



SERVICE PUBLIC DE WALLONIE
DIRECTION GENERALE OPERATIONNELLE AGRICULTURE,
RESSOURCES NATURELLES ET ENVIRONNEMENT
DEPARTEMENT DE LA NATURE ET DES FORETS

**CONVENTION RELATIVE A LA REHABILITATION DU
SAUMON ATLANTIQUE DANS LE BASSIN DE LA MEUSE
Rapport de convention février 2015 - janvier 2016**

REALISATION PAR LES EQUIPES UNIVERSITAIRES

UNIVERSITÉ DE LIEGE

M. OVIDIO (coordinateur)

A. DIERCKX, J.P. BENITEZ, B. NZAU MATONDO, J.C. PHILIPPART

Unité de Biologie du Comportement
Unité mixte de Recherche FOCUS (Freshwater and Oceanic science Unit of reSearch)
Laboratoire de Démographie des Poissons et d'Hydroécologie (LDPH)
22 quai E. Van Beneden, 4020 Liège

UNIVERSITÉ DE NAMUR

B. BERNARD, R. MANDIKI, A. EVRARD. P. KESTEMONT

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



TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION	5
2	RÉALISATION D'UN BILAN GLOBAL DU SUCCÈS DES REMONTÉES DE SAUMONS ADULTES ET DÉVALAISONS DES SMOLTS EN MEUSE DEPUIS LES 15 DERNIÈRES ANNÉES AINSI QUE DES RÉSULTATS D'ÉLEVAGE DU SAUMON PAR LE SERVICE DE LA PÊCHE.....	7
2.1	Relations entre les conditions environnementales et les caractéristiques de repeuplements dans le bassin mosan.....	8
2.2	Relations entre les saumons adultes remontant, les caractéristiques de repeuplements et les conditions environnementales.....	12
2.3	Relations entre les saumons adultes remontant et l'effort de repeuplements	19
2.4	Conclusions.....	23
3	ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES ÉCHELLES À POISSONS DE LA HAUTE MEUSE	25
3.1	Suivi de la passe à poissons de Tailfer lors des migrations de printemps (avril-juin) et d'automne (septembre-octobre), avec l'assistance du Service de la Pêche.....	26
3.1.1	Bilan général des migrations ichtyologiques	26
3.1.2	Discussion.....	30
4	ENCADREMENT SCIENTIFIQUE DE L'ÉLEVAGE DE SAUMONS DE LA SOUCHE LOIRE-ALLIER EN RÉGION WALLONNE.	34
4.1	Introduction.....	35
4.2	Matériel et méthode	35
4.2.1	Dosage des hormones plasmatiques.....	35
4.2.2	Analyses statistiques	36
4.3	Comparaison de marqueurs de smoltification (Na ⁺ /K ⁺ -ATPase, facteurs endocriniens) des smolts dévalant à deux points de contrôle de niveaux différents de température : à Méry et Lixhe.....	36
4.3.1	Description de l'expérience et des prélèvements.....	36
4.3.2	Résultats.....	36
4.4	Finalisation de l'étude concernant les marqueurs de smoltification et résistance à la salinité de deux souches de saumon au cours de la smoltification en conditions thermiques mosanes simulées en milieu contrôlé (circuit expérimental UNamur).....	43
4.4.1	Description chronologique de l'expérience des prélèvements et des dosages.....	43
4.4.2	Résultats.....	44
4.4.3	Discussion.....	47
4.4.4	Conclusions et perspectives	50

5	ELABORATION D'UN PROTOCOLE DE CRYOCONSERVATION ET D'UNE CRYOBANQUE DE SPERME DE SALMONIDÉS	52
	Au cours de l'année 2015, trois actions ont été réalisées concernant le développement d'une cryobanque saumon.	53
5.1	Moment optimal de collecte de la semence pour une motilité optimale après la cryoconservation :	53
5.2	Testage des géniteurs disponibles à la station d'Erezée et stockage de gamètes :	57
5.3	Développement de la structure de la cryobanque saumon.....	58
5.3.1	Collaboration avec l'UCL-CRA Gembloux :	58
5.3.2	Entretien du stock de sperme cryopréservé disponible.....	59
6	CARACTERISATION DE L'EFFICACITE DE LA REMONTEE 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.....	60
6.1	Contrôle des remontées dans les échelles à poissons de Lixhe sur la Meuse en 2015	61
6.1.1	Conditions de réalisation de l'étude.....	61
6.1.2	Statistiques de base des captures.....	63
6.1.3	Analyse des observations 2015 pour les espèces et les groupes d'espèces	65
6.1.4	Evolution historique des captures de 1998 à 2015 pour quelques espèces cibles dans la GE	77
6.1.5	Questions relatives à la bonne gestion du site des échelles à poissons de Lixhe.....	81
6.1.6	Discussion et perspectives de programme pour 2016.....	81
7	CARACTERISATION DE L'EFFICACITE DE LA REMONTEE DES POISSONS DANS L'AXE FORME PAR LA MEUSE EN AVAL DU BARRAGE DE LIXHE, LES BARRAGES DE MONSIN ET D'IVOZ-RAMET ET LA BASSE OURTHE EN AMONT DU BARRAGE DE LIEGE/ GROSSES BATTES.....	83
7.1	Caractérisation en 2015 de la migration de remontée dans l'axe Meuse entre Lixhe, Monsin, Ivoz-Ramet et Grosses Battes de poissons marqués par puce RFID à Lixhe	84
7.1.1	Mise en place du programme de suivi RFID en Meuse liégeoise.....	84
7.1.2	Description du réseau de détecteurs RFID en Meuse liégeoise.....	86
7.1.3	Conditions environnementales.....	93
7.1.4	Détections des passages de poissons pucés dans les stations de monitoring.....	96
7.1.5	Conclusions et perspectives	114
8	CARACTERISATION DE LA DEVALAISON DES SMOLTS DE SAUMONS ET TRUITES DE MER DANS LA BASSE OURTHE A MERY AU PRINTEMPS 2015 AU COURS D'UNE NEUVIEME SAISON DE PIEGEAGE).....	116
8.1	Présentation du site d'étude et méthode de capture	117
8.2	Conditions environnementales.....	120
8.2.1	Régime hydrologique.....	120
8.2.2	Régime thermique.....	121

8.3	Bilan général des captures toutes espèces confondues	122
8.4	Caractéristiques de la population des saumoneaux dévalants.....	124
8.4.1	Classes de tailles	124
8.4.2	Périodicité des captures en début 2015	125
8.4.3	Etat de santé des smolts	126
8.4.4	Expérience de dévalaison sur l’Amblève à Lorcé.....	127
8.5	Dévalaison des autres espèces.	129
8.5.1	Smolts de truite	129
8.5.2	Autres espèces.....	131
8.6	Synthèse globale des résultats basée sur les suivis au cours des neuf années de piégeage. 132	
9	SUIVI PAR TÉLÉMÉTRIE ACOUSTIQUE DE LA MIGRATION DES SMOLTS DANS L’AXE OURTHE MEUSE CANAL ALBERT.....	134
9.1	Objectifs et méthodologie	135
9.2	Résultats.....	140
9.2.1	Migration de dévalaison de 2015	140
9.2.2	Synthèse des voies de migrations empruntées au cours des saisons de migration 2014 et 2015	161
9.3	Conclusion	162
10	BIBLIOGRAPHIE.....	165
11	ANNEXES.....	170

1 INTRODUCTION

Le présent rapport d'activités intègre les travaux des deux équipes universitaires de Liège et de Namur (coordination Ulg – Dr M. Ovidio) dans la cadre de la subvention relative à la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse.

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. René Collin, Ministre wallon de l'Agriculture, de la Nature, de la Ruralité, du Tourisme, des sports et des infrastructures sportives, qui a accepté d'accorder la subvention 2015-2016 aux équipes universitaires dans un contexte budgétaire difficile. Nos remerciements s'adressent aux Services impliqués dans le projet au sein du Service Public de Wallonie (SPW-DGARNE). La Direction de la Chasse et de la Pêche, Directeur Ir. P. VILLERS et Dr. Ir. Xavier ROLLIN, Responsable du Service de la Pêche). Nous remercions également tout l'équipe de la Pisciculture d'Erezée (représentée par X. ROLLIN et Y. NEUS) pour leur collaboration très précise et leur aide dans les activités de terrain (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 et pour l'appui aux contrôles du piège de Méry), ainsi que l'ensemble des agents du Service de la Pêche. Merci à la DG02 (Direction générale opérationnelle « Mobilité et Voies hydrauliques » représentée par Ir. A. GILLET) et à la DGO3-« Direction des cours d'eau Non Navigables » (représentée par Mrs P. ORBAN et O. DETRAIT) pour leur implication constante dans le projet. Le service d'Etudes Hydrologiques (SETHY, Ir Ph. DIERICKS) a fourni les données de débits nécessaires à l'analyse des données. Merci à tous les membres du comité d'accompagnement non encore cités (Drs F. DARCHAMBEAU et M.C. FLAMAND) pour leurs participations actives aux réunions.

Les études sur la dévalaison des smolts présentées dans le chapitre 9 ont été réalisées en collaboration étroite avec l'INBO (Instituut voor Natuur and Onderzoek, équipe de J. COECK, R. BAYENS et I. PAUWELS) qui a gracieusement mis à notre disposition les balises acoustiques et les émetteurs.

Citation recommandée du rapport

OVIDIO, M., DIERCKX, A., MATONDO, B.N., BENITEZ, J.P., PHILIPPART, J.C., BERNARD, B., MANDIKI, R., EVRARD, A. KESTEMONT, P. (2016). Rapport final annuel 2016 au Service Public de Wallonie (DGARNE/DNF-SP) de la Subvention 2015-2016 relative au suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse. Université de Liège et Université de Namur, 175 pages.

2 RÉALISATION D'UN BILAN GLOBAL DU SUCCÈS DES REMONTÉES DE SAUMONS ADULTES ET DÉVALAISONS DES SMOLTS EN MEUSE DEPUIS LES 15 DERNIÈRES ANNÉES AINSI QUE DES RÉSULTATS D'ÉLEVAGE DU SAUMON PAR LE SERVICE DE LA PÊCHE.

Université de Namur avec la collaboration de l'Université de Liège et du Service de la Pêche)

2.1 Relations entre les conditions environnementales et les caractéristiques de repeuplements dans le bassin mosan

- Cette action consiste à faire des analyses approfondies des données obtenues à travers les activités du Programme Meuse depuis une quinzaine d'année afin d'identifier les facteurs les plus limitants du succès de la dévalaison. Il s'agit d'analyser les corrélations entre les conditions environnementales et diverses variables lors de la dévalaison comme le choix des souches de saumons, l'intensité et nature des déversements, les sites de déversement des smolts et tacons, etc. Il faut vérifier par la suite si le nombre de smolts dévalant a un impact significatif sur le plan quantitatif de saumons adultes en remontée dans le bassin mosan.
- Pour la collecte des données nécessaires à ces analyses, des réunions de travail entre les équipes de l'ULg et de l'UN ont été tenues afin de trier les résultats relatifs aux contrôles des dévalaisons réalisés annuellement grâce au dispositif installé sur l'Ourthe à Méry. Cependant, nous n'avons pas encore reçu de la part du SPW les données représentatives de l'ensemble des activités réalisées pour le repeuplement sur les différents points du bassin mosan depuis 2000. Ces données ayant étant encodées par diverses équipes, une phase plus importante de travail de décryptage et d'harmonisation des résultats disponibles s'avère nécessaire avant la réalisation d'un bilan plus détaillé. Il en est de même pour les données concernant l'analyse de la production du matériel biologique de repeuplement par la salmoniculture d'Erezée.
- Ainsi, les analyses statistiques réalisées en 2015 consistent à faire un bilan partiel sur les facteurs pouvant influencer le succès de la dévalaison. L'analyse en composantes principales (ACP) a été jugée appropriée pour visualiser des corrélations éventuelles entre diverses variables mesurées. Les calculs ont été réalisés avec les packages vegan et ade4 du logiciel R. Le modèle linéaire généralisé a été utilisé afin de vérifier la relation entre certaines variables intrinsèques et les variables environnementales
- Afin de réaliser le bilan des dévalaisons, nous avons utilisé plusieurs types de données

(Tableau 1) :

- les données des déversements (stades, nombre, site) par le Service de la pêche de la Région Wallonne (période : de... à ...); les relevés de capture au piège de Méry depuis 2008 par l'ULg (longueur, poids, nombre, date)
- les données environnementales (température (T°C), degré-jour, débit) de la DGO3, Département de la Police et des Contrôles - réseau de contrôle.

Tableau 1: Exemple du tableau de données utilisées pour la première analyse.

Individual	Date	Month	Year	Origin	Length (mm)	Weight (g)	Larvae (restocking)	Smolt (restocking)	Degree*day	T°C	Flow
1	22-avr-08	4	2008	Erezée	163	46	0	1	603,4	10,8	0
2	23-avr-08	4	2008	Erezée	125	20	0	1	615,1	11,7	0
3	24-avr-08	4	2008	Erezée	132	22	0	1	627,2	12,1	0
4	25-avr-08	4	2008	Erezée	132	24	0	1	639,4	12,2	0

Les résultats de l'analyse ACP d'estimation de la corrélation entre diverses caractéristiques des repeuplements réalisés dans le bassin mosan depuis 2008 et les conditions environnementales (Tableau 1) montrent que l'inertie cumulée projetée vaut 83,4% (Axe 1= 47,1% et Axe 2= 35,7%). En d'autres mots, 83% de la variabilité comprise dans le jeu de données est expliquée sur ces deux axes. Cette ACP ne met en évidence que 4 variables qui sont corrélées 2 à 2 (Figure 1). Il s'agit logiquement de la température avec les degrés jours, les deux augmentant au printemps, ainsi que du poids avec la taille du poisson.

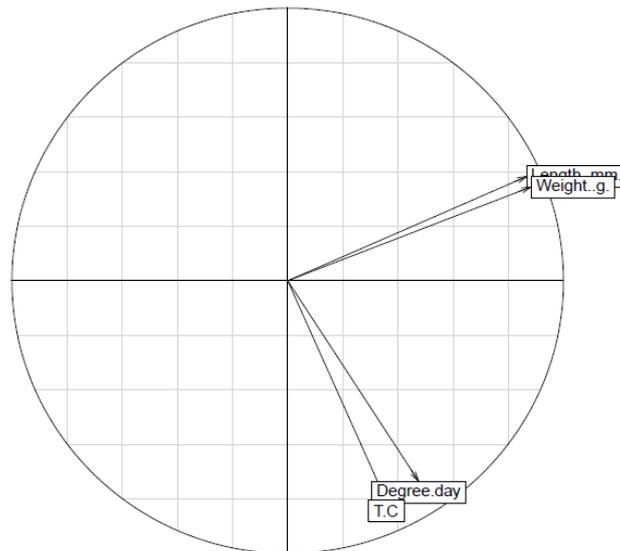


Figure 1: ACP montrant la corrélation 2 à 2 des variables disponibles (Taille, poids, température et degrés*jours).

Une seule corrélation est observable entre le facteur 'mois' logiquement en relation avec la température et les degrés*jours (Figure 2). Les mois se répartissant de la gauche vers la droite, comme les vecteurs taille et poids, une légère tendance à des tailles des smolts plus importantes de mars vers juin. Aucune autre corrélation n'est visible pour les autres facteurs (années, souche...) (Figure 3 & Figure 4).

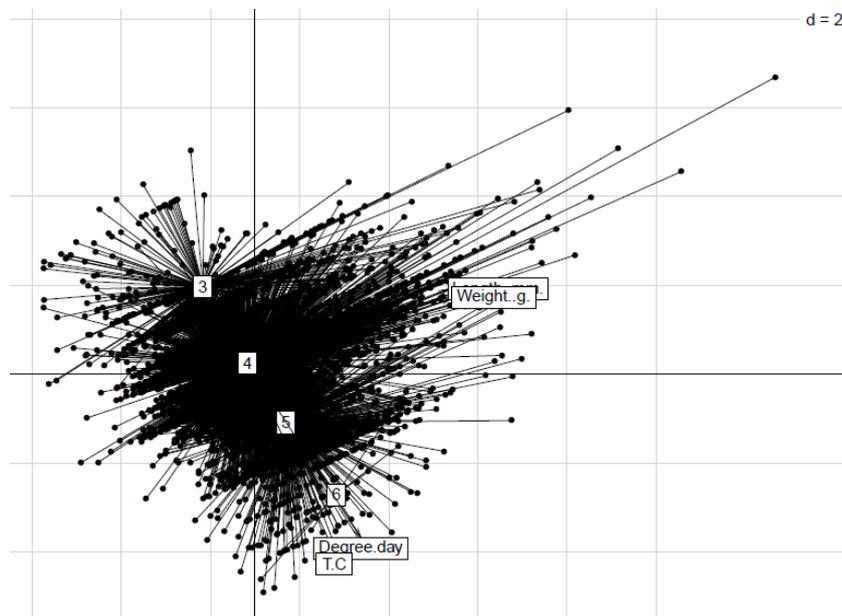


Figure 2: Résultats de l'ACP avec le facteur 'mois'.

Quel que soit le stade des poissons (alevin ou smolt) au moment du déversement, les dates de passages à Méry ne diffèrent pas (Figure 2). De même, le stade de déversement ne semble pas jouer un rôle dans la taille ou le poids des poissons au moment de la dévalaison.

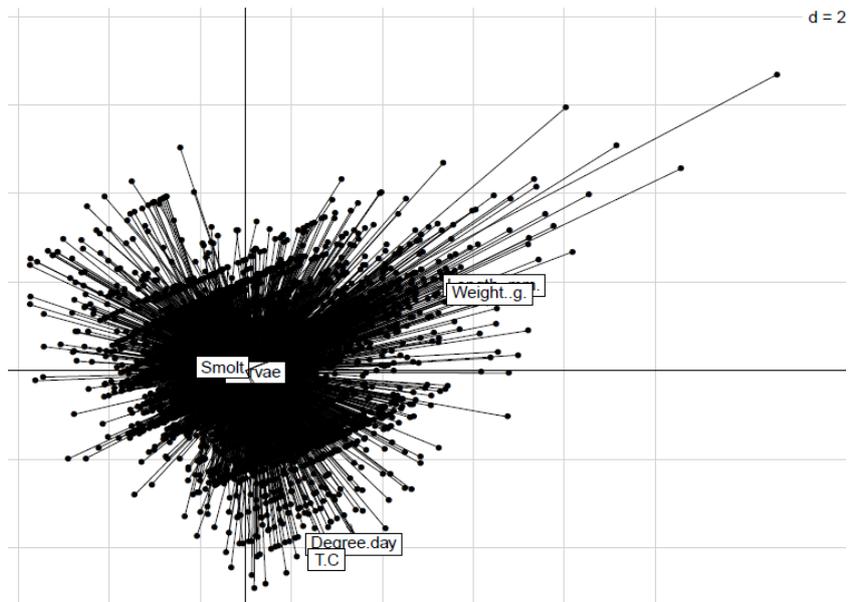


Figure 3: Résultats de l'ACP avec le facteur 'stade de déversement'.

Au fil des années, ni la taille ni le poids des smolts semble changer lors de la dévalaison. Entre les années, on remarque des différences dans les dates de passages à Méry. Ainsi, les smolts en 2008 ont dévalé plus tard qu'en 2012 (les dates se répartissent de haut en bas dans les sens du vecteur « degrés*jours » qui augmente au cours de la saison).

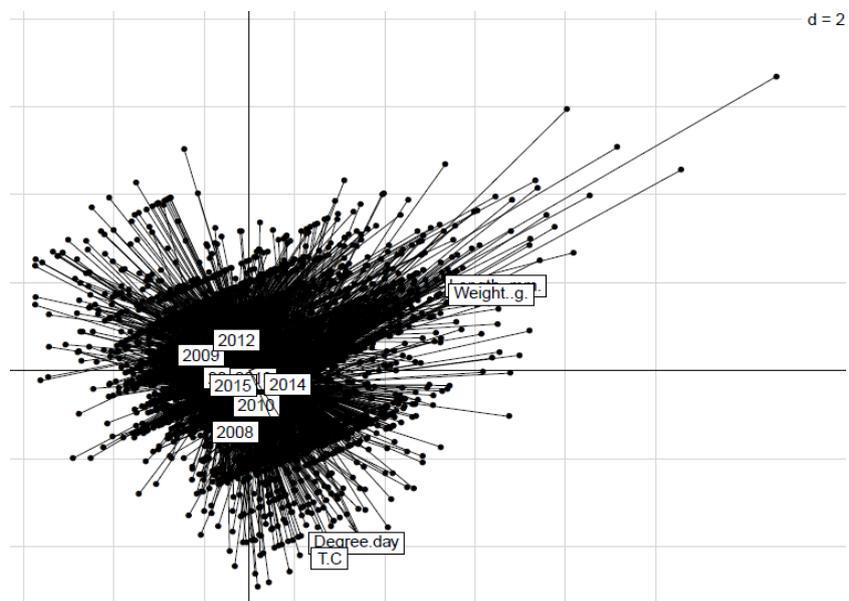


Figure 4: Résultats de l'ACP avec le facteur 'année'.

2.2 Relations entre les saumons adultes remontant, les caractéristiques de repeuplements et les conditions environnementales

Cette deuxième analyse vise à mettre en évidence un lien entre les adultes remontant, les caractéristiques des déversements et des données environnementales. Pour ce faire, nous avons émis l'hypothèse que les adultes restaient deux ans en mer avant de revenir en Meuse. Le débit de la Meuse enregistré le jour de la capture ne semblant pas refléter, de façon optimale, l'ensemble des conditions de flux pendant la migration de montaison, nous avons ajouté la moyenne du débit sur les 10 et 30 jours précédant la capture. Nous avons également incorporé le facteur de libre circulation suite à la construction en 2007 de l'échelle à poisson sur le dernier barrage non équipé au Pays-Bas, Borgharen-Maastricht. Afin de réaliser le bilan des dévalaisons, nous avons utilisé plusieurs types de données :

- les données des déversements (stades, nombre) fournies par le Service de la pêche de la Région Wallonne (de 1997 à 2013),
- les données environnementales (température (T°C), degré-jour, débit, photopériode (hv)) de la DGO3, Département de la Police et des Contrôles - réseau de contrôle,
- les données de recaptures d'adultes (poids, longueur, date, nombre, affiliation génétique (lorsque disponible), site de recapture, sexe (lorsque disponible)) de 1999 à 2015,
- la libre circulation en Meuse suite à la construction d'une échelle à poissons sur le dernier barrage non équipé au Pays-Bas.

Les résultats de l'analyse en composante principale nous permettent de retranscrire nos données sur deux axes expliquant 72,2% (Axe 1 :46,5% et Axe 2 : 25,7%) de la variabilité (Figure 5). La photopériode et la température sont logiquement corrélées ensemble. De plus, la longueur totale des adultes est corrélée à la température. Compte tenu de la longueur de vecteurs, l'analyse est principalement structurée par les débits 10 jours avant la capture et par le nombre de déversement 2 ans avant la capture. L'interprétation de corrélations entre des petits vecteurs est délicate. La taille totale des adultes est également corrélée au nombre total de déversement deux ans auparavant.

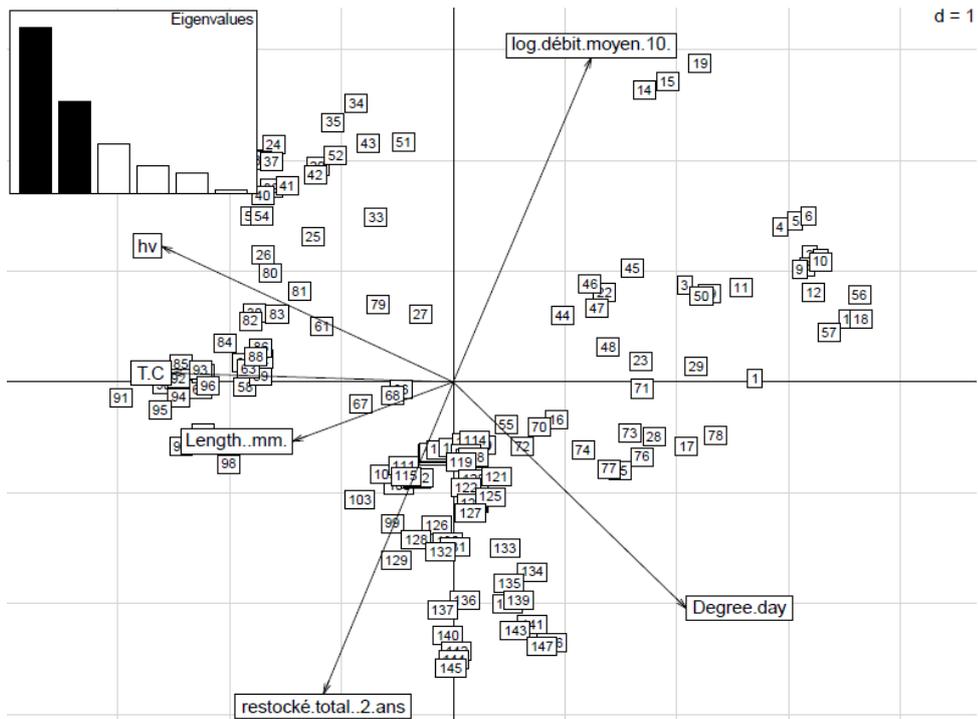


Figure 5: Résultats de l'ACP sur les recaptures d'adultes.

Tableau 2: Exemple du tableau reprenant les données utilisées lors de la deuxième analyse

Individual	Date	Month	Year	Origin	Length (mm)	Weight (g)	Location	Sexe	Degree*day	T°C	Photoperiod	Libre circulation
1	20/11/99	11	1999		670	2707	Lith	M	5218,8	10,2	8,7	0
2	18/11/00	11	2000		657	2144	Lith	M	5047,0	9,7	8,8	0
3	31/10/02	10	2002		730	3100	Lixhe	F	4873,2	13,0	9,8	0
4	22/11/02	11	2002	SCO	757	4096	Lixhe	M	5116,1	10,8	8,6	0
5	22/11/02	11	2002	SCO	715	4098	Lixhe	F	5116,1	10,8	8,6	0
6	22/11/02	11	2002	SCO	679	3350	Lixhe	F	5116,1	10,8	8,6	0
7	28/11/02	11	2002	SCO	635	2435	Lixhe	M	5179,0	10,3	8,4	0
8	29/11/02	11	2002		650	2245	Lixhe		5189,7	10,7	8,4	0
9	29/11/02	11	2002		670	2420	Lixhe		5189,7	10,7	8,4	0
10	29/11/02	11	2002		615	1934	Lixhe		5189,7	10,7	8,4	0

Nbr restocké tacon -2ans	Nbr restocké smolt-2ans	Nbr restocké grand tacon-2ans	restocké total -2 ans	débit journalier	débit moyen x-30jours	débit moyen x-10jours
119680	971	0	120651	95,0	90,9	94,2
193680	4500	0	198180	416,3	341,0	506,1
110270	400	0	110670	185,4	109,8	228,4
110270	400	0	110670	387,6	536,9	602,9
110270	400	0	110670	387,6	536,9	602,9
110270	400	0	110670	387,6	536,9	602,9
110270	400	0	110670	284,5	542,8	357,3
110270	400	0	110670	268,3	543,1	336,1
110270	400	0	110670	268,3	543,1	336,1
110270	400	0	110670	268,3	543,1	336,1

- Seulement au cours des années récentes (2014 et 2015), nous observons une corrélation positive entre le nombre de saumons adultes capturés et le stock de repeuplement total deux ans avant (Figure 6). Ceci renforce l'idée que l'impact positif de l'effort de repeuplement serait masqué par les difficultés de migration rencontrées au niveau des barrages sans passe à poisson comme celui de Borgharen-Maastricht au Pays-Bas avant 2007. Mis à part 2011, 2014 et 2015, les retours d'adultes semblent plus nombreux lorsque le débit est plus important. Notons également qu'en 1999, 2000, 2002 et 2007 les captures se sont effectuées plus tard dans l'année contrairement à 2009 où les captures étaient précoces.
- Une corrélation positive a été aussi calculée entre 2011 et la photopériode, la température et la longueur des adultes recapturés. L'absence de corrélation pour l'ensemble des autres années indique peut-être que le choix des variables pourrait être amélioré (oxygène dissout, turbidité,...).

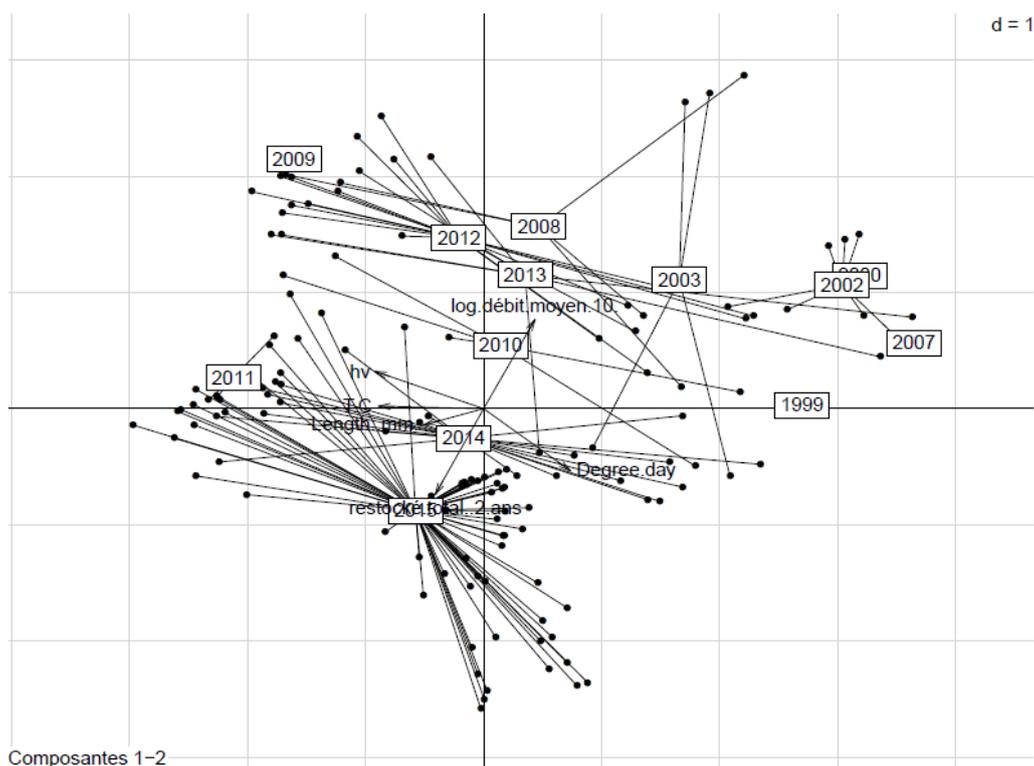


Figure 6: Résultats de l'ACP avec le facteur 'année'.

- Les saisons jouent également un rôle dans la taille des individus recapturés. Au printemps et en été, les adultes de plus grandes tailles sont capturés (Figure 7).
- La répartition des points avant et après l'ouverture de la passe de Borgharen en décembre 2007 (marquée comme 0 avant et 1 après l'ouverture) montre bien l'importance de ce

facteur (Figure 8). Le nombre de recaptures avant semble plus corrélé avec la moyenne des débits 10 jours avant la capture et le nombre de degrés*jours.

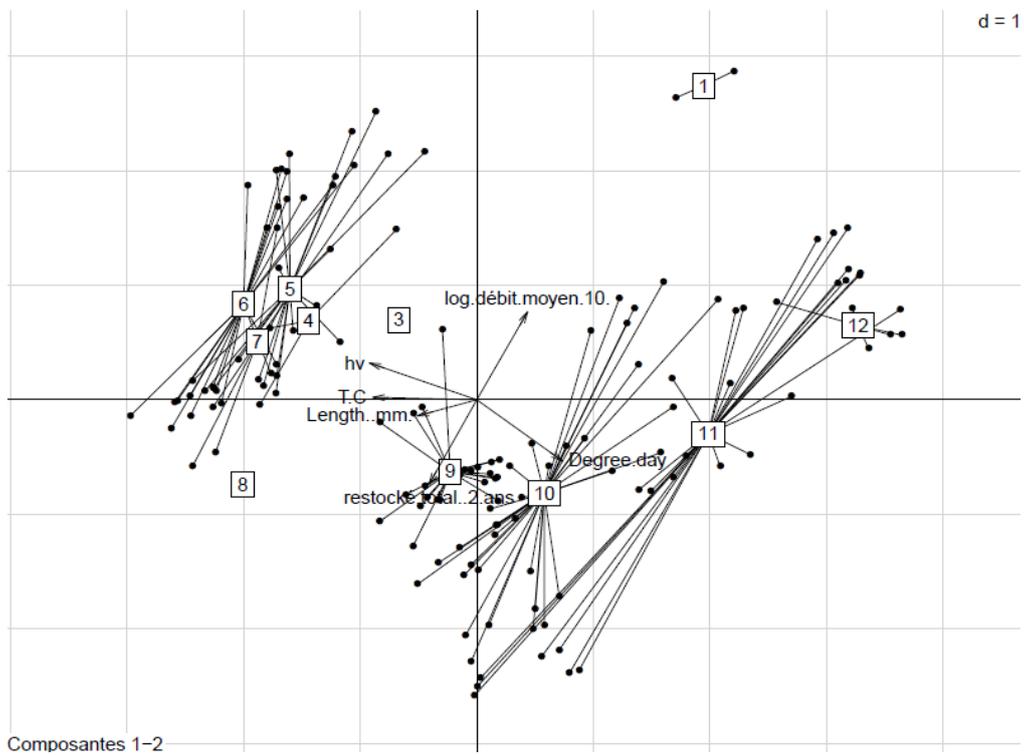


Figure 7: Résultats de l'ACP avec le facteur 'mois'.

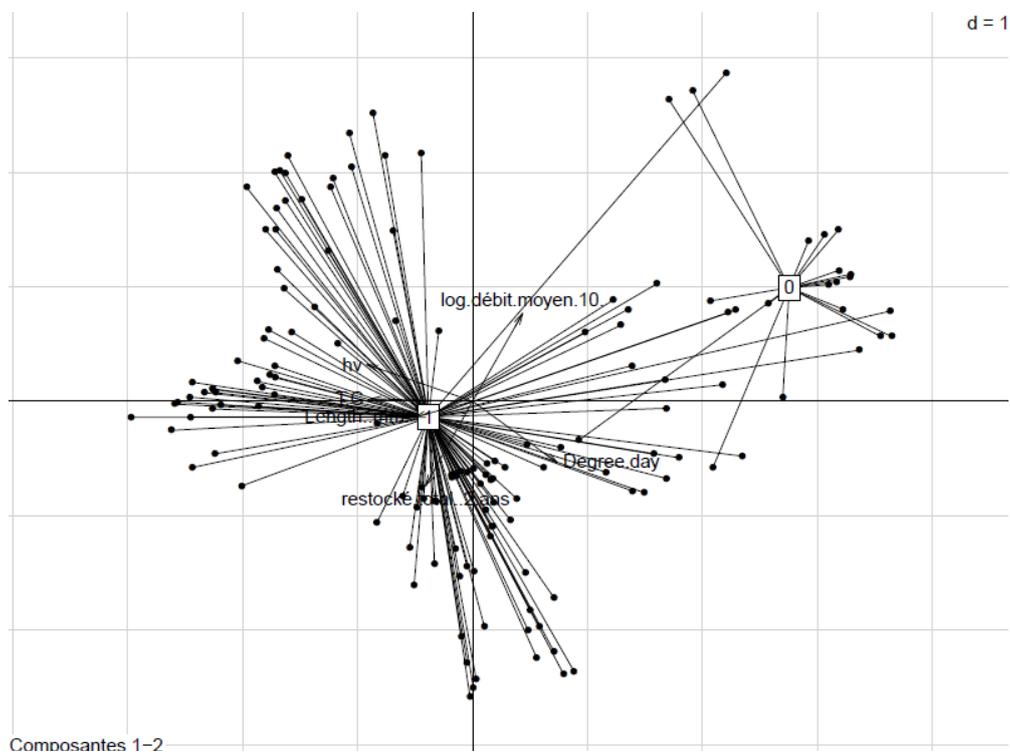


Figure 8: Résultats de l'ACP avec le facteur 'libre circulation'.

L'importance de la souche a été aussi testée dans l'analyse. Au moment de la recapture, les Loire-Allier tendent à avoir une taille supérieure aux autres souches (Figure 9). Notons également le rassemblement des souches Irlande (IR), Ecosse (SCO) et Pyrénées (PYR) dans la partie droite du graphique. Cela signifie que les adultes de ces souches étaient principalement capturés à un nombre de degrés*jours plus important et donc plus tard dans l'année.

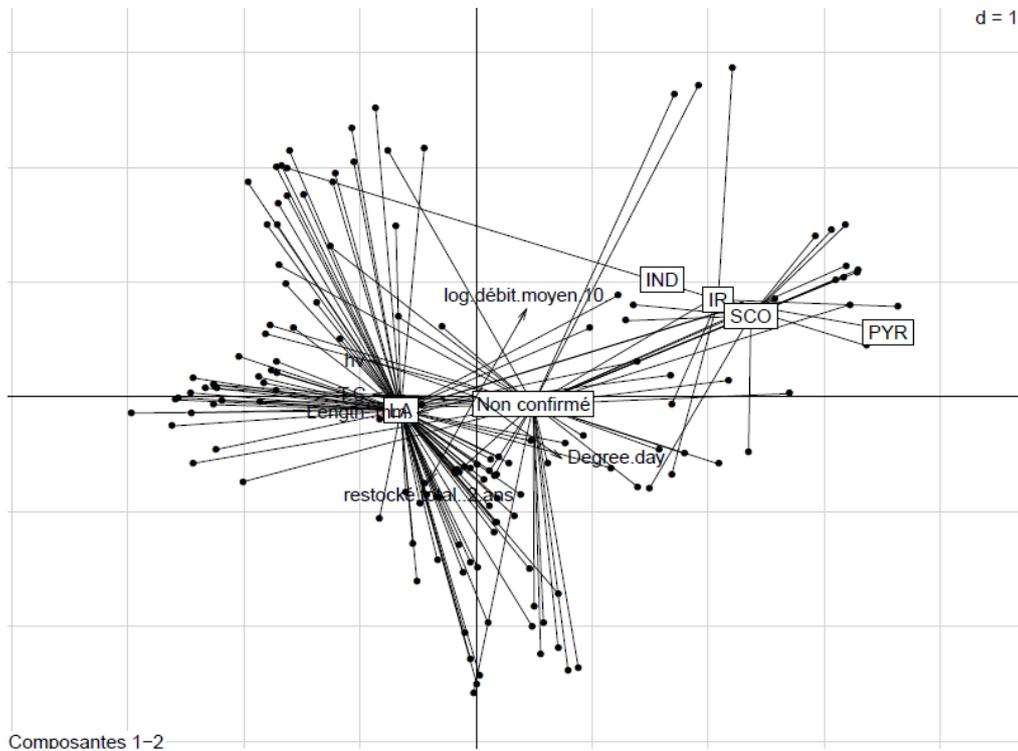


Figure 9: Résultats de l'ACP avec le facteur 'souche'.

Un modèle linéaire généralisé a été créé afin de relier le logarithme de la longueur des adultes avec les variables environnementales (Tableau 2 & Figure 10) :

$$\text{Log long} = \text{Month} + \text{Year} + \text{hv} + \text{débit moyen x-10jours} + \text{Month*Year} + \text{Month*hv} + \text{Month*débit} + \text{moyen x-10jours} + \text{Year*hv} + \text{Year*débit moyen x-10jours} + \text{hv*débit moyen x-10jours}$$

Tableau 2: Significativité des variables ayant servi à la création du modèle.

Source	LogWorth		PValue	
hv*débit moyen x-10jours	4,135		0,00007	
Year*débit moyen x-10jours	2,813		0,00154	
Month	2,372		0,00425	
Month*débit moyen x-10jours	0,977		0,10548	
débit moyen x-10jours	0,884		0,13054	^
Month*hv	0,649		0,22464	
hv	0,439		0,36366	^
Year*hv	0,323		0,47573	
Year	0,234		0,58280	^

Source	LogWorth		PValue
Month*Year	0,219		0,60449

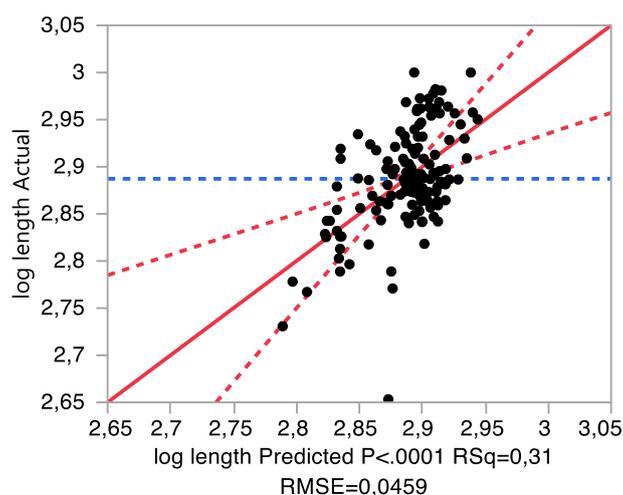


Figure 10: Représentation du modèle

Ce modèle possède un coefficient de corrélation ajusté de 0,26 et une haute significativité (p value du modèle < 0,0001) (Tableau 3). Le modèle met en évidence un effet significatif du facteur 'mois' (p=0,0042) ainsi que l'interaction significative entre l'année avec la moyenne des débits des dix jours avant la capture (p= 0,0015) et entre la photopériode et la moyenne des débits des dix jours avant la capture (p< 0,0001). L'interaction entre les conditions environnementales et la taille des saumons capturés est complexe et serait donc peu indicative sur le plan quantitatif des remontées dans le bassin mosan.

Tableau 3: Résultats de l'analyse de variances de notre modèle.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	10	0,12458692	0,012459	5,9013
Error	132	0,27867752	0,002111	Prob > F
C. Total	142	0,40326443		<,0001*

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	1,0940013	3,53863	0,31	0,7577
Month	-0,012184	0,004187	-2,91	0,0042*
Year	0,000972	0,001765	0,55	0,5828
hv	-0,003282	0,0036	-0,91	0,3637
débit moyen x-10jours	-0,000077	5,066e-5	-1,52	0,1305
(Month-8,37762)*(Year-2012,22)	-0,00037	0,000713	-0,52	0,6045
(Month-8,37762)*(hv-12,2021)	0,0013415	0,0011	1,22	0,2246
(Month-8,37762)*(débit moyen x-10jours-145,445)	0,0000338	2,074e-5	1,63	0,1055
(Year-2012,22)*(hv-12,2021)	-0,000537	0,00075	-0,72	0,4757
(Year-2012,22)*(débit moyen x-10jours-145,445)	-2,651e-5	8,194e-6	-3,23	0,0015*
(hv-12,2021)*(débit moyen x-10jours-145,445)	8,5654e-5	0,000021	4,09	<,0001*

2.3 Relations entre les saumons adultes remontant et l'effort de repeuplements

- Lors de cette troisième analyse, nous avons essayé de relier les données de repeuplement avec celles des adultes remontant (Tableau 5). Pour ce faire, nous avons émis l'hypothèse que les adultes restaient deux ans en mer avant de revenir en Meuse. Nous avons également incorporé le facteur de libre circulation suite à la construction en 2007 de l'échelle à poisson sur le dernier barrage non équipé au Pays-Bas, Borgharen-Maastricht. Afin de réaliser le bilan des dévalaisons, nous avons utilisé plusieurs types de données :
 -) les données des déversements (stades, nombre, souche) par le Service de la pêche de la Région Wallonne
 -) les relevés de capture au piège de Méry depuis 2008 par l'ULg (nombre)
 -) les données de recaptures d'adultes (année, nombre, affiliation génétique) de l'ULg et du Service de la Pêche
 -) la libre circulation au Pays-Bas
- L'analyse en composante principale nous permet de retranscrire nos données sur deux axes expliquant 89,3% (Axe 1 : 71,4% et Axe 2 : 17,91%) de la variabilité (Figure 11). Nous observons un effet temporel bien marqué. En effet, les données récentes sont rassemblées dans la partie gauche du graphe et les données jusqu'en 2009 sont décalées vers la droite. Le nombre de déversement de smolts ou de tacons ne semble pas être corrélé aux recaptures d'adultes (angle de 90° entre variables). La libre circulation suite à l'ouverture de la passe de Borgharen en décembre 2007 (marquée comme 0 avant et 1 après l'ouverture) est bien corrélée avec le logarithme du nombre de recapture d'adultes.

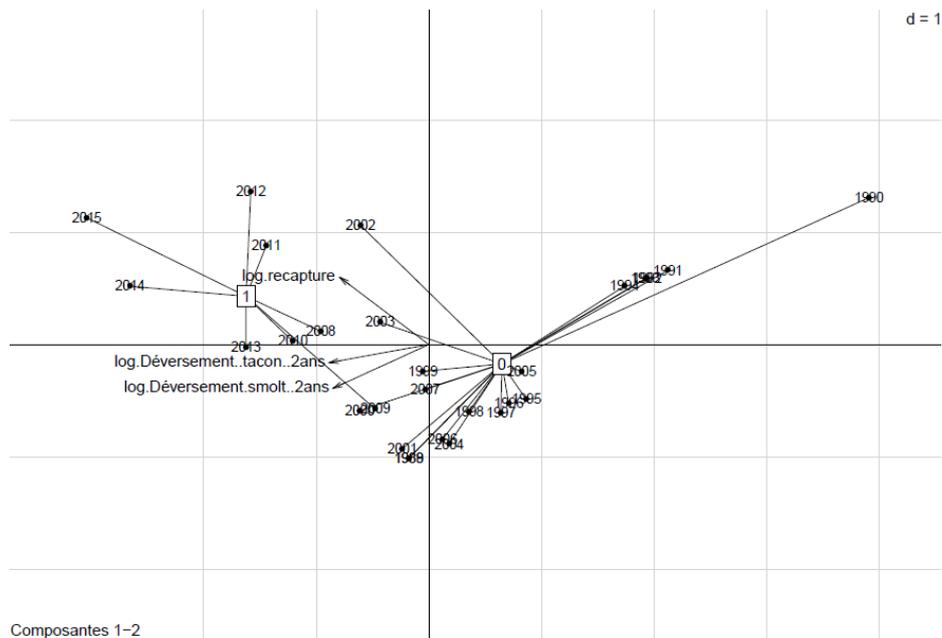


Figure 11: Résultats de l'ACP sur les moyennes annuelles

Il a été possible de créer un modèle linéaire reliant le logarithme des captures de saumons adultes à Lixhe avec l'ouverture de la passe de Borgharen et les logarithmes des déversements en smolts et en tacons :

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4 X_2 * X_3 + E$$

Avec

Y= log (capture saumon adulte Lixhe)

X1 = ouverture de la passe

X2 = log (smolt déversé)

X3 = log (taçon déversé)

Le coefficient de corrélation ajusté de ce modèle vaut 0,695. Le nombre de variable du modèle a été réduit à dessein afin d'améliorer sa qualité et sa significativité (p value du modèle =0,0362). Le modèle met en évidence un effet significatif du facteur 'ouverture de la passe' (p=0,0158) mais ne permet pas de mettre en évidence un effet de la quantité de déversement que ce soit en smolts ou en tacons. Toutefois, l'effet croisé des variables smolts et tacons déversés a été conservé dans notre modèle puisqu'il semble indiquer une tendance (p=0,07).

Tableau 4: Résultats de l'analyse de variances de notre modèle.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	4	3,4733447	0,868336	6,1422
Error	5	0,7068624	0,141372	Prob > F
C. Total	9	4,1802071		0,0362*

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	6,2732649	4,135977	1,52	0,1898
Libre circulation[0]	-0,709578	0,198056	-3,58	0,0158*
log dever tacons	-0,869523	0,795601	-1,09	0,3243
log dev smolt	-0,303432	0,246601	-1,23	0,2733
(log dever tacons-5,23652)*(log dev smolt-3,70906)	2,2629912	0,990173	2,29	0,0711

Tableau 5: Ensemble des données annuelles depuis le début du programme de réintroduction du saumon en Meuse belge

Année	Recapturé	Recapturé Loire Allier	Recapturé Irlandais	Déversé Loire-Allier-2ans	Déversé Irlandais-2ans	Déversement tacon -2ans	Déversement smolt -2ans	Déversement grand tacon -2ans	Déversement total-2ans	Déversement Ourthe	Recapture Méry	Souche	Libre circulation
1988	0												0
1989	0												0
1990	0					2047	0	0	2047				0
1991	0					38417	0	0	38417				0
1992	0					51880	0	0	51880				0
1993	0					53260	0	0	53260				0
1994	0					72156	0	0	72156				0
1995	0					38347	1424	0	39771				0
1996	0					52861	1128	0	53989				0
1997	0					50228	2028	0	52256				0
1998	0					111434	630	0	112064				0
1999	1					119680	971	0	120651				0
2000	1					193680	4500	0	198180				0
2001	0					208170	2144	0	210314				0
2002	11					110270	400	0	110670				0
2003	4					75634	4662	0	80296				0
2004	0					75750	6784	0	82534				0
2005	0					89982	89	0	90071				0
2006	0					101512	3401	0	104913				0
2007	1					69883	5655	0	75538		671		1
2008	5					143752		0	143752		35		1
2009	1					138854		0	138854		147		1
2010	5			93173	122717	215890		0	215890		451		1
2011	15	14	0	122339	138198	260537	1213	0	261750		1367		1
2012	36	24	1	69350	53939	123289	4852	0	128141		3511		1
2013	7	8	0	140993	100060	241053	24439	39005	304497	231395	4496	LA	1
2014	26	14	2	341643	148540	490183	40000	0	530183	294534	4472	LA	1
2015	70	57	4	346770	105331	452101	46471	34780	533352	55662	450	LA	1

2.4 Conclusions

- Le but des analyses réalisées est de vérifier si il existe des tendances significatives entre des variables permettant d'optimiser les actions de repeuplement du Programme Saumon Meuse et de définir des actions prioritaires afin augmenter le nombre de saumons adultes remontant le bassin mosan.
- Les tableaux créés pour les analyses statistiques restent limités, ce qui a mené à un faible nombre de variables exploitables. Néanmoins, cette étude préliminaire a permis de dégager trois tendances importantes pouvant avoir un impact majeur sur la gestion des activités de repeuplement du Programme Saumon Meuse :
 - L'effort de repeuplement influencerait positivement les résultats de remontées des adultes seulement depuis l'aménagement de la passe à poisson au niveau du barrage de Borgharen au Pays-Bas en 2007. Cette conditionnalité souligne l'importance des études de passibilité des barrages qui serait parmi les premiers facteurs limitant la migration à la fois la dévalaison des smolts et la remontée des adultes dans le bassin de la Meuse.
 - Suite à l'aménagement du barrage de Borgharen, le nombre d'adultes recapturés en Meuse Belge est en nette augmentation. Bien qu'aucun saumon adulte n'ait été capturé entre 2004 et 2006, cela laisse penser que des adultes étaient déjà présents en Meuse ces années-là.
 - Les adultes de la souche Loire-Allier tendent à être capturés plus tôt dans l'année (printemps et été) que les autres souches ainsi qu'à être plus grand. Le débit semble jouer un rôle plus important dans le nombre de recapture d'adultes de souche autre que Loire-Allier.
- Les conclusions intéressantes de ce bilan préliminaire montrent l'importance d'approfondir l'historique des données de repeuplement afin de mieux clarifier la relation éventuelle entre les caractéristiques intrinsèques comme l'origine-stade au déversement et les variables environnementales lors de la dévalaison-remontée.

- Avec un volume plus important de données, nous pourrions peut-être dégager plus de corrélations explicatives sur les mouvements de smolts ou des recaptures d'adultes. En effet, plusieurs relations mathématiques peuvent être établies entre le nombre de saumons capturés à Lixhe et des caractéristiques biométriques ou le type de matériel de repeuplement (droite de régression non présentée ici), mais il est intéressant d'inclure dans une telle relation l'importance des variables environnementales. Faute de données génétiques sur les matériels utilisés pour le repeuplement, une détermination plus précise de la structure d'âge des adultes recapturés pourrait permettre une corrélation avec les données environnementales et de repeuplement disponibles. Une étude scalimétrique pourrait ainsi être envisagée. Cela apporterait en plus des indications sur les taux de croissance en mer des différentes souches.

3 ETUDE DU FONCTIONNEMENT DES ÉCHELLES À POISSONS DE LA HAUTE MEUSE

(Université de Namur et appui du Service de la Pêche)

3.1 Suivi de la passe à poissons de Tailfer lors des migrations de printemps (avril-juin) et d'automne (septembre-octobre), avec l'assistance du Service de la Pêche.

3.1.1 Bilan général des migrations ichtyologiques

En 2015, l'échelle à poisson de Tailfer, a fait l'objet d'un suivi scientifique régulier au cours de deux périodes de migration intense. Les remontées de poissons par l'échelle ont été suivies au niveau du palier amont de l'échelle par V. Paquet (Service Extérieur de la Pêche - Triage de Namur) afin d'englober au mieux l'ensemble des périodes de migration de printemps et d'automne. 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. D'après l'agent chargé de la surveillance du piège, le débit d'eau entrant dans la passe de Tailfer a été très bas ce printemps et l'efficacité même du piège en a été affectée. Un suivi correct n'a donc pas pu être réalisé.

Les données de débits et de température montrent des régimes typiques de notre climat (Figure 1 et 2) avec de faibles températures en hiver suivi d'un réchauffement au printemps, des températures les plus élevées en saison estival et finalement un refroidissement au cours de l'automne ainsi que l'alternance d'une période à fort débit en hiver et à faible débit en été. En 2015, les températures varient de 6,5 à 24,9°C pour une moyenne de 14,9°C sur les cinq premiers mois de l'année. Les données de températures n'ont été mesurées qu'à partir du 15 juillet.

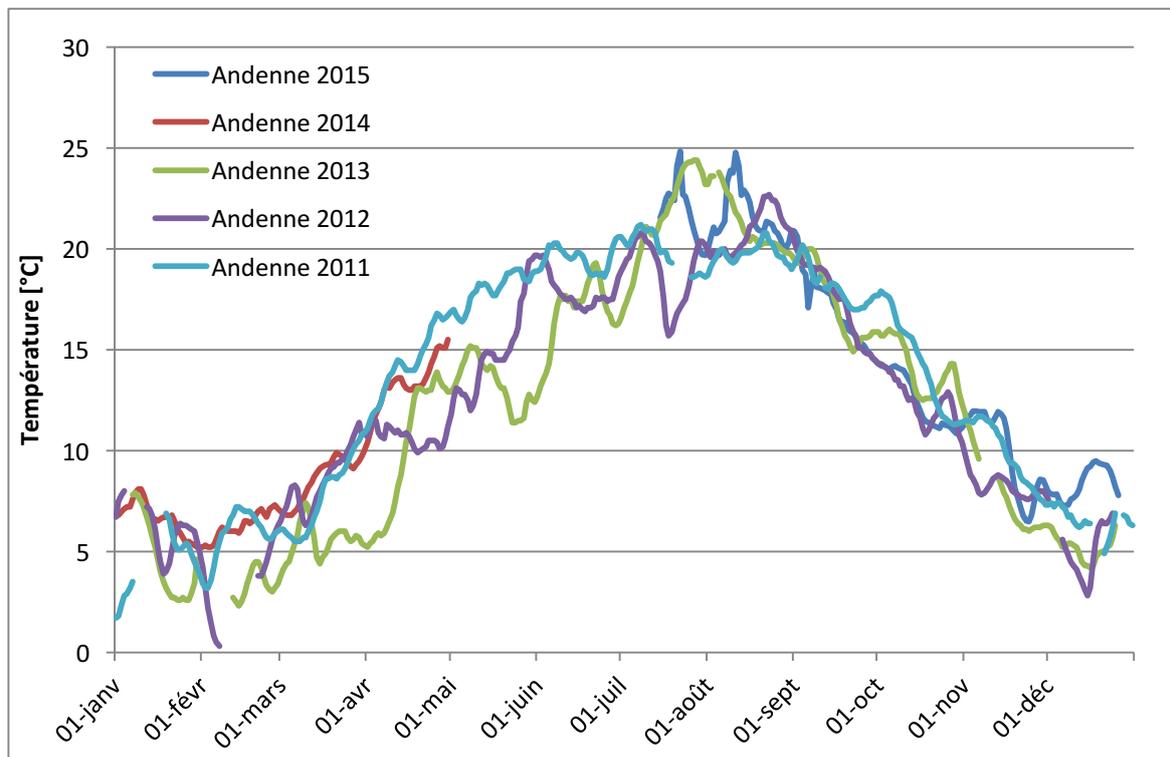


Figure 1: Comparaison de l'évolution de la température [°C] de la Meuse au point de contrôle le plus proche de la passe à poissons de Tailfer de 2011 à 2015 (<http://aquapol.environnement.wallonie.be>).

Les débits varient de 25,8 à 543,8 m³/s avec un débit moyen annuel de 151,5 m³/s. Peu de différences sont à noter en ce qui concerne la comparaison des températures au cours des cinq dernières années. Cependant, les débits en 2015 sont très faibles en comparaison avec les données de 2011 à 2013. Cette constatation avait déjà été faite en 2014. La forte augmentation de débit à la fin de l'hiver et au début du printemps que l'on observait de 2011 à 2013 a fortement diminué. Le débit maximum à cette période en 2015 vaut 543,8 m³/s contre 481 m³/s en 2014, 729,1 m³/s en 2013, 1007,7 m³/s en 2012 et 1428,6 m³/s en 2011. Au cours du printemps un pic a été mesuré mais jusqu'au début de l'hiver, aucune augmentation n'est visible. Une tendance à la diminution du débit semble émerger lorsque l'on observe le débit des 5 dernières années (Figure 3).

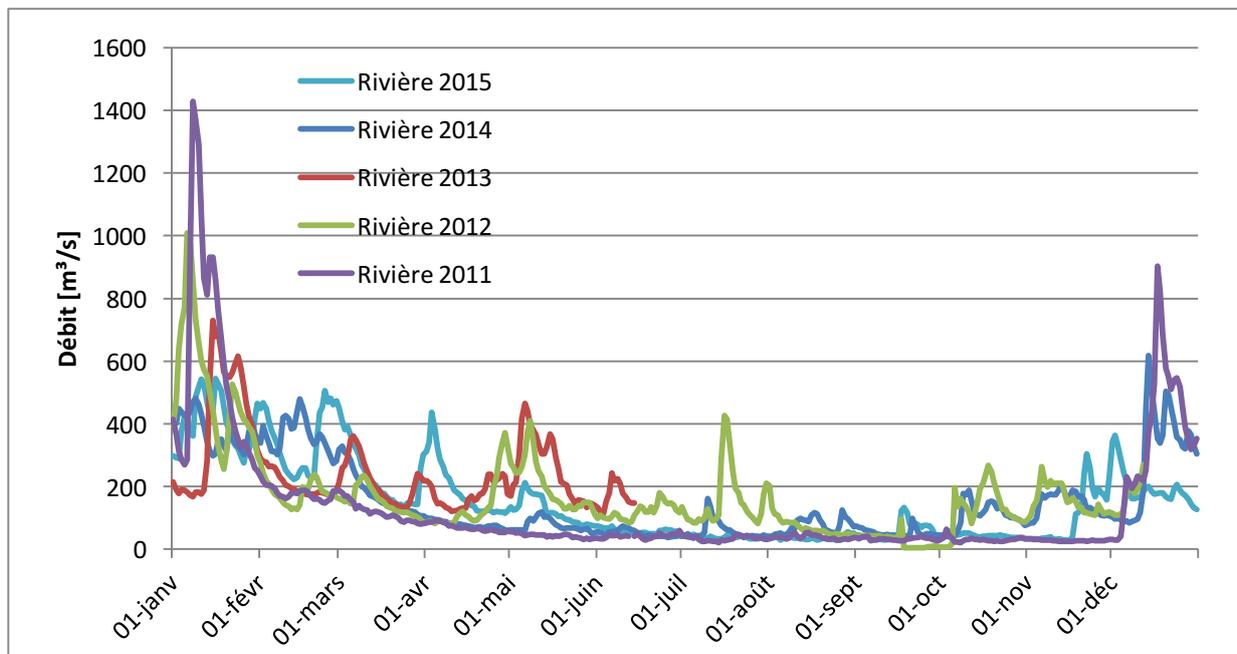


Figure 2: Comparaison de l'évolution du débit [m³/s] de la Meuse au point de contrôle le plus proche de la passe à poissons de Tailfer de 2011 à 2015 (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

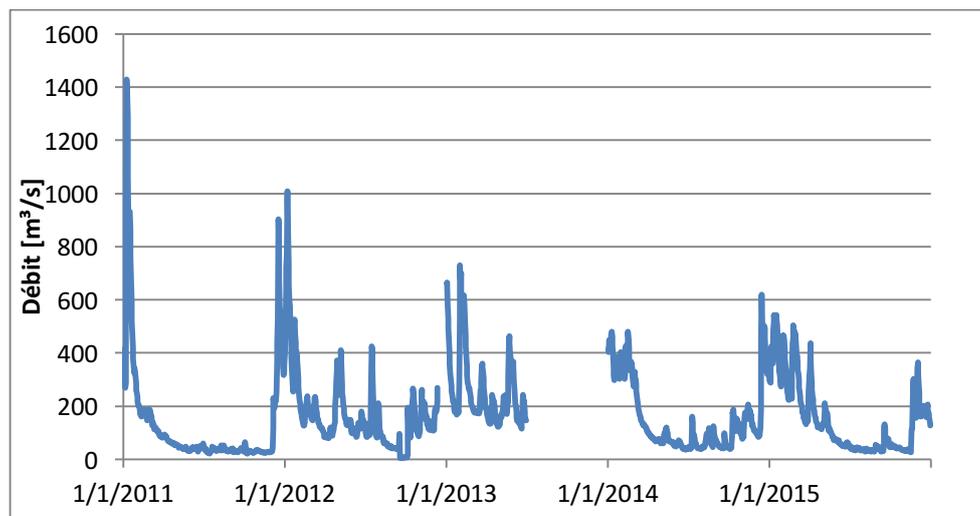


Figure 3: Comparaison de l'évolution du débit [m³/s] de la Meuse au point de contrôle le plus proche de la passe à poissons de Tailfer de 2011 à 2015 (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

Les résultats du suivi de la passe en 2015 sont très mauvais. Seulement 547 poissons ont été inventoriés entre le 10 avril et le 9 mai (Figure 4). L'espèce majoritairement représentée est le goujon avec 319 individus, ensuite le gardon (169) et finalement l'ablette commune (48). Les espèces de hotu, vandoise, chabot, truite fario et loche franche ne sont représentée que par

maximum 5 individus. Toutefois, on remarque que certaines espèces ont des périodes de migration bien définies. C'est le cas pour l'ablette commune (15/04-20/04) et le gardon (21/04-02/05). La période de migration du goujon semble s'étendre sur toute la durée de la période de contrôle bien que 83% aient été observés durant la première semaine de contrôle. Le tableau des relevés des poissons est repris dans les annexes.

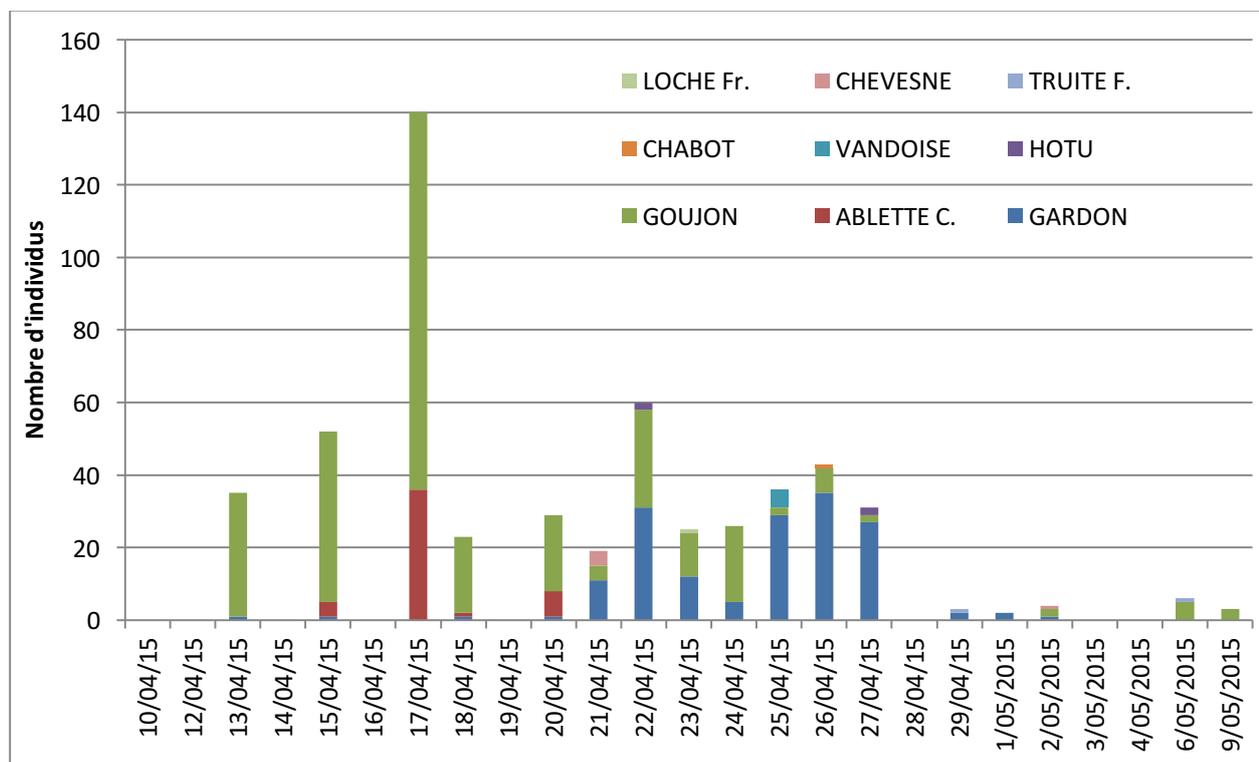


Figure 4: Récapitulatif des poissons capturés lors des contrôles de la passe à poisson de Tailfer en 2015.

A l'instar des autres années depuis 2006 (Tableau), les résultats de 2015 sont alarmants en comparaison avec le 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 et même aucun en 2014. La diversité spécifique observée en 2013 était également la plus faible des données dont nous disposions avec 8 taxa différents contre 17 en 2011, 14 en 2010, 12 en 2009. En 2015, ce sont 9 taxa différents qui ont comptabilisés. De plus, des espèces typiques de cette zonation (brème bordelière, barbeau fluviatile...) ne sont même plus représentées. Notons toutefois que seule la période de migration printanière a été surveillée.

3.1.2 Discussion

Lors des contrôles du piège, il a été remarqué que le débit d'eau entrant dans la passe de Tailfer était très faible ce qui a pu limiter l'efficacité du piège. Cependant, le régime de température et de débit du chenal principal, bien que différent d'année en année, semblent tout à fait normaux pour notre climat avec une période hivernale de fort débit suivi par une période estivale de faible débit. Un programme de gestion pluridisciplinaire pourrait permettre d'augmenter l'efficacité des passes à poissons. Certaines observations quant au faible nombre de captures, ont été faites par Victor Paquay, l'agent du Service de la Pêche responsable du contrôle de la passe à poisson, et sont fournies dans les annexes. Les connaissances et/ou les données sont 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 des jeunes stades de vie des espèces de poissons. Mais l'évaluation des taux de filtration de la masse phytoplanctonique du milieu aquatique par cette espèce invasive semble être difficile.
- l'expansion du grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*) 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 autrefois largement représentées 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 glane (*Silurus glanis*) 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.
- En automne 2012, le chômage technique de la Meuse a eu lieu. Or les taux de migration les plus importants au cours des deux années précédentes, d'après le suivi de la passe à poisson de Waulsort par le logiciel d'acquisition d'image SYSIPAD ont justement été

enregistrés durant la période du chômage technique (3ème décan de septembre jusqu'au 2ème décan d'octobre). La migration automnale est qualifiée de pré-reproductrice pour plusieurs espèces qui commence à migrer vers les zones de reproduction ou vers des zones plus propices à la survie lors de la période hivernal.

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 interannuelles afin d'aboutir avec un plan d'action efficace.

Tableau 1: Présentation des inventaires de captures de poissons de l'échelle de Tailfer depuis 1989 jusqu'à aujourd'hui.

Année	1989		1990		1991		1992		1993		1994		2006		2009		2010		2011		2013		2014		2015			
Période	1/04 au 1/12		1/04 au 1/12		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		14/4 au 16/6		10/4 au 5/5			
Espèces	Nombre	%	Nombre	%	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					48	8,8
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				169	30,9	
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	<								
Sous-total espèces limnophiles	22095	93,8	21060	90,2	18273	88,1	42521	95	8458	86,8	35196	96,6	759	42,3	208	31,5	1551	66,94	778	46,6	25	23,6	0			217	39,7	
Barbeau fluviatile	147	11,5	2	0,2	22	<	200	<	39	<	12	<	18	<	1	<	1	0,04	2	<								
Chabot																	1	0,04	5	<						1	0,2	
Chevaine	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				5	0,9	
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				312	57,0	
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				4	0,7	
Ide mélanotte	2	0,2	2	0,2	3	<	1	<			1	<							1	<								
Loche franche																			3	<						1	0,2	
Ombre					3	<					2	<							1	<								

4 ENCADREMENT SCIENTIFIQUE DE L'ÉLEVAGE DE SAUMONS DE LA SOUCHE LOIRE-ALLIER EN RÉGION WALLONNE.

(UNamur)

4.1 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 les facteurs environnementaux, principalement la température et la photopériode, influencent les changements 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.

4.2 Matériel et méthode

Les détails des dosages et calculs effectués sont présentés dans le rapport final de la « Convention relative à la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse (février 2014 - janvier 2015) ».

4.2.1 Dosage des hormones plasmatiques

Les dosages de l'IGF-1 et de la GH ont été effectués grâce aux kits ELISA (MyBioSource, MBS 022834 et MyBioSource, MBS 044656). Les puits de la plaque 96 puits sont couverts d'anticorps monoclonaux dirigés contre un antigène spécifique (l'hormone à doser). Après incubation, est rincage, un deuxième anticorps conjugué à la Horse Radish Peroxydase (HRP) est ajouté (ELISA en sandwich). En présence de chromogènes, le liquide se colore. La coloration est proportionnelle à la quantité d'anticorps conjugué liés et donc à la quantité

d'antigène. La lecture de l'absorbance est ensuite réalisée grâce à un spectrophotomètre (FLUOstar Omega de BMG Labtech) à 450nm.

4.2.2 Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été réalisées par ordinateur avec le logiciel R 3.0.3. Concernant les résultats des échantillons issus des tests en laboratoire, une analyse préliminaire a été nécessaire pour déterminer l'effet du bassin au niveau de chaque paramètre. Pour cela, des ANOVA 2 hiérarchisées Souche-Bassin ainsi que des ANOVA 1 pour chaque souche ont été effectuées. Grâce à ces analyses, nous avons montré que l'effet bassin pouvait être écarté dans la suite des analyses et nous avons pu considérer chaque smolt comme un réplica par souche. Pour chacune des ANOVA effectuées, la normalité des résidus ainsi que l'homoscédasticité ont été mesurées. Pour tester la normalité, le test de Shapiro a été utilisé. Si la répartition des données était normale, les paramètres ayant deux modalités ont subi un test de Fisher pour l'homoscédasticité et ceux ayant plus de deux modalités ont subi un test de Hartley pour un plan équilibré des données ou un test de Bartlett pour un plan de distribution déséquilibré des données. Si la normalité des résidus n'était pas respectée, un test non-paramétrique de Kruskal-Wallis a été employé suivi d'un test post-hoc.

4.3 Comparaison de marqueurs de smoltification (Na⁺/K⁺-ATPase, facteurs endocriniens) des smolts dévalant à deux points de contrôle de niveaux différents de température : à Méry et Lixhe.

4.3.1 Description de l'expérience et des prélèvements

La description de l'expérience et la méthode de prélèvement appliquée sur le terrain sont décrites en détail dans le rapport final de la « Convention relative à la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse (février 2014 - janvier 2015) ». Une seule modification a été apportée afin de standardiser au mieux les conditions de prélèvement ; en lieu et place du bassin circulaire à Lixhe, un vivier en tout point identique à celui de Méry contrôle a été installé.

4.3.2 Résultats

Suite à une période de crue et des conditions climatiques défavorables pour le piégeage (Figure 1), peu de smolts ont été capturés à Méry au printemps 2015 (Figure 2). Ce nombre

était trop faible pour pouvoir en transférer dans le vivier contrôle de Méry ainsi qu'à Lixhe.

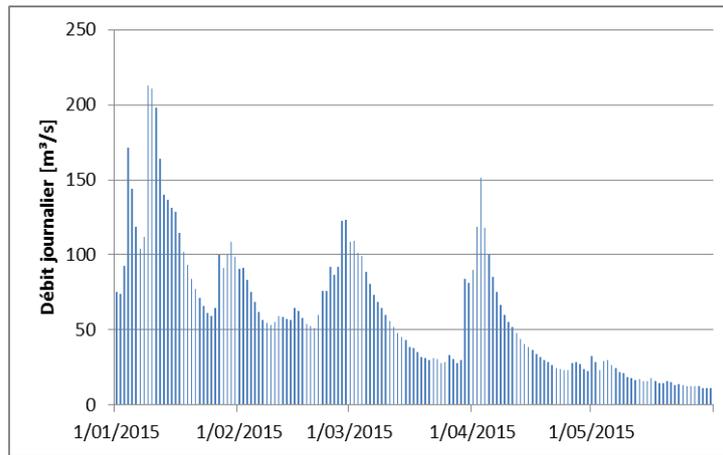


Figure 1: Débit journalier à Méry en 2015.

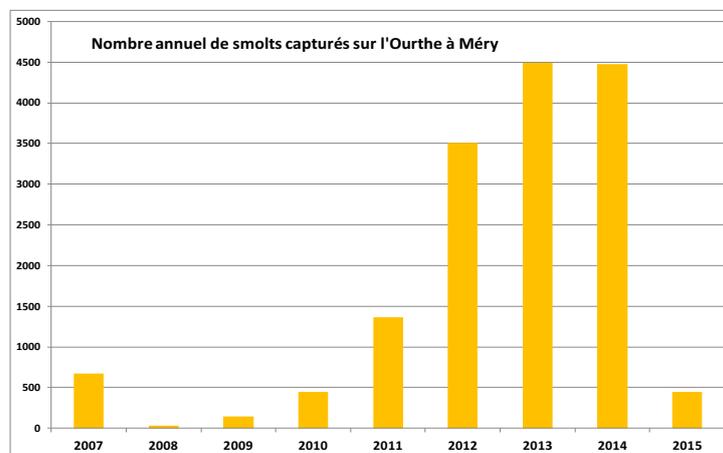


Figure 2: Capture de smolts à Méry de 2007 à 2015.

Ainsi en 2015, nous avons mesuré l'activité des Na^+/K^+ -ATPases branchiales ainsi que les concentrations plasmatiques en GH et IGF-1 à quelques points de prélèvement. Nous avons maintenant continué l'analyse des échantillons de 2014 par des dosages hormonaux complémentaires afin d'obtenir une vision plus complète des changements de profil de sécrétion au cours de la smoltification. Par la suite, nous avons également comparé les résultats des trois ans de suivi de la smoltification en milieu naturel à Méry.

4.3.2.1 Suivi des concentrations plasmatique en différentes hormones

En analysant les résultats du dosage de la GH, nous observons un effet de la date ($p=1,36 \times 10^{-2}$). Plus précisément, les valeurs du 31 mars diffèrent de celle du 12 mai ($p=3,3 \times 10^{-2}$). Nos résultats ne nous permettent pas d'observer un effet du lieu. Les résultats varient entre 12,7 et 17,9 ng/ml à Méry, entre 12,2 et 14,4 ng/ml à Méry Contrôle et entre 9,9 et 18 ng/ml à

Lixhe (Figure 3). Remarquons que les valeurs plus élevées ont été mesurées à Lixhe début mai avant une diminution marquée le 12 mai vers la valeur les plus bas tous prélèvements confondus.

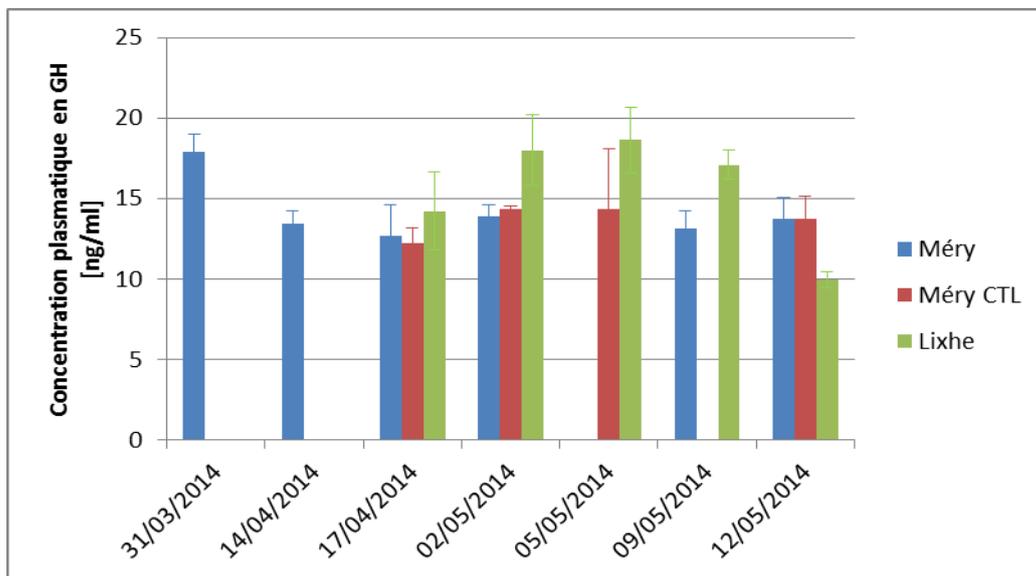


Figure 3: Concentration plasmatique en GH des smolts capturé à Méry et Lixhe au printemps 2014 (N=4 par date par lieu).

En analysant les résultats du dosage de la IGF-1, nous observons un effet du lieu ($p=8,14 \text{ E-}4$), de la date ($p=4,75 \text{ E-}7$) et une interaction lieu-date ($p=2,1 \text{ E-}2$). Plus précisément, les valeurs provenant de poissons prélevés à Lixhe diffère de celles provenant de Méry ($p=5,4 \text{ E-}4$) et de Méry Contrôle ($p=3,5 \text{ E-}2$). Aucune différence significative dans la concentration plasmatique en IGF-1 n'a pu être mise en évidence entre Méry et Méry Contrôle ($p=1,3$). Les résultats varient entre 26,8 et 43,2 ng/ml à Méry, entre 26 et 42,8 ng/ml à Méry Contrôle et entre 26,4 et 39,2 ng/ml à Lixhe (Figure 4). Remarquons que les valeurs plus élevées ont été mesurées à Lixhe début mai avant une diminution marquée le 12 mai vers la valeur les plus bas tous prélèvements confondus. L'observation générale des résultats montre des concentrations d'IGF-1 plus élevée au début des prélèvements.

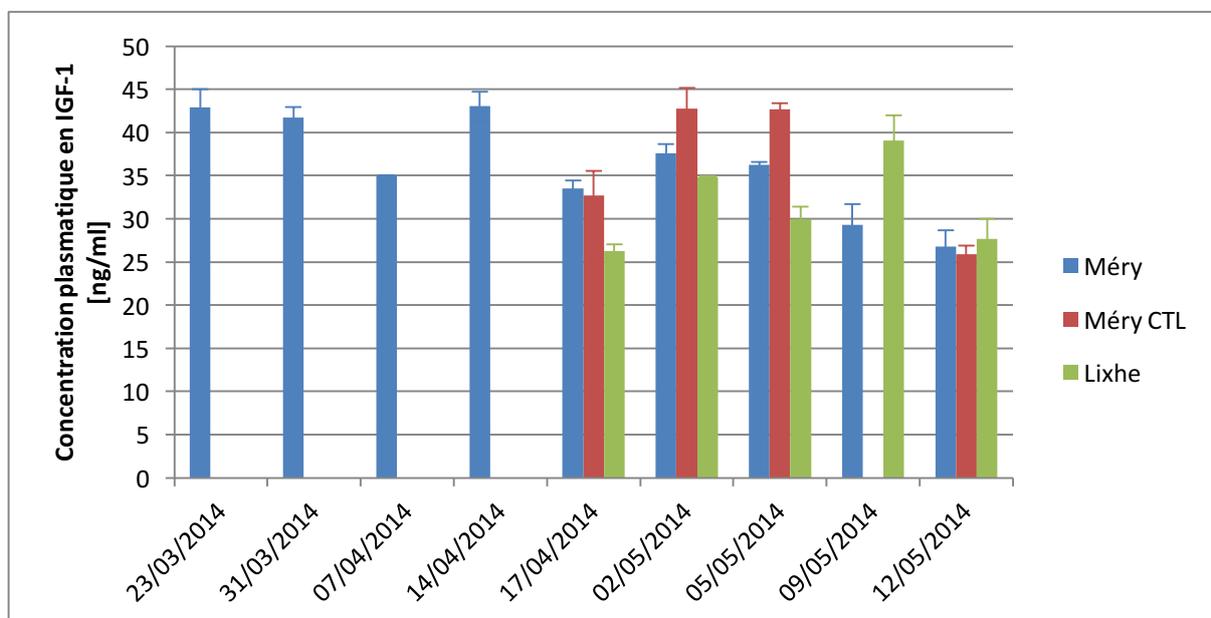


Figure 4: Concentration plasmatique en IGF-1 des smolts capturés à Méry et Lixhe au printemps 2014.

4.3.2.2 Activité NaK-ATPases branchiales

En comparant les mesures des trois années de suivi à Méry (Figure 5), on observe des différences tant au niveau des activités maximales du deuxième mode (13,2 $\mu\text{mol ADP/mg prot.h}$ en 2013, 9,2 $\mu\text{mol ADP/mg prot.h}$ en 2014 et 7,2 $\mu\text{mol ADP/mg prot.h}$ en 2015) que des dates auxquelles celles-ci ont été mesurées (16/5 en 2013, 2/5 en 2014 et 8/5 en 2015). On peut observer une bimodalité lors du suivi en 2014. Dans une moindre mesure, du au nombre d'échantillonnage inférieur, on peut observer cette bimodalité en 2013. En 2015, les prélèvements se répartissent sur moins d'un mois et ne permettent pas l'observation d'une telle tendance. A titre de comparaison, la bimodalité de l'activité NaK-ATPases branchiales est bien visible sur les résultats des deux expériences en conditions de laboratoire (Figure 6). De plus, les pics d'activités des deux expériences en laboratoires ont été mesurés aux mêmes dates ; le 07/04 et le 02/05. Comme à Méry, les taux d'activité diffèrent pour les deux modes (4,4 et 6,8 $\mu\text{mol ADP/mg prot.h}$ pour le premier mode et 6,6 et 9,2 $\mu\text{mol ADP/mg prot.h}$ pour le deuxième mode). En général, les activités sont plus élevées en conditions naturelles qu'en conditions contrôlées.

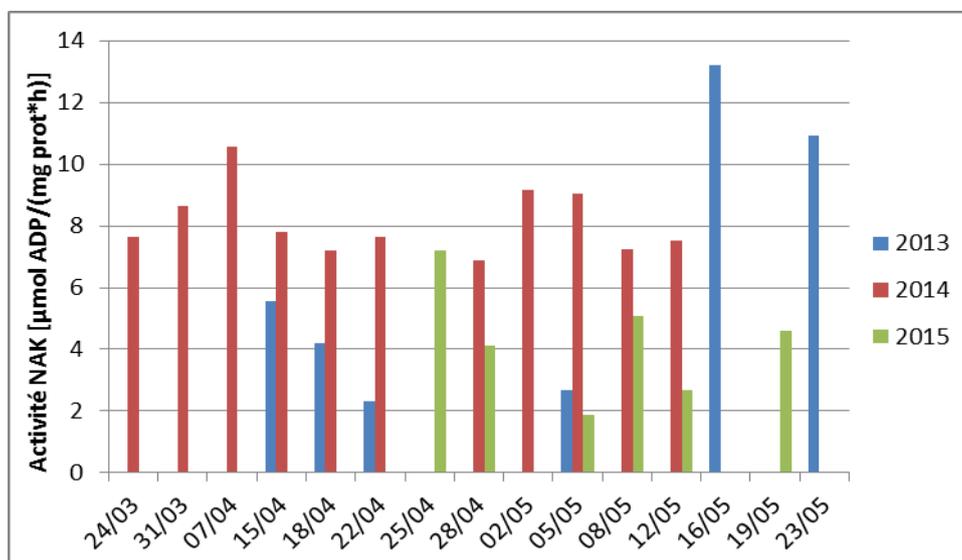


Figure 5: Comparaison de trois années de suivi de l'activité Na⁺/K⁺ ATPase branchiale lors de la dévalaison à Méry.

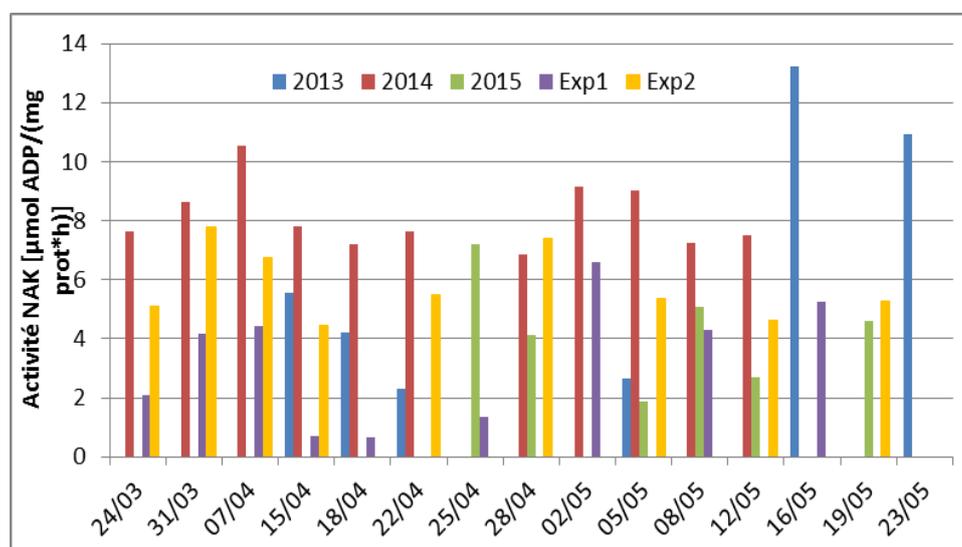


Figure 6: Comparaison de trois années de suivi de l'activité Na⁺/K⁺ ATPase branchiale lors de la dévalaison à Méry et de deux années de suivi en condition de laboratoire.

4.3.2.3 Discussion

L'objectif de cette tâche était de vérifier, en milieu naturel, l'influence du saut de température observé en milieu contrôlé sur la qualité physiologique des smolts lors de leur dévalaison. Les expériences de laboratoires se basaient sur des données mesurées dans l'Ourthe et dans la Meuse. C'est ce système qui a été choisi pour l'étude de terrain. Les valeurs moyennes de l'activité NaK-ATPase branchiale, mesurées l'année dernière, montrent un effet du saut de température marqué par une diminution de l'activité à Lixhe. Ce facteur est considéré dans la littérature comme un des plus fiable pour juger de l'état de

smoltification (McCormick *et al.*, 1998), car c'est un indicateur de la capacité à hypo-osmoréguler (Handeland *et al.*, 2004 ; Zydlewski *et al.*, 2005). Dès lors, nos résultats corroborent notre hypothèse que l'augmentation de la température influence la smoltification.

Des injections ont montré que le développement de la tolérance à la salinité est sous le contrôle du cortisol, de la GH et de l'IGF-1 (McCormick *et al.*, 2001 Stefansson *et al.*, 2008).

De plus, il est connu que les hormones de croissance GH et IGF-1 augmente au cours du printemps pendant la smoltification (McCormick *et al.*, 2000 ; Jonsson & Jonsson 2009, 2011). Une diminution de la tolérance à la salinité avait été attribué à la diminution de la concentration en IGF-1 suite à un stress, dans ce cas-là une contamination à un polluant (McCormick *et al.*, 2005). Dans notre étude, l'IGF-1 montre clairement une diminution suite au transfert des smolts de Méry à Lixhe à la mi-avril. En mai, nous n'avons pas observé de différence ce qui pourrait signifier que la concentration en IGF-1 tend à diminuer en fin de smoltification et que le saut de température a précipité ce phénomène. Une exception existe à la date du 9 mai. Toutefois, ce résultat est difficilement interprétable car la donnée de Méry Contrôle est manquante suite au basculement du vivier.

Il est observable que la condition de température à Lixhe entraine une diminution de l'activité NKA pour les résultats du 12 mai. Bien que le lieu de prélèvement ne semble pas influencer les concentrations plasmatique en GH et IGF-1, l'effet de la date sur les concentrations plasmatiques en IGF-1 et GH montre bien l'évolution temporelle du phénomène de smoltification. Les concentrations plasmatiques en GH semblent plus élevées chez les individus prélevés à Lixhe à la mi-avril et en début mai, contrairement aux concentrations d'IGF-1. Le système endocrinien est la voie principale pour l'intégration des facteurs externes, rythmes internes et réponses physiologiques saisonnières (Gwinner, 1981). De nombreuses études sur la complexité des interactions entre hormones et avec leurs récepteurs en réponse à des changements environnementaux restent à être réalisées. La photopériode et la température sont les principaux facteurs régulateurs du processus de smoltification (McCormick *et al.*, 1998; Riley *et al.*, 2009 Kennedy & Crozier, 2010; Jonsson & Jonsson, 2011). La durée des jours sert d'horloge et l'augmentation ainsi que la diminution de la photopériode sont des facteurs prédictibles indiquant les saisons (Wootton, 1998). La température, par contre, va affecter la vitesse de développement (McCormick *et al.*, 2002). Un seuil de température a longtemps été considéré comme déclencheur de la smoltification. Plus récemment, deux études ont montré que les degrés-jours permettait de mieux délimiter

la fenêtre physiologique des smolts (Handeland *et al.*, 2004 ; Zydlewski *et al.*, 2005). Tout comme un nombre minimum est nécessaire pour initier le processus, un seuil supérieur existe aussi. Au-delà de ce seuil, la tolérance à l'eau de mer diminue (Handeland *et al.*, 2004) ainsi que les mouvements de dévalaison (Zydlewski *et al.*, 2005). Le temps de latence avant l'observation d'un effet du saut de température par exemple sur l'activité de la NaK-ATPase pourrait ainsi facilement s'expliquer. L'augmentation accélérée des degrés-jours après le passage de poissons de l'Ourthe en Meuse pourrait alors raccourcir la période de dévalaison et de smoltification. Ceci expliquerait la diminution de GH et de l'activité des NaK-ATPases le 12 mai à Lixhe.

La température élevée en Meuse, en plus d'influencer les capacités hypo-osmorégulatrices des smolts, pourrait également influencer le nombre de smolts arrivant à l'estuaire. Comme explicité plus tôt, les caractéristiques des rivières influencent la smoltification et la dévalaison dont la température au sein de la rivière (McCormick *et al.*, 1998 ; McGinnity *et al.*, 2007 ; Stewart *et al.*, 2006). La distance jusqu'à la mer influence également le début de la dévalaison. Une population vivant en amont d'une rivière débutera sa migration plus tôt qu'une autre vivant en aval (Stewart *et al.*, 2006). Une autre étude menée sur la souche Loire-Allier, précise que la température idéale pour la progression de la migration de dévalaison était située entre 7,5 et 13,5°C (Martin *et al.*, 2012). Grâce à cette étude, il a pu être déterminé que la vitesse de nage était réduite de 80% pour des températures en-dessous de 4°C et au-dessus de 17°C. Par ailleurs, une température supérieure à 20°C entraîne un arrêt du mouvement de dévalaison. En considérant que la Meuse est un long cours (km de la confluence de l'Ourthe jusqu'à l'estuaire), et que la vitesse des smolts y est probablement réduite dû à la température dépassant les 17°C dès début mai, il est fort possible que soit les smolts arrive en mer en dehors de leur fenêtre physiologique ou de la fenêtre écologique. Le risque que les smolts s'arrêtent de migrer en Meuse les rendra sujet à une prédation importante étant donné leur argenture spécifiquement prévue pour diminuer la prédation en mer (Webb, 1984) et le manque de cache et abris (Millidine *et al.*, 2006).

4.4 Finalisation de l'étude concernant les marqueurs de smoltification et résistance à la salinité de deux souches de saumon au cours de la smoltification en conditions thermiques mosanes simulées en milieu contrôlé (circuit expérimental UNamur)

4.4.1 Description chronologique de l'expérience des prélèvements et des dosages

La description de l'expérience et la méthode de prélèvement appliquée sur le terrain sont décrites en détail dans le rapport final de la « Convention relative à la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse (février 2014 - janvier 2015) ».

Lors de la première partie des analyses, nous nous sommes intéressés à des marqueurs de l'osmolalité (concentration plasmatique en ions sodium et potassium, osmolalité plasmatique, activité Na⁺/K⁺-ATPase branchiale) et à des marqueurs hormonaux (3,3',5-triiodothyronine et thyroxine). Deux autres marqueurs endocrinologiques nous intéressent dans le cadre de notre étude ; il s'agit de l'hormone de croissance (GH) et de l'Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1).

Suite aux résultats des dosages lors de la première partie de cette étude, nous avons décidé de comparer quatre dates entre elles pour lesquelles des différences avaient été observées (Figure 7). Il s'agit du 28 avril, 5 mai et des 2 et 6 juin. Ces dates correspondent à des périodes particulières. Plus particulièrement, le 28 avril a eu lieu le premier prélèvement après le saut de température dans le circuit T2 ; le 5 mai nous donnera des précisions sur l'évolution du processus de smoltification suite à un saut de température ; le 2 juin correspond au dernier prélèvement que nous avons effectué et nous renseignera sur l'impact d'un saut de température dans les circuits T2 et T3 à long terme et nous permettra de comparer nos marqueurs avant et après un test de résistance à la salinité qui a eu lieu le 6 juin.

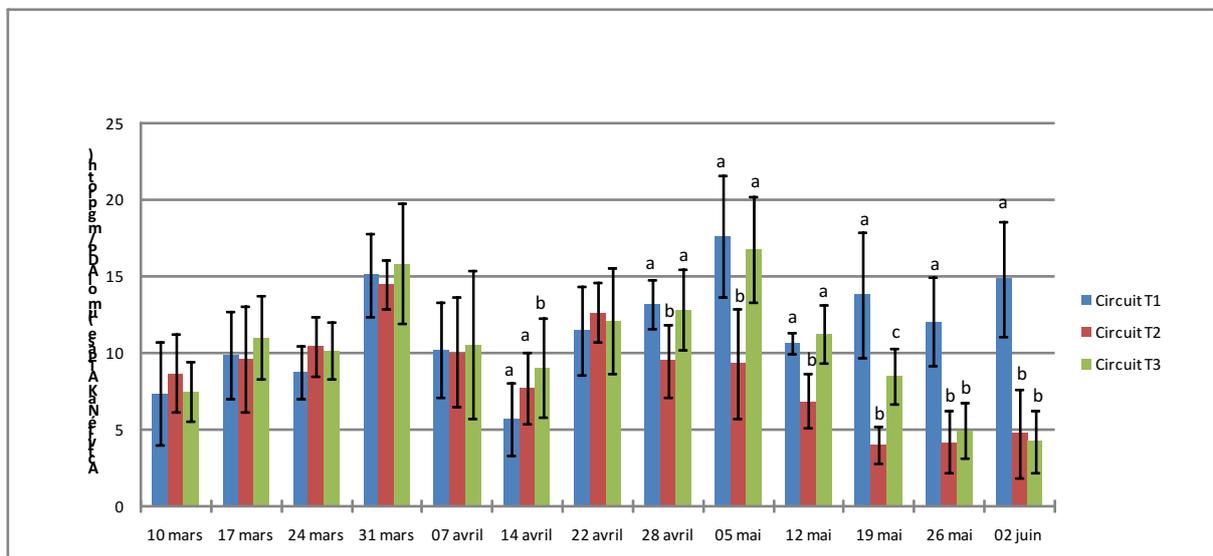


Figure 7 : Evolution de l'activité NaK ATPase au cours du temps pour la souche Cong entre les trois circuits. Les lettres présentées sur ce graphique permettent de réaliser des comparaisons entre les trois circuits pour une seule date (N=9 par circuit par date).

4.4.2 Résultats

4.4.2.1 Profils de l'IGF-1 et de la GH plasmatique

Les analyses statistiques n'ont pas permises de mettre en évidence ni un effet souche ($p=0,96$) ni un effet du circuit ($p=0,16$). Il existe un effet date sur les profils hormonaux ($p=1,21 \text{ E-}08$). Pour la souche Cong (Figure 8), les valeurs mesurées de GH varient entre 6,0 et 21,3 ng/ml (T1), entre 4,9 et 18,7ng/ml (T2) et entre 5,5 et 21,3ng/ml (T3). Pour la souche Loire-Allier (Figure 9), les valeurs d'IGF-1 varient entre 5,4 et 24,6 entre 4,9 et 17,8 ng/ml (T2) et entre 5,4 et 24,6 ng/ml (T3).

Dans le circuit T2, nous pouvons observer une tendance décroissante d'avril à juin. La même tendance se retrouve dans le circuit T1 à partir de mai. Dans chaque circuit et pour les deux souches, on retrouve des valeurs en diminution lors des prélèvements en juin. Notons également que le test de résistance à la salinité du 6 juin ne semble pas induire de changement dans les taux plasmatiques de GH.

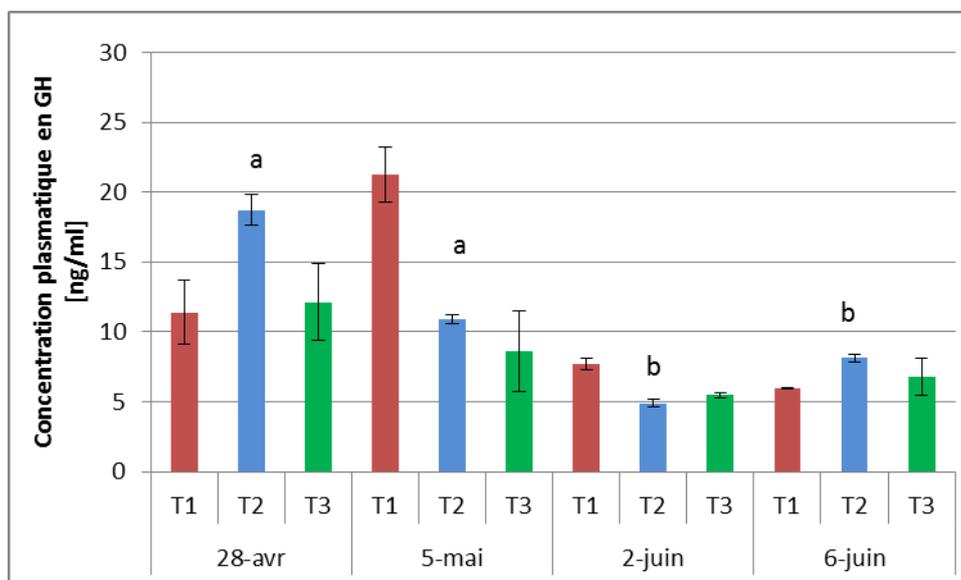


Figure 8: Concentration plasmatique en GH au cours du temps pour la souche Cong dans les trois conditions de température testées (N=3 par circuit par date).

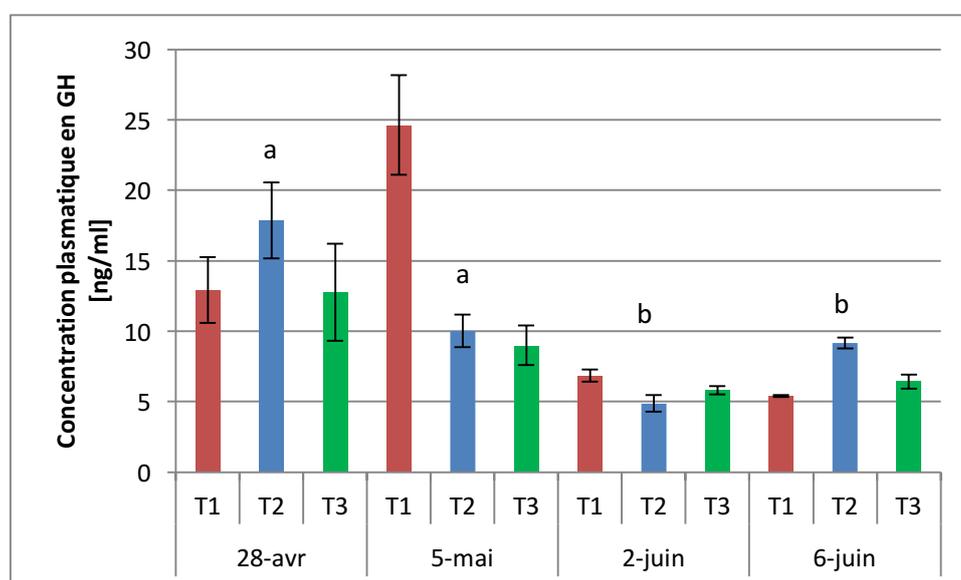


Figure 9: Concentration plasmatique en GH au cours du temps pour la souche Loire-Allier dans les trois conditions de température étudiées (N=3 par circuit par date).

Les analyses statistiques n'ont pas permises de mettre en évidence ni un effet souche ($p=0,49$) ni un effet du circuit ($p=0,56$). Il existe un effet date sur les profils hormonaux ($p=7,2 \times 10^{-11}$). Pour la souche Cong (Figure 10), les valeurs mesurées varient entre 5,5 et 30,2 ng/ml (T1), entre 4,9 et 37,3 ng/ml (T2) et entre 1,3 et 26,2 ng/ml (T3). Pour la souche Loire-Allier (Figure 11), les valeurs d'IGF-1 varient entre 3,8 et 33,1 entre 3,3 et 36,8 ng/ml (T2) et entre 2,2 et 24,8 ng/ml (T3).

L'observation générale montre une augmentation des concentrations d'IGF-1 lors des deux derniers prélèvements. Remarquons une augmentation d'IGF-1 dans les smolts Loire-Allier du circuit T3 le 5 mai. Dans les circuits T1 et T2 et pour les deux souches, on retrouve les

valeurs les plus élevées le 6 juin. Notons également une diminution de la concentration en IGF dans le circuit T3 lors du test de résistance à la salinité le 6 juin.

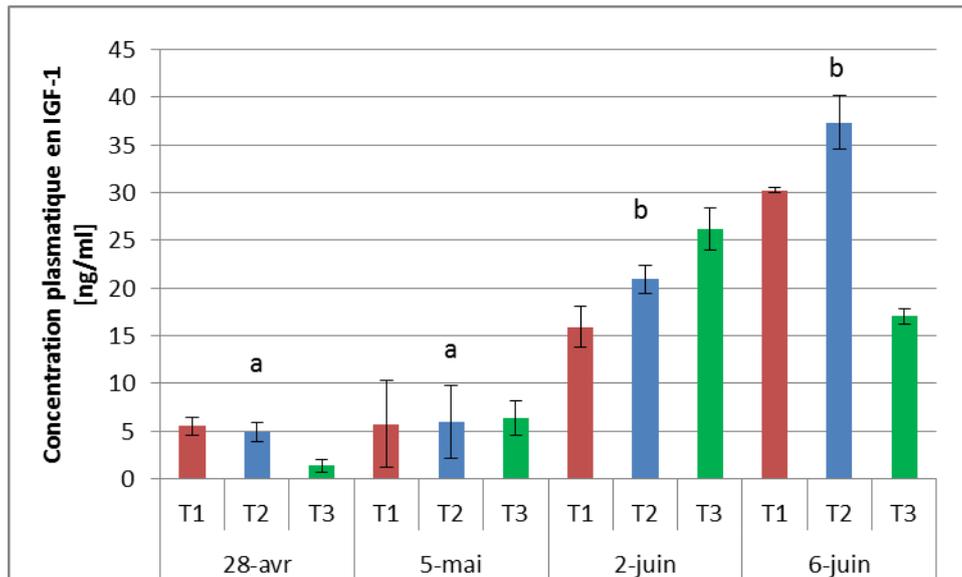


Figure 10: Profil du taux de IGF-1 plasmatique en ng/ml (moyennes et écarts-types) chez la souche Cong dans les trois conditions de température testées (N=3 par date par circuit).

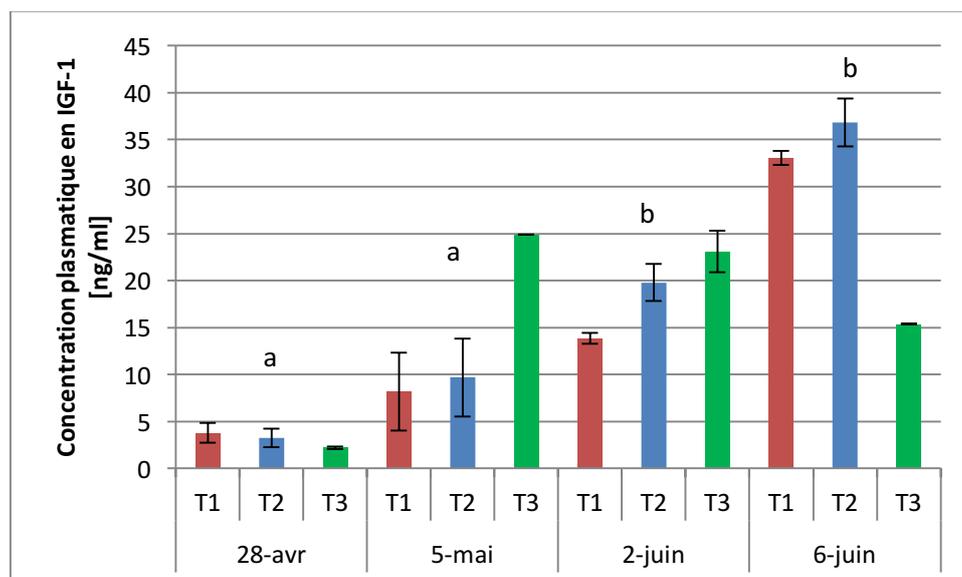


Figure 11 : Profil du taux de IGF-1 plasmatique en ng/ml (moyennes et écarts-types) chez la souche Loire-Allier dans les trois conditions de température testées (N= 3 par date par circuit).

4.4.3 Discussion

Pour les marqueurs que nous avons suivis, des valeurs retrouvées dans la littérature spécialisée sont présentées à la page suivante (Tableau 1). Notons également que des profils hormonaux tout au long de la smoltification sont connus depuis longtemps (McCormick & Saunders, 1987 ; McCormick *et al.*, 1998). Le seul effet que nous avons mis en évidence avec nos mesures de GH et d'IGF-1 est un effet de la date. Les valeurs du 28 avril et du 5 mai diffèrent de celles du 2 juin et du 6 juin. Comme la smoltification est un processus qui se développe sur plusieurs semaines voir mois, cela n'a rien d'étonnant. La diminution des taux plasmatiques de GH début juin s'explique probablement par la fermeture de la fenêtre physiologique des smolts. Une fois celle-ci refermée, les smolts entament un processus de désmoltification qui leur permet de rester en eau douce. Il existe des indices de pics secondaires de T3 et T4 (Prunet *et al.*, 1989, Boeuf *et al.*, 1989), GH (Prunet *et al.*, 1989), Prolactine et cortisol (Young *et al.*, 1989) durant la période de diminution de l'activité NaK-ATPase des saumons atlantique et coho. Cependant, la signification de ces changements reste méconnue (Høgåsen, 1998) et l'implication du système endocrinien dans la perte des caractéristiques de smolts n'a pas encore été élucidée en détail (Björnsson *et al.*, 2011). Comme nous observons une augmentation de la concentration d'IGF-1, il n'est pas à exclure que cette hormone joue également un rôle dans la réadaptation au milieu dulcicole.

Aux dates choisies, les profils hormonaux réalisés ne permettent pas d'expliquer les mesures de l'activité NaK-ATPase ou encore l'osmolalité et les concentrations plasmatiques en sodium et en potassium bien que les facteurs environnementaux soient intégrés par l'intermédiaire du système endocrinien et que les hormones servent de médiateurs des signaux pour contrôler et réguler tous les changements associés à la smoltification (Hoar, 1988; Boeuf, 1993; McCormick *et al.*, 1998; Ebbesson *et al.*, 2003; Stefansson *et al.*, 2008). Un suivi sur plus de dates pourrait permettre de mettre en évidence des différences entre les deux souches ou nous fournir des éléments d'explication à nos observations.

Lors du test de résistance à la salinité le 6 juin, nous avons observé des différences de capacité à hypo-osmoréguler entre les deux souches. Toutefois, il est difficile de les relier avec un taux plasmatique en GH ou IGF-1. Pourtant, sur base des études de Madsen (1990) et McCormick (1996, 2001), il a été démontré que le cortisol et l'axe des hormones de croissance (GH) et Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1) agissent en synergie. Les hormones GH

et IGF-1 possèdent un rôle important dans l'acclimatation à l'eau de mer. En effet, la GH agit sur l'osmorégulation des saumons en permettant l'augmentation de la taille et du nombre de cellules à chlorure. Il a d'ailleurs été prouvé que la concentration en GH et en IGF-1 augmentait lors de la smoltification (Björnsson *et al.*, 1988 ; Prunet *et al.*, 1989). La GH stimule la sécrétion d'IGF-1 et augmente la sensibilité des cellules à celui-ci. Il est également intéressant de remarquer qu'une augmentation de l'activité de la NaK ATPase a été reliée à l'IGF-1 (Madsen et Bern, 1993 ; McCormick, 1995). De plus, l'augmentation du taux plasmatique de T4 par la GH a été observée chez les téléostéens depuis 1977 par Stetson, mais nos résultats de dosage de la T4 montrent une très grande variabilité.

Tableau 1: Valeurs retrouvées dans la littérature pour les facteurs analysés.

Source	CP Na [mEq/L]	CP K [mEq/L]	Osmolalité [mOsm/ KgH ₂ O]	Cortisol [ng/ml]	GH [ng/ml]	T3 [ng/ml]	T4 [ng/ml]	IGF-1 [ng/ml]	Na ⁺ /K ⁺ ATPase [U/g de protéine]	Facteur de condition K
McCormick, 1993	180								3,7-15,2	
McCormick <i>et al.</i> , 1999									1-10	
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									2-12	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

4.4.4 Conclusions et perspectives

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 Na^+K^+ ATP-ase était parallèle à celle des processus de smoltification. De plus, nous avons également mis en évidence une différence du timing de smoltification entre les smolts dans les conditions de laboratoire et de terrain. Ceci montre une fois de plus l'importance de corroborer les études en conditions de laboratoire par un suivi en milieu naturel puisqu'il est impossible de recréer tous les facteurs environnementaux influençant la smoltification en milieu contrôlé.

En résumé, cette étude a permis de confirmer qu'un saut de température pendant la dévalaison affectait de manière significative le statut physiologique des smolts comme mis en évidence par l'activité Na^+K^+ ATPase plus faible chez les smolts soumis à un saut de température. Toutefois, les résultats des mesures de marqueurs enzymatiques et osmotiques ne se laissent pas facilement expliquer par les taux plasmatique de certaines hormones pourtant reconnues dans la littérature. Les deux souches réagissent de la même façon aux changements de condition thermique après une période de 8 à 10 jours.

Les conclusions de cette étude montrent l'intérêt d'une meilleure caractérisation du statut physiologique des smolts dévalant en vue d'améliorer le management du programme de repeuplement. Il serait toutefois intéressant de compléter les analyses de l'étude en cours et d'envisager d'autres protocoles d'études sur le statut physiologique des smolts :

- L'étude fondamentale pourrait être élargie à d'autres marqueurs comme la quantité et la taille des cellules à chlorure branchiales, la concentration plasmatique en ions chlorure ou encore l'analyse du rapport glucose/glycogène hépatique au cours de la smoltification
- L'étude des mécanismes moléculaires sous-jacents permettrait de comprendre comment la température influence 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.

- Pour les conditions de terrain, il serait intéressant de créer deux systèmes parfaitement semblables entre Méry et Lixhe.
- Une étude sur le comportement et les performances de nage des smolts en réponse au saut de température pourrait nous renseigner sur la réaction des smolts en milieu naturel suite à l'étude de Martin *et al.*, 2012.

5 ELABORATION D'UN PROTOCOLE DE CRYOCONSERVATION ET D'UNE CRYOBANQUE DE SPERME DE SALMONIDÉS

Au cours de l'année 2015, trois actions ont été réalisées concernant le développement d'une cryobanque saumon.

5.1 Moment optimal de collecte de la semence pour une motilité optimale après la cryoconservation :

- *L'objectif:*
 - Il s'agit de compléter l'étude commencée en 2014 afin de déterminer la variation de la qualité du sperme de saumon au cours de la saison de reproduction. Il s'agit de déterminer le moment optimal de collecte de spermatozoïdes plus résistants aux processus de congélation-décongélation.
 - Les résultats concernant la variation de la production de sperme de la motilité des spermatozoïdes au cours de la période de reproduction ont été présentés dans le rapport de l'exercice 2014. L'évaluation de la survie des spermatozoïdes après congélation a été réalisée par cytométrie en flux et les résultats ont aussi été présentés dans le rapport de l'année dernière, mais la caractérisation de la motilité des spermatozoïdes cryopréservés n'a pas été réalisés faute de disponibilité de l'équipement CASA du centre de Ciney. En fin d'année 2015, l'accessibilité à cet équipement a permis de réaliser quelques caractéristiques sur le sperme cryopréservé.

- *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 et élevés à station salmonicole d'Erezée.
 - Ils étaient répartis dans deux bassins d'une vingtaine de poissons par bassin dont dix individus étaient identifiés individuellement par des Pit-Tags le 11 décembre 2014, jour du premier prélèvement.

- Deux prélèvements ont été réalisés le 11/11/2014 et 15/01/2015 ; en mi-février, il n'a pas été possible de faire un échantillonnage car le volume de sperme était faible pour pouvoir faire toutes les analyses.
- Pour la collecte de sperme, le stripping était réalisé de façon à épuiser le stock disponible afin de déterminer l'évolution de la production spermatique.
- Après prélèvement, chaque échantillon de sperme était subdivisé en deux aliquots, soit une partie conditionnée avec du dilueur IMV additionné de jaune d'œuf (1:5) et qui servira pour l'évaluation de la motilité après cryoconservation. La seconde partie du sperme est conditionnée avec le même dilueur IMV additionné de BSA (1:5) pour les analyses des lipides totaux et acides gras.
- Le remplissage des paillettes a été faite environ 30 min après dilution sur place à Erezée. Les paillettes sont ensuite placées pendant 4 min au-dessus de la vapeur d'azote puis plongées dans l'azote liquide pour la cryoconservation.
- Un aliquot d'un ml de sperme frais non dilué est ramené au laboratoire URBE à Namur pour l'extraction des lipides totaux ; tandis que le restant du sperme dilué avec les deux solutions est testé deux heures après au centre de l'AWE à Ciney afin d'avoir les caractéristiques de la semence fraîche.
- Les caractéristiques de la motilité du sperme frais ont été testées par la méthode CASA ; l'analyse du sperme cryopréservé n'est pas encore faite à cause d'une forte occupation des équipements du centre de Ciney. En effet, suite à la forte réduction de la durée d'activation des spz poisson par les processus de congélation-décongélation, un paramétrage spécifique est nécessaire, et une telle adaptation devrait se faire pendant les périodes creuses du centre. En revanche, il a été possible d'appliquer la méthode de cytométrie en flux pour l'évaluation de la viabilité et la qualité des membranes des spz frais et cryopréservés.
- Les caractéristiques morphométriques des jeunes saumons testés au cours de deux dates sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1: Caractéristiques biométriques des jeunes saumons Loire-Allier prélevés à la station salmonicole d'Erezée le 11/12/2014

Cuve n° 1 11/12/2014	Numéro	Longueur à la fourche (cm)	Poids vif (g)	Couleur paillette Canister Jaune
Bassin A22				
1	0006CE3A8A	26.5	210.4	Vert-blanc
2	0006C9CAA9	27.8	227.1	Jaune-blanc
2	0006CE37E0	25.4	184.1	Blanc-blanc
4	0006CA1B80	26.5	228.9	Rouge-blanc
5	0006C9ACFA	24.6	198.7	Gris-blanc
Bassin B32				
1	0006CE4374	27.9	235.2	Vert-blanc-barre
2	000CA16C9	24.6	178.8	Jaune-blanc-barre
3	0006CE4D38	25.7	188.9	Blanc-blanc-barre
4	0006CE3430	25.6	183.1	Rouge-blanc-barre
5	0006C9BD3E	23.8	156.4	Gris-blanc-barre

Tableau 2: Caractéristiques biométriques des jeunes saumons Loire-Allier prélevés à la station salmonicole d'Erezée le 15/01/2015

Cuve n° 1 15/01/2015	Numéro	Longueur à la fourche (cm)	Poids vif (g)	Couleur paillette Canister Rouge/Jaune
Bassin A22				
1	0006CA0C3D	26.9	231.0	Vert-blanc
2	0006C9CAA9	27.3	212.0	Jaune-blanc
2	0006CE37E0	24.7	158.0	Blanc-blanc
4	0006CA1B80	26.6	210.0	Rouge-blanc
5	0006C9ACFA	25.0	168.0	Gris-blanc
Bassin B32				
1	0006CE4374	27.9	235.2	Vert-blanc-barre
2	000CA16C9	24.6	178.8	Jaune-blanc-barre
3	0006CE4D38	25.7	188.9	Blanc-blanc-barre
4	0006CE3430	25.6	183.1	Rouge-blanc-barre
5	0006C9FE2B	23.8	156.4	Gris-blanc-barre

N.B. : Deux poissons morts avant le second prélèvement ont été remplacés (cfr 0006CA0C3D, 0006C9FE2B)

▪ **Résultats :**

Variation de motilité des spermatozoïdes cryopréservés :

- Les données individuelles et moyennes concernant la mobilité totale et le pourcentage progressifs des jeunes saumons prélevés au cours de la période de reproduction 2014-2015 sont présentées dans le tableau 3 et la figure 1.

- L'ensemble des résultats montrent que la motilité des spermatozoïdes cryopréservés est comparable au cours de la période de reproduction en termes de pourcentages de spermatozoïdes mobiles ou de motilité progressive. Les valeurs concernant les pourcentages de spermatozoïdes mobiles après cryopréservation confirment celles déjà obtenues sur le sperme frais, aucune différence significative n'a été aussi montrée entre mi-décembre et mi-janvier. Sur le plan individuel, les valeurs des paramètres de motilité après cryoconservation montrent aussi une faible variabilité comme pour le sperme frais. Des valeurs faibles ont été observées chez deux individus sur les dix testés en décembre et aussi en janvier pour un de ces derniers (Tableau 3, poisson n° 5) signe d'une fertilité réduite.

Tableau 3: Pourcentage de motilité totale et progressive des spermatozoïdes cryopréservés des jeunes saumons prélevés en mi-décembre 2014 et mi-janvier 2015 à la station salmonicole d'Erezée

Bassin/date	N° mâle	% motilité	% progressif	Bassin/date	N° mâle	% motilité	% progressif
<i>B1/11-12-2014</i>				<i>B1/15-01-2015</i>			
	<i>S1</i>	<i>22</i>	<i>13</i>		S1	45	27
	S2	39	25		S2	48	25
	S3	42	22		S3	38	21
	S4	47	27		S4	30	25
	S5	35	18		S5	29	25
<i>B2/11-12-2014</i>				<i>B2/15-01-2015</i>			
	S1	40	20		<i>S1</i>	<i>21</i>	<i>12</i>
	S2	41	22		S2	39	24
	S3	44	20		S3	40	27
	S4	33	19		S4	36	24
	<i>S5</i>	<i>19</i>	<i>12</i>		<i>S5</i>	<i>24</i>	<i>10</i>

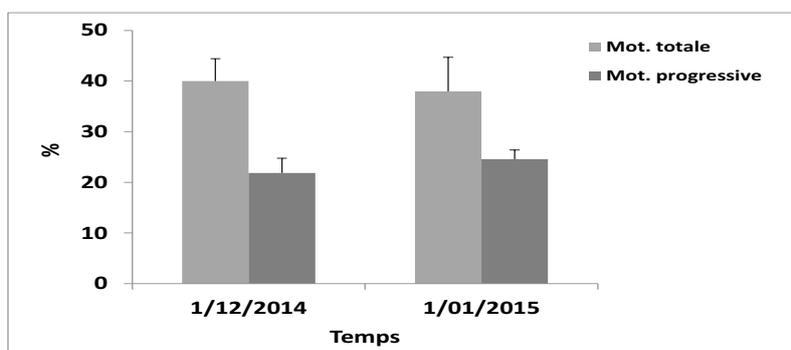


Figure 1: Variation de la motilité totale et progressive des spermatozoïdes cryopréservés des jeunes saumons d'Erezée au cours de la saison de reproduction 2014-2015.

5.2 Testage des géniteurs disponibles à la station d'Erezée et stockage de gamètes :

- Etant donné qu'en 2015, un nombre élevé de saumons sauvages ont été capturés, nous nous sommes proposés de tester si la qualité du stock résiduel de sperme de certains mâles est suffisante pour des fins d'utilisation à long terme.
- Après reproduction avec le sperme frais à Erezée, neuf mâles ont été prélevés le 18 et 22 décembre 2015, et des séances de cryoconservation ont été réalisées avec la méthode cryobox.
- Un nouveau dilueur IMV (Freezesol) a été utilisé car le kit Cryofish-IMV utilisé pour nos différents essais antérieurs n'est plus commercialisé.
- Aussitôt après prélèvement, le sperme a été dilué (1:5) et la cryoconservation a été réalisée comme décrit dans les précédents rapports.
- L'évaluation de la survie après cryoconservation a été réalisée par cytométrie en flux, et la motilité totale par microscopie.
- Les résultats de cet essai de cryoconservation sont présentés dans les tableaux 4 et 5.

Tableau 4: Caractéristiques biométriques, volume de sperme frais, nombre de paillettes et qualité des spermatozoïdes cryopréservés des saumons sauvages (F0) prélevés le 18/12/2015.

Cryoconservation Erezée 18 12 2015									
Mâles sauvages F0 Lixhe									
No	PitTag	Volume (ml)	Vol dilué	N paillettes	Couleur paillettes	Cuve	Canister	Survie/cryo (%)	Motilité/cryo (%)
1	06B9B269	20	100	195	Bleu-foncé	4	2 (vert), godet 1 (bas)	51,93	31,01
2	06C9D06B	18	90	180	rouge	4	4 (rouge)	44,65	30,51
3	06C9E65A	10	50	100	vert	4	2 (vert), godet 2 (haut)	52,68	32,38
4	06C97D6E	17 (+ qlq gouttes verdâtres)	85	170	jaune	4	3 (jaune), 2 godets	23,79	14,1
dilueur IMV = freezesol									
Dilution: 1:5									
Biométrie 18 12 2015									
No	PitTag	Date	Lieu de capture	Ngé (souche)	Lt	Poids			
1	06B9B269	10.10.2015	Lixhe	SM115	810	3721 g			
2	06C9D06B	1.10.2015	Lixhe	SM106	773	3113 g			
3	06C9E65A	3.10.2015	Lixhe	SM110	770	3146 g			
4	06C97D6E	7.10.2015	Lixhe	SM113	778	3331 g			

Tableau 5: Caractéristiques biométriques, volume de sperme frais, nombre de paillettes et qualité des spermatozoïdes cryopréservés des saumons sauvages prélevés le 22/12/2015

Cryoconservation Erezée 22 12 2015									
Mâles sauvages FO									
No	PitTag	Volume (ml)	Vol dilué	N paillettes	Couleur paillettes	Cuve	Canister	Survie/cryo (%)	Motilité/cryo (%)
1	06C9B890	8	40 (rosâtre)	75	Gris	1	1 (orange), godet 1 (bas)	23,08	12,73
2	06CA-1B07	25	125 (ok, blanc)	250	Bleu	1	2 (vert), godets 1&2	33,47	24,8
3	06C9F3F8	8	40 (jaunâtre, peu)	80	vert	1	3 (jaune), godet 2 (haut)	54,96	30,7
4	06CA06A4	20	100 (rosâtre)	200	rouge	1	4 (rouge, godet 2 haut)	21,8	11,5
5	06CA0C54	20	100 (blanc)	200	bleu+barres	1	5 (blanc, godet 1 bas) 5 (blanc, godet 2 bas) canister 6 (godet 2 bas)	26,57	20,25
Biométrie 22 12 2015									
No	PitTag	Date	Lieu de capture	Ngé (souche)	Lt	Poids			
1	06C9B890	10.10.2015	Lixhe	SM102	752	2546			
2	06CA-1B07	1.10.2015	Lixhe	SM88	885	4668			
3	06C9F3F8	3.10.2015	Lixhe	SM90	765	3018			
4	06CA06A4	7.10.2015	Lixhe	SM92	741	2926			
5	06CA0C54		Lixhe	SM98	742	2297			

- Sur le plan de la production spermatique, un volume important a été prélevé chez les 9 mâles testés mais le sperme était souvent souillé (5/9) par des gouttes de sang ou autres liquides non spécifiés indiquant des possibles altérations des voies génitales. Ces altérations pourraient résulter des strappings antérieurs réalisés lors de la reproduction avec le sperme frais.
- Concernant la qualité du spermogramme après cryoconservation, une survie élevée a été observée pour les deux dates pour les mâles dont le sperme n'était pas souillé; les valeurs individuelles sont comprises entre 34 et 55% avec une moyenne de 48% pour 6 mâles. De plus, la motilité totale après cryoconservation est aussi bonne pour 5 de 6 mâles retenus avec une moyenne de 30% et des valeurs individuelles de 25-32%.
- En conclusion, sur base de la survie et la motilité des spermatozoïdes après cryoconservation, le sperme de 5 mâles est utilisable et les paillettes réalisées seront conservées, soit au total 805 paillettes.

5.3 Développement de la structure de la cryobanque saumon

5.3.1 Collaboration avec l'UCL-CRA Gembloux :

- En vue d'une meilleure pérennité de la cryobanque saumon, des contacts ont été établis depuis deux ans entre l'équipe du Prof Isabelle Donnay de l'UCL et du centre de recherche agronomique (CRAw) de Gembloux.
- Ces deux centres travaillent sur la cryobanque des espèces d'élevages en voie de déclin en Belgique. Grâce à un financement de la Région Wallonne, le CRAw va

mettre à disposition un bâtiment qui servira de localisation secondaire pour leur cryobanque. L'aménagement de ce local sera terminé vers juillet 2016.

- Les deux responsables (Prof. Isabelle Dannay, UCL ; J. Wavreille, CRA) de ces deux centres sont d'accord que ce local pourra servir de localisation secondaire la cryobanque saumon moyennant une participation aux frais d'entretien du local et un équipement spécifique, soit deux grandes cuves équipées de détecteurs de niveau d'azote et d'alarmes. Une réunion technique et d'accord de principe est prévue vers juillet-août 2016.

5.3.2 Entretien du stock de sperme cryopréservé disponible

Les travaux d'entretien consistent à faire :

- un contrôle régulier du niveau de remplissage de 4 cuves GT35 contenant les paillettes de sperme cryopréservé ;
- un remplissage bihebdomadaire d'azote liquide de ces cuves en vue de maintenir l'intégrité du sperme cryopréservé issu des essais antérieurs.

**6 CARACTERISATION DE L'EFFICACITE DE LA REMONTEE 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**

Réalisation : Université de Liège

6.1 Contrôle des remontées dans les échelles à poissons de Lixhe sur la Meuse en 2015

6.1.1 Conditions de réalisation de l'étude

Les contrôles de la grande échelle (GE) en 2015 (17^{ème} année consécutive) ont été réalisés du 05 janvier au 29 décembre 2015 (148 contrôles et 359 jours de piégeage en continu). Dans la petite échelle (PE), les contrôles ont couvert la période du 26 mai au 14 septembre 2015 (26 contrôles et 112 jours de piégeage en continu), afin de couvrir la période de migration de l'anguille européenne.

Régime de débit et de température

Les débits et températures de la Meuse à Lixhe sont disponibles grâce aux relevés du SETHY-SPW (fig. 1) et à des enregistrements en continu de la température de l'eau spécialement mis en place par l'ULG sur le site (fig. 2). En 2015 entre le 10 janvier et 3 mars, nous enregistrons 4 pics de débit avec des valeurs supérieures à 700 m³/s (968 m³/s le 10 janvier, 707 m³/s le 2 février, 787 m³/s le 27 février et 729 m³/s le 3 mars). Le débit de la Meuse diminue progressivement pour passer sous le 200 m³/s le 14 avril. Du 14 avril au 25 mai le débit reste inférieur à 200 m³/s avec quelques exceptions en mai où le débit atteint des valeurs supérieures à 210 m³/s entre le 5 mai et le 8 mai. Ensuite le débit diminue pour se stabiliser sous les 100 m³/s entre le 26 juin et le 17 novembre avec toutefois quelques jours où le débit est supérieur à 100 m³/s. A partir du 18 novembre le débit monte progressivement pour atteindre 340 m³/s le 1 décembre. Le débit minimum a été enregistré le 19 août avec 8,9 m³/s.

Débit Meuse Lixhe 2015 vs 2014

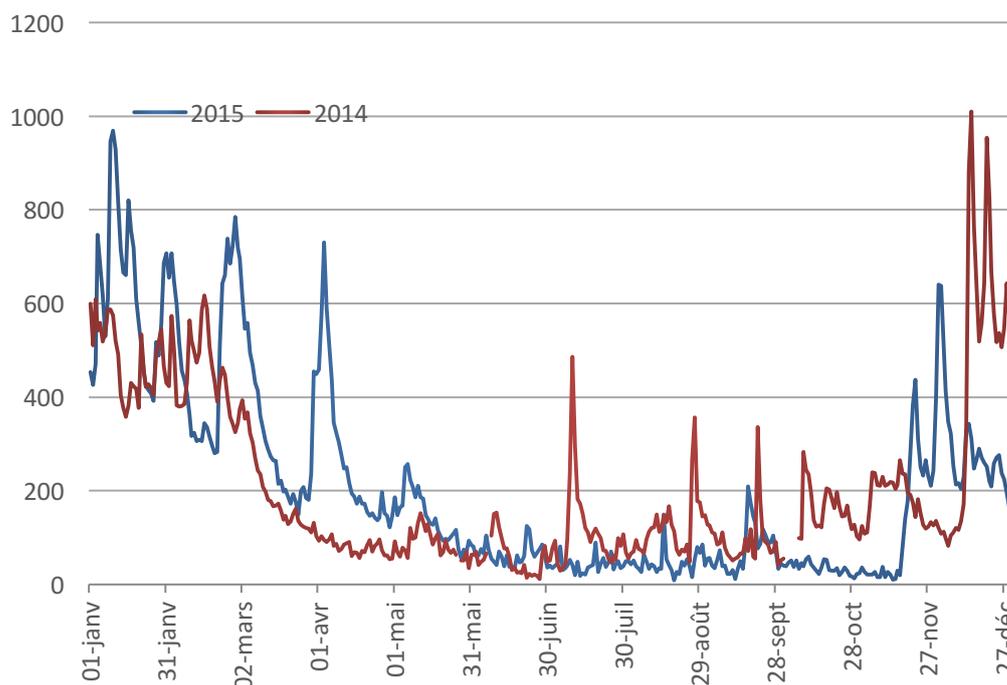


Figure 1. Débits moyens journaliers de la Meuse à Visé-Lixhe en 2015 (trait bleu) par rapport à 2014 (trait rouge) (source : SETHY SPW).

En 2015 la température de l'eau est restée inférieure à 10°C jusqu'au 10 avril, puis elle a augmenté progressivement pour atteindre 15°C le 18 avril. La température s'est maintenue entre 15 et 20°C de la mi-avril jusqu'au début du mois de juin. Du 6 juin au 5 septembre la température s'est maintenue au-dessus de 20°C et a atteint un maximum de 26,5°C le 5 juillet. Elle est ensuite progressivement redescendue en dessous de 20°C en septembre, 16°C en octobre et 14°C en novembre pour atteindre une moyenne mensuelle de 9,8°C en décembre avec un minimum de 8,4°C le 6 décembre.

Le régime thermique de la Meuse à Lixhe en 2015 est assez similaire à celui de 2014, la température moyenne annuelle est de 14,7°C en 2015 contre 14,2°C en 2014, néanmoins la température reste plus faible en 2015 de début janvier au 16 avril avec des températures mensuelles de 8,6°C en mars 2015 (vs 10,9°C en 2014), 12,9°C en avril 2015 (vs 15,3°C en 2014), en mai 2015 la température mensuelle est identique à 2014 avec 17,5°C.

Température Meuse Lixhe 2015 vs 2014

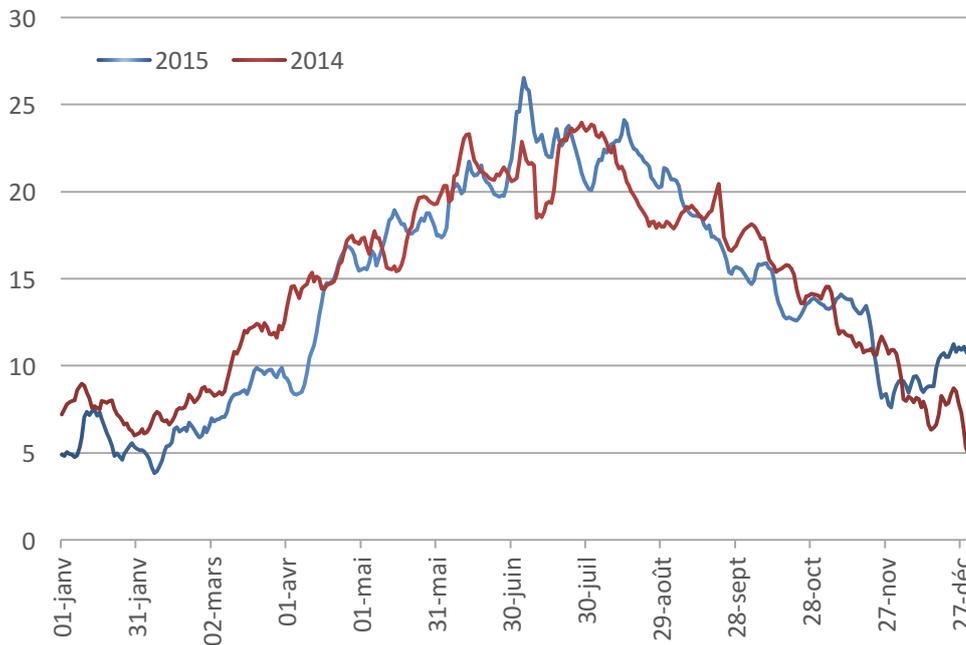


Figure 2. Régime des températures moyennes journalières dans la Meuse à Lixhe en 2015 (trait bleu) par rapport à 2014 (trait rouge).

6.1.2 Statistiques de base des captures

Les résultats des captures 2015 sont synthétisés dans le tableau 1. Les captures totales en 2015 s'élèvent à n=512 poissons dans la grande échelle (les individus 0⁺ ne sont pas comptabilisés) pour une biomasse de 924 kg. En 2014, n=1674 poissons non 0⁺ avaient été capturés, pour une biomasse de 1332 kg.

Le contrôle de la petite échelle de Lixhe de fin mai à mi-septembre nous a permis de capturer 2008 individus dont 1234 alevins. L'espèce la plus représentée dans la petite échelle de Lixhe est la perche avec 1172 alevins suivie par l'ablette commune avec 442 individus, le spirilin n=148, l'anguille n=92 et le gobie (n=79).

Tableau 1. 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 2015 dans la grande échelle (148 contrôles) et entre fin mai et mi-septembre dans la petite échelle (26 contrôles). GE = grande échelle (contrôlée toute l'année) PE = ancienne petite échelle (contrôlée de mai à septembre).

	Nombre			Biomasse (Kg) (sauf 0+)		
	GE	PE	Total	GE	PE	Total
Saumon atlantique	53	1		191,50	0,03	191,53
Truite commune	36	1		106,30	0,14	106,44
Truite AEC	1	-		3,10	-	3,10
Barbeau	12	1*		32,10	0,01	32,11
Hotu	17	-		16,40	-	16,40
Chevaine	42	1*		44,86	0,006	44,87
Spirlin	-	148		-	0,29	0,29
Ide mélanote	12	1+4*		19,85	0,06	19,91
Aspe	18	55*		28,00	0,40	28,40
Total rhéophiles	191	151+61*		442,11	0,93	443,04
Ablette commune	-	442		-	4,23	4,23
Gardon	164	2+1*		69,90	0,09	69,99
Rotengle	1	-		0,76	-	0,76
Vairon	-	1		-	0,002	0,00
Brème commune	133	6		186,20		186,20
Brème bordelière	2	-		1,27	-	1,27
Carpe commune	6	-		71,70	-	71,70
Tanche	5	-		7,50	-	7,50
Gobie	-	79		-	0,21	0,21
Perche	-	1+1172*		-	10,77	10,77
Silure	10			114,25	-	114,25
Anguille	-	92		-	13,77	13,77
Total non rhéophiles	321	623+1173*		451,58	29,07	480,65
Total général	512	774+1234*		893,69	29,99	923,68

* = 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

Le nombre total de captures dans la GE en 2015 (n = 512 individus capturés de janvier à décembre) est le plus faible depuis l'ouverture de l'échelle à poissons en 1998. Cette

diminution est principalement due à une forte chute des captures de brèmes communes en 2015 (n = 133 individus).

En 2015, les captures dans la GE entre janvier et fin juin représente **77,8 %** du nombre total de captures. Près de **96,7%** de la biomasse annuelle 2015 des poissons migrateurs est concentrée dans la grande échelle. En nombre de capture on retrouve principalement dans la GE, le gardon (n=164), la brème commune (n=133), le saumon atlantique (n=53), le chevaine (n=42) et la truite commune (n=36).

6.1.3 Analyse des observations 2015 pour les espèces et les groupes d'espèces

6.1.3.1 Saumon atlantique

Les captures de saumons atlantiques en 2015 s'élèvent à **n=53 pour une biomasse de 191,5kg** (tableau 2). **Cela fait de 2015 une année exceptionnelle pour les remontées de saumon en Meuse (record absolu depuis le début du projet)**. Le nombre de capture est trois fois plus important que celui de l'année 2012 au cours de laquelle 16 individus avaient été interceptés.

Tableau 2. Liste des saumons adultes (n=53) capturés dans la nouvelle passe à poissons du barrage de Lixhe au cours de l'année 2015.

Date	Débit m ³ /s	Temp °C	Oxygène mg/l	% sat.	Taille	Poids	Sexe	Taille mandibule	Souche (analyse DNA)
13-05-15	130,9	18,3	8,4	89	731	3764	M	68	Loire - Allier
19-05-15	103,4	17,9	8	80	670	2767	M	62	Loire - Allier
23-05-15	101,6	17,4	7,6	77	662	2725	F	59	Loire - Allier
28-05-15	74,8	18,2	8	85	883	5000	F	79	Loire - Allier
03-06-15	62,1	18	8,7	92	713	2968	M	69	Loire - Allier
10-06-15	41,3	21	9,7	98	736	3364	M	71	Loire - Allier
11-06-15	69,8	20,9	9,6	96	806	4476	M	78	Loire - Allier
12-06-15	59,3	20,7	12,2	135	893	5600	F	76	Loire - Allier
13-06-15	38,7	21,7	9,2	99	731	3552	F	64	Loire - Allier
16-06-15	37,3	20,2	8,7	95	740	3508	F	60	Loire - Allier
25-06-15	59,4	19,7	-	-	748	3706	F	67	Loire - Allier
15-09-15	33,4	18,2	8,1	87	674	2314	-	66	Loire - Allier

18-09-15	174,6	16,9	7,2	74	715	2688	M	74	Loire - Allier
18-09-15	174,6	16,9	7,2	74	706	2632	M	71	Loire - Allier
18-09-15	174,6	16,9	7,2	74	845	4668	M	88	Loire - Allier
21-09-15	77,5	16,6	7,6	77	729	2926	M	69	Loire - Allier
21-09-15	77,5	16,6	7,6	77	858	4575	F	91	Loire - Allier
21-09-15	77,5	16,6	7,6	77	700	2147	M	66	Loire - Allier
21-09-15	77,5	16,6	7,6	77	735	3182	F	64	Loire - Allier
22-09-15	87,2	16,9	7,7	78	735	3018	M	77	Loire - Allier
23-09-15	117,6	16,5	7,7	78	730	3420	F	74	Loire - Allier
24-09-15	105,4	15,7	7,8	77	870	4632	F	85	Loire - Allier
24-09-15	105,4	15,7	7,8	77	740	2949	F	64	Loire - Allier
24-09-15	105,4	15,7	7,8	77	715	2440	F	61	Loire - Allier
25-09-15	90,7	15,4	-	-	716	2546	M	71	Loire - Allier
27-09-15	104,2	15,6	-	-	903	5556	F	84	Loire - Allier
28-09-15	72,1	15,2	8,4	82	705	3123	M	89	Irlandaise
28-09-15	72,1	15,2	8,4	82	700	2297	M	70	Loire - Allier
28-09-15	72,1	15,2	8,4	82	741	3207	F	67	Loire - Allier
30-09-15	44,3	15,5	-	-	734	3259	F	65	Loire - Allier
01-10-15	40,1	15,3	7,9	76	651	1800	M	59	Loire - Allier
01-10-15	40,1	15,3	7,9	76	738	3113	M	83	Loire - Allier
03-10-15	47,7	14,8	-	-	747	3146	M	82	Loire - Allier
03-10-15	47,7	14,8	-	-	748	3350	F	64	Loire - Allier
03-10-15	47,7	14,8	-	-	693	2562	M	73	Loire - Allier
04-10-15	51,8	14,7	-	-	845	4181	F	73	Loire - Allier
04-10-15	51,8	14,7	-	-	760	3259	M	84	Loire - Allier
05-10-15	37,2	14,8	7,6	78	888	5325	F	78	Loire - Allier
07-10-15	33,2	15,7	6,6	66	761	3331	M	93	Loire - Allier
10-10-15	53,5	15,1	7,1	70	754	3523	F	67	Loire - Allier
10-10-15	53,5	15,1	7,1	70	789	3721	M	93	Loire - Allier
14-10-15	29,2	13,2	7,4	70	719	2871	F	58	Loire - Allier
21-10-15	29,9	12,5	8	75	705	2994	F	60	Loire - Allier
25-10-15	36,7	13,2	-	-	743	3810	F	69	Loire - Allier
25-10-15	36,7	13,2	-	-	872	5139	F	73	Loire - Allier
26-10-15	30,1	13,5	7,1	68	928	5282	F	70	Loire - Allier
28-10-15	17,7	13,8	7,2	67	725	2505	F	64	Loire - Allier
30-10-15	22,3	13,8	-	-	880	5280	F	75	Loire - Allier
06-11-15	26,5	13,1	7,5	71	900	4773	F	88	Loire - Allier
08-11-15	15,2	14	-	-	732	3540	F	62	Irlandaise
11-11-15	26,1	13,9	7,9	75	935	6670	F	83	Loire - Allier
13-11-15	26,1	13,8	-	-	940	5650	F	90	Loire - Allier
20-11-15	277,5	12,9	11,2	97	740	2694	M	78	Loire - Allier

En 2015, on observe 2 pics de captures, le nombre de saumons au printemps s'élève à 11 individus ce qui représente 20,8% de l'effectif total capturé. On observe la première capture le 13 mai à une température de 18,3° et un débit de 130,9 m³/s. On enregistre la capture de

42 individus durant la période automnale du 15 septembre (18,2°C et 33,4 m³/s) au 20 novembre (12,9° et 277,5 m³/s) (figs. 3,4). Les analyses génétiques réalisées par l'équipe de l'UCL indiquent que la majorité (n=51 sur un total de 53 individus) des saumons capturés à Lixhe est de **souche Loire-Allier** mais qu'il y a également 2 saumons de **souche irlandaise**.



Figure 3. Répartition des captures de saumons atlantiques en fonction de la température moyenne journalière de la Meuse en 2015.

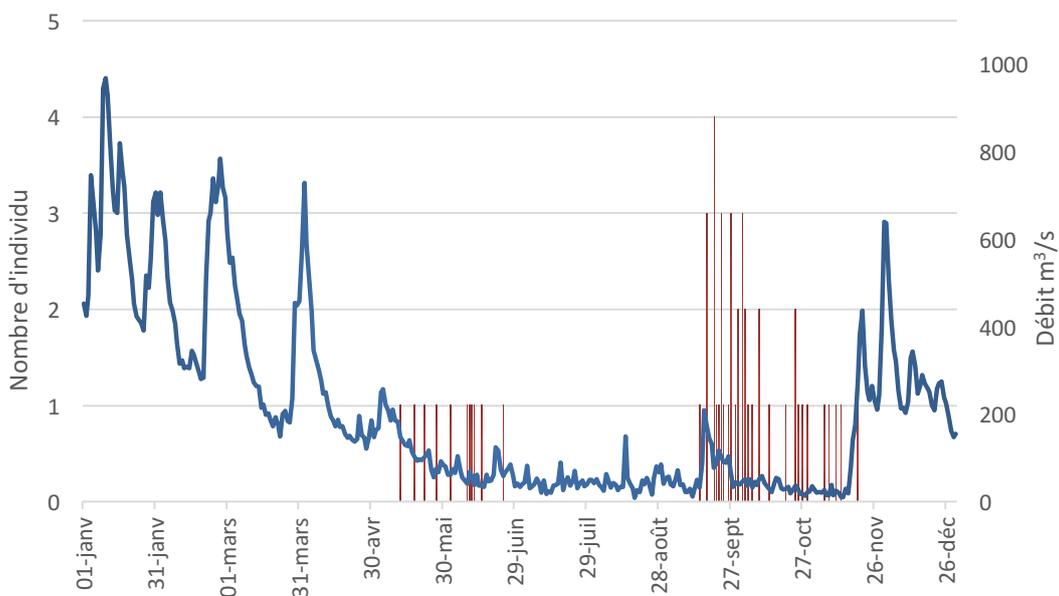


Figure 4. Répartition des captures de saumons atlantiques en fonction du débit moyen journalier de la Meuse en 2015.

La majorité (73,6%) des captures s’observe à des températures comprises entre 14°C et 17°C. La température moyenne journalière de capture varie entre la valeur minimale de 12,5°C le 21 octobre et la valeur maximale de 21,7°C le 13 juin (Fig. 5). La majorité des captures s’observe à des débits moyens journaliers compris entre 20 et 120 m³/s. Le débit moyen minimum de capture est de 15,2 m³/s le 8 novembre et le débit maximum est de 277,5 m³/s le 20 novembre. Les débits enregistrés lors des captures sont en majorité (90,6%) inférieurs au débit médian de 2015 (131,5 m³/s).

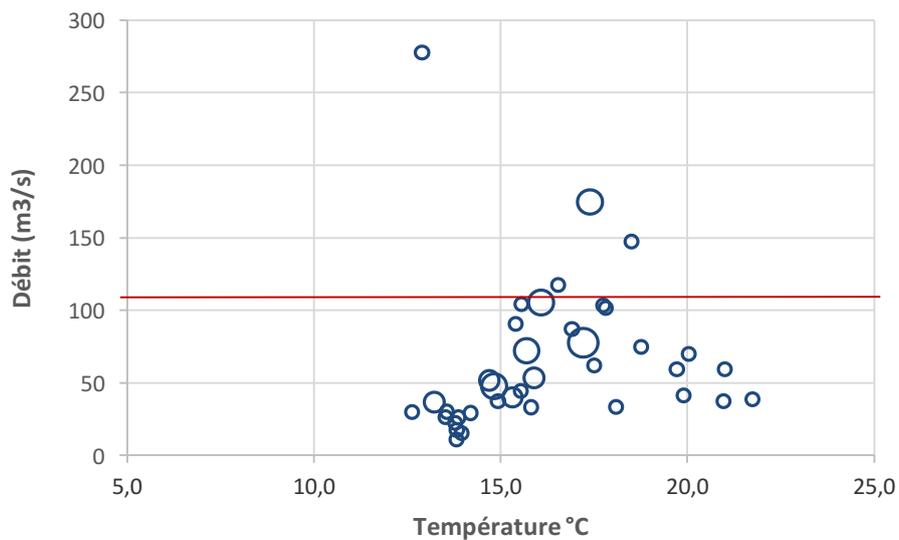


Figure 5. Répartition du nombre de captures de saumons atlantiques en fonction du débit et de la température de la Meuse en 2015, la ligne rouge représente le débit médian de 2015.

Il apparaît que la classe de taille la plus représentée est de 700mm à 750mm avec 27 individus (fig. 6). La taille minimale est de 651mm et la taille maximale est de 940mm. Il faut également noter la présence de 4 individus dont la taille est supérieure à 900mm.

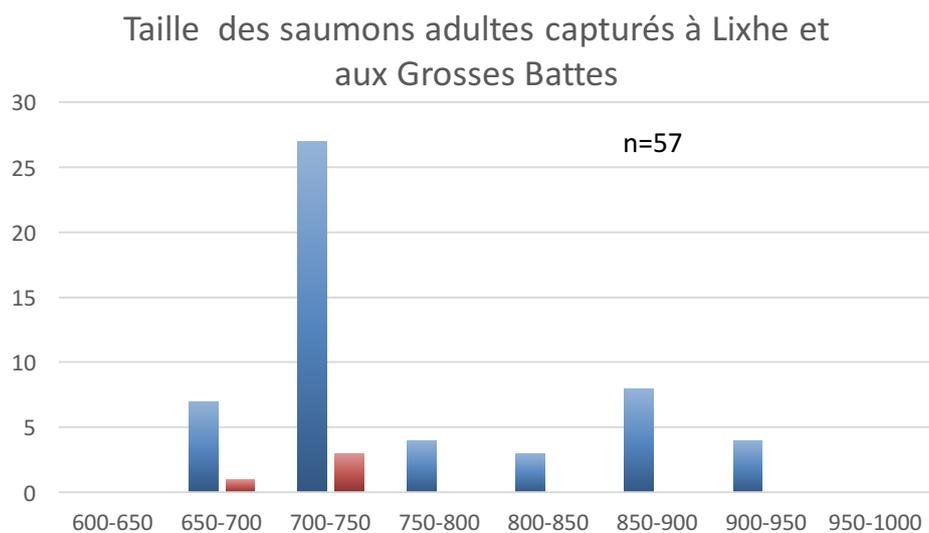


Figure 6 : Histogramme de fréquences des tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des saumons atlantiques interceptés dans l'échelle à poissons de Lixhe sur la Meuse (en bleu) et de Grosses Battes sur l'Ourthe (en rouge) en 2015.

Le saumon capturé le 29 mai 2015 dans la petite échelle de Lixhe est un smolt provenant probablement des déversements effectués dans la basse Berwinne.



Figure 7. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 12 juin 2015 (893mm – 5600g)

(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).



Figure 8. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 28 septembre 2015 (705mm – 3123g). (Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).



Figure 9. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 11 novembre 2015 (935mm – 6670g) (Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).

Dans la passe à poissons de Grosses Battes sur l'Ourthe à Angleur, n= 6 saumons atlantiques ont été capturés entre le 22 mai et le 16 novembre (tabl. 3). Cette passe à poissons est contrôlée par les agents du service de la pêche.

Tableau 3. Liste des saumons atlantiques adultes (n=6) capturés dans la passe à poissons du barrage des Grosses Battes à Angleur sur l'Ourthe au cours de l'année 2015.

Date	Débit m ³ /s	Temp °C	Taille	Poids	Sexe	Taille mandibule	Souche (analyse DNA)
22-05-15							
					Echappé de la cage		
22-09-15			730	2887	M	72	Loire-Allier
27-09-15							
					Echappé de la cage		
05-11-15			695	2910	F	69	Loire-Allier
16-11-15			705	2518	F	63	Loire-Allier
16-11-15			727	2731	F	69	Loire-Allier

6.1.3.2 Truite commune de mer et de rivière

On enregistre en 2015 la capture de 36 truites communes dans la grande échelle pour une biomasse de 106,3 kg (tabl. 4). Il s'agit en majorité de grands poissons de 445mm - 710mm, surtout des truites de mer interceptés entre le 15 mai à 18,6°C et le 10 décembre à 8,9°C.

Tableau 4. Liste des truites communes adultes (n=36) capturées dans la nouvelle passe à poissons du barrage de Lixhe au cours de l'année 2015.

Date	Débit m ³ /s	Temp °C	Oxygène mg/l	Oxygène % sat.	Taille	Poids	Sexe	Observation
15-05-15	254	18,6	8,3	89	486	1741	M	Erezée
17-05-15	140,9	17,9	8	80	670	3924	F	Erezée
20-05-15	93,8	17,2	7,6	79	680	2593	F	Erezée
20-05-15	93,8	17,2	7,6	79	616	3319	M	Erezée
26-05-15	74,2	18	8	84	451	1202	-	Marquage RFID ULG
29-05-15	67,9	18,2	8	85	445	1345	F	Erezée
29-05-15	67,9	18,2	8	85	646	3303	F	Erezée
31-05-15	84,3	17,5	7,8	82	630	3631	M	Erezée
04-06-15	75,8	18,5	9	94	558	2206	F	Erezée
07-06-15	73,8	20,2	9	97	649	4280	F	Erezée
07-06-15	73,8	20,2	9	97	662	3720	F	Erezée

07-06-15	73,8	20,2	9	97	467	1334	F	Erezée
07-06-15	73,8	20,2	9	97	615	3329	F	Erezée
09-06-15	48,4	20,8	9,6	80	686	4395	F	Erezée
09-06-15	48,4	20,8	9,6	80	630	3485	F	Erezée
10-06-15	41,3	21	9,7	78	467	1498	F	Erezée
11-06-15	69,8	20,7	12,2	135	613	2678	F	Erezée
15-06-15	37,1	20,2	8,7	95	570	2445	M	Erezée
16-06-15	37,3	20,7	9	96	664	4087	F	Morte dans la cage
16-06-15	37,3	20,7	9	96	637	3183	F	Erezée
16-06-15	37,3	20,7	9	96	710	4495	M	Erezée
17-06-15	33,8	21,3	9,6	108	642	3496	M	Erezée
21-06-15	61,5	20,3	7	80	631	3279	F	Erezée
22-06-15	124,7	19,9	6,6	72	581	2919	F	Erezée
24-06-15	73,2	20,2	6,7	74	664	3820	M	Erezée
26-06-15	67,5	20,5	6,8	75	670	2301	F	Erezée
27-06-15	75,6	20,9	7	77	679	3880	M	Erezée
27-06-15	75,6	20,9	7	77	465	1294	F	Erezée
28-06-15	85,5	21,2	7	78	580	2216	F	Erezée
30-06-15	35,9	22,5	9	95	656	3477	F	Erezée
07-10-15	33,2	15,5	7,3	74	489	1642	F	Erezée
31-10-15	24,6	13,1	7,5	71	581	2742	F	Erezée
31-10-15	24,6	13,1	7,5	71	537	2148	F	Erezée
10-12-15	203,7	8,9	11,4	96	460	1335	F	Erezée
10-12-15	203,7	8,9	11,4	96	740	5651	M	Erezée
10-12-15	203,7	8,9	11,4	96	740	3915	M	Erezée

En 2015 pour la période printemps été le nombre de captures des truites à Lixhe s'élève à 30 individus entre le 15 mai et le 30 juin soit 83% des captures totales. Les captures de l'automne ne représentent que 17%. Il faut aussi noter la capture de 20 truites à des températures situées au-dessus de 20°C. Une de ces 20 truites n'a pas survécu dans le piège certainement par manque d'oxygène. On note la capture de 4 truites le 7 juin à 20,2°C et de 3 individus le même jour à deux reprises le 16 juin à 20,7°C et le 12 décembre à 8,9°C.

Sur l'ensemble des truites capturées 1 individu a été marqué avec un transpondeur RFID en vue de sa détection dans les échelles en amont (voir chapitre 7); les 34 autres ont été transférées à la pisciculture d'Erezée.

A noter également qu'il y a eu **capture de 7 individus dans la passe à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe** à Angleur entre le 29 juin et le 16 novembre 2015 (tabl. 5). Il s'agit de grands poissons de 510mm à 665mm. Cette passe à poisson a été contrôlée par les agents du service de la pêche du 7 avril au 31 décembre 2015 avec plusieurs interruptions dû aux débits trop importants dans l'Ourthe durant l'automne et à une fermeture pendant la période allant du 15 juillet à fin aout.

Tableau 5. Liste des truites communes adultes (n=7) capturées dans la passe à poissons du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe au cours de l'année 2015.

Date	Débit m3/s	Temp °C	Taille	Poids	Sexe	Observation
29-06-15	12,1	20,4	665	3734	M	Erezée
06-10-15	23,4	12,9	580	3334	F	Erezée
23-10-15	18,7	11				Echappée du piège
26-10-15	17	11,1	541	1957	F	Erezée
29-10-15	16,9	10,8	525	1818	F	Erezée
16-11-15	18,9	10,8	613	2698	M	Erezée
16-11-15	18,9	10,8	510	1900	F	Erezée



Figure 10. Truite capturée dans la passe à poissons de Lixhe le 07 juin 2015 (649mm – 4280g).

(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).



Figure 11. Truite capturée dans la passe à poissons de Lixhe le 10 juin 2015 (467mm – 1498g).

(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).

En 2015, nous n'observons pas de capture de truite dans la petite échelle de Lixhe.

6.1.3.3 Cyprins d'eau rapide et assimilés

(a) Barbeau

Les captures de barbeaux en 2015 s'élève à 12, ce qui est inférieur aux captures des 3 dernières années et nettement inférieur à 2014 où 39 individus avaient été interceptés (fig. 14). Une première vague de remontées (n=5 individus pour une masse de 21,4 kg) se produit entre le 20 avril et le 4 mai. Cette remontée constituée majoritairement de reproducteurs de 58 - 68 cm est associée au passage de la température de l'eau au-dessus des 14°C qui marque le début de l'activité de ponte. Un barbeau pesant plus de 9 kg pour une taille de 642mm a été capturé le 20 avril. Une deuxième vague automnale de remontée des barbeaux (n= 4 individus et B=4,6kg) se déroule en fin d'année entre le 2 octobre à 14,8°C et le 19 novembre à 13,5°C. Cette deuxième vague correspond probablement à la recherche d'un habitat pour passer l'hiver. On observe la capture d'un alevin de barbeau le 29 juin dans la PE de Lixhe en 2015.

(b) Chevaine

Les remontées des chevaines ont lieu principalement dans la grande échelle et s'élèvent à un

effectif de 42 individus de 29,6-50,7 cm (biomasse de 44,9kg). Les captures s'étalent sur une période comprise entre le 10 avril à 12,3°C et le 16 juillet à 21,9°C. On observe un pic de captures avec 24 individus du 17 avril à 14,9°C au 4 mai à 16,4°C. Il faut noter la capture de 7 individus le 27 mars à 9,1°C. Dans la petite échelle, les captures de chevaines se limitent à 1 juvénile.

(c) Hotu

Dix-sept hotus adultes de 33,2-44,3 cm (biomasse 116,4kg) ont été capturés entre le 17 mars à 8,2°C et le 13 avril à 11,7°C dans la grande échelle. Il s'agit certainement d'individus en migration de reproduction. On observe la capture de 8 individus le 27 mars à 9,1°C. Aucune capture de hotu n'a été obtenue dans la PE.

(d) Aspe et ide mélanote

Dans la GE, on enregistre en 2015 la capture record de 18 aspes adultes de 19,8-57,5 cm. Ces remontées se déroulent du 20 avril à 14,9°C au 16 septembre à 18,2°C, avec 15 individus capturés entre le 20 avril et le 26 mai ce qui représente 83% des captures en 2015. Dans la PE, on dénombre 55 juvéniles d'aspe entre le 26 juin et 31 août 2015.

On enregistre également dans la GE la capture de 12 ides adultes de 35-50cm entre le 23 mars à 10,3°C et le 4 novembre à 13,1°C dont 10 individus entre le 23 mars et le 7 avril. Dans la PE, on n'a capturé que des juvéniles n=5 de 7-12 cm.

6.1.3.4 Cyprins ubiquistes et d'eau lente

(a) Gardon, ablette commune et rotengle

On observe une stabilisation du nombre de captures des gardons dans la GE depuis 3 ans avec 164 individus en 2015, 146 individus en 2014 et 147 en 2013. En revanche, dans la PE nous observons une forte variabilité annuelle des captures oscillant entre n= 3 individus de en 2015 et plus de 5000 alevins en 2014. La majorité des captures dans la GE a lieu entre le

7 avril à 9,4°C et le 27 avril à 16,4°C.

Une tendance à la stabilisation annuelle du nombre d'ablettes communes capturées dans la PE est également observée pendant ces trois dernières années avec 442 individus en 2015, 503 en 2014 et 327 en 2013. On enregistre la capture d'un rotengle dans la GE de Lixhe le 17 aout 2015 à 22,1°C.

(b) Brèmes commune et bordelière

On observe en 2015 une forte diminution de captures des brèmes communes avec un effectif de 139 poissons (n=133 dans la GE et n=6 dans la PE) et des brèmes bordelières avec n=2 individus.

(c) Carpe commune et tanche

Six carpes communes de 600-756 mm pour une biomasse de 71,7 kg ont été capturées dans la GE en 2015 dont deux individus de plus de 14kg et un individu de plus de **17kg**. On observe aussi 5 captures de tanche dans la GE entre le 4 mai à 16°C et 9 juillet à 23°C.

(d) Silure

On enregistre la capture de dix individus dans la GE de 83,1-131 cm pour une biomasse de 114 kg en 2015. La période de capture des silures s'étale du 11 mai à 17,5°C au 5 aout à 21,4°C. Il faut noter la capture d'un individu de plus de **20kg** le 8 juin 2015.

(e) Perche fluviatile

En 2015 nous enregistrons la capture de 1173 perches dans la PE pour une biomasse de 10,7 kg. La période de capture est comprise entre le 29 juin à 21,2°C et le 10 septembre à 18,2°C. La totalité des captures dans la PE représente des individus juvéniles. Le nombre de captures est certainement sous-estimé en 2015 du fait que le piège de la PE a été retiré le 14 septembre pendant que l'on dénombrait encore 177 individus.

(f) Anguille européenne

Le nombre d'anguilles interceptées dans le piège de la PE s'élève à 92 individus pour une biomasse de 13,7 kg, **un effectif qui n'a jamais été aussi bas** et qui ne cesse de diminuer depuis une dizaine d'années. En 2015 la majorité des anguilles a été capturée entre le 26 mai à 18°C et le 30 juillet à 20°C. On observe un pic de captures entre le 8 juin et le 15 juin avec 45 individus capturés à des températures supérieures à 20°C.

g) Espèces de petite taille

Il faut signaler la capture dans la petite échelle de 148 spirilins en 2015.

h) Espèces invasives

On enregistre la présence d'un vairon et de 79 gobies à taches noires dans la PE.

6.1.4 Evolution historique des captures de 1998 à 2015 pour quelques espèces cibles dans la GE

Anguille européenne

Pour cette espèce, l'écroulement du recrutement se confirme (fig. 12). Des résultats complémentaires relatifs à l'anguille sont traités dans un rapport spécifique au projet FEP-ULG-SPW Anguille 2012-2015 et dans des publications scientifiques qui prennent en considération les 22 ans de contrôles (Nzau Matondo & Ovidio, 2016 ; Nzau Matondo et al., 2016).

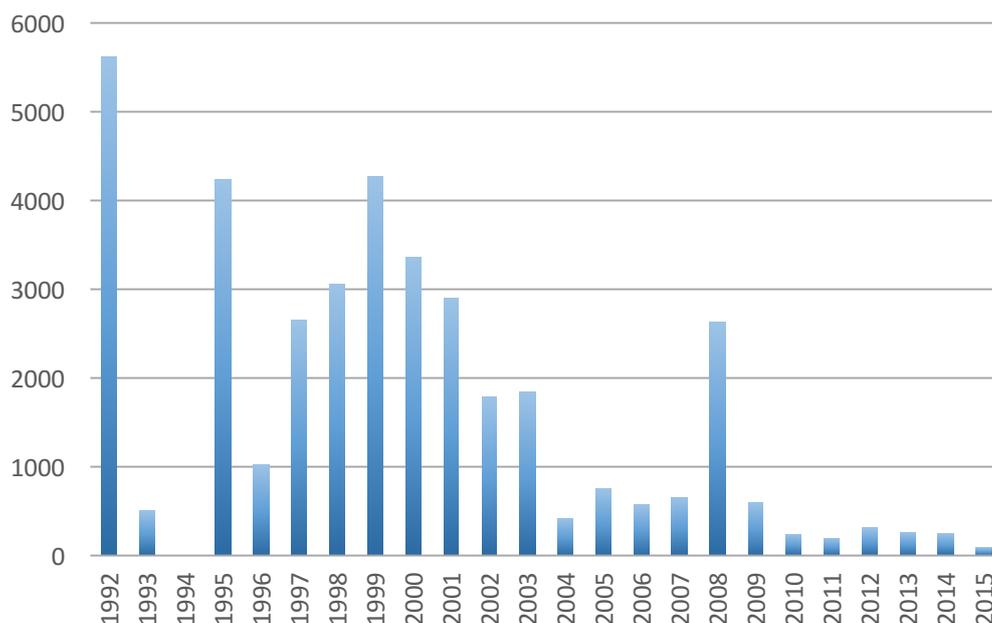


Figure 12. Tendence de l'évolution du nombre d'anguilles jaunes capturées en remontée dans la petite échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse de 1992 à 2015.

Truites et saumons atlantiques

Au cours des 18 années de contrôle de l'échelle à poissons de Lixhe, on observe une tendance à l'augmentation des captures de truites, malgré certaines années où ce taux de capture reste plus faible (fig. 13). On enregistre un nombre record de 36 individus en 2015 et sur l'ensemble de la période de contrôle, on totalise 2010 truites. Le nombre de captures des saumons atlantiques s'élève à 119 entre 2000 et 2015, avec un nombre record de 53 saumons en 2015 dans la GE de Lixhe. On observe une tendance à l'augmentation des captures ces quatre dernières années. A noter en 2013, l'arrêt des turbines de la centrale hydroélectrique de Lixhe pour cause de travaux, qui entraîne une perte de l'attractivité de l'échelle, qui pourrait être la cause de la diminution des captures.

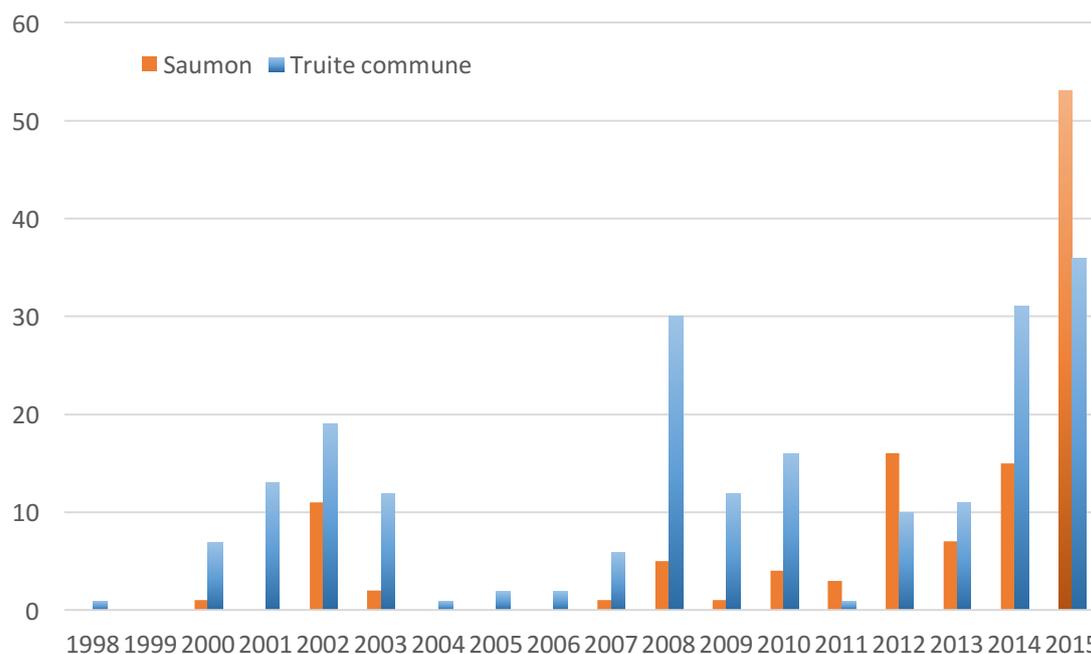


Figure 13 : Tendance de l'évolution du nombre de saumons atlantiques et de truites communes capturés en remontée dans la grande échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse de 1998 à 2015.

Cyprinidés rhéophiles

On enregistre entre 1998 et 2015, la capture de n=569 chevaine, n=291 barbeaux et n=254 hotus. On note une tendance à l'augmentation des captures de barbeaux avec un maximum de 44 individus en 2012 malgré le faible nombre de captures en 2015 (fig. 14). Les captures de chevaines sont très variables au cours de cette période, avec une tendance vers la diminution au cours de la période 1998-2015. Il faut aussi noter la capture de 81 chevaines en 2005. Depuis l'ouverture on observe une augmentation des captures de hotus jusqu'en 2004, année au cours de laquelle 59 individus avaient été capturés, suivie d'une importante diminution jusqu'en 2011 où aucun individu n'a été capturé. Cependant ces 4 dernières années on remarque une légère progression des captures avec 18 hotus en 2015. Comme pour les truites et les saumons, les faibles taux de captures pour 2013 peuvent s'expliquer par l'arrêt des turbines.

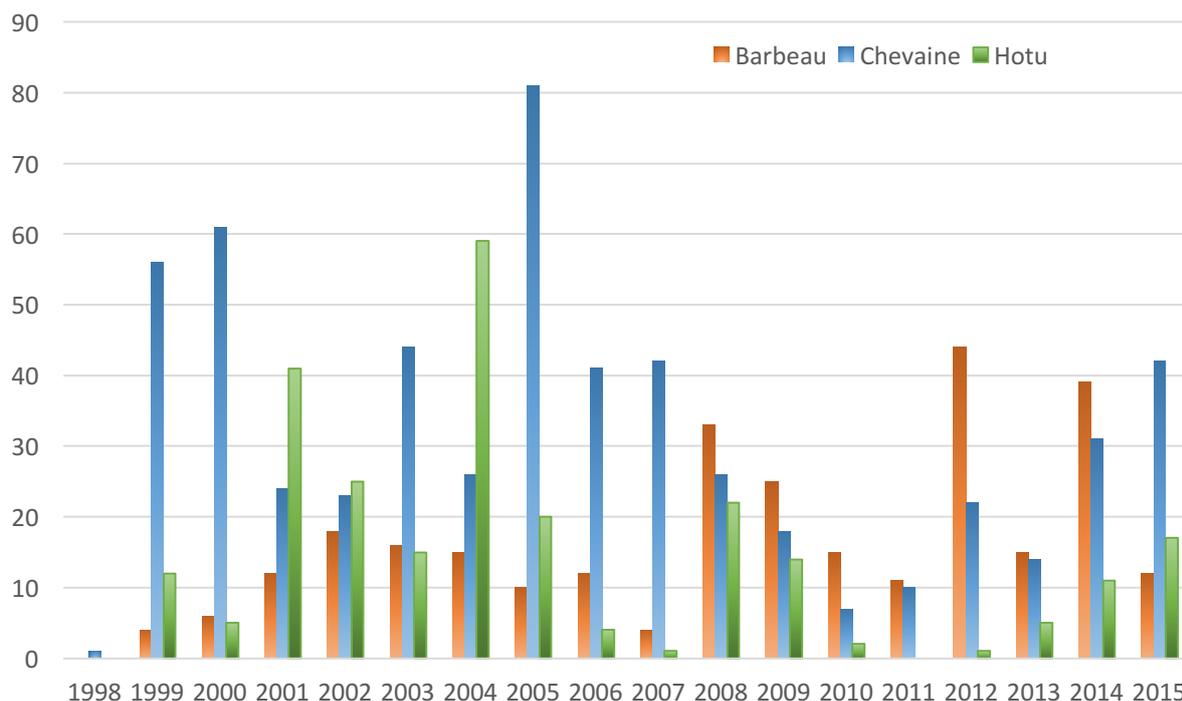


Figure 14 : Tendance de l'évolution du nombre de barbeaux, de chevaines et de hotus capturés en remontée dans la grande échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse de 1998 à 2015.

Aspe et silure

Depuis l'ouverture de l'échelle à poissons de Lixhe en 1998, on observe durant les 10 premières années de faibles captures pour l'aspe et le silure (fig. 15), ensuite on remarque une tendance à l'augmentation pour l'aspe avec plus de 20 individus en 2013 et 18 en 2015. L'année 2014 reste une année exceptionnelle pour la capture d'aspes à Lixhe avec 61 individus. On observe de faibles captures de silures inférieures à 6 individus entre 1998 et 2008. A partir de 2008 on enregistre une augmentation des captures avec 16 individus capturés en 2008 suivie d'une légère diminution pour se stabiliser à des valeurs comprises entre 5 et 12 individus capturés par an jusqu'en 2015.

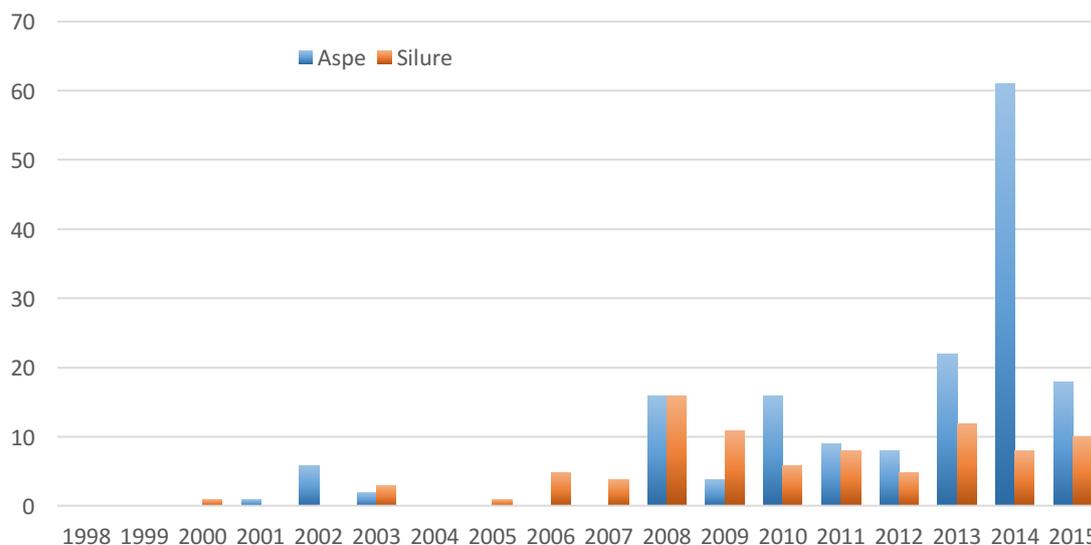


Figure 15 : Tendence de l'évolution du nombre d'aspes et de silures capturés en remontée dans la grande échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse de 1998 à 2015.

6.1.5 Questions relatives à la bonne gestion du site des échelles à poissons de Lixhe

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. La remise en état de la protection du palan contre les intempéries serait nécessaire, pour éviter des dommages au bon fonctionnement du palan comme observé en 2013 où le palan a gelé et a dû être réparé.

6.1.6 Discussion et perspectives de programme pour 2016

L'année 2015 est particulièrement marquée par un saut quantitatif important de remontées de géniteurs de saumons atlantiques dans l'échelle à poissons de Lixhe, qui constitue un record depuis le début du projet. Malheureusement, en parallèle, les captures d'anguilles européennes sont au plus bas historique depuis le début des contrôles à Lixhe (Nzau Matondo & Ovidio, 2016). Ces résultats démontrent qu'il ne faut pas relâcher les efforts (et qu'ils sont payants dans le cas du Saumon) et qu'il est important de poursuivre les actions de restauration des populations de grands migrateurs dans le bassin de la Meuse. Les analyses réalisées dans le cadre l'action 1 sur le saumon (bilan statistique) doivent se poursuivre afin de mieux comprendre les effets des stratégies de gestion, des aménagements et des variables environnementales sur le taux de remontée de géniteurs adultes. La situation de

l'anguille européenne est de plus en plus alarmante et tout doit être fait pour éviter une disparition de l'espèce dans la partie belge du bassin de la Meuse (Nzau Matondo et al., 2016). Ces résultats démontrent l'importance des suivis à long-terme de remontée des poissons dans le piège de l'évhelle à poissons de Lixhe, véritable baromètre de l'état de santé du stock de nos grands migrateurs en Meuse.

Perspectives

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, chevaine) 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'Ivoz-Ramet sur la Meuse et d'Angleur Grosses Battes sur l'Ourthe. Envisager de poursuivre les suivis vers la Vesdre, dont le cours inférieur est depuis 2014 équipé d'une échelle à poisson (site de Chênée).

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 2016 sous cet angle afin de ne pas interrompre une série d'observations de 18 années dans la grande échelle et de 24 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).

**7 CARACTERISATION DE L'EFFICACITE DE LA REMONTEE DES
POISSONS DANS L'AXE FORME PAR LA MEUSE EN AVAL DU BARRAGE
DE LIXHE, LES BARRAGES DE MONSIN ET D'IVOZ-RAMET ET LA BASSE
OURTHE EN AMONT DU BARRAGE DE LIEGE/ GROSSES BATTES**

Université de Liège

7.1 Caractérisation en 2015 de la migration de remontée dans l'axe Meuse entre Lixhe, Monsin, Ivoz-Ramet et Grosses Battes de poissons marqués par puce RFID à Lixhe

7.1.1 Mise en place du programme de suivi RFID 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 des centrales hydroélectriques (fig. 1 et 2). De l'aval vers l'amont, ces ouvrages sont situés à Lixhe-Visé (km 127,7), Monsin-Liège (km 114,6), Ivoz-Ramet (km 97,1) et Ampsin-Neuville (km 82,7).

Dans le cadre du programme Saumon Meuse, le barrage de Lixhe, Monsin et Ivoz Ramet ont été équipés par le SPW(DGO3) d'une passe à poisson multi-spécifique respectivement en 1998, 2001 et 2002. L'aménagement d'une passe à anguilles a été réalisé en 2015 à Ivoz Ramet lors de la construction de la nouvelle écluse. Un projet de construction d'une rivière de contournement est prévu à Ampsin dans les années à venir. Dans le bief entre les barrages de Monsin et d'Ivoz-Ramet débouche l'Ourthe barrée par un obstacle majeur, le barrage des Grosses Battes, qui est équipé depuis 2009 d'une passe à poissons moderne.

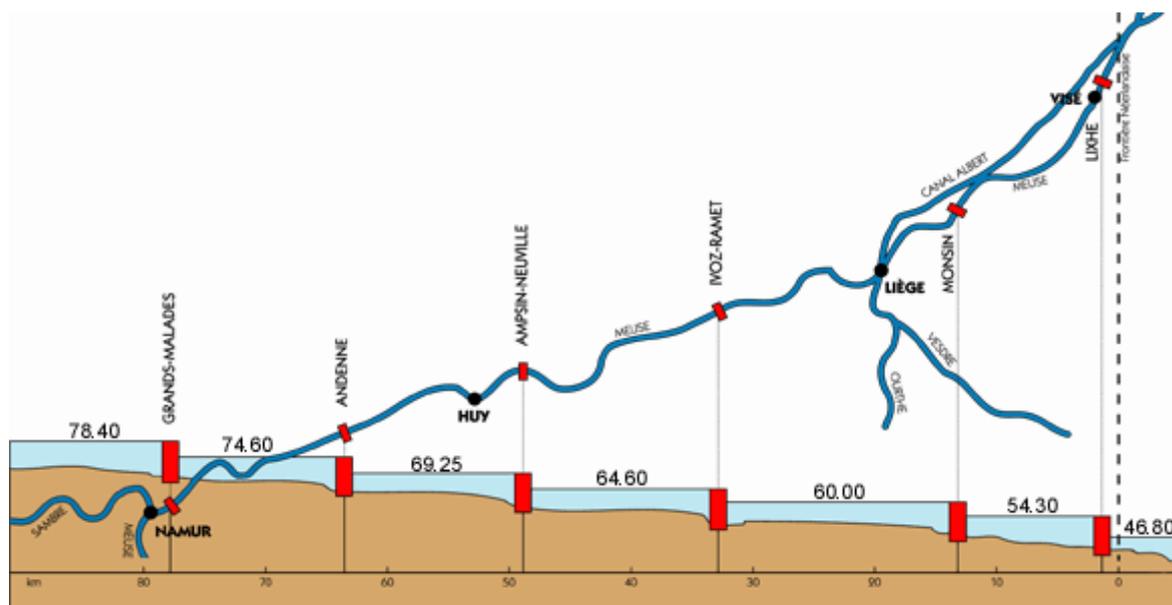


Figure 1. Localisation des barrages de navigation + centrales hydroélectriques sur la Meuse wallonne entre Visé et Namur (source : SPE).

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 pièges de capture, les échelles de Monsin et d'Ivoz 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 est contrôlé en période de remonté des grands salmonidés d'avril à juin et de septembre à Janvier par le SPW.

Au cours de la dernière décennie, quelques observations intéressantes ont été réalisées grâce au suivi télémétrique manuels 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, lien : <http://hdl.handle.net/2268/160787>)

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) des passages des poissons porteurs d'une puce électronique dans les passes migratoires. 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 et modernisée en 2015, échelle d'Ivoz-Ramet en 2011 et échelle de Liège Grosses Battes en 2012. En 2013 la passe à poissons de Lixhe a été équipée d'une station RFID pour permettre des études d'estimation de stock par marquage-redétection sur l'anguille dans le cadre d'un projet FEP (lien : <http://hdl.handle.net/2268/185225>).

L'avantage de la marque RFID est sa faible taille, son cout limité et sa durée de vie qui est illimitée car elle ne contient pas de batterie, et renvoie un code par interrogation d'un champ magnétique envoyé par les antennes. Les poissons marqués peuvent donc être suivis sur plusieurs années consécutives.



Figure 2. Vues aériennes (Google map) des sites des barrages + centrales hydroélectriques d'Ampsin-Neuville (a), Ivoz-Ramet (b), Monsin-Liège (c) et Lixhe –Visé (d) sur la Meuse liégeoise.

7.1.2 Description du réseau de détecteurs RFID en Meuse liégeoise

7.1.2.1 Méthode utilisée

L'équipement RFID (marque CIPAM, Clermont-Ferrand, France) de détection automatique permet de suivre individuellement les poissons marqués avec un transpondeur RFID (Radio Frequency identification ; Texas instrument 23mm Glass Transpondeur). Un rapport poids

du poisson/ poids du transpondeur (<2%) doit être respecté pour éliminer tout impact sur le comportement du poisson. Le poisson marqué est détecté automatiquement lors de son passage à travers une antenne installée dans les passes à poissons qui est 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 sur le site du barrage de Lixhe par insertion du transpondeur RFID (fig. 3) dans la cavité abdominale du poisson. Le poisson est au préalable anesthésié et les instruments désinfectés. Une incision de maximum 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 et est relâché en amont du barrage de Lixhe.

7.1.2.2 Echelle à poissons de barrage de Lixhe

La passe à poissons de Lixhe a été équipée d'un système de détection automatique RFID mis en route le 19 avril 2013. L'installation est composée d'une station qui est dans un abri en bois sous le pont de Lixhe et de deux antennes (fig. 4), une dans le dernier bassin amont de la grande échelle de Lixhe et la seconde dans l'avant dernier bassin amont de la petite échelle. Cet équipement est destiné à détecter les anguilles qui étaient relâchées en aval du barrage pour estimer le stock dans le cadre d'un projet FEP (lien : <http://hdl.handle.net/2268/185225>), ce projet est terminé depuis avril 2015, néanmoins nous continuons le monitoring de cette station qui nous permet 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 3. Transpondeur TIRIS (Texas Instrument) et lecteur de marque portable



Figure 4. Au-dessus : antenne de détection RFID 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 RFID placée au niveau d'une échancrure à l'amont de la petite échelle à poissons de Lixhe sur la Meuse.

7.1.2.3 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, a été installé en début 2010 dans un bassin supérieur de l'échelle de Monsin (fig. 5). Fin 2014 nous avons remplacé l'antenne qui avait subi des dommages lors d'une vidange de l'échelle, cette antenne a de nouveau été endommagée (fig. 6) et a été remplacée en mars 2015 par une antenne avec une structure en bois plus résistante (fig. 5). Au printemps 2015 nous avons installé une seconde antenne à l'entrée du deuxième bassin inférieur de l'échelle à poissons et une nouvelle station RFID équipée de deux lecteurs (fig. 7). Avec ces deux antennes il est possible de vérifier si un individu entré dans l'échelle (et détecté à la première antenne) en ressort (après détection à la seconde antenne). Ce dispositif permet également de connaître le temps nécessaire de transit pour franchir le barrage via l'échelle à poissons.



Figure 5. 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. A gauche l'ancienne antenne en pvc et à droite la nouvelle antenne avec une structure en bois.



Figure 6 : antenne endommagée

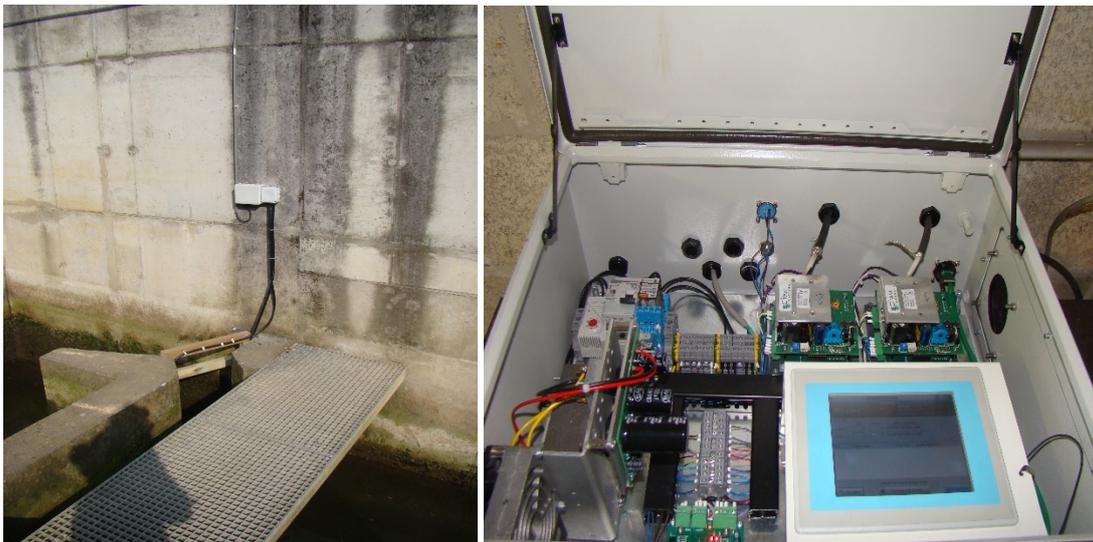


Figure 7 : A gauche : antenne installée dans le bassin inférieur de l'échelle à poissons de Monsin. A droite : la nouvelle station de détection RFID avec 2 lecteurs de marque CIPAM.

7.1.2.4 Echelle à poissons du barrage d'Ivoz-Ramet

Une installation de détection RFID a été mise en place (fig. 8) en fin juillet 2011 dans l'échelle à poissons d'Ivoz-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 8. Détecteur RFID de 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).

7.1.2.5 Echelle à poissons du barrage de Liège Grosses Battes

Dans l'échelle à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe (fig. 9), une station de détections RFID a été mis en place le 29 mars 2012 dans l'avant dernier bassin amont de l'échelle. L'antenne a été remplacée 9 mars 2015 suite à des dommages causés lors d'une vidange de l'échelle.



Figure 9. Au-dessus à gauche: antenne de détection RFID 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 Au-dessus à droite : nouvelle antenne installée le 9 mars 2015. En dessous : station d'enregistrement des données logée dans une armoire métallique spécialement installée sur la pile du barrage mobile.

7.1.3 Conditions environnementales

7.1.3.1 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 $450 \text{ m}^3/\text{s}$ avec 3 turbines Kaplan à axe vertical de $150 \text{ m}^3/\text{s}$) 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. 10). En 2015 on enregistre des pics de débits entre début janvier et début avril caractérisés par des débits supérieurs à $600 \text{ m}^3/\text{s}$, avec $968,4 \text{ m}^3/\text{s}$ le 10 janvier, $707,1 \text{ m}^3/\text{s}$ le 2 février, $785,1 \text{ m}^3/\text{s}$ le 27 février et $729,7 \text{ m}^3/\text{s}$ le 3 mars. Ensuite le débit reste inférieur à $200 \text{ m}^3/\text{s}$ jusqu'à la mi-novembre ou l'on enregistre une hausse de débit marquée par 2 pics de $436 \text{ m}^3/\text{s}$ le 22 novembre et $637 \text{ m}^3/\text{s}$ le 2 décembre.

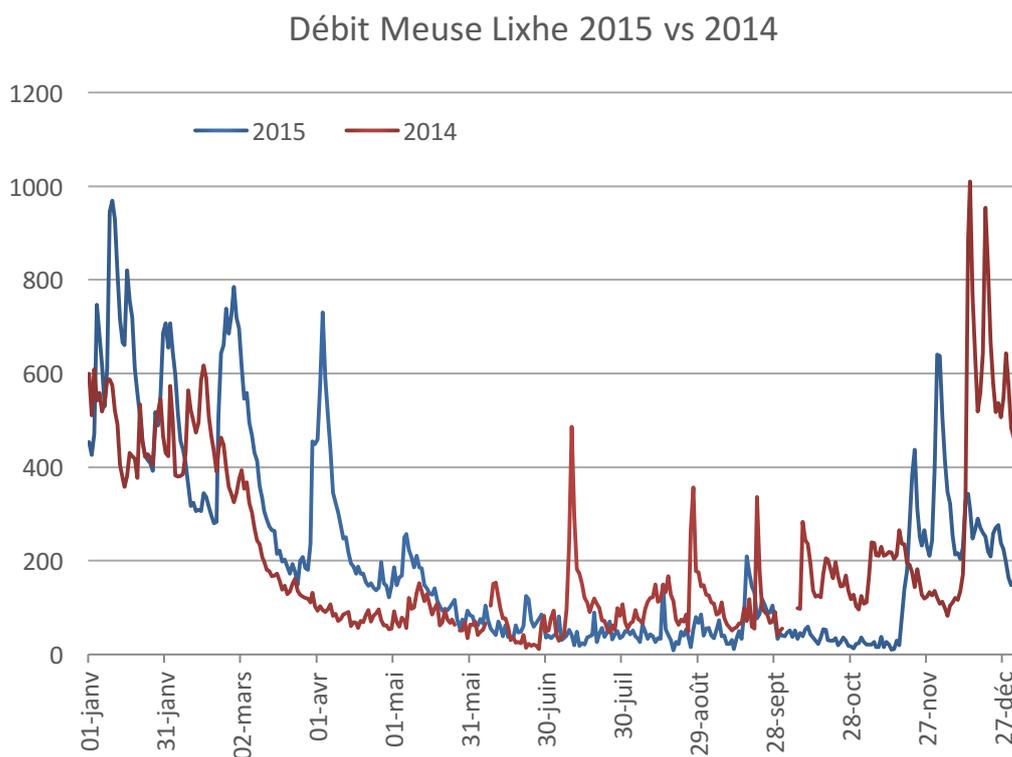


Figure 10. Débits moyens journaliers de la Meuse à Visé-Lixhe en 2015 (trait bleu) par rapport à 2014 (trait rouge) (source : SETHY SPW).

Régime des températures de l'eau

En 2015 le régime thermique de la Meuse dans le bief Monsin Lixhe est légèrement plus froid à celui de 2014 entre début mars et fin juin, excepté le mois de mai, à une période propice pour la migration des poissons, avec 8,9°C en mars (vs 10,9°C en 2014), 12,9°C en avril (vs 15,3°C en 2013), 17,5 °C en mai (vs 17,5°C en 2013) et 20,1 °C en juin (vs 21,2°C en 2013). En 2015 la période comprise entre début juillet et fin août est légèrement plus chaude que celle de 2014 avec 23,1°C en 2015 (vs 21,7°C en 2014) et 21,90C en 2015 (vs 20,5°C en 2014). Ensuite le régime thermique de la Meuse est relativement identique à celui de 2014 excepté le mois de décembre qui est plus chaud en 2015 avec 9,8°C (vs 7,6°C en 2014).

Sur la base des moyennes mensuelles (fig. 11), 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. Les données de températures pour la Meuse à Ivoz-Ramet et l'Ourthe à Angleur ne sont pas complètes car nous avons rencontré un problème avec les enregistreurs de températures placés dans les échelles à poissons.

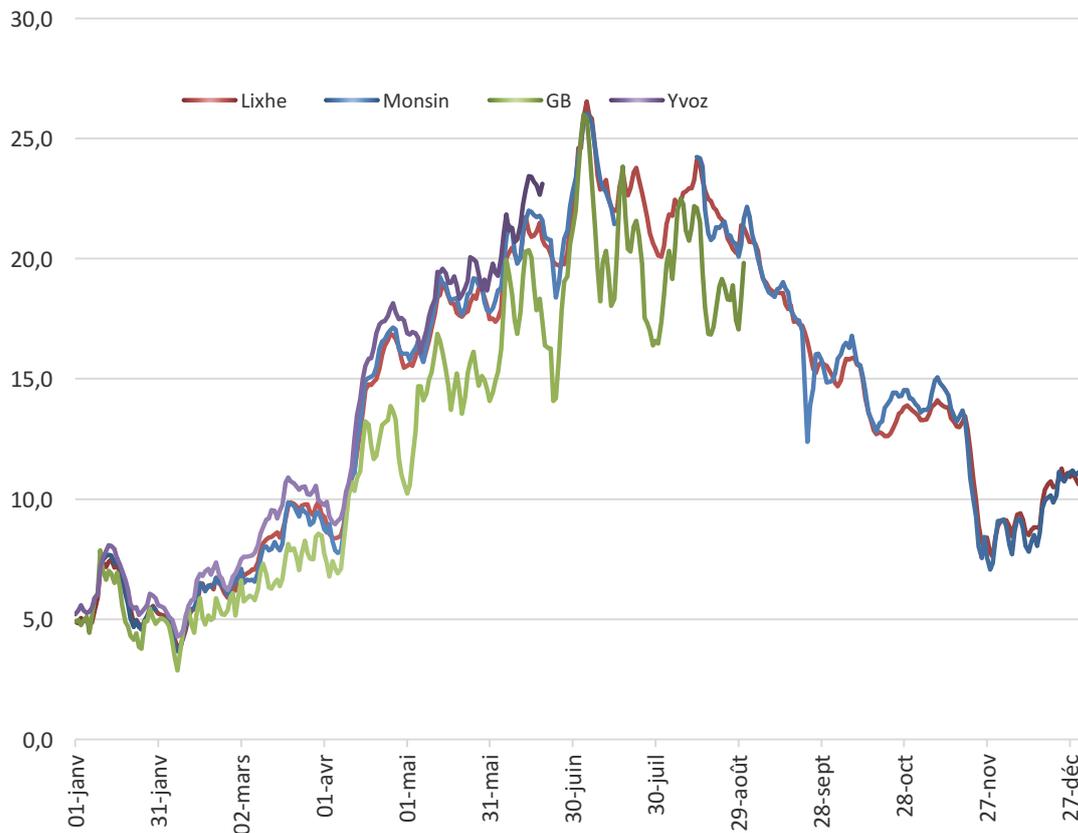


Figure 11. Comparaison des régimes des températures moyennes en 2015 dans la Meuse à Lixhe, Monsin et dans l'Ourthe à Liège Grosses Battes (GB).

7.1.3.2 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 Ivoz et Lixhe est d'environ +0,8°C en mars, +1,1°C en avril, +0,9°C en mai et +1,6°C en juin 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.

7.1.3.3 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 Ivoz-Ramet avec une différence de température pouvant aller jusqu'à 6,8°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. A cours de l'année 2015, nous avons replacée l'antenne de détection située dans le premier bassin amont suite à un dommage causé lors du nettoyage de l'échelle à poissons.

7.1.4 Détections des passages de poissons pucés dans les stations de monitoring

7.1.4.1 Détection en 2015 des poissons marqués en 2015

Au cours de l'année 2015, 186 poissons appartenant à 11 espèces ont été pucés à Lixhe. Tous les individus marqués ont été relâchés en amont de l'échelle dans le canal qui alimente l'échelle. Sur les 186 poissons marqués 75 (40,3%) ont été détectés en amont de Lixhe (tabl. 1) : 36 chevaines, 4 barbeaux, 4 hotus, 3 aspes, 1 truite aec, 1 truites communes et 26 anguilles en 2015.

Pour les espèces typiquement rhéophiles représentées par les salmonidés (truite fario – truite de mer) et les cyprins d'eau vive (barbeau, chevaine, hotu), le taux de détection du barrage de Monsin des individus marqués à Lixhe est de 67 % (46/69) avec un pourcentage chez la truite commune et la truite aec de 100%, chez le chevaine de 83,7 % (36/43), chez le barbeau 44,4 % (4/9) et chez le hotu 26,6% (4/15). Nous n'avons observé aucun disfonctionnement de la station RFID à Monsin durant la remontée des poissons. Durant cette période 1 chevaine a été détecté dans la passe à poissons des Grosses Battes sans être détecté à Monsin, il a probablement emprunté une autre voie de passage comme l'écluse de Monsin (fig. 12).

Tableau 1. 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 Ivoz et sur la Basse Ourthe à Angleur-Liège pour l'année 2015.

Espèce	Marquage RFID		Détection RFID		
	Nombre	Longueur mm		n	%
		Min	Max		
Truite commune	1	451	451	1	100,0
Truite aec	1	619	619	1	100,0
Barbeau	9	300	685	4	44,4
Hotu	15	332	427	4	26,7
Chevaine	43	296	507	36	83,7
Rotengle	1	342	342	0	0,0
Ide mélanote	8	386	500	0	0,0
Tanche	5	408	461	0	0,0
Aspe	15	198	575	3	20,0
Silure	7	841	1310	0	0,0
Anguille	81	329	850	26	32,1
Total	186			75	40,3

Sur les 43 chevaines marqués 35 ont été détecté à l'antenne 1 de Monsin situé à l'entrée de la passe à poissons (fig. 13). Sur ces 35 individus 26 ont été détectés à l'antenne 2 de Monsin située dans le dernier bassin amont de l'échelle, ce qui représente 74,3% de taux de franchissement par rapport aux individus se présentant à l'entrée de l'échelle. En amont du barrage de Monsin 20 chevaines ont été détectés, ce qui représente 46,5 % des chevaines marqués à Lixhe, dont 16 détectés à Ivoz Ramet et 4 aux Grosses Battes. Il apparait au vu des résultats que la voie de passage privilégiée chez le chevaine en amont de Monsin est la Meuse vers Ivoz Ramet, avec 75 % des détections amont.



Figure 12. 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.

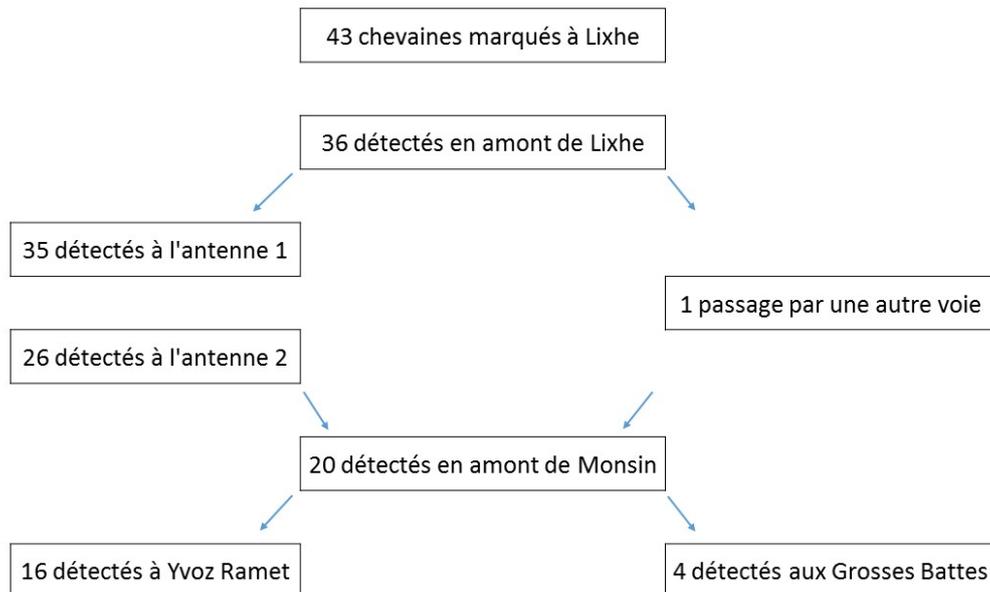


Figure 13 : Parcours des chevaines marqués à Lixhe et détectés dans les échelles en amont de Lixhe.

Remontée des poissons dans la Basse Ourthe à Liège

La remontée depuis l'amont du barrage de Lixhe jusqu'au barrage de Liège Grosses Battes sur la Basse Ourthe concerne 10,1 % (7/69) du nombre de poissons réophiles marqués.

Pour ce qui concerne l'anguille aucune détection n'a été enregistrée en 2015. 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 (Nzau Matondo et al., 2015).

Remontée des poissons dans la Meuse jusqu'au barrage d'Ivoz-Ramet

En 2015, 16 chevaines, 1 barbeau et 1 hotu ont effectué une migration de remontée de Lixhe jusqu'à l'échelle d'Ivoz-Ramet (tabl. 2). Le barbeau marqué le 30 avril 2015 à Lixhe a été détecté à Ivoz-Ramet le 03 mai 2015 après être passée par la passe à poissons de Monsin, il effectue le trajet Lixhe – Monsin en 2,5j soit 5,1km/jour et le trajet Monsin – Ivoz en 0,9j soit 19,1km/jour. Le hotu effectue sa migration de Lixhe à Monsin en moins d'un jour (0,6j) et de Monsin à Ivoz-Ramet en 13 jours. La chevaine effectue les 13km séparant Lixhe de Monsin en minimum 0,6j (21km/jour) et maximum 78,3j (0,2km/jour), la valeur médiane est de 8,7j soit 1,5km/jour. Les 17 km séparant Monsin d'Ivoz Ramet sont effectués en minimum 0,5j (36,1 km/jour) et maximum 13,4j (1,3km/jour) avec une valeur médiane de 1,5j soit 12,1km/jour. Les cyprinidés rhéophiles réalisent le trajet Monsin-Ivoz en moyenne 6 fois plus rapidement que le trajet Lixhe-Monsin (Test de Mann-Whitney $p < 0,05$).

Tableau 2 : Temps (jours) et distance parcourue/jour (km/jour) entre Lixhe – Monsin et entre Monsin – Ivoz Ramet.

Espèce	Trajet Lixhe – Monsin (13km)		Trajet Monsin - Ivoz Ramet (17km)	
	Jours	Km/jour	Jours	Km/jour
Barbeau	2,5	5,1	0,9	19,1
Hotu	0,6	21,0	13,4	1,3
Chevaine	22,2	0,6	1,1	15,1
Chevaine	9,0	1,4	3,3	5,2
Chevaine	11,4	1,1	0,8	20,9
Chevaine	8,5	1,5	0,8	22,6
Chevaine	1,3	10,1	8,0	2,1
Chevaine	0,7	18,7	0,5	32,1
Chevaine	7,6	1,7	6,7	2,5
Chevaine	5,3	2,4	2,0	8,7
Chevaine	30,4	0,4	0,5	36,1
Chevaine	2,2	5,8	0,9	18,4
Chevaine	78,3	0,2	2,9	6,0
Chevaine	29,5	0,4	0,8	20,3
Chevaine	15,4	0,8	0,9	18,8
Chevaine	19,7	0,7	3,4	5,0
Chevaine	5,7	2,3	5,4	3,1
Chevaine	18,5	0,7	1,8	9,2
Moyenne	14,5	3,72	2,44	13,38

Aucune anguille marquée à Lixhe n'a été détectée dans la passe à poissons d'Ivoz-Ramet. Dans l'analyse des remontées des anguilles au barrage d'Ivoz, il faut tenir compte d'une possibilité de passage de poissons par les écluses de navigation en rive droite et dans la nouvelle passe à anguille installée en automne 2015 (fig. 14). Cette nouvelle passe à anguille n'est pas encore équipée d'une antenne RFID.



Figure 14 : Nouvelle passe à anguilles sur le barrage d'Ivoz Ramet

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

i) un bon nombre de poissons marqués en 2015 à l'amont de Lixhe pourront poursuivre leur migration de remontée en 2016 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 (ou une perte de marque) pendant leur séjour en Meuse après marquage. Par expérience, cette probabilité est toutefois extrêmement faible.

7.1.4.2 Taux de franchissement du barrage de Monsin via l'utilisation de deux antennes en 2015

Le placement de deux antennes de détection au niveau de l'échelle à poissons de Monsin nous permet de calculer un taux de franchissement (nombre d'individus détectés à la première antenne vs nombre individus détectés à la deuxième antenne).

Chez le barbeau sur 9 individus marqués, 4 ont été détectés à l'antenne 1 de Monsin et 3 à l'antenne 2 (75% de taux de franchissement). Seul 2 individus ont été détectés en amont dont 1 aux Grosses Battes dans l'Ourthe et 1 à Ivoz Ramet sur la Meuse.

Sur les 15 hotus marqués à Lixhe en 2015, 4 individus ont été détectés à l'antenne 1 de Monsin et 3 à l'antenne 2 (75% de taux de franchissement). On enregistre la détection d'un individu à Ivoz Ramet ainsi qu'aux Grosses Battes. Il faut également noter la détection dans la grande échelle de Lixhe de 2 individus déversés en amont du barrage de Lixhe.

Chez les espèces plutôt limnophiles et assimilées (aspe), le taux de détection à Monsin des individus marqués à Lixhe en 2015 est de 8,3 % (3/36), ce qui reste assez faible comme en 2014 (6/81), en 2013 (0/26) et en 2012 (1/14). Il reste difficile d'expliquer pourquoi les aspes montrent un taux de remontée largement inférieur aux autres grands cyprinidés rhéophiles.

En ce qui concerne l'anguille, 30,9% (25/81) des poissons marqués à Lixhe ont été détectés en amont de Lixhe. Sur les 25 anguilles détectées à la première antenne du barrage de Monsin, seulement 10 individus (40% de taux de franchissement) ont été détectés à l'antenne située en amont dans l'échelle à poissons de Monsin, ce qui signifie que 15 anguilles sur les 25 détectées à l'entrée de l'échelle n'ont pas franchi le barrage. Ainsi, l'anguille qui possède de faibles capacités de nage, pourrait être désavantagée et éprouver des difficultés à passer certaines échancrures entre les bassins successifs.

7.1.4.3 Temps de parcours dans l'échelle de Monsin

La distance totale de l'échelle à poissons de Monsin est de 146m, la première antenne située en aval dans l'échelle se trouve à 21 m de l'entrée et la seconde à 124m de l'entrée, la distance entre les deux antennes est de 123m, 17 bassins séparent les deux antennes. Il apparaît après analyse de l'histogramme (fig.15) que le temps de parcours entre l'antenne aval et l'antenne amont varie selon l'espèce. Pour cette première année d'analyse nous ne disposons pas d'un grand nombre d'individu pour le barbeau (n=4), hotu (n=3) et l'aspe (n=3). Néanmoins nous observons que le temps de parcours chez l'aspe ne dépasse pas 02h00. Par contre le hotu effectue le parcours en plus de 3h00. Le Barbeau parcourt les 123m séparant les 2 antennes en minimum 1h49 et en maximum 3h58. Le chevaine pour lequel nous disposons de données sur 29 individus, effectue le trajet en minimum 1h18 et en maximum 320h avec une valeur médiane de 2h46 en excluant les valeurs > 4h00. Une truite aec a effectué le parcours en 1h06.

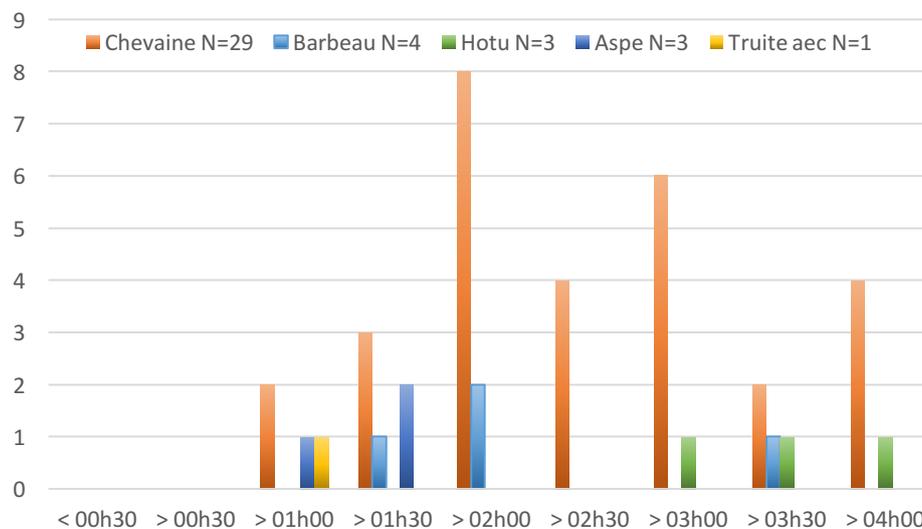


Figure 15. Nombre d'individus par espèce en fonction du temps de parcours entre l'antenne aval et l'antenne amont de l'échelle à poissons de Monsin.

7.1.4.4 Bilan général 2010-2015 des passages de poissons pucés dans l'échelle de Monsin

Au cours des six années de 2010 à 2015, 1859 poissons 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 des deux échelles (piège de la petite échelle ou dans la grande échelle avec des nasses).

A ce jour, on a enregistré (tabl. 3) la détection dans une échelle de l'amont de Lixhe de près de 556 poissons différents, toutes espèces confondues (29,9% de taux de détection général). Pour les espèces rhéophiles ce taux de détections atteint **50,5 %** (138/273), avec 35,7 % pour la truite commune (10/28), 44,4 % pour le barbeau (52/117), 21,4 % pour le hotu (6/28) et **69,4 %** pour le chevaine (68/98).

Tableau 3. Nombre de poissons des différentes espèces et écotypes marqués par puce électronique RFID après capture dans les échelles à poissons de Lixhe de 2010 à 2015, puis détectés lors de leur passage dans des échelles à poissons à l'amont sur la Meuse à Monsin et à Ivoz Ramet et sur la Basse Ourthe à Angleur-Liège de 2010 à 2015. 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 ou passage via une autre voie.

Espèces	Marque Lixhe (2010-2015)	N individus détectés (2010-2015)			Individus détectés	
		Monsin	Yvoz	GB	N	%
Barbeau	117	36	5 (1)	27 (15)	52	44,4
Chevaine	98	58	22 (1)	20 (9)	68	69,4
Hotu	28	6	1	1	6	21,4
Truite commune	28	8	2 (1)	4 (1)	10	35,7
Truite aec	2	1	-	2 (1)	2	100,0
Espèces rhéophiles	273	109	30 (3)	54 (26)	138	50,5
Carpe	27	-	-	1 (1)	1	3,7
Ide mèlanote	16	-	-	-	0	0,0
Silure	35	-	1 (1)	1 (1)	2	5,7
Aspe	85	7	1	-	7	8,2
Tanche	5	-	-	1 (1)	1	20,0
Brochet	2	-	-	-	0	0,0
Brème commune	31	-	-	1 (1)	1	3,2
Gardon	22	3	-	-	3	13,6
Rotengle	1	-	-	-	0	0,0
Anguille	1362	477	67	58	403	29,6
Total	1859	596	99 (4)	116 (30)	556	29,9

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 typiquement rhéophiles comme la truite et le barbeau à l'exception du chevaine se retrouvent comme déjà observé en majorité dans la passe à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe avec 64 % des poissons détectés en amont de Monsin contre 36 % dans la passe à poissons d'Ivoz-Ramet sur la Meuse. En prenant en compte l'ensemble des poissons détecté à la sortie de la passe à poissons de Monsin et en amont de Monsin, le taux de franchissement du barrage de Monsin est de 50,5% chez les espèces rhéophiles marqués à Lixhe contre 6,7 % 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 50,5 % 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 sur hauts fonds de graviers en aval des ouvrages.

Le très faible (6,7 %) taux de franchissement enregistré avec des espèces ubiquistes et limnophiles peut s'expliquer par le fait que les poissons concernés ne cherchent pas à remonter plus loin car ils trouvent plus facilement les conditions d'habitat recherchées dans le bief Lixhe-Monsin, mais aussi parce que leur faculté à se déplacer sur de plus grandes distances est moins importante.

L'effectif total d'anguilles marquées à Lixhe s'élève à 1362 individus sur une période de 6 ans (2010 – 2015), on enregistre un taux de détection de 29,9% au barrage de Monsin. Sur l'ensemble des individus détectés en amont de Monsin on observe un taux de détection légèrement supérieur dans la passe à poissons d'Ivoz Ramet avec 53,6%, contre 46,4% aux Grosses Battes.

On observe un décalage entre l'année de marquage et l'année de détection chez certains

individus. En 2015, on enregistre le passage de plusieurs poissons marqués entre 2010 et 2014.

En 2015, 13 barbeaux marqués entre 2010 et 2014 ont été détectés, 1 à Lixhe, 7 aux GB, 4 à Monsin et 1 à Ivoz Ramet. Quatre de ces barbeaux ont été marqués en 2010 et n'ont jamais été détectés auparavant. Cinq Chevaines marqués en 2014 ont été détectés à Monsin en 2015, 3 chevaines ont poursuivi leur migration vers l'Ourthe et ont été détectés du 15 au 23 avril 2015 dans la passe à poissons des GB et 1 détecté dans la passe à poissons d'Ivoz Ramet.

Le tableau 4 nous renseigne sur les effectifs d'anguilles marquées à Lixhe (n=1362) entre 2010 et 2015 et leur détection en amont dans les échelles à poissons de Monsin et d'Ivoz Ramet sur la Meuse et dans la passe à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe à Angleur. Les anguilles sont relâchées en amont du barrage de Lixhe après marquage excepté en 2013 où les anguilles ont été relâchées en aval du barrage de Lixhe dans le cadre du projet FEP anguille en vue d'estimer le stock d'anguille présent en Meuse, ce qui explique une double analyse pour cette année, la première analyse (2013*) ne porte que sur un effectif de 160 anguilles, cet effectif correspond au nombre d'anguilles qui ont franchi le barrage de Lixhe après avoir été marquées et déversées en aval du barrage de Lixhe. Au cours de cette période de suivi au barrage de Monsin, 6 années pour l'antenne 2, on observe la détection d'individus de 1 à 5 ans après leur marquage, ce qui montre une grande variabilité dans le comportement de migration de l'anguille. On observe le même constat dans l'échelle à poissons d'Ivoz Ramet et des Grosses Battes. Le taux de détection de différents individus varie de 18,9% en 2011 à 49,3% en 2014, sans prendre en compte l'année 2013* où on enregistre un taux de détection de 55,6%. On observe un taux moyen de détection de 29,59% sur l'ensemble des suivis depuis 2010.

Tableau 4. Nombre d'anguilles marquées par puce électronique RFID après capture dans les échelles à poissons de Lixhe (avec nasses dans la GE) de 2010 à 2015, puis détectés lors de leur passage dans des échelles à poissons à l'amont sur la Meuse à Monsin et à Ivoz Ramet et sur la Basse Ourthe à Angleur-Liège de 2010 à 2015 (en 2013 les anguilles marquées ont été déversées en aval du barrage de Lixhe dans le cadre du projet FEP anguilles)

Année	Lixhe nb marqués	Détection	Monsin ant 1	Monsin ant 2	GB	Yvoz	Nombre différent	%
2010	100	2010		21			24	24,0
		2011		1		-		
		2013		2	-	-		
		2014		-	-	1		
2011	212	2011		9		-	40	18,9
		2012		8	4	2		
		2013		8	2	8		
		2014		1	2	-		
		2015	4	2	-	-		
2012	374	2012		45	2	12	119	31,8
		2013		50	4	16		
		2014		12	5	3		
		2015	4	1	2	2		
2013*	160	2013		35	-	4	89	55,6
		2014		40	9	5		
		2015	12	7	1	-		
2013	380	2013		35	-	4	89	23,4
		2014		40	9	5		
		2015	12	7	1	-		
2014	215	2014		89	12	5	106	49,3
		2015	24	14	5	-		
2015	81	2015	25	10	-	-	25	30,9
Total	1362						403	29,59
Total*	1142						403	35,29

* anguilles passées par NE ou AE

Pas d'antenne

7.1.4.5 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'Ivoz-Ramet permettent de définir à quelle période du cycle nyctémérale les poissons utilisent les passes migratoires.

A Monsin de 2010 à 2015 (fig. 16), 106 poissons différents (32 barbeaux, 50 chevaines, 9

truites, 5 hotus, 7 aspes et 3 gardons) ont été détectés à l'antenne située en amont dans la passe à poissons. La majorité des premières détections (74 %) à lieu entre 18h00 et 09h00. La période d'activité du chevine s'étale sur les 24h, chez le barbeau 90,6% des détections sont comprises en 18h00 et 9h00, chez la truite 44,4% des détections interviennent entre 18h00 et 9h00, chez le hotu et le gardon on enregistre 100% de détections entre 18h00 et 9h00 et chez l'aspe 42,8% des détections sont comprises entre 18h00 et 9h00.

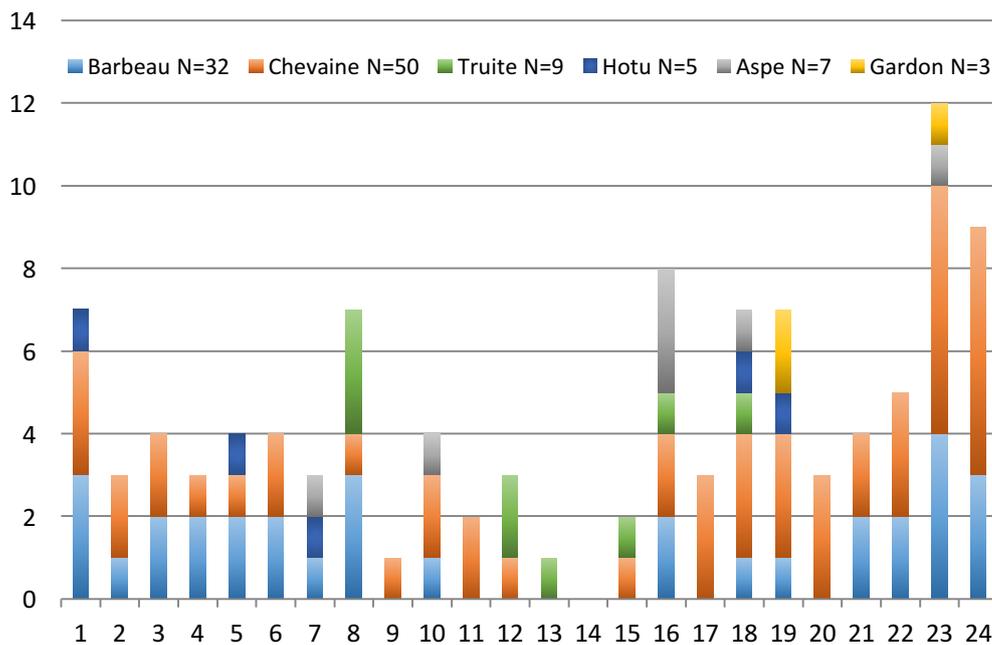


Figure 16. Heure de la première détection des poissons dans l'échelle à poissons de Monsin

Aux Grosses Battes 79 % des poissons sont détectés entre 18h00 et 09h00 (fig. 17). Le pic d'activité se situe entre 18h00 et 04h00. Chez la truite on enregistre 83,3% des détections entre 19h00. Seul 15 individus ont été détectés en pleine journée il s'agit de 5 chevaines, 7 barbeaux, deux carpes et une truite.

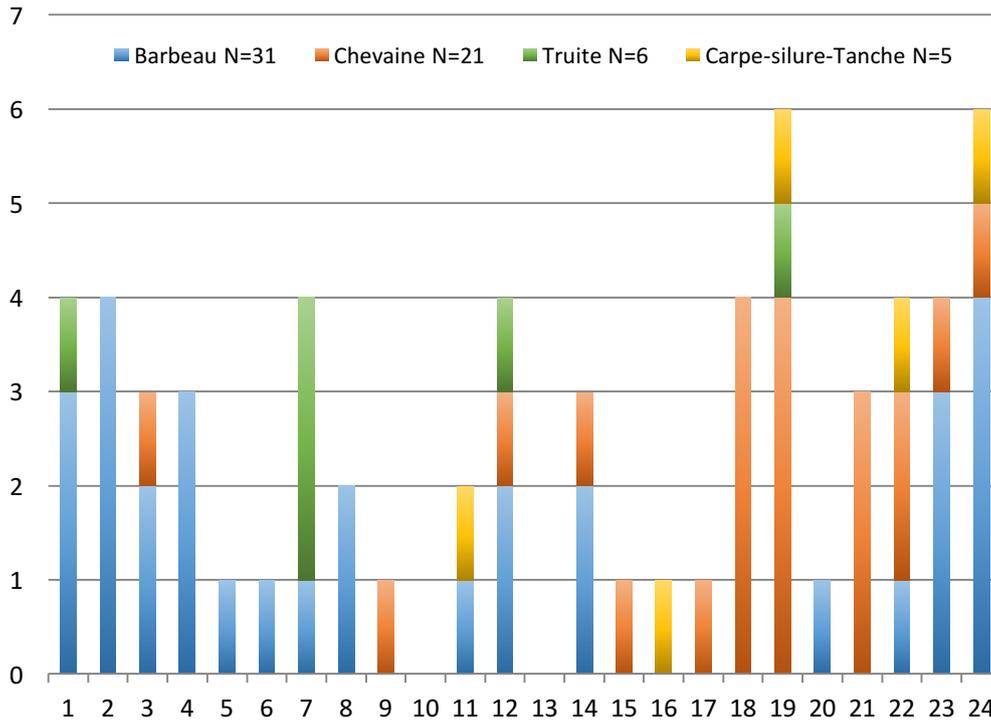


Figure 17. Heure de la première détection des poissons dans l'échelle à poissons des Grosses Battes

A Ivoz-Ramet 34 poissons ont été détectés entre 2012 et 2015 (fig. 18), la majorité des poissons (64%) a été détecté de 19h00 à 07h00. La période d'activité du barbeau est comprise entre 19h00 et 7h00 et représente 100% des barbeaux détectés, et celle du chevaîne de 6h00 à 24h00 avec 63,6 % des détections en soirée entre 17h00 et 24h00.

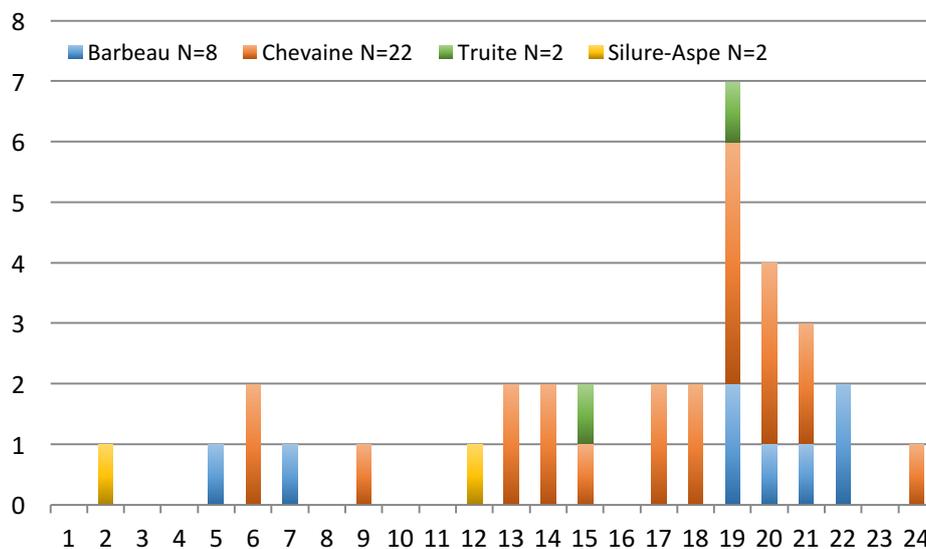
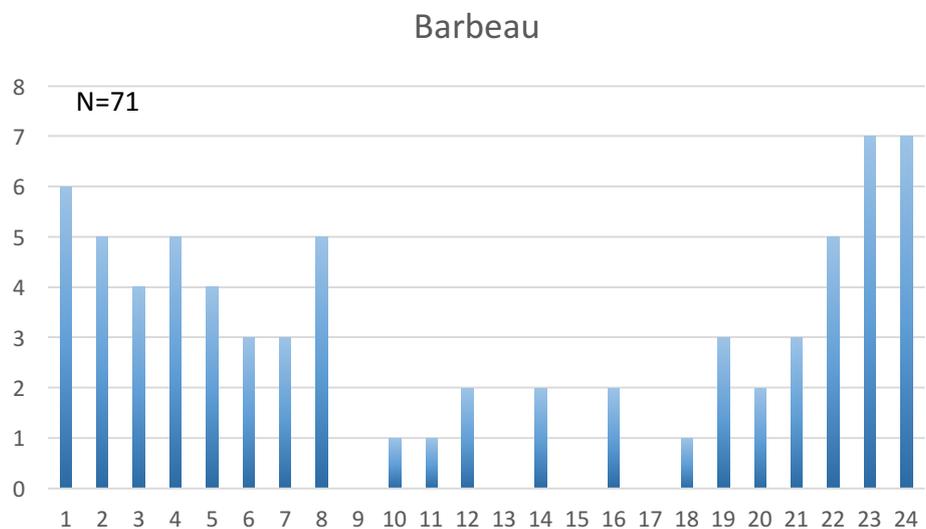
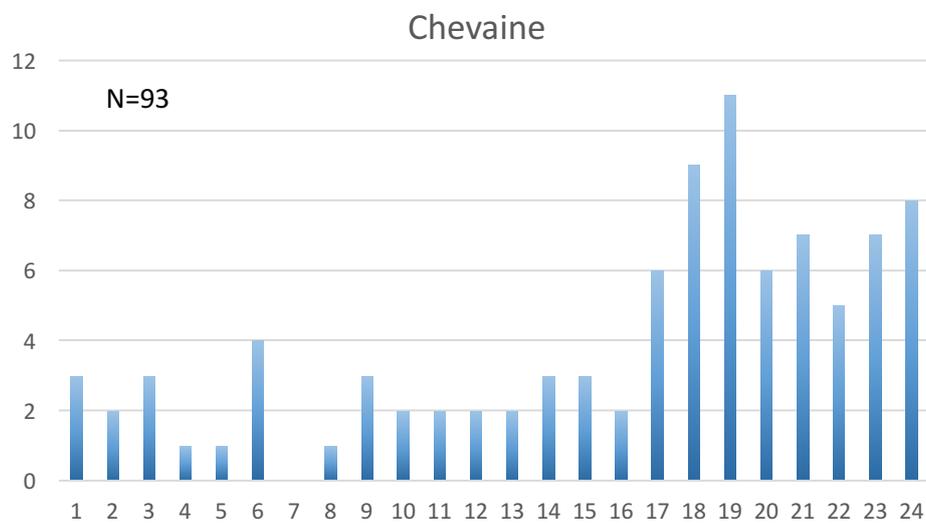


Figure 18. Heure de la première détection des poissons dans l'échelle à poissons d'Ivoz-Ramet

La figure 19 nous renseigne sur la période d'activité chez le chevine dans les échelles à poissons de Monsin et d'Ivoz-Ramet sur la Meuse et des Grosses Battes sur l'Ourthe. On observe chez le chevine une activité étalée sur 24h, avec néanmoins une période de plus forte activité comprise entre 17 et 24h. La majorité des détections (88,8%) chez le barbeau est comprise entre 18h00 et 9h00. On observe quelques individus en journée. Chez le hotu on observe une période d'activité comprise entre 17h et 7h où 100% des hotus sont détectés. La période d'activité chez la truite est comprise entre 7h et 19h.



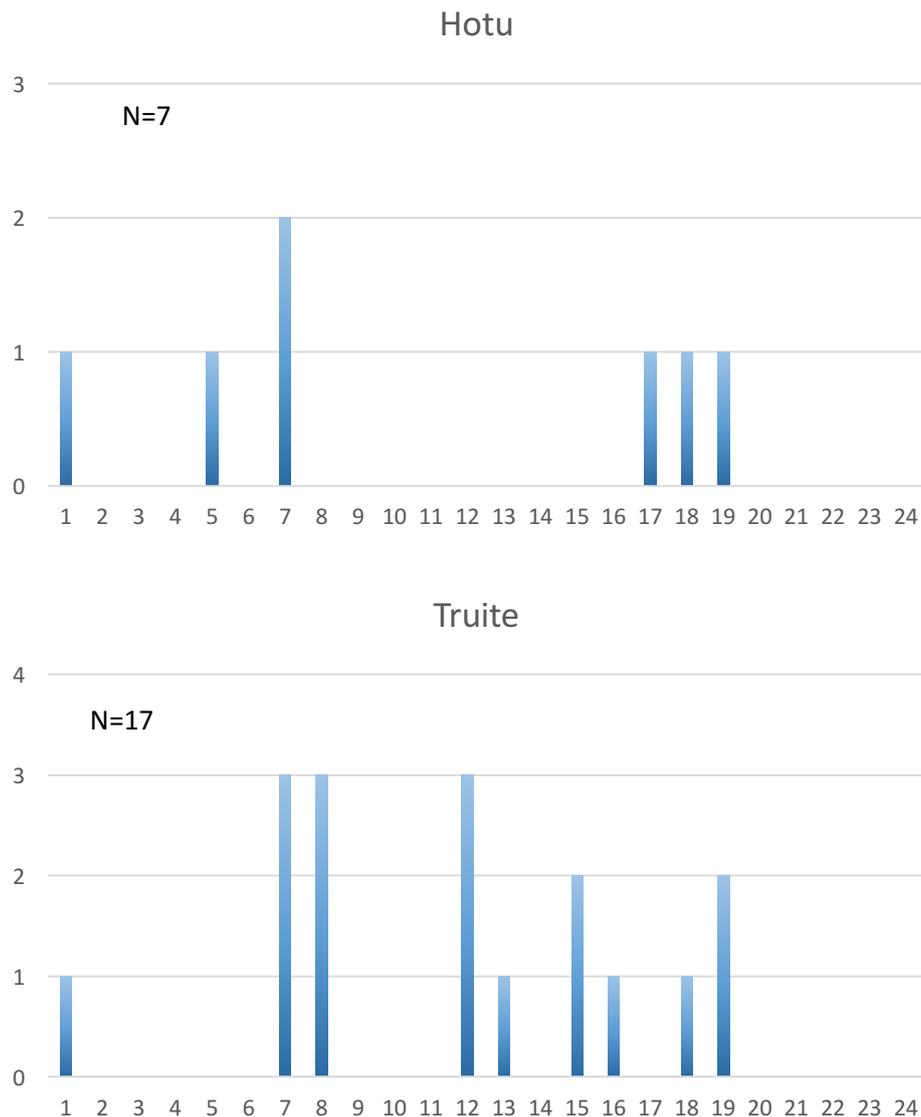
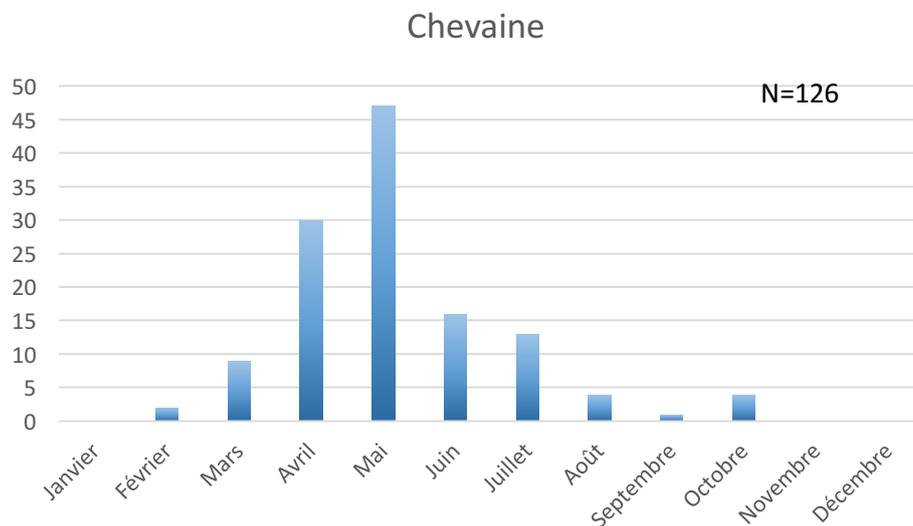
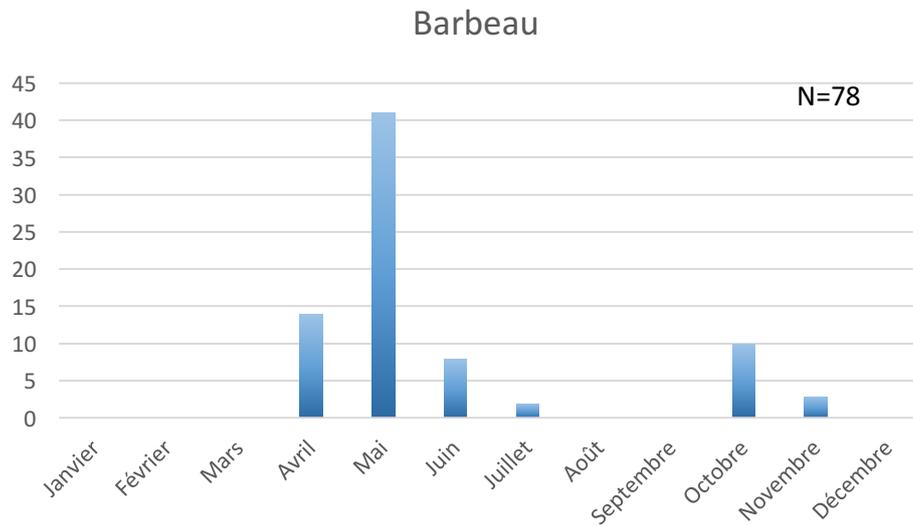


Figure 19. Heure de la première détection des poissons dans les échelles à poissons de Monsin (antenne aval) et d'Ivoz-Ramet sur la Meuse et des Grosses Battes sur l'Ourthe. Pour le chevaine, le barbeau, le hotu et la truite.

Au niveau de la répartition mensuelle des captures (fig.20), toutes échelles cumulées, on observe un pic de détection concentré entre avril et juillet pour le barbeau avec néanmoins des détections en automne 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 la Meuse et de l'Ourthe Grosses Battes à la fois pendant et en dehors des périodes de reproduction. La période d'activité chez le chevaine est comprise entre février et octobre avec une plus forte présence d'avril à juillet et quelques détections automnales comme observés chez le barbeau. En ce qui concerne la truite on observe une

première vague de détection de mai à juillet et une seconde vague d'octobre à décembre, ce qui correspond à la période de reproduction. Chez le hotu la période d'activité est comprise entre le mois de mars et avril en plein période de reproduction pour cette espèce. Il faut également noter la présence d'autres espèces comme l'aspe, le silure, le gardon, la carpe et la brème commune du mois d'avril à septembre.



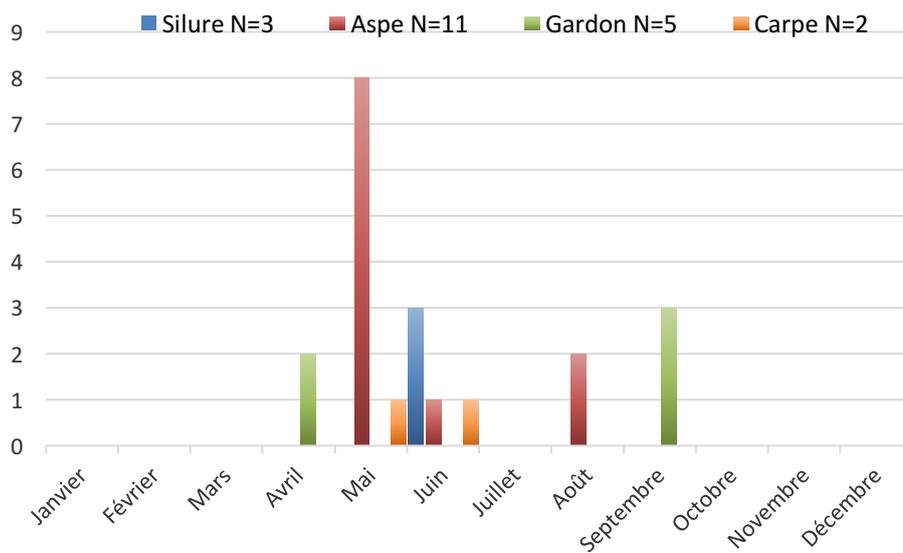
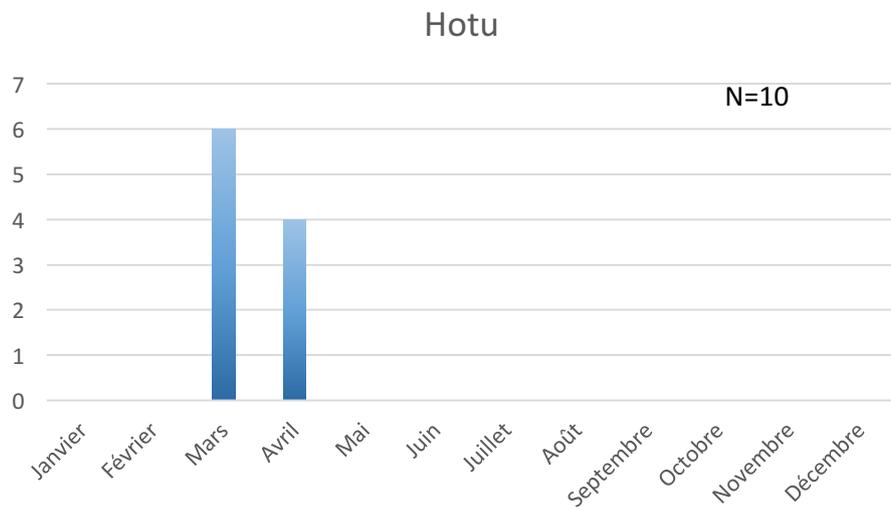
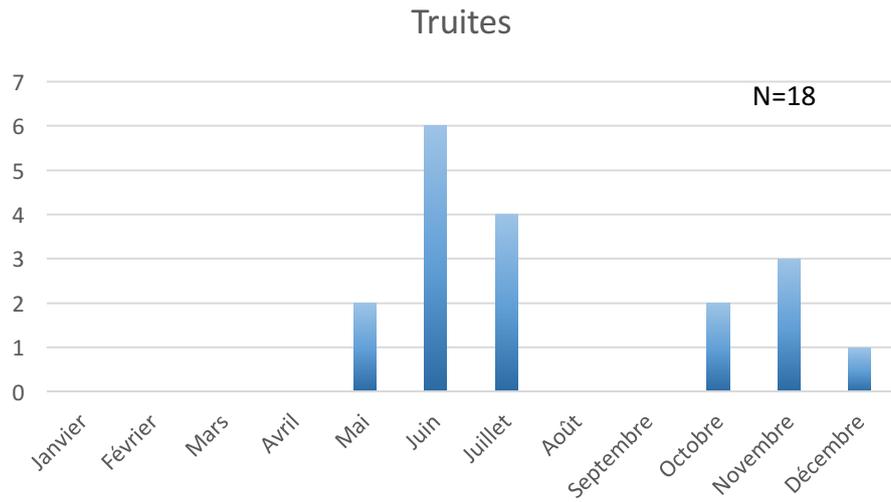


Figure 20. Nombre d'individus de différentes espèces détectés dans les échelles à poissons de Monsin, d'Ivoz-Ramet et des Grosses Battes, au cours de l'année (période 2010-2015)

7.1.5 Conclusions et perspectives

Au cours de ces six années (2010, 2011, 2012, 2013, 2014 et 2015), les déplacements de poissons pucés relâchés dans la Meuse en amont du barrage de Lixhe après leur capture dans les échelles de ce barrage ont bénéficiés d'un monitoring automatique par système RFID installé dans trois échelles à poissons stratégiques en région liégeoise : sur l'axe Meuse aux barrages de Monsin-Liège et d'Ivoz-Ramet et sur la Basse Ourthe au barrage de Liège Grosses Battes.

Les résultats démontrent que des espèces de poissons potamodromes se déplacent sur un linéaire important de la Meuse et exploitent les échelles à poissons qui ont été construites dans le cadre du projet Saumon Meuse. Le rétablissement de la continuité piscicole profite donc à une large gamme de types des poissons et pas uniquement aux grands migrateurs. Nous observons une distinction assez importante entre les espèces rhéophiles, dont la fraction mobile est logiquement plus importante que chez les espèces limnophiles et ubiquistes.

En ce qui concerne le devenir des poissons après leurs passages au barrage de Monsin, nous observons que les rhéophiles bifurquent majoritairement vers les Grosses Battes dans l'Ourthe (64%) mais le choix de la Meuse vers Ivoz Ramet n'est pas négligeable (36%). Dans cette catégorie, ce sont les chevaines qui se répartissent le plus équitablement entre l'Ourthe et la Meuse (environ 50/50), les autres espèces choisissent préférentiellement l'Ourthe. Les anguilles choisissent préférentiellement de poursuivre leur route vers la Meuse (53,6 %), mais la proportion d'individus qui bifurquent vers l'Ourthe n'est pas négligeable (46,4 %).

La réalisation de suivis sur plusieurs années consécutives permet de mettre en évidence de fortes variations inter-individuelles et ou inter-spécifiques au niveau des vitesses de progression entre les biefs. Cela peut traduire que les individus plus rapides sont probablement à la recherche de zones de reproduction et doivent arriver à temps sur les frayères, alors que les plus lents sont en exploration ou en phase de colonisation, qui peut se dérouler par étapes sur plusieurs années (cas particulier de l'anguille).

L'installation d'une deuxième antenne à Monsin nous a permis d'identifier si un poisson détecté à l'entrée de l'échelle l'était également à la sortie de l'échelle, ce qui peut se traduire par le « succès de franchissement ». Il s'avère que 40% des anguilles détectées à l'entrée de l'échelle parviennent dans la partie supérieure. En revanche chez les espèces rhéophiles le taux de franchissement est nettement meilleur et avoisine les 75%. Cela confirme notre hypothèse émise en 2014 qu'il subsiste probablement des vitesses de courant trop importantes pour l'anguille dans la passes à poissons de Monsin et qu'il conviendra de trouver les endroits précis qui posent problème afin d'y remédier dans le futur. Le suivi scientifique de la nouvelle passe à anguilles au niveau du barrage de Ivoz-Ramet nous permettrait de vérifier la préférence et le taux de franchissement des anguilles entre la passe à bassins traditionnelle et la rampe à plots (mais cette étude nécessite le placement d'antennes au niveau de la nouvelle passes spécifique à anguilles).

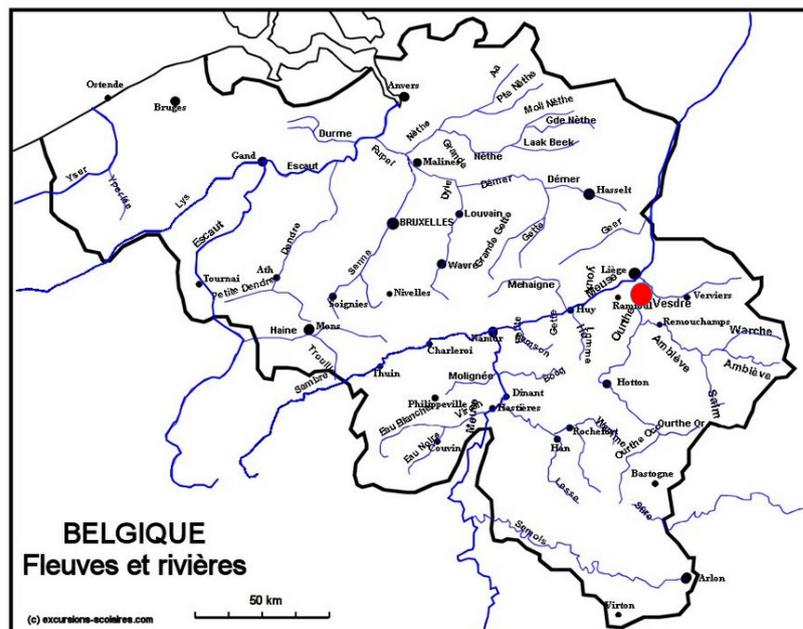
Le placement des deux antennes nous a également permis de déterminer le temps nécessaire pour franchir le barrage en empruntant l'échelle à poissons, avec des temps de parcours différents selon l'espèce. A ce stade d'avancement de l'étude, la méthode de détection automatique de poissons marqués au moyen du système RFID 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 particulièrement intéressante. Une nouvelle station RFID a été installée sur le premier barrage de la Vesdre en 2014 par la société Profish Technology, qui se jette dans l'Ourthe à Chênée, ce qui pourrait nous permettre d'évaluer la proportion de poissons qui s'engagent dans la Vesdre après passage dans l'échelle à poissons des Grosses Battes.

**8 CARACTERISATION DE LA DEVALAISON DES SMOLTS DE
SAUMONS ET TRUITES DE MER DANS LA BASSE OURTHE A MERY
AU PRINTEMPS 2015 AU COURS D'UNE NEUVIEME SAISON DE
PIEGEAGE)**

Université de Liège en collaboration avec le DNF

8.1 Présentation du site d'étude et méthode de capture

Au début 2007, les sociétés Mérytherm et Profish Technology ont équipé la centrale hydroélectrique du barrage de Mery sur l'Ourthe (fig. 1 et 2) d'un exutoire de dévalaison pour poissons (fig. 3). 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. Depuis 2007, le piège fait l'objet d'un monitoring annuel qui se déroule lors de la période de migration de dévalaison des smolts (principalement de mars à juin). En 2015, le piégeage s'est déroulé du 12 mars au 31 mai (92 jours), pour la neuvième année consécutive.



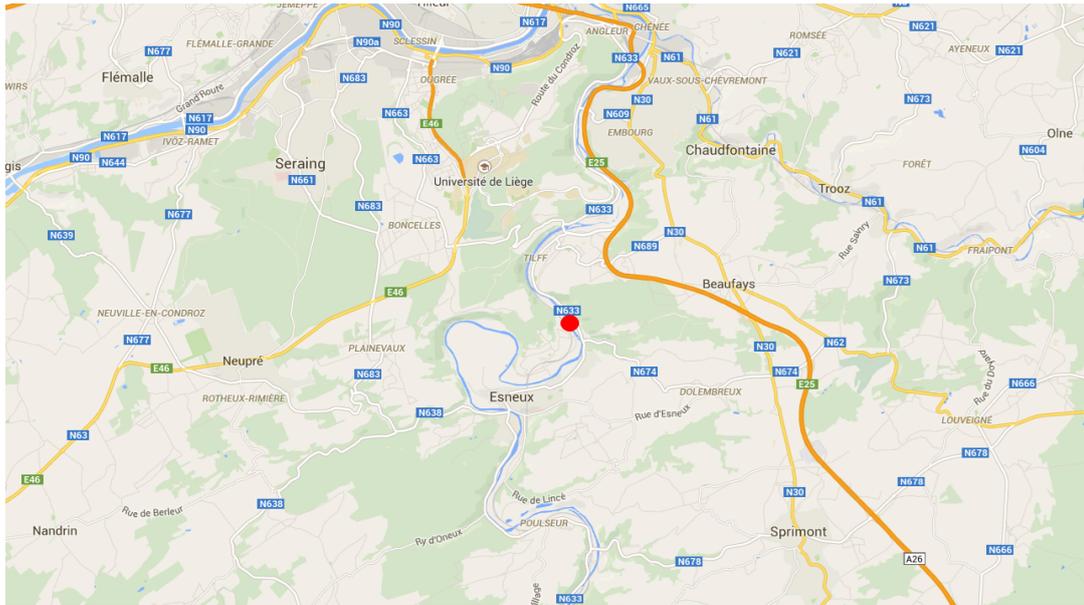


Figure 1. Carte de localisation du site du barrage de Méry dans le réseau hydrographique belge (photo du dessus) et localisation plus précise dans le bassin de l'Ourthe (carte du dessous).





Figure 2. 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 m³/s), (C) la restitution de l'eau passée par l'exutoire de dévalaison et son piège à capture et (D) l'écoulement d'eau sur le déversoir.

L'exutoire de dévalaison et le dispositif de piégeage (fig. 3 et 4) ainsi que les méthodes d'étude sont décrits en détail dans le rapport annuel Saumon 2007-2008. (Lien : <http://hdl.handle.net/2268/142637>)



Figure 3. Vues (à gauche) de l'exutoire de dévalaison latéral (débit : 0,1-0,2 m³/s ; vitesse : 1-1,2 m³/s) aménagé dans le prolongement latéral de la grille de la prise d'eau de la centrale hydroélectrique Merytherm (10 m³/s maximum) sur l'Ourthe et (à droite) du système de récupération des poissons.



Figure 4. Le dispositif de piégeage à la dévalaison de Méry.

En 2015, nous avons réalisé 35 contrôles du piège de dévalaison durant la période de dévalaison des smolts entre le 12 mars et le 31 mai à raison de 3 à 4 fois par semaine. Le monitoring du piège de dévalaison a été réalisé avec la collaboration des agents de la pisciculture d'Erezée (Yvan Neus, Daniel Gilson, Bertrand Delbruyere et Julien Bayard)

8.2 Conditions environnementales

8.2.1 Régime hydrologique

On observe au cours de la période de piégeage en 2015, une diminution progressive du débit entre début mars et fin mars passant de 108 m³/s le 1 mars à 29,5 m³/s le 29 mars (fig. 5). On a ensuite enregistré une forte augmentation du débit avec un maximum de 151 m³/s le 3 avril 2015. Ensuite le débit diminue régulièrement jusqu'au 31 mai avec un minimum de 11,2 m³/s le 30 mai. L'année 2015 est donc caractérisée par la présence d'un important pic de débit à une période de forte mobilité potentielle des smolts.

Des débits journaliers inférieurs à 20 m³/s sont considérés comme très favorables à l'entraînement forcé des poissons dans le canal de prise d'eau vers les turbines (10 m³/s) et donc dans l'exutoire de dévalaison. En 2015, nous n'observons que quelques jours où le débit est inférieur à 20 m³/s du 10 mai au 31 mai. En 2015 le débit moyen de l'Ourthe est de 41,5 m³/s contre 19,5 m³/s en 2014 durant la même période.

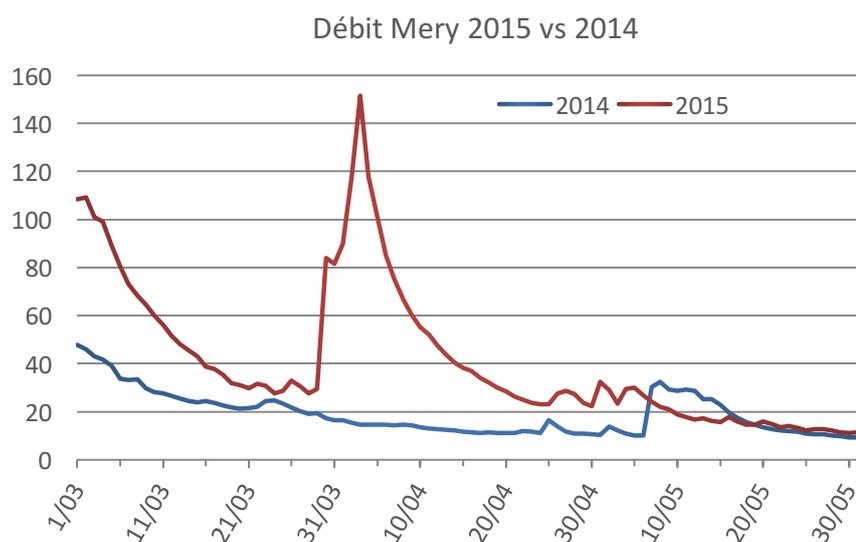


Figure 5. Régime des débits (moyennes journalières) dans l'Ourthe à Méry en mars-juin 2014 et 2015. Source des informations : SETHY-SPW.

8.2.2 Régime thermique

La température est comprise entre 6 et 8,5°C jusqu'au 8 avril (Fig. 6), ensuite nous observons une augmentation de la température pour atteindre 13,2°C le 16 avril 2015. A partir de cette date nous enregistrons des fluctuations de la température de l'eau avec un minimum de 9°C le 1 mai et un maximum de 17,2°C le 12 mai.

La température moyenne mensuelle en 2015 a été de 6,9°C en mars (vs 8,2°C en 2014), 10,4°C en avril (vs 13,0°C en 2014) et 14,5 °C en mai (vs 15,0 °C en 2014). Le printemps 2015 a été plus frais avec une température moyenne de 10,6°C contre 11,9°C en 2014.

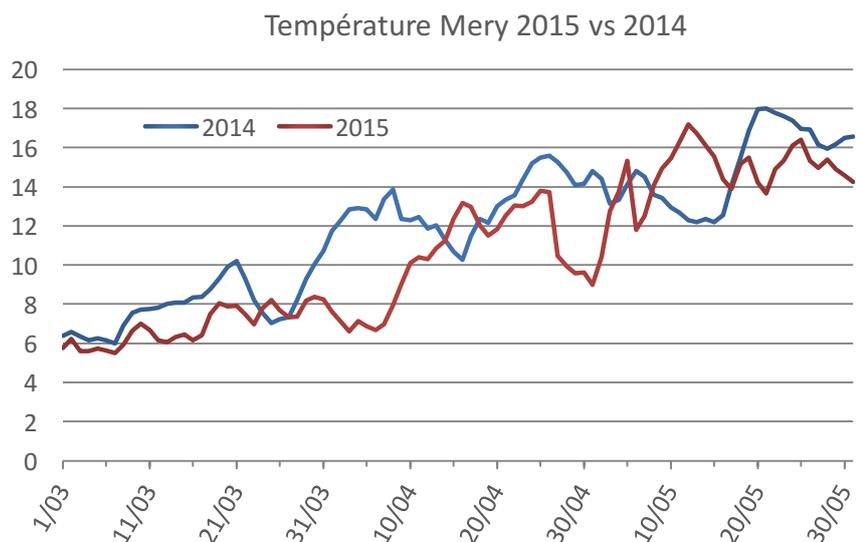


Figure 6. Régime des températures (moyennes journalières) dans l'Ourthe à Méry en mars-juin 2014 et 2015.

8.3 Bilan général des captures toutes espèces confondues

Le tableau 1 présente le détail des captures multispécifiques qui s'élèvent à 1075 poissons appartenant à 24 espèces, les plus abondantes numériquement étant le saumon atlantique (n=460), la truite commune (n=334), le gardon (n=154) et la perche commune (n=36). Il convient aussi de noter la capture de 19 ombres majoritairement en stade de post-reproduction. En nombres d'individus, les résultats obtenus en 2015 sont nettement inférieurs aux résultats obtenus en 2014, année au cours de laquelle 5439 individus avaient été capturés. La diversité spécifique est par contre plus importante en 2015 (24 espèces) qu'en 2014 (18 espèces).

La majorité (80%) des smolts de saumon atlantique capturés à Méry sont issus des déversements en tacons dans l'Amblève et dans l'Ourthe. Les 20% restant proviennent de déversements en smolts lors d'expériences de marquage-recapture menées par l'Université de Liège dans le cadre d'un projet européen sur la dévalaison des smolts sur l'Amblève (Benitez et. al, 2015 : <http://hdl.handle.net/2268/187866>) et par le service de la pêche dans cadre d'un travail de fin d'étude sur l'influence de la photopériode sur la dévalaison.

Tableau 1. Bilan de captures des poissons dans le piège de dévalaison de la centrale hydroélectrique Mérytherm sur la Basse Ourthe pendant la période du 12 mars au 31 mai 2015 (44 contrôles pour 92 jours de piégeage en continu).

Espèce	Poissons capturés		Longueur Lf mm	
	N	%	Min	Max
Saumon atlantique	462	42,90		
- smolts	448	-	100	196
- tacons	14	-	82	121
Truite commune	334	31,01		
- smolts	280	-	122	310
- non smolts	54	-	75	325
Truite aec	6	0,56	341	382
Barbeau fluviatile	6	0,56	87	212
Ombre commun	19	1,76	188	315
Hotu	4	0,37	140	480
Chevaine	26	2,41	78	492
Ablette spirilin	2	0,19	84	128
Rotengle	2	0,19	100	111
Gardon	154	14,30	80	254
Goujon	7	0,65	82	113
Brème commune	3	0,28	154	169
Brochet	1	0,09		266
Vairon	2	0,19	67	75
Loche	2	0,19	75	91
Brème bordelière	1	0,09		150
Perche fluviatile	36	3,34	97	240
Vandoise	1	0,09		240
Chabot	2	0,19	45	70
Carpe	2	0,19	510	520
Epinoche	1	0,09		58
Bouvière	1	0,09		65
Lamproie de Planer	2	0,19	150	160
Silure	1	0,09		750
Total	1077			

(*)Tous les saumons atlantiques sont des poissons issus de repeuplements de réintroduction en tacons car aucune reproduction naturelle ne s'est pas encore produite dans les milieux concernés, à l'exception des individus provenant des déversements dans le cadre d'expériences.

Sur l'ensemble des smolts de truites capturés à Mery, 24% proviennent d'un déversement des smolts effectués par le service de la pêche dans le cadre d'un travail de fin d'étude pour quantifier le nombre de smolts dévalants dans l'Ourthe à Mery. La présence et l'abondance dans les captures de dévalants de la truite commune et du gardon peuvent également être influencées par des repeuplements effectués durant les mois précédents en amont de Méry (dans l'Ourthe et l'Amblève).

Le nombre de smolts saumon capturés en 2015 est largement inférieur à celui de 2014 (n=446 en 2015 contre n=4527 en 2014). On a enregistré en 2015 la capture de 334 truites dont 280 smolts.

8.4 Caractéristiques de la population des saumoneaux dévalants

8.4.1 Classes de tailles

La figure 7 montre l'histogramme des tailles des smolts de saumons sur 332 individus « semi-sauvage » issus de tacons remis en rivière. Pour les smolts de saumons, la taille minimum est de 100mm et la taille maximum est de 196mm, la taille moyenne générale est de 144mm.

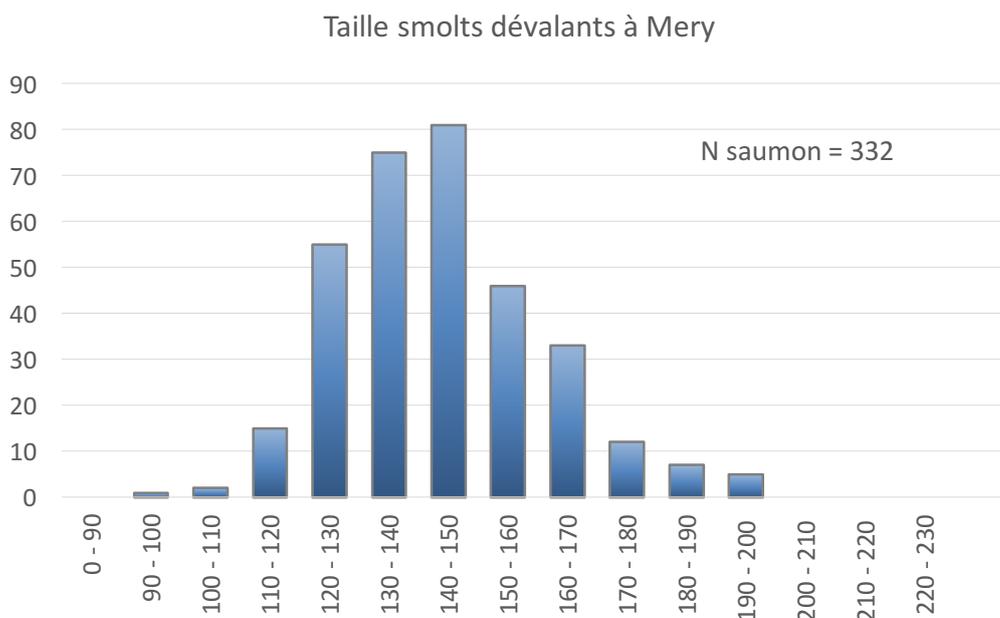


Figure 7. Echantillon d'histogramme des fréquences des tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des saumoneaux interceptés en dévalaison dans le piège de la CHE Mérytherm dans l'Ourthe à Méry en 2015.

8.4.2 Périodicité des captures en début 2015

La figure 8 montre l'évolution au cours du temps des captures à Mery des saumoneaux dévalants « semi-sauvage » issus des repeuplements en tacons de 2014 en relation avec la température. On observe les premières captures à des températures comprises entre 7 et 8°C. On remarque deux pics de captures avec plus de 50 individus lorsque la température dépasse les 11°C. La majorité des captures (70%) se déroulent lorsque la température dépasse les 10°C.

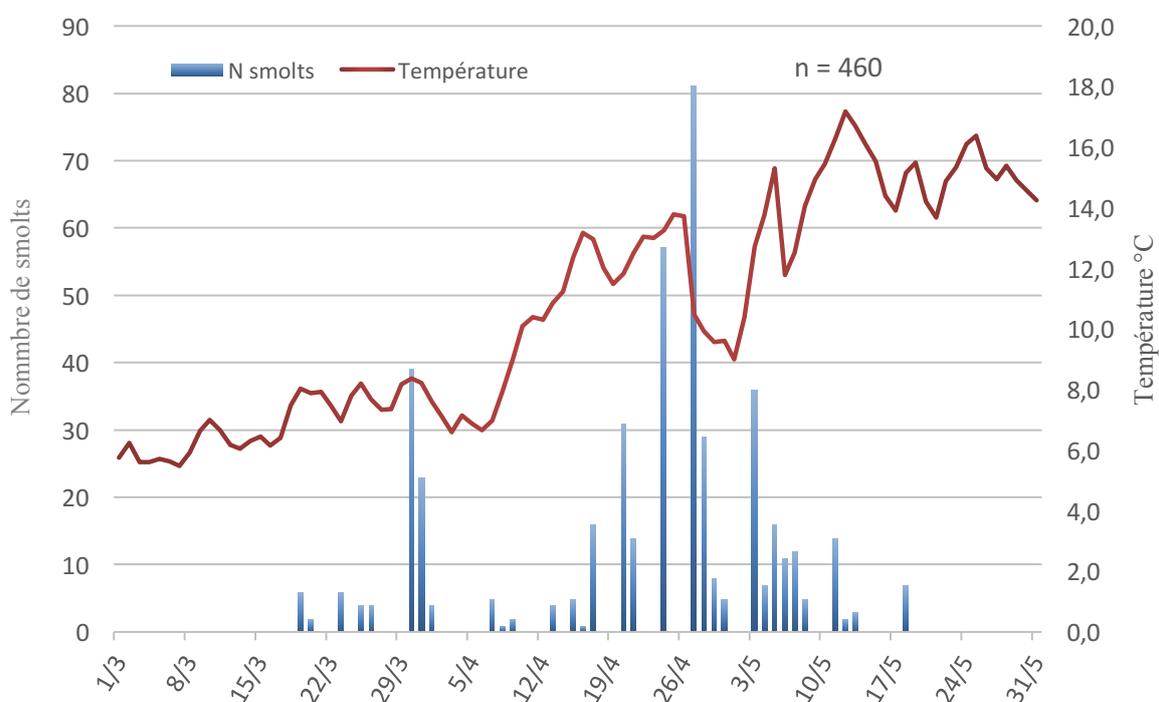


Figure 8. Nombre de saumoneaux piégés en dévalaison dans l'Ourthe à Méry au printemps 2015 en relation avec les valeurs moyennes journalières de la température de l'eau.

On observe une forte augmentation du débit fin mars pour atteindre un maximum de 151,3 m³/s le 3 avril 2015 (fig. 9), des conditions hydrologiques peu favorables à l'entraînement des smolts dévalants dans la prise d'eau de la centrale (10 m³/s), ce que pourrait expliquer le très faible nombre de captures durant cette période de hauts débits. On remarque une augmentation des captures à partir du 17 avril lorsque le débit est inférieur à 40 m³/s avec

un pic le 27 avril ou 81 individus sont capturés à un débit de 28 m³/s.

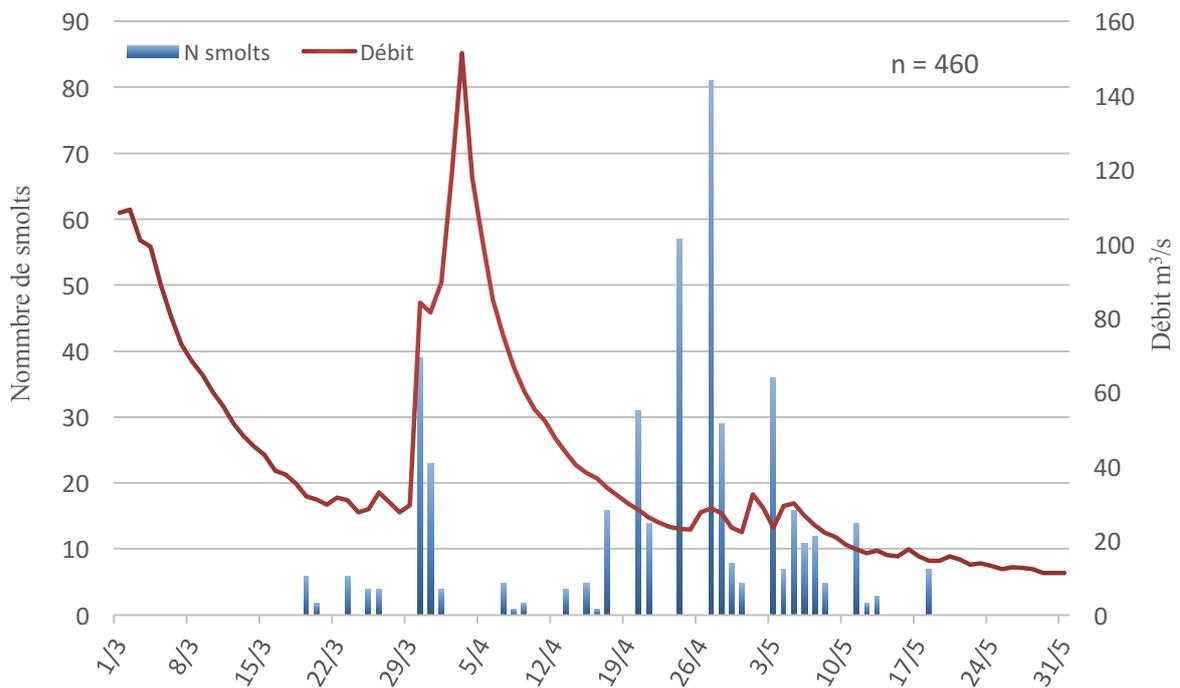


Figure 9. Nombre de saumoneaux piégés en dévalaison dans l'Ourthe à Méry au printemps 2015 en relation avec les valeurs moyennes journalières du débit.

8.4.3 Etat de santé des smolts

Comme les années antérieures, les smolts dévalants sont parfois affectés par la saprolégniose (infection fongique) et par une infestation par les sangsues dans des proportions indiquées dans le tableau 2 et la figure 10 pour les deux sous-populations considérées. Les smolts « semi-sauvage » sont particulièrement affectés par des sangsues en 2015 avec plus de 60 % des individus touchés. Proportionnellement les smolts « semi-sauvage » sont plus touchés par la saprolégniose avec 27,4 % des individus infectés contre 14,7% chez les smolts issus des déversements de 2015. On observe le même constat concernant l'infestation des sangsues.

Tableau 2. Proportion des smolts dévalants dans l'Ourthe à Mery en 2015 affectés par la saprolégniose et les sangsues.

Pathologie	"Sauvages"	Marquages 2015
Saprolégniose	27,40%	14,70%
niveau1	11,40%	11,00%
niveau 2	16,00%	3,70%
	91/332	16/109
Sangsues	60,20%	20,20%
	200/332	22/109

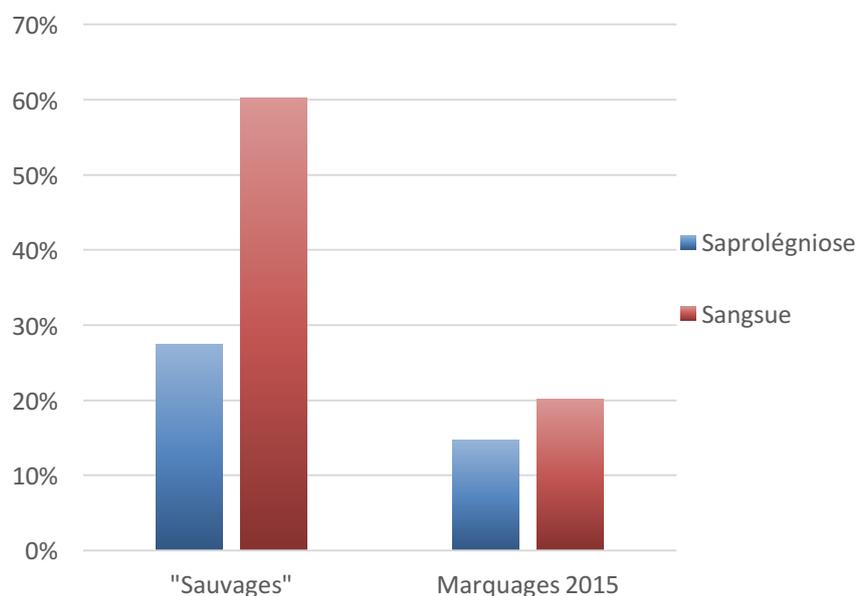


Figure 10. Taux d'infestation par les sangsues et la saprolégniose des différents lots de smolts dévalants dans l'Ourthe à Méry en 2015.

8.4.4 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. Sur l'ensemble des 4 années de suivis (2012 à 2015), 1646 smolts de saumon atlantique et 400 smolts de truite 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. La majorité des premières détections se font dans l'obscurité (fig. 11). En effet, plus de 80% des détections ont lieu entre 19h (crépuscule) et 6h. Le pic des premières détections se déroule généralement entre 21h et 00h pour le saumon atlantique alors qu'il se fait de 3h à 4h pour les truites (Benitez et al., 2015, lien : <http://hdl.handle.net/2268/187866>). Aux printemps 2012, 2013, 2014 et 2015, 181 individus marqués par transpondeur RFID ont été capturés dans le piège de dévalaison de Mery. En moyenne il faut 7,2 jours aux smolts pour parcourir le trajet Lorcé-Méry, avec un minimum de 2 jours et un maximum de 20 jours.

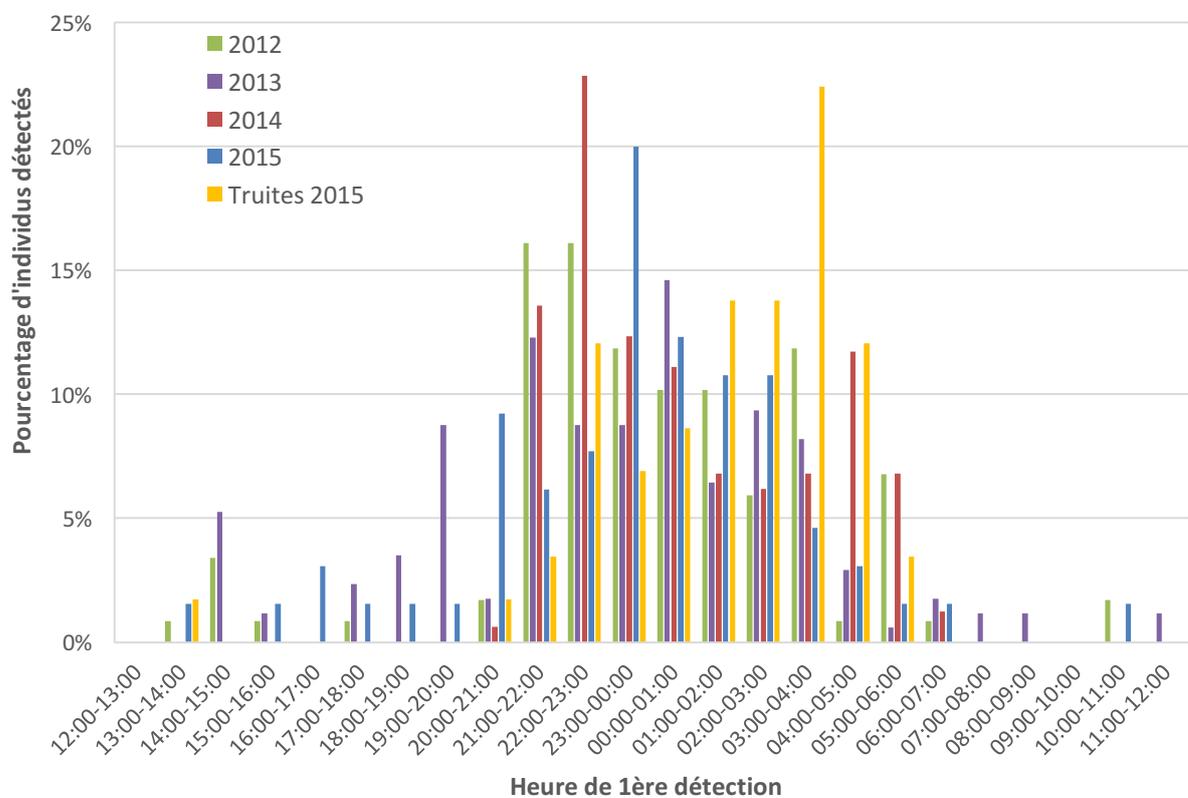


Figure 11. Pourcentage d'individus détectés pour la première fois par heure à l'entrée de l'exutoire de Lorcé. Vert, mauve, rouge et bleu représentent les données de saumon atlantique alors que le jaune celles des smolts truites.

8.5 Dévalaison des autres espèces.

8.5.1 Smolts de truite

La figure 12 montre l'histogramme des tailles des smolts truite sur un échantillon de n=207 individus capturés en dévalaison dans le piège de la CHE de Méry en 2015. La taille minimum est de 122mm, la taille maximum est de 310mm et la taille moyenne est de 182mm.

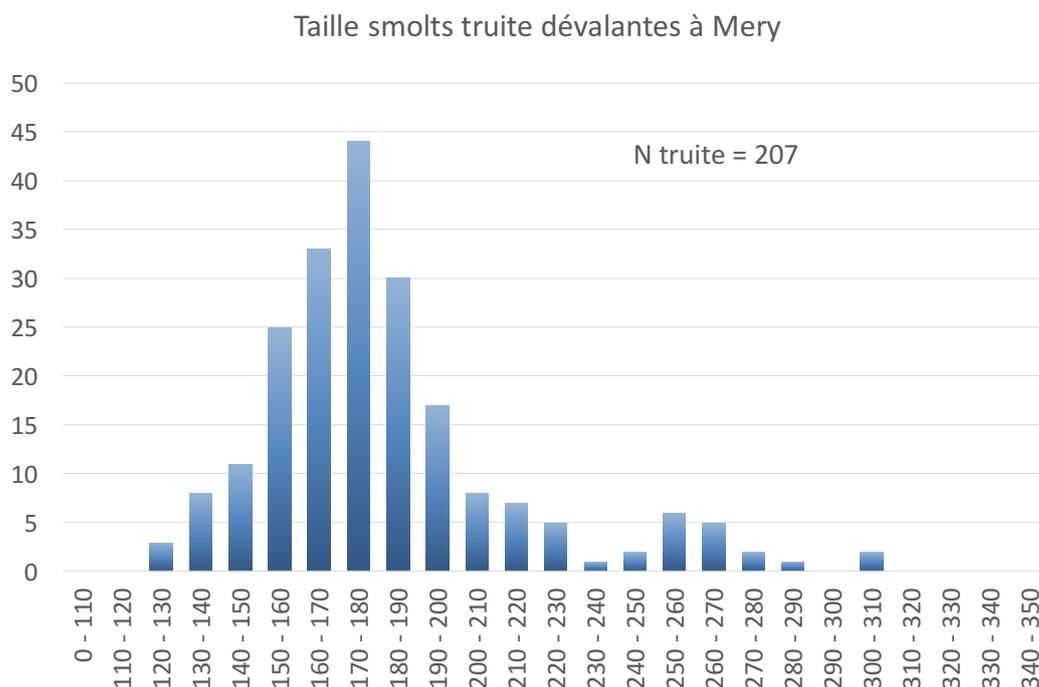


Figure 12. Histogramme des fréquences des tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des smolts truites interceptés en dévalaison dans le piège de la CHE Mérytherm dans l'Ourthe à Méry en 2015.

Les captures des smolts de truite dévalants à Mery (fig. 13) sont réparties sur une période de 54 jours, du 26 mars au 18 mai, à des températures comprises entre 7°C et 17,2°C, avec un pic de capture de 40 individus le 27 avril à une température de 10,5°C.

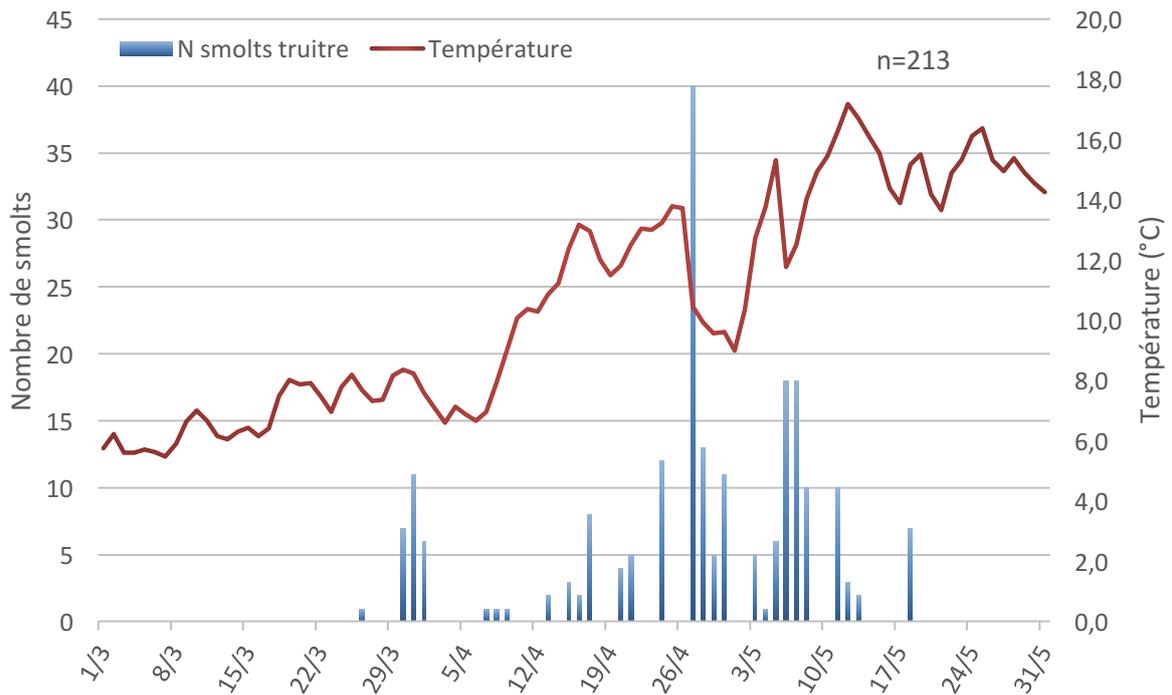


Figure 13. Nombre de smolts de truite piégés en dévalaison dans l’Ourthe à Méry au printemps 2015 en relation avec les valeurs moyennes journalières de la température de l’eau.

Au cours du printemps 2015 nous observons une augmentation du débit avec peu de captures durant cette période de hauts débits (fig. 14) par manque d’attractivité du piège au cours de cette crue. Le nombre de captures augmente progressivement lorsque le débit diminue, avec un pic de 40 individus à un débit de 28 m³/s. La majorité des captures se déroulent lorsque le débit est inférieur à 40 m³/s. Ces conditions hydrologiques peu favorables à l’entraînement des smolts de truite dévalants dans la prise d’eau de la centrale hydroélectrique peuvent expliquer le faible nombre de captures dans le piège de dévalaison à une période propice à la dévalaison.

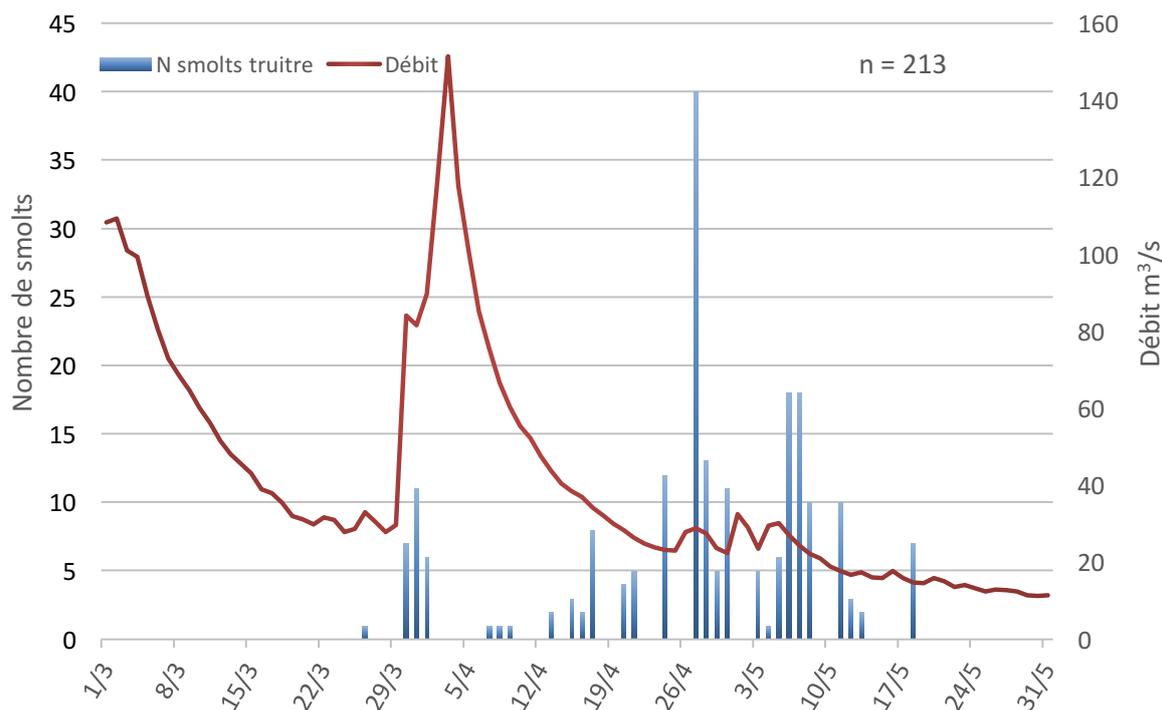


Figure 14. Nombre de smolts de truite piégés en dévalaison dans l’Ourthe à Méry au printemps 2015 en relation avec les valeurs moyennes journalières du débit.

8.5.2 Autres espèces

Les captures de truites communes à morphotype fario (n=54) se produisent du 30 mars au 13 mai 2015 et sont directement liées aux repeuplements en poissons pêchables en vue de l’ouverture générale de la pêche à la ligne en juin. Les captures des truites arc-en-ciel (n=6) se produisent du 27 avril au 11 mai et sont également proches des périodes de repeuplements en vue de l’ouverture générale de la pêche à la ligne en juin. Les captures des espèces autres que les Salmonidés sont sporadiques et portent parfois sur des individus morts ou moribonds juste après la reproduction. Il faut aussi noter la capture d’une bouvière le 10 avril et de deux lamproies de Planer le 13 et 15 avril.

8.6 Synthèse globale des résultats basée sur les suivis au cours des neuf années de piégeage.

Au cours des huit années (2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014 et 2015) qui ont permis la capture de nombres importants des smolts dévalants, excepté 2008 qui est une année atypique, il apparaît que 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 21/04 en 2014, du 22/04 en 2012, du 23/04 en 2007, du 27/04 en 2014 et du 30/04 en 2010 (tabl. 3). La date de la première dévalaison se situe entre le 3 et 24 mars à une température de 5,0-8,2°C.

La date correspondant au percentile 10 varie entre le 30 mars en 2015 et le 22 avril en 2013, la date correspondant au percentile 90 varie entre le 26 avril en 2011 et le 14 mai en 2010.

Dans l'état actuel des connaissances acquises avec la méthode d'échantillonnage utilisée, rien ne permet de penser que des dévalaisons importantes ont eu lieu plus tôt dans la saison et à des températures plus basses (< 7 °C). La température moyenne de dévalaison est comprise entre 10,6°C en 2015 et 14,7 en 2007. La diminution des captures en 2015 dans le piège de dévalaison à Mery peut s'expliquer par un débit élevé en pleine période de dévalaison ce qui aurait probablement attiré un grand nombre de smolts vers le déversoir. En revanche le printemps 2015 a été propice à une dévalaison rapide des smolts de saumon vers la mer.

Tableau 3. Comparaison des caractéristiques de la migration de dévalaison des smolts et pré- smolts du saumon atlantique dans l'Ourthe à Méry au cours de 9 années 2007-2015. L'année 2008 doit être considérée comme atypique pour l'échantillonnage des smolts dévalants.

Caractéristiques	Années								
	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
Période de piégeage	12/03-31/05	05/03-02/06	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)	92	90	99	106	85	77	52	50	70
Nombre de poissons	460	4527	4691	3544	1367	451	147	35	671
Longueur min-max (mm)	100-196	103-324	84-256	97-2216	97-232	100-245	104-198	90-169	114-205
Longueur moyenne (mm)	144	152	147	148	0	140	133	152	?
Date 1ère capture	19-mars	10-mars	07-mars	05-mars	03-mars	24-mars	20-mars	22-avr	23-mars
Temp. 1ère capture	8	7,5	7,4	7,7	5	8,2	6,5	11,2	5,7
Débit 1ère capture (m ³ /s)	31,9	28,1	41	41,8	60	62	56	61	77
Date dernière capture	18-mai	30-mai	16-juin	14-juin	13-mai	31-mai	05-juin	21-mai	11-mai
Temp. dernière capture (°C)	15,2	16,5	16,3	14,6	17,5	14,4	14,3	14,7	14,7
Débit dernière capture (m ³ /s)	14,6	9,3	24,3	18,8	9,5	16	18,5	18	25
Date > 10 % captures	30-mars	07-avr	22-avr	09-avr	04-avr	19-avr	12-avr	28-avr	15-avr
Date > 50 % captures	27-avr	22-avr	02-mai	23-avr	11-avr	30-avr	16-avr	07-mai	23-avr
Date > 90 % captures	06-mai	02-mai	08-mai	03-mai	26-avr	14-mai	05-mai	18-mai	30-avr
Température moyenne (°C)	10,6	13,2	10,1	11	12,8	12,3	12,6	15,1	14,7

9 SUIVI PAR TÉLÉMÉTRIE ACOUSTIQUE DE LA MIGRATION DES SMOLTS DANS L'AXE OURTHE MEUSE CANAL ALBERT

Université de Liège et INBO

9.1 Objectifs et méthodologie

La dévalaison des smolts dans le cours de la Meuse est probablement un des plus gros points noirs qu'il reste à améliorer pour espérer un retour quantitativement plus important de saumons adultes pour les prochaines années. Des études en milieu contrôlé (Bernard et al., 2014) ont montré que lorsqu'on simule un passage d'un régime thermique « Ourthe » à « Meuse », l'augmentation brusque de la température peut provoquer une désmoltification qui est d'autant plus importante que les smolts démarrent leur migration tard dans le printemps. En 2014, des suivis préliminaires par télémétrie acoustique en Meuse ont montré la forte attraction du Canal Albert et un fort taux de mortalité par épuisement et recherche intensive et non fructueuse des voies de passages. Aucun des 20 smolts marqués n'est parvenu à rejoindre la Basse Meuse à Lixhe, ce qui traduit l'ampleur du problème (Ovidio et al., 2015). Il est donc primordial d'accroître nos connaissances sur les comportements de dévalaison pour identifier les sites problématiques qui devront faire l'objet d'une réflexion approfondie pour rendre possible l'échappement des saumons de la Meuse Belge vers les Pays-Bas et la mer du Nord.

Cette étude complémentaire sur le comportement de dévalaison de smolts de saumons atlantiques par télémétrie acoustique s'est déroulée dans une zone assez complexe qui offre plusieurs voies de migration pour les smolts : la basse Ourthe en aval du barrage des Grosses Battes à Angleur, qui débouche dans la dérivation de la Meuse, la dérivation jusqu'au pont Atlas où elle rejoint la Meuse, la Meuse jusqu'au canal Albert, la Meuse jusqu'en aval de l'écluse de Lanaye et le canal Albert jusque Kane.

Dans le cadre de cette étude nous avons procédé en 2014 à l'installation de 18 balises acoustiques (VR2 de chez Vemco, Canada) avec la collaboration de l'INBO (Insttuut voor Natuur en Bosonderzoek), qui a mis 15 balises à notre disposition ainsi que 20 émetteurs en 2014 et 40 en 2015 pour le marquage des smolts. L'objectif de l'INBO est de pouvoir prendre le relais dans le suivi des smolts lorsqu'ils utilisent la voie du Canal Albert en Flandre, afin d'évaluer l'impact d'une nouvelle centrale hydroélectrique. Les balises ont été réparties sur la Basse Ourthe, la Meuse, la dérivation de la Meuse et le canal Albert comme suit : 2 en Basse Ourthe, 2 dans la dérivation et 11 en Meuse dont 1 en amont de la confluence avec l'Ourthe et 3 dans le canal Albert. Les balises acoustiques (Société Vemco, Canada) sont

placées sous l'eau et solidement fixées dans la majorité de cas aux échelles qui se trouvent le long des berges de la Meuse par un câble en acier de 8mm. Le câble est lesté par un poids en béton pour maintenir la balise en position verticale (figs 1 à 5).

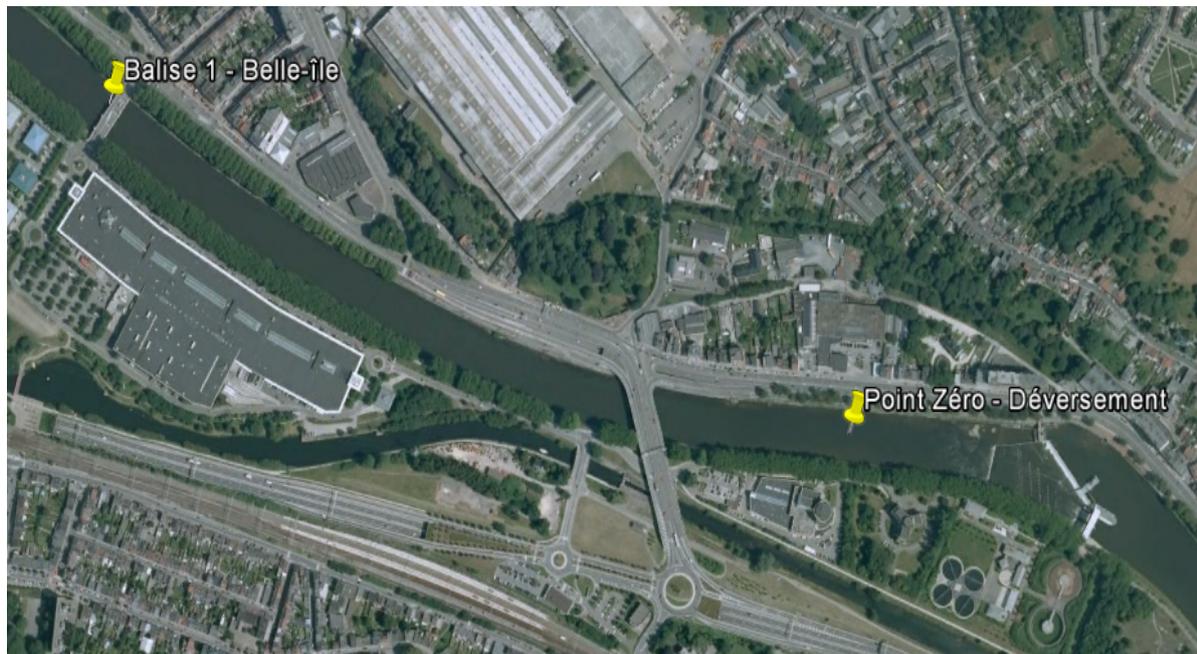


Figure 1. Point de déversement des smolts équipés d'émetteurs et localisation de la balise 1 sur la Basse Ourthe

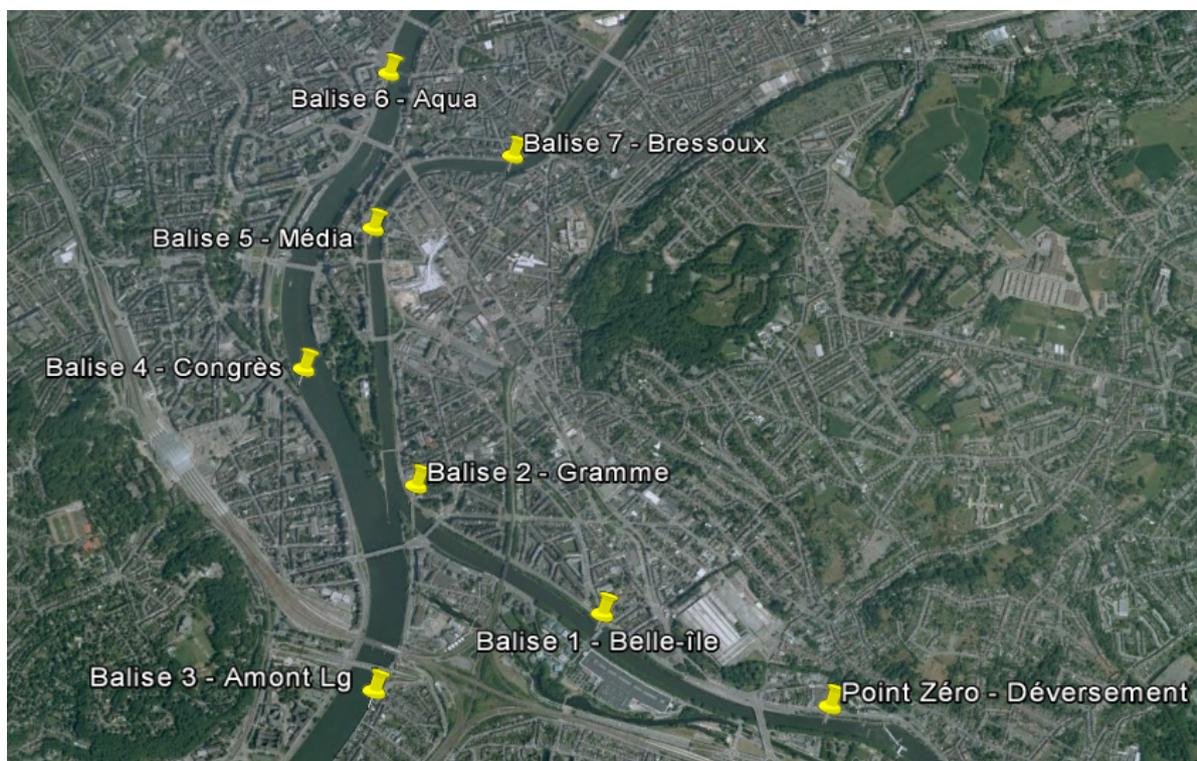


Figure 2. Balises sur la Basse Ourthe (1-2), la Meuse (3-4-6) et la dérivation (5-7)

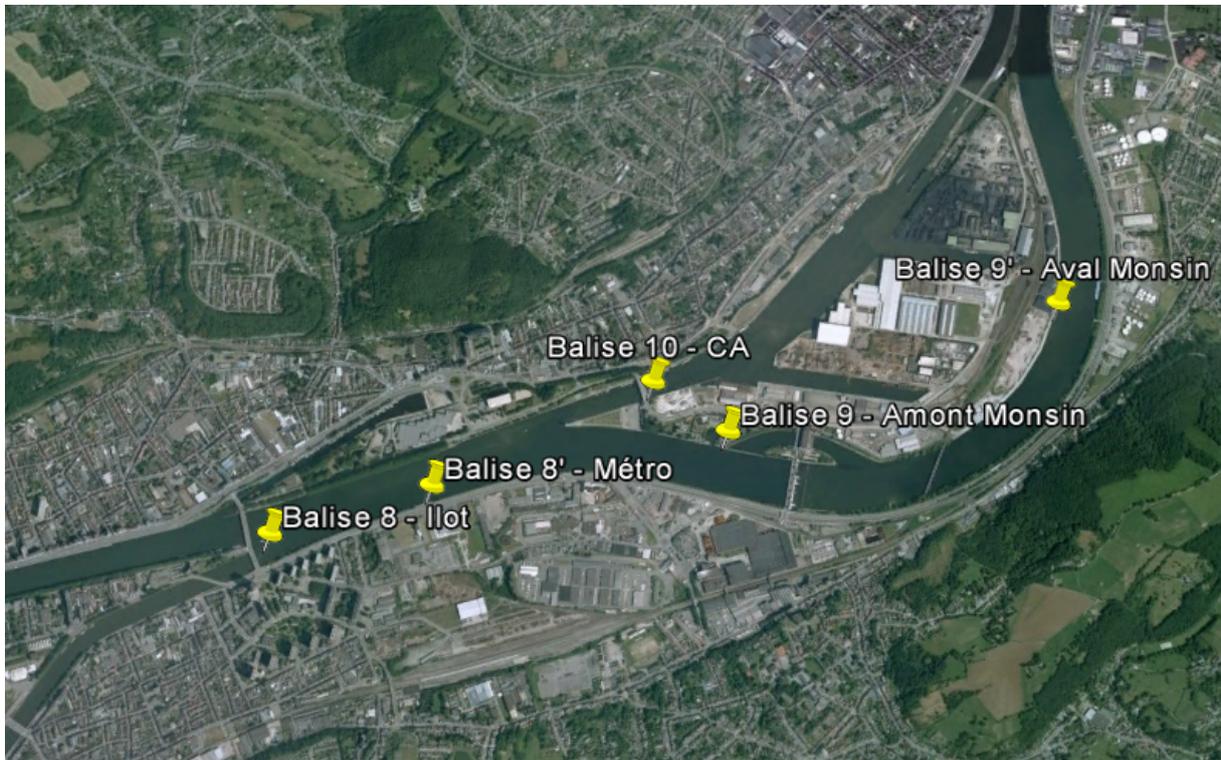


Figure 3. Balises sur la Meuse (8-8'-9-9') et le canal Albert (10)

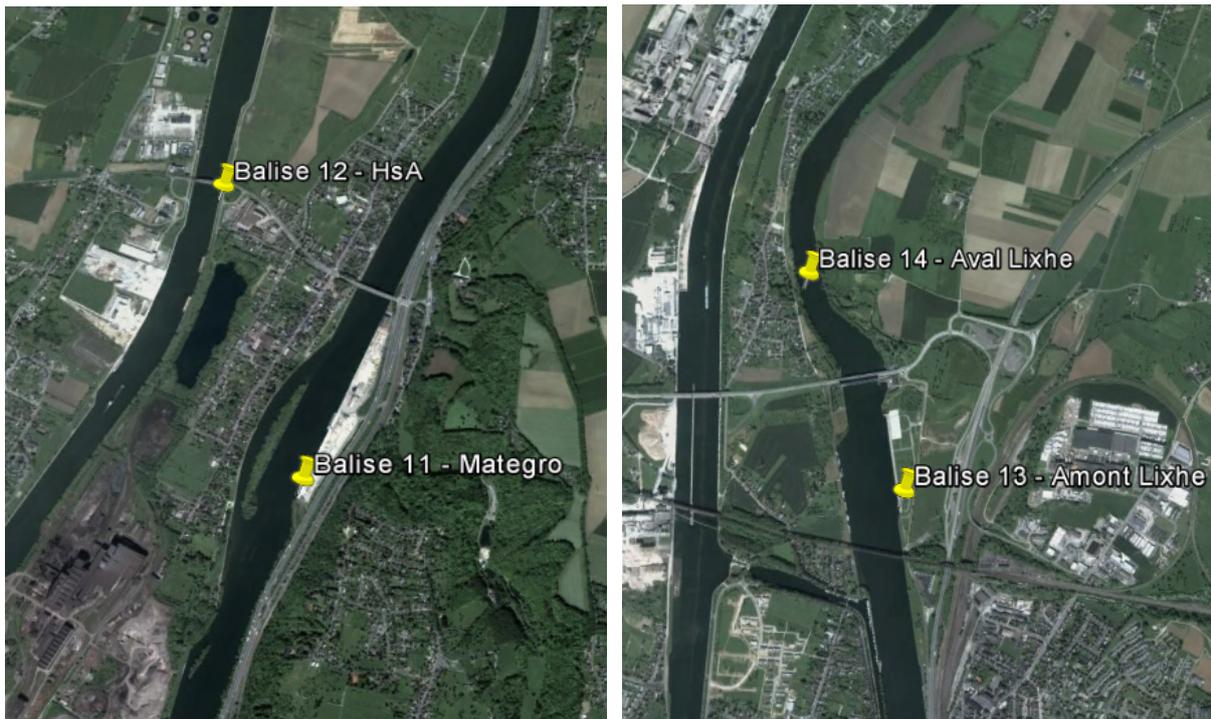


Figure 4. Balises sur la Meuse (11-13-14) et le canal Albert (12)



Figure 5. Balise sur la Meuse (15) et le canal Albert (16)

Le déploiement de ce matériel de télémétrie permet le suivi individuel automatisé des smolts sur tout le linéaire couvert par les balises.

Pour implanter l'émetteur acoustique dans le poisson (fig. 6), une incision est réalisée sous anesthésie au niveau de la cavité intra-péritonéale entre la nageoire pelvienne et la nageoire anale. Après insertion de l'émetteur, on applique deux points de suture pour une meilleure cicatrisation et la plaie est désinfectée. Les poissons sont remis à l'eau le jour de l'opération.

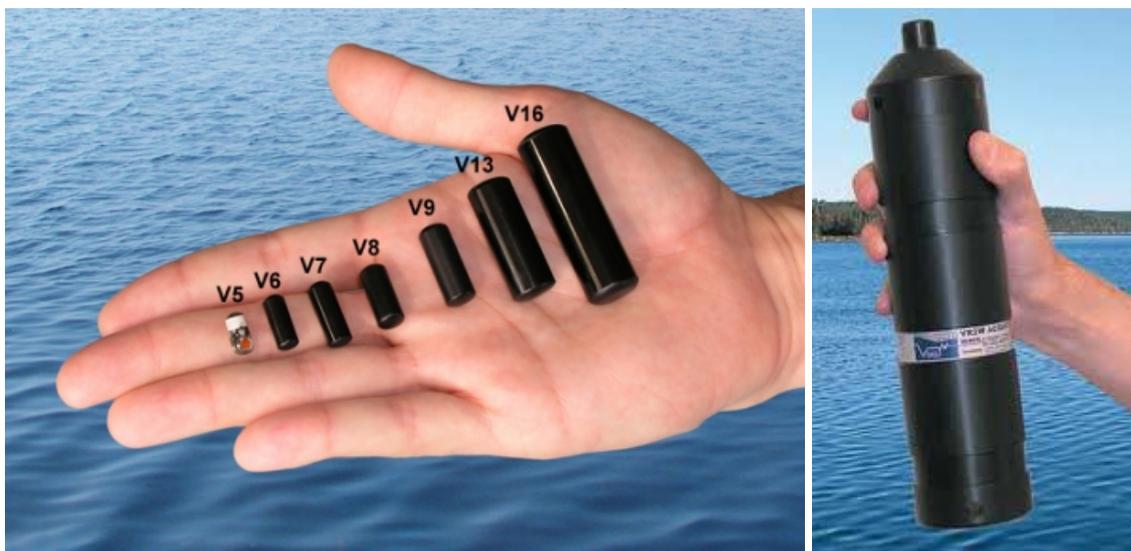


Figure 6. Emetteurs actifs acoustiques à gauche et récepteur acoustique à droite

Les signaux émis par l'émetteur acoustique sont captés par les balises qui sont en écoute permanente et placées sous l'eau. Chaque émetteur acoustique est codé, ce code unique permet de les identifier individuellement. Les données sont archivées dans les récepteurs qui doivent être relevés régulièrement avec un PC à partir d'une embarcation. Le champ de détection de ce dispositif nous permet de couvrir toute la largeur de la Meuse. Ces données nous renseignent sur la date et l'heure de passage ainsi que l'identité de l'individu détecté à chaque balise.

La première opération de marquage a été effectuée le 21 avril 2015 sur 40 smolts (tab. 1) de 2 ans issus de la pisciculture d'Erezée. Les individus marqués ont été relâchés le 22 avril 2015 en aval du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe à Angleur (fig.1), à 1 km en amont de la première balise installée sur la Basse Ourthe sur le pilier du pont de Belle Ile. La température de l'Ourthe et de la Meuse était respectivement de 10,5°C et de 16,3°C et le débit était de 28,8 m³/s et 194,5 m³/s. La taille moyenne des smolts marqués est de 302,6mm.

Le lot 2 composé également de 20 individus a été déversé le 27 avril 2015 au même endroit que le lot 1. La température de l'Ourthe et de la Meuse était respectivement de 10,5°C et de 17,1°C, et le débit de 28,8 m³/s et 207 m³/s. La taille moyenne des smolts marqués est de 299,6mm.

Tableau 1. Marquage des smolts saumon provenant d'Erezée le 21 avril 2015. Déversements effectués le 22 et le 27 avril 2015 en aval du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe à Angleur.

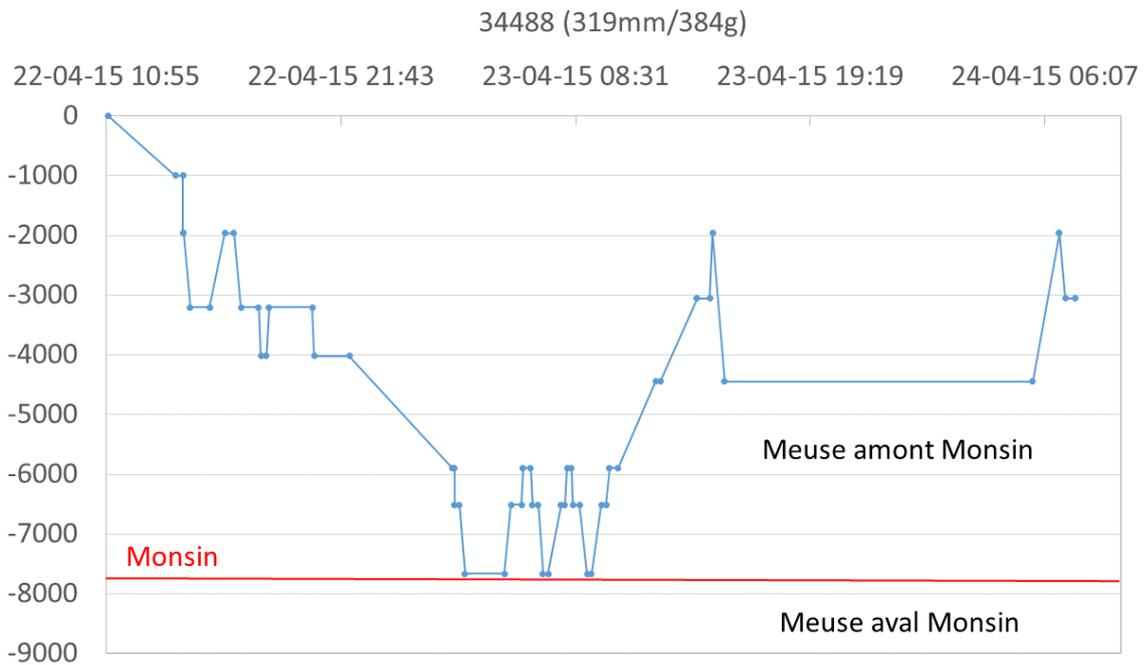
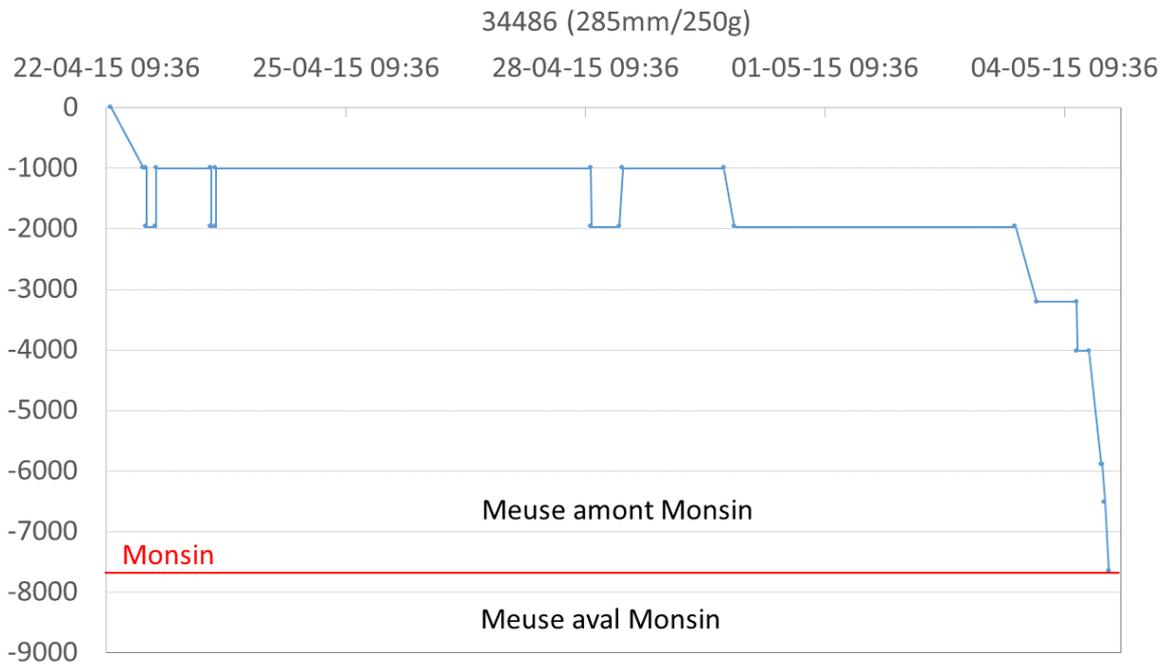
Nr	Déversement	Taille	Poids	Marque	Code
1	22-04-15	297	288	34477	1214068
2	22-04-15	320	409	34478	1214069
3	22-04-15	311	308	34479	1214070
4	22-04-15	280	287	34480	1214071
5	22-04-15	319	366	34481	1214072
6	22-04-15	311	356	34482	1214073
7	22-04-15	301	270	34483	1214074
8	22-04-15	268	220	34484	1214075
9	22-04-15	321	401	34485	1214076
10	22-04-15	285	250	34486	1214077
11	22-04-15	299	339	34487	1214078
12	22-04-15	319	384	34488	1214079
13	22-04-15	311	3923	34489	1214080
14	22-04-15	312	375	34490	1214081
15	22-04-15	270	204	34491	1214082
16	22-04-15	314	409	34492	1214083
17	22-04-15	287	263	34493	1214084

18	22-04-15	315	374	34494	1214085
19	22-04-15	307	320	34495	1214086
20	22-04-15	306	333	34496	1214087
21	27-04-15	306	345	34497	1214088
22	27-04-15	304	373	34498	1214089
23	27-04-15	277	220	34499	1214090
24	27-04-15	264	175	34500	1214091
25	27-04-15	307	321	34501	1214092
26	27-04-15	290	282	34502	1214093
27	27-04-15	327	387	34503	1214094
28	27-04-15	276	208	34504	1214095
29	27-04-15	271	220	34505	1214096
30	27-04-15	307	351	34506	1214097
31	27-04-15	316	411	34507	1214098
32	27-04-15	273	230	34508	1214099
33	27-04-15	300	324	34509	1214100
34	27-04-15	299	281	34510	1214101
35	27-04-15	302	306	34511	1214102
36	27-04-15	283	229	34512	1214103
37	27-04-15	331	421	34513	1214104
38	27-04-15	315	360	34514	1214105
39	27-04-15	315	400	34515	1214106
40	27-04-15	330	412	34516	1214107

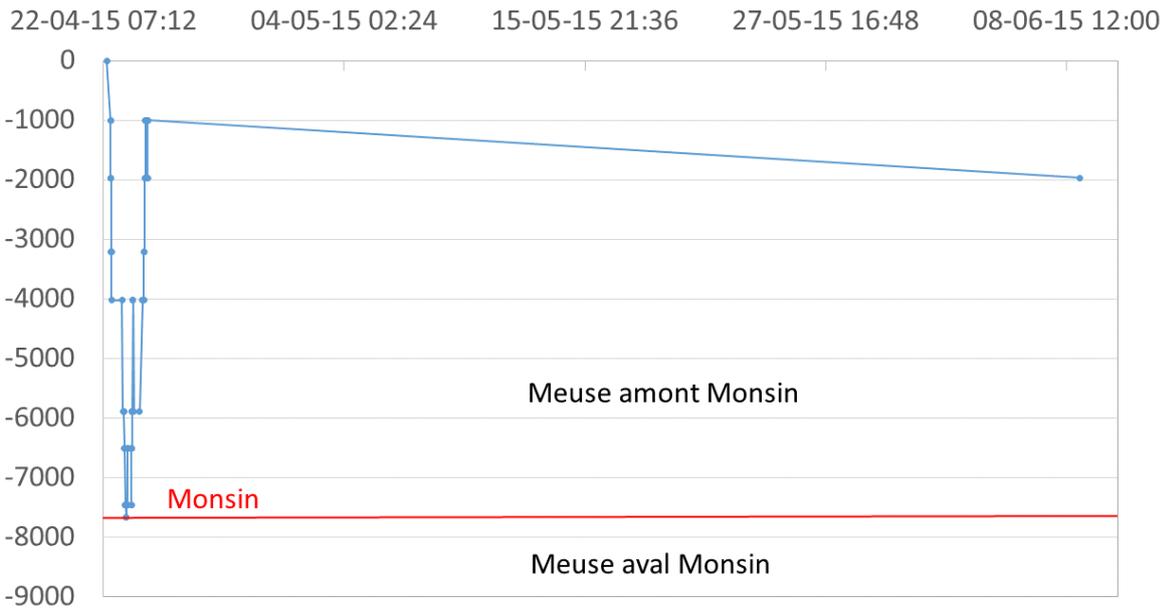
9.2 Résultats

9.2.1 Migration de dévalaison de 2015

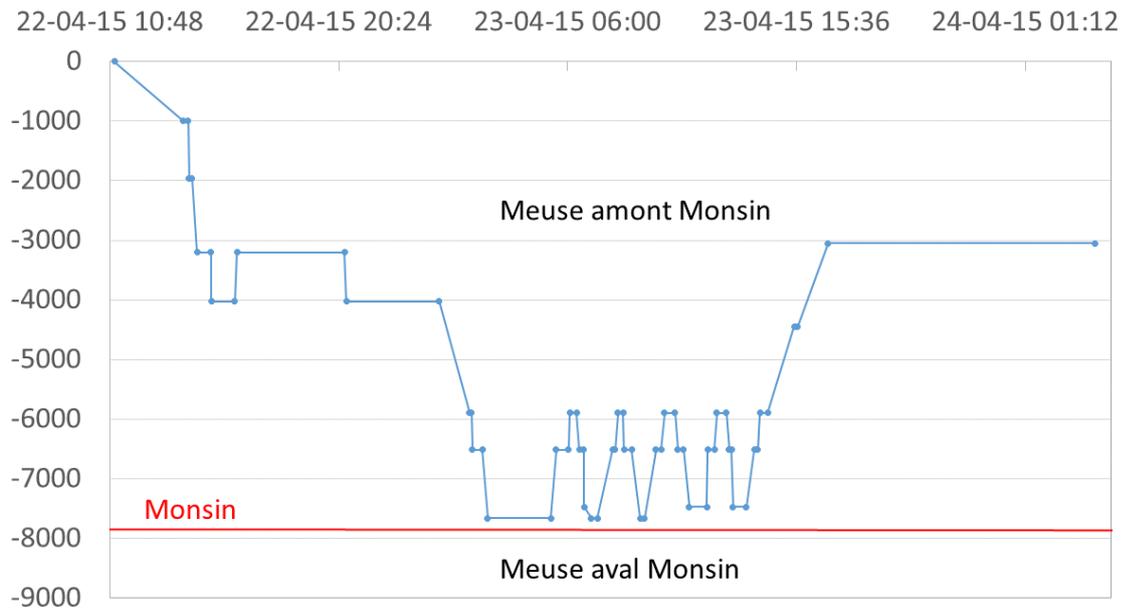
Les patrons de migrations des smolts dans la Basse Ourthe, la dérivation, la Meuse et le canal Albert montrent clairement un problème au niveau de la séparation Meuse – canal Albert, (comme précédemment observé en 2014) où les smolts montrent des comportements d’hésitation dans la voie à choisir à seulement 7,8 km du point de déversement. Alors que les smolts ne réalisent normalement que des migrations dans le sens de la dévalaison, on observe très fréquemment des mouvements de changements de direction avec des remontées très fréquentes, parfois sur de grandes distances, et à multiples reprises. Les faibles débits (inférieurs à 200 m³/s durant la période d’étude entraînent une zone de faibles courants en amont du barrage de Monsin, et une absence de lame d’eau au niveau des déversoirs, ce qui pose problème pour la dévalaison des smolts car aucune voie de passage par la Meuse à Monsin n’est possible (sauf le passage via les turbines). Les graphiques de la figure 7 donnent un aperçu de tous les comportements individuels des 16 smolts suivis



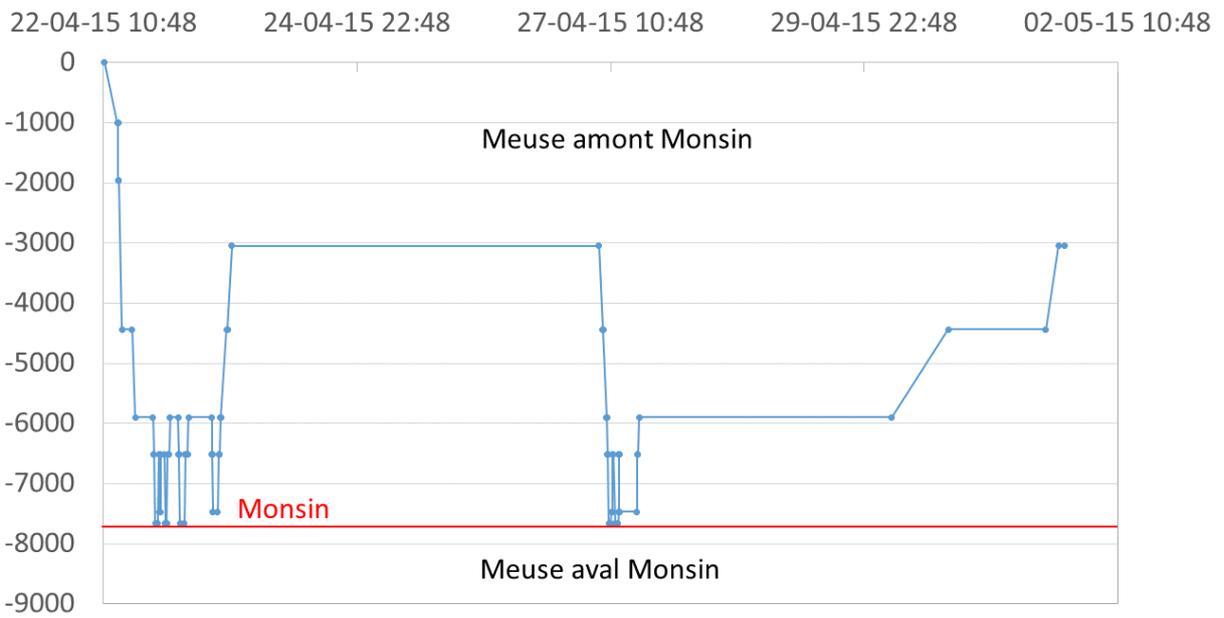
34489 (311mm/392,7g)



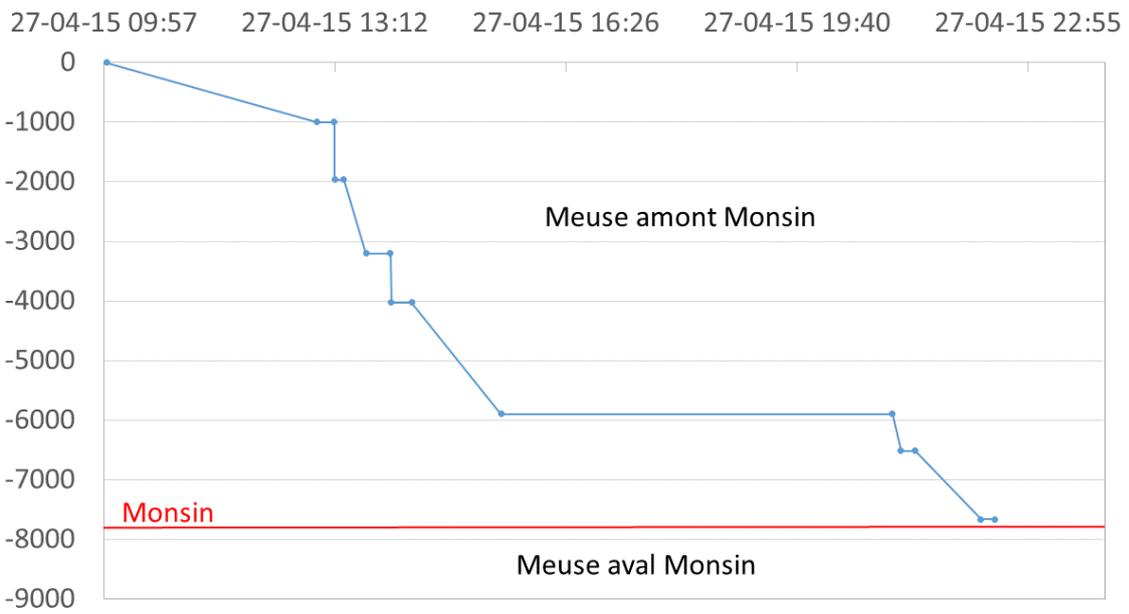
34491 (270mm/204g)



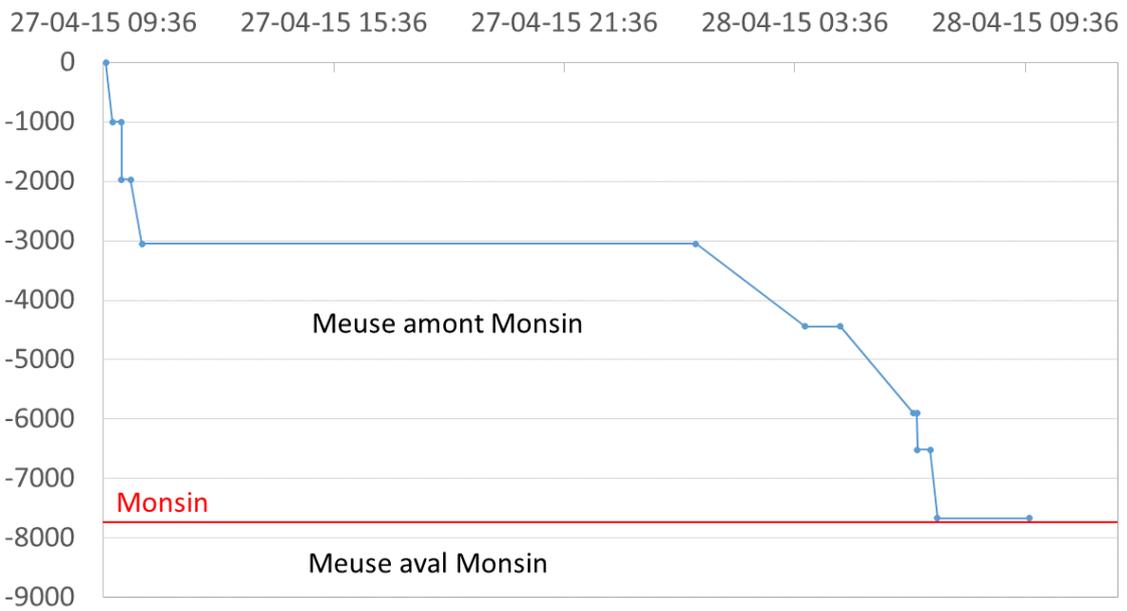
34493 (287mm/263,4g)

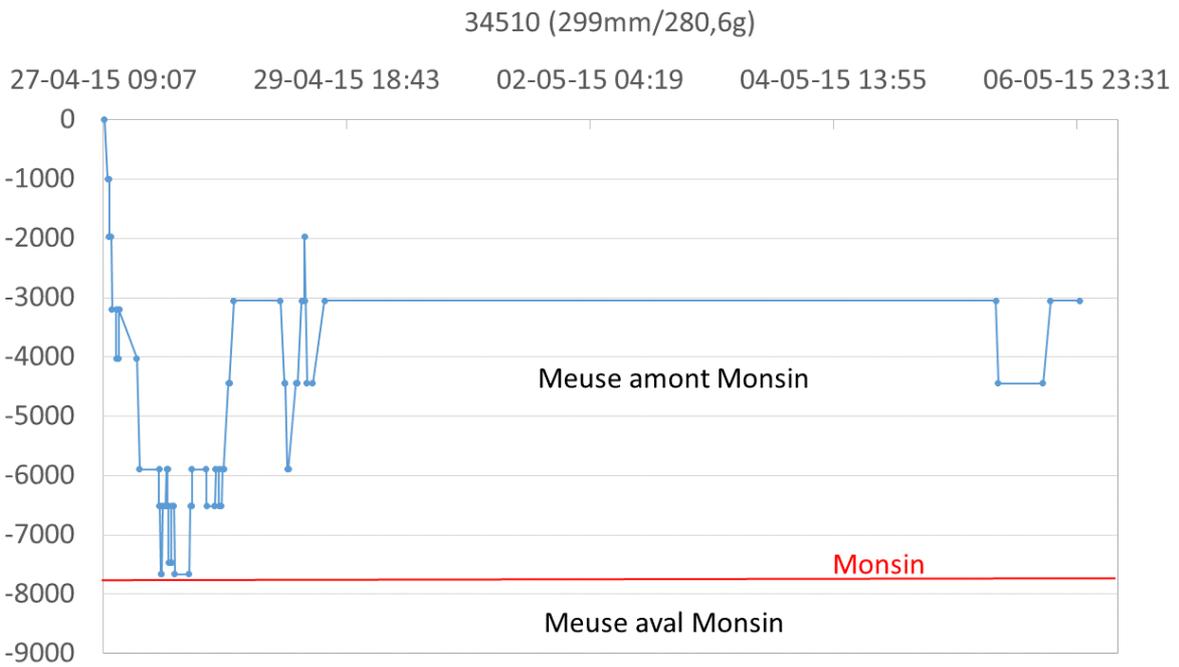
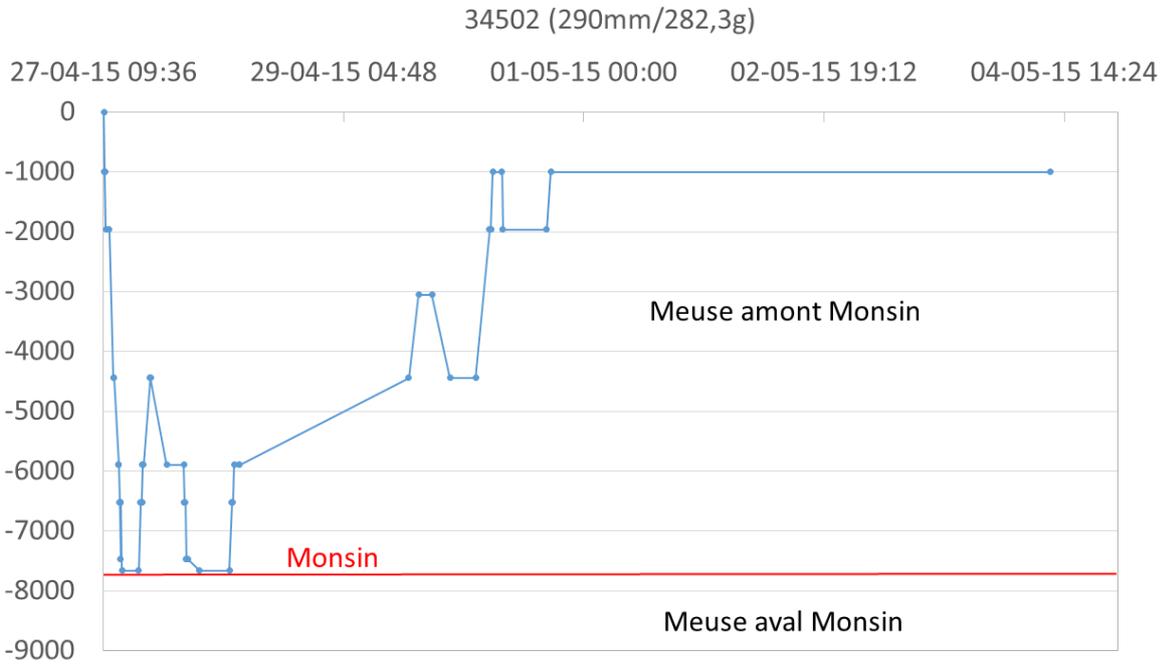


34498 (304mm/373g)



34501 (307mm/321g)





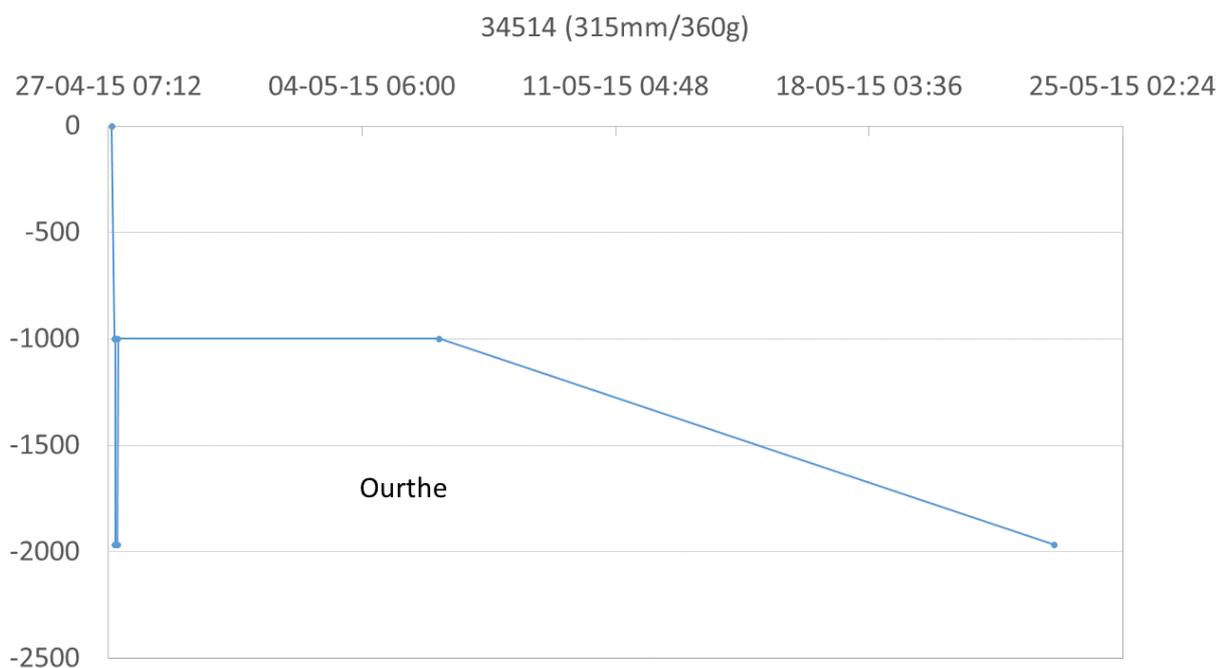
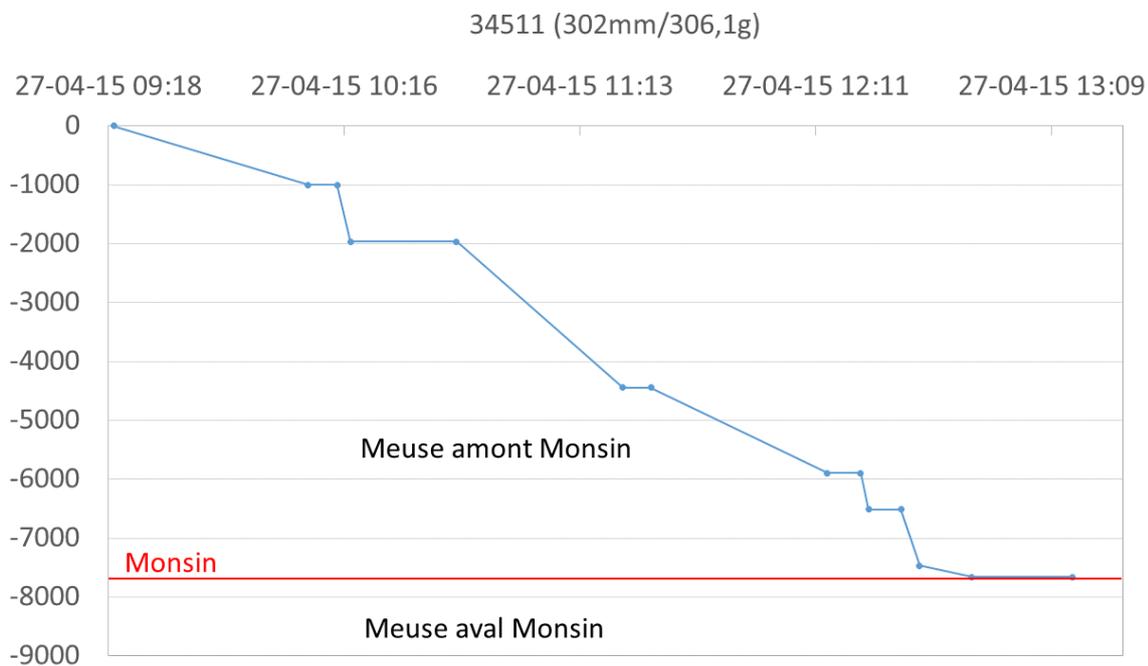
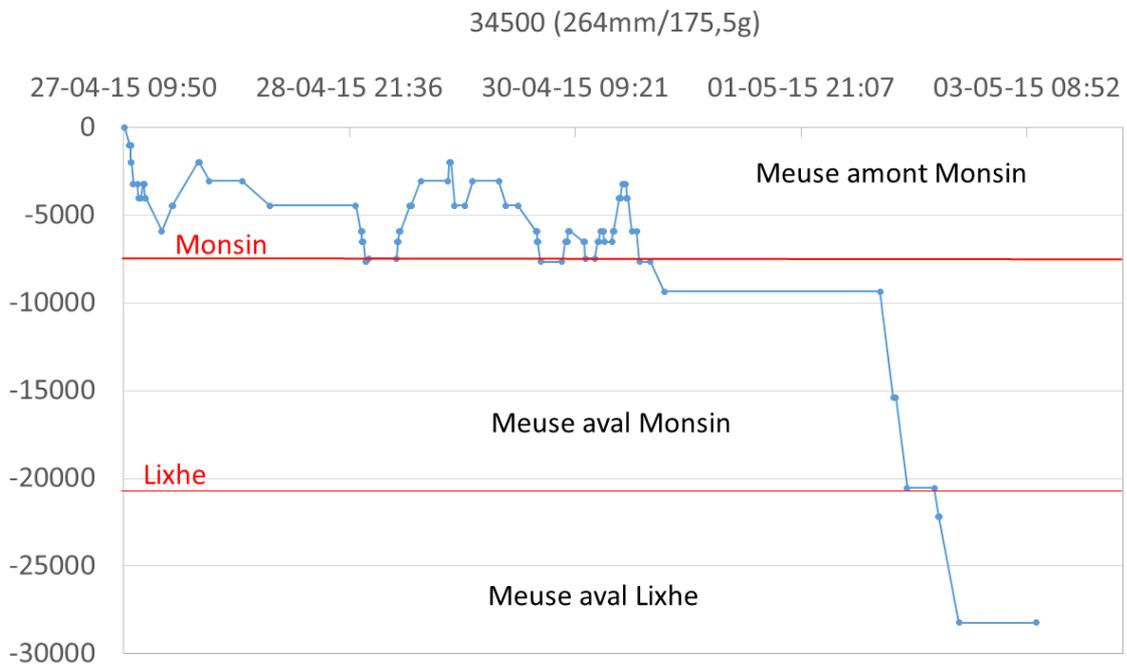
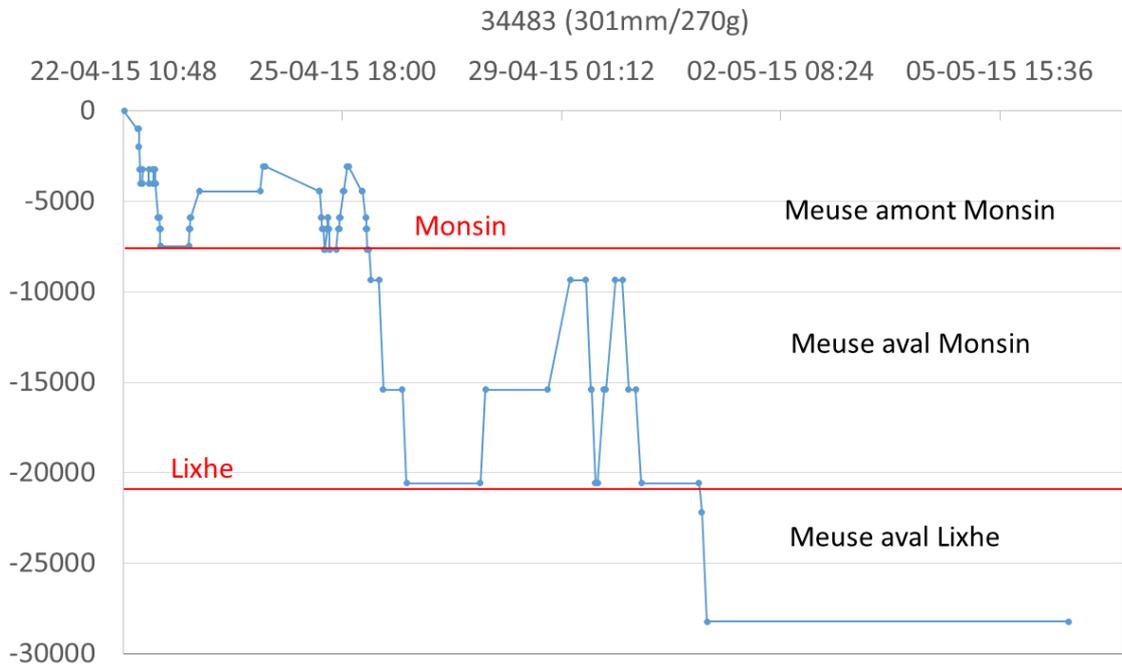
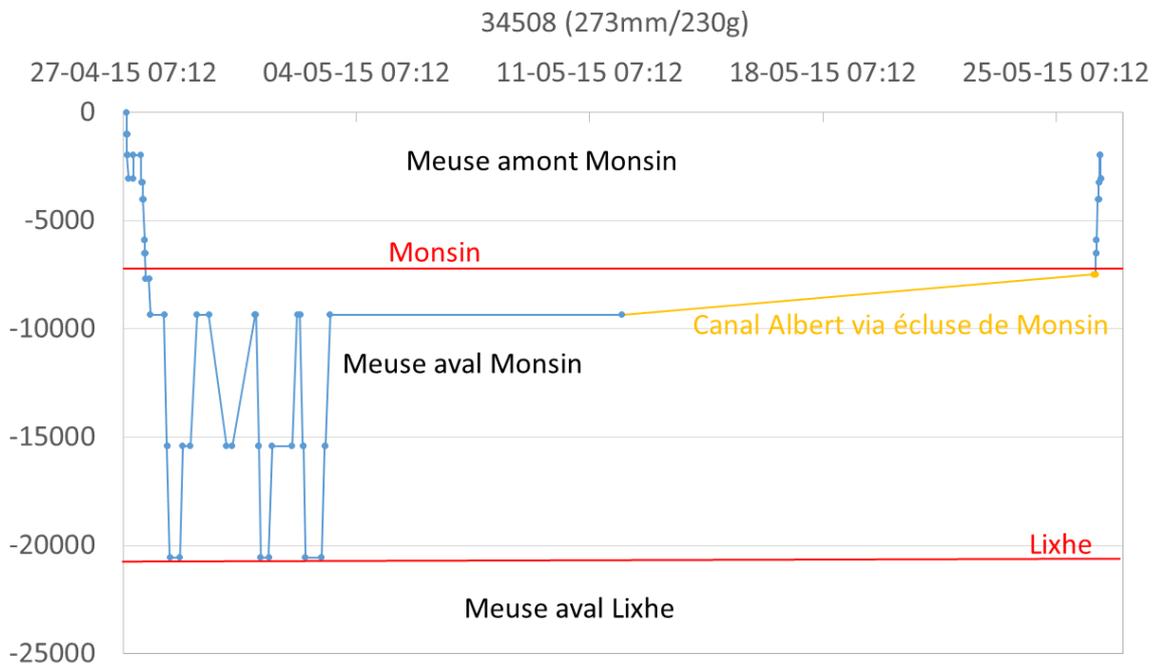
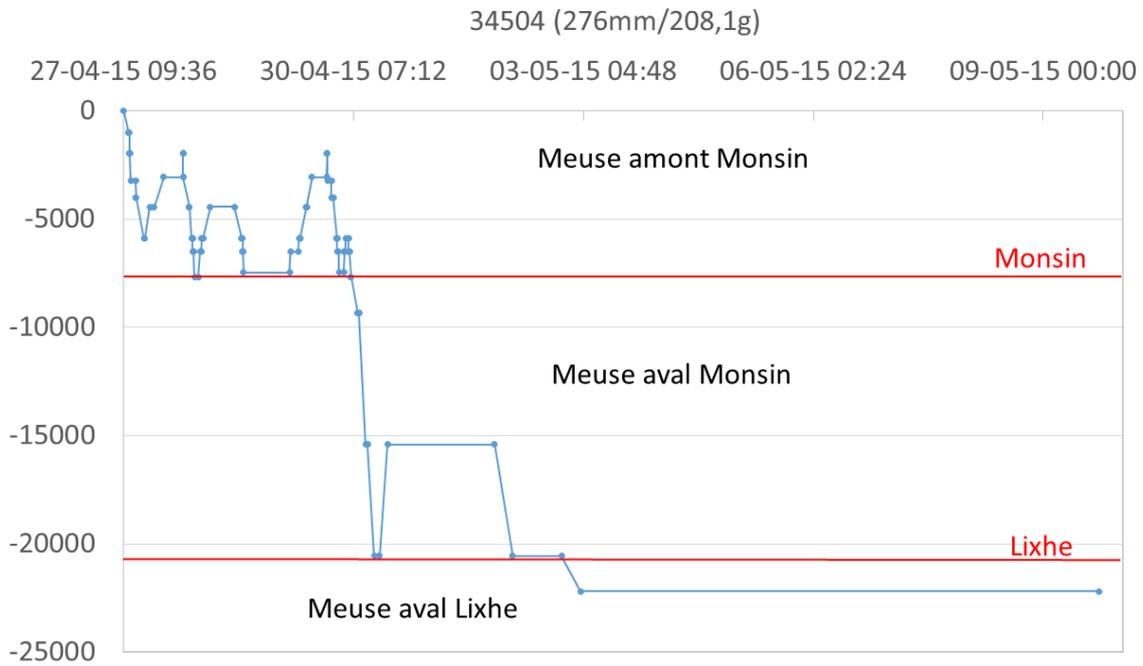


Figure 7. Représentations graphiques des déplacements réalisés par des smolts marqués à Erezée et déversés sur l'Ourthe en aval du barrage des Grosses Battes à Angleur qui sont détectés uniquement en amont du barrage de Monsin.

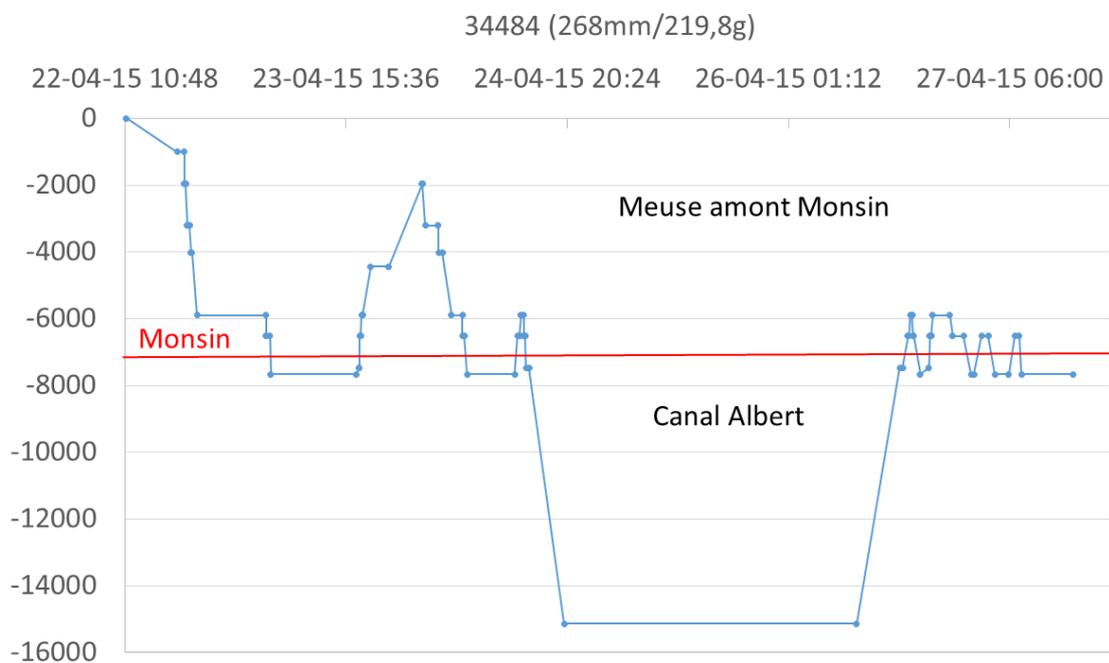
Les graphiques de la figure 8 donnent un aperçu de tous les comportements individuels des 8 smolts suivis durant le printemps 2015 qui ont été détectés en aval du barrage de Monsin et pour certains en aval du barrage de Lixhe. Certains de ces smolts (n=5) ont effectué une ou

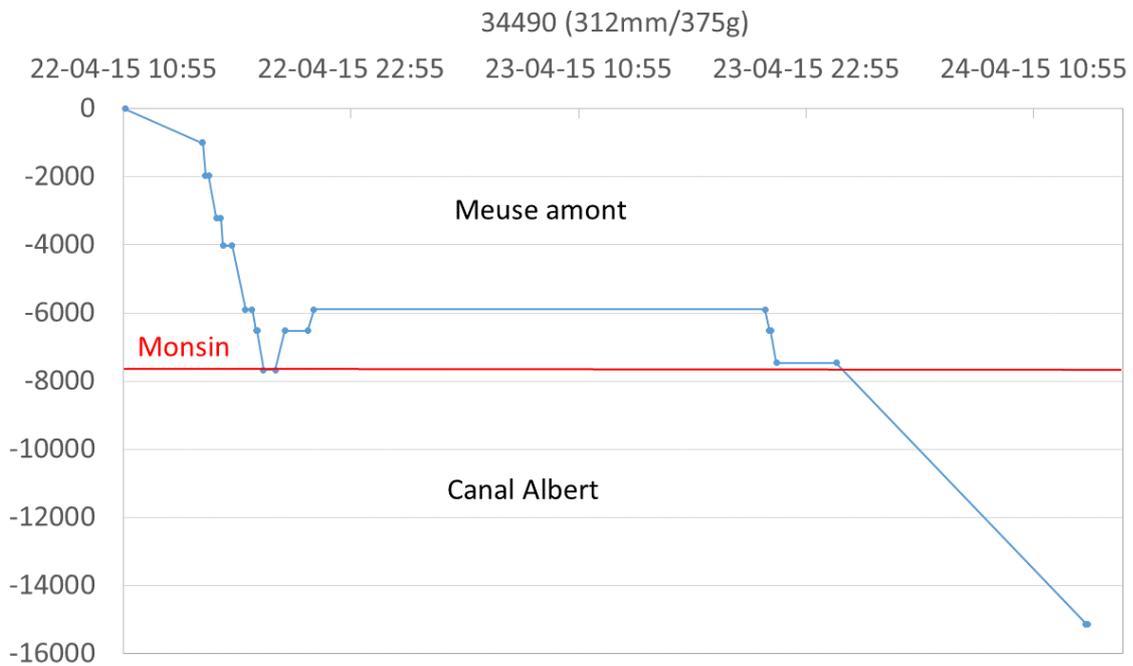
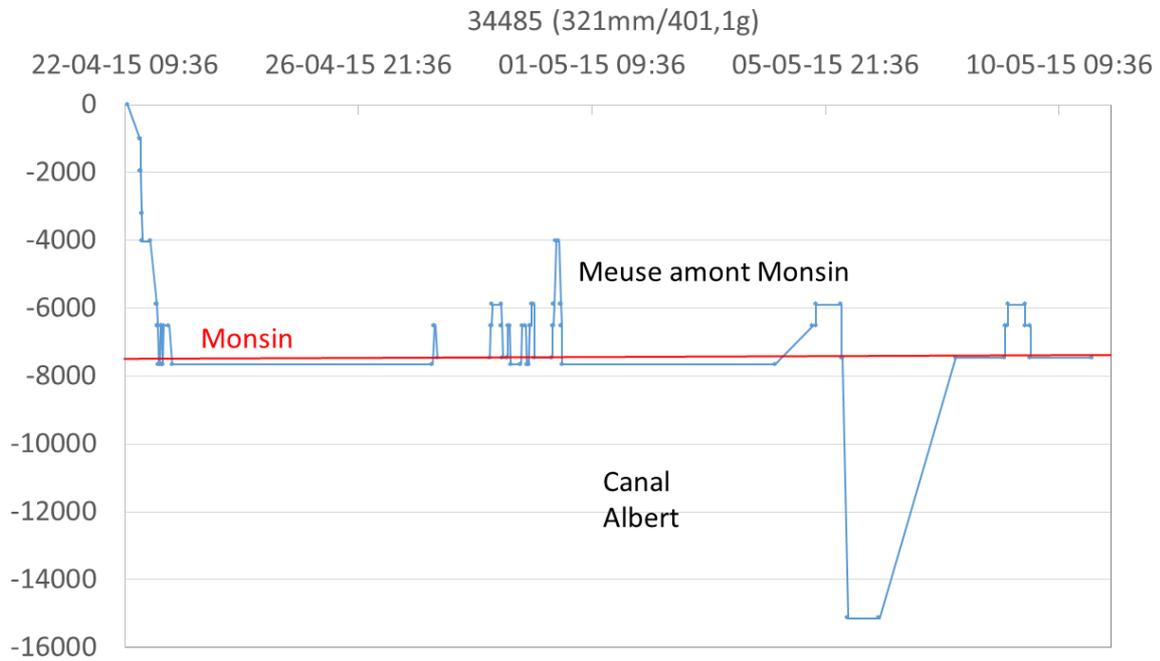
plusieurs approches à l'entrée du canal Albert avant de se diriger vers le barrage de Monsin où ils éprouvent encore des difficultés pour franchir le barrage, à cette période les vannes du barrage sont fermées et la seule voie de passage possible est l'entraînement à travers les turbines. Le temps de parcours entre la première balise située à 1 km du lieu de déversement et la balise placée en aval du barrage de Monsin varie de 9h04 à 161h00, avec une valeur médiane de 86h57 pour parcourir les 8 km qui séparent ces deux lieux et franchir le barrage de Monsin soit une distance parcourue de **2,2km/j**. On observe une perte de temps au niveau du complexe Barrage de Monsin – Canal Albert représenté par des mouvements de va-et-vient et d'hésitation dans la voie à choisir. Le temps nécessaire pour parcourir les 13 km séparant la balise placée en aval du barrage de Monsin et la balise en aval du barrage de Lixhe est compris entre 11h38 et 119h34 avec une valeur médiane de 43h27 soit **7,2km/j**. On observe le même constat qu'au barrage de Monsin avec des mouvements de remontées à l'approche du barrage de Lixhe. Quatre smolts ont été détectés en aval du barrage de Lixhe sur la Meuse. Le temps nécessaire pour parcourir les 28 km séparant le point de déversement et la balise située en aval de l'écluse de Lanaye varie de 43h35 à 210h45 avec une valeur médiane de 123h57 ce qui correspond à une distance parcourue de **5,4km/j**. A noter un cas particulier d'un smolt (marque 34508) qui après avoir franchi le barrage de Monsin et après plusieurs approches du barrage de Lixhe est remonté en amont du barrage de Monsin en empruntant l'écluse de Monsin pour rejoindre le canal Albert et ensuite la Meuse.

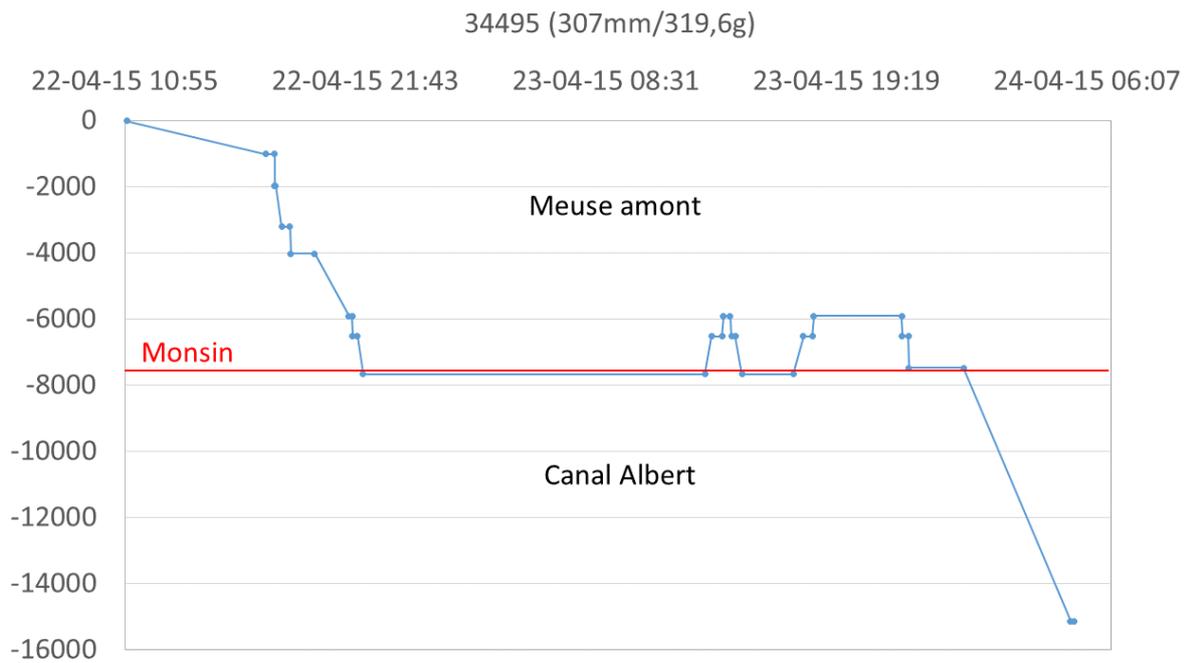
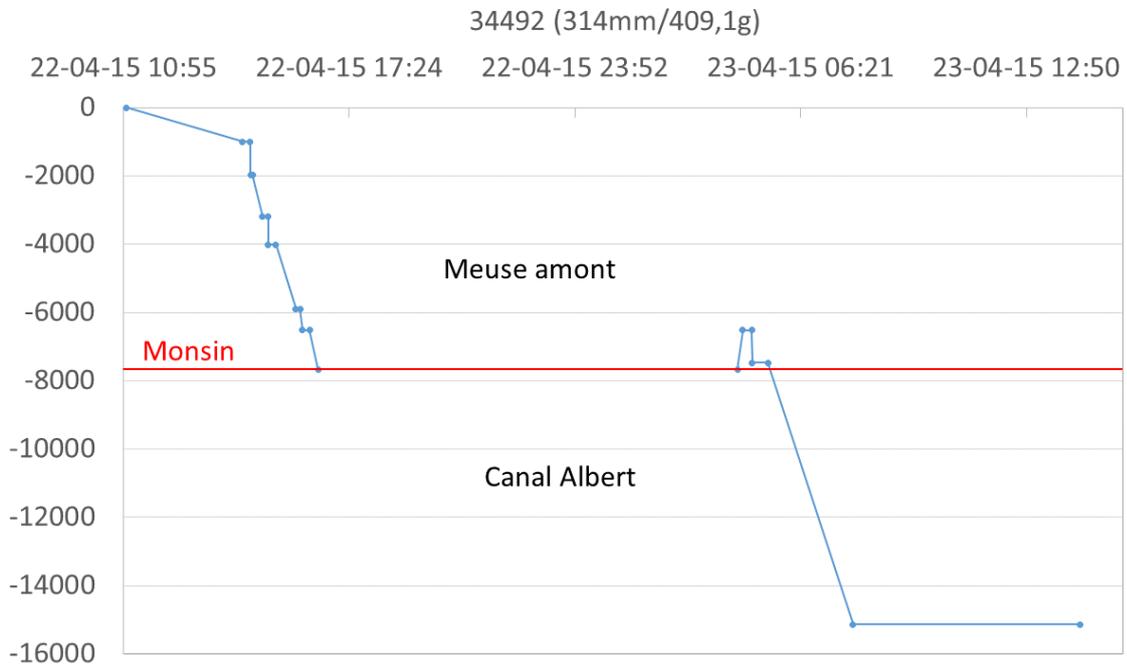


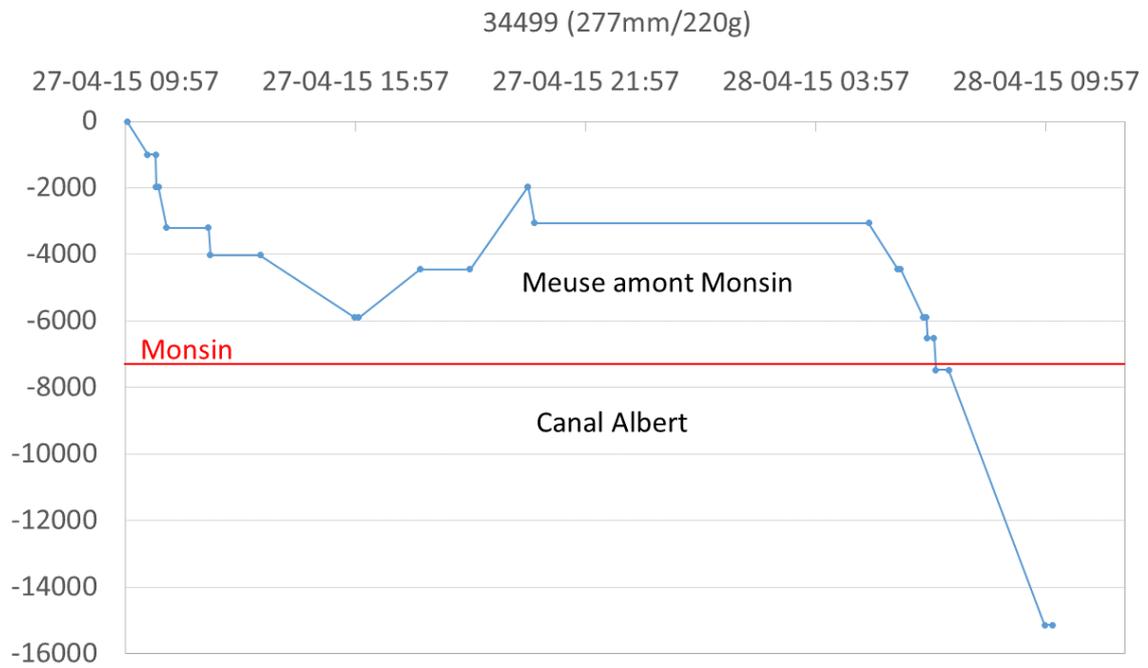
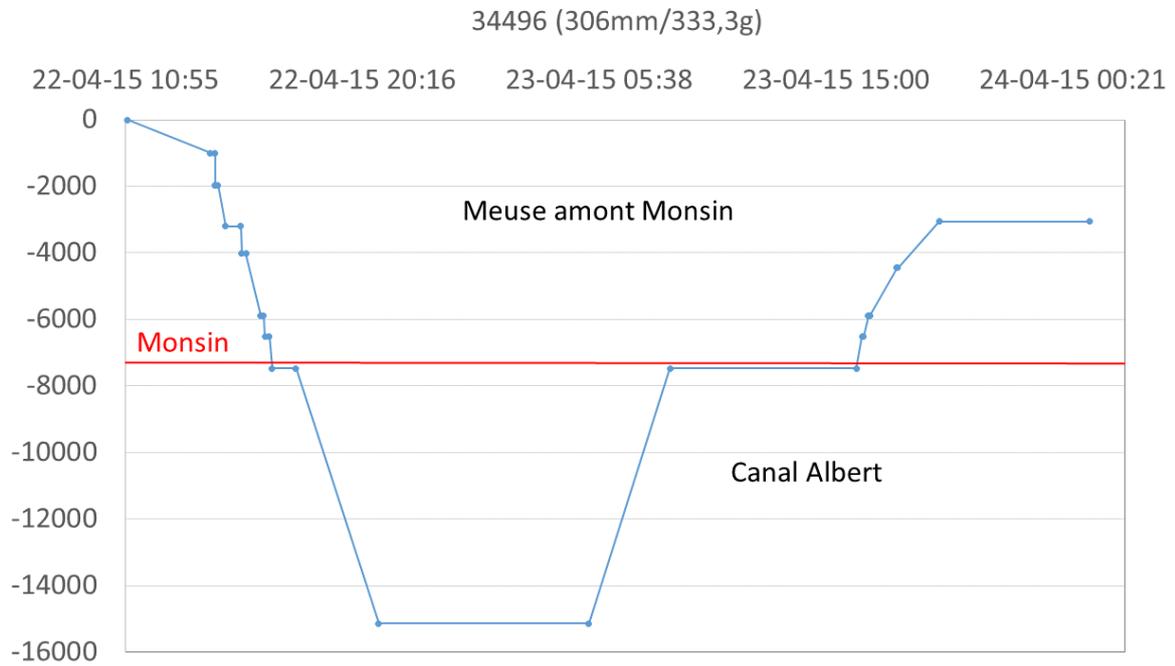


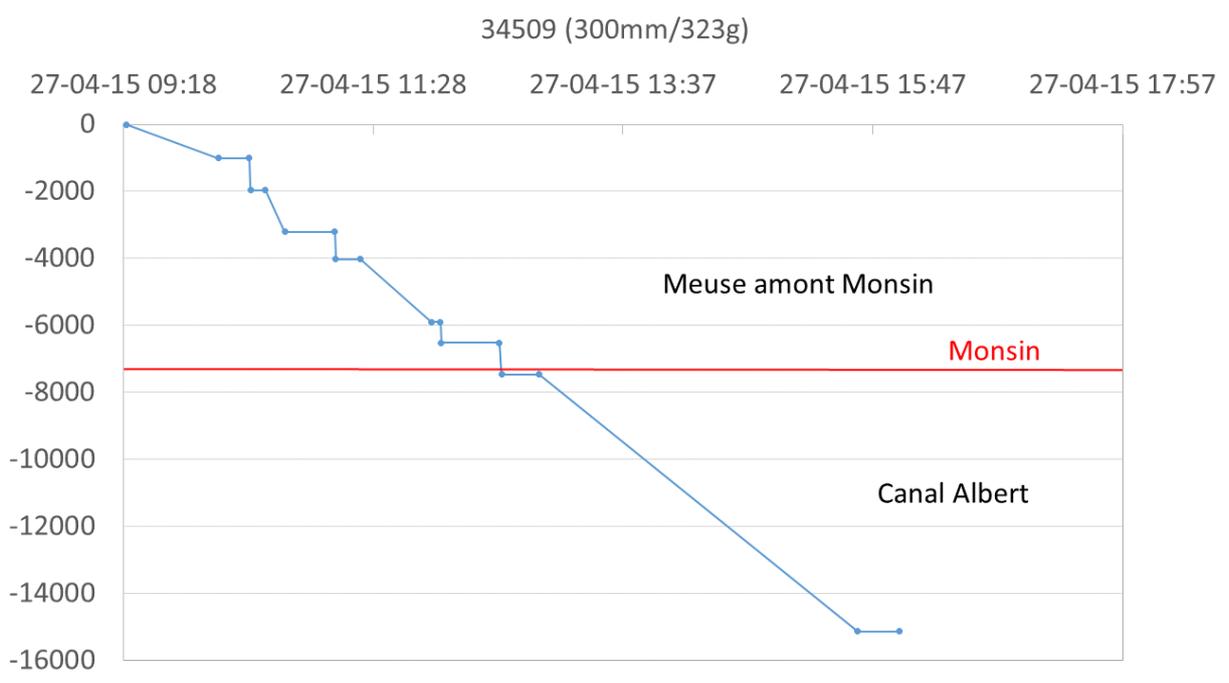
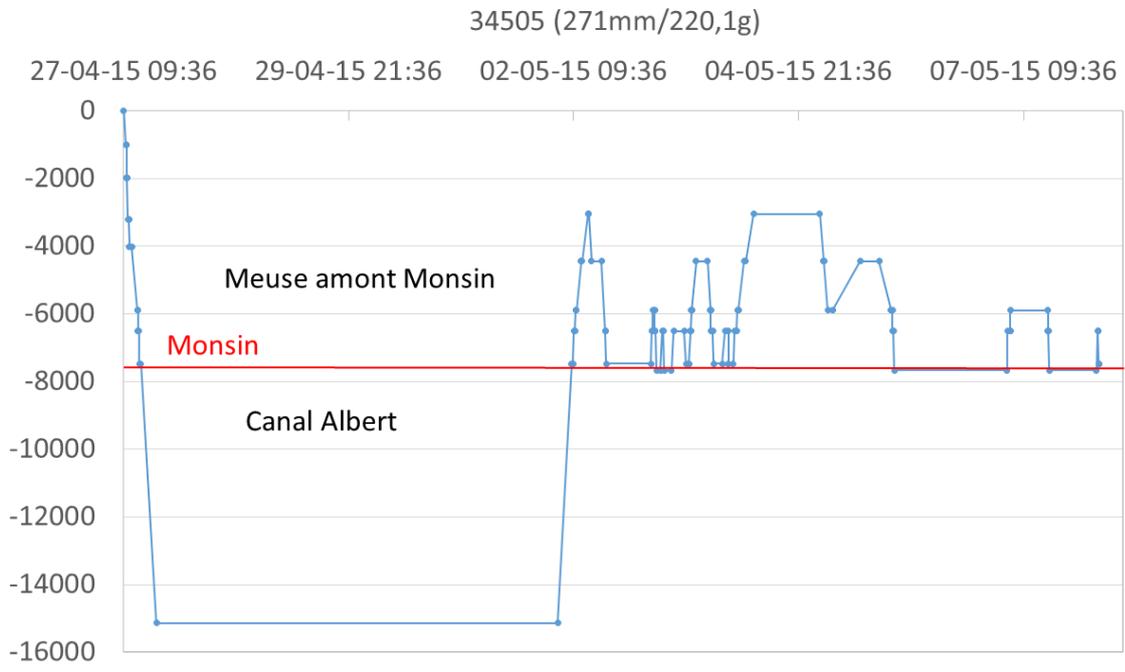
Les graphiques de la figure 9 donnent un aperçu de tous les comportements individuels des 11 smolts suivis durant le printemps 2015 et qui ont été détectés dans le canal Albert. On observe des mouvements d'hésitation dans le choix de la voie de passage caractérisés par des approches répétées à l'entrée du canal Albert et du barrage de Monsin. Après la balise située à 7500m en aval à Hermalle sous Argenteau dans le canal Albert les smolts semblent stopper leur dévalaison car aucun smolt n'a été détecté à la balise suivante située à Kanne. Sur l'ensemble des smolts qui ont été détectés dans le canal, 6 smolts ont effectué un mouvement de remontée vers la Meuse. Ces comportements peuvent s'expliquer par le fait que l'on se trouve dans une zone assez complexe où l'on rencontre des inversions de courant dû au turbinage à Monsin.











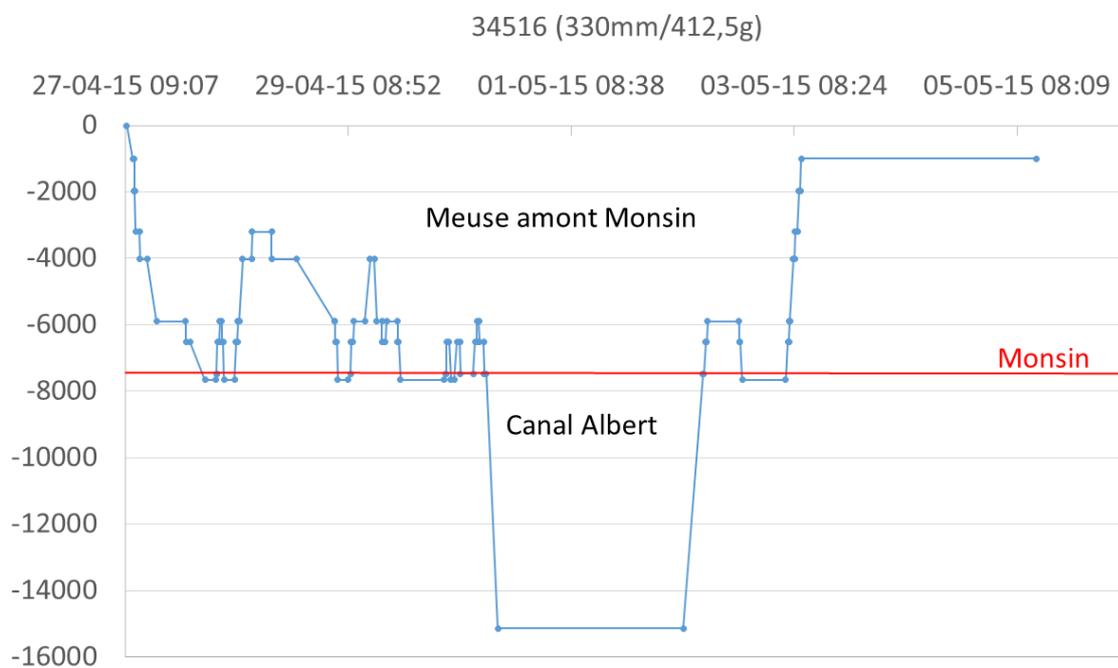
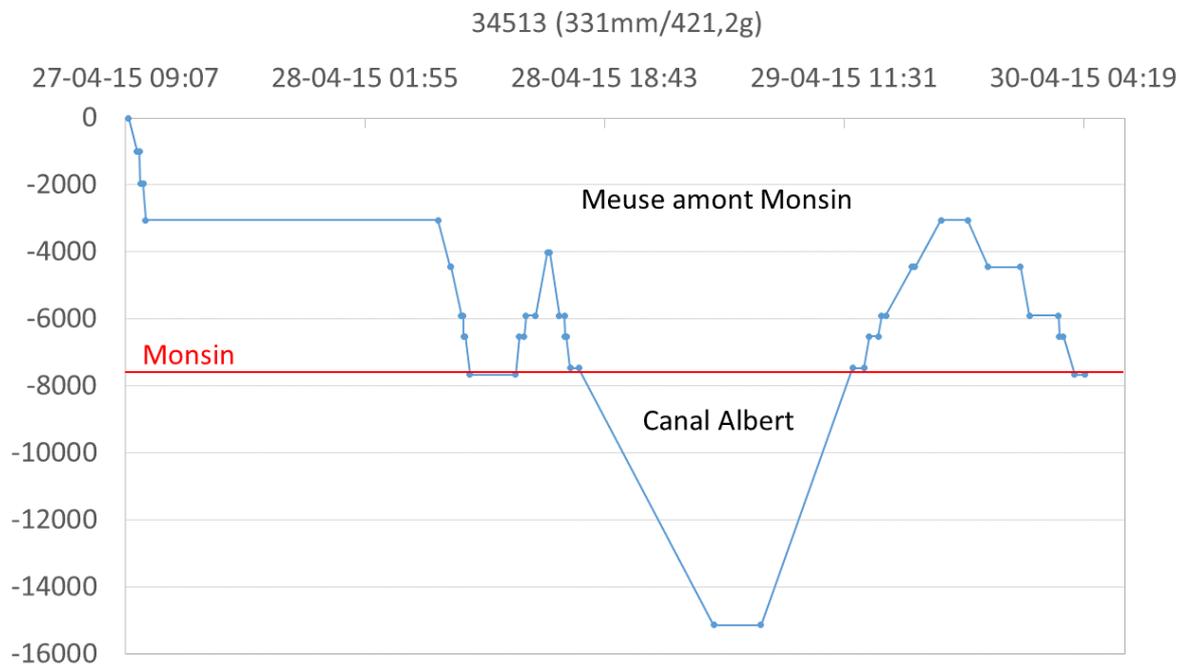


Figure 9. Représentations graphiques des déplacements réalisés par des smolts marqués à Erezée et déversés sur l'Ourthe en aval du barrage des Grosses Battes à Angleur qui ont été détectés dans le canal Albert.

La figure 10 représente le nombre de smolts détectés au moins une fois au niveau de chaque balise. On observe la détection de 37 smolts à Belle île et 36 à la confluence Ourthe Meuse ce qui prouve leur départ à la dévalaison. Néanmoins 3 smolts sont restés au point de déversement car aucune détection n'a été enregistrée plus en aval, et 1 smolt est resté entre la balise située à Belle île et la balise située à la confluence Ourthe-Meuse. On dénombre 35 smolts au niveau du pont Atlas (km 5,9) et 34 se présentent au niveau du complexe Monsin-Canal Albert. Six smolts ne sont jamais arrivés au niveau de ce complexe, plusieurs causes peuvent expliquer ce constat, une mortalité due à la prédation, une mortalité due à l'état sanitaire des smolts qui devenait assez critique vu la date de déversement ou une désmoltification. La majorité des smolts emprunte la dérivation de la Meuse pour dévaler. Sur les 34 smolts qui se sont présentés au niveau du complexe Monsin-Canal Albert, on observe que 31 smolts ont été détectés au niveau du barrage de Monsin et que 28 smolts ont été détectés à l'entrée du Canal Albert. Seulement 9 individus sont localisés en aval du barrage de Monsin dont 1 qui est remonté du Canal Albert via l'écluse de Monsin pour ensuite remonter en amont du barrage de Monsin via l'échelle à poissons. On observe 7 détections en amont du barrage de Lixhe et 5 en aval. Sur les 40 individus marqués seulement 4 sont localisés en Meuse en aval de l'écluse de Lanaye et peuvent potentiellement poursuivre leur migration vers la Meuse aux Pays-Bas.

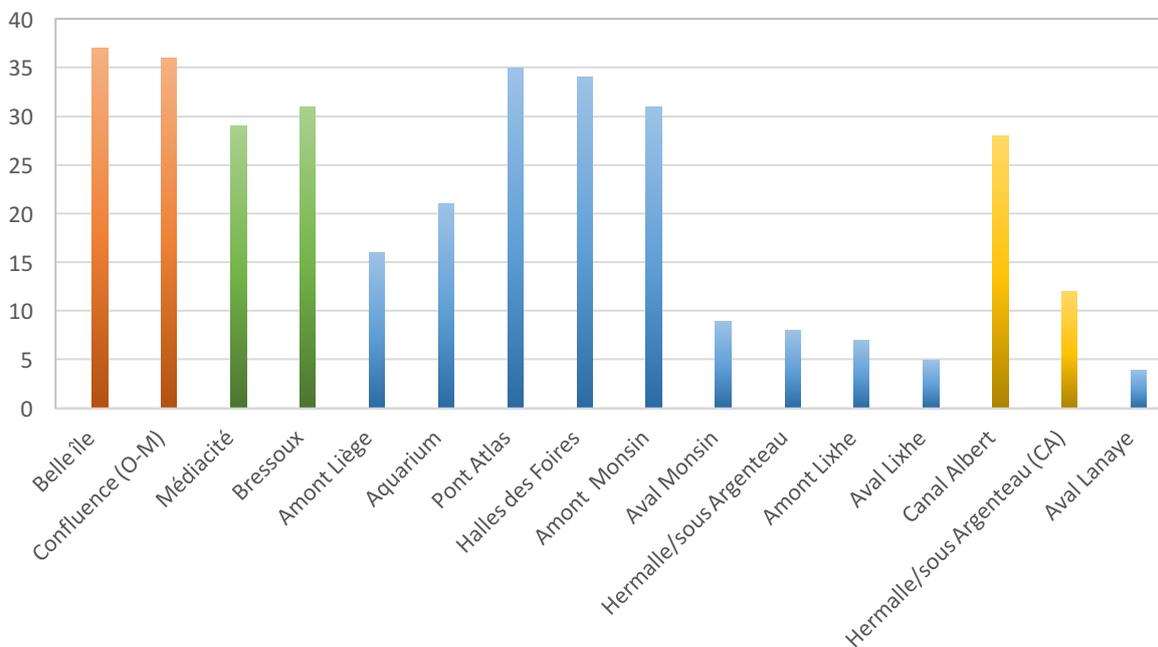


Figure 10. Histogramme du nombre de smolts de saumon atlantique détectés au moins une fois à chaque lieu de détection (n=16 balises acoustiques).

9.2.2 Synthèse des voies de migrations empruntées au cours des saisons de migration 2014 et 2015

Il est intéressant de synthétiser les dernières localisations de tous les individus pistés sur l'ensemble des déversements en 2014 et 2015 (fig. 11), afin de mettre en évidence les points noirs, les blocages et les voies préférentielles. Sur les 60 individus marqués et déversés en 2014 (n=20) et en 2015 (n=40) en aval du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe à Angleur, on observe que ;

- n=17 individus marqués en 2014 et n=25 individus marqués en 2015 sont localisés pour la dernière fois en amont du barrage de Monsin ce qui représente au total **70% des individus** déversés en 2014 et 2015.

- Seuls 7 individus marqués en 2015 et 1 marqué en 2014 sont détectés sur la Meuse en aval du Barrage de Monsin (**13%**). Sur les 8 smolts repérés en aval du barrage de Monsin, 2 individus sont localisés pour la dernière fois juste en aval du barrage de Monsin (probablement mort après le passage dans les turbines), 1 au niveau de Hermalle/s Argenteau (probablement mortalité différée après passage dans les turbines), 1 en aval du barrage de Lixhe et 4 en aval de l'écluse de Lanaye qui ont poursuivi leur migration de dévalaison en Meuse hollandaise (**6,6%**).

- n=10 smolts (**16,7%**) ont été localisés pour la dernière fois au niveau du Canal Albert. Sur ces 10 smolts, n= 3 sont localisés à l'entrée du canal, 6 au niveau du pont d'Hermalle/s Argenteau et 1 en amont de l'écluse de Genk. Aucun smolt n'a été détecté en aval de l'écluse de Genk par l'intermédiaire des balises de placée par l'INBO en Flandre.

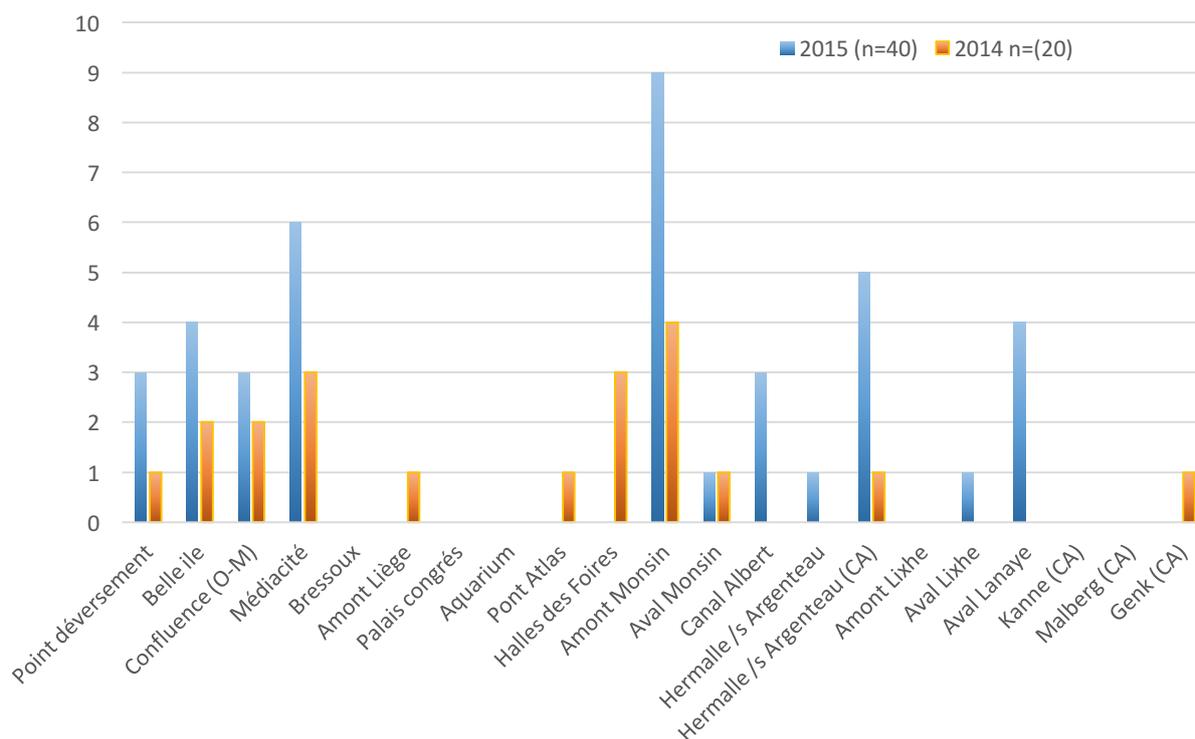


Figure 11. Nombre d'individus détectés pour la dernière fois aux différentes balises en orange pour 2014 et en bleu pour 2015.

9.3 Conclusion

Cette étude novatrice de grande envergure a démontré l'efficacité de la méthode de télémétrie acoustique pour le suivi des migrations de dévalaison de smolts de saumons atlantiques dans un secteur typologiquement très complexe de la zone Ourthe-Meuse-Canal Albert. Nous avons démontré la possibilité de réaliser des suivis comportementaux très précis et avec une grande fiabilité dans des milieux de grandes profondeurs à l'aide d'un réseau de balises d'une grande densité. Du point de vue des résultats biologiques, notre inquiétude est profonde car seuls 4 smolts sur 60 des smolts marqués sont parvenus à franchir le barrage de Monsin et de Lixhe et à poursuivre leur migration par la bonne voie (cours de la Meuse) vers les Pays Bas et la Mer du Nord, ce qui traduit un taux d'échappement de la Meuse belge de 6,6%. Bien entendu, les conditions de suivis 2014 et 2015 sont caractérisées par l'absence de débits élevés qui auraient provoqués l'apparition d'une lame déversante, voir l'ouverture complète de vannes au barrage de l'île Monsin, ce

qui aurait facilité l'utilisation de la voie de la Meuse comme démontré au début des années 2000 par des suivis manuels par radio-pistage, lorsqu'un débit déversant de XXm^3 sur la vanne la plus proche des turbines avait été obtenu à titre d'essai.

Les comportements d'hésitation sont nombreux ainsi que l'alternance de mouvements amont-aval, ce qui entraîne inévitablement des pertes énergétiques qui peuvent à terme épuiser les smolts, les rendre beaucoup plus vulnérables à la prédation et/ou provoquer un phénomène de désmoltification. En absence d'une attraction des poissons vers la voie de la Meuse, il apparaît que la voie du Canal Albert est majoritairement utilisée les smolts qui ne sont pas morts d'épuisement ou qui n'ont pas désmoltifié en amont du barrage de Monsin. Ainsi, n=8 smolts suivis ont utilisé cette voie préférentiellement utilisée probablement pour son attrait hydraulique et par l'absence d'obstacle physique, ce qui corrobore également des résultats plus anciens effectués par radio-pistage. Parmi les smolts qui sont significativement rentrés dans le Canal Albert, celui qui est parvenu à parcourir la plus grande distance a atteint Genk (48 km des grosses battes), ce qui confirme que cette voie de migration n'est raisonnablement pas la piste de dévalaison privilégiée pour les saumons (le problème reste ouvert pour les anguilles argentées). Notons également que la tranchée de Kaster semble actuellement plus attractive que le Canal de Lanaye, mais qu'il conviendra de vérifier si la mise en service de la quatrième écluse de Lanaye pourrait éventuellement changer la situation actuelle et permettre aux smolts de retourner vers la Meuse en passant par l'écluse.

A la lueur de ces résultats, il est urgent de réfléchir à des pistes de remédiation pour permettre aux saumons de passer plus rapidement la zone stratégique Meuse-barrage-Monsin-Canal Albert et de les diriger vers la bonne voie de migration, en direction de Lixhe et des Pays-Bas. Dans le contexte du renouvellement du permis d'environnement de la centrale EDF-Luminus de Monsin et de la mise en service de la quatrième écluse de Lanaye, il convient de prendre des décisions fortes et adaptées au contexte particulier du bassin de la Meuse en région liégeoise pour permettre la dévalaison des saumons dans ce secteur qui est actuellement un véritable point noir. On peut se réjouir qu'à l'horizon 2020, lorsque le barrage de Monsin sera rénové, un changement de répartition des débits entre la Meuse et le Canal Albert ainsi que la mise en place d'une lame déversante sur une des vannes, devrait normalement améliorer la situation générale. En attendant ces changements, il est intéressant de tester les comportements de migration de dévalaison entre Lixhe et la mer du

Nord (en déversant des smolts marqués à Lixhe, en aval du barrage) via le placement de balises acoustiques en Meuse néerlandaise, notamment dans le contexte de la réouverture prochaine du Harrignvliet, qui devrait logiquement favoriser la vitesse de passage des smolts en mer.

La technologie utilisée permettra de vérifier l'efficacité des mesures qui seraient prises (débit de surverse au niveau des déversoirs de Monsin, arrêt momentané du turbinage...) avec une grande précision lors de la période de dévalaison des smolts.

10 BIBLIOGRAPHIE

- Ágústsson, T., Sundell, K., Sakamoto¹, T., Johansson, V., Ando¹, 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⁺-ATPase and Na⁺/K⁺-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 stoolting Atlantic salmon. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 20: 1355-1369.

Kristinsson J.B., Saunders R.L., Wiggs A.J. (1985). Growth dynamics during the development of bimodal length-frequency distribution in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 45: 1-2.

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. & 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.

- Millidine K.J., Armstrong, J.D. & Metcalfe, N.B. (2006). Presence of shelter reduces metabolism of juvenile salmon. *Functional Ecology* 20:839–845.
- Nilsen, T.O., Ebbesson, L.O.E., Madsen, S.S., McCormick, S.D., Andersson, E., Björnsson, B.T., Prunet, P. & Stefansson, S.O. (2007). Differential expression of gill Na⁺, K⁺-ATPase a and b subunits, Na⁺, K⁺,2Cl⁻ cotransporter and CFTR anion channel in Juvenile anadromous and landlocked Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Journal of Experimental Biology*.
- Nzau Matondo, B., Ovidio, M (2016) Dynamics of upstream movements of the European eel *Anguilla anguilla* in an inland area of the River Meuse over the last 20 years. *Environmental Biology of Fish*.
- Nzau Matondo, B., Philippart, J.C., Dierckx, A., Benitez, J.P., Ovidio, M. (2016). Assessment of the entering stock, migration dynamics and fish pass fidelity of european eel in the belgian meuse river. *River Research and Application*, in press.
- Parry, G. (1960). Osmotic adaptation in fishes. *Biology Reviews*, 41: 392-444.
- 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^{er} 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.
- Stefansson, S.O., Björnsson, B.Th., Ebbesson, L.O.E. & McCormick, S.D., (2008). Smoltification. In Fish Larval Physiology (Finn & Kapoor, eds.). 639-681.
- 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.
- Webb PW (1984) Form and function in fish swimming. Scientific American 251:58–68.
- 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, G. B., Haro, A. & McCormick, S. D., (2005). Evidence for cumulative temperature as an initiating and terminating factor in downstream migratory behavior of Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 62, 68–78.
- 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.

11 ANNEXES

Annexe 1 Lettre d'observation rédigée par l'agent responsable du suivi de la passe à poissons de Tailfer.

OBSERVATIONS, REMARQUES et SUGGESTIONS :

>>> concernant les fluctuations du niveau d'eau dans la passe à poissons :

L'automatisation des réglages des vannes a induit une baisse de 0,6 m (6 cm) du niveau des eaux dans le bief de Tailfer. En effet, lorsque le réglage des vannes se faisait en mode manuel, les éclusiers se basaient sur un niveau d'eau (cote) supérieur de 0,6 m (6 cm).

En outre, il faut savoir que lorsque le débit de la Meuse à Tailfer est inférieur à 150 M3/sec, le débit dans la passe est déjà insuffisant selon moi pour créer, à l'aval de celle-ci, une bonne attractivité pour la montaison des poissons. Et il faut ajouter que lorsque le débit de la Meuse à Tailfer est supérieur à 150 M3/sec, la lame d'eau entrant dans la passe diminue de 1/10 de mètre (10 cm) et quand ce même débit de la Meuse passe la barre des 250 M3/sec, la lame d'eau diminue d'1 ou 2/10 de mètre supplémentaire (soit 20 ou 30 cm). Autant dire que l'attractivité à l'aval de la passe à poisson en est alors réduite à rien.

>>> concernant les remontées des poissons dans la passe :

J'ai été contraint de constater une importante mortalité parmi le peu de poissons qui parvenaient dans le piège. Ces mortalités sont dues selon moi au stress du poisson se retrouvant confiné dans un espace réduit et à la merci de prédateurs potentiels du fait de la transparence des eaux.

Depuis quelques années, la turbidité des eaux de la Meuse a très fortement diminué et il est désormais possible d'effectuer des observations à une profondeur de 3 mètres et plus.

Il est donc beaucoup plus aisé d'observer la présence de poissons à l'aval de la passe. Les prédateurs se sont également adaptés à ce phénomène et il est d'ailleurs beaucoup plus fréquent de surprendre Hérons, Cormorans et autres volatiles à l'affût au pied de la passe ou à l'intérieur de celle-ci. Par ailleurs, à plusieurs reprises, Cédric Cantillon (Un pêcheur averti habitant à proximité direct du barrage de Tailfer) et moi-même avons pu observer aussi que des Silures venaient chasser dans les poissons se présentant à l'entrée de la passe.

Des montaisons plus ou moins importantes ont pourtant été observées au printemps mais celles-ci s'arrêtaient invariablement à l'aval du système de piégeage. Il serait sans doute judicieux de réaliser un cône d'entrée mieux adapté.

Comment améliorer l'attractivité de la passe à poissons ?

En tenant compte de ce qui précède, il serait souhaitable d'effectuer certains travaux dans la passe à poissons :

- Approfondir l'entrée amont de la passe de plus ou moins 0,5 m, y compris les goulottes extérieures aux bassins, de manière à augmenter la lame d'eau entrant et donc le débit dans la passe. Ce qui aurait également pour effet d'améliorer son attractivité. (Ces travaux pourraient être réalisés pendant le chômage de Meuse programmé pour l'automne 2016 ou à tout moment si l'on obstrue comme il se doit la partie amont de la passe à poissons ou alors, simultanément aux travaux d'aménagements envisagés par la D.G.O.2 en cas de mise en place d'une centrale hydro-électrique)
- Occulter une partie des bassins de la passe afin de réduire les inconvénients liés à l'absence de turbidité et d'ainsi rendre peut-être confiance (Moins de stress...) aux poissons souhaitant emprunter le passage. (Pose d'éléments opaques sur les grilles de cheminement surplombant les bassins)
- ...

CENTRALE HYDRO-ELECTRIQUE ET PASSE A POISSONS :

L'installation d'une telle centrale est envisagée à Tailfer en rive droite. Les aménagements permettant cette installation ont d'ailleurs été réalisés durant le dernier chômage de Meuse en 2012.

Si cette installation devait intervenir dans l'état des lieux actuels, elle aurait pour effet de bloquer totalement l'entrée aval de la passe à poissons. Heureusement, cela ne devrait pas être le cas.

En effet, lors d'une entrevue sur place avec un ingénieur de la D.G.O.2 (A. Gillet), j'ai appris que des travaux d'aménagement de la passe à poissons seraient réalisés préalablement à l'installation d'une centrale hydro-électrique mais que cette installation n'était toujours pas programmée de manière certaine.

Les travaux consisteraient :

- à déplacer l'entrée aval de la passe de façon à ce que l'accès pour les poissons soit possible.
- À araser des murs dans la passe afin d'augmenter le volume de bassins (Ces arasements ne permettraient toutefois plus le placement d'un système de piégeage !!!???)
- Mise en place ou construction d'un ouvrage permettant une adduction importante d'eau à l'aval de la passe.
- ... ?

Profondeville, le 04 septembre 2015.

Victor Paquay – Service de la Pêche.

Triage piscicole de Namur.

DATE	Heures	T eau°C	Hpa	O2 mg/L	% sat. O2	Gardon	Ablette C.	Goujon	Hotu	Vandoise	Chabot	Truite f.	Chevesne	Loche fr.	Débit: Chooz-1
10/04/2015	09h00	9,1	1014	12,8	110,8	/									
12/04/2015	16h00	12,3	1018	12,2	113,3	/									
13/04/2015	09h45	11,4	1023	12,3	111,5	1 (18-20 cm)		34 (10-15 cm)							
	16h00	12,2	1023	12,3	113,7	/									150 - 171
14/04/2015	09h45	10,7	1020	12,6	112,4	/									141 - 160
15/04/2015	14h45	13,9				1 (18-20cm)	4 (8-12 cm)	47 (9-15 cm)							131 - 158
16/04/2015	13h30	14,8	1005	11,3	111,5	/									148 - 156
17/04/2015	08h15	13,1	1007	11,5	110,4	/	36 ((9-20 cm)	104 ((8-15 cm)							137 ? - 12
18/04/2015	09h30	12,8	1018	11,8	110,5	1 (8-12 cm)	1 (8-12 cm)	21 (10-15)							120 - 136
19/04/2015	08h30														
20/04/2015	09h00	11,8	1019	12,4	113,7	1 (22-25 cm)	7 (10-18 cm)	21 (9-15-cm)							121 - 129
21/04/2015	08h15	12,1	1023	12,4	114	2 (10-15 c)		4 (10-15 cm)					4 (15-20 cm)		
						4 (15-20 cm)									
						3 (20-25 cm)									
						2 (25-30 cm)									
22/05/2015	08h00	12,8	1021	12	111,8	31 (15-25 cm)	/	27 (10-18 cm)	2 (18-22 cm)						
23/04/2015	07h30	13,4	1013	11,8	113,5	2 (10-15 cm)		3 (10-15 cm)						1 (6-10 cm)	
						10 (20-25 cm)		9 (>10 cm)							
24/04/2015	08h30	13,1	1007	11,9	114,3	5 (15-20 cm)	/	21 (10-15 cm)							110 - 118
25/04/2015	09h45	14,6	1000	11,3	112,8	29 (15-25 cm)	/	2 (10-15 cm)		5 (12-18 cm)					
26/04/2015	09h00	14,5	999	11,1	110,8	15 (15-20 cm)		7 (10-15 cm)			1 (4-8 cm)				
						22 (20-25 cm)									

						8 (25-30 cm)									
27/04/2015	09h30	14,5	998	11,1	110,1	10 (15-20 cm)									
						14 (20-25 cm)									
						3 (25-30 cm)		2 (10-15 cm)	2 (15-18 cm)						
28/04/2015	09h00	13,05	1008												
29/04/2015	09h30					2 (15-20 cm)						1 (8cm)			
1/05/2015	08h30	12				1 (15-20 cm)									
						1 (25-30 cm)									
2/05/2015	11h30	12				1 (15-20 cm)		2 (10-15 cm)					1 (52 cm)		122-130
3/05/2015	10h00	13													
4/05/2015	08h00	12													
6/05/2015	09h00	11						5 (10-15 cm)				1 (23 cm)			Sup. à 150 M
9/05/2015	10h15	10						3 (10-15 cm)							