à Liège Grosses Battes que dans la Meuse à Yvoz-Ramet avec une différence de température pouvant aller jusqu'à 7,7°C. A la confluence Ourthe – Meuse existent donc des conditions thermiques attractives pour les poissons d'eau froide et fraîche tels que les salmonidés (truite et saumon) et les cyprins d'eau rapide, spécialement le barbeau, le chevaine et le hotu.

## 5.2.4. Détections des passages de poissons pucés dans les stations de monitoring

### 5.2.4.1. Détection en 2013 des poissons marqués en 2013

Au cours de l'année 2013, 440 poissons ont été pucés à Lixhe. Tous les individus marqués à l'exception des anguilles ont été relâchés en amont du barrage de Lixhe. Sur les 60 poissons marqués seul 11 (18%) ont été détectés en amont de Lixhe (tabl. 33) : 1 barbeau, 1 truite de mer, 1 truite fario et 8 chevaines en 2013. Trois poissons (1 barbeau, 1 truite de mer et 1 truite fario) ont été détectés en amont de Monsin. Sur les 11 poissons détectés en amont de Lixhe seule la truite de mer n'a pas été détectée à Monsin.

**Tableau 33. Nombre de poissons des différentes espèces et écotypes marqués par puce électronique Tiris après capture dans les échelles à poissons de Lixhe puis détectés lors de leur passage dans des échelles à poissons à l'amont sur la Meuse à Monsin et Yvoz et sur la basse Ourthe à Angleur-Liège pour l'année 2013.**

Espèce	Marquage cipam		Détection cipam amont	
	Nombre	Longueur mm	n	%
Barbeau	13	314 706	1	7,6
Chevaine	13	286 524	8	61,5
Carpe	1	667	0	0
Ide mélanote	1	410	0	0
Aspe	11	427 641	0	0
Hotu	4	333 390	0	0
Silure	13	803 1340	0	0
Truite de mer	3	357 520	1	33
Anguille	380	293 856	35	9,2
Truite fario	1	447	1	100
<b>Total</b>	<b>440</b>		<b>46</b>	<b>10,5</b>

Pour les espèces typiquement rhéophiles représentées par les salmonidés (truite de mer et truite fario) et les cyprins d'eau vive (barbeau, chevaine, hotu), le taux de franchissement de l'échelle de Monsin des individus marqués à Lixhe est de 32,4 % (11/34) avec un score maximum significatif chez le chevaine de 61,5 % (8/13), la truite de mer 33% (1/3) et la truite fario 100 % (1/1). Sur les trois poissons détectés en amont une truite de mer, détectée à Yvoz le 19 juin et marquée le 13 juin à Lixhe, n'a pas emprunté l'échelle de Monsin. Nous n'avons pas observé de disfonctionnement de la station cipam à Monsin, il est probable que le poisson soit passé par une autre voie comme l'écluse de Monsin (fig. 82).



**Figure 82. Vue aérienne du barrage de Monsin et de l'écluse de Monsin par où les poissons peuvent bifurquer vers le canal Albert et remonter vers la Meuse, sans passer par l'échelle à poissons du barrage de Monsin.**

Chez les espèces plutôt limnophiles et assimilées (aspe), le taux de franchissement à Monsin des individus marqués à Lixhe en 2013 est nul (0/26), ce qui est comparable aux résultats de 2012 (1/14). Ce constat peut s'expliquer de deux manières : premièrement parce que les poissons éprouvent des difficultés à franchir l'échelle à bassins, deuxièmement parce qu'ils ne cherchent pas à la remonter car ils trouvent les conditions d'habitat recherchées dans le bief Lixhe-Monsin.

Dans le cas de l'anguille, 9,2 % (35/380) des poissons marqués à Lixhe ont été détectés en amont. Ce taux assez faible peut s'expliquer par le fait qu'en 2013 la totalité des anguilles a été marquée puis relâchée en aval du barrage de Lixhe en vue d'une estimation du stock. Ces poissons ont donc du remonter une seconde fois l'échelle de Lixhe avant de pouvoir continuer leur migration vers l'amont.

#### *Remontée des poissons dans la basse Ourthe à Liège*

Aucun poisson marqué en 2013 à Lixhe n'a franchi la passe à poissons de Liège Grosses Battes en 2013.

En ce qui concerne l'anguille, ce résultat s'explique probablement parce que l'axe Ourthe correspond à un habitat (eau courante et assez froide) moins favorable que l'axe Meuse canalisée dans le prolongement du barrage de Monsin.

#### *Remontée des poissons dans la Meuse jusqu'au barrage d'Yvoz-Ramet*

Un barbeau et une truite de mer ont effectué en 2013 une migration de remontée de Lixhe jusqu'à l'échelle d'Yvoz-Ramet. La truite de mer marquée le 13 juin à Lixhe a été détectée à Yvoz-Ramet le 19 juin sans être passée par la passe à poissons de Monsin. Le barbeau a effectué sa migration de Lixhe à Monsin en 4 jours et de Monsin à Yvoz-Ramet en 7 jours.

En revanche, on a détecté à Yvoz-Ramet le passage de 4 anguilles qui ont mis de 12 à 42 jours (moyenne 23 jours) pour parcourir une distance de 30,6 km entre Lixhe et Yvoz, dont 5 jours en moyenne pour passer de Monsin à Yvoz (17,5 km). Dans l'analyse des remontées des anguilles au barrage d'Yvoz, il faut tenir compte d'une possibilité de passage de poissons par les écluses de navigation en rive droite.

Dans l'interprétation de ces chiffres, il faut tenir compte du fait qu'il s'agit de valeurs sous-estimées car :

- i) bon nombre de poissons marqués en 2013 à l'amont de Lixhe pourront poursuivre leur migration de remontée en 2014 et ultérieurement;
- ii) on ne doit pas exclure le franchissement du barrage de Monsin par des voies alternatives comme l'écluse de Monsin entre la Meuse et le canal Albert ou, dans le cas des anguilles, de petits interstices sous ou entre les vannes du barrage
- iii) les poissons pucés sont susceptibles de subir une certaine mortalité pendant leur séjour en Meuse après marquage. Par expérience, cette probabilité est faible.
- iv) il peut y avoir perte de la puce après marquage, mais par expérience, cette probabilité est quasi nulle.

### 5.2.4.2. Détection en 2012 et 2013 des poissons marqués en 2012

En 2012, sur les 451 poissons pucés relâchés en amont du barrage de Lixhe, le nombre d'individus détectés dans les échelles de l'amont s'élève au total à 75 (tabl. 34) : 1 truite de mer, 1 truite arc-en-ciel, 16 barbeaux, 9 chevaines, 1 tanche et 47 anguilles. Plusieurs poissons (9 barbeaux, 6 chevaines et 3 anguilles) ont été détectés en amont de Monsin mais pas dans cette station en raison du fait que l'antenne y a été défectueuse pendant environ 1 mois entre le 2 mai et le 8 juin, en pleine la période de remontée des cyprins rhéophiles (barbeau et chevaine). Cela signifie donc que les taux de détection-recapture présentés dans le tableau sont sous-estimés du fait du dysfonctionnement de l'antenne, car des poissons pucés ont certainement franchi l'échelle de Monsin sans être détectés entre le 2 mai et le 8 juin et n'ont pas nécessairement été détectés dans la Meuse à Yvoz-Ramet ou dans l'Ourthe à Liège Grosses Battes. Par ailleurs, on peut raisonnablement considérer que les poissons détectés dans la Meuse en amont du barrage de Monsin et donc aussi dans l'Ourthe sont passés par l'échelle à bassins qui équipe cet ouvrage.

**Tableau 34. Nombre de poissons des différentes espèces et écotypes marqués par puce électronique Tiris après capture dans les échelles à poissons de Lixhe puis détectés lors de leur passage dans des échelles à poissons à l'amont sur la Meuse à Monsin et Yvoz et sur la basse Ourthe à Angleur-Liège. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux poissons non détectés à Monsin en raison d'un dysfonctionnement de l'antenne entre le 2 mai et le 8 juin.**

Espèce	Marquage cipam Lixhe 2012			Détection cipam 2012			Individus différents	
	Nombre	Longueur (mm Lf)		Monsin	Yvoz	GB	N	%
Truite de mer	4	435	710	1	0	0	1	25
Truite fario	1	381		0	0	0	0	0
Truite a-e-c	1	520		0	0	1 (1)	1	100
Barbeau	40	306	691	7	0	11 (9)	16	40
Chevaine	16	291	464	3	1 (1)	5 (5)	9	56
Hotu	1	528		0	0	0	0	0
<i>Espèces rhéophiles</i>	63			11	1(1)	17 (15)	27	42,8
Aspe	6	399	570	0	0	0	0	0
Ide mélanote	2	467	556	0	0	0	0	0
Tanche	1	495		0	0	1 (1)	1	100
Carpe marbrée	2	701	832	0	0	0	0	0
Carpe de roseau	1	657		0	0	0	0	0
Silure	2	844	1370	0	0	0	0	0
Anguille	374	281	790	45	12 (3)	2 (1)	47	12,6
<b>Total</b>	<b>451</b>			<b>56</b>	<b>13 (4)</b>	<b>20(17)</b>	<b>75</b>	<b>16,6</b>

En 2013, sur les 451 individus interceptés et marqués en 2012 à Lixhe (tabl. 34), nous avons détecté 62 individus (4 barbeaux, 1 aspe et 57 anguilles) en amont de Lixhe, différents de ceux détectés en 2012. Le nombre d'anguilles détectées en 2013 est de n=57 contre n=47 en 2012. En ce qui concerne les autres espèces marquées en 2012, 4 barbeaux et un aspe ont été détectés en 2013.

Le pourcentage d'individus différents détectés en 2012 et 2013 atteint 49,2 % chez les espèces rhéophiles avec 50 % (20/40) pour le barbeau et 56 % (9/16) pour le chevaine. En ce qui concerne l'anguille le taux de détection atteint 27,8 % (104/374). Pour l'ensemble des espèces marquées en 2012 le pourcentage de détections pour la période 2012-2013 est de 30,4 %.

**Tableau 35** Nombre de poissons des différentes espèces et écotypes marqués par puce électronique RFID après capture dans les échelles à poissons de Lixhe en 2012, puis détectés lors de leur passage dans des échelles à poissons à l'amont sur la Meuse à Monsin et à Yvoz et sur la basse Ourthe à Angleur-Liège en 2012 et 2013. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux poissons non détectés à Monsin en raison d'un dysfonctionnement de l'antenne entre le 2 mai et le 8 juin.

Espèce	Marquage cipam Lixhe 2012			Détection cipam 2012-2013			Individus différents	
	Nombre	Longueur (mm Lf)		Monsin	Yvoz	GB	N	%
Truite de mer	4	435	710	1	0	0	1	25
Truite fario	1		381	0	0	0	0	0
Truite a-e-c	1		520	0	0	1 (1)	1	100
Barbeau	40	306	691	10	0	15 (10)	20	50
Chevaine	16	291	464	3	1 (1)	5 (5)	9	56
Hotu	1		528	0	0	0	0	0
<i>Espèces rhéophiles</i>	63			14	1(1)	20 (16)	31	49,2
Aspe	6	399	570	1	0	0	1	17
Ide mélanote	2	467	556	0	0	0	0	0
Tanche	1		495	0	0	1 (1)	1	100
Carpe marbrée	2	701	832	0	0	0	0	0
Carpe de roseau	1		657	0	0	0	0	0
Silure	2	844	1370	0	0	0	0	0
Anguille	374	281	790	96	16 (4)	6 (2)	104	27,8
<b>Total</b>	<b>451</b>			<b>111</b>	<b>17 (5)</b>	<b>26 (18)</b>	<b>137</b>	<b>30,4</b>

En observant les tableaux 2 et 3, on remarque une augmentation de 2012 à 2013 des détections pour le barbeau et l'anguille. Le taux de détection pour l'anguille est passé de 12,6 % en 2012 à 27,8 % en 2013. Cette observation peut s'expliquer par la faible vitesse de migration des anguilles jaunes dans le bief Lixhe-Monsin. On retrouve les espèces rhéophiles en plus grand nombre aux GB sur l'Ourthe avec 20 individus qu'à Yvoz-Ramet sur la Meuse avec 1 seul individu. Ce résultat confirme l'existence d'une importante connexion écologique fonctionnelle entre la basse Meuse et la basse Ourthe qui offre de bonnes frayères aux cyprins d'eau vive.

#### 5.2.4.3. Bilan général 2010-2013 des passages de poissons pucés dans l'échelle de Monsin

Au cours des quatre années 2010, 2011, 2012 et 2013, 372 poissons (sans prendre en compte les anguilles) ont été marqués individuellement au moyen d'une puce électronique puis relâchés dans la Meuse en amont du barrage de Lixhe après capture dans l'une de ses échelles.

A ce jour, on a enregistré (tabl. 36) la détection-recapture dans une échelle de l'amont de Lixhe de près de 112 poissons différents (30,1%). Pour les espèces rhéophiles ce taux de détections atteint 40,5 % avec 31,3 % pour la truite de mer (5/16), 38,2 % pour le barbeau (29/76), 50 % pour la truite fario (2/1) et 54,8 % pour la chevaine (17/31).

**Tableau 36. Nombre de poissons des différentes espèces et écotypes marqués par puce électronique Tiris après capture dans les échelles à poissons de Lixhe de 2010 à 2013, puis détectés lors de leur passage dans des échelles à poissons à l'amont sur la Meuse à Monsin et à Yvoz et sur la basse Ourthe à Angleur-Liège en 2012 et 2013. Les chiffres entre parenthèses correspondent aux poissons non détectés à Monsin en raison d'un dysfonctionnement de l'antenne entre le 2 mai et le 8 juin 2012.**

Espèce	Marquage cipam Lixhe 2012			Détection cipam 2012-2013			Individus différents	
	Nombre	Longueur (mm Lf)		Monsin	Yvoz	GB	N	%
Truite de mer	4	435	710	1	0	0	1	25
Truite fario	1	381		0	0	0	0	0
Truite a-e-c	1	520		0	0	1 (1)	1	100
Barbeau	40	306	691	10	0	15 (10)	20	50
Chevaine	16	291	464	3	1 (1)	5 (5)	9	56
Hotu	1	528		0	0	0	0	0
<i>Espèces rhéophiles</i>	<i>63</i>			<i>14</i>	<i>1(1)</i>	<i>20 (16)</i>	<i>31</i>	<i>49,2</i>
Aspe	6	399	570	1	0	0	1	17
Ide mélanote	2	467	556	0	0	0	0	0
Tanche	1	495		0	0	1 (1)	1	100
Carpe marbrée	2	701	832	0	0	0	0	0
Carpe de roseau	1	657		0	0	0	0	0
Silure	2	844	1370	0	0	0	0	0
Anguille	374	281	790	96	16 (4)	6 (2)	104	27,8
<b>Total</b>	<b>451</b>			<b>111</b>	<b>17 (5)</b>	<b>26 (18)</b>	<b>137</b>	<b>30,4</b>

Le nombre de détection apparait très variable selon les espèces et les groupes écologiques d'espèces mais également en fonction des lieux de détections :

Les espèces rhéophiles typiques comme les truites, le barbeau et le chevaine se retrouvent comme déjà observé en majorité dans la passe à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe avec 78 % des poissons détectés en amont de Monsin contre 22 % dans la passe à poissons d'Yvoz-Ramet sur la Meuse. En prenant en compte l'ensemble des poissons détecté en amont de Monsin, le taux de franchissement du barrage de Monsin est de 40,5 % chez les espèces rhéophiles marqués à Lixhe contre 5,5 % chez les espèces peu rhéophiles comme la carpe, la brème commune, le brochet et le silure auxquelles on adjoint l'ide et l'aspe.

Ce taux plus important de 40,5 % de franchissement enregistré chez les espèces rhéophiles, s'explique par le fait que ces espèces doivent migrer vers l'amont pour trouver des habitats de ponte favorables à leur reproduction, en l'occurrence dans l'Ourthe. On ne peut exclure qu'un certain nombre de ces poissons rhéophiles comme le chevaine et le hotu se reproduisent en Meuse en aval du barrage de Monsin.

Le très faible (5,5 %) taux de franchissement enregistré avec des espèces peu rhéophiles peut s'expliquer par le fait que les poissons concernés ne cherchent pas à remonter plus loin car ils trouvent les conditions d'habitat recherchées (végétation et gravier) dans le bief Lixhe-Monsin, et notamment dans la zone en aval des déversoirs où existent des hauts-fonds de gravier. Ces derniers peuvent, notamment, convenir comme frayères pour des poissons tels que l'ide mélanote et l'aspe réputés grands migrateurs dans les fleuves.

**On a enregistré le passage d'un silure à Yvoz-Ramet le 11 juin 2013, qui avait été marqué le 18 avril 2011 à Lixhe.**

Dans l'interprétation de ces chiffres, il faut tenir compte du fait qu'il s'agit de valeurs sous-estimées car :

i) bon nombre de poissons marqués en 2013 à l'amont de Lixhe n'effectueront leur migration de remontée qu'en 2014 ;

ii) on ne doit pas exclure le franchissement du barrage de Monsin par des voies alternatives comme l'écluse de Monsin entre la Meuse et le canal Albert ou, dans le cas des anguilles, de petits interstices sous ou entre les vannes du barrage

iii) les poissons pucés sont susceptibles de subir une certaine mortalité pendant leur séjour en Meuse après marquage.

v) il y a risque de perte de la puce après marquage, mais la probabilité très faible.

#### 5.2.4.4. Analyse fine de la dynamique de migration par détection RFID en Meuse et dans l'Ourthe

Les stations de détections installées dans la passe à poissons de Monsin, des Grosses Battes et d'Yvoz-Ramet permettent de définir à quelle période du cycle nyctéméral les poissons utilisent les passes migratoires.

A Monsin de 2010 à 2013 (fig.83), 27 poissons différents (12 barbeaux, 10 chevaines et 5 truites) ont été détectés dans la passe à poissons. La majorité des détections (78 %) à lieu entre 18h00 et 09h00. La période d'activité du chevine s'étale sur les 24h, celle du barbeau se situe entre 23h00 et 10h00 et celle de la truite entre 8h00 et 17h00.

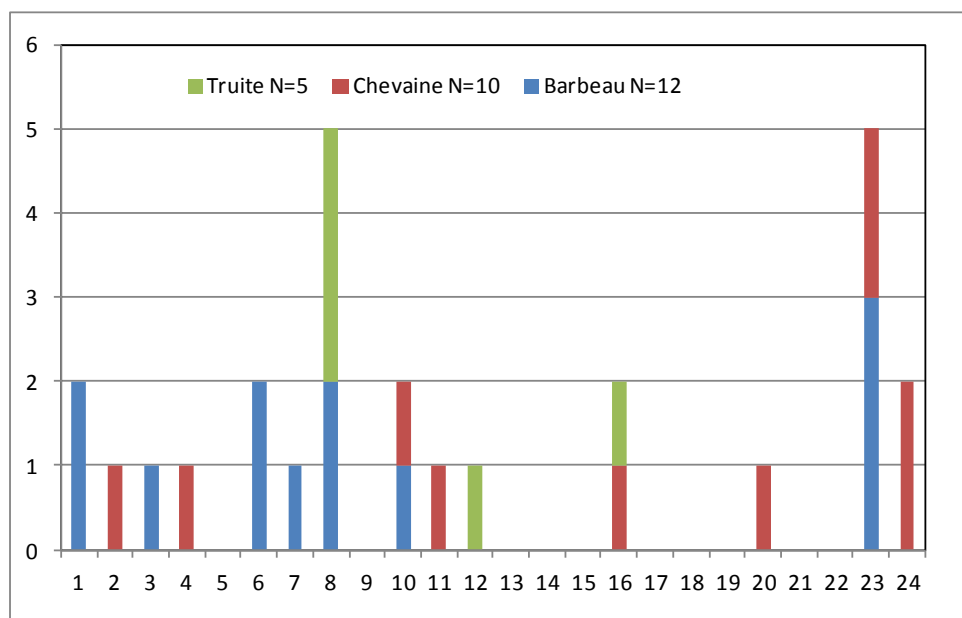


Figure 83. Heure de la première détection des poissons dans l'échelle à poissons de Monsin

Aux Grosses Battes 98 % des poissons sont détectés entre 18h00 et 09h00 (fig.84). Le pic d'activité se situe entre 24h00 et 03h00. La période d'activité de la truite est de 19h00 à 01h00. Seul deux individus ont été détectés en pleine journée.

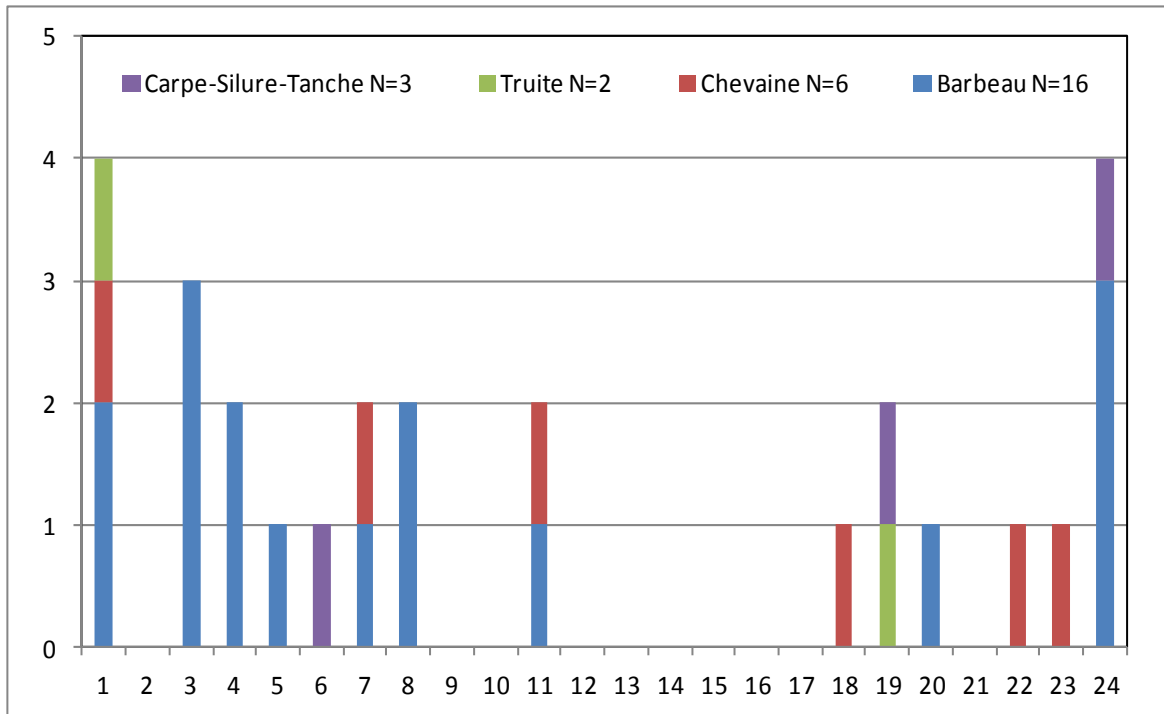


Figure 84. Heure de la première détection des poissons dans l'échelle à poissons des Grosses Battes

A Yvoz-Ramet la totalité des poissons (n=8) à été détecté de 19h00 à 06h00.

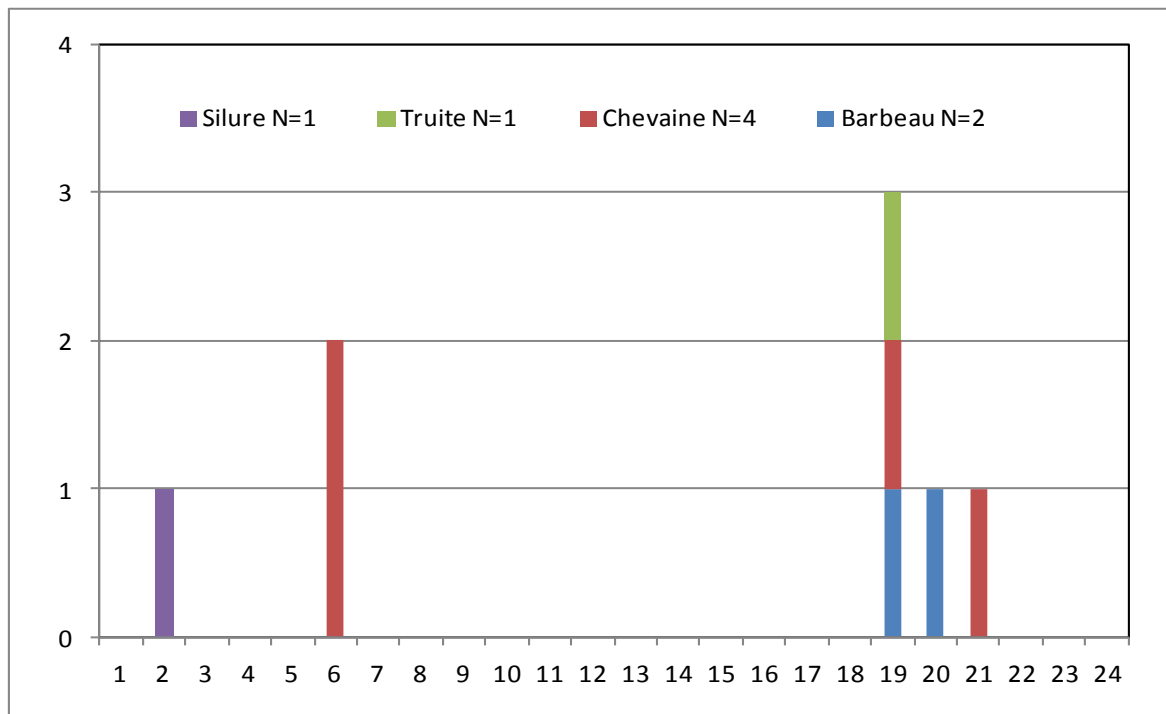


Figure 85. Heure de la première détection des poissons dans l'échelle à poissons d'Yvoz-Ramet

La figure 86 nous renseigne sur la période d'activité cumulée des poissons dans les échelles à poissons de Monsin et d'Yvoz-Ramet sur la Meuse et aux Grosses Battes sur l'Ourthe. La majorité des détections (86 %) est comprise entre 18h00 et 8h00.

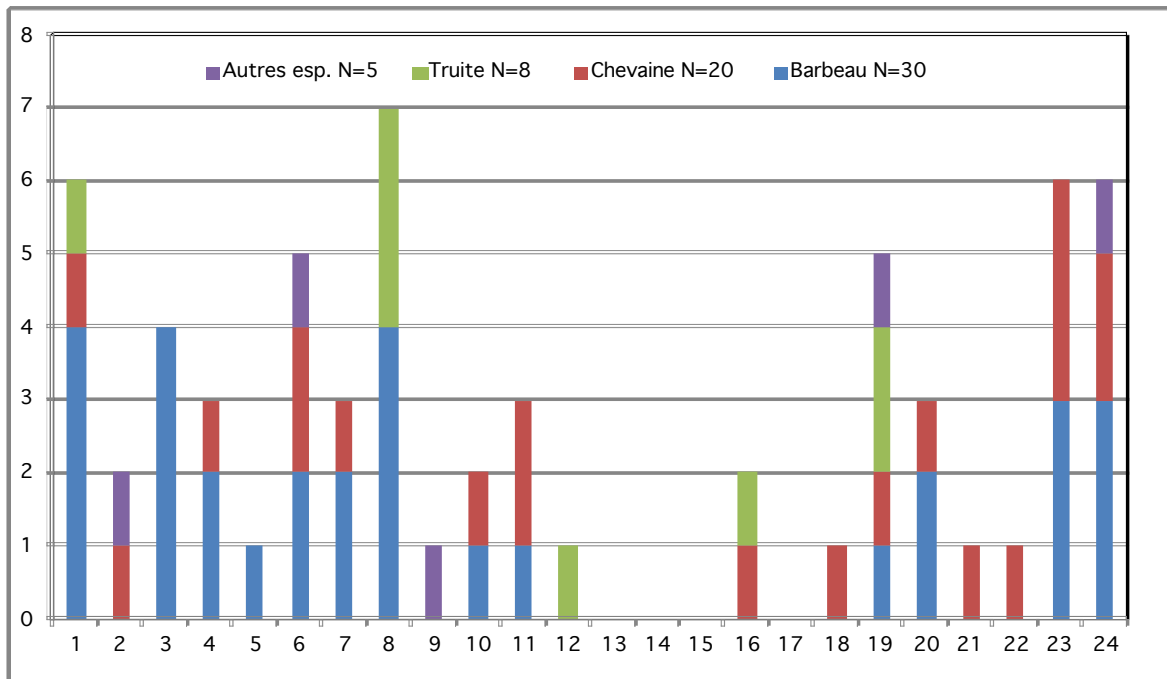


Figure 86. Heure de la première détection des poissons dans les échelles à poissons de Monsin et d'Yvoz-Ramet sur la Meuse et des Grosses Battes sur l'Ourthe

Au niveau de la répartition mensuelle des captures, toutes échelles cumulées, on observe un pic de détection concentré entre avril et juillet pour le barbeau, le chevaine et la truite (fig.15). Une seconde vague de détections est comprise entre octobre et décembre où l'on retrouve le barbeau et la truite, comme déjà observé durant l'ouverture de l'échelle à poissons des Grosses Battes avec n=35 barbeaux en automne. Cela confirme une utilisation des échelles à poissons de Meuse et de l'Ourthe Grosses Battes à la fois pendant et en dehors des périodes de reproduction.

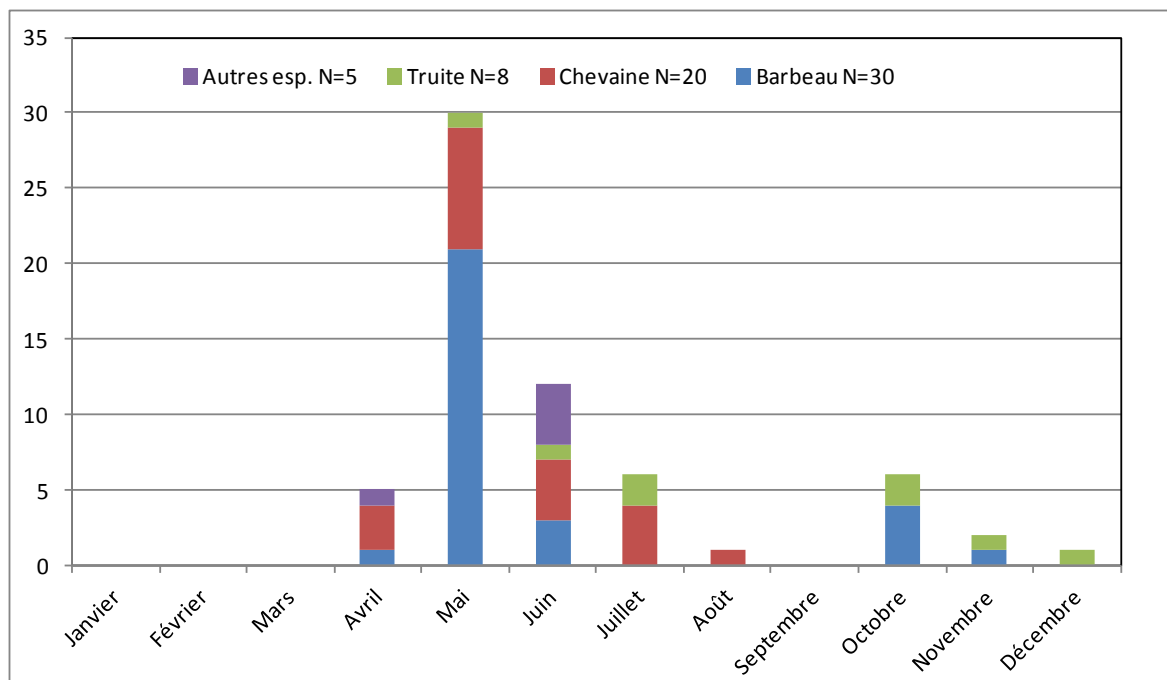


Figure 87. Nombre d'individus différents détectés dans les échelles à poissons, de Monsin, d'Yvoz-Ramet et des Grosses Battes, au cours de l'année (période 2010-2013)

### **5.2.5. Conclusions générales et perspectives**

Au cours de ces quatre années (2010, 2011, 2012 et 2013), la migration de poissons pucés relâchés dans la Meuse en amont du barrage de Lixhe après capture dans les échelles de ce barrage a pu bénéficier d'un monitoring automatique par système CIPAM installé dans trois échelles à poissons stratégiques en région liégeoise : sur l'axe Meuse aux barrages de Monsin-Liège et d'Yvoz-Ramet et sur la basse Ourthe au barrage de Liège Grosses Battes. Grâce à ce réseau de trois stations CIPAM, des données ont pu être collectées sur 112 (12,2 %) des 372 poissons marqués en dépit du fait que l'antenne de détection de Monsin a connu une malencontreuse panne en mai 2012.

A ce stade d'avancement de l'étude, la méthode de détection automatique de poissons marqués au moyen du système CIPAM s'avère très efficace et mérite d'être poursuivie pour nous permettre d'acquérir un plus grand nombre de données sur le comportement des poissons en migration. C'est d'autant plus intéressant qu'il y a souvent un décalage entre l'année de marquage et l'année de détection, et une étude sur le long terme s'avère plus intéressante. Il est prévu d'installer une nouvelle station CIPAM sur le premier barrage de la Vesdre en 2014, qui se jette dans l'Ourthe à Chênée, ce qui devrait nous permettre d'évaluer la proportion de poissons qui bifurquent vers la Vesdre après passage dans l'échelle à poissons des Grosses Battes.

**6. CARACTERISATION DE LA DEVALAISON DES SMOLTS  
DE SAUMONS ET TRUITES DE MER DANS LA BASSE  
OURTHE A MERY AU PRINTEMPS 2013 AU COURS D'UNE  
HUITIEME SAISON DE PIEGEAGE) (ULG)**

## 6.1. Objectifs de l'étude

Au début 2007, les sociétés Mérytherm et Profish Technology ont équipé la centrale hydroélectrique du barrage de Méry-sur-Ourthe (fig. 87a, b) d'un exutoire de dévalaison pour poissons (fig. 88). En collaboration avec ces deux sociétés, le LDPH-ULG a eu la possibilité d'installer un piège de capture expérimental à la sortie de cet exutoire de dévalaison, spécialement dans le but d'intercepter des saumoneaux et truites de mer en migration de descente vers la Meuse et la mer. Sept années d'échantillonnage des poissons dévalants furent menées du printemps 2007 au printemps 2012 et un huitième échantillonnage s'est déroulé du 7 mars au 13 juin 2013 (99 jours).



Figure 87 a. Carte de localisation du site du barrage avec centrale hydroélectrique de Méry sur l'Ourthe.

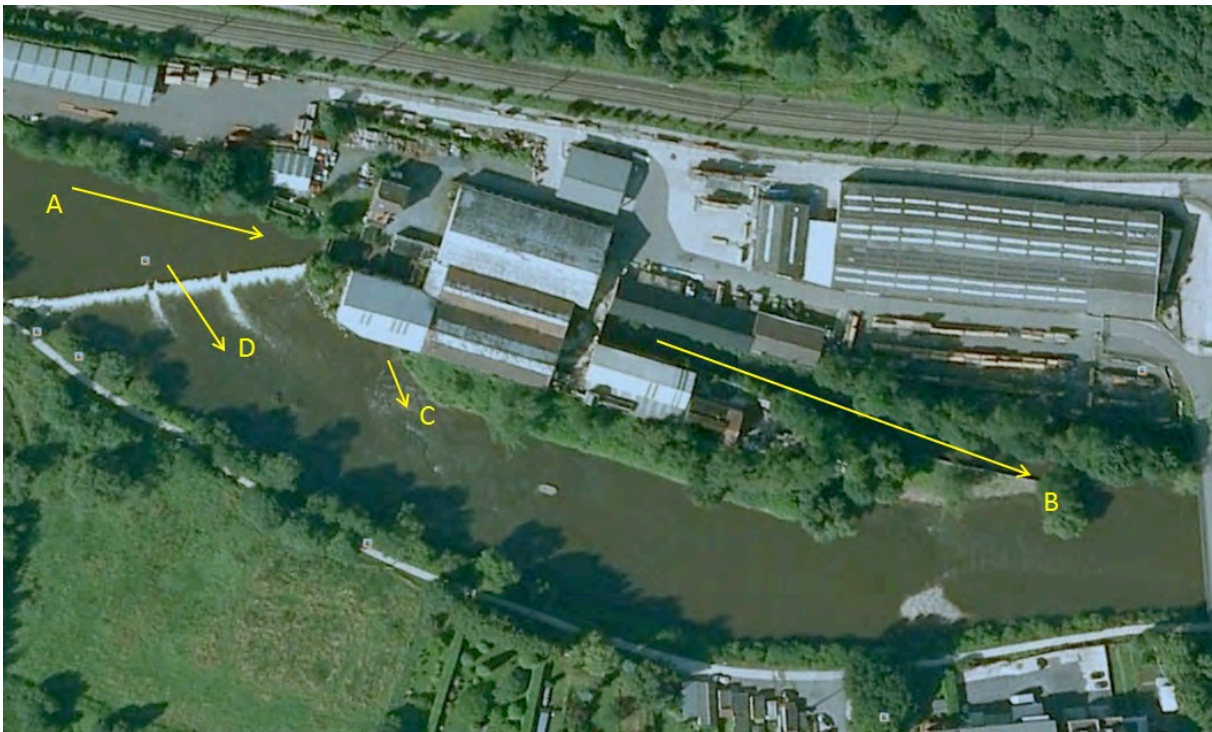


Figure 87b. Vue latérale (au-dessus) et aérienne (en-dessous) du site du barrage de Méry avec la centrale hydroélectrique Mérytherm. Les flèches indiquent les mouvements d'eau : (A) entraînement de l'eau dans le canal de prise d'eau au fond duquel se trouvent l'entrée des deux turbines protégées par une grille et l'exutoire de dévalaison latéral, (B) la restitution de l'eau turbinée (max  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (C) la restitution de l'eau passée par l'exutoire de dévalaison et son piège de capture et (D) l'écoulement d'eau sur le déversoir.

L'exutoire de dévalaison et le dispositif de piégeage (fig. 2) ainsi que les méthodes d'étude sont décrits en détail dans le rapport annuel Saumon 2007-2008.



Figure 88 a. Vues (à gauche) de l'exutoire de dévalaison latéral (débit : 0,1-0,2 m<sup>3</sup>/s ; vitesse : 1-1,2 m<sup>3</sup>/s) aménagé dans le prolongement latéral de la grille de la prise d'eau de la centrale hydroélectrique Merytherm (10 m<sup>3</sup>/s maximum) sur l'Ourthe et (à droite) du système de récupération des poissons.



Figure 88 b. Le dispositif de piégeage à la dévalaison de Méry dans sa configuration en début 2012.

## 6.2. Conditions environnementales

### 6.2.1. Régime hydrologique

Au cours de la période de piégeage en continu de 99 jours commencée le 7 mars 2013 et clôturée le 13 juin 2013 le débit de l'Ourthe (fig. 89) est resté relativement important et rarement inférieur à 40 m<sup>3</sup>/s jusqu'à la fin mars, avec pour conséquence que la grande majorité de ce débit passait par le déversoir et pas par les turbines (capacité total de 10m<sup>3</sup>). Le débit de l'Ourthe a progressivement diminué pour atteindre 20 m<sup>3</sup>/s début mai pour ensuite remonter à plus de 40 m<sup>3</sup>/s le 21 mai 2013. On observe un pic du débit moyen journalier supérieur à 100 m<sup>3</sup>/s le 21 mars et un second moins important à 74 m<sup>3</sup>/s le 30 mai. Les débits de 2013 durant la période de capture des poissons en dévalaison sont plus importants que les débits à la même période en 2012, ce qui a un impact sur l'efficacité de capture dans le piège de l'exutoire.

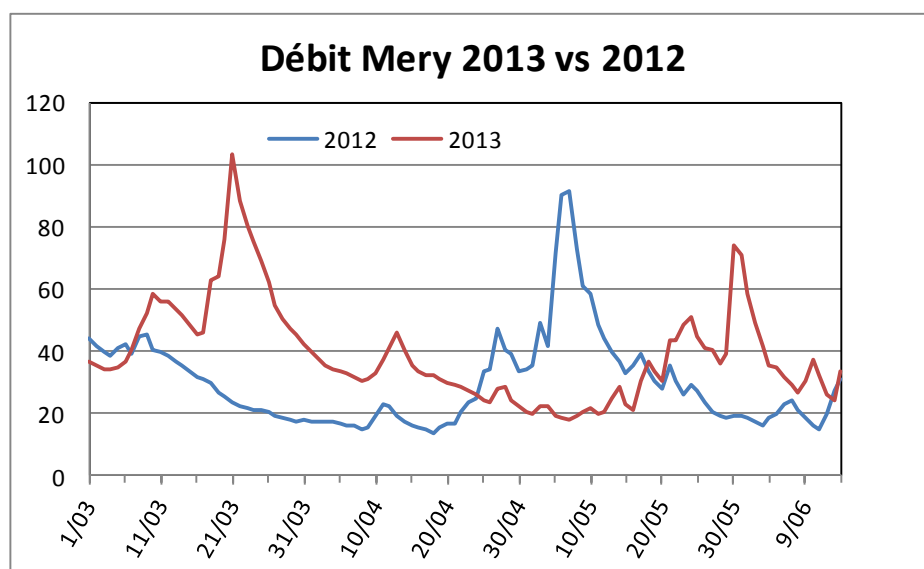


Figure 89. Régime des débits (moyennes journalières) dans l'Ourthe à Méry en janvier-juin 2012 et 2011. Source des informations : SETHY-SPW.

### 6.2.2. Régime thermique

La température est restée inférieure à 10°C (Fig. 90) jusqu'au 13 avril et s'est ensuite stabilisée entre 10 et 15°C jusqu'à fin mai. C'est seulement à partir de la fin mai qu'on a enregistré des températures journalières de 16-18°C.

La température moyenne mensuelle en 2013 a été de 4,7°C en mars (vs 8,5°C en 2012), 9,5°C en avril (vs 10,0°C en 2012), 12,7 °C en mai (vs 14,6 °C en 2012) et 14,8 °C en juin (vs 16,3°C en 2012).

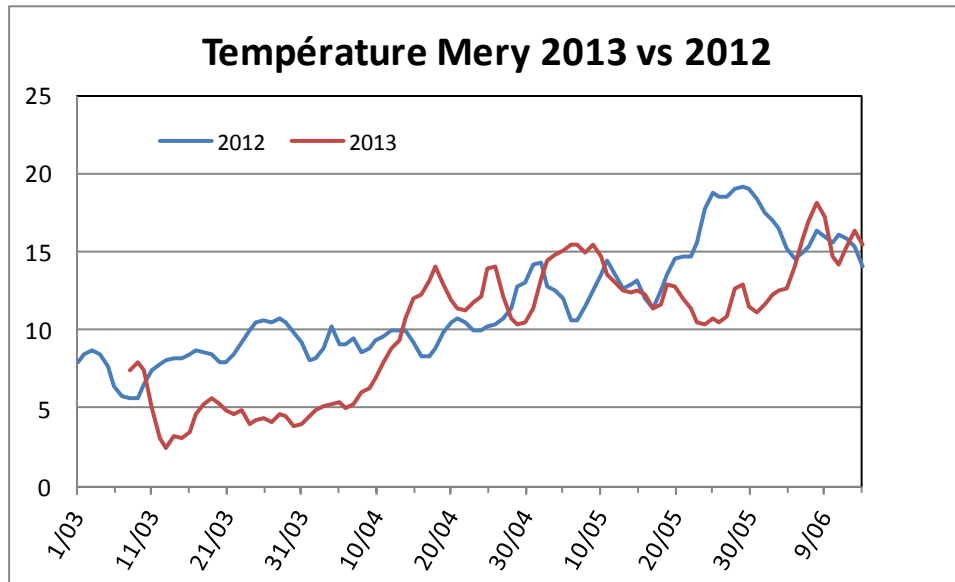


Figure 90. Régime des températures (moyennes journalières) dans l'Ourthe à Méry en janvier-juin 2012 et 2013.

### 6.3. Bilan général des captures toutes espèces confondues

Le tableau 37 présente le détail des captures qui s'élèvent à 5359 poissons appartenant à 18 espèces contre 19 en 2012, les plus abondantes numériquement étant le saumon atlantique (n=4691), la truite commune (n=459), le chevaine (n=85) et le gardon (n=43).

La présence et l'abondance dans les captures de dévalants de la truite commune, du gardon et du brochet ont pu être influencées par des repeuplements effectués les mois précédents en amont de Méry (dans l'Ourthe et l'Amblève).

En nombres d'individus, les résultats obtenus en 2013 sont nettement supérieurs à ceux de 2012 où 4396 individus avaient été capturés. Ce résultat résulte d'un plus grand nombre de capture de smolts saumon en 2013 avec 4685 individus contre 3550 en 2012.

**Tableau 37. Bilan des captures des poissons dans le piège de dévalaison de la centrale hydroélectrique Mérytherm sur la basse Ourthe pendant la période du 7 mars au 13 juin 2013 (36 contrôles pour 99 jours de piégeage en continu).**

Espèce	Poissons capturés		Longueur Lf mm	
	N	%	Min	Max
Saumon atlantique	4691*	87,53	84	256
- smolts	4685	-	94	256
- tacons	6	-	84	134
Truite commune	459	8,57	141	362
- smolts	352	-	141	297
- non smolts	107	-	183	362
Truite aec	14	0,26	298	472
Barbeau	13	0,24	144	554
Ombre	10	0,19	280	401
Hotu	24	0,45	97	505
Chevaine	85	1,59	81	483
Vandoise	2	0,04	180	190
Ablette spirin	2	0,04	93	95
Goujon	1	0,02		100
Rotengle	3	0,06	97	159
Gardon	43	0,80	76	237
Brèmes	3	0,06	126	140
Carpe	2	0,04	230	504
Carassin	3	0,06	159	315
Brochet	1	0,02		225
Perche fluviatile	2	0,04	136	161
Grémille	1	0,02		183
<b>Total</b>	<b>5359</b>			

(\*)Tous les saumons atlantiques sont des poissons issus de repeuplements de réintroduction en tacons car aucune reproduction naturelle ne s'est apparemment encore produite dans les milieux concernés, à l'exception de 121 individus provenant d'un déversement de 4631 smolts marqués avec élastomer à Erezée en vue de dénombrer la population des dévalants par marquage recapture et de caractériser le rythme de dévalaison des smolts repeuplés et de 62 individus provenant d'un déversement de 450 smolts marqués avec des transpondeurs RFID réalisé dans le cadre du projet FEP Amblève (voir point 6.4.4.)

## 6.4. Caractéristiques de la population des saumoneaux dévalants

### 6.4.1. Tailles

La figure 91 montre l'histogramme des tailles des smolts de saumons (n=1697) « semi-sauvage » issus de tacons remis en rivière. Pour les smolts saumons, la taille minimum est de

94mm et la taille maximum est de 256mm, la taille moyenne générale est de 146,5mm.

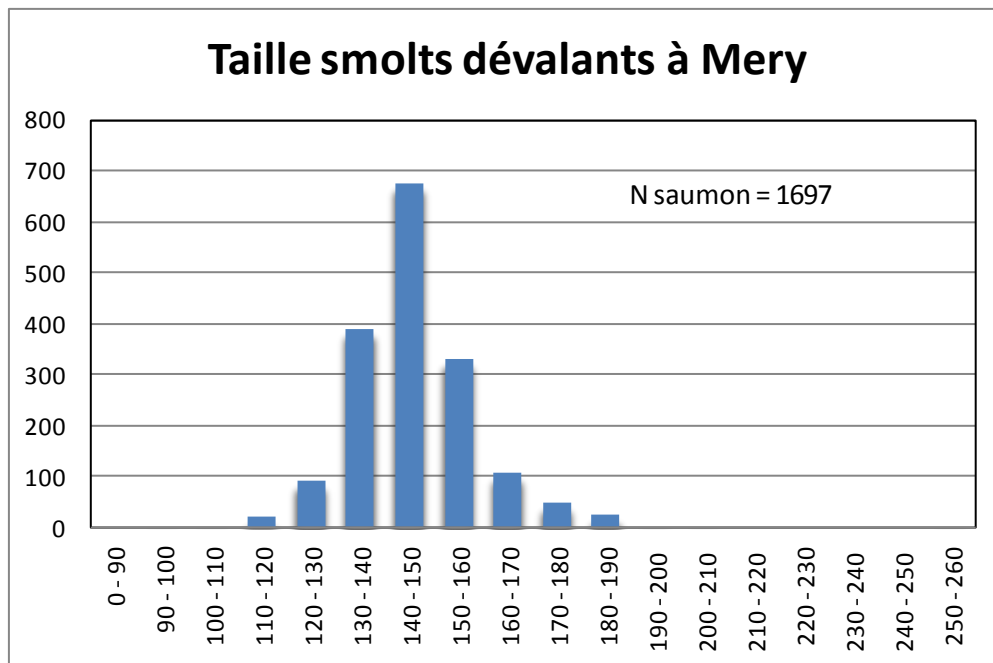


Figure 91. Echantillon d'histogramme des fréquences des tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des saumoneaux interceptés en dévalaison dans le piège de la CHE Mérytherm dans l'Ourthe à Méry en 2013.

#### 6.4.2. Périodicité des captures en début 2013

La figure 92 montre l'évolution au cours du temps des captures à Mery des saumoneaux dévalants « semi-sauvage » issus des repeuplements en tacons de 2012. La majorité des captures est répartie sur une période de 32 jours, du 19 avril au 21 mai et lorsque la température dépasse 10°C avec un pic de capture le 6 mai à une température de 15,4°C. On observe des dévalaisons dès la première quinzaine du mois de mars, mais en faible quantité.

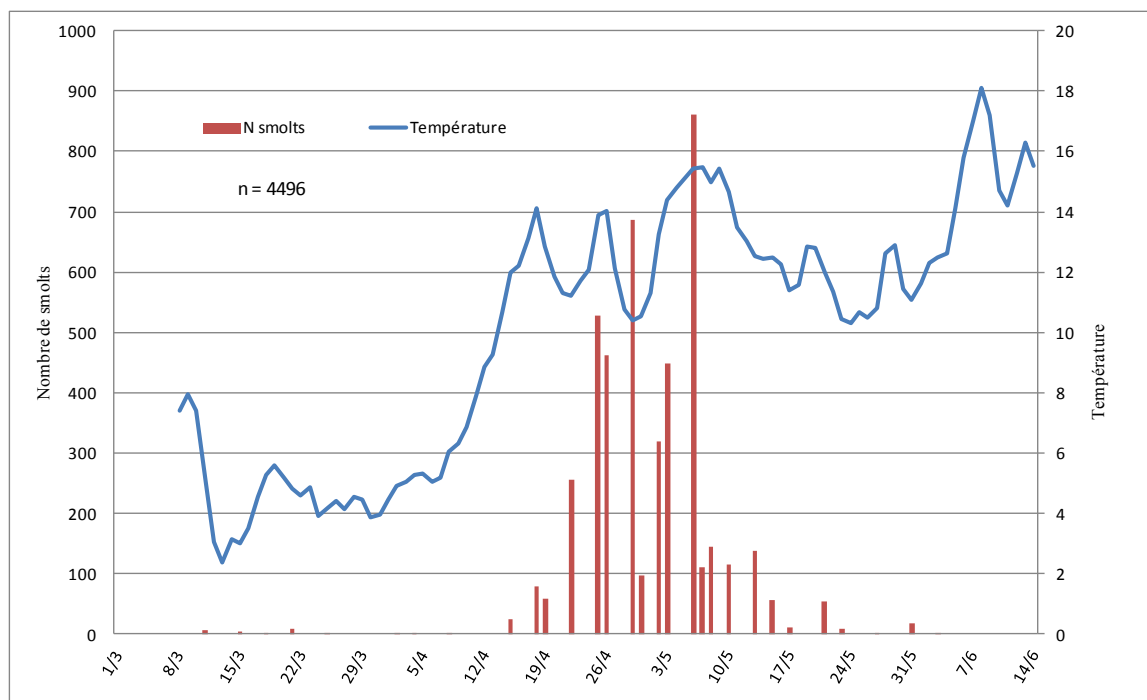


Figure 92. Nombre de saumoneaux piégés en dévalaison dans l'Ourthe à Méry au printemps 2013 en relation avec les valeurs moyennes journalières de la température de l'eau.

La dévalaison des smolts se déroule à une période où le débit diminue progressivement de 31m<sup>3</sup>/s le 19 avril à 18 m<sup>3</sup>/s le 7 mai (fig. 93), des conditions hydrologiques très favorables à l'entraînement des smolts dévalants dans la prise d'eau de la centrale (10 m<sup>3</sup>/s).

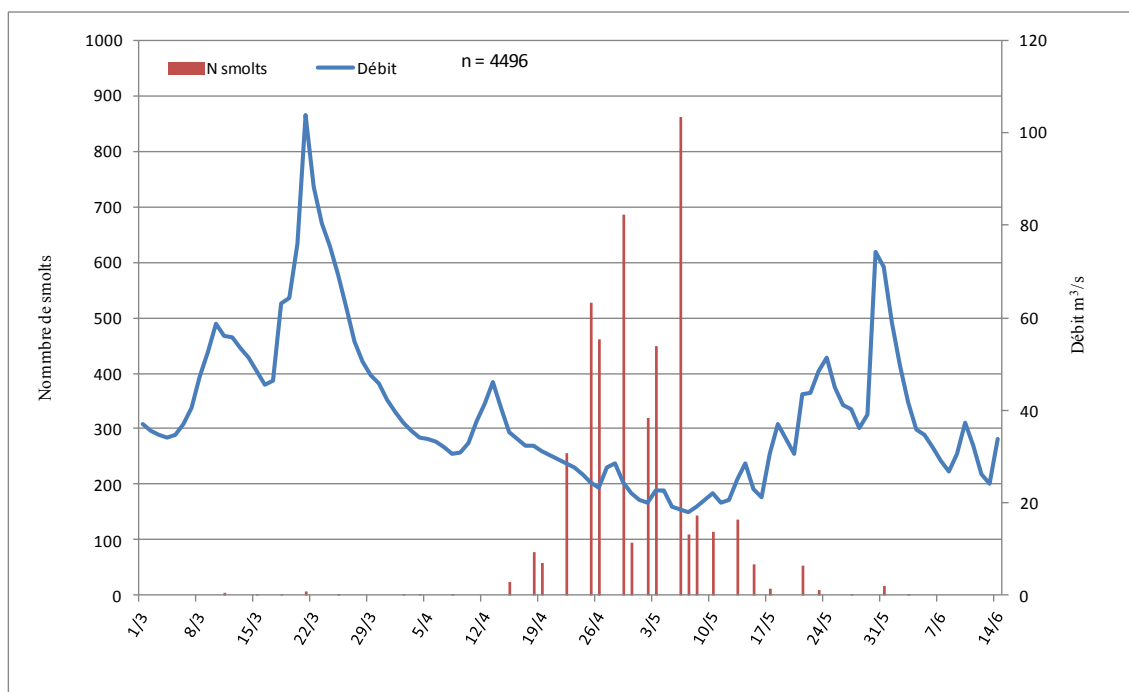


Figure 93. Nombre de saumoneaux piégés en dévalaison dans l'Ourthe à Méry au printemps 2013 en relation avec les valeurs moyennes journalières du débit.

Par un heureux concours de circonstances, il y a concordance entre les bonnes conditions de piégeage en dévalaison au point de vue thermique (>10°C) et hydraulique (<20 m<sup>3</sup>/s).

### 6.4.3. Etat de santé

Comme les années antérieures, les smolts dévalants sont affectés par la saprolégniose (mousse) et par une infestation par les sangsues dans des proportions indiquées dans le tableau 38 et la figure 84 pour les deux sous-populations considérées. Les smolts « semi-sauvage » sont particulièrement affectés par des sangsues en 2013.

Tableau 38. Proportion des smolts dévalants dans l'Ourthe à Mery en 2013 affectés par la saprolégniose et les sangsues.

Pathologie	"Sauvages"	Marqués 2013
Saprolégniose	12,50%	5,50%
	564/4496	10/183
Sangsues	60,30%	15,30%
	2712/4496	28/183

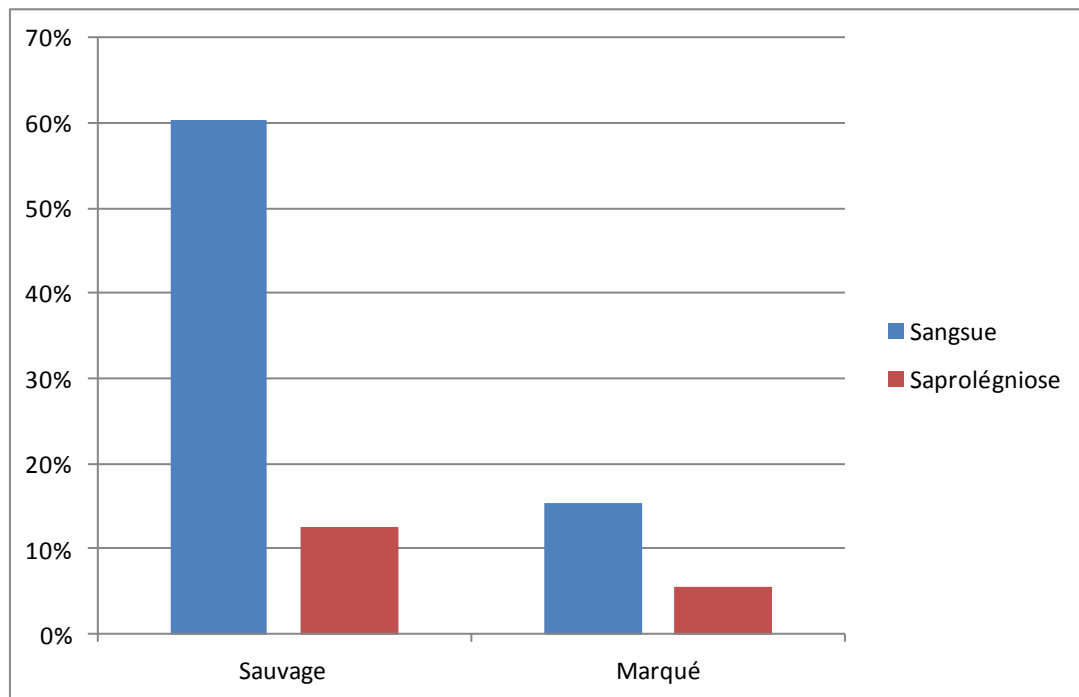


Figure 94. Taux d'infestation par les sangsues et la saprolégniose des différents lots de smolts dévalants dans l'Ourthe à Méry en 2013.

#### 6.4.4. Recapture des saumoneaux des différents lots

Les 4685 smolts capturés dans le piège de Méry peuvent être répartis en quatre groupes (tabl. 39) selon leur origine ou les marquages qui leur ont été appliqués :

Groupe 1 (sauvages) : smolts (semi) sauvages issus des n= 313 122 tacons de 0,61-2,31 g déversés du 24 avril au 12 juillet 2012 sous la forme de pré-estivaux 0+ et équivalents à n=25 134 SSD (Saumoneaux Sauvages Dévalants) et des 26 240 grands tacons 0+ de 12,2 g déversés en septembre et équivalents à 5248 SSD.

Groupe 2 (adipeuse coupée) : smolts (semi) sauvages issus des grands tacons 1+ déversés en mai 2011 et marqués par ablation de la nageoire adipeuse ;

Groupe 3 (elastomer) : smolts d'élevage issus de smolts d'Erezée (n= 4631) déversés le 5 mars 2013 dans l'Ourthe et marqués par elastomer coloré en vue d'estimer le stock ;

Groupe 4 (RFID) : smolts d'élevage d'Erezée (n= 450) déversés le 15 avril, le 22 avril et le 02 mai 2013 dans l'Amblève à l'amont de Lorcé et marqués individuellement par puce électronique (RFID) dans le cadre du projet « FEP-Amblève ».

**Tableau 38. Statistiques des recaptures dans le piège de Méry en 2012 des smolts appartenant aux différents lots différenciables.**

Goupe-G	Nombre déversés	Nombre recapturés des smolts	Taux (%) recapture des smolts
G1a. Sauvages petits tacons (0,61-2,31g) 04-07/2012	313122		
G1b. Sauvages grands tacons (12,21 g) 9/2012	26240		
G1. Sauvages issus de tacons 04-9/2012	339362	4496	1,3
G2. Sauvages pré-smolts marqués (15 g) 05/ 2011	8 389	6	0,1
G3. Elevage élastomère (27 g) 03/2013	4631	121	2,6
G4. Elevage cipam (26 g) 04-05/2013	450	62	13,8

Le taux de recapture des smolts issus de tacons déversés en avril-septembre 2012 est très faible 1,3 % (4496/339362) par rapport au nombre de poissons déversés. Pour les smolts d'Erezée marqués par élastomère et déversés le 5 mars 2013, le taux de recapture est également très et anormalement faible 2,6 % (121/4631). Paradoxalement, on observe un taux de reprise nettement plus élevé chez les smolts d'Erezée utilisés pour les expériences de marquage par transpondeur Tiris dans l'Amblève dans le cadre d'un projet FEP.

#### 6.4.5. Estimation par marquage-recapture du stock des smolts dévalants

On considère que les M=4631 smolts d'Erezée marqués avec élastomère et déversés dans l'Ourthe en mars 2012 se sont mélangés à la population totale des smolts dévalants dont surtout ceux issus des tacons remis en 2011. Sur l'ensemble des C=4685 smolts interceptés dans le piège pendant toute la période d'étude, on a recapturé R=121 smolts marqués élastomère. Cela donne une population N de smolts dévalants estimée à  $N=MC/R = 4631 \times 4685 / 121 = 175\,308$ . Il s'agit manifestement d'un chiffre surévalué à cause du faible taux de reprise (2,6 %) qui reflète un déficit majeur de recapture imputable à des facteurs à clarifier : i) soit une diminution (stress, maladie) de l'effectif des smolts marqués relâchés de telle sorte que le M réel n'est pas 4631 mais beaucoup moins, ii) soit une dévalaison très précoce des smolts marqués concernés à un moment où les conditions de débit entraînent leur passage préférentiel sur le barrage et pas dans le piège, d'où R plus élevé que le R =121 déterminé.

#### 6.4.6. Expérience de dévalaison sur l'Amblève à Lorcé

Depuis mars 2012, le barrage de Lorcé sur l'Amblève est équipé d'un exutoire de dévalaison. Dans le cadre d'un projet FEP, une station de détection automatique RFID a été installée sur le site, munie d'une antenne placée à l'entrée de l'exutoire, pour répondre à un des objectifs de cette étude qui était de tester l'efficacité de l'exutoire. Pour cette expérience 450 smolts ont été marqués avec des transpondeurs RFID et relâchés en amont du barrage de Lorcé en vue d'être détectés au niveau de l'exutoire de dévalaison du barrage de Lorcé. Au printemps 2013 62 individus marqués d'un transpondeur RFID ont été capturés dans le piège de dévalaison de Méry. En moyenne il faut 10 jours aux smolts pour parcourir le trajet Lorcé-Méry, avec un minimum de 2 jours et un maximum de 55 jours. Il est intéressant de noter que durant cette expérience nous avons pu mettre en évidence une activité nocturne de recherche de l'exutoire chez les smolts (fig. 95).

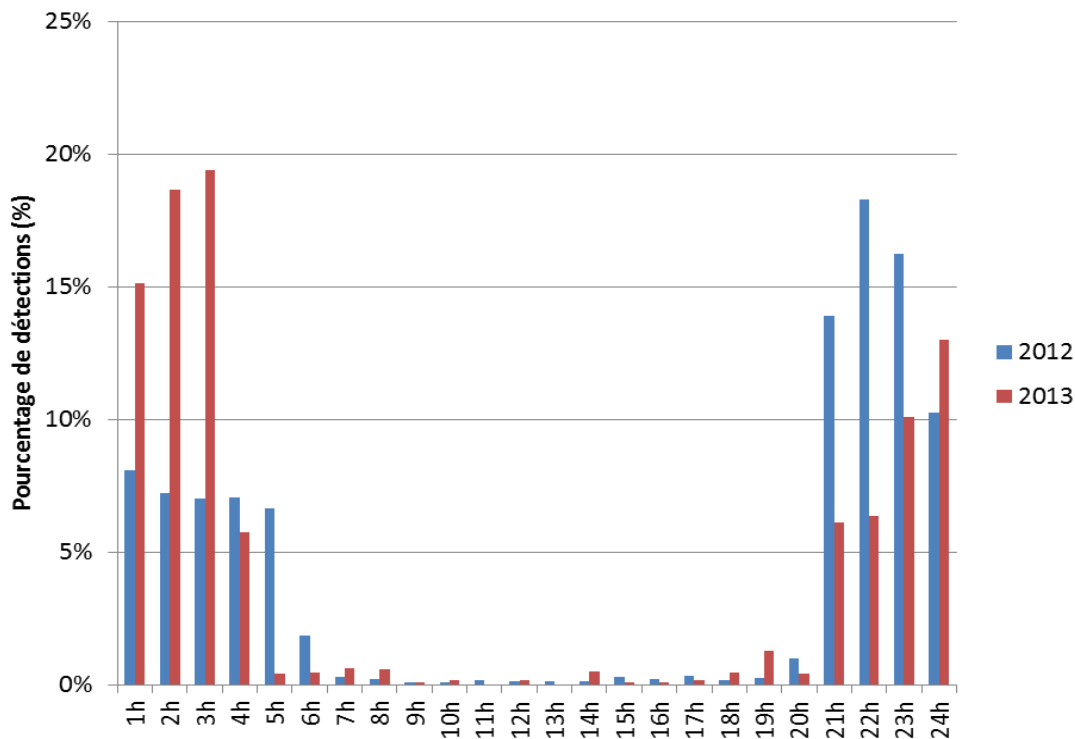


Figure 95. Pourcentage des détections totales d'individus marqués RFID au niveau de l'entrée de l'exutoire du barrage de Lorcé pour 2012 en bleu et 2013 en rouge.

## 6.5. Dévalaison des autres espèces.

### 6.5.1. Smolts de truite

La population des smolts de truite (n=345) capturées en dévalaison dans le piège de la CHE de Méry en 2013 présente une structure par tailles comprenant (fig. 96) deux groupes de poissons : < 23 cm et > 24 cm mais très marginalement contrairement aux années antérieures. La taille minimum est de 90mm, la taille maximum est de 338mm et la taille moyenne est de 177mm.

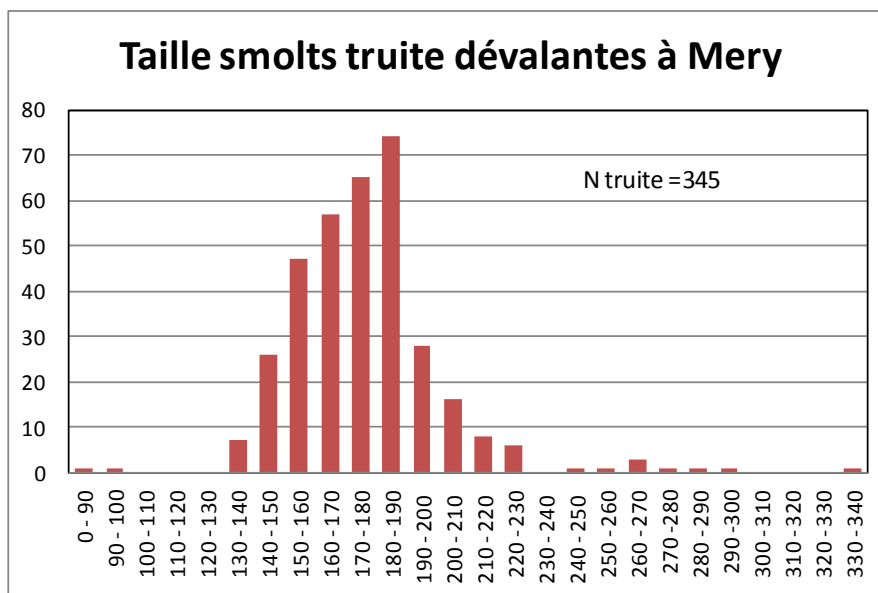


Figure 96. Histogramme des fréquences des tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des smolts truites interceptés

en dévalaison dans le piège de la CHE Mérytherm dans l'Ourthe à Méry en 2013.

La figure 97 montre l'évolution au cours du temps des captures à Méry des smolts de truite dévalants. Les captures sont réparties sur une période de 51 jours, du 11 avril au 31 mai, lorsque la température dépasse 7°C avec un pic de capture le 6 mai à une température de 15,4°C.

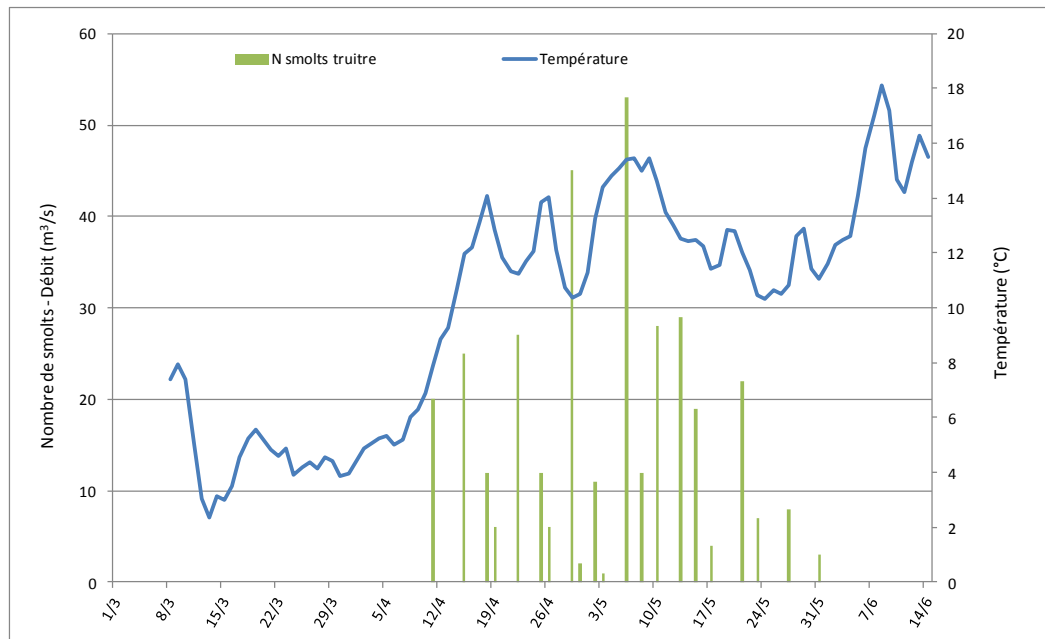


Figure 97. Nombre de smolts de truite piégés en dévalaison dans l'Ourthe à Méry au printemps 2013 en relation avec les valeurs moyennes journalières de la température de l'eau.

La dévalaison des smolts se déroule à une période où le débit diminue progressivement de 37,6 m<sup>3</sup>/s le 11 avril à 18 m<sup>3</sup>/s le 7 mai avec une légère montée des eaux le 13 avril à 46 m<sup>3</sup>/s (fig. 12), des conditions hydrologiques favorables à l'entraînement des smolts de truite dévalants dans la prise d'eau de la centrale hydroélectrique (10 m<sup>3</sup>/s).

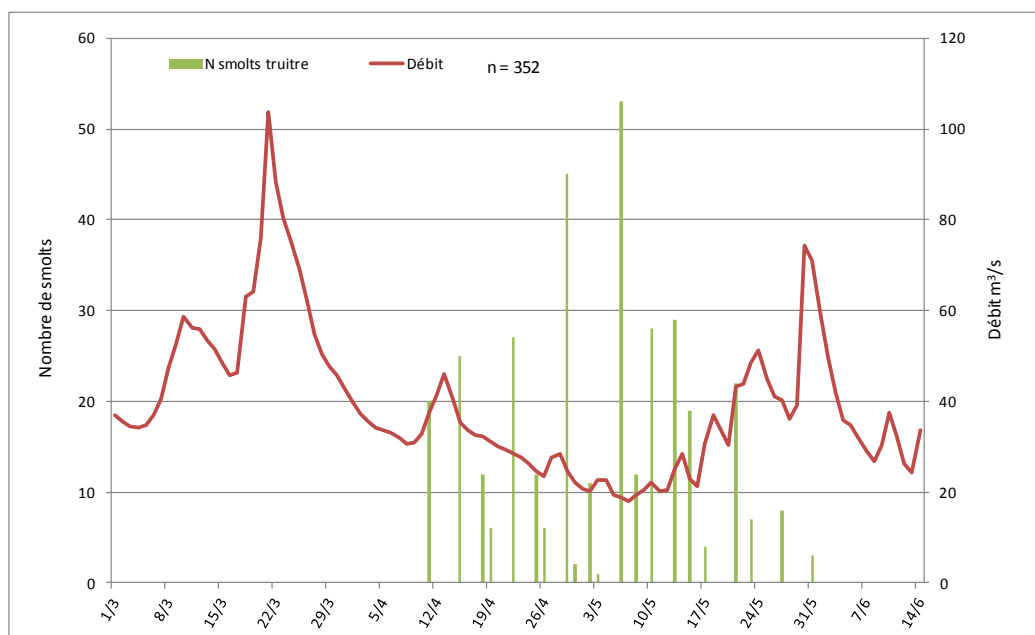


Figure 98. Nombre de saumoneaux piégés en dévalaison dans l'Ourthe à Méry au printemps 2013 en relation avec les valeurs moyennes journalières du débit.

### **6.5.2. Truite commune**

Les captures de truite commune à morphotype fario (n=107) se produisent du 11 avril au 13 juin et sont directement liées aux repeuplements en poissons pêchables en vue de l'ouverture générale de la pêche à la ligne en juin.

### **6.5.3. Truite arc-en-ciel**

Les captures des truites arc-en-ciel (n=14) se produisent du 21 mars au 3 juin et sont également liées aux repeuplements en vue de l'ouverture générale de la pêche à la ligne en juin.

### **6.5.4. Chevaine**

Les captures de chevaines (n= 85) concernent un poisson adulte en migration de dévalaison post-reproductive de 483 mm et un grand nombre de juvéniles d'une longueur moyenne de 9-11 cm qui semblent subir un entrainement forcé vers l'aval.

### **6.5.5. Autres espèces**

Les captures des espèces autres que les Salmonidés et le chevaine sont fort sporadiques et portent parfois sur des individus morts ou moribonds juste après la reproduction.

## **6.6. Conclusions préliminaires basées sur les suivis au cours des sept années de piégeage.**

Au cours des six années (2007, 2009, 2010, 2011, 2012 et 2013) ayant fourni des nombres significatifs de poissons dévalants, la date médiane de dévalaison (50 % de l'effectif) varie entre le 11/04 en 2011 et le 02/05 en 2013 avec les dates intermédiaires du 16/04 en 2009, du 22/04 en 2012, du 23/04 en 2007 et du 30/04 en 2010 (tabl. 39). La date de la première dévalaison se situe entre le 03 et 24 mars à une température de 5,0-8,2°C. Dans l'état actuel des connaissances acquises avec la méthode d'échantillonnage utilisée, rien ne permet de penser que des dévalaisons importantes ont lieu plus tôt dans la saison et à des températures basses (< 10 °C).

La température moyenne pondérée de dévalaison varie de 10,1°C en 2013 à 14,7°C en 2007 avec une valeur de 11 en 2012, de 12,6 °C en 2009, de 12,8°C en 2011 et de 12,3°C en 2010. La température moyenne de dévalaison enregistrée en 2008 est un peu plus élevée (15,1 °C) que les autres années parce que le piège n'a échantillonné que des saumoneaux en dévalaison tardive vu que le pic de migration s'est probablement produit un peu plus tôt, pendant une période de hautes eaux peu favorable à un fonctionnement efficace du piège. L'année 2008 est donc très atypique.

**Tableau 39. Comparaison des caractéristiques de la migration de dévalaison des smolts et pré- smolts du saumon atlantique dans l'Ourthe à Méry au cours de 7 années 2007-2013. L'année 2008 doit être considérée comme atypique pour l'échantillonnage des smolts dévalants.**

Caractéristiques	Années						
	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
Période de piégeage	07/03-13/06	01/03-14/06	28/02-13/05	17/03-02/06	20/03-10/06	11/04-30/05	15/03-25/05
Durée du piégeage (j)	99	106	85	77	52	50	70
Nombre de poissons	4691	3544	1367	451	147	35	671
Longueur min-max (mm)	84-256	97-2216	97-232	100-245	104-198	90-169	114-205
Longueur moyenne (mm)	147	148	-	140	133	152	?
<b>Date 1ère capture</b>	<b>7-mars</b>	<b>5-mars</b>	<b>3-mars</b>	<b>24-mars</b>	<b>20-mars</b>	<b>22-avr</b>	<b>23-mars</b>
<b>Temp. 1ère capture</b>	<b>7,4</b>	<b>7,7</b>	<b>5</b>	<b>8,2</b>	<b>6,5</b>	<b>11,2</b>	<b>5,7</b>
Débit 1ère capture (m <sup>3</sup> /s)	41	41,8	60	62	56	61	77
Date dernière capture	16-juin	14-juin	13-mai	31-mai	5-juin	21-mai	11-mai
Temp. dernière capture (°C)	16,3	14,6	17,5	14,4	14,3	14,7	14,7
Débit dernière capture (m <sup>3</sup> /s)	24,3	18,8	9,5	16	18,5	18	25
Date > 50 % captures	2-mai	22-avr	11-avr	30-avr	16-avr	7-mai	23-avr
	jj 122	jj 113	jj 101	jj 120	jj 106	jj 128	jj 113
Température moyenne (°C) pondérée de dévalaison	10,1	11	12,8	12,3	12,6	15,1	14,7

## 6.7. Projet de programme pour 2013-2014

\* Réalisation, de fin mars à début juin, d'une huitième session de piégeage des smolts de salmonidés (+ autres poissons) en dévalaison dans le piège de la centrale hydro-électrique Mérytherm sur l'Ourthe. Sollicitation de l'aide de l'équipe de la pisciculture d'Erezée pour effectuer les contrôles et transporter les saumoneaux dans la Meuse ou la basse Berwinne en aval de Lixhe lors des pics de capture. Sur ce site de piégeage de grande importance stratégique, il s'agit de prévoir une exploitation maximale des données : capture de smolts de différentes origines, recapture de lots de smolts marqués, prélèvement d'échantillons pour des études physiologiques et génétiques, relation entre la dévalaison et les conditions environnementales. A préciser avec SP

\* En parallèle avec le projet FEP dévalaison (2013-2015).

## 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ágústsson, T., Sundell, K., Sakamoto, T., Johansson, V., Ando, M. & Björnsson, B.T. (2001). Growth hormone endocrinology of Atlantic salmon (*Salmo salar*): pituitary gene expression, hormone storage, secretion and plasma levels during parr-smolt transformation. *Journal of Endocrinology* 170, 227–234.
- Björnsson, B.T., Stefansson, S.O., McCormick, S.D. (2011). Environmental endocrinology of salmon smoltification. *General and Comparative Endocrinology* 170 (2011) 290–298
- Bystriansky, J.S. & Schulte, P. (2011). Changes in gill H<sup>+</sup>-ATPase and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPase expression and activity during freshwater acclimation of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *The Journal of Experimental Biology* 214, 2435–2442.
- Didier, J. & Micha, J.-C. (1996). Dynamique de population du gardon en Meuse et stratégie de gestion. PUN.
- Elson P.F. (1957). The importance of size in the change from parr to smolt in Atlantic salmon. *Canadian Fishery Culture* 21, 1–6.
- Fessler, J. L. & H. H. Wagner. (1969). Some morphological and biochemical changes in steelhead trout during the parr-smolt transformation. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 26:2823–2841.
- Handeland, S.O., Wilkinson, E., Sveinsb, B., McCormick, S.D. & Stefansson, S.O. (2004). Temperature influence on the development and loss of seawater tolerance in two fast-growing strains of Atlantic salmon. *Aquaculture* 233 (2004) 513–529
- Hile, R. (1936). Age and growth of cisco *Leucyctys artedi* (Le sueur) in the lakes of the north eastern Highlands Wisconsin. *Bulletin of the United States Fish Commission* 48, 211–317.
- Hoar, W. S. (1939). The thyroid gland of the Atlantic salmon. *Journal of Morphology* 65:257–295.
- Houston, A. H., & L. T. Threadgold. (1963). Body fluid regulation in smolting Atlantic salmon. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 20: 1355–1369.
- Lucas & Baras (2001). *Migration of Freshwater Fishes*. Blackwell Science Ltd.
- Martin, W.R., 1949. The mechanics of environmental control of body form in fishes. University of Toronto Studies, Biology Serie 58, Publisher Ontario Fishery Research Laboratory, 70: 1–91.
- McCormick S.D., Saunders R.L. (1987). Preparatory physiological adaptations for marine life of salmonids: osmoregulation, growth, and metabolism. *American Fisheries Society Symposium* 1, 211–229.
- McCormick, S.D., MORIYAMA, S. et Björnsson, B.T. (2000). Low temperature limits photoperiod control of smolting in Atlantic salmon through endocrine mechanisms. *American Journal of Physiological Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* 278: R1352–R1361.

- McCormick, S.D., O’Dea, M.F., Moeckel, A.M. et Björnsson, B.T. (2003). Endocrine and physiological changes in Atlantic salmon smolts following hatchery release *Aquaculture* 222 : 45–57.
- McCormick, S.D., Lerner, T.D., Monette M.Y. Nieves-Puigdoller, K., Kelly, J.T. et Björnsson, B.T. (2009). Taking it with you when you go: How perturbations to the freshwater environment, including temperature, dams, and contaminants, affect marine survival of salmon. *American Fisheries Society Symposium* 69:195–214.
- Micha, J.-Cl. (1980). *Ecologie dulcicole, cours de 2ème Licence, FUNDP, Namur*, 71.
- Philippart et al. (2012). Rapport final de la subvention 2011-2012 relative au suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse.
- Prévost E. & Baglinière J.L. (1995). Présentation et premiers éléments de mise au point d’une méthode simple d’évaluation du recrutement en juvéniles du saumon atlantique (*Salmo salar*) de l’année en eau courante. In Gascuel D., Durand J.L. et Fonteneau A. (Eds), *Les recherches françaises en évaluation quantitative et modélisation des ressources halieutiques, Actes du colloque, Rennes du 29 juin au 1<sup>er</sup> juillet 1993*, 39-48, Orstom Editions, Paris.
- Prévost E. & Nihouarn A. (1999). Relation entre indicateur d’abondance de type CPUE et estimation de densité par enlèvements successifs pour les juvéniles de saumon atlantique (*Salmo salar* L.) de l’année, *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, vol. 352, 19-29.
- Ricker, W. (1971). *Methods for assessments of fish production in freshwater*. Blackwell sc. public., Oxford, 348.
- Sykes, G.E., Johnson, C.J. & Shrimpton, J.M. (2006). Temperature and Flow Effects on Migration Timing of Chinook Salmon Smolts. *Transactions of the American Fisheries Society* 138:1252–1265.
- Vanstone, W. E., & J. R. Markert. (1968). Some morphological and biochemical changes in coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*, during the parr- -smolt transformation. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 25:2403-2418.
- Wedemeyer, G.A., Saunders, R.L., Clarke, W.C. (1980) Environmental factors affecting smoltification and early marine survival of anadromous salmonids. *Mar Fish Rev* 42:1–14.
- Whelan K.F. 1983: Migratory patterns of bream *Abramis brama* L. shoals in the River Suck System. *Irish. Fish. Invest., Series A* 23: 11–15.
- Zydlewski, J.; Zydlewski, Gayle; and Danner, G. R. (2010). Descaling Injury Impairs the Osmoregulatory Ability of Atlantic Salmon Smolts Entering Seawater. *Marine Sciences Faculty Scholarship*. Paper 32.

## 8. Annexes

### 8.1. ANNEXES DE RESULTATS

Tableau 40 : Biométrie individuelle de 51 alevins de saumon atlantique avant le déversement sur le Samson en 2013.

N	Longueur (mm)	Poids (g)
1	42	0,2
2	32	0,3
3	33	0,2
4	34	0,4
5	36	0,3
6	33	0,3
7	36	0,4
8	35	0,3
9	34	0,3
10	38	0,5
11	34	0,3
12	34	0,4
13	32	0,3
14	31	0,3
15	34	0,4
16	40	0,6
17	32	0,3
18	33	0,3
19	39	0,4
20	37	0,4
21	33	0,2
22	32	0,2
23	37	0,4
24	34	0,3
25	31	0,2
26	34	0,3
27	33	0,2
28	36	0,3
29	39	0,5
30	32	0,3
31	36	0,4
32	37	0,4
33	31	0,2
34	36	0,3
35	31	0,2
36	34	0,4
37	37	0,4
38	33	0,2
39	34	0,3

40	34	0,3
41	37	0,4
42	34	0,5
43	35	0,4
44	34	0,1
45	36	0,4
46	36	0,3
47	39	0,5
48	32	0,3
49	36	0,6
50	36	0,4
51	35	0,3
	34,765	0,335

**Tableau 41: Biométrie et coefficient d'embonpoint des saumons capturés en automne dans le Samson.**

Bois de Gesves	Lt [mm]	Lt [cm]	P [g]	K
	65	6,5	2	0,73
	69	6,9	2,5	0,76
	70	7	2,6	0,76
	70	7	4	1,17
	71	7,1	2,7	0,75
	72	7,2	3,1	0,83
	73	7,3	2	0,51
	74	7,4	3,4	0,84
	74	7,4	4	0,99
	75	7,5	4,2	1,00
	82	8,2	7	1,27
	125	12,5	17	0,87
	140	14	21,5	0,78
	142	14,2	29	1,01
	150	15	31	0,92
	153	15,3	32,9	0,92
	161	16,1	38,3	0,92
	222	22,2	108	0,99
Aval abbaye	61	6,1	4	1,76
	63	6,3	3	1,20
	63	6,3	3	1,20
	63	6,3	3	1,20
	65	6,5	3	1,09
	65	6,5	3	1,09
	66	6,6	3	1,04
	68	6,8	3,1	0,99
	68	6,8	3	0,95
	68	6,8	3	0,95
	69	6,9	1,7	0,52
	69	6,9	5	1,52

	70	7	3	0,87
	70	7	4	1,17
	70	7	4	1,17
	70	7	4	1,17
	71	7,1	3,2	0,89
	71	7,1	4	1,12
	71	7,1	4	1,12
	71	7,1	3	0,84
	71	7,1	3	0,84
	72	7,2	3	0,80
	72	7,2	4	1,07
	73	7,3	6	1,54
	73	7,3	4	1,03
	73	7,3	4	1,03
	74	7,4	3,5	0,86
	74	7,4	3,9	0,96
	74	7,4	5	1,23
	74	7,4	7	1,73
	74	7,4	5	1,23
	75	7,5	3	0,71
	75	7,5	3	0,71
	75	7,5	4	0,95
	75	7,5	5	1,19
	75	7,5	5	1,19
	75	7,5	5	1,19
	75	7,5	4	0,95
	76	7,6	1,2	0,27
	76	7,6	5	1,14
	76	7,6	4	0,91
	76	7,6	5	1,14
	77	7,7	3	0,66
	78	7,8	4	0,84
	79	7,9	7	1,42
	79	7,9	3	0,61
	79	7,9	5	1,01
	80	8	4	0,78
	80	8	5	0,98
	80	8	5	0,98
	81	8,1	1,9	0,36
	81	8,1	6	1,13
	81	8,1	4	0,75
	81	8,1	7	1,32
	82	8,2	5	0,91
	82	8,2	8	1,45
	82	8,2	7	1,27
	83	8,3	4	0,70
	83	8,3	8	1,40

	83	8,3	5	0,87
	84	8,4	4,5	0,76
	84	8,4	2,2	0,37
	84	8,4	6	1,01
	85	8,5	5,6	0,91
	85	8,5	5,5	0,90
	85	8,5	6	0,98
	86	8,6	2	0,31
	86	8,6	7	1,10
	86	8,6	7	1,10
	88	8,8	6	0,88
	88	8,8	10	1,47
	89	8,9	5	0,71
	90	9	9	1,23
	90	9	5	0,69
	90	9	7	0,96
	92	9,2	6,1	0,78
	92	9,2	9	1,16
	93	9,3	7	0,87
	93	9,3	7	0,87
	96	9,6	9	1,02
	148	14,8	36	1,11
	153	15,3	33	0,92
	155	15,5	37,5	1,01
	159	15,9	43	1,07
	160	16	38	0,93
	161	16,1	43	1,03
	168	16,8	49	1,03
	168	16,8	46	0,97
	173	17,3	43,3	0,84
	195	19,5	80	1,08
Pont deSorinne	53	5,3	1	0,67
	55	5,5	1	0,60
	60	6	2	0,93
	67	6,7	4	1,33
	68	6,8	3	0,95
	71	7,1	2	0,56
	73	7,3	10	2,57
	75	7,5	5	1,19
	77	7,7	5	1,10
	78	7,8	5	1,05
	80	8	5	0,98
	96	9,6	10	1,13
	263	26,3	299	1,64

Tableau 42 : Récapitulatif des prélèvements de saumon à Erezée au printemps 2013.

Date	Bassin	hvt	Lt [mm]	P [g]	K	
13/03/2013	25	24h	155	32	0,86	
			141	26	0,93	
			153	28	0,78	
			140	20	0,73	
			143	23	0,79	
			146	24	0,77	
	152		30	0,85		
	60		137	20	0,78	
			156	30	0,79	
			134	18	0,75	
			151	29	0,84	
			148	26	0,80	
			155	30	0,81	
	23		12h	143	24	0,82
		134		21	0,87	
		155		33	0,89	
		142		24	0,84	
		133		20	0,85	
		141		24	0,86	
		134		21	0,87	
		130		17	0,77	
		132		18	0,78	
		24		151	30	0,87
				144	27	0,90
				139	24	0,89
				134	19	0,79
				130	19	0,86
	136		22	0,87		
149	28		0,85			
146	27		0,87			
18/03/2013	25	24h	134	18,4	0,76	
			137	19,8	0,77	
			156	30	0,79	
			138	20	0,76	
			157	26,9	0,70	
			146	23,8	0,76	
	60		143	22,6	0,77	
			142	23,4	0,82	
			145	23,7	0,78	
			149	26,9	0,81	
			145	23,9	0,78	
			136	18,9	0,75	
	23		12h	151	26,4	0,77
				144	24,9	0,83
				133	19,9	0,85

		143	22,3	0,76
		153	29,8	0,83
		143	24	0,82
		145	22,4	0,73
		135	19,8	0,80
		138	21,2	0,81
	24	134	19,1	0,79
		135	19,3	0,78
		134	20,2	0,84
		145	24	0,79
		156	28,4	0,75
		135	18,1	0,74
		139	21,2	0,79

Tableau 43 : Récapitulatif des prélèvements de saumon à Mérytherm au printemps 2013.

Date	Marqué	Lt [mm]	Lf [mm]	diamètre œil [mm]	P [g]	K
22/03/2013	V	143	136		23,1	0,79
		150	140		24,5	0,73
		129	121		15,2	0,71
		143	133		21,7	0,74
		132	124		15,3	0,67
		128	119		15	0,72
15/04/2013		131	127	6,24	18	0,80
		152	145	6,94	25,9	0,74
		163	155	7	34,4	0,79
		173	158	8,45	37,8	0,73
		134	130	6,46	19,4	0,81
		144	131	6,46	21,4	0,72
		145	135	6,41	23,3	0,76
18/04/2013		162	153	7,65	28,6	0,67
	V	153	143	7,5	26,5	0,74
	V	157	145	7,21	35,1	0,91
	V	135	129	6,97	19,6	0,80
	V	158	147	7,51	30,5	0,77
	V	151	143	7,37	25,5	0,74
	V	165	151	7,3	33,6	0,75
	V	148	140	7,26	23,5	0,72
	V	145	130	7,16	23,2	0,76
	V	156	142	7,71	29	0,76
		142	135	7,29	21,4	0,75
		157	146	7,04	29	0,75
		162	150	7,1	30,1	0,71
		157	140	7,34	28	0,72
		147	138	7,3	22,3	0,70
	150	140	7,29	22,8	0,68	
	133	120	6,97	18	0,77	

		142	129	7,3	19,8	0,69
		149	140	7,04	25,8	0,78
22/04/2013	V	150	142	7,43	26,3	0,78
	V	159	151	7,65	31,7	0,79
	V	160	151	7,41	34,1	0,83
	V	141	134	6,5	20,9	0,75
	V	147	140	7,41	26,7	0,84
	V	154	143	6,83	27,4	0,75
	V	162	154	6,83	35,7	0,84
	V	155	148	7,45	30,1	0,81
		157	148	7	27,1	0,70
		144	133	6,39	21,8	0,73
		148	137	7,46	24,2	0,75
		153	142	6,64	28,4	0,79
		158	146	7,98	29,2	0,74
		158	146	7,13	29	0,74
		139	129	6,19	18,4	0,69
		154	143	7,08	26	0,71
26/04/2013		135	126	6,36	21	0,85
		146	138	6,81	25	0,80
		136	128	6,35	21	0,83
		156	145	6,8	31	0,82
		148	141	6,5	26	0,80
		157	146	6,93	31	0,80
		156	147	6,61	31	0,82
		151	148	6,53	27	0,78
29/04/2013	V	151	143	7,7	27,4	0,80
		165	157	7,07	37,2	0,83
		152	140	7,05	27,7	0,79
		144	137	7,03	22,4	0,75
		160	150	7,1	28,9	0,71
		154	145	7,01	28,8	0,79
		164	153	7,6	32,9	0,75
		147	139	7,13	25,3	0,80
		152	144	7,72	27,4	0,78
	132	125	6,83	18,7	0,81	
2/05/2013	V	161	152	7,29	30,4	0,73
	V	143	135	7,62	22,9	0,78
	V	155	142	7,36	28,6	0,77
	V	133	145	7,28	29,4	1,25
	V	138	130	7,48	21,7	0,83
	V	147	140	6,91	25,8	0,81
		162	152	7,12	33,7	0,79
		162	150	7,9	32,8	0,77
		147	137	7,86	25,4	0,80
		163	155	7,83	34,5	0,80
		162	146	7,46	31,4	0,74

		164	152	7,76	35,1	0,80
		168	156	7,84	37,3	0,79
		154	142	7,66	25,2	0,69
6/05/2013	V	160	150	7,8	34,4	0,84
	V	154	145	7,5	29,5	0,81
	V	160	150	7,26	30,9	0,75
	V	152	142	7,24	29,5	0,84
	V	152	144	7,66	27,3	0,78
	V	152	142	7,3	27,6	0,79
		152	141	6,87	28,3	0,81
		157	146	7,43	31,3	0,81
		160	149	7,31	33,4	0,82
		144	134	7,79	23,3	0,78
		145	136	7,12	24	0,79
		160	147	7,45	31	0,76
		162	147	7,47	31,2	0,73
		144	132	6,99	24	0,80
9/05/2013		147	137	7,4	26,3	0,83
		162	150	7,24	34,6	0,81
		161	150	7,58	38,7	0,93
		160	150	6,96	36,3	0,89
		163	150	6,96	31,2	0,72
		163	150	7,21	34,6	0,80
		154	144	6,47	30,2	0,83
		163	152	6,77	38,2	0,88
16/05/2013		178	169	8,28	48,4	0,86
		150	140	6,9	30,7	0,91
		175	161	7,4	43,8	0,82
		159	150	7,72	36,8	0,92
		158	146	7,34	31,4	0,80
		146	135	6,61	23,7	0,76
		149	138	6,84	25,3	0,76
21/05/2013		170	159	7,48	39,1	0,80
		168	158	7,25	35,5	0,75
		169	160	7,51	43,1	0,89
		178	169	7,76	44,1	0,78
		162	148	6,52	28,4	0,67
		187	176	7,82	51,6	0,79
		165	155	6,85	33,7	0,75
		165	152	6,2	34,5	0,77
	165	155	7,2	38,8	0,86	
23/05/2013		158	148	7,19	31,2	0,79
		174	162	7,31	41,4	0,79
		165	155	7,42	40,9	0,91
		148	136	7,26	21,6	0,67
		168	155	7,04	39,8	0,84
		157	146	7,07	31,8	0,82

		202	182	9,02	57,7	0,70
--	--	-----	-----	------	------	------

**Tableau 44 : Données individuels du dosage de l'osmolalité plasmatique et concentrations en sodium et en potassium sur du plasma de smolts récoltés à Erezée le 18 mars 2013.**

Bassin	hvt	osmolalité	[Na] mEq/L	[K] mEq/L
23	12h	309	152,0	3,6
		307	159,2	2,9
		302	108,7	3,3
		301	152,0	3,9
		304	192,5	3,3
		310		
24		301		
		303	221,4	3,5
		304	158,5	3,6
		328		
		302	192,0	3,5
		340		
25	24h	302	201,4	2,2
		312	209,7	2,2
		328		
		324		
		304	155,7	2,9
		305	124,0	3,1
		303	135,5	3,5
		304	148,1	2,5
307		89,2	2,4	
306		173,1	3,3	
60		305	158,3	3,3
		307	147,2	2,3
		309	182,5	3,8
		312	153,3	2,7
	305			

**Tableau 45: Activité Na+K+ATPasique branchiale ( $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de smolts récoltés à Erezée le 18 mars 2013.**

Groupe	Bassin	Numéro	Activité Na+K+ATPasique branchiale ( $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )
24h	25	1	5,282
		2	5,063
	60	8	6,171
		9	10,228
12h	23	15	1,450
		18	2,269
	24	22	1,027
		24	3,320

**Tableau 46 : Données individuels du dosage de l'osmolalité plasmatique et concentrations en sodium et en potassium sur du plasma de smolts récoltés à Méry au printemps 2013.**

Date	Osmolalité (mosm.kg-1)	[Na] mEq/L	[K] mEq/L	Marqué
22/03/2013	280	171,9	3,2	V
	266	154,2	2,0	
	264	147,9	3,2	
	286	150,0	0,0	
	288	143,4	3,2	
	288	141,3	2,2	
15/04/2013	312	210,2	3,7	
	292	172,3	2,5	
	328	220,1	4,5	
	320	101,8	1,7	
	318			
	292			
	268			
	174,0	2,8		
18/04/2013	308	196,6	7,9	V
		194,0	5,2	V
	290	191,4	6,1	V
	270			V
	252			V
	252			V
	276			V
	276	143,5	3,3	V
	279			V
	270			V
	302	179,2	3,4	
	302			
	284	51,3	1,6	
		53,9	0,9	
	230			
	292			
	290			
270				
255				
267	160,1	2,3		
22/04/2013	284	196,6	7,3	V
	306	197,5	3,8	V
	268	198,3	2,7	V
	285	170,5	3,6	V
	280			V
	284			V
	288			V
	344			V

		132,2	2,6	
	303	140,9	3,2	
	303	127,0	2,2	
	288			
	298			
	350			
	296			
	304			
26/04/2013				
	240	180,1	6,3	
	284	194,0	5,2	
	298	207,9	7,4	
	270	192,3	9,0	
	262			
	262			
29/04/2013	286			
	260			V
	260			
	266	185,3	6,0	
	242	180,1	8,4	
		96,6	3,3	
	264	167,0	16,1	
	288			
	300			
	272			
2/05/2013	266			
	360			V
	270	189,2	6,8	V
	286	195,7	5,6	V
	292	182,3	6,6	V
	296			V
				V
	286			
	276			
	276	165,3	2,3	
	262	171,4	3,6	
	266	187,0	5,4	
270	171,4	5,4		
262	214,0	4,5		
6/05/2013	250	191,0	4,5	V
				V
	280	160,1	6,0	V
	270	137,5	5,4	V
	282			V
	272			V
	292	159,2	5,5	

	294	170,9	4,1	
	270	233,1	5,5	
	290			
	275			
	270	177,0	5,5	
	294			
9/05/2013		177,0	3,8	
	294	98,3	4,1	
	304	156,2	3,9	
	302			
	304			
	288			
16/05/2013	302	73,1	1,2	
	340	254,0	7,2	
	280	62,6	1,4	
	300			
	296	250,5	8,1	
	396			
	322			
21/05/2013	288	157,0	3,8	
	250	143,1	5,9	
	278	101,8	4,4	
	240	171,4	4,4	
	274			
	267			
	282			
	276			
272				
285				
23/05/2013	290	142,7	5,5	
	260	86,6	0,7	
	226	172,3	27,8	
	278			
	282			
274				

Tableau 47: Activité Na+K+ATPasique branchiale ( $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) de smolts récoltés à Méry au printemps 2013.

Date prélèvement	Marqué	Activité Na+K+ATPasique branchiale ( $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )
15/04/2013		7,063
15/04/2013		4,087
18/04/2013	v	3,640
18/04/2013	v	4,349

18/04/2013	v	5,497
18/04/2013		2,110
18/04/2013		6,132
18/04/2013		4,730
18/04/2013		3,828
22/04/2013		2,026
22/04/2013		2,197
22/04/2013		2,237
22/04/2013		2,784
22/04/2013	v	1,418
22/04/2013	v	4,059
2/05/2013	v	1,203
2/05/2013	v	1,700
6/05/2013	v	6,358
7/05/2013	v	1,472
8/05/2013		2,276
9/05/2013		3,064
16/05/2013		20,073
16/05/2013		6,372
23/05/2013		12,811
		9,024
23/05/2013		9,024

Tableau 48: Activité Na+K+ATPasique branchiale ( $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ) des smolts capturés en été 2013 à Méry.

Numéro	Groupe	Activité Na+K+ATPasique branchiale ( $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )
1	A	0,331
2	A	0,568
3	NA	0,509
4	A	1,047
5	NA	0,458
6	NA	2,554

Tableau 49 : Osmolalité plasmatique des smolts des deux souches en milieu contrôlé.

Echantillons	Bac	Osmolalité (mosm.kg-1)	Echantillons	Bac	Osmolalité (mosm.kg-1)
1	1	280	109	4	300
2	1	270	110	4	300
3	1	265	111	4	325
4	1	305	112	4	278
5	2	310	113	5	298
6	2	285	114	5	298
7	2	285	115	5	300
8	2	275	116	5	298
9	3	265	117	6	300
10	3		118	6	285

11	3	345	119	6	265
12	3	310	120	6	288
13	4	295	121	1	275
14	4	350	122	1	294
15	4	265	123	1	304
16	4	275	124	1	304
17	5		125	2	309
18	5	260	126	2	400
19	5		127	2	295
20	5	Hemolyse	128	2	260
21	6	275	129	3	285
22	6	315	130	3	303
23	6	350	131	3	320
24	6	280	132	3	260
25	1	340	133	4	295
26	1	Hemolyse	134	4	288
27	1	250	135	4	310
28	1		136	4	295
29	2	295	137	5	302
30	2	260	138	5	285
31	2	270	139	5	295
32	2	250	140	5	310
33	3	325	141	6	300
34	3	255	142	6	303
35	3	265	143	6	290
36	3	255	144	6	297
37	4	315	145	1	290
38	4	270	146	1	304
39	4	260	147	1	290
40	4		148	1	305
41	5	275	149	2	290
42	5	280	150	2	297
43	5	345	151	2	302
44	5	255	152	2	301
45	6	315	153	3	290
46	6	285	154	3	283
47	6	300	155	3	302
48	6	310	156	3	288
49	1	280	157	4	304
50	1	345	158	4	295
51	1	415	159	4	289
52	1	360	160	4	307
53	2	335	161	5	314
54	2	315	162	5	278
55	2	505	163	5	285
56	2	315	164	5	303
57	3	355	165	6	302

58	3	315	166	6	300
59	3	330	167	6	286
60	3	320	168	6	307
61	4	305	169	1	310
62	4	305	170	1	320
63	4	285	171	1	375
64	4	345	172	1	304
65	5	Hemolyse	173	2	305
66	5	280	174	2	310
67	5	280	175	2	310
68	5	325	176	2	240
69	6	365	177	3	295
70	6	265	178	3	280
71	6	360	179	3	170
72	6	295	180	3	280
73	1	275	181	4	308
74	1	295	182	4	301
75	1	310	183	4	295
76	1	355	184	4	293
77	2	315	185	5	302
78	2	435	186	5	308
79	2	305	187	5	287
80	2	305	188	5	264
81	3	305	189	6	306
82	3	300	190	6	305
83	3	330	191	6	289
84	3	345	192	6	274
85	4	320	193	1	303
86	4	320	194	1	315
87	4	295	195	1	250
88	4	375	196	1	60
89	5	324	197	3	286
90	5	303	198	3	285
91	5	295	199	3	256
92	5	325	200	3	294
93	6	300	201	4	294
94	6	280	202	4	306
95	6	295	203	4	294
96	6	320	204	4	288
97	1	300	205	5	300
98	1	275	206	1	284
99	1	315	207	1	285
100	1	305	208	1	283
101	2	310	209	1	296
102	2	265	210	3	299
103	2	265	211	3	220
104	2	385	212	3	304

105	3	300	213	3	290
106	3	260			
107	3	275			
108	3	300			

Tableau 50 : Données du dosage du sodium et du potassium plasmatique de smolts de deux souches en milieu contrôlé.

Date	Bassin	Numéro	[Na] g/L	[K] g/L
21/03/2013	1	1	4,40	0,19
21/03/2013	1	2	4,00	0,33
21/03/2013	1	3	2,98	0,32
21/03/2013	1	4	5,20	0,17
28/03/2013	1	27	1,21	0,05
4/04/2013	1	49	5,56	0,10
4/04/2013	1	50	5,05	0,10
4/04/2013	1	51	4,78	0,50
4/04/2013	1	52	5,54	0,38
11/04/2013	1	73	3,66	0,16
11/04/2013	1	74	3,20	0,09
11/04/2013	1	75	4,12	0,11
11/04/2013	1	76	5,96	0,18
18/04/2013	1	97	1,78	0,05
18/04/2013	1	98	1,78	0,03
18/04/2013	1	99	2,24	0,01
18/04/2013	1	100	7,28	0,14
25/04/2013	1	121	6,88	0,11
25/04/2013	1	122	4,54	0,03
25/04/2013	1	123	6,78	0,22
25/04/2013	1	124	5,71	0,20
2/05/2013	1	145	3,95	0,16
2/05/2013	1	146	3,82	0,10
2/05/2013	1	147	3,39	0,05
2/05/2013	1	148	4,44	0,25
9/05/2013	1	169	4,06	0,31
9/05/2013	1	170	4,18	0,15
9/05/2013	1	171	4,35	0,12
9/05/2013	1	172	4,01	0,22
16/05/2013	1	193	2,50	0,86
16/05/2013	1	194	3,57	0,78
16/05/2013	1	195	2,35	0,19
23/05/2013	1	206	3,72	0,17
23/05/2013	1	207	4,10	0,22
23/05/2013	1	208	4,40	0,03
23/05/2013	1	209	3,67	0,13
21/03/2013	2	5	3,56	0,13
21/03/2013	2	6	4,32	0,08
21/03/2013	2	7	6,38	0,08

21/03/2013	2	8	4,18	0,30
28/03/2013	2	29	3,38	0,10
28/03/2013	2	30	4,39	0,03
28/03/2013	2	31	3,42	0,08
28/03/2013	2	32	3,65	0,37
4/04/2013	2	53	5,66	0,26
4/04/2013	2	54	5,56	0,14
4/04/2013	2	55	4,80	0,21
4/04/2013	2	56	6,40	0,31
11/04/2013	2	77	5,10	0,03
11/04/2013	2	78	4,00	0,25
11/04/2013	2	79	3,84	0,26
11/04/2013	2	80	3,52	0,16
18/04/2013	2	101	5,38	0,16
18/04/2013	2	102	5,30	0,11
18/04/2013	2	103	4,85	0,08
18/04/2013	2	104	5,39	0,20
25/04/2013	2	125	0,57	0,10
25/04/2013	2	126	7,07	0,39
25/04/2013	2	127	5,66	0,06
25/04/2013	2	128	6,00	0,10
2/05/2013	2	149	4,06	0,11
2/05/2013	2	150	3,13	0,11
2/05/2013	2	151	4,70	0,19
2/05/2013	2	152	4,36	0,11
9/05/2013	2	173	4,13	0,29
9/05/2013	2	174	4,43	0,21
9/05/2013	2	175	4,22	0,07
9/05/2013	2	176	3,56	0,14
21/03/2013	3	9	4,80	0,10
21/03/2013	3	11	3,60	0,12
21/03/2013	3	12	2,22	0,07
28/03/2013	3	33	8,82	0,16
28/03/2013	3	34	1,54	0,07
28/03/2013	3	35	7,60	0,17
28/03/2013	3	36	1,40	0,05
4/04/2013	3	57	4,95	0,19
4/04/2013	3	58	4,49	0,12
4/04/2013	3	59	6,79	0,22
4/04/2013	3	60	5,28	0,19
11/04/2013	3	81	4,54	0,14
11/04/2013	3	82	3,06	0,10
11/04/2013	3	83	3,00	0,16
11/04/2013	3	84	3,64	0,18
18/04/2013	3	105	5,80	0,19
18/04/2013	3	106	5,34	0,11
18/04/2013	3	107	4,70	0,08

18/04/2013	3	108	5,29	0,17
25/04/2013	3	129	5,29	0,07
25/04/2013	3	130	5,52	0,16
25/04/2013	3	131	3,62	0,10
25/04/2013	3	132	3,99	0,11
2/05/2013	3	153	4,22	0,13
2/05/2013	3	154	4,33	0,08
2/05/2013	3	155	4,50	0,19
2/05/2013	3	156	4,06	0,09
9/05/2013	3	177	4,35	0,21
9/05/2013	3	178	3,58	0,13
9/05/2013	3	180	4,40	0,21
16/05/2013	3	197	3,61	0,17
16/05/2013	3	198	3,37	0,11
16/05/2013	3	199	2,12	0,65
16/05/2013	3	200	3,38	0,97
23/05/2013	3	210	3,30	0,15
23/05/2013	3	211	7,32	0,38
23/05/2013	3	212	4,03	0,11
23/05/2013	3	213	3,81	0,10
21/03/2013	4	13	2,30	0,03
21/03/2013	4	14	4,17	0,09
21/03/2013	4	15	4,09	0,05
21/03/2013	4	16	4,52	0,44
28/03/2013	4	37	3,45	0,10
28/03/2013	4	38	4,33	0,12
28/03/2013	4	39	4,20	0,49
4/04/2013	4	61	4,82	0,17
4/04/2013	4	62	5,25	0,15
4/04/2013	4	63	5,34	0,18
4/04/2013	4	64	4,58	0,08
11/04/2013	4	86	4,92	0,08
11/04/2013	4	87	3,48	0,10
11/04/2013	4	88	3,40	0,01
18/04/2013	4	109	5,58	0,13
18/04/2013	4	110	4,94	0,14
18/04/2013	4	111	5,22	0,08
25/04/2013	4	133	4,20	0,14
25/04/2013	4	134	4,10	0,15
25/04/2013	4	135	4,52	0,11
25/04/2013	4	136	10,02	0,06
2/05/2013	4	157	4,66	0,17
2/05/2013	4	158	3,93	0,09
2/05/2013	4	159	4,41	0,13
2/05/2013	4	160	4,82	0,25
9/05/2013	4	181	4,54	0,18
9/05/2013	4	182	3,77	0,19

9/05/2013	4	183	3,78	0,11
9/05/2013	4	184	3,66	0,13
16/05/2013	4	201	1,88	0,39
16/05/2013	4	202	4,07	0,22
16/05/2013	4	203	3,51	0,16
16/05/2013	4	204	3,62	0,20
21/03/2013	5	18	4,94	0,50
28/03/2013	5	41	6,12	0,69
28/03/2013	5	42	4,82	0,24
28/03/2013	5	43	5,43	0,44
28/03/2013	5	44	12,05	0,21
4/04/2013	5	66	4,57	0,23
4/04/2013	5	67	4,67	0,20
4/04/2013	5	68	3,86	0,25
11/04/2013	5	89	3,62	0,11
11/04/2013	5	90	1,85	0,03
11/04/2013	5	91	9,44	0,20
11/04/2013	5	92	1,78	0,02
18/04/2013	5	113	5,78	0,09
18/04/2013	5	114	5,97	0,18
18/04/2013	5	115	7,18	0,18
18/04/2013	5	116	5,71	0,12
25/04/2013	5	137	4,02	0,11
25/04/2013	5	138	4,07	0,06
25/04/2013	5	139	4,22	0,13
25/04/2013	5	140	2,64	0,30
2/05/2013	5	161	6,25	0,16
2/05/2013	5	162	3,67	0,14
2/05/2013	5	163	2,95	0,08
2/05/2013	5	164	5,34	0,20
9/05/2013	5	185	4,37	0,49
9/05/2013	5	186	3,59	0,62
9/05/2013	5	187	3,81	0,05
9/05/2013	5	188	3,19	0,10
16/05/2013	5	205	4,30	0,15
21/03/2013	6	21	3,63	0,04
21/03/2013	6	22	4,22	0,54
21/03/2013	6	23	4,37	0,10
21/03/2013	6	24	4,10	0,05
28/03/2013	6	45	6,72	0,02
28/03/2013	6	46	4,03	0,22
28/03/2013	6	47	4,96	0,28
28/03/2013	6	48	7,16	0,04
4/04/2013	6	69	8,08	0,16
4/04/2013	6	70	86,80	0,23
4/04/2013	6	71	9,44	0,12
4/04/2013	6	72	19,76	0,04

11/04/2013	6	93	1,79	0,19
11/04/2013	6	94	1,90	0,16
11/04/2013	6	95	2,31	0,02
11/04/2013	6	96	2,50	0,05
18/04/2013	6	117	6,25	0,19
18/04/2013	6	118	5,14	0,08
18/04/2013	6	119	5,34	0,07
18/04/2013	6	120	5,19	0,18
25/04/2013	6	141	4,35	0,15
25/04/2013	6	142	1,34	0,57
25/04/2013	6	143	4,51	0,18
25/04/2013	6	144	3,98	0,14
2/05/2013	6	165	4,73	0,29
2/05/2013	6	166	4,64	0,13
2/05/2013	6	167	4,17	0,09
2/05/2013	6	168	4,90	0,15
9/05/2013	6	189	3,96	0,29
9/05/2013	6	190	4,25	0,17
9/05/2013	6	191	2,46	0,66
9/05/2013	6	192	2,33	0,71

Tableau 51 : Activité Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPase branchiale de smolts de deux souches en milieu contrôlé.

Sexe	Numéro	Souche	Date	Activité $\mu\text{mol ADP.mg prot.}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
F	5	LA	21/03/2013	6,08
M	6	LA	21/03/2013	5,01
F	13	LA	21/03/2013	1,56
M	21	LA	21/03/2013	0,35
M	1	IRL	21/03/2013	3,35
F	2	IRL	21/03/2013	9,95
M	9	IRL	21/03/2013	0,82
F	10	IRL	21/03/2013	3,15
M	18	IRL	21/03/2013	0,41
M	29	LA	28/03/2013	3,41
M	30	LA	28/03/2013	1,87
M	37	LA	28/03/2013	6,10
M	38	LA	28/03/2013	11,24
F	46	LA	28/03/2013	12,64
M	25	IRL	28/03/2013	5,86
M	26	IRL	28/03/2013	7,23
M	33	IRL	28/03/2013	0,13
M	34	IRL	28/03/2013	0,71
M	41	IRL	28/03/2013	1,55
M	42	IRL	28/03/2013	9,40
F	53	LA	4/04/2013	11,50
M	54	LA	4/04/2013	10,14
M	61	LA	4/04/2013	7,36

M	62	LA	4/04/2013	9,77
F	69	LA	4/04/2013	7,22
M	70	LA	4/04/2013	4,93
M	71	LA	4/04/2013	7,30
F	49	IRL	4/04/2013	11,44
F	50	IRL	4/04/2013	0,92
M	51	IRL	4/04/2013	13,49
F	57	IRL	4/04/2013	6,47
M	58	IRL	4/04/2013	4,64
F	65	IRL	4/04/2013	5,70
F	66	IRL	4/04/2013	9,89
F	77	LA	11/04/2013	2,27
F	85	LA	11/04/2013	1,53
F	86	LA	11/04/2013	1,55
F	93	LA	11/04/2013	0,31
F	73	IRL	11/04/2013	2,00
M	81	IRL	11/04/2013	2,21
F	82	IRL	11/04/2013	4,57
F	89	IRL	11/04/2013	1,40
M	102	LA	18/04/2013	0,94
M	109	LA	18/04/2013	1,72
F	98	IRL	18/04/2013	1,43
M	105	IRL	18/04/2013	2,02
M	106	IRL	18/04/2013	3,35
F	113	IRL	18/04/2013	1,32
F	114	IRL	18/04/2013	2,32
M	133	LA	25/04/2013	3,50
F	141	LA	25/04/2013	2,00
M	121	IRL	25/04/2013	2,07
F	129	IRL	25/04/2013	2,34
M	138	IRL	25/04/2013	1,08
F	149	LA	2/05/2013	6,43
M	157	LA	2/05/2013	20,29
M	158	LA	2/05/2013	3,43
F	165	LA	2/05/2013	12,77
F	145	IRL	2/05/2013	3,00
M	153	IRL	2/05/2013	1,22
M	154	IRL	2/05/2013	6,51
F	161	IRL	2/05/2013	5,45
F	162	IRL	2/05/2013	0,13
M	173	LA	9/05/2013	9,86
M	174	LA	9/05/2013	9,40
F	181	LA	9/05/2013	8,94
M	182	LA	9/05/2013	6,60
M	189	LA	9/05/2013	8,77
M	190	LA	9/05/2013	8,26
M	169	IRL	9/05/2013	25,11

F	170	IRL	9/05/2013	6,58
M	177	IRL	9/05/2013	6,49
F	178	IRL	9/05/2013	11,64
M	185	IRL	9/05/2013	21,38
M	186	IRL	9/05/2013	18,18
F	201	LA	16/05/2013	9,34
M	202	LA	16/05/2013	11,62
F	197	IRL	16/05/2013	14,40
F	198	IRL	16/05/2013	7,69
M	193	IRL	16/05/2013	8,13
F	194	IRL	16/05/2013	13,04
F	206	IRL	23/05/2013	4,10

**Tableau 52 : Concentration plasmatique en cortisol de smolts de deux souches en milieu contrôlé.**

Souche	Date	Abs 450nm	[CORTISOL] (ng/ml)
IRL	21/03/2013	1,35	275,7
IRL	21/03/2013	1,16	311,0
IRL	21/03/2013	1,08	330,1
LA	21/03/2013	1,46	258,6
LA	21/03/2013	1,36	273,7
LA	21/03/2013	1,71	227,6
IRL	28/03/2013	1,10	324,4
IRL	28/03/2013	1,59	242,0
IRL	28/03/2013	1,15	313,2
LA	28/03/2013	1,83	214,9
LA	28/03/2013	1,46	259,5
LA	28/03/2013	1,38	271,7
IRL	4/04/2013	1,23	298,3
IRL	4/04/2013	0,96	327,4
IRL	4/04/2013	0,98	322,3
LA	4/04/2013	1,29	285,7
LA	4/04/2013	1,34	277,4
LA	4/04/2013	1,53	226,6
IRL	11/04/2013	0,92	338,5
IRL	11/04/2013	0,86	354,6
IRL	11/04/2013	0,92	338,6
LA	11/04/2013	1,31	257,0
LA	11/04/2013	2,01	179,3
LA	11/04/2013	1,23	270,1
IRL	18/04/2013	0,89	344,8
IRL	18/04/2013	0,95	328,7
IRL	18/04/2013	0,87	351,8
LA	18/04/2013	1,29	259,8
LA	18/04/2013	1,00	315,8
LA	18/04/2013	0,92	337,3
IRL	25/04/2013	1,00	317,0

IRL	25/04/2013	0,82	366,6
IRL	25/04/2013	0,93	335,5
LA	25/04/2013	1,05	305,4
LA	25/04/2013	1,14	286,9
LA	25/04/2013	1,05	305,4
IRL	2/05/2013	0,86	354,2
IRL	2/05/2013	1,44	237,3
IRL	2/05/2013	1,05	305,0
LA	2/05/2013	2,12	171,6
LA	2/05/2013	1,39	244,1
LA	2/05/2013	0,76	387,8
IRL	9/05/2013	1,13	289,2
IRL	9/05/2013	0,86	353,5
IRL	9/05/2013	0,74	393,6
LA	9/05/2013	1,52	227,0
LA	9/05/2013	1,73	204,0
LA	9/05/2013	1,23	269,6
IRL	16/05/2013	0,89	347,0
IRL	16/05/2013	1,13	288,0
LA	16/05/2013	1,05	305,0
IRL	23/05/2013	0,97	324,2
IRL	23/05/2013	0,86	354,3

**Tableau 53 : Concentration plasmatique en IGF-1 de smolts de deux souches en milieu contrôlé.**

Date	Souches	GH [ng/ml]	Prl [ng/ml]	IGF-1 [ng/ml]	T4 [pmol/ml]
21/03/2013	CNG	0,67	14,76	32,32	
21/03/2013	LA	0,63	12,87	30,75	3,23
21/03/2013	CNG	0,66	15,54	47,81	1,78
21/03/2013	LA	0,58	16,24	49,90	2,65
21/03/2013	CNG	0,70	13,19	42,77	2,40
21/03/2013	LA	0,54	14,69	34,52	0,80
28/03/2013	CNG	0,63	11,68	45,08	
28/03/2013	LA	0,53	23,53	32,05	0,63
28/03/2013	CNG	0,56	18,29	21,43	2,23
28/03/2013	LA	0,54	15,51	52,86	1,94
28/03/2013	CNG	0,46	16,06	33,11	
28/03/2013	LA	0,52	15,78	30,01	1,31
4/04/2013	CNG	0,47	21,23	34,49	0,64
4/04/2013	LA	0,58	17,66	42,04	
4/04/2013	CNG	0,51	23,13	40,68	0,44
4/04/2013	LA	0,63	10,37	66,84	0,47
4/04/2013	CNG		25,39	48,39	
4/04/2013	LA	0,56	17,10	51,27	3,22
11/04/2013	CNG	0,58	12,33	39,96	2,65
11/04/2013	LA	0,56	17,41	45,39	
11/04/2013	CNG	0,57	13,03	32,51	2,30

11/04/2013	LA		30,19	24,25	4,27
11/04/2013	CNG	0,65	14,84	62,71	2,48
11/04/2013	LA	0,69	31,95	32,60	3,15
18/04/2013	CNG	0,49	18,78	33,51	0,44
18/04/2013	LA	0,57	20,04	55,54	3,73
18/04/2013	CNG		10,00	33,92	1,49
18/04/2013	LA	0,58	17,73	72,77	0,94
18/04/2013	CNG	0,53	14,57	62,93	0,94
18/04/2013	LA	0,56	16,32	45,21	2,12
25/04/2013	CNG	0,58	22,16	50,27	2,99
25/04/2013	LA	0,51	15,56	56,58	1,44
25/04/2013	CNG	0,62	13,13	42,33	2,65
25/04/2013	LA	0,55	13,38	62,34	1,50
25/04/2013	CNG	0,61	15,33	34,40	3,91
25/04/2013	LA	0,58	14,25	40,83	2,68
2/05/2013	CNG	0,62	15,79	24,57	4,23
2/05/2013	LA	0,57	13,88	20,41	3,02
2/05/2013	CNG	0,47	15,53	37,88	
2/05/2013	LA	0,52	22,83	53,54	0,66
2/05/2013	CNG	0,54	20,60	41,53	2,20
2/05/2013	LA	0,53	19,16	51,81	0,43
9/05/2013	CNG	0,65	16,88	49,19	5,72
9/05/2013	LA	0,65	37,06	39,74	3,28
9/05/2013	CNG	0,63	12,61	35,98	3,86
9/05/2013	LA	0,66	15,94	24,90	4,21
9/05/2013	CNG	0,59	10,69	56,40	4,48
9/05/2013	LA	0,62	10,52	44,29	3,82
16/05/2013	CNG	0,57	10,89	31,48	1,26
16/05/2013	CNG	0,58	15,77	31,83	2,65
16/05/2013	LA	0,60	17,36	41,61	3,02
23/05/2013	CNG	0,62	16,36	32,13	1,96
23/05/2013	CNG	0,53	17,95	41,65	2,22

## 8.2. ANNEXE 2 –LISTE DES ACTIONS ET BUDGET DE REALISATION

SUBVENTION 2013-2014 RELATIVE AU SUIVI SCIENTIFIQUE DE LA  
REHABILITATION DU SAUMON ATLANTIQUE DANS LE BASSIN  
DE LA MEUSE. BUDGET : 100.000 E  
Universités de Namur (UNamur) et de Liège (ULg)

**Action 1. Caractérisation de l'efficacité de la remontée des poissons dans l'axe formé par la Meuse en aval du barrage de Lixhe, les barrages de Monsin et d'Yvoz-Ramet et la basse Ourthe en amont du barrage de Liège/Grosses Battes** (Exécution : équipe ULg).

1.1. Poursuite des contrôles annuels des remontées des poissons migrateurs dans les échelles du barrage de Lixhe impliquant les opérations suivantes : (a) interception des saumons et des truites de mer à transférer (avec l'appui du Service de la Pêche) à la pisciculture d'Erezée ou à utiliser pour des études télémétriques ; (b) marquage d'un maximum de poissons cibles (truite commune, barbeau, hotu, aspe, anguille) au moyen de puces électroniques pour suivre leur migration vers l'amont grâce à leur détection automatique (CIPAM) lors du passage dans les échelles de Monsin et d'Yvoz-Ramet sur la Meuse et d'Angleur Grosses Battes sur l'Ourthe.

1.2. Il apparaît judicieux de poursuivre et d'intensifier le contrôle automatique du passage de certains poissons dans l'échelle des Grosses Battes qui est pourvue d'une antenne de détection CIPAM de poissons pucés et fait désormais partie d'un réseau qui comprend aussi l'échelle du barrage de Monsin et celle du barrage d'Yvoz-Ramet. Il est donc important de pouvoir valoriser ce réseau de détection du passage de poissons migrateurs marqués après passage dans l'échelle de Lixhe ou capture par pêche scientifique (pêche électrique ou nasse) en aval du barrage de Monsin ou dans la basse Ourthe entre la Meuse et le barrage des Grosses Battes.

**Action 2 Etude du fonctionnement des échelles à poissons dans la haute Meuse** (Exécution : UNamur et SP)

2.1 Suivi de la passe à poissons de Waulsort à l'aide du système de vidéo-surveillance : enregistrement en 2013 – analyse des vidéos à effectuer en 2014 en fonction des ressources budgétaires (FUNDP)

2.2. Approfondissement de la formation d'agents du service du SPW pour la prise en charge du dépouillement des données en 2013. L'interprétation des données sera réalisée par les FUNDP (en cours)

2.3 Suivi de la passe à poissons de Tailfer lors des migrations de printemps et d'automne, avec l'assistance du Service de la Pêche (FUNDP et SP – Mr. Victor Paquay) :

2.4. Remise en service du piège à la dévalaison au barrage de Lixhe de façon à capturer quelques individus pour la comparaison des marqueurs de smoltification entre le cours central et les affluents (cfr action 3).

**Action 3. Caractérisation de la dévalaison des smolts de Salmonidés dans l'axe Amblève -Ourthe-Meuse** (Exécution : équipe ULg avec l'appui du SP)

3.1. Réalisation, de fin mars à début juin, d'une sixième session de piégeage des smolts de salmonidés (+ autres poissons) en dévalaison dans le piège de la centrale hydro-électrique Mérytherm sur l'Ourthe. Sollicitation de l'aide de l'équipe de la pisciculture d'Erezée pour effectuer les contrôles et transporter les saumoneaux dans la Meuse ou la basse Berwinne en aval de Lixhe lors des pics de capture. Sur ce site de piégeage de grande importance stratégique, il s'agit de prévoir une exploitation maximale des données : capture de smolts de différentes origines, recapture de lots de smolts marqués, prélèvement d'échantillons pour des études physiologiques et génétiques, relation entre la dévalaison et les conditions environnementales.

3.2. Réalisation de mises au point techniques sur le site de Mérytherm afin de mieux comprendre les répartitions des smolts au niveau des différentes voies de passages possibles. Ces essais porteront sur : i) marquage de smolts capturés dans l'exutoire de dévalaison et de relâchés au niveau du canal de prise d'eau ii) calibration d'un système innovant de télémétrie acoustique via balises VR2 de vemco afin de réaliser une étude en 2014 dont l'objectif sera de calculer les proportions de passages de smolts par le déversoir, l'exutoire et les turbines sur le site de Mérytherm, le tout en relation avec les conditions de répartition du débit.

**Action 4. Repeuplements et suivis des populations réimplantées** (Exécution : UNamur et ULg)

Annulé en 2013-2014

**Action 5. Encadrement scientifique de l'élevage des saumons de souches Meuse et Loire-Allier en région wallonne.** (Exécution : UNamur et ULg)

5.1. Evaluation comparative du statut physiologique ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase, facteurs endocriniens, osmolalité, concentration plasmatique en ions) de diverses souches de saumon élevées à Erezée ainsi que des smolts dévalant à deux points de contrôle de niveau différent de température (Méry et Lixhe) :

- Prélever quelques individus de souche Loire-Allier à Erezée avant le repeuplement.
- Prélever quelques smolts dévalants au cours de la saison de dévalaison (début, milieu, fin) à Méry et Lixhe.

5.2 Pêche de contrôle sur l'Ourthe à trois moments au cours du printemps et évaluation du statut physiologique des saumons non-dévalant capturés ( $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -ATPase, facteurs endocriniens, osmolalité, concentration plasmatique en ions).

5.3 (a) Comparaison de marqueurs de smoltification (mêmes marqueurs qu'au point 3.1, plus relation avec le sexe-ratio et résistance à la salinité) de deux souches de saumon au cours de la smoltification en conditions optimales (photopériode et température environnementales) en milieu contrôlé (circuit expérimental UNamur, URBE). (b) Comparer le statut physiologique des smolts issus d'individus maintenus sous différents niveaux de photopériode à Erezée à partir de décembre 2012.

**Action 6. Élaboration d'un protocole d'utilisation de la technique de cryoconservation du sperme des salmonidés** (Exécution : UNamur)

6.1 Amélioration des performances congélation-décongélation : (a) Evaluation de la motilité des spermatozoïdes post-congélation par cytométrie des flux : contrôler la qualité des paillettes stockées depuis deux ans par une méthode de pointe afin de tester la stabilité du système de stockage (b) Elaboration d'un protocole de suivi de la qualité des spermatozoïdes à divers moments de la saison de reproduction par cytométrie des flux : mettre en place un protocole pouvant générer des résultats publiables (si jeunes saumons disponibles à Ezezé)

6.2. Testage des géniteurs disponibles à la station d'Ezezé et stockage de gamètes pour ceux jugés performants

6.3. Développement de la structure de la cryobanque Saumon 2000 : (a) Poursuivre la collaboration avec l'AWE : appui technique (analyse cryométrique, impression des paillettes, recherche de solutions pour mieux sécuriser le stockage des paillettes)(b) Etablir une voie de collaboration avec l'équipe de Louvain-la-Neuve (Prof. Isabelle Donnay) qui travaille sur une banque d'espèces en déclin en Wallonie.

**Action 7. Synthèse et diffusion des informations relatives au suivi scientifique du projet Meuse Saumon 2000. Intensification des contacts et des échanges techniques et scientifiques internationaux divers.** (Exécution : ULg et UNamur)

**PROJET DE PROGRAMME SAUMON MEUSE 2013-2014.  
SPW - ULG + UNamur**

**Budget pour la période février 2013-janvier 2014**

A. Participation aux frais de personnel (sommes arrondies)

Personnel scientifique et technique à temps partiel + rémunération  
de main d'œuvre occasionnelle

*Sous-total personnel* 75. 100

B. Frais de fonctionnement

Déplacements sur le terrain en véhicule de laboratoire ou personnel,  
missions à l'étranger, accueil d'experts étrangers

Produits et petits matériels pour le terrain, le laboratoire (e.a. cuve à azote liquide) et le  
bureau assurance, entretien, réparation et renouvellement des équipements spécifiques,  
marques diverses pour poissons, équipement d'observation des poissons,  
installation éventuelle d'une liaison Internet à Waulsort

Rapports, publications, documentation spécialisée, papeterie, photocopies,  
matériel didactique, frais de communication sur le terrain, timbres, divers

*Sous-total Fonctionnement* 11856

C. Frais de gestion (15 % de A+B = 104 347 E) 13044

(Décret Communauté française)

**TOTAL GENERAL** **100000**

**PROJET DE PROGRAMME SAUMON MEUSE 2013-2014.  
SPW - ULG + UNamur**

BUDGET SAUMON 2013-2014 AVEC REPARTITION  
ENTRE LES DEUX EQUIPES UNIVERSITAIRES ULG ET UNamur

POSTE ULG	FUNDP		TOTAL
A. PERSONNEL	75 100	37 100	38 000
B. FONCTIONNEMENT	11856	9356	2 500
Total A+B	86956	46456	40 500
C. FRAIS DE GESTION 15 % sur A+B	13044	6969	6 075
TOTAL GENERAL (1)	100000	53425	46 575