



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 2016 - janvier 2017

REALISATION PAR LES EQUIPES UNIVERSITAIRES

UNIVERSITÉ DE LIEGE

A. DIERCKX et M. OVIDIO (coordinateur)

Avec l'appui de J.P. BENITEZ et J.C. PHILIPPART

UR FOCUS-Unité de Biologie du Comportement
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	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 (ULG)	6
2.1	Contrôle des remontées dans les échelles à poissons de Lixhe sur la Meuse en 2016	7
2.1.1	Conditions de réalisation de l'étude	7
2.1.2	Statistiques de base des captures	9
2.1.3	Analyse des observations 2016 pour les espèces et les groupes d'espèces	11
2.1.4	Evolution historique des captures de 1998 à 2016 pour quelques espèces cibles dans la GE	23
2.1.5	Questions relatives à la bonne gestion du site des échelles à poissons de Lixhe	27
2.1.6	Perspectives de programme pour 2017	27
3	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 (équipe ULG).....	28
3.1	Caractérisation en 2016 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	29
3.1.1	Mise en place du programme de suivi RFID en Meuse liégeoise	29
3.1.2	Description du réseau de détecteurs RFID en Meuse liégeoise	31
3.1.3	Méthode utilisée	31
3.1.4	Conditions environnementales.....	36
3.1.5	Détections des poissons marqués par RFID au niveau des échelles à poissons. .	39
3.1.6	Conclusions et perspectives	58
4	CARACTERISATION DE LA DEVALAISON DES SMOLTS DE SAUMONS ET TRUITES DE MER DANS LA BASSE OURTHE A MERY AU PRINTEMPS 2016 AU COURS D'UNE DIXIEME SAISON DE PIEGEAGE) (ULG).....	60
4.1	Présentation du site d'étude et méthode de capture.....	61
4.2	Conditions environnementales	64
4.2.1	Régime hydrologique.....	64

4.2.2	Régime thermique.....	65
4.3	Bilan général des captures toutes espèces confondues	66
4.4	Caractéristiques de la population des saumoneaux dévalants.....	69
4.4.1	Classes de tailles.....	69
4.4.2	Périodicité des captures en début 2016	70
4.4.3	Etat de santé des smolts.....	72
4.4.4	Expérience de dévalaison sur l'Amblève à Lorcé	73
4.5	Dévalaison des autres espèces.....	74
4.5.1	Smolts de truite	74
4.5.2	Autres espèces	76
4.6	Synthèse globale des résultats basée sur les suivis au cours des neuf années de piégeage.	76
5	Suivi par télémétrie acoustique de la migration des Smolts dans l'axe Ourthe-Meuse-Canal Albert (équipe Ulg)	79
5.1	Objectifs et méthodologie.....	79
5.2	Résultats	84
5.2.1	Comportements individuels observés en 2016	84
5.2.2	Synthèse des vitesses de migration et aperçu des dernières détections	91
5.2.3	Synthèse des voies de migrations empruntées au cours des saisons de migration 2014, 2015 et 2016.....	93
5.2.4	Franchissement du barrage de Monsin en fonction du débit de la Meuse	95
5.3	Conclusion	96
6	Etude du fonctionnement des échelles à poissons dans la haute Meuse (UNamur et SPW) 99	
6.1	Analyse des enregistrements vidéo réalisés à Waulsort au cours des années 2014-2016.100	
6.1.1	Introduction.....	100
6.1.2	Bilan 2015 des migrations ichtyologiques	100
6.1.3	Comparaison des migrations de 2010 à 2015	112

7	Repeuplements (UNamur, SPW).....	117
7.1	<i>Appui au Service de la Pêche pour l'exécution du repeuplement du Samson.</i>	118
8	Élaboration d'un protocole de cryoconservation et d'une cryobanque de sperme des salmonidés (UNamur, SPW).....	121
	Au cours de l'année 2016, deux actions relatives au développement d'une cryobanque saumon ont été réalisées.....	122
7.1.	<i>Contrôle de la qualité du sperme cryopréservé et testage des géniteurs d'Erezée :</i>	122
b.	<i>Entretien du stock de sperme cryopréservé disponible</i>	123
7.2.	<i>Développement de la structure de la cryobanque saumon :</i>	123
9	Appui à l'amélioration des performances des larves et alevins de saumon et truite produits à la station CosMos à Erezée (UNamur, SPW)	126
10	Consolidation des analyses relatives à la réalisation d'un bilan global du succès des remontées de saumons adultes et dévalaisons des smolts en Meuse depuis les 15 dernières années (UNamur, SPW-Ulg).....	134
10.1	Relations entre les conditions environnementales et les caractéristiques de repeuplements lors de la dévalaison	135
10.2	<i>Relations entre les saumons adultes en montaison, les caractéristiques de repeuplements et les conditions environnementales</i>	138
10.3	Suivi futur et proposition d'une structure de base de données.....	141
10.4	Conclusions	142
11	Finalisation de la rédaction d'une brochure contextualisée sur le « Projet Saumon Meuse » (UNamur, SPW, Ulg)	143

1 Introduction

Le présent rapport d'activités intègre les travaux des deux équipes universitaires de Namur et de Liège dans le cadre de la convention relative à la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse. Comme les années antérieures, nous tenons à remercier collectivement toutes les personnes et institutions qui ont accordé leur appui financier et/ou logistique à la réalisation des études et actions décrites dans ce rapport et ont ainsi contribué à la progression du projet ' Saumon Meuse'. Nous remercions spécialement M. 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 2016-2017 aux équipes universitaires. Nos remerciements s'adressent aussi aux Services concernés du Service Public de Wallonie (SPW) qui ont participé au projet d'une manière ou d'une autre. Il s'agit spécialement de la DGARNE (Direction de la Nature et des Forêts, DGO2, DGO3, SETHY).

Nous remercions aussi particulièrement l'équipe du Service de la Pêche de la DNF, représenté par M. VILLERS et X. ROLLIN ainsi que ses agents sur le terrain pour leur participation directe au projet, spécialement pour toutes les opérations d'élevage des saumons à Erezée et à Emptinne (Y. NEUS), 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. Merci aux membres du comité d'accompagnement du projet pour leur participation active aux réunions.

Référence du rapport

DIERCKX, A., BENITEZ, J.P., PHILIPPART, J.C., BERNARD, B., MANDIKI, R., EVRARD, A. KESTEMONT, P & OVIDIO M (2017). Rapport final annuel 2017 au Service Public de Wallonie (DGARNE/DNF-SP) de la Subvention 2016-2017 relative au suivi scientifique de la réhabilitation du saumon atlantique dans le bassin de la Meuse. Université de Liège et Université de Namur, 144 pages.

**2 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 (ULG)**

2.1 Contrôle des remontées dans les échelles à poissons de Lixhe sur la Meuse en 2016

2.1.1 Conditions de réalisation de l'étude

Les contrôles de la grande échelle (GE) en 2016 (18^{ème} année consécutive) ont été réalisés du 04 janvier au 28 décembre 2016 (116 contrôles et 360 jours de piégeage en continu). Dans la petite échelle (PE), les contrôles ont couvert la période du 5 mai au 23 septembre (43 contrôles et 142 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 2016, le débit de la Meuse reste supérieur à 200m³/s entre début janvier et fin mars, au cours de cette période on enregistre plusieurs pics de débit compris entre 600m³/s et plus de 1000m³/s avec 1119,8 m³/s le 10 février et 1031,8m³/s le 24 février. Ensuite on observe un dernier pic de débit pour l'année 2016, le 4 juin avec 769,3 m³/s. A partir du 15 août le débit ne dépasse plus les 100 m³/s jusque-là fin de l'année ou le débit reste particulièrement faible pour cette période avec un débit moyen de 38m³/s au cours de l'automne 2016.

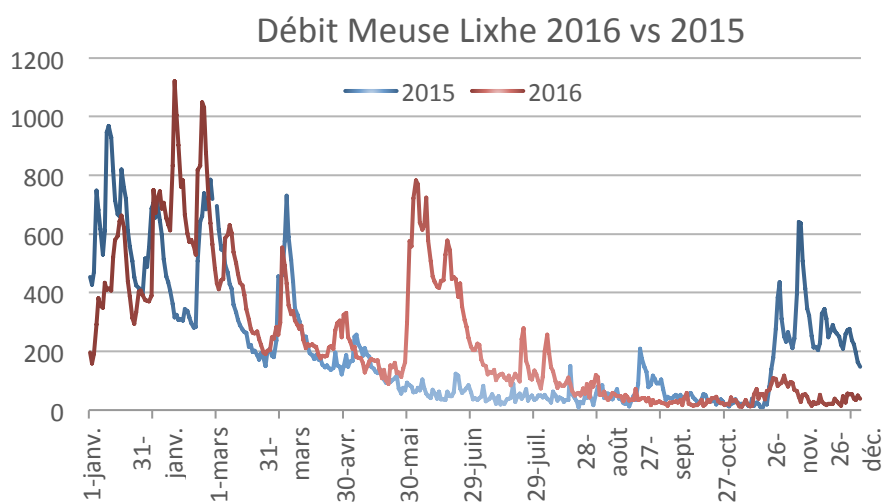


Figure 1. Débits moyens journaliers de la Meuse à Visé-Lixhe en 2016 (trait rouge) par rapport à 2015 (trait bleu) (source : SETHY SPW).

Début 2016 on enregistre des températures moyennes de la Meuse de 10,4°C suivi d'une diminution pour se stabiliser entre 5°C et 10°C jusque fin mars. La température moyenne de la Meuse dépasse le seuil des 10°C fin mars et augmente progressivement pour atteindre 15°C le 22 avril. Nous observons une chute de la température à 10,6°C le 1 mai suivie d'une augmentation de 9°C en une dizaine de jours pour atteindre 19°C le 14 mai. Le seuil des 20°C sera atteint et dépassé le 8 juillet pour atteindre un maximum de 24,8°C le 28 août. Pour finir la température moyenne de la Meuse diminue progressivement de septembre à décembre avec respectivement une température moyenne mensuelle de 22,2°C en septembre, 15,5°C en octobre, 11,4°C en novembre et 7,8°C en décembre avec un minimum de 6,5°C le 8 décembre 2016.

Le régime thermique de la Meuse à Lixhe en 2016 est assez similaire à celui de 2015, la température moyenne annuelle est de 14,1°C en 2016 contre 14,2°C en 2015, avec néanmoins des températures plus froides en juin 2016 avec 17,4°C contre 20,1°C en 2015 et de températures plus élevées en septembre 2016 avec 22,2°C contre 18°C en 2015.

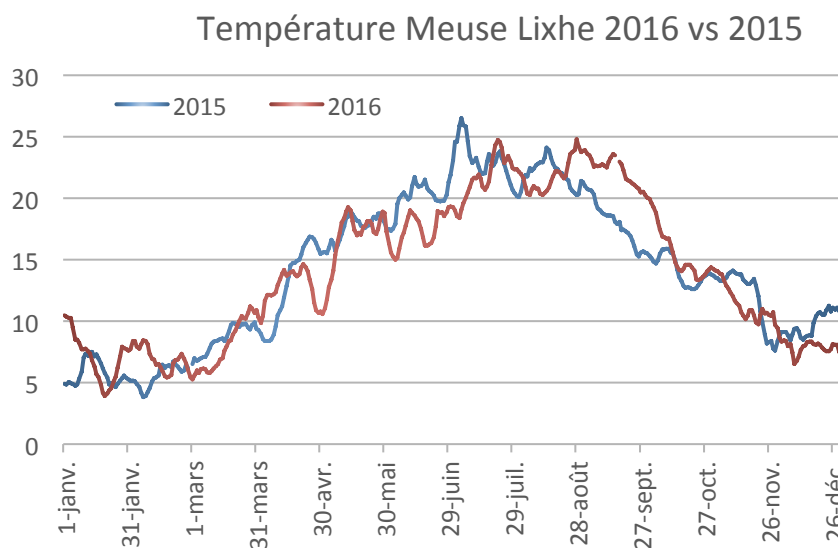


Figure 2. Régime des températures moyennes journalières dans la Meuse à Lixhe en 2016 (trait rouge) par rapport à 2015 (trait bleu).

En septembre 2016, trois déflecteurs ont été installés dans le débit d'attrait (fig. 3) afin de limiter la formation d'écume (mousse blanche) à proximité de l'entrée de l'échelle à poissons de Lixhe. La pose de ces déflecteurs a permis d'augmenter le débit d'attrait de 1m³/s et est

actuellement de 3,3 m³/s avec une ouverture de vanne de 35cm. Une configuration différente (hauteur de vanne) pourrait être adoptée en fonction du niveau aval de la Meuse. La pose de ces déflecteurs a nécessité l'arrêt du débit d'attrait du 11 août au 23 septembre 2016. A noter également un arrêt des contrôles du 4 février au 16 mars 2016, durant cette période le piège de capture a été relevé afin de procéder à un nettoyage des grilles et au remplacement d'une partie du treillis installé sur les grilles du piège.



Figure 3 : Déflecteurs installés dans le débit d'attrait de l'échelle à poissons de Lixhe.

2.1.2 Statistiques de base des captures

Les résultats des captures de 2016 sont synthétisés dans le tableau 1. Les captures totales en 2016 s'élèvent à n= 620 poissons dans la grande échelle (les individus 0⁺ ne sont pas comptabilisés) pour une biomasse de 735,42kg.

Le contrôle de la petite échelle de Lixhe du 5 mai au 23 septembre nous a permis de

capturer 1960 individus dont 16 alevins. L'espèce la plus représentée dans la petite échelle de Lixhe est l'ablette commune avec 1540 individus suivie de loin par le gobie à taches noires avec 189 individus, l'ablette spirilin avec 119 individus, le gardon avec 38 individus et l'anguille **avec seulement 22 individus capturés en 2016.**

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 2016 dans la grande échelle (116 contrôles) et entre le 5 mai et le 23 septembre dans la petite échelle (43 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	21	2	23	119,50	3,53	123,03
Truite commune	41	2	43	69,60	1,02	70,62
Truite AEC	-	2	2	-	0,71	0,71
Barbeau	16	10+1*	26+1*	37,80	0,25	38,05
Hotu	7	1*	7+1*	4,70	0,003	4,70
Chevaine	42	2+1*	44+1*	42,30	0,075	42,38
Spirilin	-	119	119	-	0,43	0,43
Ide mélanote	2	-	2	3,38	-	3,38
Aspe	41	1+1*	42+1*	56,70	0,001	56,70
Total rhéophiles	170	138 + 4*	308 + 4*	333,98	6,02	340,00
Ablette commune	-	1540	1540	-	15,50	15,50
Gardon	322	36 + 2*	358+2*	93,50	2,00	95,50
Vairon	-	1	1	-	0,002	0,00
Carassin	4	3	7	3,10	1,100	4,20
Brème commune	104	14	118	145,60	19,60	165,20
Brème bordelière	3	-	3	0,94	-	0,94
Carpe commune	2	-	2	17,40	-	17,40
Gobie	-	189	189	-	0,70	0,70
Brochet	3	-	3	8,30	-	8,30
Perche	1	1 + 10*	2+10*	0,70	0,07	0,77
Silure	11	-	11	131,90	-	131,90
Anguille	-	22	22	-	2,50	2,50
Total non rhéophiles	450	1806 + 12*	2256+12*	401,44	41,47	442,91
Total général	620	1944 + 16*	2564 + 16*	735,42	47,49	782,91

* = 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 2016 est supérieur à 2015 avec respectivement 620 individus capturés de janvier à décembre 2016 contre 512 individus en 2015, mais reste bien inférieur aux autres années où l'on comptait plus de 1000 captures. Cette diminution est principalement due à une chute des captures de brèmes commune qui ont été très faibles en 2016 avec 104 individus, le plus faible nombre de captures de brèmes commune depuis l'ouverture de l'échelle à poissons en 1998.

En 2016, les espèces les plus représentées dans les captures de la GE sont, le gardon avec 322 individus, la brème commune avec 104 individus, suivis de la truite commune, du chevaine et de l'aspe avec respectivement 41 truites communes, 42 chevaines et 41 aspes. Les captures dans la GE entre janvier et fin juin représentent **69%** du nombre total de captures. Près de **94%** de la biomasse annuelle 2016 des poissons est concentrée dans la grande échelle.

2.1.3 Analyse des observations 2016 pour les espèces et les groupes d'espèces

2.1.3.1 Saumon atlantique

Les captures de saumons atlantique s'élèvent à **n=22 pour une biomasse de 123kg** (tableau 2), dont 21 individus capturés dans la NE et un capturé dans la PE de Lixhe le 1 juin, qui représente le premier saumon capturé dans cette échelle depuis le début des contrôles en 1990.

Tableau 2. Liste des saumons adultes (n=22) capturés dans les deux passes à poissons du barrage de Lixhe au cours de l'année 2016.

Date	Débit m ³ /s	Temp °C	Oxygène		Taille	Poids	Sexe	Taille mandibule	Souche (analyse DNA)
			mg/l	% sat.					
08-04-16	289,2	12,2	10,3	99	925	7300	M	96	Loire-Allier
13-04-16	224,3	14,2	10,1	98	941	6700	M	91	Loire-Allier
06-05-16	180,2	14,1	9,9	100	833	5400	F	75	Loire-Allier
27-05-16	113,2	17,5	8	84	903	6450	F	74	Loire-Allier
27-05-16	113,2	17,5	8	84	978	7300	M	104	Loire-Allier
29-05-16	163,0	18,9	7,6	82	940	5600	M	95	Loire-Allier
31-05-16	575,8	17,3	7,4	80	741	3130	M	66	Loire-Allier
01-06-16	558,5	16,3	8,7	95	718	3514	M	70	Loire-Allier
01-07-16	204,3	19,3	8,6	96	925	6200	F	87	Loire-Allier
18-07-16	84,3	21,4	7,2	81	920	6850	F	88	Loire-Allier
18-07-16	84,3	21,4	7,2	81	905	6200,0	F	89	Loire-Allier
03-10-16	27,5	18,1	7,5	78	875	4295,0	F	76	Loire-Allier
07-10-16	17,0	16,7	7,6	77	901	5691,0	M	113	Loire-Allier
07-10-16	17,0	16,7	7,6	77	850	5615,0	F	77	Loire-Allier
16-10-16	34,5	14,7	6,7	66	899	6350	F	85	Loire-Allier
19-10-16	33,9	14,2	6,9	66	925	6300	F	80	Loire-Allier
21-10-16	41,8	13,6	7	69	900	4785	F	85	Loire-Allier
23-10-16	45,6	13,2	7,1	68	838	4711	F	74	Loire-Allier
26-10-16	24,0	13,1	7,7	71	920	5500	F	85	Loire-Allier
03-11-16	12,2	13,2	7,2	68	875	5520	F	84	Loire-Allier
09-11-16	14,3	10,9	7,9	72	867	3903	F	80	Loire-Allier
13-11-16	53,0	10,5	8,1	72	900	5663	F	89	Loire-Allier / Irlande

En 2016, on observe une première vague de capture entre le 8 avril et le 18 juillet avec 11 individus capturés durant cette période à des températures comprises entre 12,2°C et 21,4°C (moyenne de capture de 17,3°C) les débits enregistrés lors des différentes captures sont compris entre 84,3m³/s et 575,8m³/s avec un débit moyen de capture de 235,5m³/s (fig. 3,4). Une seconde vague de captures est observée entre 3 octobre et le 23 novembre 2016 à des températures comprises entre 9,9°C et 18,1°C (température moyenne de capture de 14°C). Ces captures automnales interviennent à des débits assez faibles compris entre 12,2m³/s et 108,2m³/s avec un débit moyen de capture de 41,4m³/s. Les analyses génétiques réalisées

par l'équipe de l'UCL indiquent que la majorité (21 sur 22) des saumons capturés à Lixhe est de **souche Loire-Allier** mais qu'il y a également 1 saumon de **souche irlandaise**.

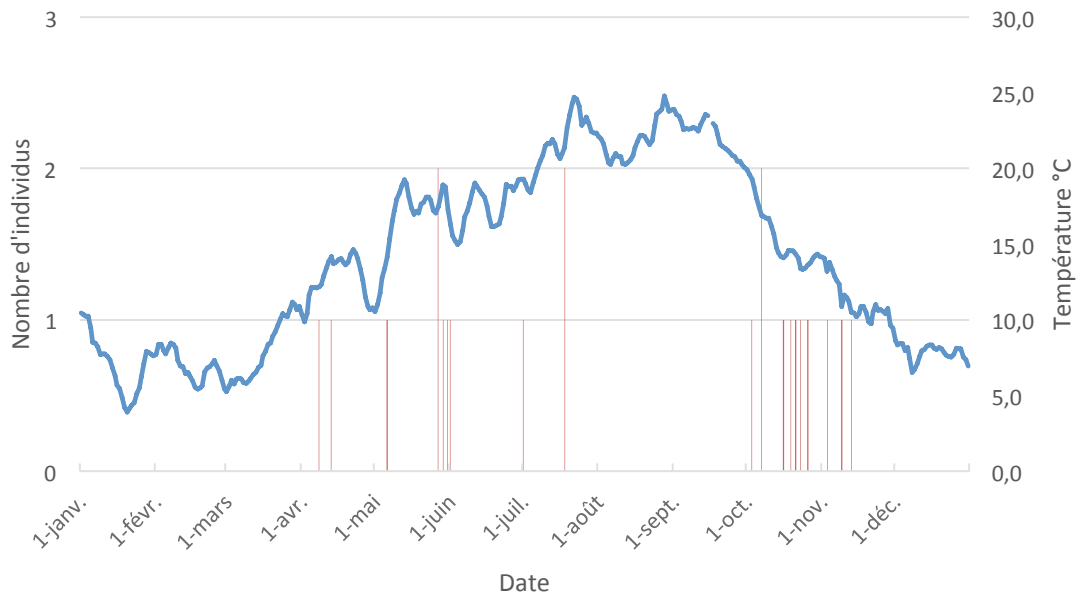


Figure 3. Répartition des captures de saumons atlantiques à Lixhe en fonction de la température de la Meuse en 2016.

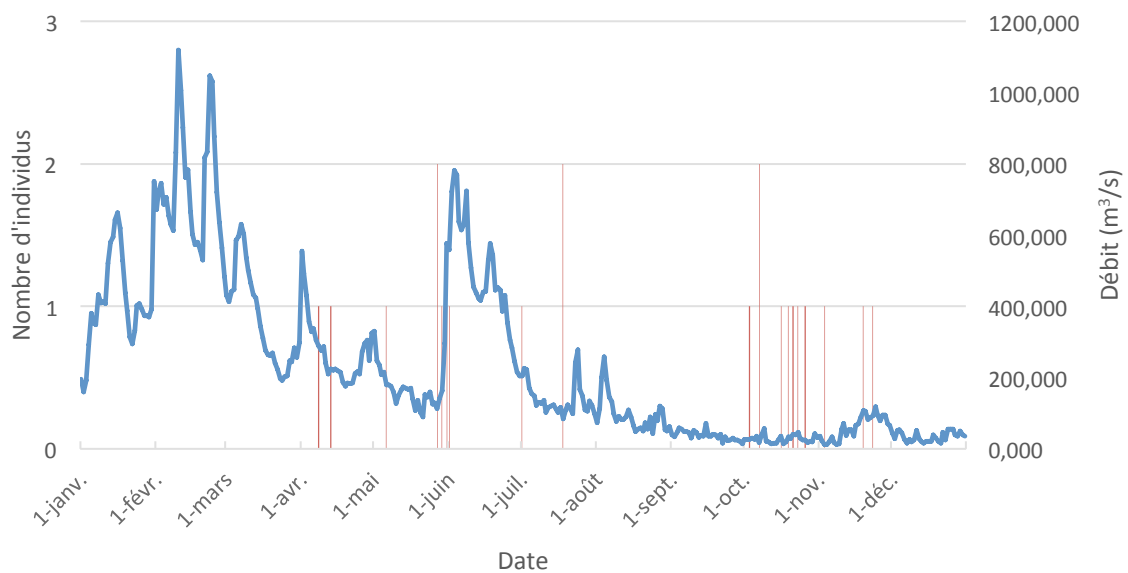


Figure 4. Répartition des captures de saumons atlantiques à Lixhe en fonction du débit de la Meuse en 2016.

Pour l'année 2016 complète, la majorité (63,6%) des captures s'observe à des températures

moyennes journalières comprises entre 14°C et 18°C. La température minimale de capture est de 10,5°C le 13 novembre et la température maximale est de 21,4°C le 18 juillet (Fig. 5). La majorité des captures soit 68,2% s'observe à des débits compris entre 12 et 120 m³/s. Le débit moyen minimum de capture est de 12,2 m³/s le 3 novembre 2016 et le débit maximum est de 575,8 m³/s le 31 mai 2016. Les débits enregistrés lors des captures sont en majorités (68,2%) inférieurs au débit médian de 2016 (148,9 m³/s).

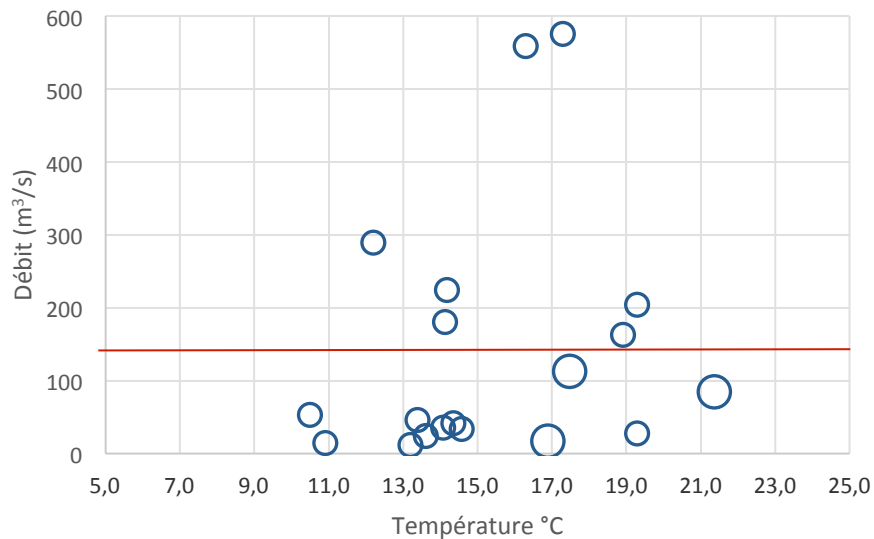


Figure 5. Répartition du nombre de captures de saumons atlantiques en fonction du débit et de la température de la Meuse en 2016, la ligne rouge représente le débit médian de 2016.

La classe de taille la plus représentée correspond à des individus dont la taille est comprise entre 900mm et 950mm avec un effectif de 10 individus tous issus des captures à Lixhe (fig.6). On observe en 2016 la capture d'individus de grande taille en comparaison avec les captures de 2015 ou la classe de taille la plus représentée était de 700mm à 750mm. La taille minimale est de 625mm et la taille maximale est de 978mm.

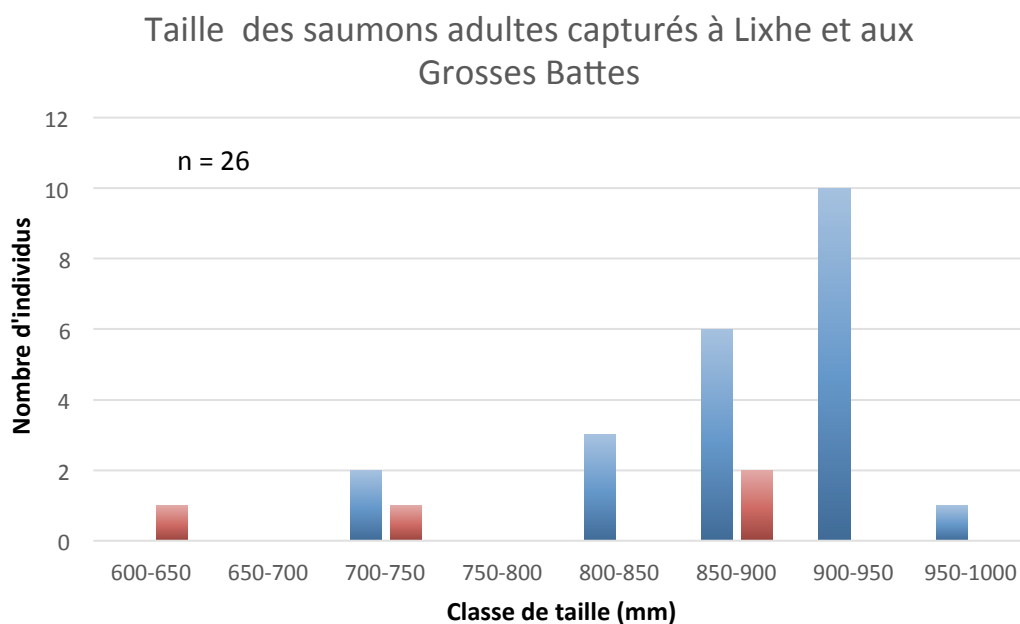


Figure 6 : Histogramme des fréquences de taille (longueur à la fourche, Lf en mm) des saumons interceptés dans les échelles à poissons de Lixhe sur la Meuse (en bleu) et aux Grosses Battes sur l'Ourthe (en rouge) en 2016.

Il faut signaler que le saumon capturé le 14 juillet 2016 dans la petite échelle est un smolt provenant probablement des déversements de tels poissons effectués dans la basse Berwinne. Ce saumon n'est pas pris en considération dans les analyses de classes de tailles.



**Figure 7. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 8 avril 2016 (925mm – 7300g).
(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).**



Figure 8. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 19 octobre 2016 (925mm – 6300g)
(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).



Figure 9. Saumon atlantique capturé dans la passe à poissons de Lixhe le 03 octobre 2016 (875mm – 4295g)
(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).

A noter la capture de **4 saumons** dans la passe à poissons des **Grosses Battes sur l'Ourthe** à Angleur entre le 30 mai et le 12 aout (tabl. 3). Cette passe à poissons est contrôlée par les agents du service de la pêche.

Tableau 3. Liste des saumons adultes (n=4) capturés dans la passe à poissons du barrage des Grosses Battes à Angleur sur l'Ourthe au cours de l'année 2016.

Date	Débit m3/s	Temp °C	Taille	Poids	Sexe	Taille mandibule	Souche (analyse DNA)
30-05-16	83,9	14,9	894	5450	M	89	Loire-Allier
25-06-16	66,9	16,7	701	3337	F	64	Loire-Allier
09-07-16	34,7	17,9	879	5101	M	82	Loire-Allier
12-08-16	30,9	15,0	625	2056	M	60	Loire-Allier

2.1.3.2 Truite commune de mer et de rivière

En 2016, on enregistre la capture de 41 truites communes dans la grande échelle de Lixhe pour une biomasse de 69,6Kg (tabl. 4). Les individus capturés en 2016 ont une taille min de 398mm, un taille max de 616mm et une taille moyenne de 504mm. Le poids moyen des individus capturés en 2016 est de 1698g.

Tableau 4. Liste des truites communes adultes (n=41) capturées dans la nouvelle passe à poissons du barrage de Lixhe au cours de l'année 2016.

Date	Débit m ³ /s	Temp °C	Taille	Poids	Sexe	Observation
18-03-16	263,8	8,4	515	1167	-	Marquage RFID
13-05-16	173,7	19,3	478	1538	-	Marquage RFID
13-05-16	173,7	19,3	452	1260	-	Marquage RFID
15-05-16	167,6	18,1	450	1224	F	Erezée
15-05-16	167,6	18,1	516	2175	F	Erezée
19-05-16	136,5	17,0	482	1524	-	Marquage RFID
23-05-16	144,8	18,1	513	1830	-	Marquage RFID
24-05-16	160,4	17,9	500	1806	F	Erezée
25-05-16	125,7	17,2	527	2336	F	Erezée
26-05-16	129,0	17,1	486	1841	-	Marquage RFID
27-05-16	113,2	17,5	478	1697	F	Erezée
27-05-16	113,2	17,5	510	1601	F	Erezée
28-05-16	140,9	18,2	529	1653	F	Erezée
10-06-16	508,1	18,5	485	1592	F	Erezée
13-06-16	421,2	18,6	398	890	-	Marquage RFID
13-06-16	421,2	18,6	427	955	-	Marquage RFID
13-06-16	421,2	18,6	492	1629	F	Erezée
17-06-16	530,5	16,8	550	2407	-	Morte
20-06-16	446,0	16,2	460	1276	-	Marquage RFID
22-06-16	445,9	16,8	486	1781	-	Marquage RFID
23-06-16	386,0	17,7	548	2223	F	Erezée
23-06-16	386,0	17,7	465	1417	F	Erezée
27-06-16	282,9	18,5	481	1525	-	Marquage RFID
27-06-16	282,9	18,5	466	1371	-	Marquage RFID
27-06-16	282,9	18,5	538	1915	-	Marquage RFID
29-06-16	215,2	19,3	562	2160	F	Erezée
29-06-16	215,2	19,3	527	1778	M	Erezée
30-06-16	204,9	19,1	493	1466	-	Marquage RFID
01-07-16	204,3	19,3	582	2584	F	Erezée
06-07-16	149,3	19,6	510	1642	F	Erezée

09-07-16	127,1	20,9	473	1597	F	Erezée
14-07-16	124,2	21,6	509	1317	F	Erezée
14-07-16	124,2	21,6	468	1301	F	Erezée
22-07-16	98,2	24,7	616	3118	M	Erezée
25-07-16	166,8	22,9	528	1791	F	Erezée
26-07-16	148,6	23,1	526	1607	F	Erezée
01-08-16	73,1	22,1	432	1016	F	Erezée
04-08-16	257,7	21,2	540	2223	M	Erezée
17-10-16	14,1	14,7	570	1710	M	Erezée
25-11-16	94,2	10,2	508	1299	M	Erezée
25-11-16	94,2	10,2	595	2385	M	Erezée

En 2016 pour la période printemps-été, le nombre de captures s'élève à 38 individus entre le 18 mars et le 04 août, soit 92,7% des captures de truites en 2016 à Lixhe. En automne on enregistre la capture de seulement 3 individus, ce qui représente 7,3% des captures à Lixhe, du 17 octobre au 25 novembre. Les températures de captures sont comprises entre 8,4°C et 24,7°C avec une moyenne de 18,3°C. On observe que 8 individus ont été capturés à des températures supérieures à 20°C, ce qui représente 20% de l'effectif capturé. Les débits enregistrés lors des captures sont compris entre 14m³/s et 530,5 m³/s avec un débit moyen de 222,8m³/s. Il apparaît que 44% des captures sont réalisées à des débits compris entre 100 et 200 m³/s.

Sur l'ensemble des truites capturées en 2016, 14 individus ont été marqués avec un transpondeur RFID en vue de leur détection dans les échelles en amont (voir point 2) et 26 individus ont été transférés à la pisciculture d'Erezée en vue de réaliser des reproductions artificielles.

A noter la **capture de 14 individus dans la passe à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe** à Angleur entre le 12 mai et le 28 novembre (tabl. 5). Il s'agit de grands poissons de 480mm à 720mm. Remarquons la capture d'une truite le 21 octobre de 720mm pour 4945g. Cette passe à poisson a été contrôlée par les agents du service de la pêche durant toute l'année 2016 avec plusieurs interruptions dû aux débits trop importants dans l'Ourthe.

Tableau 5. Liste des truites communes adultes (n=14) capturées dans la passe à poissons du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe au cours de l'année 2016.

Date	Débit m3/s	Temp °C	Taille	Poids	Sexe	Observation
12-05-16	39,6	15,7	480	1527	F	Erezée
25-05-16	34,7	13,1	496	1772	F	Erezée
27-05-16	27,7	15,8	615	3303	F	Erezée
29-05-16	41,5	16,5	489	1633	F	Erezée
30-05-16	84,1	15,0	496	1641	F	Erezée
14-06-16	98,8	14,7	539	2160	M	Erezée
30-06-16	51,5	16,3	509	1736	M	Erezée
30-06-16	51,5	16,3	517	1712	M	Erezée
01-07-16	57,0	16,2	540	1913	F	Erezée
18-07-16	26,6	18,3	573	2298	F	Erezée
21-10-16	20,1	10,4	720	4945	M	Erezée
09-11-16	12,6	7,3	523	1655	F	Erezée
13-11-16	20,6	6,3	633	3452	M	Erezée
28-11-16	21,2	7,0	575	2385	M	Erezée



Figure 10. Truite capturée dans la passe à poissons de Lixhe le 25 juillet 2016 (528mm – 1791g).

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



Figure 11. Truite capturée dans la passe à poissons de Lixhe le 17 octobre 2016 (570mm – 1710g).
(Photo : SP/SPW de la pisciculture d'Erezée).

A noter la capture de deux truites dans la PE de Lixhe le 1 et le 9 juin.

2.1.3.3 Cyprins d'eau rapide et assimilés

(a) Barbeau

Les captures de barbeaux en 2016 s'élève à 16 individus, ce qui est légèrement supérieur à 2015 ou 12 individus avaient été capturés et nettement inférieur à 2014 ou 39 individus avaient été interceptés (fig. 13). On observe la première capture le 18 avril à une température de 13,5°C, ensuite 13 individus sont interceptés entre le 23 mai et le 6 juin à des températures comprises entre 16,5°C et 17,5°C. Cette remontée constituée majoritairement de reproducteurs est associée au passage de la température de l'eau au-dessus des 14-15°C qui marque le début de l'activité de ponte. A noter la capture d'un barbeau le 7 juillet à une température de 20,1°C. Nous n'observons qu'une capture automnale de barbeau, le 21 novembre à une température de 10,6°C, ce qui correspond probablement à un comportement de recherche d'un habitat pour l'hiver. On observe la capture de 11 barbeaux dans la PE de Lixhe en 2016, entre le 29 juin et le 28 juillet, dont la taille est comprise entre 77mm et 140mm.

(b) Chevaine

Les remontées de chevaines ont lieu principalement dans la grande échelle et s'élevèrent à un effectif de 42 individus de 29 cm à 51 cm pour une biomasse de 42,3kg. Les captures s'étalent sur une période comprise entre le 30 mars et le 22 juillet à des températures de 10,6°C à 23°C. On observe un pic de captures avec 22 individus du 30 mars à 10,6°C au 25 avril à 13,3°C. A noter la présence de 7 individus le 8 avril à une température de 12,9°C. Dans la petite échelle, les captures de chevaines se limitent à 3 individus dont 1 juvénile.

(c) Hotu

En 2016 on dénombre la capture de sept hotus adultes de 30,5-41,6 cm pour une biomasse 4,7kg, qui ont été capturés entre le 23 mars à 9,5°C et le 4 avril à 11,5°C dans la grande échelle de Lixhe. Il s'agit certainement d'individus en migration de reproduction. On observe la capture d'un juvénile le 23 septembre dans la petite échelle à poissons de Lixhe.

(d) Aspe et ide mélanote

Dans la GE, on enregistre en 2016 la capture de 41 aspes adultes de 39,2-59,8 cm pour une biomasse de 56,7kg entre le 6 mai et le 8 août à des températures comprises entre 15,8°C et 20,9°C. Dans la PE, on dénombre 2 aspes dont 1 juvénile capturé le 1 août.

On enregistre la capture de 2 ides adultes de 42,6 cm et 44,6 cm pour une biomasse totale de 3,38kg dans la GE le 8 avril à une température de 12,9°C et le 6 mai à une température de 15,8°C. On n'observe pas de capture d'ide mélanote dans la PE de Lixhe en 2016.

2.1.3.4 Cyprins ubiquistes et d'eau lente

(a) Gardon, ablette commune

On enregistre une augmentation du nombre de captures de gardons dans la GE avec 322

individus en 2016, contre 164 en 2015, par contre dans la PE nous observons une forte variabilité des captures suivant les années avec seulement 38 individus en 2016 dont seulement 2 alevins. Les captures dans la GE sont observées entre le 1 avril et le 13 octobre à des températures comprises entre 8,4°C et 24,3°C avec un pic de captures le 8 avril où l'on dénombre 87 individus et le 13 octobre avec 92 individus. On observe également une augmentation des captures pour l'ablette commune dans la PE depuis quelques années avec un effectif de 1540 individus en 2016, les captures d'ablettes communes se déroulent sur l'ensemble de la période de contrôle de la PE, du 5 mai au 23 septembre, pendant laquelle on enregistre trois pics de captures, le premier en mai avec 923 individus à des températures comprises entre 15,8°C et 19,4°C, ensuite en juillet avec 222 individus à des températures de 18,4°C à 23,7°C et pour finir en septembre où l'on enregistre la capture de 381 individus à une température de 21,4°C.

(b) Brèmes commune et bordelière

On observe une forte diminution des captures de brèmes communes en 2016 avec un effectif de 118 individus (n=104 dans la GE et n=14 dans la PE) et trois captures de brème bordelière dans la GE en 2016. Les captures de brèmes communes sont observées entre le 25 mars et le 4 juillet à des températures comprises entre 9,6°C et 18,5°C.

(c) Carpe commune et carassin

En 2016, seulement deux carpes ont été capturées le 13 juin dans la GE de Lixhe. On observe la capture de 7 carassins dont 4 dans la GE et 3 dans la PE, entre le 14 juillet et le 11 août à des températures comprises entre 19,9°C et 21,3°C.

(d) Silure et brochet

On enregistre la capture de 11 individus dans la GE de 83,3-160 cm pour une biomasse totale de 131,9 kg en 2016. La période de capture des silures s'étale du 10 mai au 25 juillet à des températures comprises entre 18,2°C et 23°C. À noter la capture d'un individu de 160 cm et

de plus de **40kg** le 6 juin 2016. En 2016, trois brochets ont été capturés dans la GE entre le 30 mars et le 18 avril à des températures comprises entre 10,6°C et 13,5°C pour une biomasse totale de 8,3kg. Ces captures concernent des individus de plus de 66 cm.

(e) Perche fluviatile

En 2016 nous enregistrons une diminution des captures de perches avec seulement 12 individus capturés dont 11 dans la PE. La période de capture est comprise entre le 28 juillet et le 29 août à des températures comprises entre 23°C et 24,3°C.

(f) Anguille européenne

Le nombre d'anguilles interceptées dans le piège de la PE s'élève à 22 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 2016, la période de capture s'étale du 1 juin au 1 septembre à des températures comprises entre 15,8°C et 24,3°C.

g) Espèces de petite taille

Il faut signaler la capture dans la petite échelle de 119 ablettes spiralin et un vairon en 2016.

h) Espèces invasives

On enregistre la présence 189 gobies à taches noires dans la PE.

2.1.4 Evolution historique des captures de 1998 à 2016 pour quelques espèces cibles dans la GE

Truites et saumons atlantiques

Au cours des 19 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. 12). On enregistre un nombre record de 41 individus en 2016 et sur l'ensemble de la période de contrôle, on totalise 251 truites. Le nombre de captures de saumons s'élève à 141 entre 2000 et 2016, avec un nombre record de 53 saumons en 2015 dans la GE de Lixhe. On observe une tendance à l'augmentation des captures ces 5 dernières années.

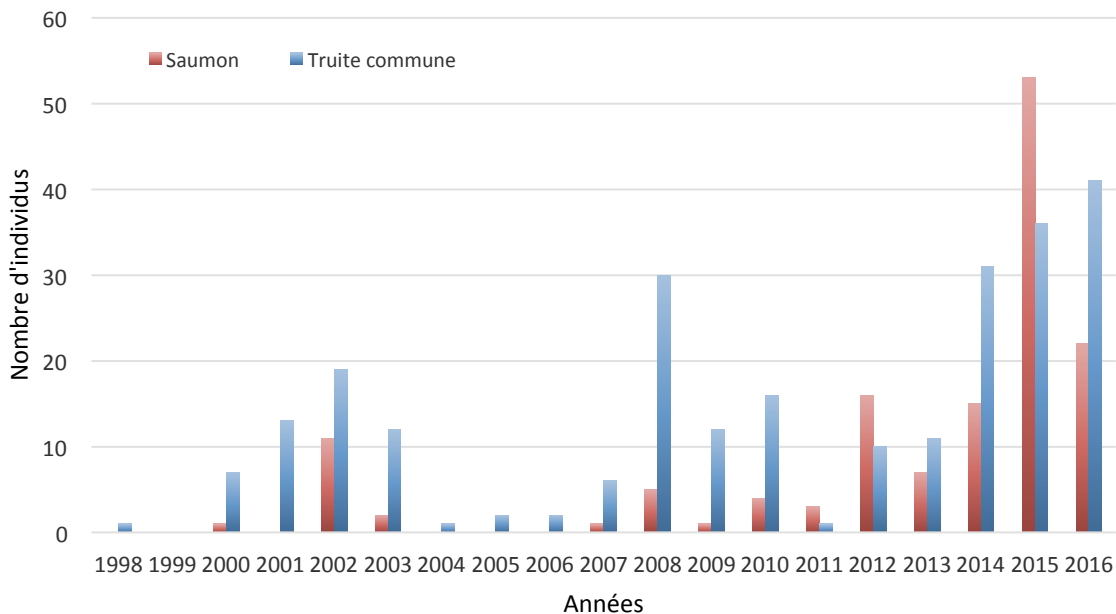


Figure 12 : Tendence d'évolution de 1998 à 2016 du nombre de saumons et de truites capturés en remontée dans la grande échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse.

Cyprinidés rhéophiles

On enregistre entre 1998 et 2016, la capture de n=611 chevaine, n=307 barbeaux et n=261 hotus. On note une forte variabilité dans les captures de barbeau, avec un maximum de 44 individus de barbeau en 2012, et un minimum avec 4 individus en 1999 et 2007(fig. 13). Les captures de chevaines sont très variables au cours de cette période, on remarque tout de même une tendance à la diminution au cours de la période 1998-2016, néanmoins on observe un sursaut de captures depuis 2010 où l'on comptabilisait 7 individus pour atteindre 42 individus en 2015 et 2016. A noter que 2005 reste l'année où l'on comptabilise le plus grand nombre de chevaines avec 81 individus. Depuis l'ouverture on observe une augmentation des captures de hotus jusqu'en 2004, année au cours de laquelle 59 individus

ont été capturés, suivie d’une importante diminution jusqu’en 2011 ou aucun individu n’a été capturé. Cependant de 2012 à 2015 on remarque une légère progression des captures avec 18 hotus en 2015, et une rechute en 2016 avec seulement 7 individus.

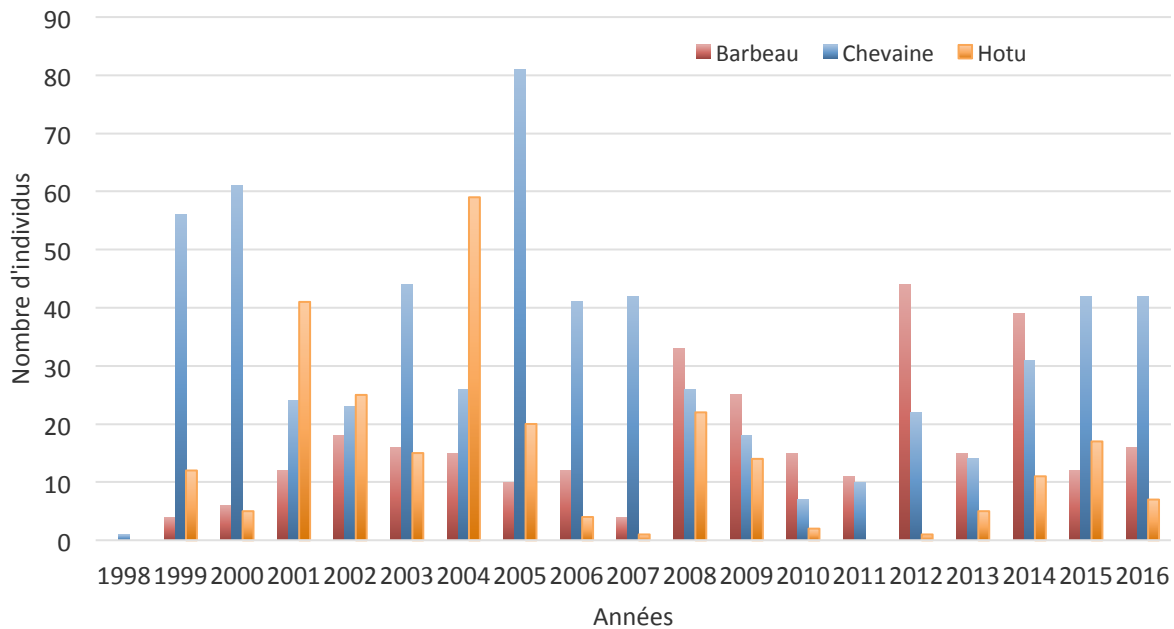


Figure 13 : Tendence d’évolution de 1998 à 2016 du nombre de barbeaux, de chevaines et de hotus capturés en remontée dans la grande échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse.

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. 14), depuis 2008 on remarque une tendance à l’augmentation du nombre de capture d’aspe avec 41 individus en 2016. L’année 2014 reste une année exceptionnelle pour la capture d’aspes à Lixhe avec 61 individus. En ce qui concerne le silure on observe de faibles captures de maximum 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 2016.

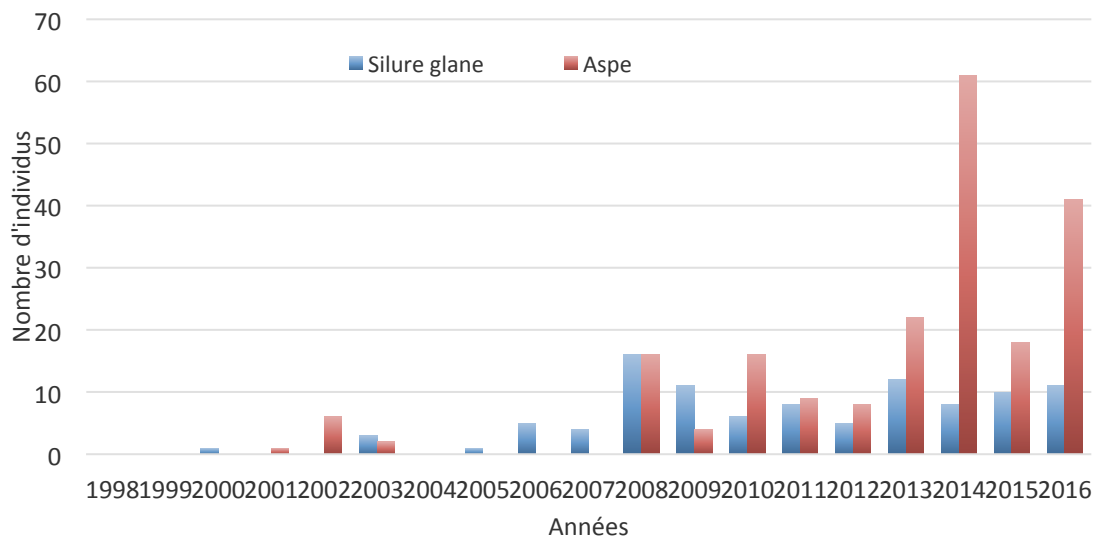


Figure 14 : Tendance d'évolution de 1998 à 2016 du nombre d'aspes et de silures capturés en remontée dans la grande échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse.

Anguille européenne

Pour cette espèce, l'écroulement du recrutement se confirme avec un effectif de 22 individus capturés en 2016 (fig. 15). Des résultats complémentaires relatifs à l'anguille sont traités dans un rapport spécifique au projet FEP-ULG-SPW Anguille 2012-2014 et dans une publication scientifique qui prend en considération les 22 ans de contrôles (Nzau Matondo & Ovidio, 2016).

Anguilles en remontée dans la Meuse à Lixhe (petite échelle) 1992-2016

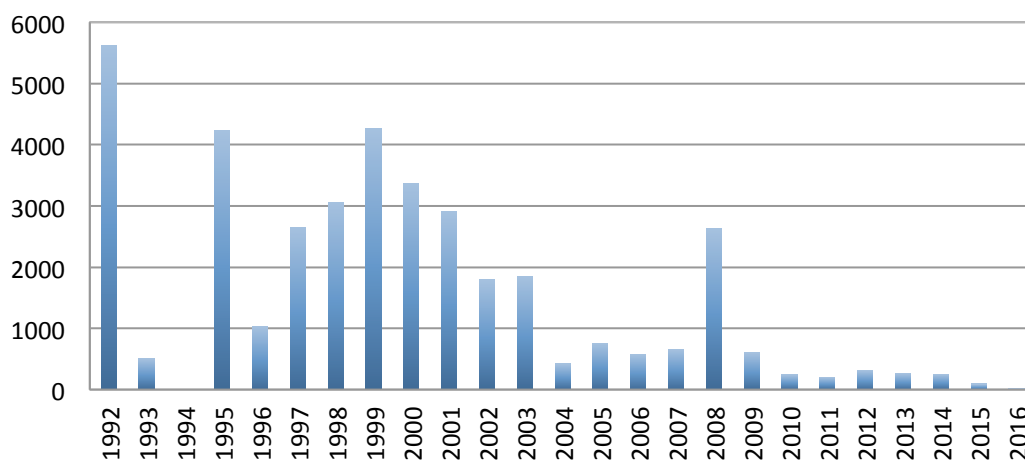


Figure 15. Tendance d'évolution de 1992 à 2016 du nombre d'anguilles jaunes capturées en remontée dans la petite échelle à poissons du barrage de Lixhe sur la Meuse.

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

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, lorsque le palan a gelé et a dû être réparé.

2.1.6 Perspectives de programme pour 2017

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 2017 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).

**3 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 (équipe ULG)**

3.1 Caractérisation en 2016 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

3.1.1 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 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, Monsin-Liège, Ivoz-Ramet et Ampsin-Neuville.

Dans le cadre du programme Saumon Meuse, le barrage de Lixhe, Monsin et Ivoz-Ramet ont été équipés par le SPW(DGO2) d'une passe à poissons 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 se jette l'Ourthe barrée par un obstacle majeur, le barrage des Grosses Battes, qui est équipé depuis 2009 d'une passe à poissons moderne.

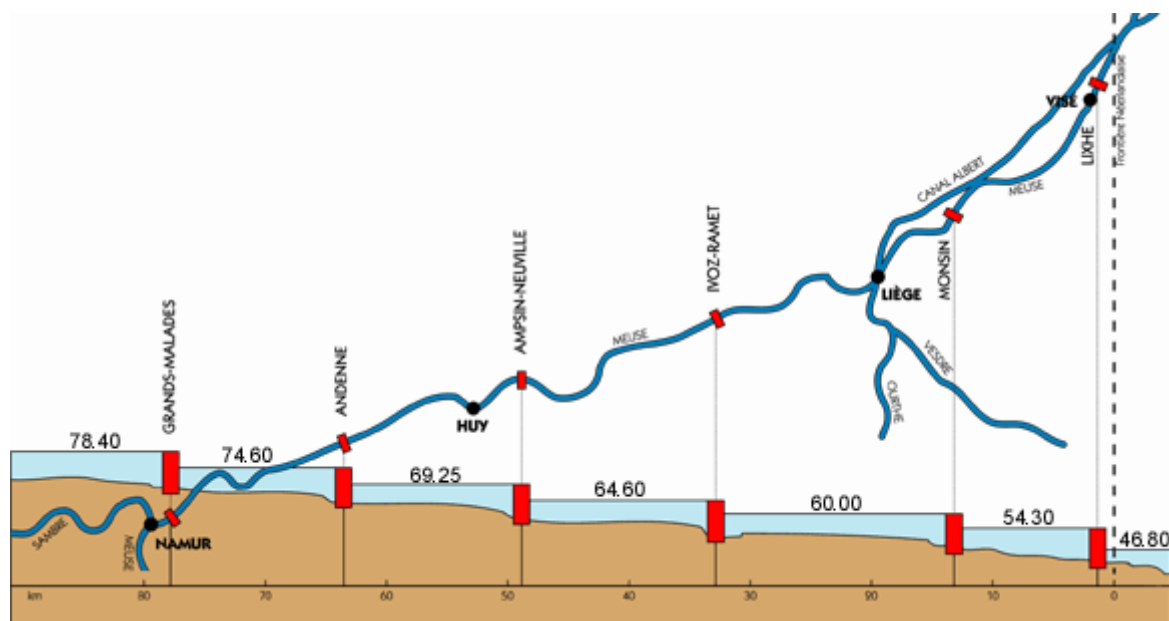


Figure 1. Localisation des barrages de navigation+ centrales hydroélectriques sur la Meuse wallonne entre Visé et Namur (source : SPE).

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 contrôlée en période de remontée des grands salmonidés d'avril à juin et de septembre à Janvier par le SPW-Service de la Pêche.

Au cours de la dernière décennie, quelques observations intéressantes ont été réalisées grâce aux suivi télémétriques 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 progressivement en place 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 modernisé en 2015 avec l'installation d'une seconde antenne à l'entrée de l'échelle, échelle d'Ivoz-Ramet en 2011 et échelle de Liège Grosses Battes en 2012.

L'avantage de la marque RFID est sa faible taille, son coût limité et sa durée de vie qui est illimitée car elle ne contient pas de batterie, et renvoie un code par interrogation via 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.

3.1.2 Description du réseau de détecteurs RFID en Meuse liégeoise

3.1.3 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.



Figure 3. Transpondeur TIRIS (Texas Instrument) et lecteur de marque portable

3.1.3.1 Echelle à poissons du barrage de Monsin-Liège

L'équipement de marque 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. En mars 2015 cette antenne a été remplacée par une antenne avec une structure en bois plus résistante (fig. 4). 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. 5). Avec ces deux antennes il est possible de vérifier si un individu entré dans l'échelle (et détecté à l'antenne aval) en ressort (après détection à l'antenne amont). Ce dispositif permet également de connaître le temps de transit nécessaire pour franchir le barrage via l'échelle à poissons.



Figure 4. 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.

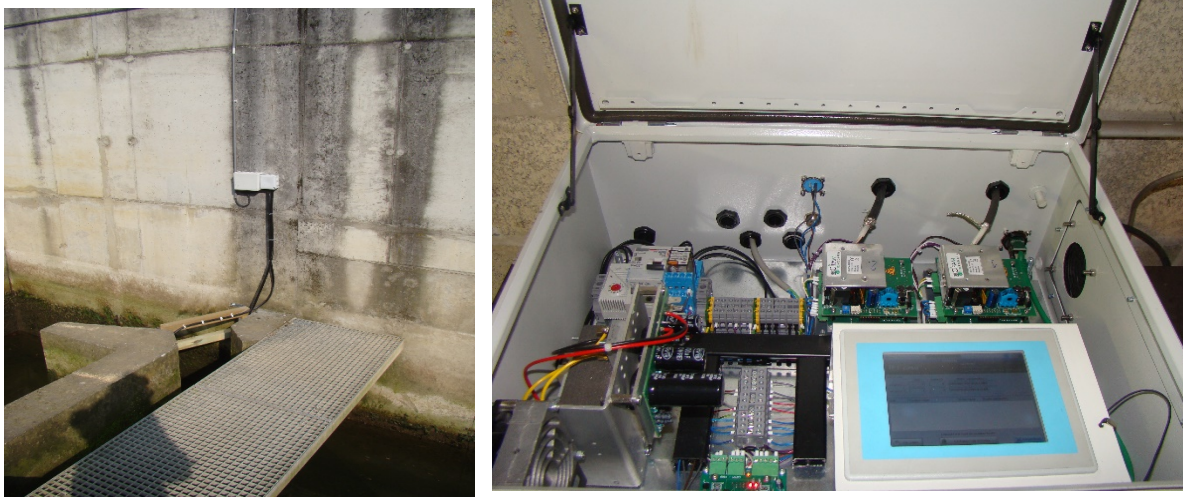


Figure 5 : A gauche : antenne installée dans le bassin inférieur de l'échelle à poissons de Monsin. A droite : la nouvelle station de détection RFID avec 2 lecteurs de marque CIPAM.

3.1.3.2 Echelle à poissons du barrage d'Ivoz-Ramet

Une station de détection RFID a été mise en place (fig. 6) en juillet 2011 dans l'échelle à poissons d'Ivoz-Ramet, à respectivement 17,5 km et 30,6 km en amont de Monsin et de Lixhe.



Figure 6. Détecteur RFID 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).

3.1.3.3 Echelle à poissons du barrage de Liège Grosses Battes

Dans l'échelle à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe (fig. 7), une station de détection RFID a été mise en place le 29 mars 2012 dans l'avant dernier bassin amont de l'échelle. L'antenne a été remplacée en mars 2015 suite à des dommages causés lors d'une vidange de l'échelle.



Station RFID remplacée en 2015 au niveau d'une échancrure à l'amont de l'échelle à poissons du barrage des Grosses Battes sur la basse Ourthe à Liège nouvelle. A droite : station d'enregistrement des données logée dans une armoire métallique spécialement installée sur la pile du barrage mobile.

3.1.4 Conditions environnementales

3.1.4.1 Station 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 2016, le débit de la Meuse reste supérieur à $200 \text{ m}^3/\text{s}$ entre début janvier et fin mars, au cours de cette

période on enregistre plusieurs pics de débit compris entre 600m³/s et plus de 1000m³/s avec 1119,8 m³/s le 10 février et 1031,8m³/s le 24 février. Ensuite on observe un dernier pic de débit pour l'année 2016, le 4 juin avec 769,3 m³/s. A partir du 15 août le débit ne dépasse plus les 100 m³/s jusque-là fin de l'année ou le débit reste particulièrement faible pour cette période avec un débit moyen de 38m³/s au cours de l'automne 2016.

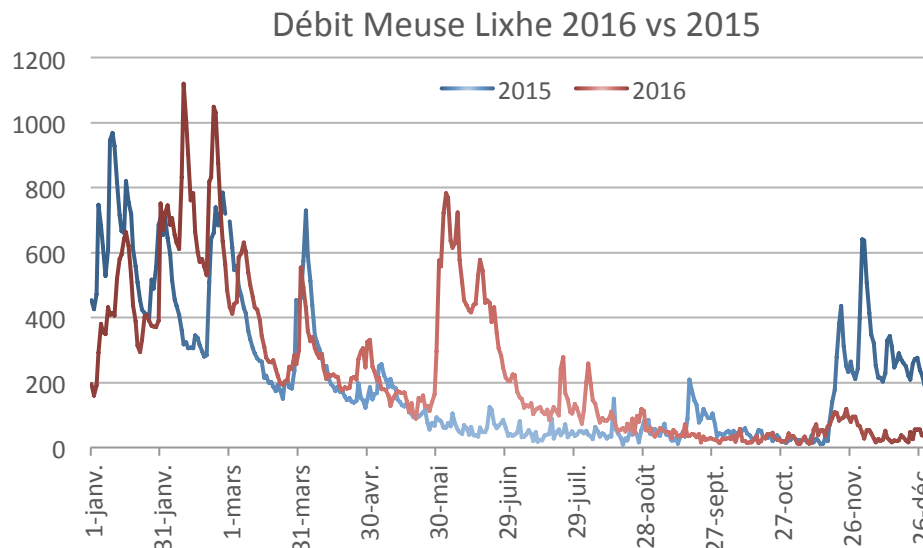


Figure 10. Débits moyens journaliers de la Meuse à Visé-Lixhe en 2016 (trait rouge) par rapport à 2015 (trait bleu) (source : SETHY SPW).

Régime des températures de l'eau

Sur la base des moyennes mensuelles (fig. 11), les régimes des températures de la Meuse à Monsin et à Lixhe sont globalement 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. Le profil de températures à Ivoz-Ramet est fort comparable à celui de Lixhe avec toutefois des températures moyennes supérieures de 1,3°C. Les températures moyennes de l'Ourthe à Angleur apparaissent plus froides que les températures moyennes de la Meuse

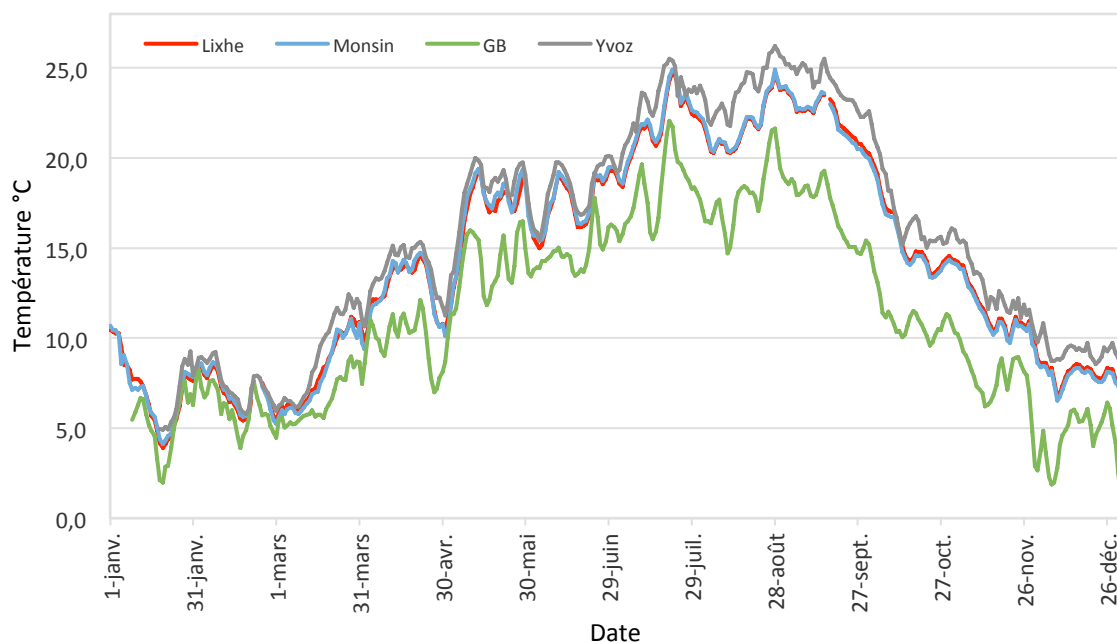


Figure 11. Comparaison des régimes des températures moyennes en 2016 dans la Meuse à Lixhe, Monsin et dans l'Ourthe à Liège Grosses Battes (GB).

3.1.4.2 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 varie entre 0,8°C et 2°C avec environ +0,9°C en mars, +1°C en avril, +1,1°C en mai, +0,8°C en juin, +1,3°C en juillet, +2°C en août et +1,8°C en septembre en faveur d'Ivoz. Cette situation peut s'avérer attractive pour l'anguille plutôt thermophile mais répulsive pour les salmonidés et les cyprinidés d'eau rapide.

3.1.4.3 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 que dans la Meuse à Lixhe, l'écart de température entre l'Ourthe et la Meuse varie de -0,6°C à 8,2°C avec une moyenne de 4,3°C. Les écarts de température les plus importants sont observés entre le mois d'août et d'octobre avec respectivement un écart de 6°C en août, 7°C en septembre et

5,9°C en octobre. 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 cyprinidés d’eau rapide, spécialement le barbeau, le chevaine et le hotu.

3.1.5 Détections des poissons marqués par RFID au niveau des échelles à poissons.

3.1.5.1 Détection en 2016 des poissons marqués en 2016

Au cours de l’année 2016, 166 poissons appartenant à 11 espèces ont été marqués avec transpondeur RFID à Lixhe. Tous les individus marqués ont été relâchés dans le canal d’alimentation de l’échelle à poissons de Lixhe en vue d’une détection en amont. Sur les 166 poissons marqués en 2016, 60 individus (36,1%) ont été détectés en amont de Lixhe (tabl. 1) : 33 chevaines, 8 truites communes, 7 anguilles, 5 aspes, 3 barbeaux, 2 brochets, 1 hotu et 1 carassin.

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 2016.

Espèce	Marquage RFID			Détection amont	
	Nombre	Longueur mm		n	%
		Min	Max		
Truite commune	14	358	538	9	64,3
Barbeau	14	417	631	3	21,4
Hotu	3	346	416	1	33,3
Chevaine	40	290	510	33	82,5
Gardon	20	180	313	0	0,0
Ide mélanote	1		446	0	0,0
Aspe	41	392	598	5	12,2
Carassin	3	348	377	1	33,3
Brochet	3	655	698	2	66,7
Silure	8	833	1600	0	0,0
Anguille	19	270	642	7	36,8
Total	166			60	36,7

Pour les espèces typiquement rhéophiles représentées par les salmonidés (truite fario – truite de mer) et les cyprinidés d’eau vive (barbeau, chevaine, hotu), le taux de détection en amont du barrage de Lixhe des individus marqués en 2016 est de 64,8% (46/71) avec un pourcentage chez le chevaine de 82,5% (33/40), chez la truite de 64,3% (9/14), chez le barbeau 21,4% (3/14) et chez le hotu 33,3% (1/3). Chez les espèces plutôt limnophiles et assimilées (aspe), le taux de détection en amont de Lixhe est de 12,2% (5/41) chez l’aspe, 66,7% (2/3) chez le brochet et de 33,3% (1/3) chez le carassin. Nous n’avons observé aucun disfonctionnement des stations RFID en 2016 durant la remontée des poissons. Durant cette période 1 chevaine a été détecté dans la passe à poissons d’Ivoz-Ramet sans être détecté à Monsin, de même qu’un barbeau et une truite commune ont été détectés dans l’échelle à poissons des Grosses Battes, ils ont probablement emprunté une autre voie de passage comme l’écluse de Monsin (fig. 10).



Figure 10. 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.

Sur les 40 chevaines marqués à Lixhe, 32 ont été détectés à l’antenne 1 de Monsin situé à l’entrée de la passe à poissons (fig. 11), sur ces 32 individus 31 ont été détectés à l’antenne 2 de Monsin située dans le dernier bassin amont de l’échelle, ce qui représente 97% de taux de

franchissement par rapport aux individus se présentant à l'entrée de l'échelle. Ensuite, 23 chevaines ont été détectés en amont du barrage de Monsin, ce qui représente 57,5% des chevaines marqués à Lixhe, dont 9 détectés à Ivoz-Ramet et 14 aux Grosses Battes. Il apparait au vu des résultats que la voie de passage privilégiée chez le chevine en amont de Monsin en 2016 est l'Ourthe avec 60,9% des détections amont. Par contre en 2015, on enregistrait 75% des détections en amont de Monsin au niveau du barrage d'Ivoz-Ramet sur la Meuse. A noter que les débits de l'Ourthe durant la remontée des chevaines en 2016 sont supérieurs à ceux de 2015, avec respectivement un débit moyen de 49m³/s en mai et 124,3 m³/s en juin 2016 contre un débit moyen de 24 m³/s en mai et 16m³/s en juin 2015.

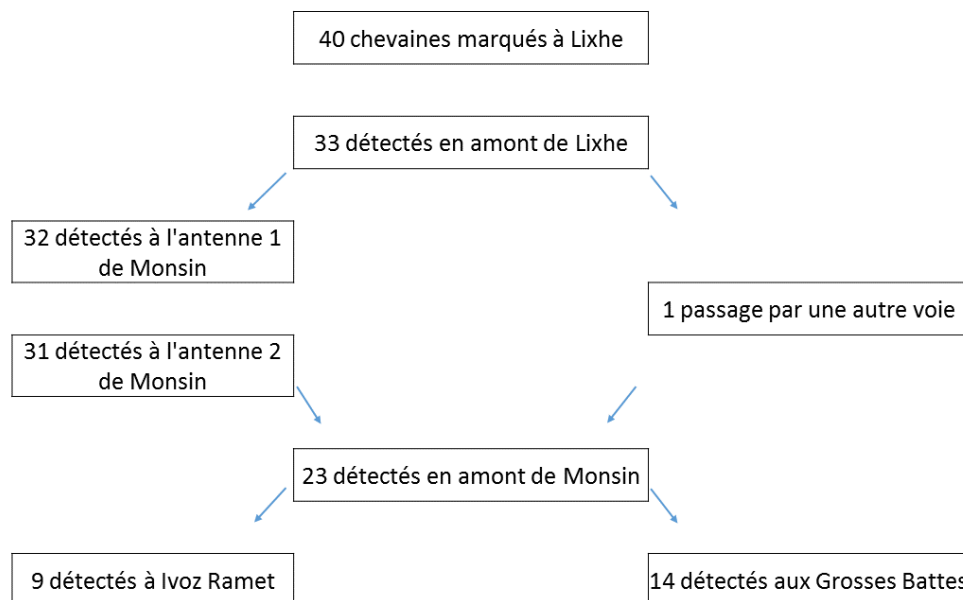


Figure 11 : Parcours des chevaines marqués à Lixhe et détectés dans les échelles en amont de Lixhe.

Remontée des poissons dans la base Ourthe à Liège

La remontée depuis l'amont du barrage de Lixhe jusqu'au barrage de Liège Grosses Battes sur la base Ourthe concerne 32,4 % (23/71) du nombre de poissons réophiles marqués. A noter la détection aux Grosses Battes le 5 juillet 2016 d'un aspe marqué le 6 mai 2016 à Lixhe.

Pour ce qui concerne l'anguille aucune détection n'a été enregistrée en 2016 au niveau du barrage des Grosses Battes. Ce résultat s'explique certainement par le faible effectif d'anguilles marquées en 2016 (n=19), et puis rappelons 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 2016, on dénombre 9 chevaines et 1 anguille qui ont effectué une migration de remontée de Lixhe jusqu'à l'échelle d'Ivoz-Ramet (tabl. 2). Le chevaine effectue les 13km séparant Lixhe de Monsin en minimum 1,2j (10,8km/jour) et maximum 83,5j (0,2km/jour), la valeur médiane est de 19,6j soit 0,7km/jour. Les 17 km séparant Monsin d'Ivoz-Ramet sont effectués en minimum 0,7j (23,5 km/jour) et maximum 2,1j (8,2km/jour) avec une valeur médiane de 0,9j soit 18,3km/jour. Les valeurs observées pour le trajet Lixhe-Monsin sont certainement surestimées du fait que le poisson subit un petit stress lors du marquage et qu'il lui faut un certain temps avant de reprendre sa migration vers l'amont.

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

Espèce	Trajet Lixhe - Monsin		Trajet Monsin - Yvoz Ramet	
	Jours	Km/jour	Jours	Km/jour
Chevaine	10,4	1,3	2,1	8,2
Chevaine	29,4	0,4	0,9	18,7
Chevaine	28,4	0,5	0,7	23,5
Chevaine	83,5	0,2	2,0	8,7
Chevaine	22,3	0,6	0,9	18,4
Chevaine	17,0	0,8	0,8	20,4
Chevaine	1,2	10,8	0,9	18,2
Chevaine	11,5	1,1	1,5	11,0
Anguille	18,5	0,7	25,2	0,7
Moyenne	24,7	1,8	3,9	14,2

En 2016, 1 anguille marquée à Lixhe a été détectée dans la passe à poissons d'Ivoz-Ramet. Elle effectue le parcours Lixhe –Monsin en 18,5j (0,7km/jour) et le trajet Monsin-Ivoz Ramet en 25,2j (0,7km/jour). Dans l'analyse des remontées des anguilles au barrage d'Ivoz Ramet, 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. 12). Cette nouvelle passe à anguille n'est pas encore équipée d'une antenne RFID.



Figure 12 : 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) bon nombre de poissons marqués en 2016 à l'amont de Lixhe pourront poursuivre leur migration de remontée en 2017 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.

3.1.5.2 Taux de franchissement du barrage de Monsin via l'utilisation de deux antennes en 2015 et 2016

Le placement d'une deuxième antenne de détection au niveau de l'échelle à poissons de Monsin en 2015, nous permet de calculer un taux de franchissement (nombre d'individus détectés à la première antenne vs nombre individus détectés à la deuxième antenne).

Depuis l'installation de la deuxième antenne dans la passe à poissons de Monsin, on a enregistré la détection de 9 barbeaux, issus des marquages à Lixhe entre 2010 et 2016, qui ont été détectés à l'antenne 1 situé dans le premier bassin de l'échelle à poissons, dont 7 qui ont été détectés à l'antenne 2, ce qui représente un de taux de franchissement du barrage de Monsin de 77,8% des individus se présentant à l'entrée de l'échelle a poissons.

Sur les 9 hotus détectés à l'antenne 1 de l'échelle à poissons de Monsin, 7 individus ont été détectés à l'antenne 2 ce qui représente un taux de franchissement de 77,8% des individus se présentant à l'entrée de l'échelle a poissons.

Chez la truite commune se taux de franchissement atteint 87,5% des individus se présentant à l'entrée de l'échelle à poissons.

Chez les espèces plutôt limnophiles et assimilées (aspe) le taux de franchissement du barrage de Monsin, des individus marqués à Lixhe entre 2010 et 2016 qui ont été détectés à l'entrée de l'échelle à poissons, est de 87,5% (7/8) chez l'aspe et de 25% (1/4) chez l'ide.

En ce qui concerne l'anguille, sur les 84 individus détectés à la première antenne du barrage de Monsin, seulement 42 ont été détectés à l'antenne située en amont dans l'échelle à poissons de Monsin, ce qui signifie que **50%** des anguilles qui se présentent à l'entrée de l'échelle ne franchissent pas le barrage de Monsin. Ainsi, l'anguille qui possède de faibles capacités de nage, pourrait être désavantagée et éprouver des difficultés à passer certaines échantures entre les bassins successifs.

3.1.5.3 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 et 17 bassins séparent les deux antennes. Il apparaît après analyse de l'histogramme (fig.13) que le temps de parcours entre l'antenne aval et l'antenne amont varie selon l'espèce. Après deux années de monitoring, l'effectif de poissons ayant transité par l'échelle à poissons de Monsin est de 117 individus. Nous observons que le temps de parcours chez l'aspe ne dépasse pas 02h00 avec un temps minimum de 51 min. Par contre le hotu effectue le parcours en un temps moyen de 3h46 avec un minimum de 2h11 et un maximum de 6h22. Le Barbeau parcourt les 123m séparant les 2 antennes en un temps minimum de 1h49 et en maximum 3h58. Le chevaine pour lequel nous disposons de données sur 63 individus, effectue le trajet en minimum 1h10 et en maximum 320h avec une valeur médiane de 2h52, à noter que 27% des chevaines effectuent le parcours en plus de 4h00. Pour la truite commune nous observons un temps minimum de 45min, un temps maximum de 2h19, et un temps moyen de 1h13. Enfin, l'anguille représentée par un effectif de 20 individus, nous observons un temps minimum de 2h56 et un temps maximum de 592h avec un temps médian de 5h20, la majorité des anguilles (75%) réalise le trajet en plus de 4h.

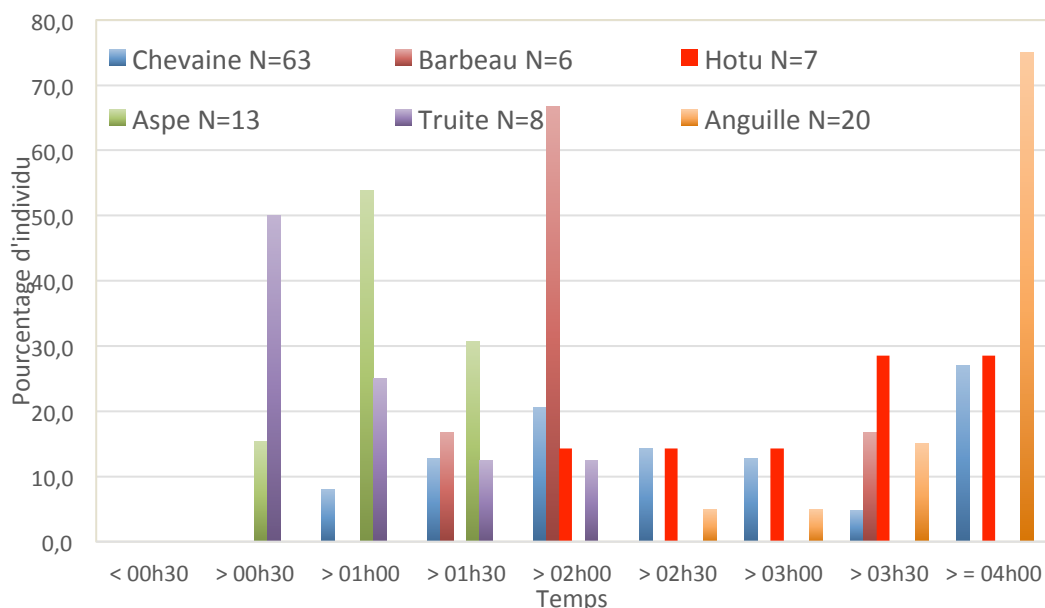


Figure 13. Pourcentage d'individus par espèce en fonction du temps de parcours entre l'antenne aval et l'antenne amont de l'échelle à poissons de Monsin.

3.1.5.4 Bilan général 2010-2016 des passages de poissons pucés dans l'échelle de Monsin

Au cours des sept années de 2010 à 2016, 2035 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 la grande échelle de Lixhe via une cage de capture ou nasses installées dans les bassins de l'échelle pour la capture d'anguilles, et dans la petite échelle.

A ce jour, on a enregistré (tabl. 3) la détection dans au moins une échelle de l'amont de Lixhe de près de 640 individus différents, toutes espèces confondues, ce qui représente un taux de détection de 31,4% des individus marqués et relâchés en amont de Lixhe. Pour les espèces rhéophiles ce taux de détections atteint **54,6%** (190/348), avec 42,9% pour la truite commune (18/42), 41,8% pour le barbeau (56/134), 41,9 % pour le hotu (13/31) et **72,7%** pour le chevaine (101/139).

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 2016, 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 2016.

Espèces	Marque Lixhe (2010-2016)	N individus détectés (2010-2016)			Individus détectés	
		Monsin	Yvoz	GB	N	%
Barbeau	134	38	5	30	56	41,8
Chevaine	139	91	31	39	101	72,7
Hotu	31	11	2	1	13	41,9
Truite commune	42	16	2	10	18	42,9
Truite aec	2	1	-	2	2	100,0
Espèces rhéophiles	348	157	40	82	190	54,6
Carpe	27	-	-	1	1	3,7
Ide mèlanote	17	4	-	-	4	23,5
Silure	43	1	1	-	2	4,7
Aspe	126	12	1	1	12	9,5
Tanche	5	-	-	1	1	20,0
Brochet	5	2	-	-	2	40,0
Brème commune	31	2	-	1	3	9,7
Gardon	42	3	1	2	3	7,1
Rotengle	1	-	-	-	0	0,0
Espèces peu rhéophiles	297	24	3	6	28	9,4
Anguille	1390	396	74	56	422	30,4
Total	2035	577	117	144	640	31,4

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

Les espèces rhéophiles typiques comme 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 84,5% des poissons détectés en amont de Monsin contre 15,5% 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, le taux de franchissement du barrage de Monsin est de 54,6% chez les espèces rhéophiles marquées à Lixhe contre 9,4% chez les espèces peu rhéophiles comme la carpe, la brème commune, le brochet, la tanche, le gardon et le silure auxquelles on adjoint l'ide et l'aspe

Ce taux plus important de 54,6% 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 pontes 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 les hauts fonds de graviers en aval des ouvrages.

Le très faible (9,4%) 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 1390 individus sur une période de 7 ans (2010 – 2016), on enregistre un taux de détection de 30,4% en amont du barrage de Lixhe. 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 56,9%, contre 43,1% aux Grosses Battes.

On observe un décalage entre l'année de marquage et l'année de détection chez certains individus. En 2016, on enregistre le passage de plusieurs poissons marqués entre 2010 et 2015. En effet, 3 barbeaux marqués entre 2011 et 2014 ont été détectés en 2016, 2 aux Grosses Battes et 1 à Ivoz-Ramet. On dénombre 7 chevaines marqués en 2015 qui ont été détectés en 2016 dont 1 à Monsin, 4 chevaines ont poursuivi leur migration vers l'Ourthe et ont été détectés dans la passe à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe et 2 ont été détectés dans la passe à poissons d'Ivoz-Ramet sur la Meuse. A noter la détection d'autres espèces en plus petit nombre comme 3 hotus marqués en 2015 qui ont été détectés en 2016 à Monsin dont 1 qui a poursuivi sa migration vers Ivoz-Ramet, 1 gardon marqué en 2014 détecté aux Grosses Battes, 1 ide marqué en 2015 détecté à Monsin et 1 silure marqué en 2011 qui est passé dans l'échelle de Monsin.

Le tableau 4 nous renseigne sur les effectifs d'anguilles marquées à Lixhe (n=1390) entre 2010 et 2016 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, année durant laquelle 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. C'est 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, 7 années pour l'antenne 2, on observe la détection d'individus de 1 à 6 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 18,1% en 2011 à 50,7% en 2014, sans prendre en compte l'année 2013* où on enregistre un taux de détection de 52%. On observe un taux moyen de détection de 30,36% 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 2016, 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 2016 (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	Ivoz	Nombre différent ind.	%
2010	100	2010		21			25	25,0
		2011		1		-		
		2013		2		-		
		2014		-		1		
		2016	1	-		-		
2011	221	2011		9		-	40	18,1
		2012		8	4	2		
		2013		8	2	8		
		2014		1	1	1		
		2015	4	2	-	-		
		2016	1	-	1	-		
2012	374	2012		45	2	13	121	32,4
		2013		53	4	15		
		2014		12	5	3		
		2015	6	1	2	2		
		2016	2	-	2	1		
2013*	177	2013		35	-	4	92	52,0
		2014		40	9	5		
		2015	12	7	1	-		
		2016	2	-	4	-		
2013	380	2013		35	-	4	92	24,2
		2014		40	9	5		
		2015	12	7	1	-		
		2016	2	-	4	-		
2014	215	2014		89	12	5	109	50,7
		2015	24	14	5	4		
		2016	9	1	1	3		
2015	81	2015	25	10	-	2	28	34,6
		2016	8	4	1	3		
2016	19	2016	6	3		1	7	36,8
Total	1390						422	30,36
Total*	1187						422	35,55

* anguilles passées par NE ou AE

Pas d'antenne

3.1.5.5 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 2016 (fig. 14), 163 poissons différents (34 barbeaux, 84 chevaines, 16 truites, 9 hotus, 17 aspes et 3 gardons) ont été détectés à l'antenne située en amont dans la passe à poissons de Monsin. La majorité des premières détections (63 %) à lieu entre 19h00 et 08h00. La majorité des premières détections (63 %) à lieu entre 19h00 et 08h00. La période d'activité du chevine s'étale sur les 24h. Chez le barbeau 85,3% des détections sont comprises en 18h00 et 9h00. Chez la truite 81,3% des détections interviennent entre 8h00 et 19h00. Chez le hotu on enregistre 77,8% de détections entre 19h00 et 8h00. Chez l'aspe 52,9% des détections sont comprises entre 8h00 et 19h00. Les 3 gardons ont été détectés entre 19h00 et 23h00 dans la passe de Monsin.

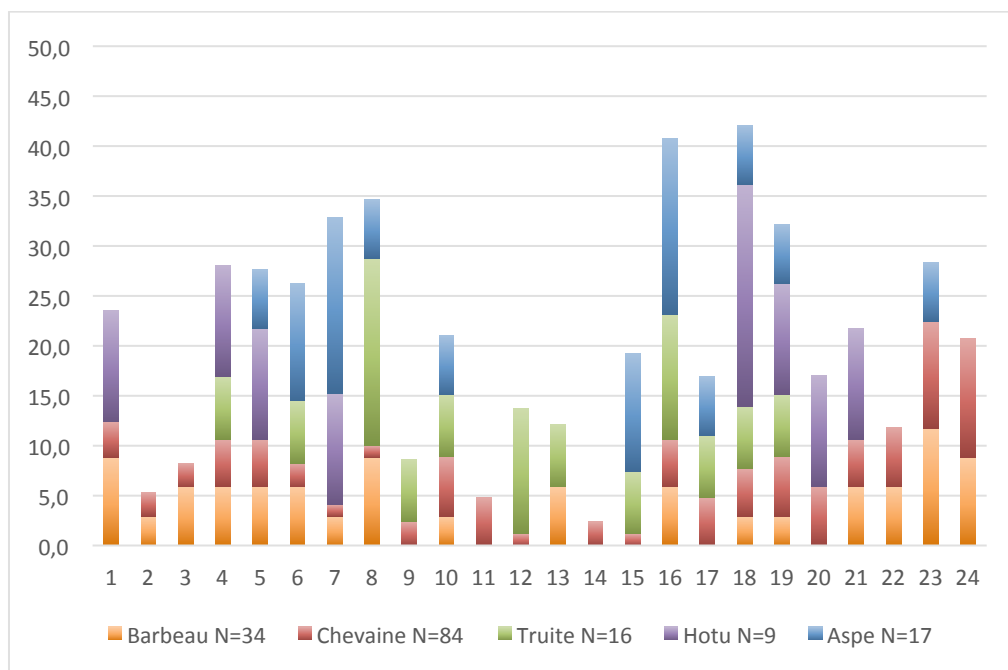


Figure 14. Pourcentage d'individus détectés par heure pour la première fois dans l'échelle à poissons de Monsin sur la Meuse de 2010 à 2016.

Aux Grosses Battes 66 % des poissons sont détectés entre 19h00 et 08h00 (fig. 15). Chez la truite on enregistre 90,1% des détections entre 7h00 et 19h00. En ce qui concerne le barbeau et le chevine on observe des détections réparties sur l'ensemble de la journée.

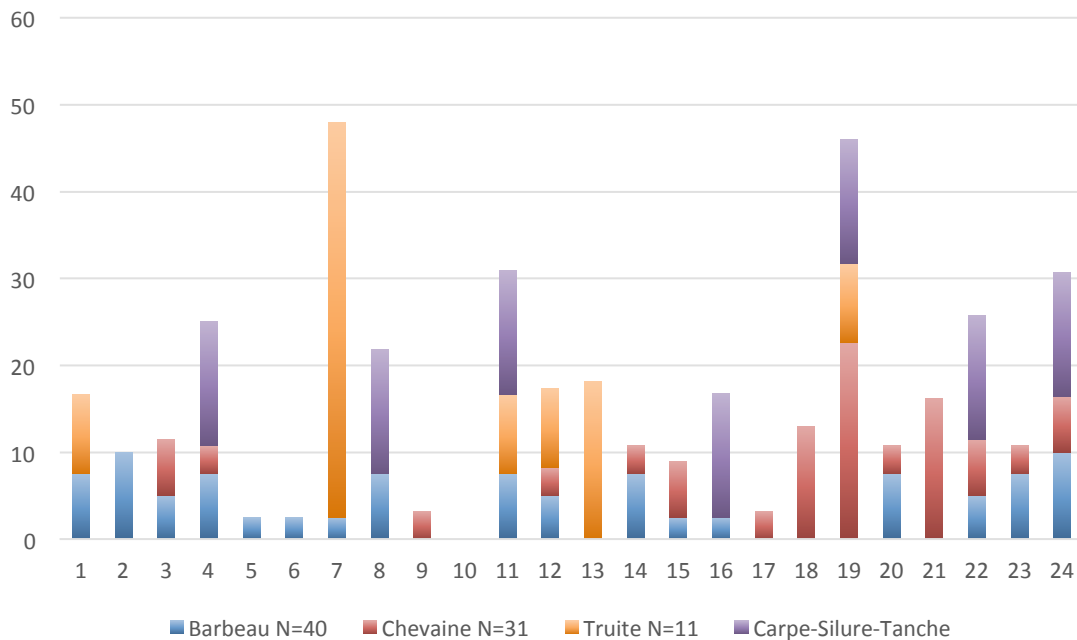


Figure 15. Pourcentage d'individus détectés par heure pour la première fois dans l'échelle à poissons des Grosses Battes sur l'Ourthe de 2012 à 2016.

A Ivoz-Ramet, 47 poissons ont été détectés entre 2012 et 2016, 33 chevaines, 8 barbeaux, 2 truites, 2 hotus, 1 aspe et 1 silure. Sur la figure 16, on peut observer le pourcentage de chevaines et de barbeaux détectés par heure pour la première fois au niveau de l'antenne placée dans l'échelle à poissons d'Ivoz-Ramet. On constate que 53% des poissons ont été détectés entre 19h00 et 08h00. La période d'activité du barbeau est comprise entre 19h00 et 7h00 et représente 100% des barbeaux détectés, et celle du chevine est répartie sur l'ensemble de la journée avec 60,6 % des détections en soirée entre 17h00 et 24h00. Les 2 truites ont été détectées entre 16h00 et 19h00 dans la passe d'Ivoz-Ramet.

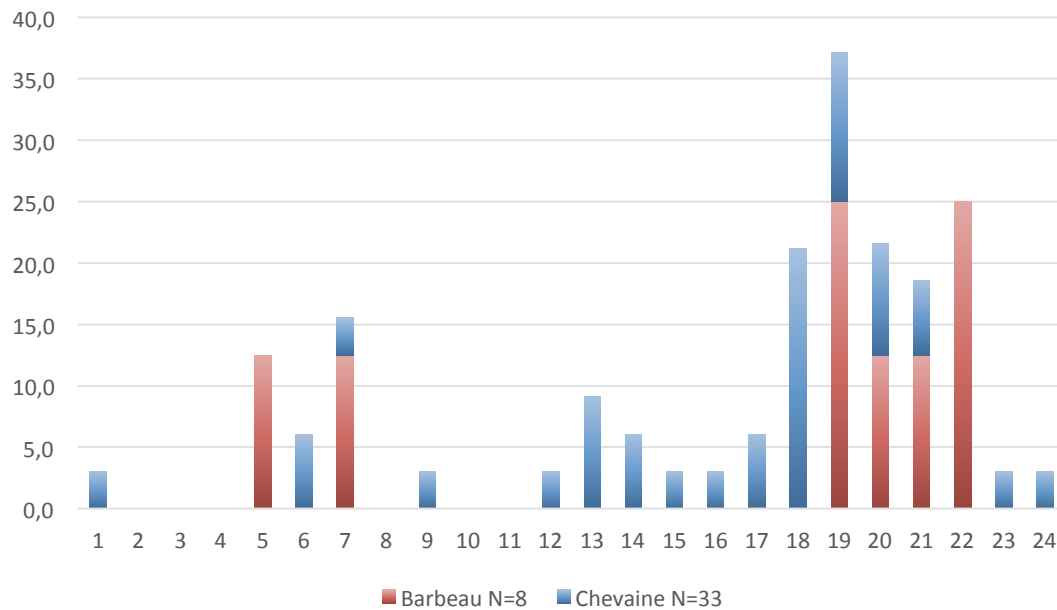
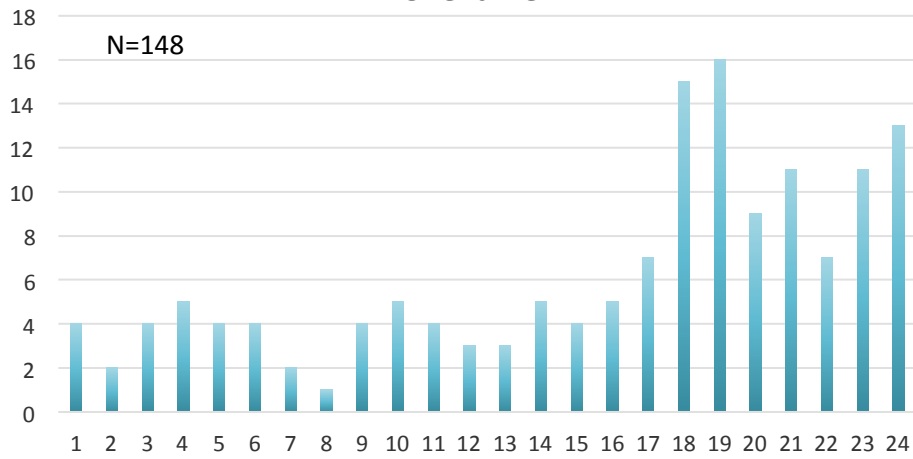


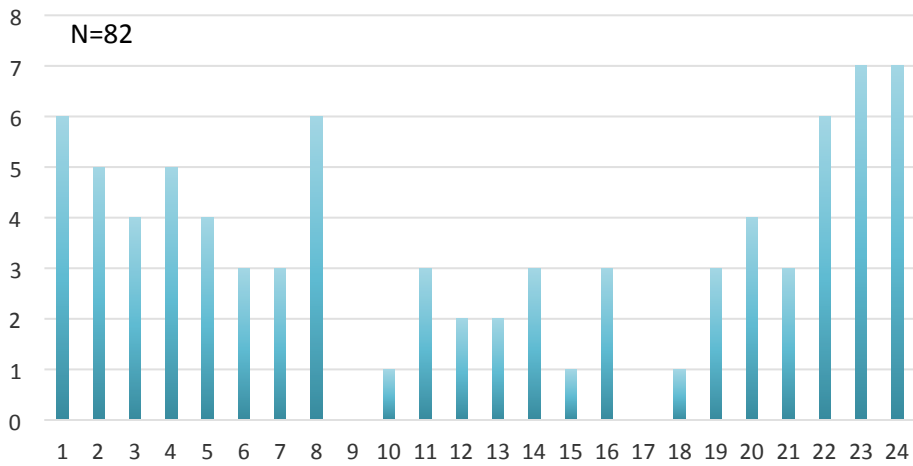
Figure 16. Pourcentage d’individus détectés par heure pour la première fois dans l’échelle à poissons d’Ivoz-Ramet sur la Meuse de 2012 à 2016.

La figure de synthèse 17 nous renseigne sur la période d’activité des différentes espèces, en prenant sur l’ensemble des sites de détection. On observe chez le chevaïne une activité étalée sur 24h, avec néanmoins une période de plus forte activité comprise entre 17h00 et 24h00 avec 60% d’individus détectés. La majorité des détections (81,7%) chez le barbeau est comprise entre 18h00 et 9h00. On observe la détection de quelques individus entre 10h00 et 16h00. Chez le hotu on observe une première période d’activité comprise entre 18h00 et 22h00 et une seconde période entre 1h00 et 10h00 ou 50% des hotus sont détectés. La période d’activité chez la truite est comprise entre 1h00 et 20h00 avec une majorité des détections entre 7h00 et 20h00 ce qui correspond à une activité diurne.

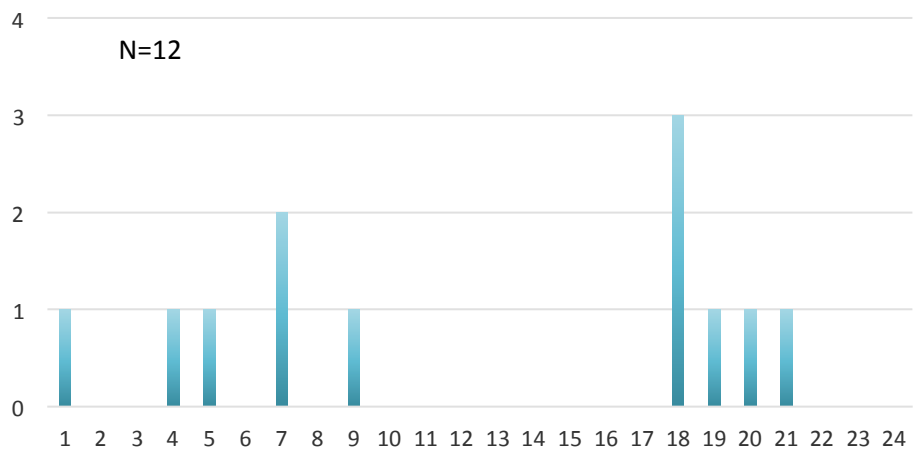
Chevaine



Barbeau



Hotu



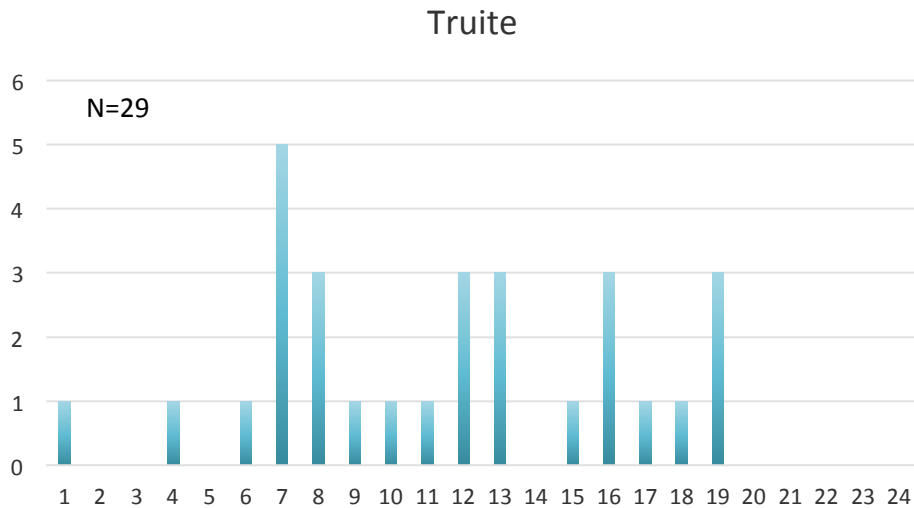
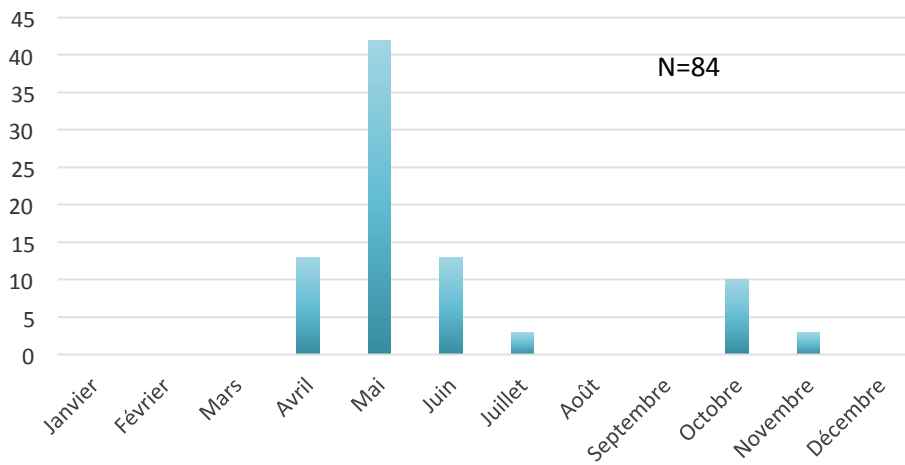


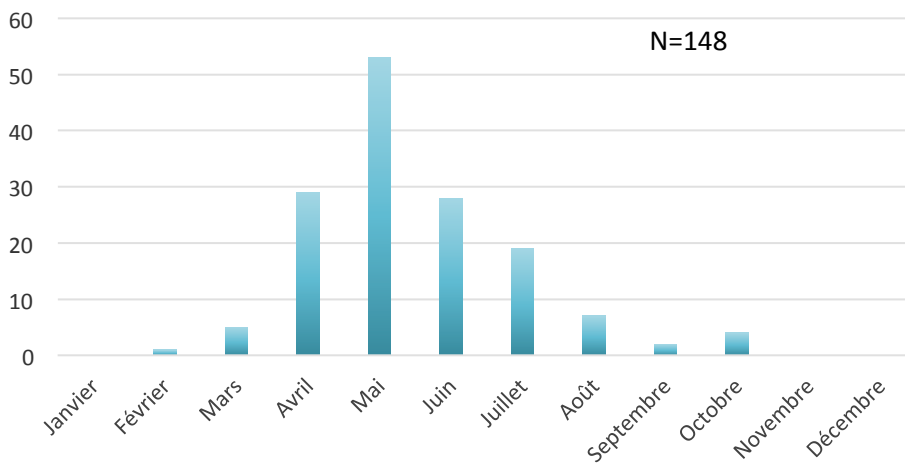
Figure 17. Heure de la première détection des poissons dans les échelles à poissons de Monsin (antenne amont), d'Ivoz-Ramet sur la Meuse et des Grosses Battes sur l'Ourthe.

Au niveau de la répartition mensuelle des détections (fig.18), toutes détections cumulées au cours de la période 2010-2016, 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 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 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. Enfin pour l'anguille on observe une période de détection de juin à septembre lorsque la température de l'eau atteint et dépasse les 20°C. A noter la présence d'autres espèces comme l'aspe, le silure, le gardon et la carpe du mois d'avril à septembre.

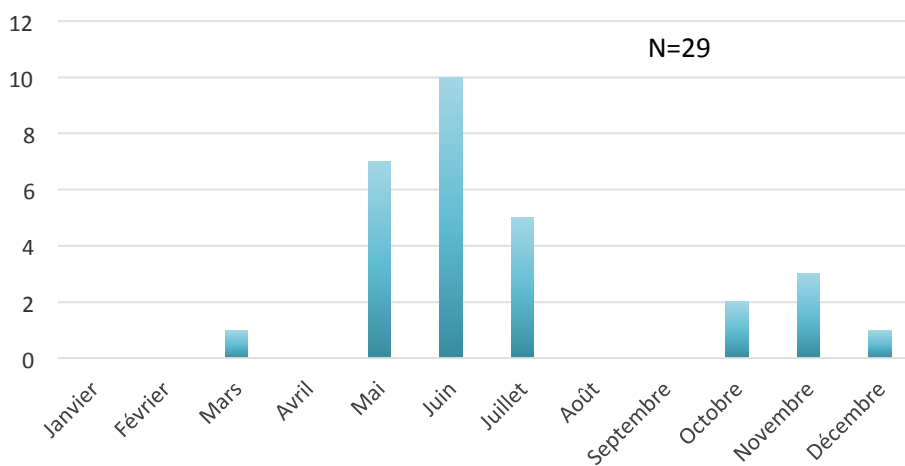
Barbeau



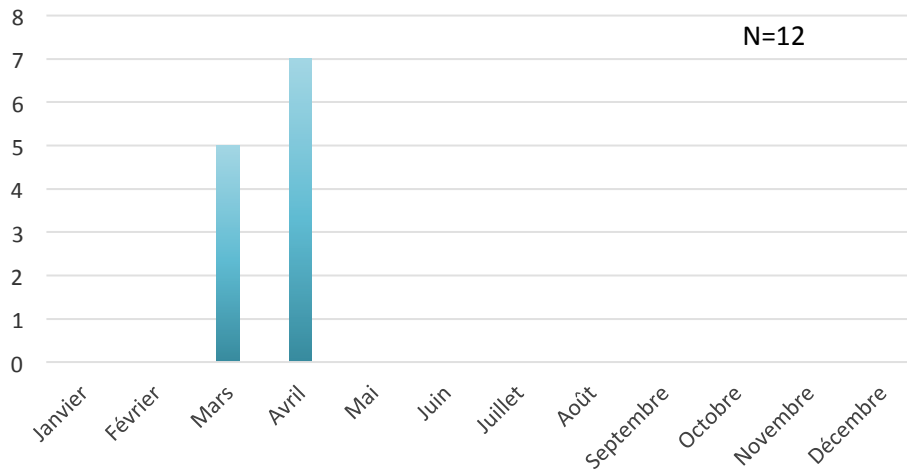
Chevaine



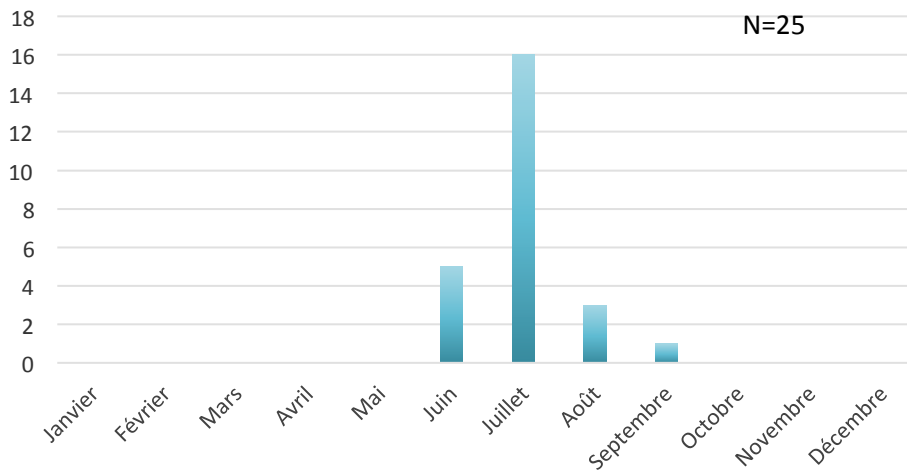
Truite



Hotu



Anguille



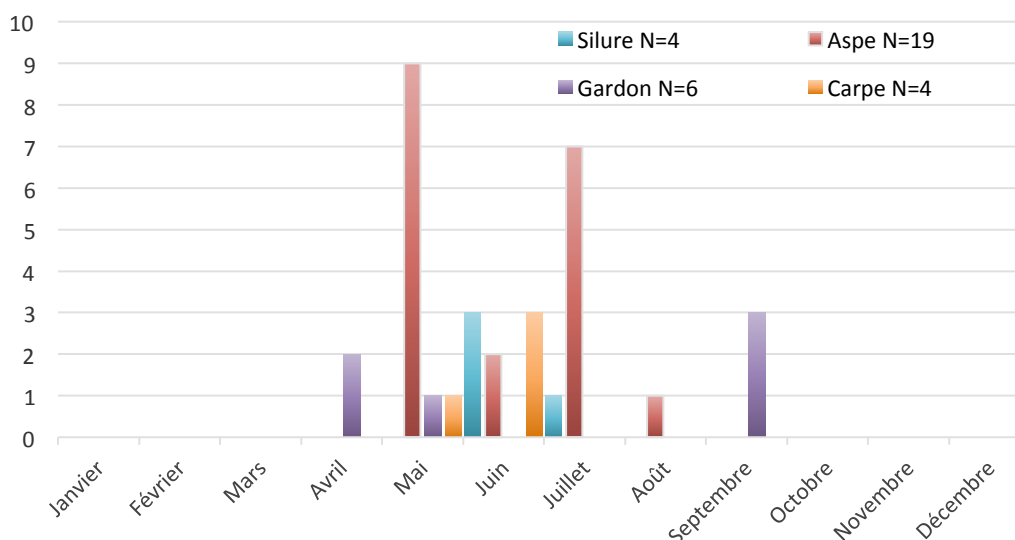


Figure 18. Nombre d'individus différents détectés dans les échelles à poissons, de Monsin, d'Ivoz-Ramet et des Grosses Battes, au cours de l'année (période 2010-2016)

3.1.6 Conclusions et perspectives

Au cours de ces six années (2010-2016), les déplacements de poissons munis d'un transpondeur et relâchés dans la Meuse en amont du barrage de Lixhe après capture, a pu bénéficier 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 type de 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 espèces rhéophiles bifurquent majoritairement vers les Grosses Battes dans l'Ourthe (73,2%) mais le choix de la Meuse vers Ivoz-Ramet n'est pas négligeable

(32,8%). Dans cette catégorie, ce sont les chevaines qui se répartissent le plus équitablement entre l'Ourthe et la Meuse avec 44 % vers la Meuse et 56% vers l'Ourthe, les autres espèces choisissent préférentiellement l'Ourthe. Les anguilles choisissent préférentiellement de poursuivre leur route vers la Meuse avec 57% des individus mais la proportion d'individus qui bifurquent vers l'Ourthe n'est pas négligeable (43%).

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 50% 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 réfléchir à ce problème 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 passe 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.

4 CARACTERISATION DE LA DEVALAISON DES SMOLTS DE SAUMONS ET TRUITES DE MER DANS LA BASSE OURTHE A MERY AU PRINTEMPS 2016 AU COURS D'UNE DIXIEME SAISON DE PIEGEAGE) (ULG)

4.1 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 2016, le piégeage s'est déroulé du 16 mars au 30 mai (76 jours), pour la neuvième année consécutive.



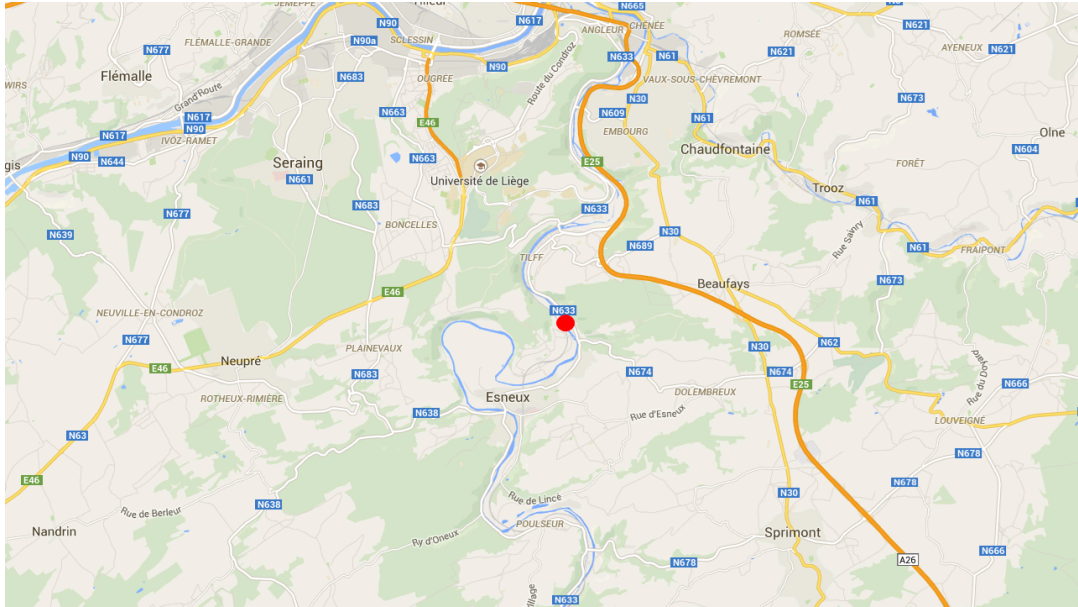


Figure 1. Carte de localisation du site du barrage dans le réseau hydrographique belge (photo du dessus) et localisation plus précise dans le bassin de l'Ourthe (carte du dessous).



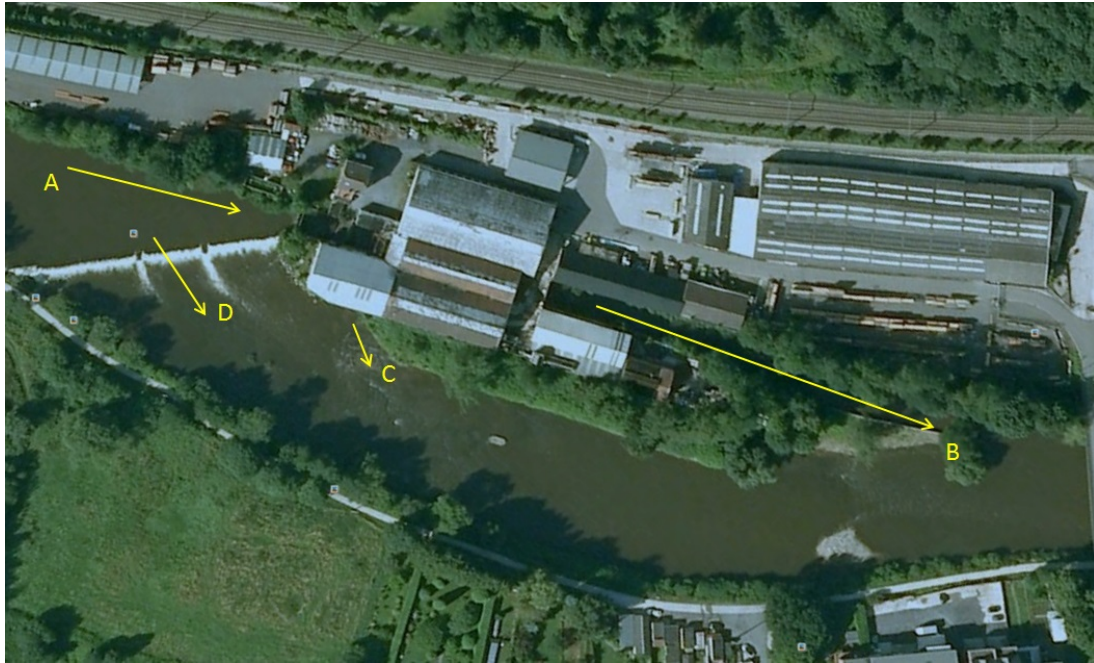


Figure 2. Vue latérale (au-dessus) et aérienne (en-dessous) du site du barrage de Méry avec la centrale hydroélectrique Mérytherm. Les flèches indiquent les mouvements d'eau : (A) entraînement de l'eau dans le canal de prise d'eau au fond duquel se trouvent l'entrée des deux turbines protégées par une 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 de 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 2016, nous avons réalisé 24 contrôles du piège de dévalaison durant la période de dévalaison des smolts entre le 16 mars et le 30 mai à raison de 2 à 3 fois par semaine. Le piège n'a pas pu être contrôlé en raison de débits trop importants entre le 1 et 3 avril et le 30 avril et 1 mai. 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)

4.2 Conditions environnementales

4.2.1 Régime hydrologique

On observe au cours de la période de piégeage en 2016, une diminution progressive du débit entre début mars et fin mars passant de 89 m³/s le 1 mars à 41,8 m³/s le 28 mars (fig. 5). On a ensuite enregistré une forte augmentation du débit avec un maximum de 132,8 m³/s le 1 avril 2016. Ensuite le débit diminue progressivement jusqu'au 22 avril avec un minimum de 28,9 m³/s le 22 avril. On observe une seconde augmentation du débit moins importante avec

un maximum de 75,5 m³/s le 1 mai suivi d'une diminution progressive. Enfin le 31 mai un troisième pic de débit est enregistré avec 113,4 m³/s. Cette année 2016 est donc caractérisée par la présence d'un important pic de débit au début de la saison de migration, à une période de forte mobilité potentielle des smolts, comme ce fut également le cas en 2015 (figure 5).

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 indirectement dans l'exutoire de dévalaison. En 2016, nous n'observons aucun jour où le débit est inférieur à 20 m³/s. En 2016 le débit moyen de l'Ourthe est de 53,3 m³/s contre 41,5 m³/s en 2015 durant la période de contrôle du piège de dévalaison de Mery.

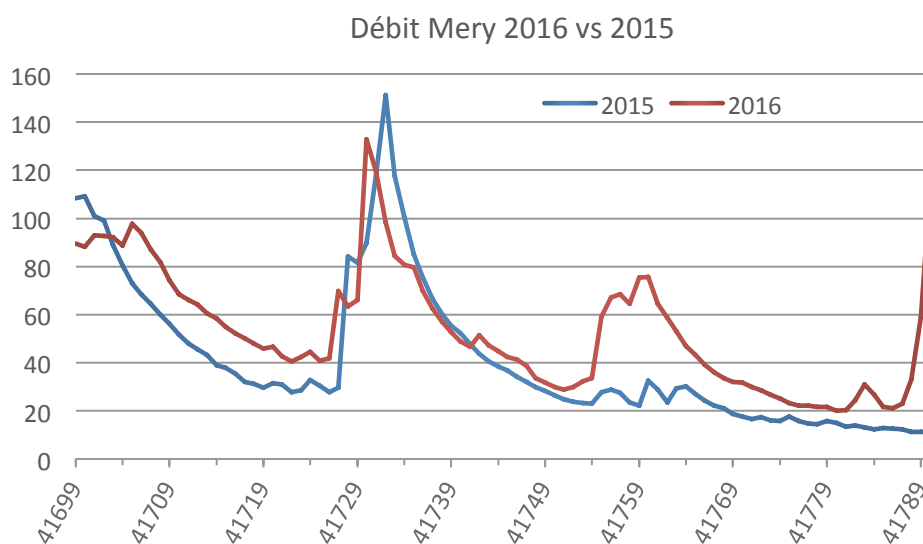


Figure 5. Régime des débits (moyennes journalières) dans l'Ourthe à Méry en mars-juin 2015 et 2016. Source des informations : SETHY-SPW.

4.2.2 Régime thermique

Début mars la température est de 4,3°C, elle augmente progressivement pour atteindre 8,8°C fin mars. Début avril nous observons une augmentation de la température avec 10,8°C le 4 avril. A partir de cette date la température reste comprise entre 9°C et 11,2°C jusqu'au 24 avril où l'on enregistre une diminution de la température pour atteindre un minimum de

7°C le 28 avril. Ensuite on observe une augmentation progressive de la température avec un maximum de 16,7°C enregistré le 10 mai suivi d'une fluctuation de la température comprise entre 16,6°C et 12,6°C jusque fin mai. La température moyenne mensuelle en 2015 a été de 6,3°C en mars (vs 6,9°C en 2015), 9,7°C en avril (vs 10,4°C en 2015) et 14,1 °C en mai (vs 14,5 °C en 2015). Le profil thermique de l'Ourthe en 2016 est comparable à celui de 2015 avec des températures légèrement plus faibles en 2016. La température moyenne de l'Ourthe en 2016 est de 10,0°C contre 10,6°C en 2015 durant la période d'étude.

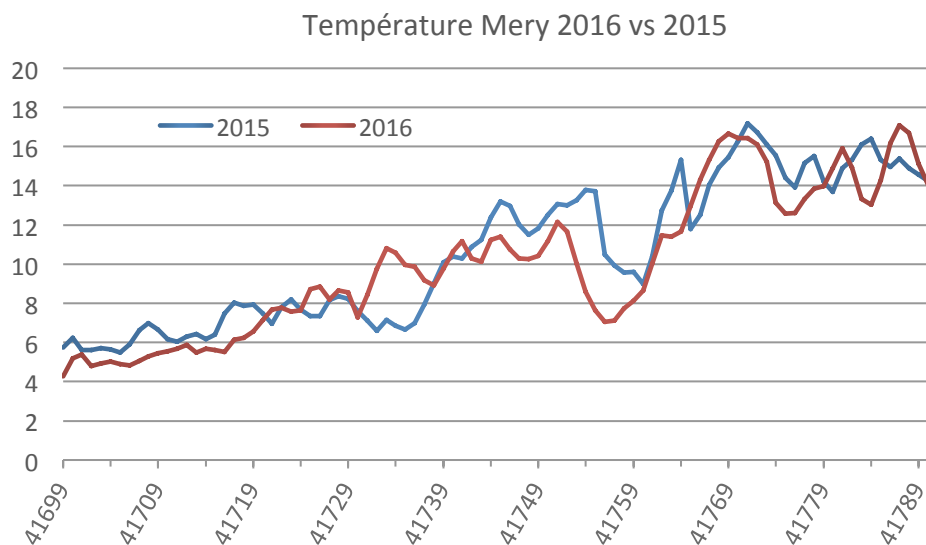


Figure 6. Régime des températures (moyennes journalières) dans l'Ourthe à Méry en mars-juin 2015 et 2016.

4.3 Bilan général des captures toutes espèces confondues

Le tableau 1 présente le détail des captures multispécifiques qui s'élèvent à 445 poissons appartenant à 17 espèces. Les plus abondantes numériquement sont le saumon atlantique (n=215), la truite commune (n=122), le gardon (n=32) et le chevaine (n=19). En nombre d'individus, les résultats obtenus en 2016 sont nettement inférieurs aux résultats obtenus durant les dernières années, par exemple, 1077 individus en 2015, 5462 individus en 2014 qui reste l'année où l'on enregistre le plus grand nombre de captures. Au point de vue diversité spécifique seules 17 espèces ont été répertoriées en 2016 contre 24 en 2015. Sur l'ensemble de contrôles effectués depuis 2007 à Méry, nous avons observé 29 espèces différentes.

Sur l'effectif total (n=215) des smolts de saumon capturés en 2016, nous observons une plus

grande proportion (56%) de smolts provenant de déversements dans l'Amblève lors d'expériences de marquage-recapture réalisées par l'Université de Liège sur le barrage de Lorcé et la centrale hydroélectrique de Heid de Goreux en vue d'identifier les voies de passages des smolts lors de la dévalaison et par le service de la pêche dans le cadre d'un travail de fin d'étude sur l'influence de la photopériode sur la dévalaison des smolts de saumon. Les 44% restant des smolts capturés à Mery (n=95) sont issus des déversements en tacons dans l'Amblève et dans l'Ourthe.

Sur l'ensemble des smolts de truite capturés à Mery, 7 % proviennent d'un déversement de smolts issus des étangs de Chanxhe. Le reste provient de déversements en truitelles ou de reproductions naturelles.

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

Le nombre de smolts saumon capturés en 2016 est largement inférieur à celui de 2015 et aux autres années (n=215 en 2016 contre n=446 en 2015 et n=4527 en 2014). On a également enregistré en 2016 une diminution des captures de truites à Mery avec 122 individus en 2016 contre 334 en 2015

Tableau 1. Bilan des captures des poissons dans le piège de dévalaison de la centrale hydroélectrique Mérytherm sur la basse Ourthe pendant la période du 16 mars au 30 mai 2016 (24 contrôles pour 76 jours de piégeage en continu).

Espèce	Poissons capturés		Longueur Lf mm	
	N	%	Min	Max
Saumon atlantique	215	48,31		
- smolts	4	-	100	197
- tacons	211	-	103	117
Truite commune	122	27,42		
- smolts	86	-	112	250
- non smolts	36	-	100	342
Truite aec	12	2,70	287	397
Barbeau	5	1,12	125	377
Ombre	8	1,80	155	420
Chevaine	19	4,27	49	520
Ablette commune	2	0,45	74	80
Ablette spirilin	1	0,22		85
Rotengle	2	0,45	126	167
Chabot	1	0,22	86	
Gardon	32	7,19	46	262
Goujon	10	2,25	89	182
Perche fluviatile	6	1,35	71	397
Perche soleil	1	0,22		102
Vandoise	7	1,57	63	107
Carpe commune	1	0,22	525	
Epinoche	1	0,22		34
Total	445			

(*) Tous les saumons atlantiques sont des poissons issus de repeuplements de réintroduction en tacons car aucune reproduction naturelle n'a été observée dans les milieux concernés, à l'exception des individus provenant des déversements dans le cadre d'expériences.

4.4 Caractéristiques de la population des saumoneaux dévalants

4.4.1 Classes de tailles

La figure 7 montre l'histogramme des tailles des smolts de saumon sur 97 individus « semi-sauvage » issus de tacons remis en rivière. Pour les smolts de saumon, la taille minimum est de 100mm et la taille maximum est de 177mm, la taille moyenne générale est de 135mm.

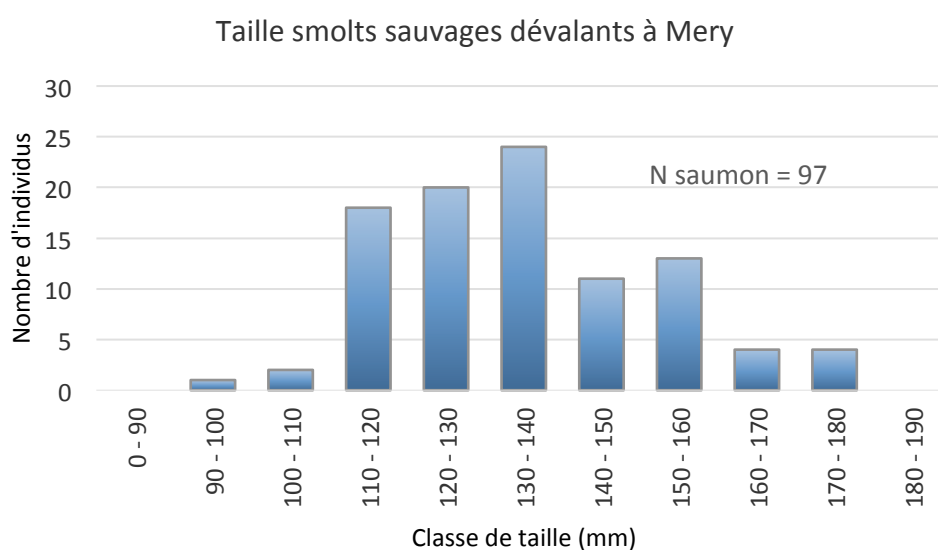


Figure 7. Echantillon d'histogramme des fréquences de tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des saumoneaux « semi-sauvages » interceptés en dévalaison dans le piège de la CHE Mérytherm dans l'Ourthe à Méry en 2016.

La figure 8 montre l'histogramme des tailles des smolts de saumon sur 97 individus provenant de marquages par RFID ou élastomère déversés dans l'Amblève dans le cadre d'un suivi rfid et dans l'Ourthe dans le cadre d'un travail de fin d'étude sur l'influence de la photopériode sur la dévalaison des smolts de saumon au printemps 2016. Pour les smolts de saumons, la taille minimum est de 132mm et la taille maximum est de 197mm, la taille moyenne générale est de 151mm.

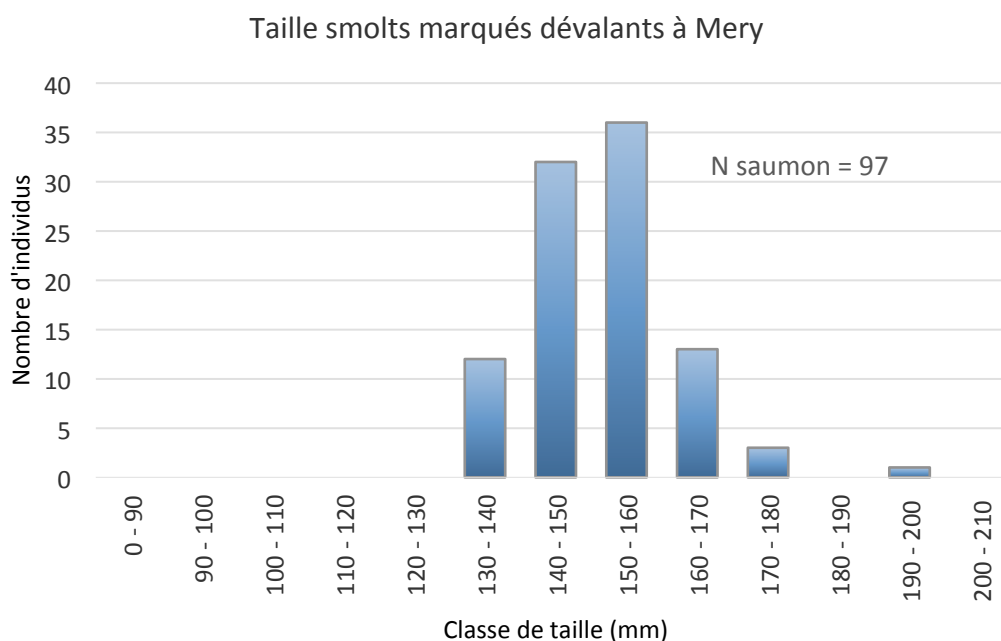


Figure 8. Echantillon d’histogramme des fréquences de tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des saumoneaux marqués par RFID ou élastomer interceptés en dévalaison dans le piège de la CHE Mérytherm dans l’Ourthe à Méry en 2016.

4.4.2 Périodicité des captures en début 2016

La figure 9 montre l’évolution au cours du temps des captures à Mery des saumoneaux dévalants « semi-sauvage » issus des repeuplements en tacons de 2015 en relation avec la température. Les captures s’étalent du 29 mars au 31 mai 2016, avec un premier pic de captures à des températures comprises entre 8,6°C et 9°C le 29 mars 2016. Ce pic est suivi d’une diminution des captures jusqu’au 21 avril puis d’une augmentation des captures entre le 21 et 25 mars, avec 15 et 17 individus capturés à des températures comprises entre 8,6°C et 11,2°C. On enregistre les dernières captures le 31 mai 2016 à une température de 15,1°C. La température moyenne de capture est de 10°C

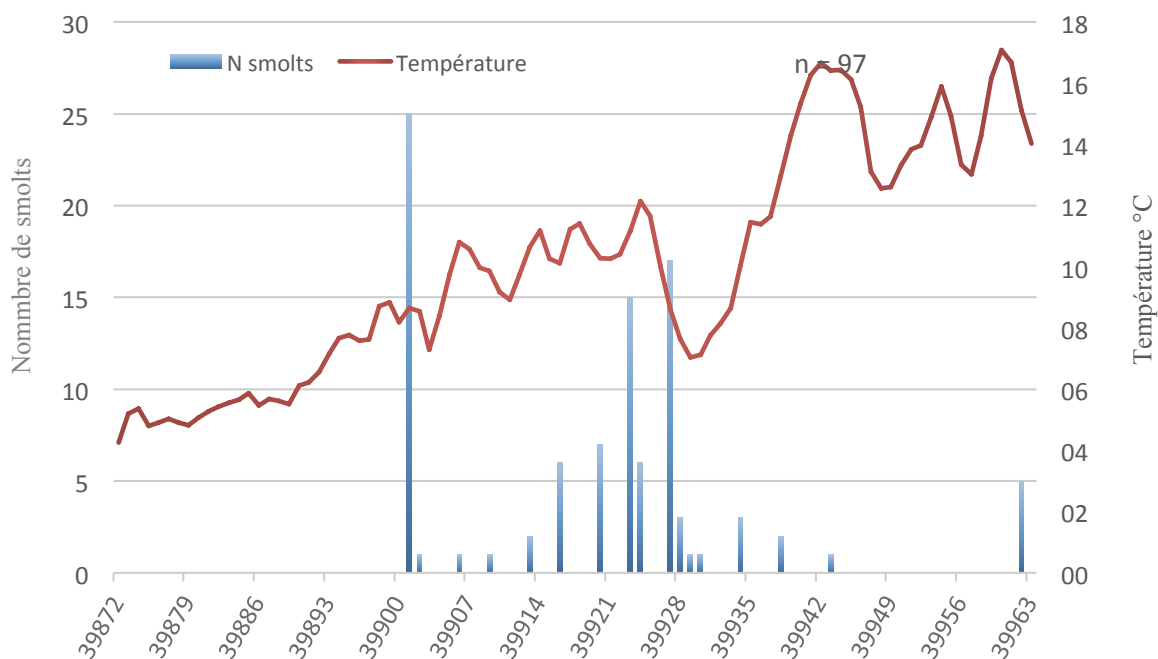


Figure 9. Nombre de saumoneaux « semi-sauvages » piégés en dévalaison dans l’Ourthe à Méry au printemps 2016 en relation avec les valeurs moyennes journalières de la température de l’eau.

Au printemps 2016 on observe un premier pic de captures de 25 individus suite à une augmentation du débit de $5\text{m}^3/\text{s}$. Après ce premier pic de captures nous observons une forte augmentation du débit le 1 avril avec un maximum de $132,8\text{m}^3/\text{s}$ (fig. 10), des conditions hydrologiques peu favorables à l’entraînement des smolts dévalants dans la prise d’eau de la centrale ($10\text{m}^3/\text{s}$), ce que pourrait expliquer le très faible nombre de captures durant cette période de hauts débits, ces hauts débits ont entraîné un arrêt de contrôles du piège entre le 1 et 3 avril. Ensuite on remarque une légère augmentation des captures à partir du 14 avril lorsque le débit diminue. Un second pic de débit est observé fin avril avec un débit maximum de $75\text{m}^3/\text{s}$ le 30 avril et le 1 mai entraînant un arrêt des contrôles durant ces deux jours. Le débit moyen de capture pour la période d’étude en 2016 est de $47,4\text{m}^3/\text{s}$.

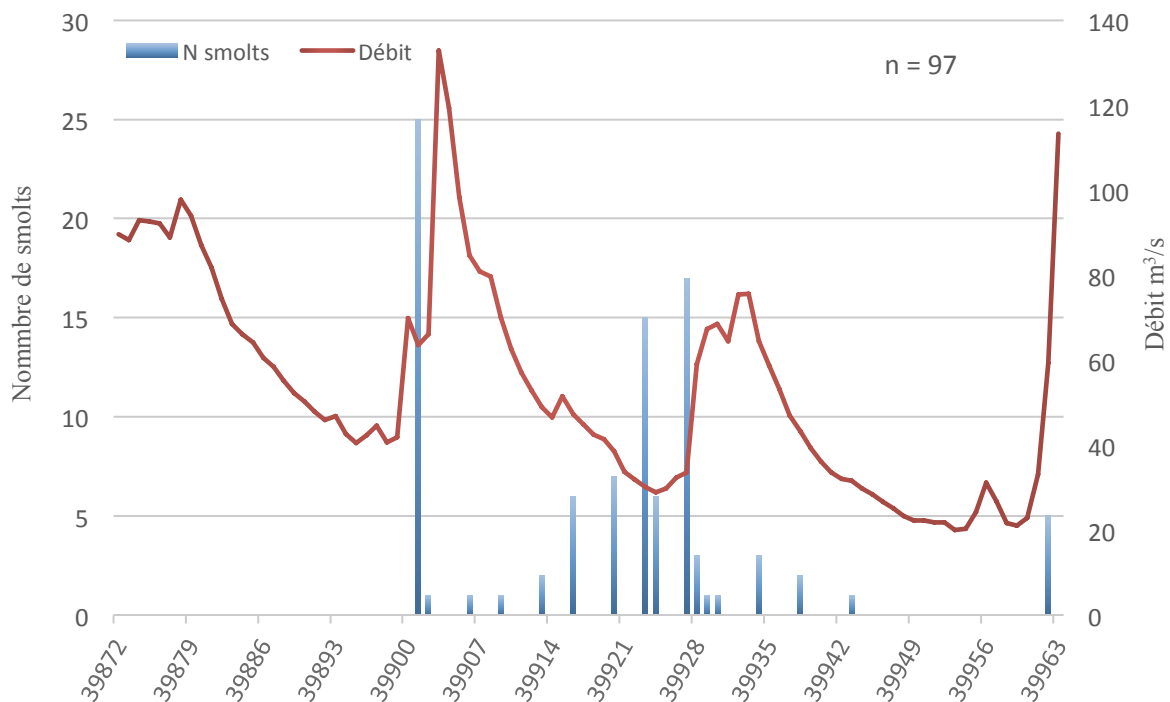


Figure 10. Nombre de saumoneaux « semi-sauvages » piégés en dévalaison dans l’Ourthe à Méry au printemps 2016 en relation avec les valeurs moyennes journalières du débit.

4.4.3 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. Pour l’année 2016, les smolts « semi-sauvage » sont affectés par des sangsues avec 32 % des individus touchés. On dénombre 15,5% des smolts « semi-sauvage » touchés par la saprolégniose. Nous n’observons aucun smolt saumon déversé au printemps 2016 atteint de saprolégniose ou affecté par des sangsues contrairement aux années précédentes.

Tableau 2. Proportion des smolts dévalants dans l'Ourthe à Mery en 2016 affectés par la saprolégniose et les sangsues.

Pathologie	2016 (sauvage)
Saprolégniose	15,50% 15/97
Sangsues	32,00% 31/97

4.4.4 Expérience de dévalaison sur l'Amblève à Lorcé

En 2012, le barrage de Lorcé sur l'Amblève est équipé d'un exutoire de dévalaison. Dans le cadre d'un projet FEP et de projets financés par la DGO3, une station de détection automatique RFID a été installée sur le site de Lorcé, 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. Aux printemps 2015 et 2016, 4 antennes supplémentaires sont installées sur le site de la centrale hydroélectrique de Heid de Goreux situé 8km en aval du barrage de Lorcé, la central hydroélectrique de Heid de Goreux est alimentée par la retenue d'eau du barrage de Lorcé via une conduite forcée, il en résulte une diminution du débit entre le barrage de Lorcé et la centrale de Heid de Goreux ou un débit réservé de 3m³/s est d'application. Ce dispositif d'antennes nous a permis d'identifier les différentes voies de passages empruntées par les smolts lors de leur dévalaison, deux antennes ont été installées dans le chenal de sortie des turbines de Heid de Goreux et deux à la sortie du débit réservé. Sur l'ensemble des 5 années de suivis (2012 à 2015 pour projet FEP et 2016 SPW), 2457 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 et au niveau du complexe de la centrale de Heid de Goreux. Aux cours des cinq dernières années (2012-2016), 236 individus marqués par transpondeur RFID ont été capturés dans le piège de dévalaison de Mery située 46km en aval du barrage de Lorcé. On observe qu'il faut en moyenne 7,6 jours aux smolts pour parcourir les, avec un minimum de 2 jours et un maximum de 20 jours. Des résultats complémentaires relatifs au

« Monitoring des passes à poissons de Lorcé et du suivi de la dévalaison des saumons par téléométrie » est accessible via le lien : <http://hdl.handle.net/2268/205106>

4.5 Dévalaison des autres espèces.

4.5.1 Smolts de truite

La figure 11 montre l'histogramme des tailles des smolts truite sur un échantillon de n=81 individus capturés en dévalaison dans le piège de la CHE de Méry en 2016. La taille minimum est de 112mm, la taille maximum est de 250mm et la taille moyenne est de 1171mm.

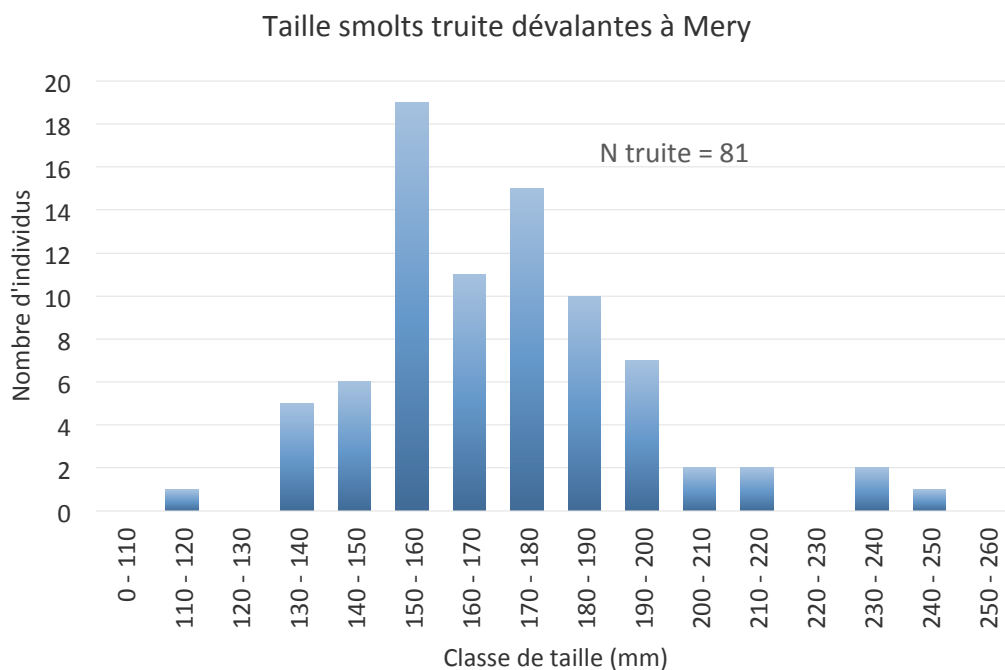


Figure 11. Histogramme des fréquences de tailles (longueur à la fourche, Lf en mm) des smolts truite interceptés en dévalaison dans le piège de la CHE Mérytherm dans l'Ourthe à Méry en 2016.

Les captures des smolts de truite dévalants à Mery (fig. 12) sont réparties sur une période de 32 jours, du 30 mars au 30 mai, à des températures comprises entre 7°C et 16,4°C. On enregistre les premières captures lorsque la température de l'eau est de 8,6°C le 30 mars 2016.

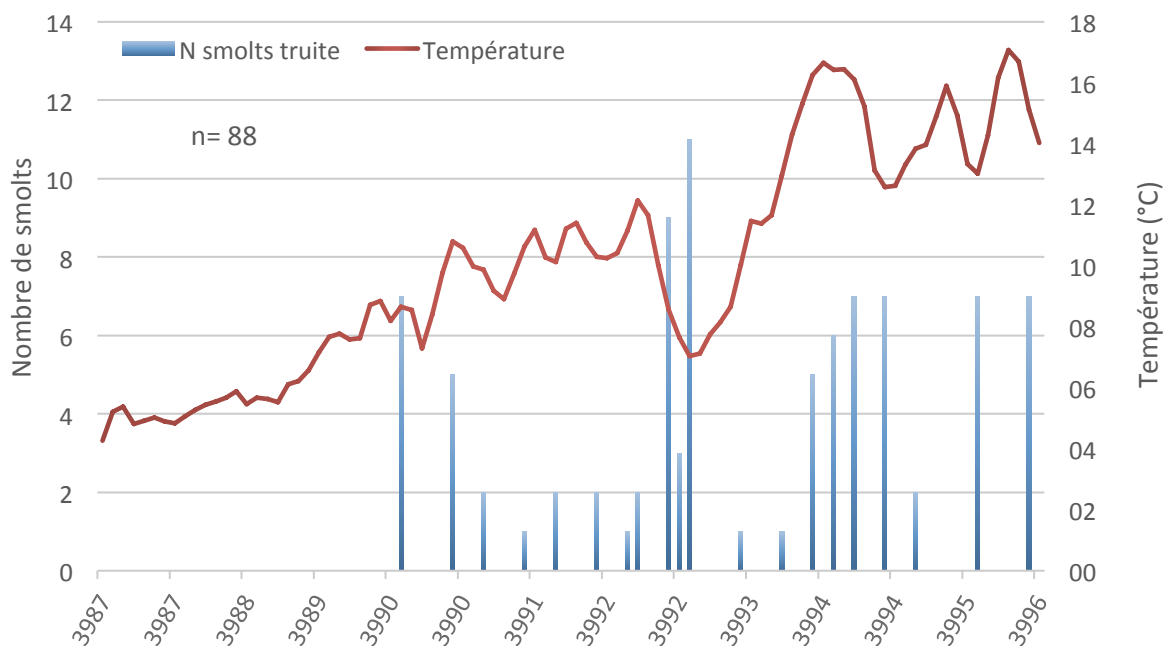


Figure 12. Nombre de smolts de truite piégés en dévalaison dans l'Ourthe à Méry au printemps 2016 en relation avec les valeurs moyennes journalières de la température de l'eau.

Au cours du printemps 2016, on observe des captures de smolts de truite du 30 mars au 30 mai 2016 avec un effectif total de 88 individus (fig. 13). Les smolts truites sont capturés à des débits compris entre 28,9 m³/s et 84,6 m³/s. Le débit de l'Ourthe est resté relativement important durant une bonne partie des contrôles avec un débit moyen journalier de 53,6 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.

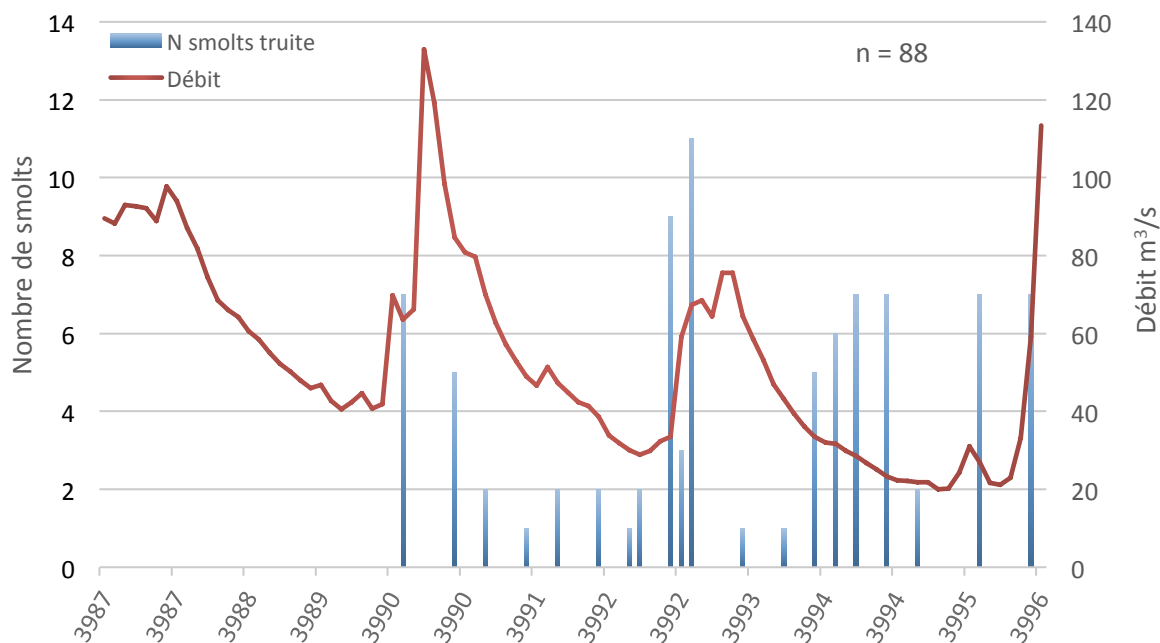


Figure 13. Nombre de smolts de truite piégés en dévalaison dans l’Ourthe à Méry au printemps 2016 en relation avec les valeurs moyennes journalières du débit.

4.5.2 Autres espèces

Les captures de truites communes à morphotype fario (n=36) se produisent du 23 mars au 30 mai 2016 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=12) se produisent du 14 avril au 30 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.

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

Au cours des neuf années (2007, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016) qui ont permis la capture d’un nombre important de 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 2016, du 22/04 en 2014, du 23/04 en 2007 et 2012, du 27/04 en 2015 et du 30/04 en 2010 (tabl. 3). La date de la première dévalaison se situe entre le 3 et 30 mars à des températures de 5,0°C et 8,2°C. La date correspondant au percentile 10 varie entre le 30 mars en 2016 et le 25 avril en 2013 et 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 lieu plus tôt dans la saison et à des températures basses (< 7 °C). La température moyenne de dévalaison est comprise entre 10,1°C en 2013 et 14,7 en 2007. La diminution des captures en 2015 et 2016 dans le piège de dévalaison à Mery peut s'expliquer par un débit élevé en début de période de dévalaison ce qui a probablement attiré un grand nombre de smolts vers le déversoir. Ces conditions de hauts débits des printemps 2015 et 2016 ont été probablement propices 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 2007-2016. L'année 2008 doit être considérée comme atypique pour l'échantillonnage des smolts dévalant

		Années									
		2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007
16/03-30/05	12/03-31/05	76	81	90	99	106	85	77	52	50	70
		101	373	4474	4502	2179	1367	517	147	35	671
100-197	100-196	143	144	103-324	84-256	97-2216	97-232	100-245	104-198	90-169	114-205
				152	147	148	-	140	133	152	?
30-mars	19-mars	8,6	8	7,5	11-mars	05-mars	03-mars	24-mars	20-mars	22-avr	23-mars
					7,4	7,7	5	8,2	6,5	11,2	5,7
63,5	31,9	28,1	41	41,8	60	62	61	61	56	61	77
30-mai	18-mai	30-mai	16-juin	14-juin	13-mai	31-mai	05-juin	21-mai	11-mai	11-mai	11-mai
15,1	15,2	16,5	16,3	14,6	17,5	14,4	14,3	14,7	14,7	14,7	14,7
59,2	14,6	9,3	24,3	18,8	9,5	16	18,5	18	18,5	18	25
30-mars	31-mars	07-avr	25-avr	06-avr	04-avr	19-avr	12-avr	28-avr	15-avr	28-avr	15-avr
21-avr	27-avr	22-avr	02-mai	23-avr	11-avr	11-avr	16-avr	07-mai	23-avr	07-mai	23-avr
02-mai	06-mai	02-mai	08-mai	03-mai	26-avr	14-mai	05-mai	18-mai	30-avr	18-mai	30-avr
10	10,6	13,2	10,1	11	12,8	12,3	12,6	15,1	14,7	15,1	14,7

5 Suivi par télémétrie acoustique de la migration des Smolts dans l'axe Ourthe-Meuse-Canal Albert (équipe Ulg)

5.1 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 lorsque les smolts démarrent leur migration tard dans le printemps. En 2014 et 2015, des suivis 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 de voies de passages. Sur un total de 60 smolts marqués au cours de ces deux années, seuls n=4 (6,6%) sont arrivés vivants en aval du barrage de Lixhe (Ovidio et al., 2016). Nous avons constaté que 70% de smolts marqués stoppent leur migration en amont du barrage de Monsin.

Cette étude complémentaire de 2016 sur le comportement de dévalaison de smolts de saumons atlantiques par télémétrie acoustique s'est poursuivie dans la 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 Kanne.

Dans le cadre de cette étude nous avons procédé en 2014 à l'installation de 18 balises acoustiques (VR2W de chez Vemco, Canada) avec la collaboration de l'INBO (Instituut voor Natuur en Bosonderzoek), qui a mis 15 balises à notre disposition ainsi que 20 émetteurs en 2014, 40 en 2015 et 12 en 2016 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, 11 en Meuse dont 1 en amont de la confluence avec l'Ourthe et 3 dans le canal Albert. Les balises acoustiques sont placées sous l'eau et solidement fixées dans la majorité des 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.

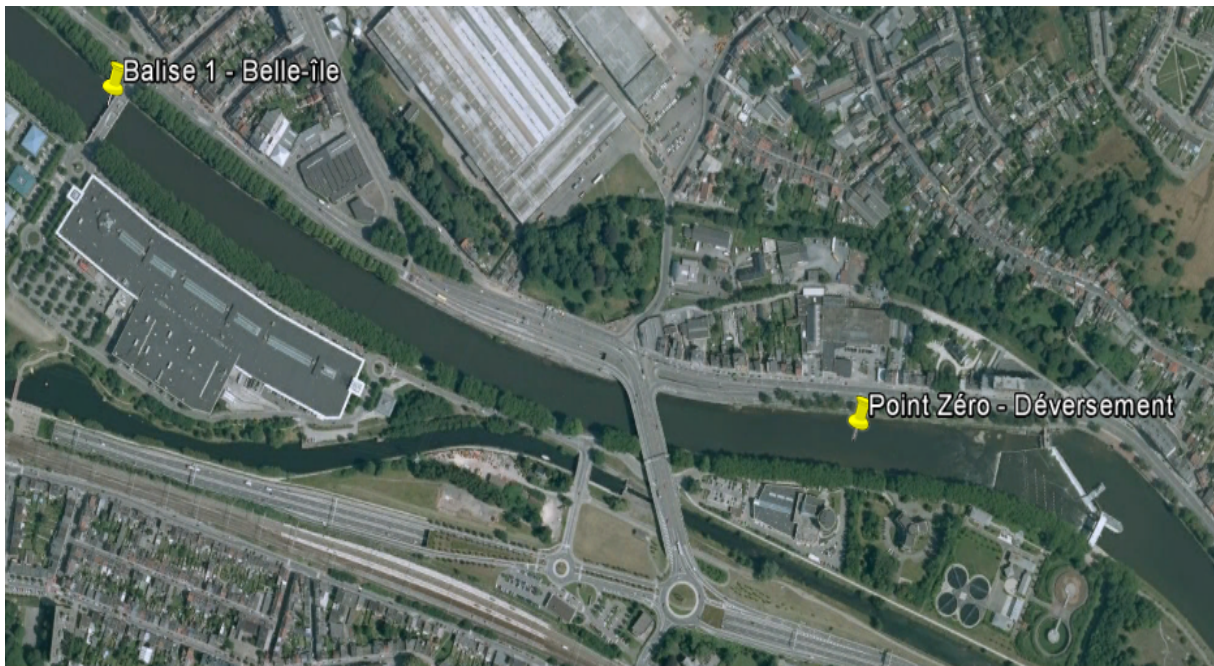


Figure 1. Point de déversement des smolts équipés d'émetteurs et localisation de la balise 1 sur la basse Ourthe



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

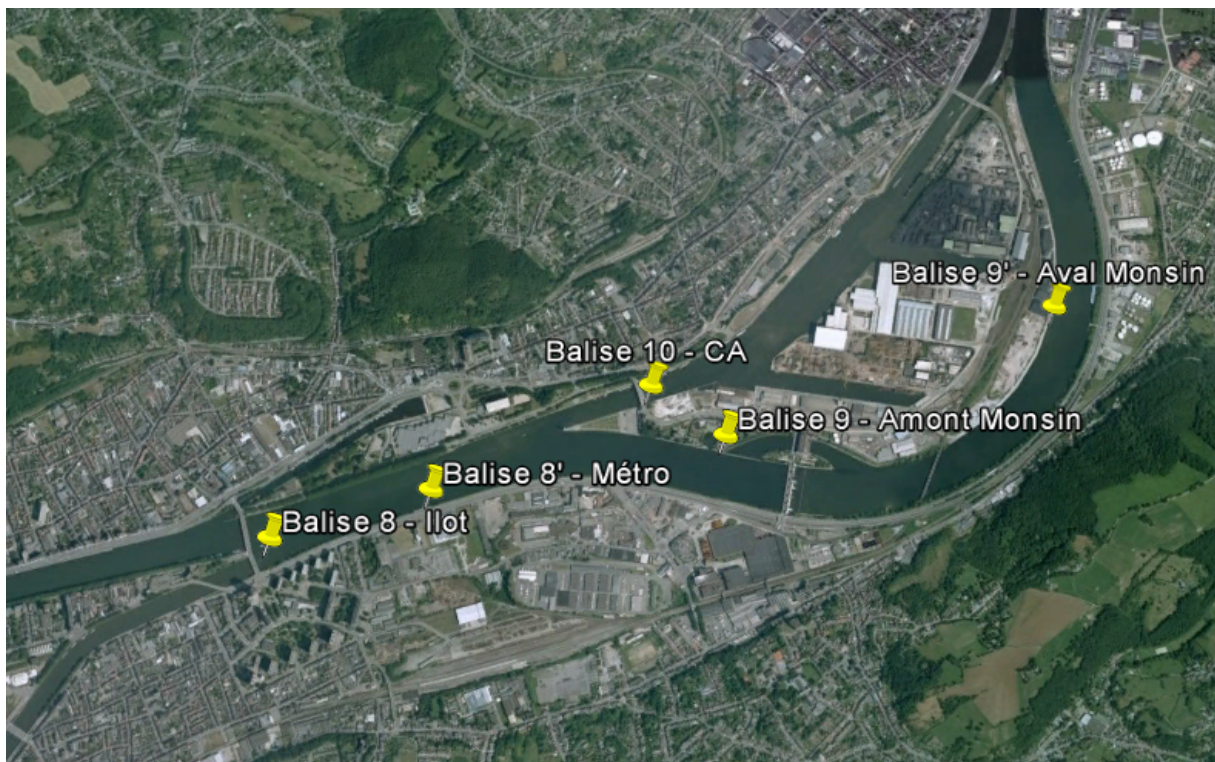


Figure 3. Balises sur la Meuse (8-8'-9-9') et le canal Albert (10)

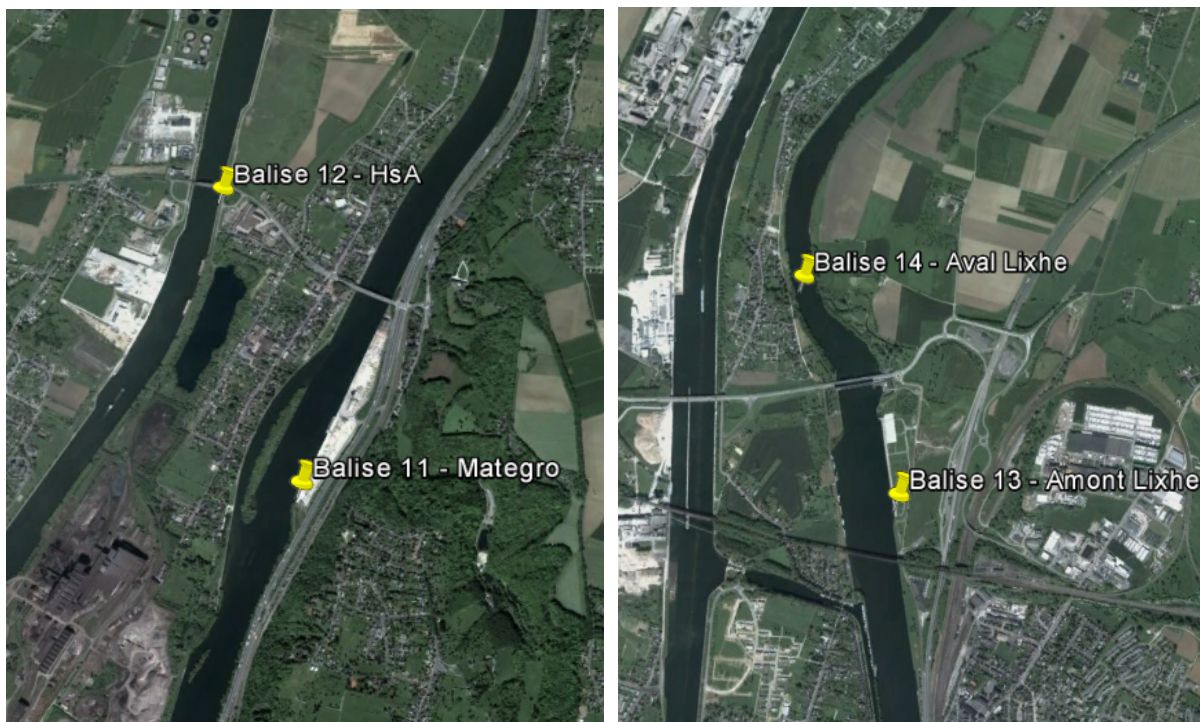


Figure 4. Balises sur la Meuse (11-13-14) et le canal Albert (12)



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, 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. Après une courte période de récupération en stabulation, les poissons sont remis à l'eau le jour de l'opération.

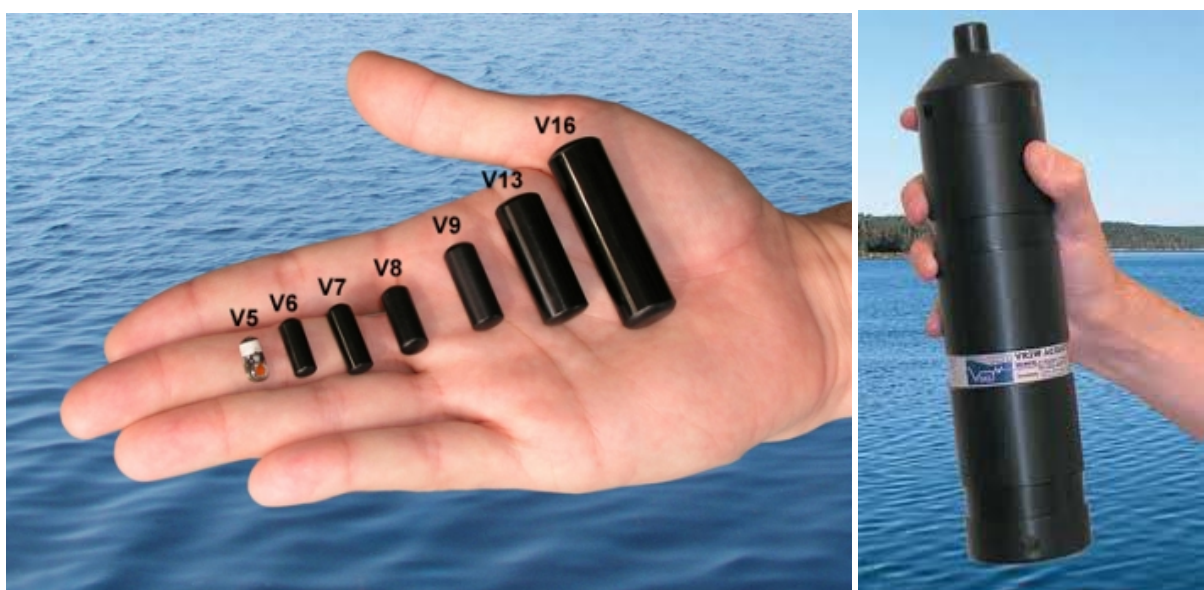


Figure 6. Émetteurs actifs acoustiques à gauche et récepteur acoustique à droite

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 l'Ourthe et 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. Au cours du suivi au printemps 2016, 12 smolts ont été marqués et relâchés en aval du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe. A noter que deux balises ont été perdues au cours de la période de suivi, la balise 1 qui était placée au niveau du pont de Belle île et la balise 11 qui se trouvait à Hermalle sous Argenteau dans la Meuse.

L'opération de marquage a été effectuée le 13 avril 2016 sur 12 smolts (tab. 1) issus de la pisciculture d'Erezée. Les individus marqués ont été relâchés le 13 avril 2016 à 16h00 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 10,4°C et de 16,6°C et le débit était de 65,4 m³/s et 288,9 m³/s. La taille moyenne des smolts marqués est de 167,7mm. La taille minimum des smolts marqués est de 166mm et la taille maximum est de 171mm.

Tableau 1. Marquage smolts saumon provenant d'Erezée le 13 avril 2016. Déversements effectués le 13 avril 2016 en aval du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe à Angleur.

Nr	Déversement	taille	Poids	Marques	code
1	13-04-16	166	47	34417	1213989
2	13-04-16	167	49	34428	1214000
3	13-04-16	166	49	34427	1213999
4	13-04-16	171	54	34426	1213998
5	13-04-16	166	49	34425	1213997
6	13-04-16	168	50	34424	1213996
7	13-04-16	168	50	34423	1213995
8	13-04-16	166	48	34422	1213994
9	13-04-16	166	46	34421	1213993
10	13-04-16	166	50	34420	1213992
11	13-04-16	170	55	34419	1213991
12	13-04-16	170	52	34418	1213990

5.2 Résultats

5.2.1 Comportements individuels observés en 2016

Les graphiques de patrons de migrations des smolts dans la Basse Ourthe, la dérivation de la Meuse et le canal Albert nous montrent les différents comportements des smolts entre le point de déversement, la séparation de la Meuse au niveau du complexe de Monsin et les différents obstacles rencontrés durant la migration de dévalaison. Durant ce suivi le débit moyen de la Meuse à Liège, enregistré durant les cinq jours suivant le déversement est de 274m³/s. Le graphique de la figure 7 illustre le parcours d'un smolt dont la dernière détection a été enregistrée en amont du barrage de Monsin. Déversé le 13 avril 2016 à 16h00, il est ensuite détecté le 14 avril à 1h52 au niveau de la balise située à 2km en aval du point de déversement, le 14 avril à 8h16 il se présente au niveau du complexe Meuse – Canal situé à

6,5km du lieu de déversement. Durant la phase de dévalaison on enregistre deux arrêts au niveau des balises situées dans la dérivation de la Meuse. Le temps nécessaire pour effectuer le trajet de 4,5km entre le lieu de la première détection et son arrivée au sein du complexe Meuse – Canal est de 6h16. Le 15 avril à 6h50 il est détecté au niveau de la balise située en amont du barrage de Monsin, où il sera ensuite détecté une seconde fois 18h00 plus tard. Après cette dernière détection en amont du barrage de Monsin, plus aucune détection n'a été enregistrée.

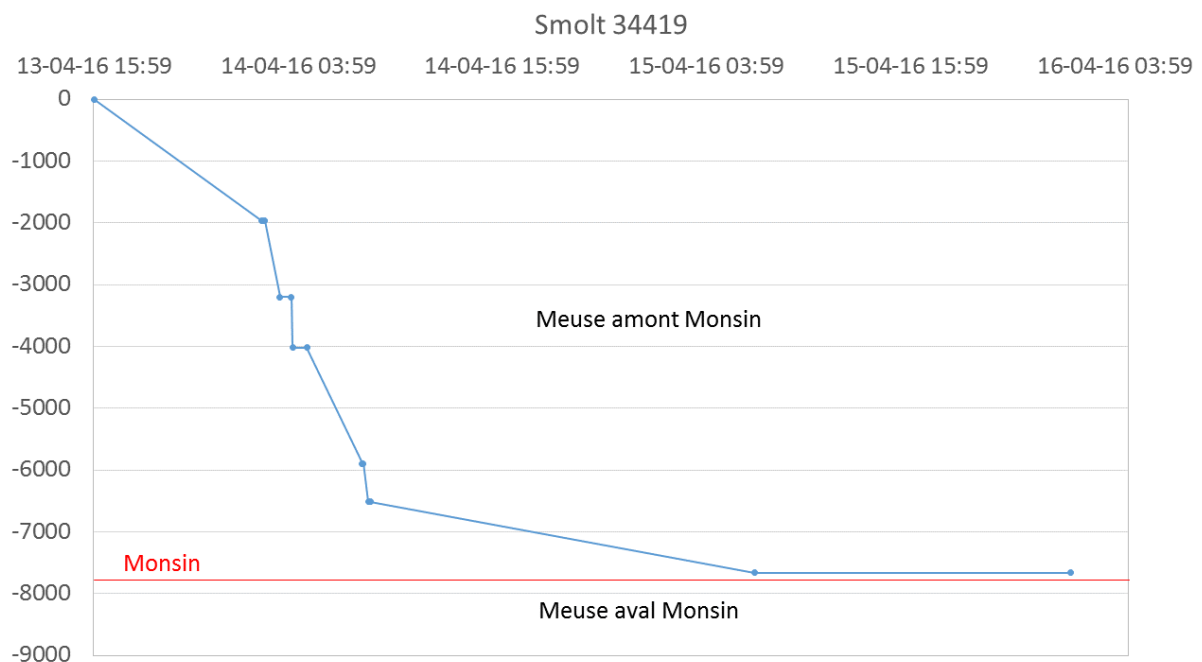


Figure 7. Représentations graphiques des déplacements réalisés par un smolt marqué à Erezée et déversés sur l'Ourthe en aval du barrage des Grosses Basses à Angleur qui est détecté uniquement en amont du barrage de Monsin en 2016.

Les graphiques de la figure 8 donnent un aperçu du comportement de deux individus suivis au printemps 2016 qui se sont dirigés vers le canal Albert. Sur le premier graphique 8a on observe que la première détection survient 5 jours après le déversement. Le smolt effectue le parcours entre la première détection et son arrivée au sein du complexe Meuse – Canal en 13h04. Il mettra 1h07 pour se décider à entrer dans le canal où il sera détecté durant 7h19 au niveau de la balise située à l'entrée du canal Albert. Il ne sera plus détecté par la suite. Sur le deuxième graphique 8b on observe que la dévalaison démarre le jour du déversement. Le smolt est détecté au niveau de la balise située à la confluence entre la dérivation de la Meuse et de l'Ourthe 5h43 après son déversement. Il atteint le complexe Meuse – Canal en 5h52 après sa première détection. Le smolt se dirige ensuite vers le Canal Albert où il

poursuit sa dévalaison jusque Veldwezelt située à 33km en aval du point de déversement. Entre la première et la dernière détection dans le canal Albert il s'est écoulé 7h33 pour effectuer une distance de 25,4km.

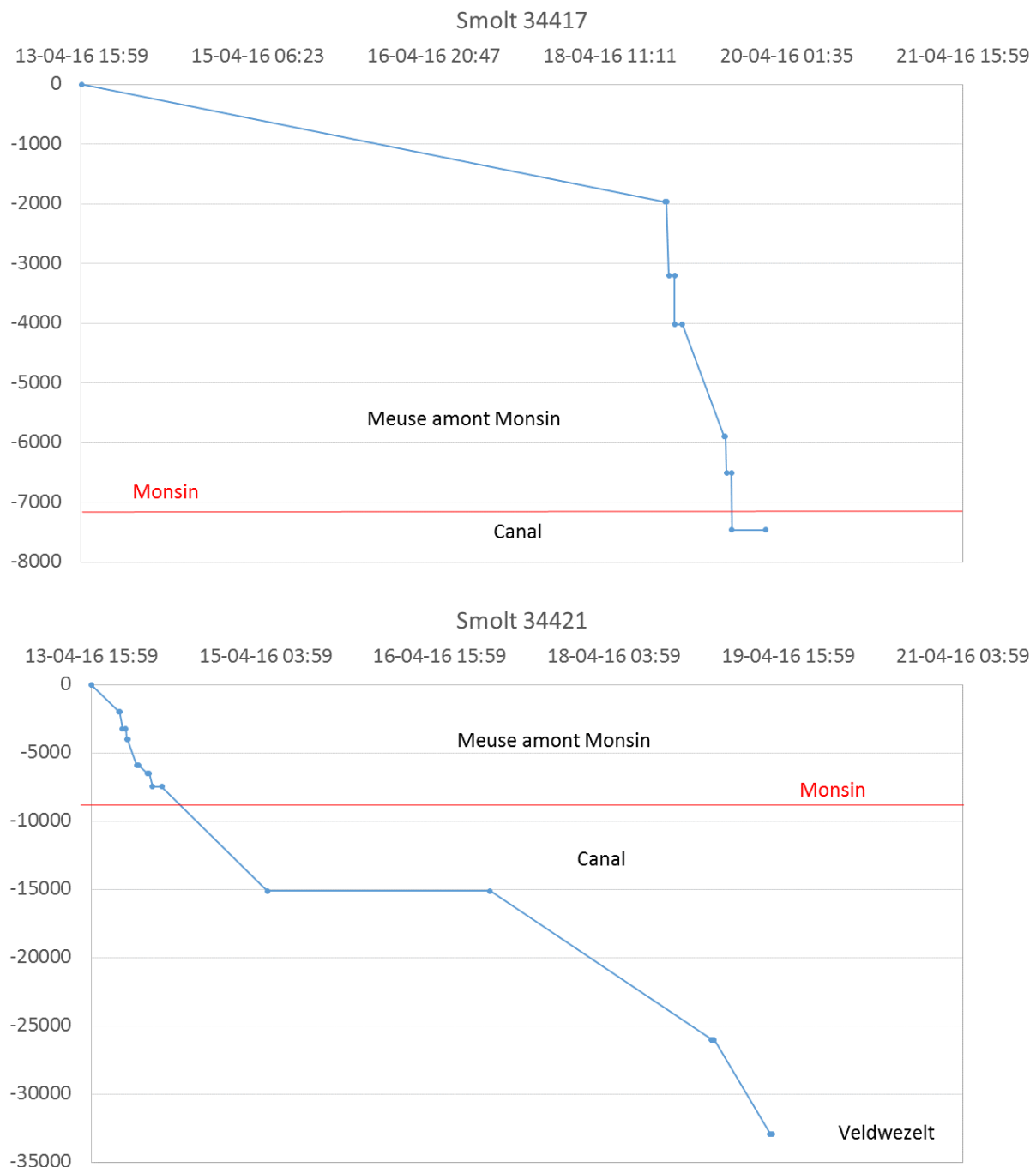
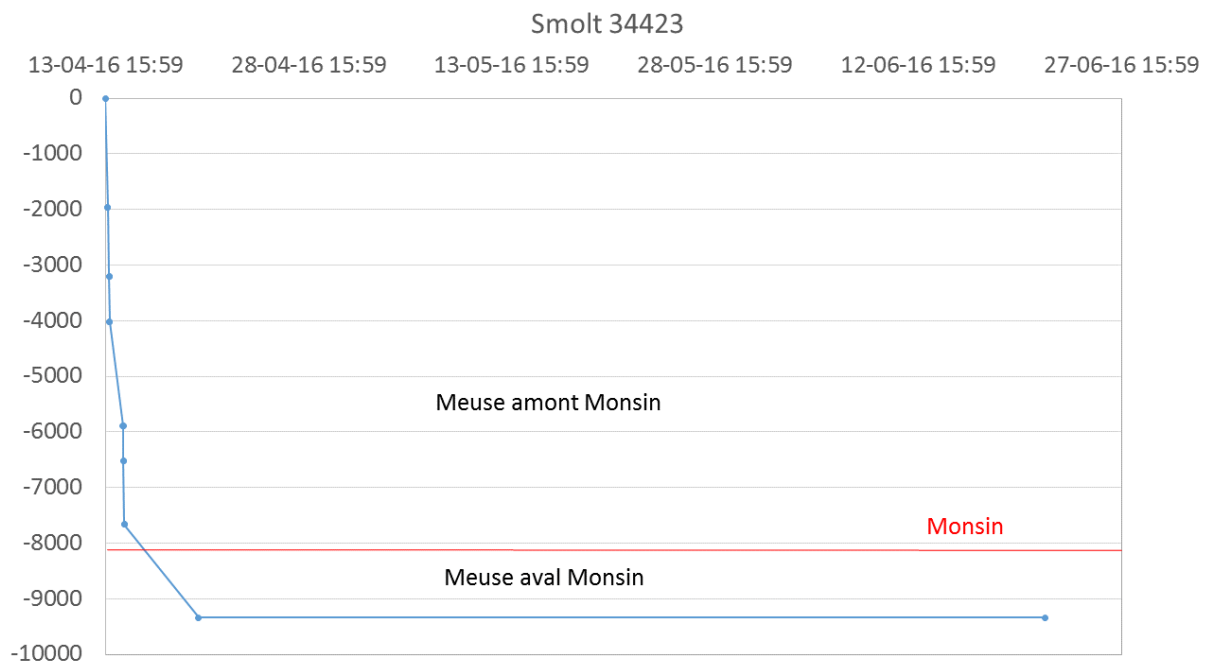


Figure 8. Représentations graphiques des déplacements réalisés par les smolts marqués à Erezée et déversés sur l'Ourthe en aval du barrage des Grosses Basses à Angleur qui ont été détectés dans le canal Albert en 2016.

Les graphiques de la figure 9 illustrent le parcours de deux smolts détectés pour la dernière fois dans la retenue d'eau de 12,8km située entre le barrage de Monsin et le barrage de Lixhe

sur la Meuse. Sur le graphique 9a on observe une dévalaison le jour même du déversement suivis d'un arrêt entre la balise 7 placée dans la dérivation de la Meuse et la balise 8 placées au niveau de la jonction de la dérivation et de la Meuse où le smolt mettra 23h pour effectuer 1,8km. Arrivé au niveau du complexe Monsin – canal Albert, il se dirige vers le barrage de Monsin après un temps d'hésitation de +/- 1h. Après sa détection au niveau de la balise 9 située juste en amont du barrage de Monsin, durant les 5 jours qui suivent cette dernière détection en amont du barrage nous n'observons plus de détection jusqu'au 20 avril, date à laquelle il est détecté au niveau de la balise 9' située en aval du barrage de Monsin, où il restera jusqu'au 22 juin date à laquelle la batterie est certainement épuisée. Ce smolt est probablement passé par l'une des turbines du barrage de Monsin où il aura certainement subi un dommage dû aux pales des turbines. Le graphique 9b illustre le patron de migration d'un smolt qui est passé par le barrage de Monsin le jour même de son déversement, a ensuite continué sa dévalaison jusqu'au barrage de Lixhe où nous l'avons détecté pour la dernière fois sans pouvoir établir si il avait franchi ou non le barrage. En effet la balise suivante située 2 km en aval du barrage de Lixhe n'a enregistré aucune détection pour ce poisson. Il a effectué les 11,2km séparant la balise 9' en aval du barrage de Monsin et la balise 13 en amont de Lixhe en 19h.



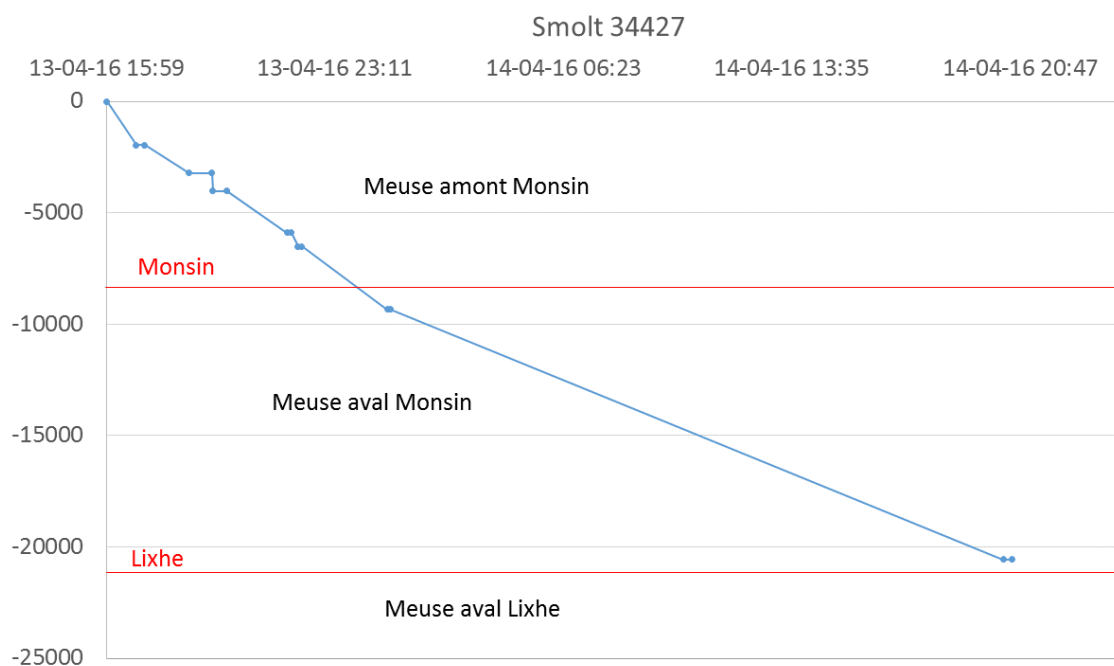
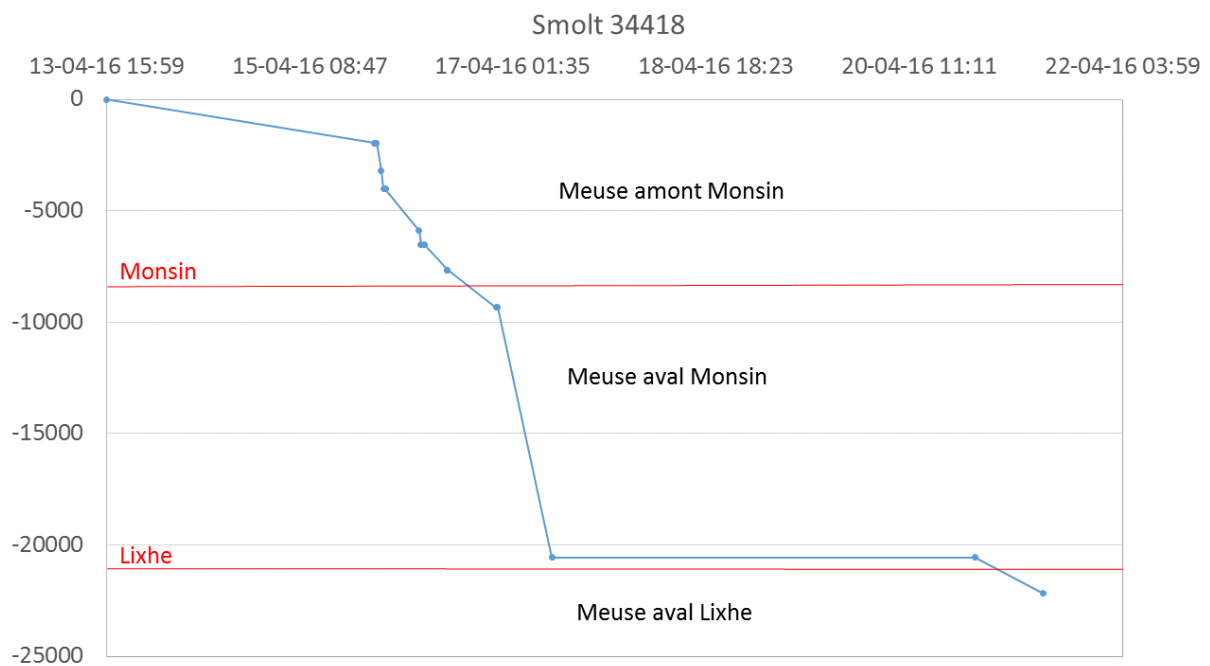
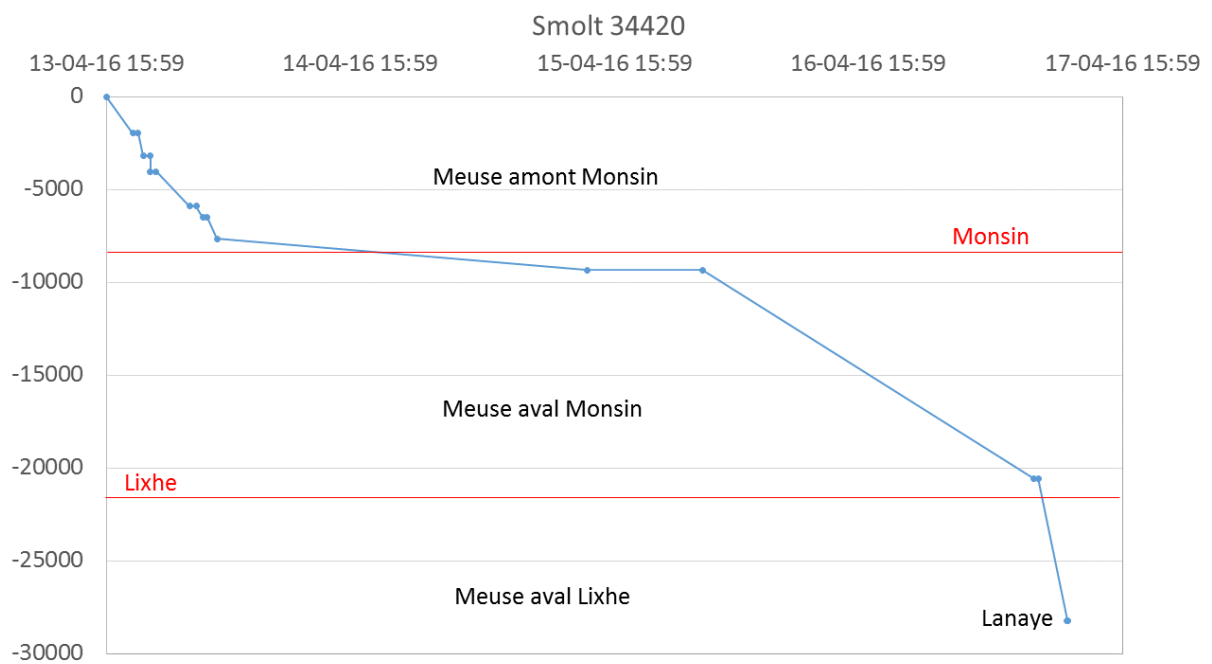
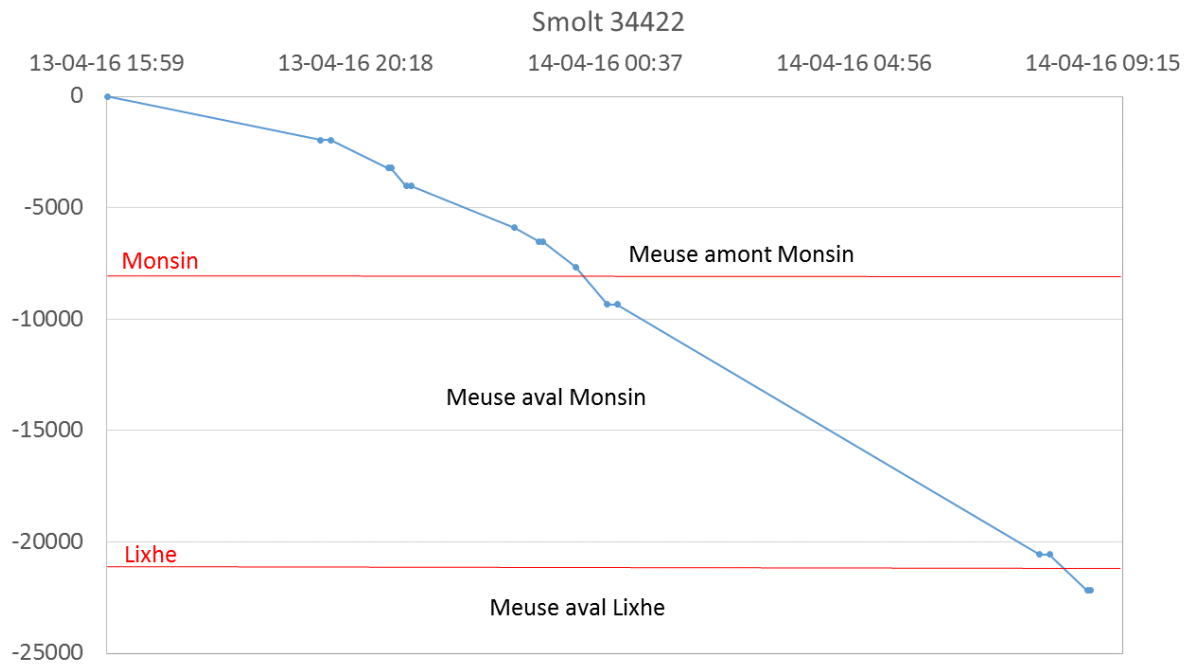


Figure 9. Représentations graphiques des déplacements réalisés par deux smolts marqués à Erezée et déversés sur l'Ourthe en aval du barrage des Grosses Basses à Angleur qui ont franchi le barrage de Monsin et détecté pour la dernière fois entre le barrage de Monsin et le barrage de Lixhe.

Les graphiques de la figure 10 donnent un aperçu de tous les comportements individuels des 4 smolts suivis durant le printemps 2016 qui ont été détectés en aval du barrage de Lixhe. Sur les 4 smolts, 2 ont été détectés au niveau de la balise située en aval de l'écluse de Lanaye sur la Meuse à la frontière belgo-hollandaise. Sur le graphique 10a on observe une première détection au niveau de la balise 2 située à la confluence Ourthe-dérivation Meuse, 53h après avoir effectué le déversement. A l'approche du complexe Monsin – Canal Albert, le smolt se dirige vers le barrage de Monsin qu'il parvient à franchir pour ensuite être détecté en aval du barrage approximativement 10h après sa dernière détection en amont du barrage de Monsin. Il poursuit sa dévalaison jusqu'au barrage de Lixhe qu'il parvient à franchir après 85 heures de blocage. La dernière détection se situe au niveau de la balise 14, située à 2km en aval du barrage de Lixhe. Sur le graphique 10b, le smolt atteint le complexe Monsin – canal Albert 7h28 après son déversement dans l'Ourthe en aval du barrage des Grosses Battes. Il franchit le barrage de Monsin en 33 min et poursuit sa migration jusqu'en aval du barrage de Lixhe qu'il franchit en 39 min, après être détecté durant 1h en aval du barrage de Lixhe, plus aucune détection n'a été enregistrée. Le graphique 10c illustre le parcours d'un smolt qui a été détecté pour la dernière fois au niveau de la balise située en aval de l'écluse de Lanaye

sur la Meuse. Il a franchi le barrage de Monsin en approximativement 35h, il n'y a pas eu d'enregistrement au niveau de la balise 14 située juste en aval du barrage Lixhe certainement dû au fait que le plot sur lequel est fixé cette balise est entrainé le long de la berge par le courant, ce qui réduit le champ de détection de la balise. Sur le graphique 10d, on observe une dévalaison le jour même du déversement. Le smolt atteint le complexe de Monsin plus de 12h après son déversement, et il lui faut pratiquement 22h pour franchir le barrage de Monsin. Il est ensuite détecté plus de 74h en aval du barrage de Monsin avant de reprendre sa dévalaison en direction du barrage de Lixhe, où il se présente une première fois sans trouver de voie de passage. Il effectue ensuite une remontée jusqu'au barrage de Monsin avant de dévaler une seconde fois en direction du barrage de Lixhe qu'il mettra plus de 20h pour franchir. Il est détecté pour la dernière fois au niveau de la balise située en aval de l'écluse de Lanaye le 22 avril à 3h00.





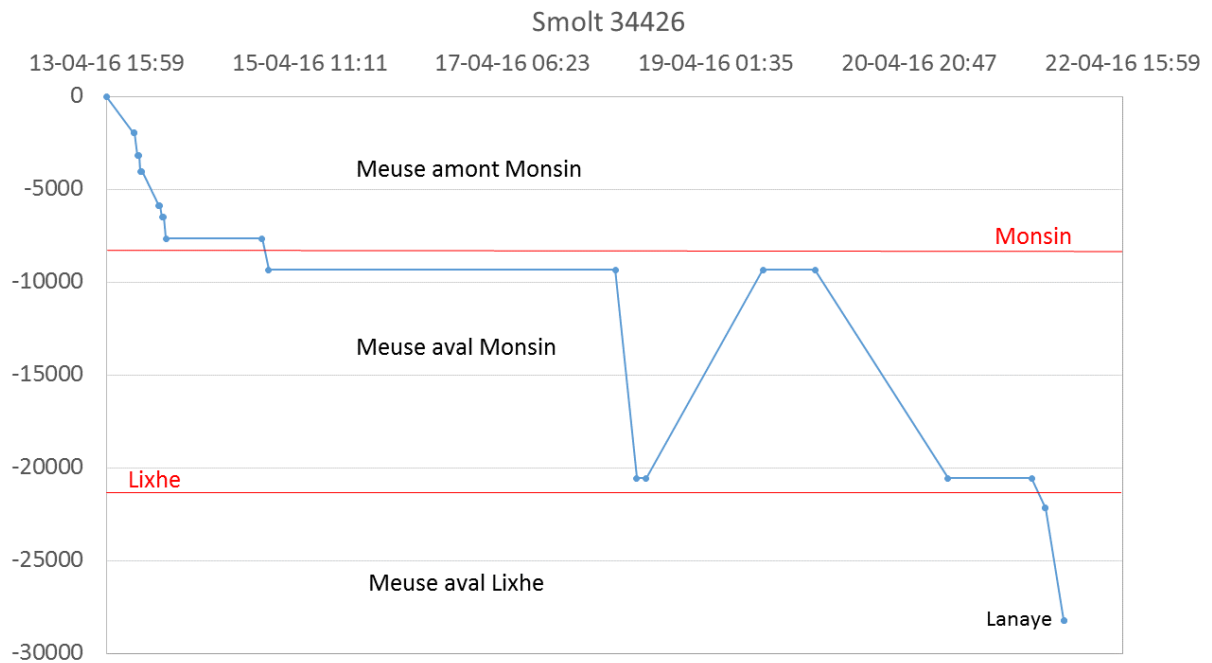


Figure 10. Représentations graphiques des déplacements réalisés par quatre smolts marqués à Erezée et déversés sur l'Ourthe en aval du barrage des Grosses Basses à Angleur qui ont franchi le barrage de Lixhe.

5.2.2 Synthèse des vitesses de migration et aperçu des dernières détections

Lors de l'analyse de différents patrons de mobilités de smolts déversés au printemps 2016, nous avons pu établir des vitesses de progression, présentées au tableau 2, entre les différents obstacles ou balises sur la Meuse.

Tableau 2. Vitesses de progressions, des smolts déversés dans l'Ourthe au printemps 2016, entre différents sites stratégiques.

	1er détection - Amont Monsin 8,3km			Aval Monsin - Amont Lixhe 11,2Km			Aval Lixhe - Lanaye 6Km		
	km/j	Temps parcours	Temps parcours/Km	km/j	Temps parcours	Temps parcours/Km	km/j	Temps parcours	Temps parcours/Km
	13,6	14:37	01:45	24,6	10:55	00:58	-	-	
	25,0	07:57	00:57	8,6	31:16	02:47	-	-	
	45,0	04:25	00:32	36,7	07:19	00:39	-	-	
	6,9	29:02	03:29	-	-	-	-	-	
	29,0	06:52	00:49	59,8	04:29	00:24	36,4	03:57	00:39
	38,2	05:12	00:37	13,9	19:18	01:43	-	-	
	31,84	06:15	00:45	-	-	-	-	-	
Min.	6,9	04:25	00:32	8,6	04:29	00:24	36,4	03:57	00:39
Max.	45,0	29:02	06:02	59,8	31:16	02:47	36,4	03:57	00:39
Méd.	29,0	06:52	00:49	24,6	10:55	00:58	36,4	03:57	00:39

On remarque que la vitesse médiane entre le lieu de la première détection (balise 2) et l'amont du barrage de Monsin qui est de 29km/j est supérieur à la vitesse de progression médiane entre l'aval du barrage de Monsin et l'amont du barrage de Lixhe qui est de 24,6km/j. Nous observons des vitesses maximales de 45km/j dans le secteur compris entre la première détection (balise 2) et l'amont du barrage de Monsin et de 59,8 km/j entre l'aval du barrage de Monsin et l'amont du barrage de Lixhe. Pour le secteur compris entre l'aval du barrage de Lixhe et la balise 15 située en aval de l'écluse de Lanaye nous n'avons détecté qu'un seul smolt qui à une vitesse de progression de 36,4 km/j. Le temps de parcours entre la balise 2 et l'amont du barrage de Monsin varie de 4h25 à 29h02 pour parcourir 8,3km avec une valeur médiane de 6h52. Le temps de parcours observé dans le bief situé entre le barrage de Monsin et le barrage de Lixhe varie entre 4h29 et 31h16 pour parcourir 11,2km avec une valeur médiane de 10h55.

En synthèse pour 2016 (fig. 11), on observe que n=9 smolts ont été localisés au niveau de la balise 2 située 2km en aval du point de déversement ce qui indique que n=3 smolts n'ont pas dévalé. Ces n=9 smolts ont emprunté la dérivation de la Meuse pour rejoindre le complexe Monsin – canal Albert, n=7 smolts se sont dirigés vers le barrage de Monsin tandis que n=2 sont entrés directement dans le canal Albert. Sur les n=7 smolts localisés en amont du barrage de Monsin, n=1 n'est pas parvenu à franchir le barrage, n=1 est détecté pour la

dernière fois en aval du barrage de Monsin, les n=5 restants sont parvenus jusqu'au au niveau du barrage de Lixhe. Sur ces n=5 smolts, n=4 parviennent à le franchir, n=2 seront détectés au niveau de la balise située en aval de l'écluse de Lanaye sur la Meuse. Sur les n=2 smolts qui ont emprunté le canal Albert, 1 sera détecté à Kanne et ensuite à Veldwezelt (33km).

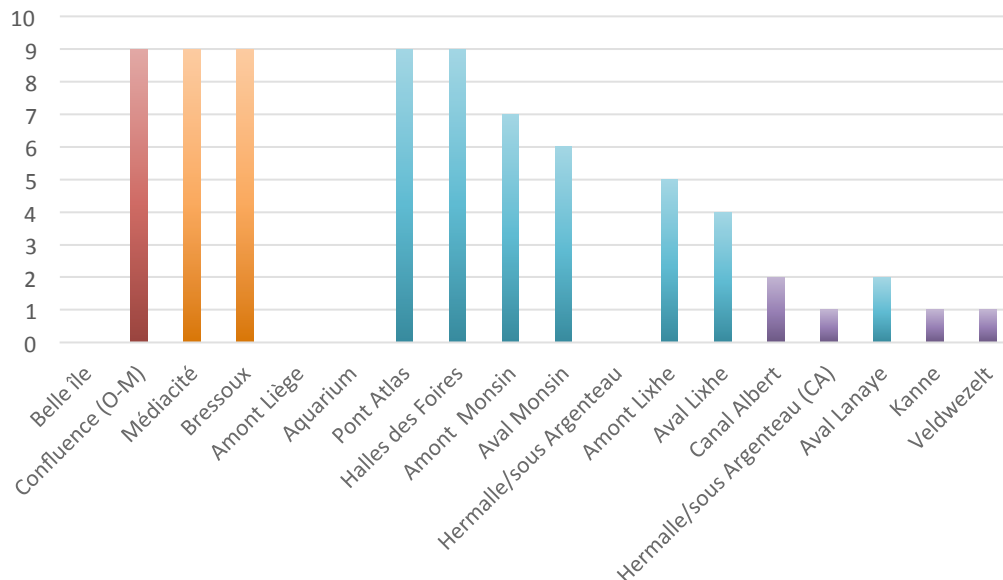


Figure 11. Histogramme des nombres de détections à chaque balise acoustique au cours de la campagne de pistage de 2016 (n=16 balises acoustiques).

5.2.3 Synthèse des voies de migrations empruntées au cours des saisons de migration 2014, 2015 et 2016.

Il est intéressant de synthétiser les dernières localisations de tous les individus pistés sur l'ensemble des déversements en 2014, 2015 et 2016 (fig. 12), afin de mettre en évidence les points noirs, les blocages et les voies préférentielles. Sur les 72 individus marqués et déversés en 2014 (n=20), en 2015 (n=40) et en 2016 (n=12) en aval du barrage des Grosses Battes sur l'Ourthe à Angleur, on observe que ;

- n=46 smolts (n=17 individus marqués en 2014, n=25 en 2015 et n=4 en 2016) ont été localisés pour la dernière fois en amont du barrage de Monsin ce qui représente au total **64% des individus**.

- n= 14 smolts (7 individus marqués en 2015, 1 marqué en 2014 et 6 marqués en 2016) ont

été détectés dans la Meuse en aval du Barrage de Monsin **(19,4%)**. Sur ces 14 smolts, n=3 individus **(4,1%)** ont été localisés pour la dernière fois juste en aval du barrage de Monsin (probablement mort après le passage dans les turbines) et 1 **(1,4%)** au niveau de Hermalle/s Argenteau et 1 **(1,4%)** en amont du barrage de Lixhe. Sur les 9 smolts qui ont franchi le barrage de Lixhe, 3 smolts **(4,1%)** ont été détectés pour la dernière fois en aval du barrage de Lixhe (probablement mort après le passage dans les turbines) et 6 individus **(8,3%)** ont été détectés à Lanaye et ont probablement poursuivi leur migration de dévalaison en Meuse hollandaise.

- n=12 smolts **(16,6%)** ont été localisés pour la dernière fois au niveau du Canal Albert. Sur ces 12 smolts, n= 4 ont été localisés à l'entrée du canal, 6 au niveau du pont d'Hermalle/s Argenteau, 1 au niveau de Veldwezelt 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.

Il faut noter que les données de dernières détections sous-estiment (minimisent) l'utilisation ou la tentative d'utilisation du canal Albert comme voie de passage. Sur l'ensemble des smolts déversés, 40 individus **(55%)** ont été détectés à l'entrée du Canal Albert dont 28 sont retournés en Meuse. Ce qui tente à démontrer une attractivité importante du Canal Albert pour les smolts qui se présentent au niveau du complexe Meuse amont Monsin-Canal Albert.

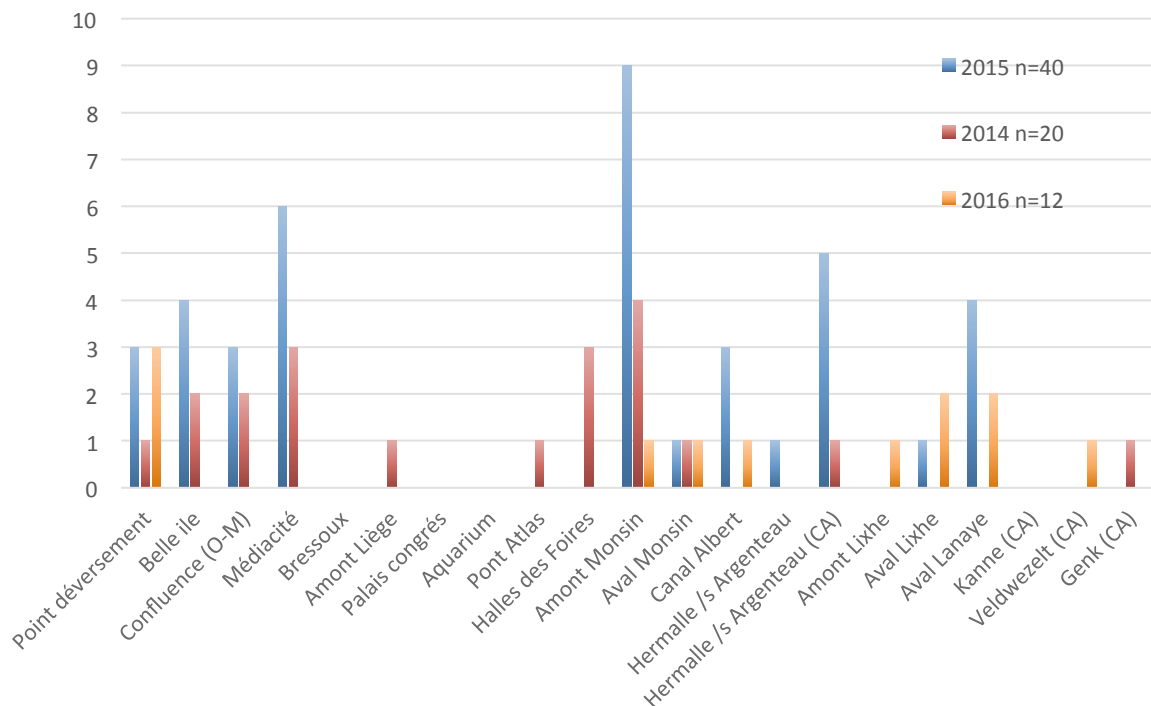


Figure 12. Nombre d'individus détectés pour la dernière fois aux différentes balises en orange pour 2014, en bleu pour 2015 et en vert pour 2016.

5.2.4 Franchissement du barrage de Monsin en fonction du débit de la Meuse

On remarque que la proportion de smolts ayant franchi le barrage de Monsin est plus importante en 2016 (50%) qu'en 2014 (5%) et 2015 (17,5%). Le débit moyen de la Meuse à Liège au cours des 5 jours qui ont suivi le déversement est de l'ordre de 274m³/s en 2016 contre, 196 m³/s et 117m³/s lors des deux déversements réalisés en 2015 et 109 m³/s et 150 m³/s lors des deux déversements en 2014. Ce débit plus important pourrait expliquer cette hausse des passages à Monsin. A noter qu'**aucun abaissement de vanne** n'a été enregistré lors des passages des smolts en aval du barrage de Monsin suivant les données fournies par le SPW, cela signifie que la totalité des smolts détectés en aval du barrage de Monsin durant les trois années d'études sont passés par les turbines de la centrale hydroélectrique de Monsin car les débits n'ont pas provoqué de surverse.

L'histogramme de la figure 13 nous renseigne sur le nombre des smolts qui empruntent la Meuse où le canal Albert au niveau du complexe de Monsin en fonction du débit de la Meuse à Liège. On observe que lorsque le débit de la Meuse est compris entre 100m³/s et

200m³/s la proportion d'individus qui empruntent la Meuse et le canal Albert est similaire. Par contre lorsque le débit est supérieur à 200m³/s le nombre de smolts est significativement plus important en Meuse que dans le canal Albert, où l'on observe 72% des individus en Meuse contre 28% dans le Canal Albert (test du Chi carré, $p < 0,02597$).

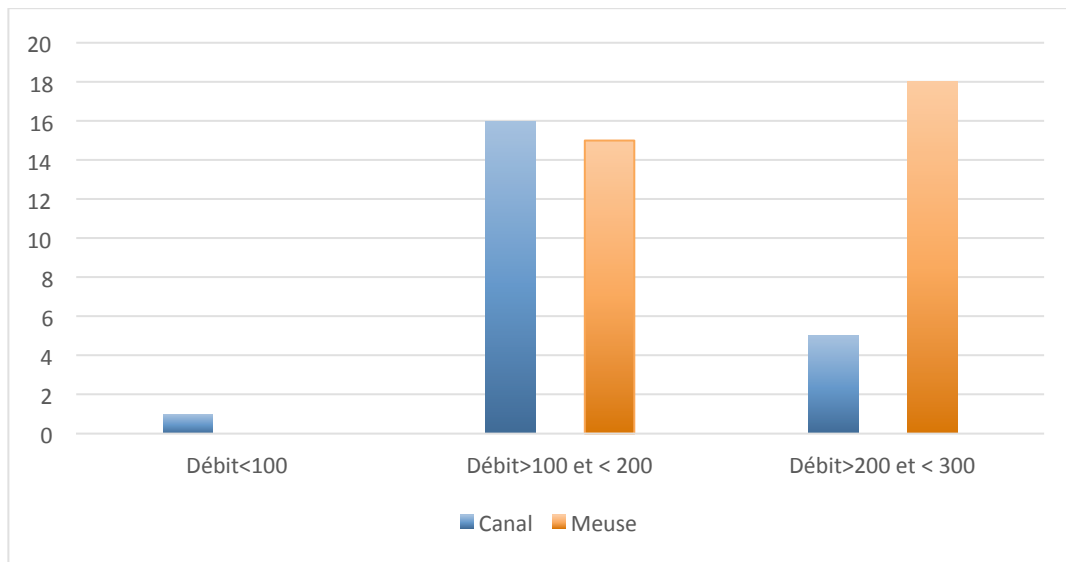


Figure 13. Nombre d'individus empruntant la Meuse (en orange) ou le canal Albert (en bleu) en fonction du débit de la Meuse à Liège.

5.3 Conclusion

Au cours de ces trois années de suivis, 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 18 balises.

Du point de vue des résultats biologiques, si on combine les trois années de suivis, il apparaît que 9 smolts sur les 72 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 12,5%. Les conditions de suivis 2014 et 2015 ont été 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

démonstré au début des années 2000 par des suivis manuels par radio-pistage, lorsqu'un débit déversant de 60 m³ sur la vanne la plus proche des turbines avait été obtenu à titre d'essai. En 2016, les débits ont été plus importants et sur les 12 smolts marqués, on enregistre une augmentation du franchissement sur le barrage de Monsin avec 6 individus sur 12 (50%). Malgré cette augmentation au niveau du barrage de Monsin, seuls 2 smolts sont parvenus à franchir le barrage de Lixhe (16,6% des smolts marqués en 2016) et continuer potentiellement leur migration vers la mer. Notons que les débits de 2016 n'ont pas toutefois pas été suffisants pour avoir une lame déversante au niveau des vannes, et on peut dès lors avancer que les smolts ont franchi le barrage de Monsin en passant par les turbines.

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 par les smolts qui ne sont pas morts d'épuisement ou qui n'ont pas désmoltifié en amont du barrage de Monsin. Ainsi, n=12 smolts (16.6%) suivis ont définitivement choisi 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 se sont réellement engagés dans le Canal Albert, celui qui est parvenu à parcourir la plus grande distance a atteint Genk (48 km en aval des grosses Battes), ce qui confirme que cette voie de migration n'est raisonnablement pas la piste à favoriser pour les saumons (le problème reste ouvert pour les anguilles argentées).

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 dans la 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 la 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 Haringvliet, qui devrait logiquement favoriser la vitesse de passage des smolts en mer.

6 Etude du fonctionnement des échelles à poissons dans la haute Meuse (UNamur et SPW)

6.1 Analyse des enregistrements vidéo réalisés à Waulsort au cours des années 2014-2016.

6.1.1 Introduction

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

L'optimisation de ce système a nécessité de longues observations et travaux d'aménagement étendus sur les deux premières années d'installation, soit entre 2010 et 2011. Ces travaux et leurs causes sont décrits dans les rapports de convention entre 2010 et 2013.

Vu la complexité du logiciel, l'UNamur-URBE a organisé à plusieurs reprises au cours de l'année 2013, des séances d'apprentissage en vue de la prise en main progressive du relevé des données vidéo et du suivi du site par les agents du Service de la Pêche. Vu l'important investissement en termes de traitement des vidéos, il a été décidé d'uniquement récupérer et stocker celles-ci depuis l'année 2014.

En vue d'actualiser la dynamique ichtyologique en haute Meuse au courant des dernières années, il est intéressant de faire le point sur les dernières variations dans la composition des espèces et nombre d'individus en migration de 2014 à 2016. Vu le nombre de vidéos (>30500) bien supérieur à celui des années précédentes (~19900 en 2011, ~20950 en 2012 et ~20700 en 2013), nous n'avons pu analyser que les données de l'année 2015.

6.1.2 Bilan 2015 des migrations ichtyologiques

6.1.2.1 Premier semestre (du 1^{er} janvier au 30 juin 2015)

Du 01/01/2015 et le 30/06/2015, le système d'enregistrement automatique de la passe à poissons de Waulsort a permis l'observation de 19692 dont 19594 en montaison et 98 en dévalaison poissons (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). Toutefois, ce comptage ne reflète pas le nombre exact de poissons en migration vers l'amont du barrage de Waulsort. En

effet, un petit nombre de ces poissons disposent d'un territoire de chasse dans la passe et leurs passages répétés tronquent le comptage. La plupart du temps, ces poissons causent un enregistrement quasi continu et il est facile de les reconnaître. Cependant, une erreur est toujours possible lorsque le poisson sort du champ de vision de la caméra ou que d'autres passent devant l'objectif en même temps. Ce faible nombre de poissons nageant d'amont en aval du barrage s'explique simplement par le fait que les poissons n'ont pas besoin de passer par l'échelle pour dévaler.

Tableau 1: Résultats des observations de la passe à poisson de Waulsort du 01/01/2015 au 30/06/2015.

Espèce	Montaison	Dévalaison	Total
!?!	243	1	244
Aspe	2	0	2
Ablette commune/spirlin	4403	4	4407
Anguille	6	1	7
Barbeaux	58	0	58
Brème commune/bordelière	4	1	5
Brochet	2	0	2
Chevesne	1269	78	1347
Gardon/Rotengle/Ides/Vandoise	13533	10	13543
Hotu	41	0	41
Perche	10	2	12
Truite fario	23	1	24

Les 19594 individus enregistrés en migration se répartissent sur onze taxa différents. Les taxa les plus représentés en 2015 sont les gardons/ ides/ rotengles et vandoises avec 13543 individus observés, les ablettes commune/spirlin (4407) et les chevesnes/ hotus (1388). Cette année, 58 barbeaux et 5 brèmes commune/bordelière ont également été identifiés. Le nombre de prédateurs est, en revanche, relativement faible avec 12 perches (la plupart de petite taille), 7 anguilles, 24 truites fario, 2 brochets et 2 aspes observés (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

En 2015 à Waulsort, on observe un premier mode de migration majoritairement au deuxième décan du mois de janvier et composé principalement de gardons/rotengles/ides/vandoises et de chevesnes/hotus (Figure 1). La migration de printemps a commencé début mars avec un pic de migration au troisième décan de mai. Le taux de passages maximum s'élève à 7189 individus en un décan. Les différents modes sont

très bien corrélés avec le profil thermique de la Meuse avec le mode de migration de janvier correspondant à une augmentation de température. Ensuite, on observe également une tendance à l'augmentation des passages coïncidant avec une hausse des températures à la fin de l'hiver et au début du printemps. Finalement, nous remarquons que le taux de migration s'intensifie lorsque la température de l'eau dépasse le seuil des 10°C en passant de 39 individus pendant le troisième décan de mars à 1066 individus durant le premier décan d'avril.

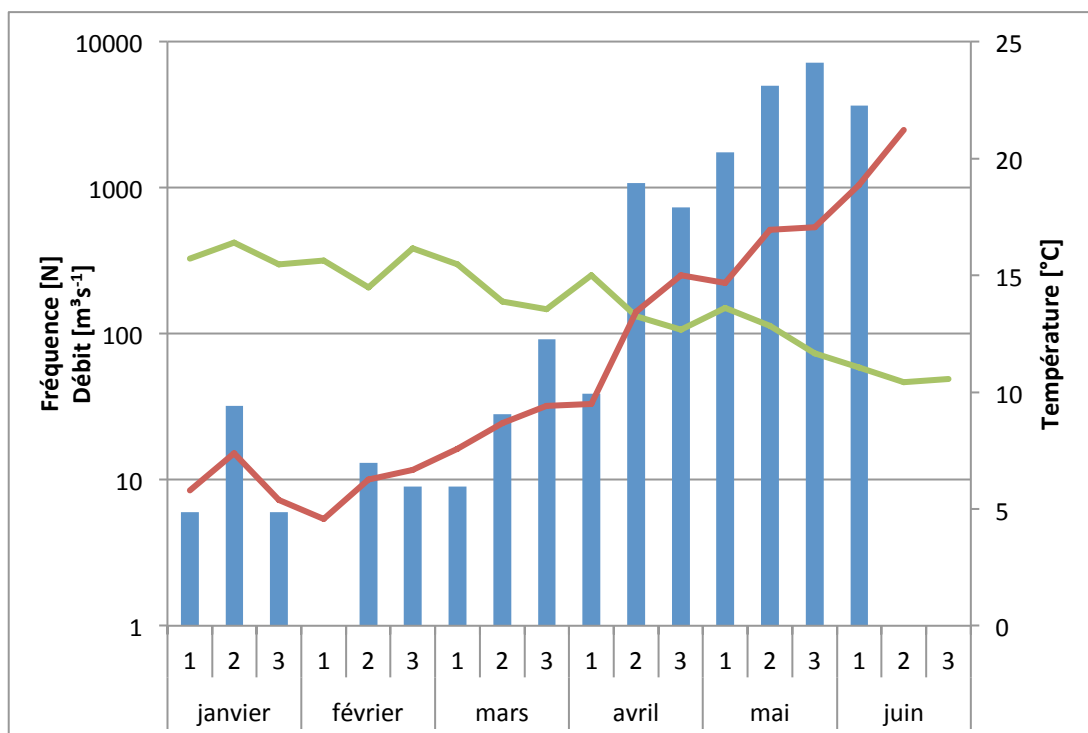


Figure 1: Evolution des observations de poissons à la passe de Waulsort et de la température (°C) de la Meuse du 1 janvier 2015 au 30 juin 2015. (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

La migration des quatre groupes les plus représentés (Figure 2) se fait au cours de la même période à Waulsort. En effet, lors du visionnage des enregistrements, on a pu constater que ces espèces de cyprins, qu'ils soient rhéophiles ou limnophiles, ont tendance à migrer en banc compact multi-spécifique. Des données de passes à poissons montrent un pic de passage de brème bordelière (*Blicca bjoerkna*) au printemps qui précède probablement la période principale de reproduction et que cette espèce présente des motifs de mouvements bien définis (Molls, 1999). De plus, d'après la littérature, le pic d'abondance de brème commune (*Abramis brama*) dans les passes à poissons européens est moins bien défini que pour le barbeau ou la brème bordelière et se prolonge sur une plus longue période (Baras et

al., 1994 & Prignon *et al.*, 1998). La définition des vidéos de surveillance ne nous permet pas de différencier les deux espèces de brèmes dans notre suivi. Nos données obtenues en 2015 ne montrent des mouvements de brèmes que pendant les deux premiers décans de mai, en nombre fort réduit qui plus est. Quelques barbeaux ont été observés en mars mais la migration commence vraiment à partir du deuxième décan d'avril et s'étend ensuite jusqu'en juin. Notons la présence de grands individus (>60cm). Les migrations d'ablettes débutent à la mi-avril et s'étendent jusqu'à juin.

Les gardons/rotengles/ides/vandoises et les chevesnes/hotus migrants ont été observés dans la passe tout au long du premier semestre mais plus de 97% des observations ont été faites de mi-avril à juin. Malgré certains auteurs qui annoncent que le gardon ne semble pas montrer de relations claires entre le timing de reproduction et le régime thermique que ce soit au sein même ou entre population (Diamond, 1985 ; Vollestad & Abée-Lund, 1987), nos données montrent un taux de corrélation élevé entre la température de la Meuse et le nombre d'individus migrant. Selon certains auteurs, c'est la photopériode qui semble être le facteur principal de coordination du cycle reproducteur dans les régions tempérées (Mills dans Winfield & Nelson, 1992). Toutefois, le début et la durée de reproduction chez le gardon montrent des variations interannuelles (Diamond, 1985 ; Vollestad & Abée-Lund, 1987) ; ce qui implique que d'autres stimuli environnementaux ont un rôle complémentaire (Mills in Winfield & Nelson, 1992). Certaines études de passes à poissons montrent qu'il y a un pic d'occurrence de gardons au printemps (Lucas & Baras, 2001) ce qui pourrait être associé à un mouvement de pré-reproduction bien que des « upstream-directed activities » durent pendant une proportion significative au cours de l'année et pourraient être en relation avec des mouvements pour d'autres buts comme la nourriture et le refuge. Les gardons vivant dans le lac Arungen en Norvège se reproduisent à la fois dans le lac et dans cinq de ses affluents. Une étude détaillée de marquage a montré que les poissons migrant vers les affluents présentaient un fort taux de homing (83,5-92%). Cependant, ils se mélangeaient pendant l'été et devaient donc avoir un moyen actif de retrouver l'affluent de reproduction (Abée-Lund & Vollestad, 1985). Il se pourrait ainsi que les différentes populations de gardons de Meuse retournent aussi vers la même zone de frayère d'année en année. Cela a d'ailleurs été montré pour la vandoise (*Leuciscus leuciscus*) dans la rivière

Frome dans le sud de l'Angleterre (Diamond, 1985) ainsi que pour la brème dans le système fluviale Suck en Irlande (Whelan, 1983).

Les chevesnes (*Leuciscus cephalus*) dans la Spree en Allemagne migraient en mai (Friedrich, 1996) et en mai et en juin dans la Derwent en Angleterre (Lucas *et al.*, 1999, Lucas, 2000). Dans le cas de la Haute Meuse, les chevesnes apparaissent régulièrement dans les passes à poissons de mai à septembre, ce qui pourrait refléter une saison de reproduction étendue ou des activités estivales dispersées en amont. Cependant, le comportement migratoire des chevesnes peut être quelque peu variable avec l'utilisation annuelle d'habitats et des distances de migration montrant une variabilité substantielle entre individus et entre rivières (Lucas *et al.*, 1998 & Allouche *et al.*, 1999). À Waulsort, les premiers chevesnes ont été observés dès le deuxième décan de janvier puis en février mais la migration principale s'étend de mi-avril à juin. Nos observations sont en accord avec les données de la littérature (Figure 4).

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

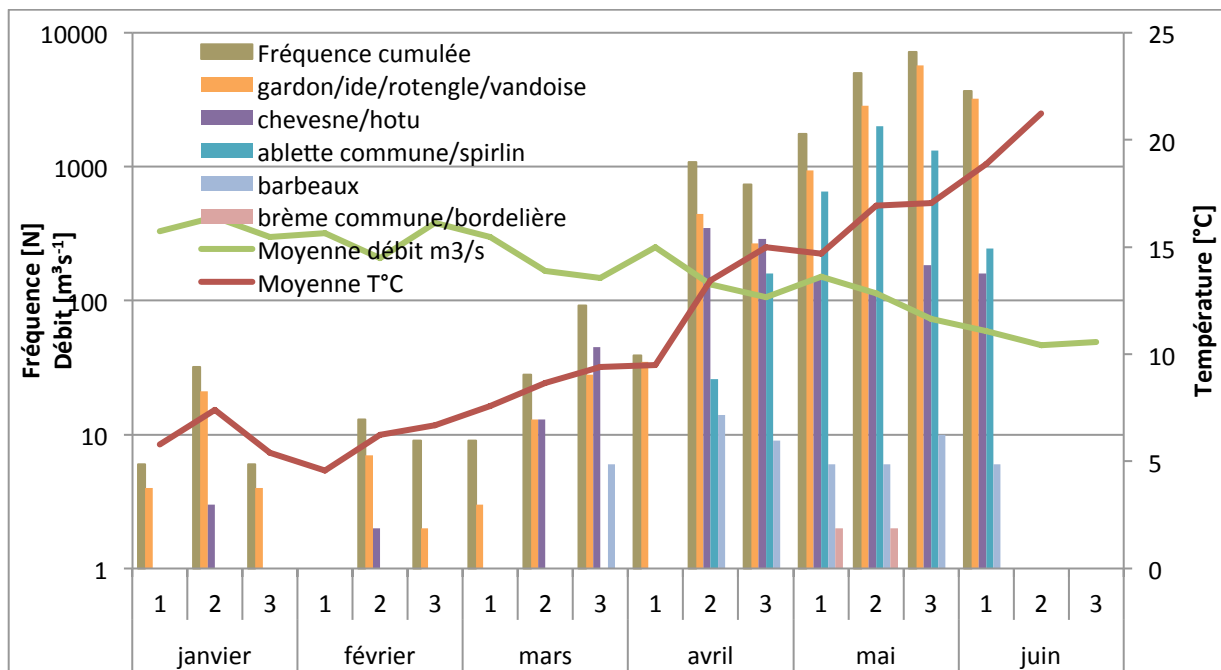


Figure 2: Evolution des observations par décan des taxa les plus représentés à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

Tout comme précédemment, les migrations des espèces prédatrices coïncident avec les hausses de températures (Figure 3) particulièrement pour les perches une fois que la température passe les 10°C et les anguilles avec 15°C. Les observations de perches vont du troisième décan de mars jusqu'à la fin mai. Les anguilles ont été observées à partir du deuxième décan de mai. Des truites ont été observées tout au long du premier semestre. L'observation de brochets (2) et d'aspes (2) reste anecdotique.

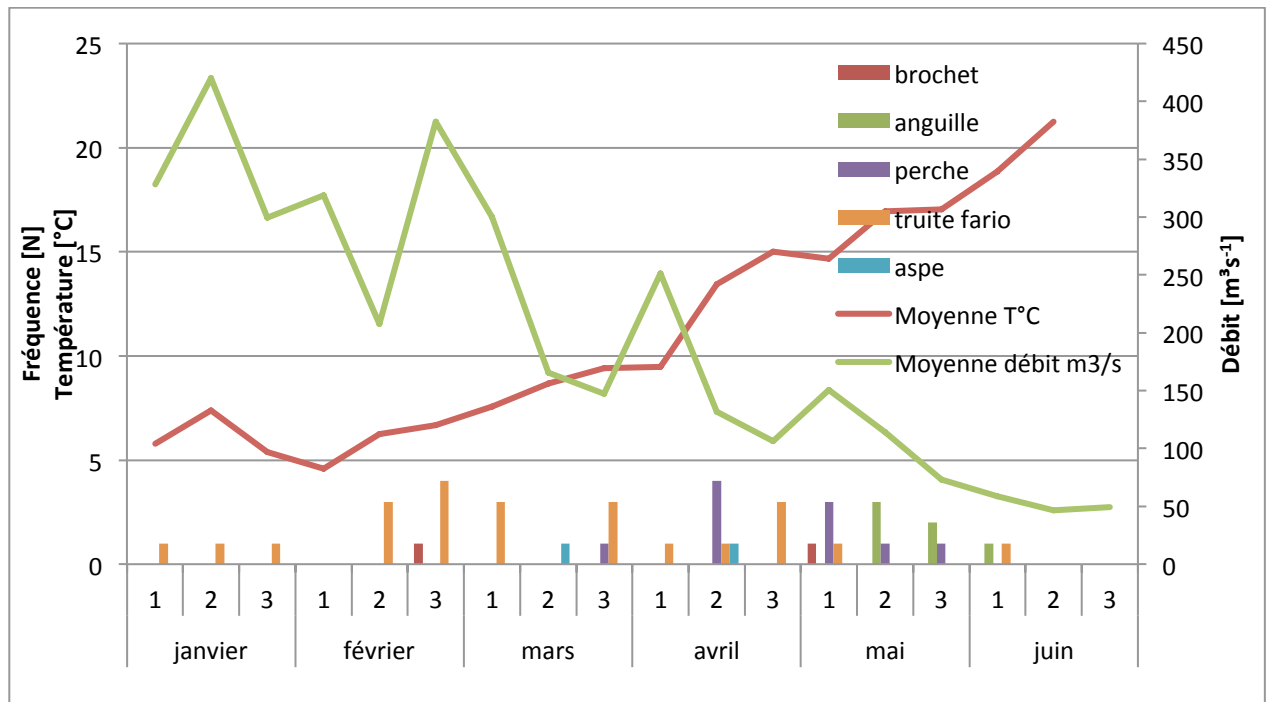


Figure 3: Evolution des observations par décan des taxa prédateurs à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

Un grand nombre de données sur des migrations vers l'amont sont disponible pour plusieurs cours d'eau d'Europe de l'Ouest, la Garonne et la Dordogne en France (Travade *et al.*, 1998), la Meuse et al, unpubl., Pignon *et al.*, 1998) et la Meuse (Philippart, unpubl.), les Pays-Bas (Lanters, 1993, 1995) et la Moselle en Allemagne (Pelz, 1985). La synthèse de ces données est présentée sous la forme d'histogrammes à la Figure 4.

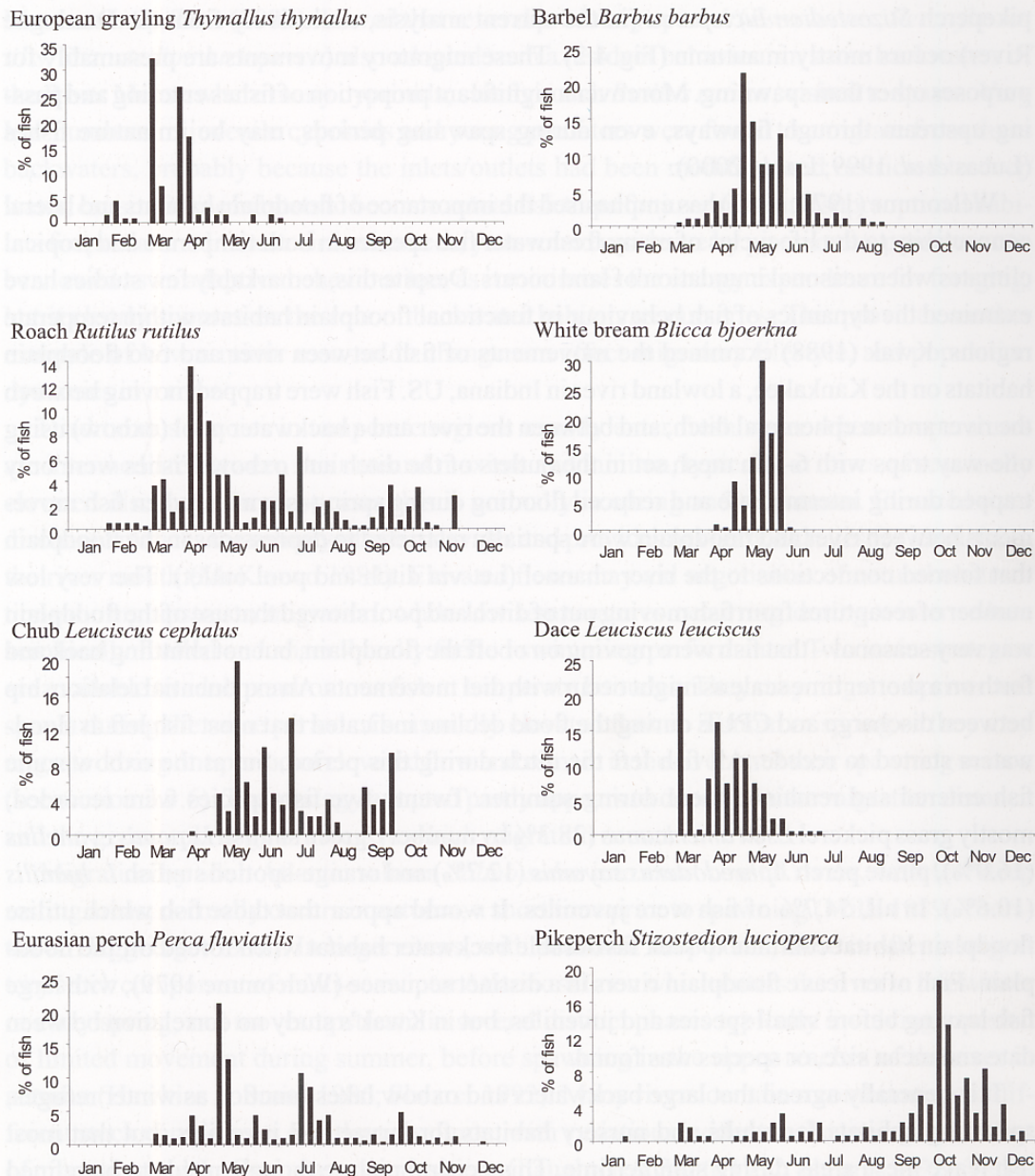


Fig. 4.2 Relative timing of occurrence of several European freshwater fishes in fish passes, based on meta-analysis of data from several western European rivers (see text for further details). It is suggested that seasonal peaks in occurrence are likely to be indicative of upstream-directed migration.

Figure 4 : Timing relatif des passages de plusieurs espèces européennes de poissons dans les échelles à poissons, basé sur la synthèse de données de cours d'eau d'Europe de l'Ouest (Lucas & Baras, 2001).

6.1.2.2 Deuxième semestre (du 1^{er} juillet au 31 décembre 2015)

Le système d'enregistrement automatique de la passe à poissons de Waulsort a permis l'observation de 17902 poissons dont 17403 en montaison et 499 en dévalaison entre le 01/07/2015 et le 31/12/2015 (Tableau 2). Les mêmes réserves que celles émises lors de la description des résultats du premier semestre sont toujours valables ici. Neuf taxa différents

ont été observés, toutefois, la diversité est probablement sous-évaluée pour les mêmes raisons explicitées aux points précédents. Les taxa les plus représentés sont les gardons/ides/ rotengles avec 16370 individus observés suivi par les ablettes (987), les chevesnes/hotus (162) et les perches (303). Cette année, 55 barbeaux et 2 brèmes commune/bordelière ont été identifiés. Le nombre de prédateurs est, en revanche, relativement faible (14 anguilles et 6 truites fario) à l'exception des 303 anguilles précédemment citées.

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

Espèce	Montaison	Dévalaison	Total
!?!	1	1	2
Ablète commune/spirlin	979	8	987
Anguille	14	0	14
Barbeaux	27	28	55
Brème commune/bordelière	1	1	2
Carpe	1	0	1
Chevesne/Hotu	118	44	162
Gardon/Rotengle/Ide/Vandoise	15972	398	16370
Perche	284	19	303
Truite fario	6	0	6

En 2015 à Waulsort, on remarque une forte activité tout au long de l'été et de l'automne jusque début décembre (Figure 5). Le pic de migration a été observé entre le deuxième décan d'août et le premier décan de septembre avec 7449 poissons. Deux pics moins intenses ont été observés les premiers décans d'octobre (1485) et de novembre (1508). Contrairement au premier semestre, la température ne semble pas influencer la migration pour autant qu'elle reste supérieure à 10°C. Ainsi, partir de fin novembre, quand la température passe en dessous de ce seuil de 10°C, le nombre de poissons recensés diminue fortement.

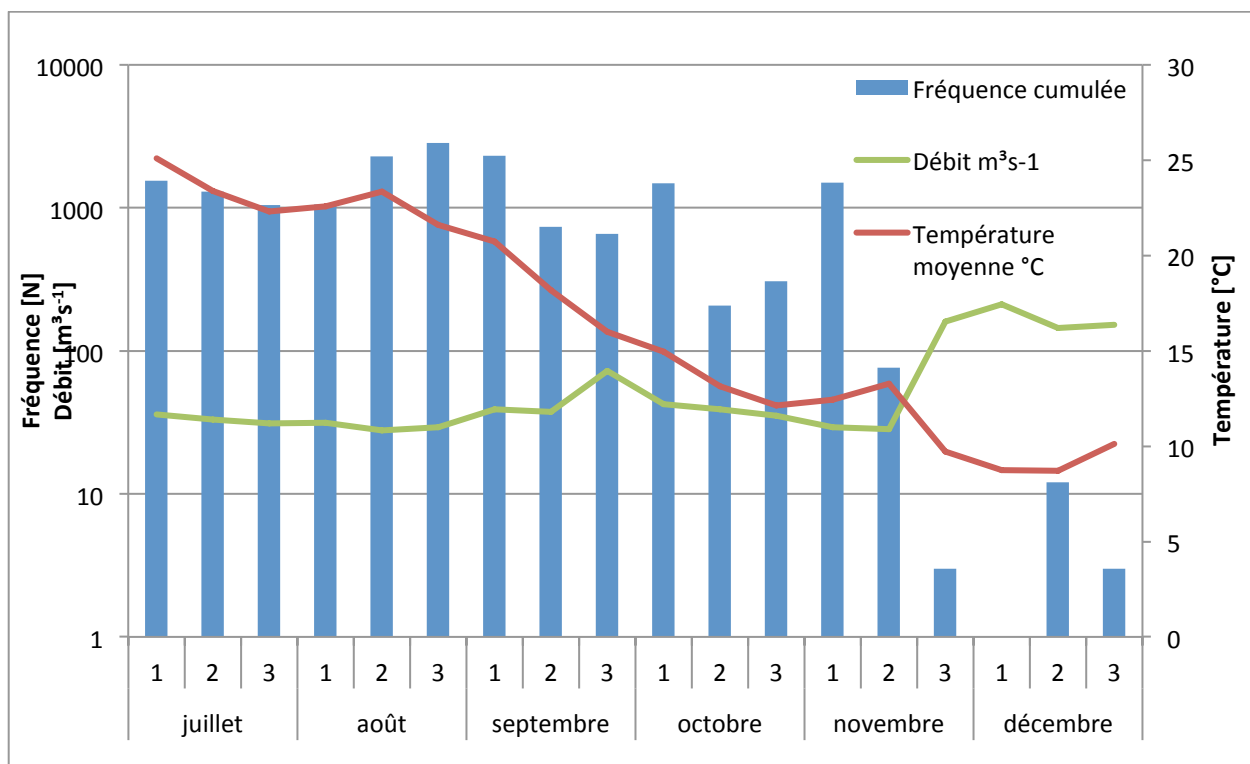


Figure 5: Evolution des observations par décan de tous les taxa confondus à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

Les migrations du deuxième semestre sont majoritairement composée des taxa gardon/rotengle/ide/vandoise (16370) et ablettes (987) (Figure 6). Les gardon/rotengle/ide/vandoise. Représente plus des 97% des pics d'octobre et de novembre. La migration de reproduction des gardons peut être subdivisée en deux parties dont la première peut débuter en septembre et est initiée par les plus gros individus (Keith & Allardi, 2001; Kottelat & Freyhof, 2007). Les mouvements des taxa chevesne/hotu se divise en deux modes. Le premier au mois de juillet et le second au mois d'octobre. Toutefois, on note quelques passages en août et septembre. Rappelons que les chevesnes apparaissent régulièrement dans les passes à poissons de mai à septembre, ce qui pourrait refléter une saison de reproduction étendue ou des activités estivales dispersées en amont. Cependant, le comportement migratoire des chevesnes peut être variable avec l'utilisation annuelle d'habitats et des distances de migration montrant une variabilité importante entre individus et entre rivière (Lucas *et al.*, 1998 & Allouche *et al.*, 1999). Pour l'ablette, on peut noter un mode de migration étendu sur près de 7 décans durant la période estivale suivi d'un pic lors du dernier décan de septembre avec près de 500 individus. Remarquons également le mode

de migration des barbeaux durant la première partie de la période estivale.

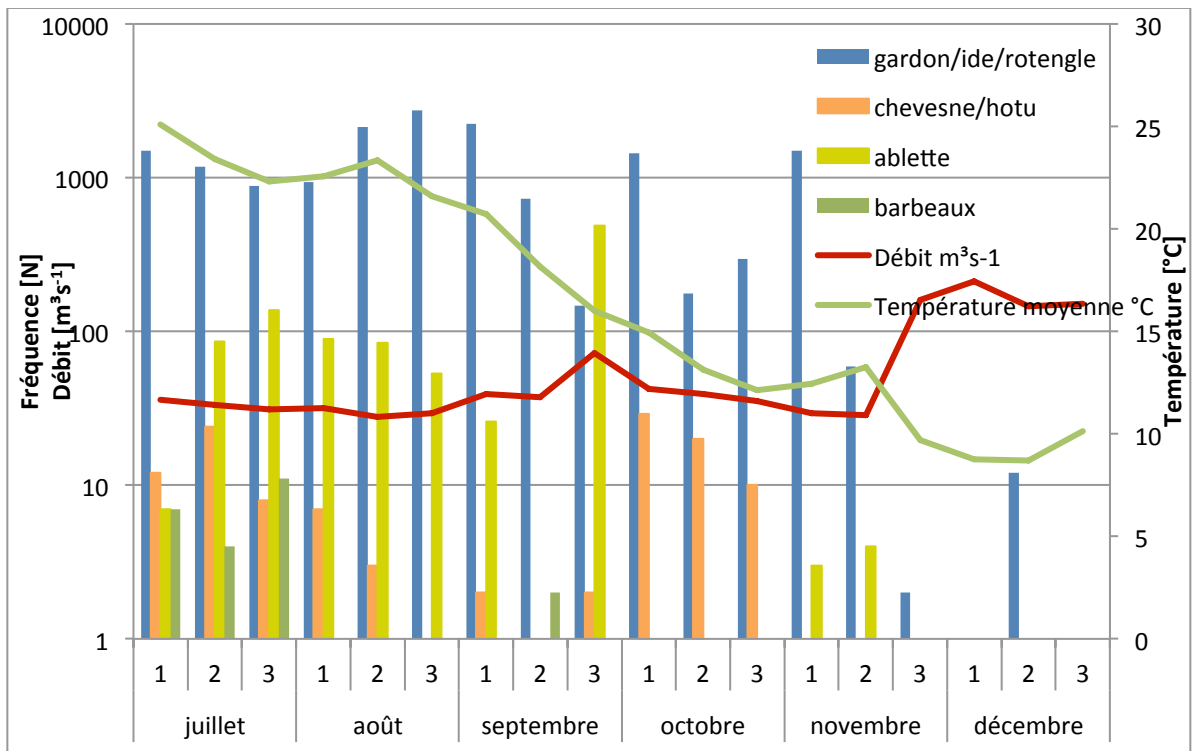


Figure 6 : Evolution des observations par décan des taxa les plus représentés à la passe de Waulsort au premier semestre 2013 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

Des anguilles (14) ont été observées uniquement en juillet (Figure 7). On peut observer un mode de migration pour les perches à partir du début du mois d'août jusqu'au premier décan de septembre mais des passages ont été enregistrés jusqu'à la mi-novembre. Le nombre d'individu trop faible de truite ne permet pas d'en dégager des modes de migration. Une fois la température inférieure à 10°C, les passages de poissons deviennent très rares.

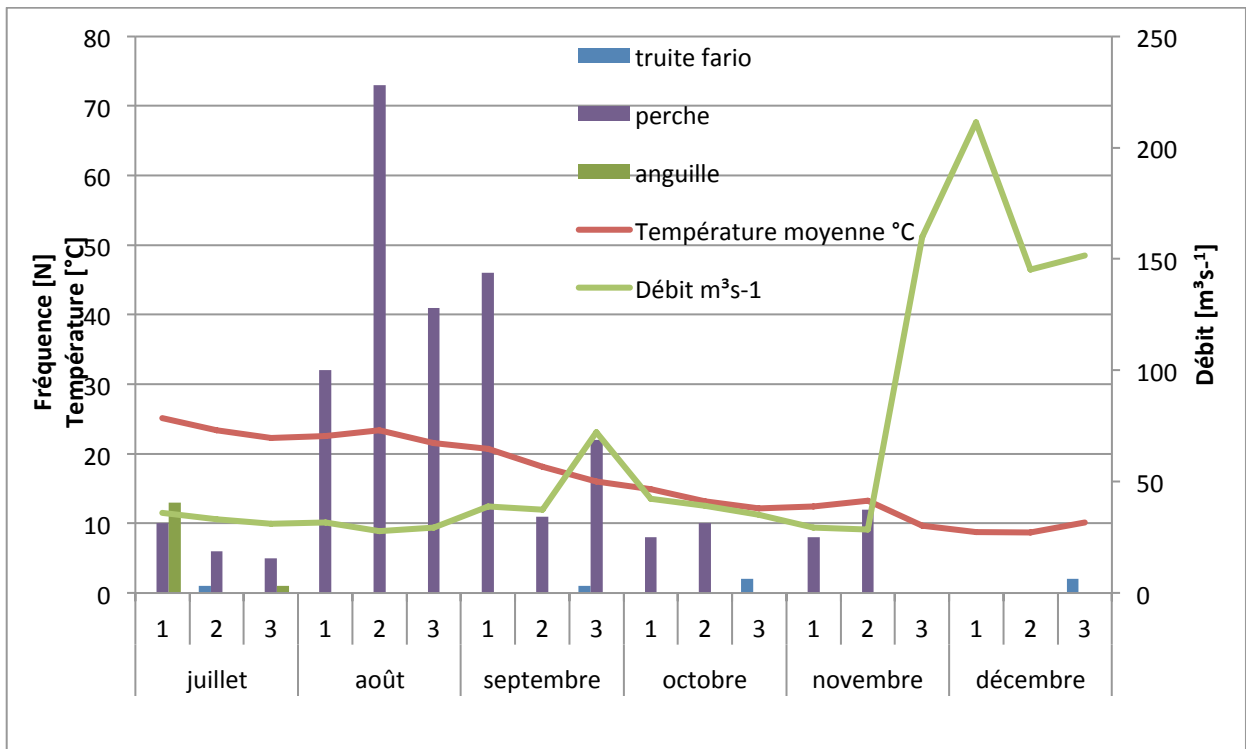


Figure 7: Evolution des observations par décan des taxa prédateurs à la passe de Waulsort au premier semestre 2015 et moyenne de la température de l'eau (SPW, DGO3, Département de la Police et des Contrôles - Direction des Contrôles).

6.1.3 Comparaison des migrations de 2010 à 2015

En comparant les profils de migrations (Figure 8), on peut observer que le pic de migration de printemps est décalé plus tardivement en 2015 que les autres années. Ce pic est également plus important en terme de nombre que lors des suivis antérieurs. Ensuite, on remarque beaucoup de mouvement durant la période estivale ce qui ne s'était pas observé auparavant. Un pic de migration avec plus de 2000 observations par décan a également été enregistré entre mi-août et début septembre. Cependant, le pic de migration automnale de 2010 avec près de 5000 individus, n'a jamais plus été observé. Les années sont quasiment identiques pour ce qui est des migrations pendant la période hivernale.

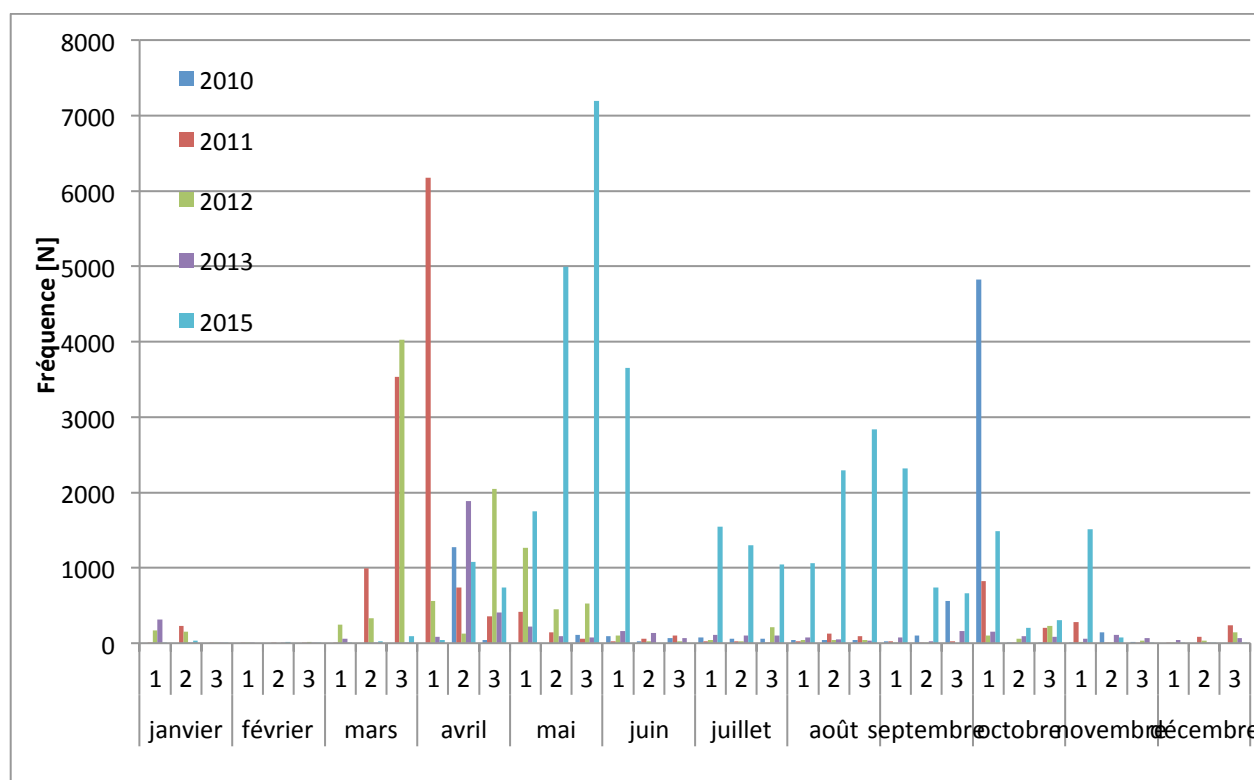


Figure 8 : Comparaison des migrations à l'échelle à poissons de Waulsort entre 2010 et 2015.

6.1.3.1 Migrations de printemps

La comparaison des passages de poissons observés à la passe de Waulsort au cours de cinq années de suivi n'est pas aisée car le contrôle des remontées a débuté le 13 avril 2010 et que les enregistrements ont été interrompus pendant un mois (du 24 avril au 26 mai) suite à un problème technique. Les résultats obtenus entre 2011 à 2013 nous indiquent que la majeure partie de la migration de printemps en 2010 a été manquée (Figure 8). Dès lors, nous nous

contenterons de comparer les résultats entre 2011 et 2013 et 2015, années pour lesquelles nous disposons de données sur le premier semestre en entier (Tableau 3).

La première chose que l'on remarque est l'augmentation très importante du nombre d'observations de passage de poissons en 2015 par rapport aux années précédentes. Ceci est majoritairement dû au nombre élevé de gardon/rotengle/ide/vandoise observés en 2015 correspondant à plus du double des autres années. Ensuite, il faut noter que le nombre d'ablettes a quadruplé en 2015 par rapport à 2011 et 2012. En observant de plus près les autres taxa, les autres espèces de cyprins (barbeaux, brème, carpe et goujon) observées les autres années sont en diminution.

En ce qui concerne les salmonidés, 24 truites fario ont été observées, ce qui constitue une augmentation par rapport aux années 2011 (4), 2012 (8) et 2013 (1). Toujours aucun ombre commun n'a été vu depuis 2011 ni aucune truite de mer comme en 2011 et 2013. Chez les autres prédateurs, l'anguille est représentée par sept individus ce qui est dans la moyenne des observations des années 2011 et 2012. Aucune anguille argentée en dévalaison n'a été recensée. Les anguilles observées sont pour la plupart de petite taille (< 30cm). Le nombre de perche est en léger recul par rapport à 2012 et 2013 mais reste toutefois assez stable depuis le début du suivi. Le nombre de brochets recensés est toujours faible avec des valeurs entre 1 et 3 individus chaque année. Notons qu'aucun silure n'a été observé en 2015 dans la passe à poissons de Waulsort, ce qui n'était plus arrivé depuis 2011. Pour la première fois depuis le début du suivi, on a observé l'aspe au nombre de deux.

Tableau 3: Comparaison des observations de la passe à poissons de Waulsort de au premier semestre de 2010 à 2015.

Espèce	2010	2011	2012	2013	2015
Ablette	34	1142	1012	381	4407
Anguille	40	4	8	18	7
Aspe	0	0	0	0	2
Barbeaux	139	250	205	148	58
Brème	46	435	650	78	5
Brochet	0	2	3	1	2
Carpe	11	8	6	1	0
Chevesne & hotu	848	2330	1344	1121	1388
Cyprins	459	192	7	2	0
Gardon, ide, rotengle &	364	6620	6071	1699	13543

vandoise					
Goujon	152	2053	767	187	0
Ombre commun	0	1	0	0	0
Perche	290	14	22	18	12
Sandre	2	0	0	0	0
Silure	0	0	1	3	0
Tanche	7	10	1	1	0
Truite de mer	1	0	0	2	0
Truite fario	49	4	8	1	24
Indéterminés	103	10	7	31	244
Total	2545	13075	10112	3692	19692
Diversité	13	13	13	14	11

Remarquons toutefois que certains carnassiers utilisent la passe comme territoire de chasse, ce qui peut engendrer un grand nombre de vidéos parasite inutile à notre suivi. Les perches, souvent de petites tailles, ne sont pas toujours détectées par la caméra lorsqu'elles nagent dans la zone d'ombre au fond de la passe, surtout lorsque la turbidité de l'eau est élevée. Un individu recensé en nageant vers l'amont peut très bien repasser vers l'aval sans déclencher d'enregistrement et être à nouveau comptabilisé au prochain passage vers l'amont ou tout simplement ne jamais être détecté. Cela est également valable pour d'autres petites espèces comme le goujon.

Pour certaines espèces comme le gardon, l'ide et le rotengle, la diversité taxonomique ne reflète probablement pas la réalité. La précision du logiciel, la turbidité de l'eau, la propreté de la vitre d'observation et l'expérience de l'examineur sont autant de facteurs qui ne permettent pas toujours de différencier ces espèces morphologiquement proches contrairement à un suivi par un agent du Service de la Pêche comme cela était fait à l'échelle à poisson de Tailfer. Certaines espèces n'ont pas été observées chaque année, c'est le cas du sandre et de l'ombre commun qui n'ont été observés qu'une seule année. De même, la truite de mer n'avait plus été observée depuis 2010 et le silure glane n'a fait son apparition que depuis 2012 mais n'a pas été observé en 2015.

Avec un plus grand nombre d'années de suivi, une modélisation fiable des migrations pourra être envisagée. Le logiciel Sysipap garde en mémoire l'heure et le jour des passages et une

estimation de la taille des individus est également possible de telle sorte qu'une analyse poussée des passages pourra être entreprise. De plus, le modèle pourra intégrer des variables connues dans la littérature pour influencer les migrations piscicole, par exemple débit, température, photopériode, ... (Lucas & Barras, 2001 ; Sykes *et al.*, 2009 ; McCormick *et al.*, 2009).

6.1.3.2 Migrations d'automne

Notons tout d'abord que la période de contrôle des trois années n'est pas analogue. En effet, en 2010, le contrôle a été interrompu de la fin novembre à la fin décembre à cause d'un problème technique. En 2011, tout le deuxième semestre a pu être suivi dans son intégralité. Le chômage technique de la Meuse en automne 2012 a provoqué l'interruption de l'enregistrement pendant 3 semaines. Remarquons que les taux de migration les plus importants au cours des deux années précédentes ont justement été enregistrés durant la période du chômage technique (3^{ème} décan de septembre jusqu'au 2^{ème} décan d'octobre). Cette remarque est également valable dans une moindre mesure pour l'année 2015. Les modes de migration des années précédentes 2010 et 2011 se laissent bien identifiés mais les passages en 2013 étaient à la fois faibles et semblaient s'étendre tout au long de l'automne. Cette période de passage étendue s'est retrouvée en 2015 malgré des nombres d'observations bien plus grands que n'importe quelle année précédente.

Lorsque l'on compare les effectifs de poissons au deuxième semestre sur les cinq années de suivi, l'information principale est la diminution flagrante de la population de gardon jusqu'en 2013 et l'augmentation fulgurante en 2015 avec des effectifs triplé par rapport au record précédent (Tableau 4). En 2010, 5251 gardons avaient été enregistrés dont la grande majorité lors du pic de migration à l'automne contre quelques centaines depuis 2012. En 2015, ce sont 16370 individus qui ont été recensés. Le nombre d'ablettes (987) et de perches (303) ont également fortement augmentés en 2015 par rapport aux records précédents (402 ablettes en 2010 et 33 perches en 2012). Les effectifs de barbeaux ont également augmenté en 2015 avec 55 individus contre 27-35 individus pour les autres années. En 2015, le nombre de chevesnes/hotu (162) est dans la même gamme qu'en 2013 (179) qui avait marqué une augmentation d'un facteur 3 par rapport aux deux années précédentes.

Le nombre d'anguilles (14) a fortement diminué par rapport à 2013 (106) qui semblait confirmer l'augmentation des stocks observée depuis 2010. La même observation peut être faite avec les goujons mais il est nécessaire de préciser qu'aucun individu n'a été observé. Des tentatives d'explication sont présentées plus haut dans le texte. Comme chaque année, peu de truites fario, de brèmes et de carpes ont été observées.

Tableau 4: Comparaison des observations de la passe à poissons de Waulsort au deuxième semestre de 2010 à 2015.

Espèce	2010	2011	2012	2013	2015
Ablette	402	85	313	199	987
Anguille	0	5	55	106	14
Barbeaux	28	31	27	35	55
Brème	13	1	4	7	2
Brochet	2	1	1	0	0
Carpe	1	2	0	1	1
Chevesne/hotu	27	62	58	179	162
Gardon/ide/rotengle/vandoise	5251	1785	488	621	16370
Goujon	8	29	50	66	0
Perche	19	21	33	16	303
Silure	0	0	0	1	0
Tanche	3	0	0	0	0
Truite de mer	0	1	0	0	0
Truite fario	11	17	13	4	6
Cyprins indéterminés	20	5	4	0	0
Indéterminés	3	25	27	189	2
Total	5788	2070	1073	1424	17902
Diversité spécifique	11	12	10	11	9

7 Repeuplements (UNamur, SPW)

7.1 Appui au Service de la Pêche pour l'exécution du repeuplement du Samson.

Le 13 mai 2016, 3753 alevins de souche Loire-Allier ont été déversés dans le Samson. Les saumons de souche Loire-Allier, provenant de la pisciculture d'Emptinne, ont été transvasés dans des sacs de transport remplis d'oxygène afin de maintenir une concentration nécessaire pour la survie des poissons. Le transport jusqu'au lieu de déversement a été effectué alors dans les plus brefs délais. Au total, 13 radiers répartis sur 3 stations ont été repoissonnées (Figure 10) par S. Antipine et B. Bernard. Le nombre de poissons déversés à chaque station est basé sur le poids moyen et la masse de lot de poissons par sachet et est repris ci-dessous ainsi que les conditions hydrologiques (Tableau 5).

Tableau 5: Répartition des tacons de repeuplement dans 3 secteurs du Samson en date du 14 mai 2014.

Station	Poids déversé	Nombre déversé	T°C	[O2] [mg/L]	[O2] %	Conductivité $\mu\text{S/cm}$	pH
Aval de l'Abbaye	770	1000	12,5	10,02	7,95	470	8,32
Bois de Gesves	1350	1753	11,9	10,1	7,95	528	8,35
Pont de Sorinne	770	1000	11,9	10	8,3	599	8,27

Sur le terrain, 50 individus, pris au hasard dans un sac de transport, ont été mesurés individuellement avec une règle à butée. La longueur moyenne de ces alevins était de 40,4 mm pour un poids moyen de 0,77 g. L'histogramme des fréquences-tailles des poissons déversés est présenté ci-dessous (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

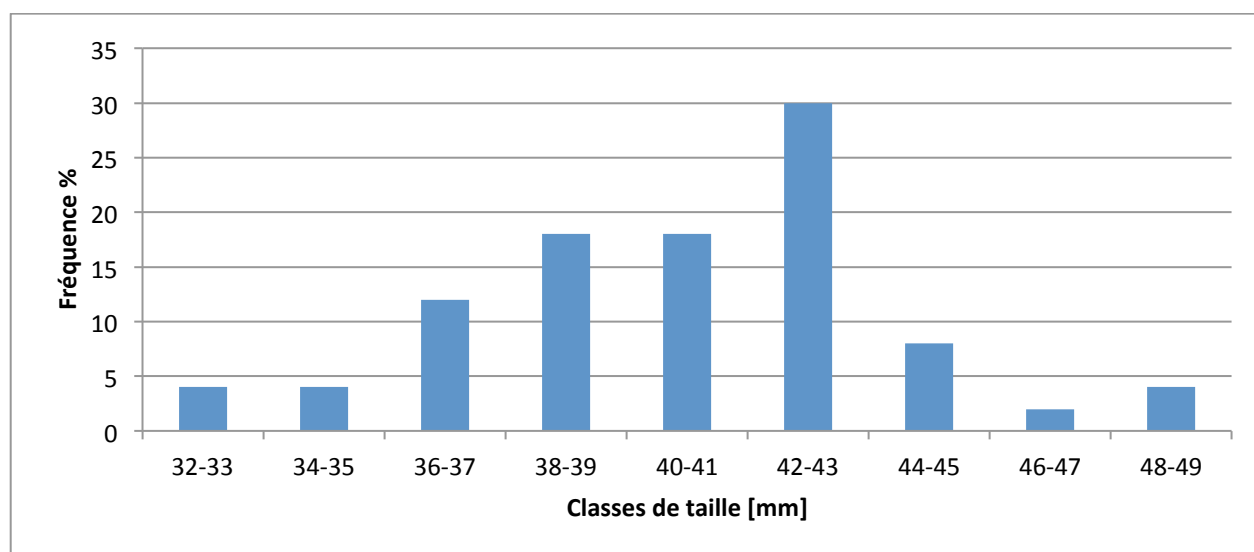


Figure 9: Histogramme des fréquences-tailles des tacons de repeuplement (N=50) pour le Samson en 2016.



Figure 10 : Emplacements des déversements de tacons dans le Samson en 2016.

Les efforts de déversement de tacons dans le Samson, au cours des douze dernières années, sont repris ci-dessous (Figure 11). Le nombre de tacons déversés varie entre 3000 et avec 10294 par an.

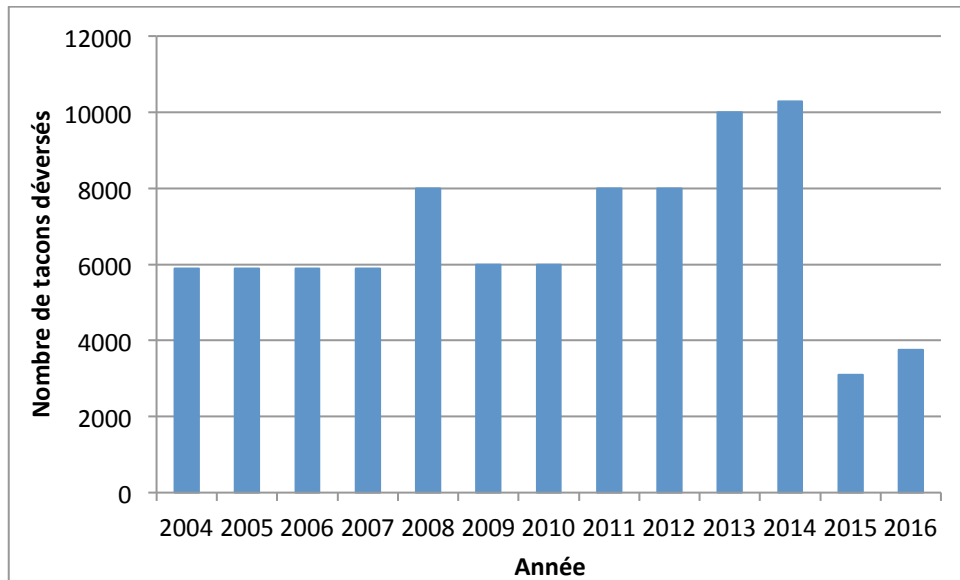


Figure 11: Récapitulatif des efforts de repeuplement du Samson entre 2004 et 2016.

8 Élaboration d'un protocole de cryoconservation et d'une cryobanque de sperme des salmonidés (UNamur, SPW)

Au cours de l'année 2016, deux actions relatives au développement d'une cryobanque saumon ont été réalisées.

7.1. **Contrôle de la qualité du sperme cryopréservé et testage des géniteurs d'Erezée :**

a. *Contrôle de la qualité du sperme cryopréservé :*

- Nous effectuons un contrôle annuel de la qualité des spermatozoïdes cryopréservés en termes de survie et de mobilité des spermatozoïdes en vue de s'assurer de la qualité du matériel génétique cryopréservé. Une telle évaluation est indispensable à cause du manque de contrôle automatique du niveau d'azote de nos vieilles petites cuves de stockage, la hauteur du niveau de remplissage étant mesurée manuellement toutes les deux semaines avec une latte PVC.
- Le contrôle de la qualité de sperme a été réalisé sur un échantillon limité à 3 paillettes pour chacun des 5 mâles identifiés comme « élites » à la suite des analyses de l'année dernière.
- Les résultats de ce contrôle montrent que le taux de survie et de motilité des spermatozoïdes reste stable après un an pour les cinq mâles sélectionnés (Tableau 6a-b). En effet, les valeurs observées en décembre 2016 en ce qui concerne le taux de survie des spermatozoïdes cryopréservés montrent une très faible variation d'environ 1% chez trois de cinq mâles sélectionnés entre décembre 2015, d'où un taux moyen similaire entre décembre 2015 ($48 \pm 9\%$) et décembre 2016 ($47 \pm 8\%$). Les mêmes fluctuations sont observées pour le taux de spermatozoïdes mobiles qui est aussi comparable entre décembre 2015 ($30 \pm 3\%$) et décembre 2016 ($30 \pm 2\%$). Les fluctuations observées entre les deux évaluations sont relatives au fait que pour un même mâle, il existe des petites différences dans la qualité des spermatozoïdes entre les paillettes surtout dans notre cas comme le remplissage se fait manuellement.

Tableau 6a : Contrôle de décembre 2016 du taux de survie et de motilité des spermatozoïdes issus des mâles de saumons sauvages (F0) prélevés le 18/12/2015

No	PitTag	N paillettes	Couleur paillettes	Cuve	Canister	Survie (%) - Déc 2015	Motilité (%) - Déc 2015	Survie (%) - Déc 2016	Motilité (%) - Déc 2016
1	06B9B269	193	Bleu-foncé	4	2 (vert), godet 1 (bas)	52 ± 2	31 ± 2	51 ± 3	32 ± 2
2	06C9D06B	177	rouge	4	4 (rouge)	45 ± 3	31 ± 3	46 ± 2	32 ± 1
3	06C9E65A	97	vert	4	2 (vert), godet 2 (haut)	53 ± 4	32 ± 2	51 ± 4	31 ± 2

Tableau 6b : Contrôle de décembre 2016 du taux de survie et de motilité des spermatozoïdes issus des mâles de saumons sauvages (F0) prélevés le 18/12/2015

No	PitTag	N paillettes	Couleur paillettes	Cuve	Canister	Survie (%) - Déc 2015	Motilité (%) - Déc 2015	Survie (%) - Déc 2016	Motilité (%) - Déc 2016
1	06CA-1B07	247	Bleu	1	2 (vert), godets 1&2	34 ± 4	25 ± 1	34 ± 3	27 ± 1
2	06C9F3F8	77	vert	1	3 (jaune), godet 2 (haut) 5 (blanc, godet 1 bas)	55 ± 2	31 ± 2	55 ± 2	30 ± 1
3	06CAOC54	197	bleu+barres	1	5 (blanc, godet 2 bas) canister 6 (godet 2 bas)	27 ± 1	20 ± 1	28 ± 3	22 ± 1

- Aucun stockage de sperme à long terme n'a été réalisé au cours de la saison de reproduction 2016 car peu de mâles ont été capturés et leur semence a servi pour la reproduction en frais afin de couvrir les besoins immédiats de production de larves de la station d'Erezée.

b. Entretien du stock de sperme cryopréservé disponible

- Un contrôle du niveau d'azote liquide dans les trois cuves GT35 contenant les paillettes de sperme cryopréservé est réalisé toutes les deux semaines. A la suite ce contrôle, un remplissage d'azote liquide de ces cuves est réalisé en vue de maintenir l'intégrité du sperme cryopréservé issu des essais antérieurs.

- A la suite du contrôle décrit plus haut pour la qualité des spermatozoïdes, le stock actuel de sperme cryopréservé comprend 791 paillettes de 0.5 ml issues de mâles jugés comme « élites », soit pouvant garantir un bon taux de fertilisation.

7.2. Développement de la structure de la cryobanque saumon :

a. Localisation secondaire de la cryobanque saumon

- Plusieurs contacts et une réunion de travail ont été réalisés afin de finaliser les démarches relatives à l'objectif de trouver une localisation secondaire pour la cryobanque saumon. Une telle localisation secondaire est une règle indispensable et nécessaire pour la visibilité de tout centre de conservation à long terme de matériel génétique.

- En rappel, des contacts ont été établis depuis trois ans avec les membres du laboratoire du professeur Isabelle Donnay (UCL à Louvain-la-Neuve). Une cryobanque « multi-espèces) (béliers et étalons) a été créée par ce laboratoire avec le financement de la Région wallonne (Direction Générale de L'Agriculture) afin d'assurer

la conservation du matériel génétique des espèces d'élevage en voie de déclin en Wallonie mais qui ont une valeur patrimoniale. Afin de mieux sécuriser ce matériel génétique, le laboratoire de l'UCL et la Région Wallonne ont sollicité l'aménagement d'un local auprès CRA de Gembloux (Ir José Wavreille) afin de servir de lieu de stockage secondaire. L'aménagement de ce local est en cours d'achèvement car il reste seulement à placer les systèmes d'alarme et d'aération.

- Un accord de principe avait déjà été acquis pour que ce local du CRA à Gembloux serve aussi de localisation secondaire pour du matériel de la cryobanque saumon. Cette accord a été confirmé au cours d'une réunion tenue le 7 mars 2017 avec la participation de Xavier Rollin, Isabelle Donnay (UCL) et José Wavreille (CRA). Une convention de collaboration précisant les modalités de cet accord est en cours de rédaction. Elle inclura d'une part, les trois entités de la cryobanque « multi-espèces », et d'autre part, le service de la pêche de Région Wallonne, le CRA Gembloux et l'URBE-UN.

b. Gestion de la cryobanque saumon et équipements :

- Malgré la localisation secondaire, l'URBE-UN continuera à assurer les manipulations biotechnologiques relatives à la cryoconservation (prélèvements à Erezée, cryoconservation, contrôle de la qualité de sperme, suivi du niveau d'azote dans les cuves de stockage). Il s'agit donc d'un point de relai technique entre la station d'Erezée et le local de stockage secondaire du CRA Gembloux.

- Le standard exigé actuellement pour une cryobanque de matériel génétique est d'utiliser des équipements disposant de système de contrôle automatique, notamment pour les cuves de stockage afin de mieux maîtriser le niveau critique de remplissage d'azote liquide. De plus, il est nécessaire de ranger les paillettes de sperme cryopréservé dans des grandes cuves appropriées afin de faciliter les manipulations de tri lors des contrôles et utilisations. Le niveau d'évaporation de l'azote liquide est par ailleurs plus faible pour ce genre de grandes cuves contrairement aux petites cuves utilisées actuellement pour la cryobanque saumon (3 petites cuves GT35 acquises déjà usagées).

- Pour sa bonne intégration dans la plateforme actuelle cryobanque « multi-espèces », il est nécessaire que le projet trouve les moyens nécessaires afin d'acquérir deux grandes cuves équipées de détecteur de niveau d'azote et de boîtier d'alarmes permettant une intervention rapide. Une cuve servira pour le stockage lors des manipulations de cryoconservation à Namur, et la seconde permettra le stockage secondaire dans le local du CRA à Gembloux. Lors de la réunion du 7 mars 2017 à Gembloux, il a été demandé aux membres de l'URBE-UN (Robert Mandiki) d'actualiser l'étude du marché et ensuite de remettre trois offres de prix à Xavier Rollin qui a promis de prendre en charge les négociations nécessaires pour l'achat des équipements auprès de la direction des services de la Région Wallonne.

9 Appui à l'amélioration des performances des larves et alevins de saumon et truite produits à la station CosMos à Erezée (UNamur, SPW)

8.1-2. Aperçu bibliographique sur les causes possibles de la mortalité des œufs et larves issus de géniteurs captifs de saumon atlantique ou de truite de mer de la station d'Erezée

Cet aperçu bibliographique a pour objectif de renforcer la compréhension des facteurs pouvant favoriser les faibles performances des œufs et larves issus des géniteurs captifs de saumon ou truite de mer de la station d'Erezée comparativement aux descendants de leurs congénères sauvages capturés en Meuse.

Influence de l'introgression adaptative des géniteurs captifs

- Plusieurs auteurs évoquent l'introgression génétique rapide relative à l'adaptation des géniteurs de ces deux espèces aux conditions de captivité comme la cause de base pouvant expliquer la faible qualité des œufs et larves en écloserie (Brooks et al., 1997 ; Kallio-Nyberg et al., 2015 ; Solberg et al., 2013, 2016 ; Sopinka et al., 2016 ; Bicskei et al., 2016). Il a été montré que l'influence de l'introgression adaptative est déjà significativement importante après seulement deux moins de captivité. Une comparaison des progénitures des femelles sauvages capturées durant les derniers stades de maturation ovocytaire ou après la maturation sexuelle en rivière a montré récemment que les femelles captives donnent des œufs plus petits et des larves d'une plus faible vitesse de croissance (Sopinka et al. (2016). L'analyse transcriptomique des embryons et larves issus des femelles captives indique que la plupart des mécanismes perturbés par l'adaptation à la captivité sont impliqués dans l'organogenèse entraînant ainsi diverses anomalies fonctionnelles à plusieurs niveaux cellulaires et organiques (Bicskei et al., 2016).

- Une dominance maternelle a été aussi montrée pour la plupart des gènes impliqués dans ces perturbations mais sans effet généralisable à l'échelle d'une population ; et de plus, la plupart de ces gènes seraient régis par des interactions additives (Sopinka et al., 2014, 2016 ; Bicskei et al., 2016). Ces deux dernières observations indiquent la possibilité de réduire les effets de l'introgression adaptative aux conditions de captivité par la sélection génétique. Certaines études indiquent en effet que les saumoneaux d'élevage commercial ont une vitesse de croissance 2 à 3 fois plus élevée comparativement à celle de leurs homologues issus des géniteurs sauvages

(Solberg et al., 2013). Mais malgré cette forte capacité de croissance, ces saumoneaux sélectionnés pour la croissance rapide ont une plus faible capacité d'adaptation aux conditions de rivières, et une sélection génétique visant un tel objectif n'a pas encore été réalisée.

- Il est à noter que le niveau l'induction de l'introggression adaptative dépend de la pression des conditions environnementales mais aussi des facteurs intrinsèques des géniteurs (Solberg et al., 2016).

Pression des facteurs environnementaux d'élevage

▪ *Conditionnement nutritionnel :*

- Que ce soit pour la qualité des embryons ou le fitness des alevins issus des femelles captives, la nutrition/alimentation est un des facteurs majeurs pouvant exercer une forte pression sur le pool génétique. Il est en effet difficile d'assurer aux géniteurs en écloserie la même qualité nutritionnelle que celle du milieu naturel. Il a déjà été montré que la nutrition lipidique des géniteurs au cours de la période de maturation ovocytaire exerce un impact direct sur la qualité des œufs et des larves chez beaucoup d'espèces de poissons (Henrotte et al., 2010 ; Montero et al., 2010 ; Ostye et al., 2011 ; Kiron et al., 2011 ; Geay et al., 2015 ; Chen et al., 2016).

- Dans les écloseries de repeuplement, l'alimentation des géniteurs comme celle de leurs progénitures est basée sur celle des salmonidés d'élevage commercial. Or pour le saumon d'élevage commercial, les populations utilisées sont issues d'une plus longue histoire de domestication incluant des programmes de sélection génétique permettant l'utilisation d'individus performants sur base de leur adaptation aux facteurs écologiques de captivité. Ainsi, les régimes alimentaires utilisés pour les géniteurs captifs d'écloserie de repeuplement comme à Erezée contiennent des teneurs en lipides totaux et en acides gras longs polyinsaturés (AGLPI) considérablement plus élevées que celles obtenues pour les proies consommées par les saumons sauvages (Descroix et al., 2010 ; Frisen et al., 2015). En conséquence, les teneurs corporelles de ces derniers en lipides et AGLPI sont plus faibles que celles des saumons domestiques indiquant que des excès de lipides et/ou rapports inadéquats d'AGLPI pourraient être parmi les causes de faible qualité de leurs œufs et alevins.

- Des rapports élevés n-3/n-6 inadéquats peuvent en effet interférer avec les voies de synthèse des eicosanoïdes et prostaglandines impliquées dans les fonctions immunitaires (Sargent et al., 2002 ; Kiron et al., 2011 ; Henrotte et al., 2011 ; Chen et al., 2016) et affecter ainsi le statut immuno-sanitaire des géniteurs captifs. Il faut savoir que la capacité de défense des embryons et des larves au cours de leurs premières semaines après éclosion repose beaucoup sur le transfert de composants immunitaires maternels car le système immunitaire n'est pas encore mature. Le système immunitaire spécifique ne devient compétent qu'à partir du 30^{ème} jour post-éclosion chez les salmonidés.

- Certains auteurs ont aussi montré qu'une réduction d'apports d'AGLPI dans les régimes alimentaires des saumoneaux et saumons adultes améliore la résistance au stress oxydatif grâce à une meilleure protection des membranes mitochondriales ou des tissus musculaires contre les dommages oxydatifs (Ostbye et al., 2011). Des régimes alimentaires avec des niveaux intermédiaires n-3/n-6 favoriseraient aussi une meilleure capacité de β -oxydation mais l'effet global de cette amélioration sur les processus de croissance est variable en rapport avec les besoins énergétiques au cours des stades de développement des juvéniles de saumons (Stubhaug et al., 2007 ; Kjaer et al., 2008 ; Ostbye et al., 2011). Les apports d'AGLPI devraient donc être modulés en fonction des stades ontogéniques des alevins, mais l'information sur les besoins adéquats d'AGLPI dans les régimes alimentaires de saumon ou truite de mer restent limitée, notamment en ce qui concerne les populations d'origine sauvage dont la progéniture est destinée au repeuplement.

- *Photopériode :*

En plus des effets sur le comportement alimentaire des géniteurs, l'habituement au régime photopériodique d'écloserie pourrait constituer un facteur permanent de stress qui affecterait à long terme l'efficacité des processus de maturation ovocytaire avec comme conséquence la production d'œufs et de larves de faible qualité. Il a déjà été montré qu'un régime artificiel photopériodique altère les mécanismes de ponte chez la truite arc-en-ciel, avec comme conséquence une faible survie des embryons au stade oillé et un taux élevé de malformations au moment de la résorption vitelline chez les larves (Bonnet et al., 2007 ; Bobe et Labbé, 2010). Chez d'autres

espèces de poissons, l'induction de la maturation ovocytaire et de la ponte par des manipulations photopériodiques produit aussi des œufs et de larves de faibles performances (Fontaine et al., 2006 ; Abdulfatah et al., 2011 ; Schaerlinger and Zaski, 2015). Mais l'influence exacte du conditionnement photopériodique est difficile à évaluer à cause de l'interaction avec les effets de la température.

- *Température :*

D'après certains auteurs, le faible taux de survie des embryons ou de larves issus des géniteurs de saumon d'origine sauvage ne serait pas relatif à des difficultés d'alimentation ou qualité nutritive des régimes alimentaires quel que soit le niveau de température (Solberg et al., 2016). La domestication n'affecterait donc pas de manière significative la tolérance au faible niveau de température observée au moment de l'incubation ou des premiers stades de développement de larves. Des observations similaires ont été rapportées dans une étude chez la truite de mer (Jensen et al., 2000) même si une telle hypothèse n'a pas été montrée chez d'autres salmonidés (Johnson et al., 2001 ; Forseth et al., 2009).

- *Stress*

- Un état de stress chronique relatif à plusieurs facteurs du milieu d'élevage y compris les manipulations fréquentes de poissons pourrait être une des causes impliquées dans les processus de l'altération de la qualité des œufs et larves issus des géniteurs captifs F1. En effet, il a déjà été montré chez certains salmonidés que la sensibilité au stress est élevée au début de la captivité et diminue avec le degré de domestication (Pottinger et Carrick, 1999). Par ailleurs, plusieurs études ont démontré qu'un stress intervenant au moment de la phase active de la croissance ovocytaire peut entraîner une réduction significative de la taille des ovocytes et une mortalité embryonnaire élevée chez beaucoup d'espèces de poissons (Alsop et al., 2009 ; Milla et al., 2009, Bobe and Labbé, 2010 ; Schreck, 2010 ; McConnachie et al., 2012 ; Fierro-Castro et al., 2015). Mais lorsque le stress intervient à la fin de la phase finale de la maturation sexuelle, l'effet sur la qualité des ovocytes est faible ou positif avec notamment une stimulation des mécanismes d'ovulation chez certaines espèces (Bobe and Labbé, 2010 ; Gennotte et al., 2012 ; Crossin et al., 2016 ; Mandiki et al., 2017). Cette dernière observation pourrait expliquer pourquoi la qualité des embryons et larves

reste bonne pour les femelles sauvages capturées à Lixhe malgré les nombreuses manipulations de capture et de conditionnement à Erezée.

- Mais les interactions entre le stress et les mécanismes de reproduction sont très complexes car elles dépendent à la fois de l'intensité de stress et du type de stresser. Ainsi, il a été montré qu'un stress aigu unique ou répété de confinement appliqué au cours de la période précédant l'ovulation chez la truite de mer et truite arc-en-ciel peut entraîner une réduction du diamètre ovocytaire résultant en un taux élevé de mortalité embryons et de larves au cours de leur première période de développement (Campbell et al., 1994, *in* Bobe and Labbé, 2010).

Influence des facteurs intrinsèques

- En raison de la grande variabilité intra-populationnelle dans la réponse au stress, le niveau de introgression génétique relatif à l'habituation aux conditions de captivité dépend des caractéristiques intrinsèques de la souche sauvage de saumon. L'information sur l'adaptabilité des souches truite de mer aux conditions d'écloserie de repeuplement est rare. Les données disponibles semblent indiquer que la tolérance aux faibles niveaux de température n'est pas influencée par la souche chez le saumon Atlantique. Plusieurs études ont en effet montré un taux élevé de mortalité d'embryons et de larves issus de femelles captives quel que soit la souche de saumon et le niveau de température (Forseth et al., 2001 ; Jonsson et al., 2001 ; Solberg et al., 2016). Mais cette hypothèse n'est pas unanimement confirmée car d'autres études chez le saumon ou autres espèces de poissons ont montré que seules les souches historiquement habituées aux conditions de faible température auraient un meilleur fitness (survie et croissance), notamment lors d'une habituation à des conditions d'élevage quel que soit le niveau de température (Conover DO, Schultz, 1995 ; Ineno et al., 2005 ; Kavanagh et al., 2009).

Références

- Abdulfatah et al., 2011. Effects of photothermal kinetic and amplitude of photoperiod decrease on the induction of the reproduction cycle in female Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture* 322-323, 169-176.
- Alspo et al., 2009. Adrenocortropic hormone suppresses gonadotropin stimulated estradiol release from zebrafish ovarian follicles. *PLoS One* 4, e6463-e6469.

- Bicskei et al., 2016. Comparing the transcriptomes of embryos from domesticated and wild Atlantic salmon stocks and examining factors that influence heritability of gene expression. *Genet Evol* 48:20, 1-16.
- Bobé and Labbé, 2010. Egg and sperm quality in fish. *Gen. Comp. Endocrinol.* 165, 535-548.
- Bonnet et al., 2007. Characterization of rainbow trout egg quality: a case study using four different breeding protocols, with emphasis on the incidence of embryonic malformations. *Theriogenology* 67, 786-794.
- Brooks et al., 1997. Egg quality in fish: what makes a good egg? *Rev. Fish Biol. Fish.* 7: 387-416.
- Chen et al, 2016. N-3 essential fatty acids in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*: Effects of linolenic acid on non-specific immunity and anti-inflammatory responses in juvenile fish. *Aquaculture* 450, 250-257.
- Conover and Schultz, 1995. Phenotypic similarity and the evolutionary significance of countergradient variation. *Trends Ecol Evol.* 10: 248-52.
- Crossin et al., 2016. Glucocorticoid manipulations in free-living animals: considerations of dose delivery, life-history context and reproductive state. *Functional Ecology* 30, 116–12.
- Descroix et al., 2010. Impact of macroinvertebrate diet on growth and fatty acid profiles of restocked 0+ Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr from a large European river (the Allier). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 67, 1 - 14.
- Fierro-Castro et al., 2015. Analysis of steroidogenic pathway key transcripts in interrenal cells isolated by laser microdissection (LMD) in stressed rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A* 190, 39-46.
- Fontaine et al., 2006. Influence of pre-inductive photoperiod variations on Eurasian perch broodstock response to an inductive photothermal program. *Aquaculture* 455, 410-416.
- Forseth et al., 2001. Functional models for growth and food consumption of Atlantic salmon parr, *Salmo salar*, from a Norwegian river. *Freshw Biol.* 46: 173-86.
- Forseth et al., 2009. Thermal growth performance of juvenile brown trout *Salmo trutta*: no support for thermal adaptation hypotheses. *J Fish Biol.* 74: 133-49.
- Friesen et al., 2015. Flesh nutritional content of growth hormone transgenic and non-transgenic coho salmon compared to various species of farmed and wild salmon. *Aquaculture* 437, 318 – 326.
- Geay et al., 2015. Effects of dietary linseed oil on innate immune system of Eurasian perch and disease resistance after exposure to *Aeromonas salmonicida* Achromogen. *Fish & Shellfish Immunology* 47, 782-796.
- Gennotte et al., 2012: Cortisol is responsible for positive and negative effects in the ovarian maturation induced by the exposure to acute stressors in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiol Biochem* 38, 1619-1626.
- Henrotte et al., 2011. Arachidonic Acid Induces Production of 17,20b-Dihydroxy-4-pregnen-3-one (DHP) via a Putative PGE2 Receptor in Fish Follicles from the Eurasian Perch. *Lipids* 46, 179-187.
- Henrotte et al., 2010. Egg and larval quality, and egg fatty acid composition of Eurasian perch breeders (*Perca fluviatilis*) fed different dietary DHA/EPA/AA ratios *Aquaculture Research* 41, 53-61.
- Ineno et al., 2005. Thermal tolerance of a rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* strain selected by high-temperature breeding. *Fish Sci.*, 71:767-75.
- Jensen et al., 2000. Latitudinal variation in growth of young brown trout *Salmo trutta*. *J Anim Ecol.*, 69: 1010-20.
- Johnsson et al., 2001. Behavioural and heart rate responses to predation risk in wild and domesticated *Atlantic salmon*. *Can J Fish Aquat Sci.* 58: 788-94.
- Jonsson et al., 2001. Thermal performance of juvenile Atlantic Salmon, *Salmo salar* L. *Funct Ecol.* 15, 701-11.
- Kallio-Nyberg et al., 2015. Differences between wild and reared *Salmo salar* stocks of two northern Baltic Sea rivers. *Fisheries Research* 165, 85 – 95.
- Kavanagh et al., 2010. Contemporary temperature-driven divergence in a Nordic freshwater fish under conditions commonly thought to hinder adaptation. *BMC Evol Biol.* 10:350.
- Kiron et al., 2011. Antioxidant and immune defences of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) offered plant oils differing in fatty acid profiles from early stages. *Aquaculture Nutrition* 17, 130-140.

- Kjaer et al., 2008. Effect of rapeseed oil and dietary n-3 fatty acids on triacylglycerol synthesis and secretion in Atlantic salmon hepatocytes. *Biochimica et Biophysica Acta* 1781, 112-122.
- Knight and Rowley, 1995. Immunoregulatory activities of eicosanoids in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Immunology* 85, 389-393.
- Mandiki et al., 2017. Corticosteroids deeply depress the *in vitro* steroidogenic capacity of Eurasian perch ovary at the end of the reproductive cycle. *Gen. Comp. Endocrinol.*, in press.
- McConnachie et al., 2012. Consequences of acute stress and cortisol manipulation on the physiology, behavior, and reproductive outcome of female Pacific salmon on spawning grounds. *Horm Behav* 62, 67-76.
- Milla et al., 2009. Ovarian steroidogenesis inhibition by constant photothermal conditions is caused by a lack of gonadotropin stimulation in Eurasian perch. *Gen Comp Endocrinol* 163, 242-250.
- Montero et al., 2010. Total substitution of fish oil by vegetable oils in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: Effects on hepatic Mx expression and some immune parameters. *Fish & Shellfish Immunology* 24, 147-55.
- Ostbye et al., 2011. High n-3 HUFA levels in the diet of Atlantic salmon affect muscle and mitochondrial membrane lipids and their susceptibility to oxidative stress. *Aquaculture Nutrition* 17, 177-190.
- Pottinger and Carrick 1999. Modification of the plasma cortisol response to stress in rainbow trout by selective breeding. *Gen. Comp. Endocrinol.* 116, 122–132.
- Sargent et al., 2002. The lipids. In: Halver JE, Hardy RW (eds) *Fish nutrition*. Academic Press, Seattle, pp 153-218.
- Schaerlinger and Zaski, 2015. Evaluation and Improvements of Egg and Larval Quality in Percid Fishes. In in: Kestemont P, Dabrowski K, Summerfelt R (Eds), *Biology and Culture of Percid Fishes, Principles and Practices*. Springer, New York London, pp 193-223.
- Schreck, C.B., 2010. Stress and fish reproduction: The roles of allostasis and hormesis. *Gen Comp Endocrinol* 165, 549-556.
- Solberg et al., 2016. Thermal plasticity in farmed, wild and hybrid Atlantic salmon during early development: has domestication caused divergence in low temperature tolerance? *BMC Evolutionary Biology* 16:38, 1-17.
- Solberg et al., 2013. Does Domestication Cause Changes in Growth Reaction Norms? A Study of Farmed, Wild and Hybrid Atlantic Salmon Families Exposed to Environmental Stress. *PLoS ONE* 8: e54469.
- Sopinka et al., 2016. Does maternal captivity of wild, migratory sockeye salmon influence offspring performance? *Hydrobiologia* 779, 1-10.
- Stubhaug et al., 2007. Fatty acid productive value and β -oxidation capacity in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed on different lipid sources along the whole growth period. *Aquaculture Nutrition* 13, 145-155.

**10 Consolidation des analyses relatives à la réalisation d'un bilan
global du succès des remontées de saumons adultes et
dévalaisons des smolts en Meuse depuis les 15 dernières années
(UNamur, SPW-Ulg)**

10.1 Relations entre les conditions environnementales et les caractéristiques de repeuplements lors de la dévalaison

Cette action consiste à analyser les données obtenues au travers des activités du programme Saumon Meuse depuis une quinzaine d'année afin de modéliser au mieux la dévalaison et de mettre en évidence les facteurs les plus importants. Il s'agit d'analyser les corrélations entre les conditions environnementales et diverses variables lors de la dévalaison comme le choix de la souche, l'intensité des déversements, le stade au déversement, etc.

En 2015, les analyses se basaient essentiellement sur les données des contrôles annuels de la dévalaison réalisés par l'ULg grâce au dispositif installé à Méry sur l'Ourthe. Pour la création de la nouvelle base de données, un lourd travail de collecte de résultats a été nécessaire notamment de par le fait que deux autres équipes universitaires (ULg-LDPH et UCL-ISV) ainsi que plusieurs entités du Service Public de Wallonie (Direction Générale "Agriculture, Ressources Naturelles et Environnement - DGO3 -Département de l'Environnement et de l'Eau - Direction des Eaux de Surface, Département de la Nature et des Forêts - Service de la Pêche, Département de la Police et des Contrôles - Réseau de Contrôle, Département de la Ruralité et des Cours d'Eau - Direction des Cours d'Eau Non-navigables et DGO2 - Département des Etudes et de l'Appui à la gestion - Direction de la Gestion Hydrologique Intégrée) ont été contactées en plus d'une recherche bibliographique dans les anciens rapports de convention du programme Saumon Meuse sur plus de 15 ans. A ceci s'ajoute une phase importante de travail de décryptage et d'harmonisation des résultats disponibles car ces données ont été encodées par diverses personnes et équipes utilisant différents tableaux ou système de classification.

L'analyse en composantes principales (ACP) réalisée en 2015 devait permettre de visualiser des corrélations éventuelles entre diverses variables mesurées. 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 fait de même pour le facteur température. Cette année, nous avons utilisé les régressions linéaires avec le logiciel JMP pour analyser la nouvelle base de données. Pour ce faire, nous avons défini des sous-questions.

Question 1 : Les jeunes saumons migrent-ils plus tôt selon le stade ou l'origine des individus ?

Réponse :

Non, nous n'observons aucun effet de la souche ou du stade sur la période de migration. Par contre il y a des mois où les effectifs sont plus nombreux dans l'ordre décroissant avril, mai, mars et juin. Le modèle sortant de l'analyse s'écrit sous la forme :

$$\text{Log}(\text{Nbre de capture} / 10j / \text{Année}) = \text{Mois} + \text{Stade} + \text{Origine} + \text{Stade} * \text{Origine} + \text{Mois} * \text{Stade} + \text{Mois} * \text{Origine}$$

Le R² ajusté vaut 0,29.

Tableau 6: Synthèse des effets significatifs ressortant de notre analyse.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Mois[4-3]	2,0298668	0,9279	2,19	0,0312*
Mois[5-4]	-3,832499	1,563497	-2,45	0,0161*
Mois[6-5]	-3,382702	0,843247	-4,01	0,0001*

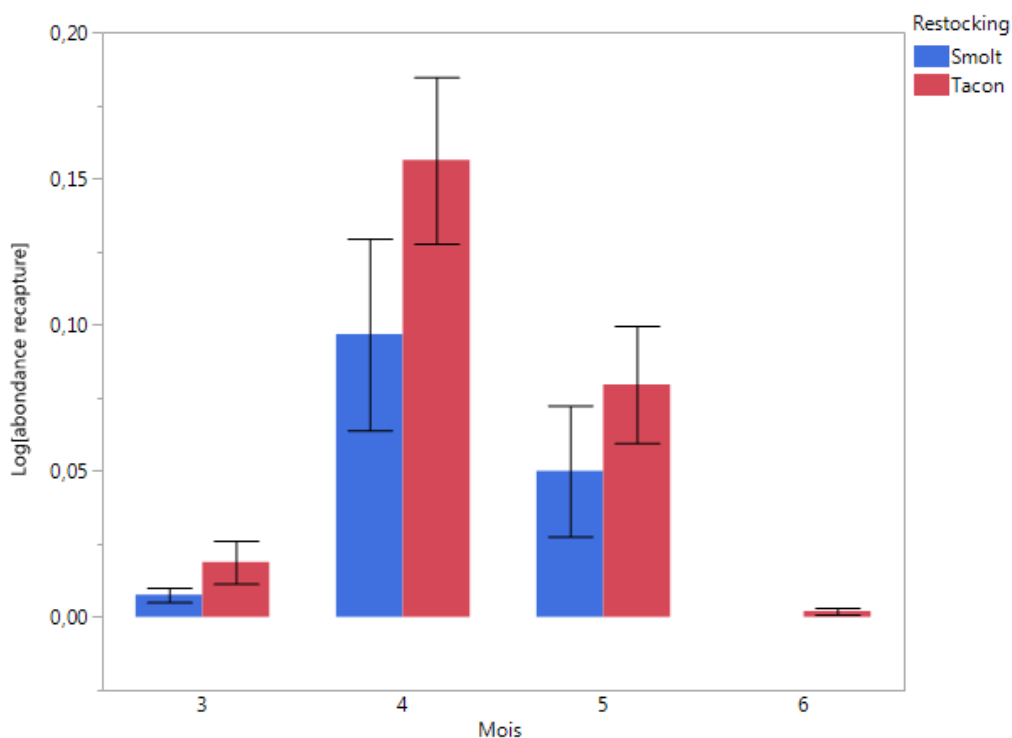


Figure 12 :Log des abondances de passages à Méry en fonction du stade de déversement et du mois toutes années confondues.

Question 2 : La migration des jeunes saumons peut-elle être corrélée à des variables telles que la température de l'eau, les débits, la souche ou l'origine,... ?

Réponse 2 :

Oui, l'interaction du stade au déversement avec la moyenne des débits-30j a un effet significatif, c.à.d. que les smolts semblent migrer préférentiellement à des débits plus élevés que les tacons. Toutefois, le faible nombre de données à débit élevé peut biaiser le modèle. Il existe également des températures préférentielles comme le montre l'effet quadratique de la moyenne de la température -30j. Le modèle sortant de l'analyse s'écrit sous la forme :

$$\text{Log (Nbre de capture / 10j / Année)} = \text{Température (-30j)} + \log (\text{débit -30j}) + \text{Stade} +$$
$$\text{Température (-30j)} * \text{Température (-30j)} + \log (\text{débit -30j}) * \log (\text{débit -30j}) + \text{Stade} *$$
$$\text{Température (-30j)} + \log (\text{débit -30j}) * \text{Stade} + \log (\text{débit -10j}) * \text{Température (-30j)}.$$

Le R²ajusté vaut 0,18.

Tableau 7: Synthèse des effets significatifs ressortant de notre analyse.

Source	PValue
Stade*Log[moyenne débit 30j m ³ s ⁻¹] 3	0,00652
moyenne T -30j*moyenne T -30j	0,03565

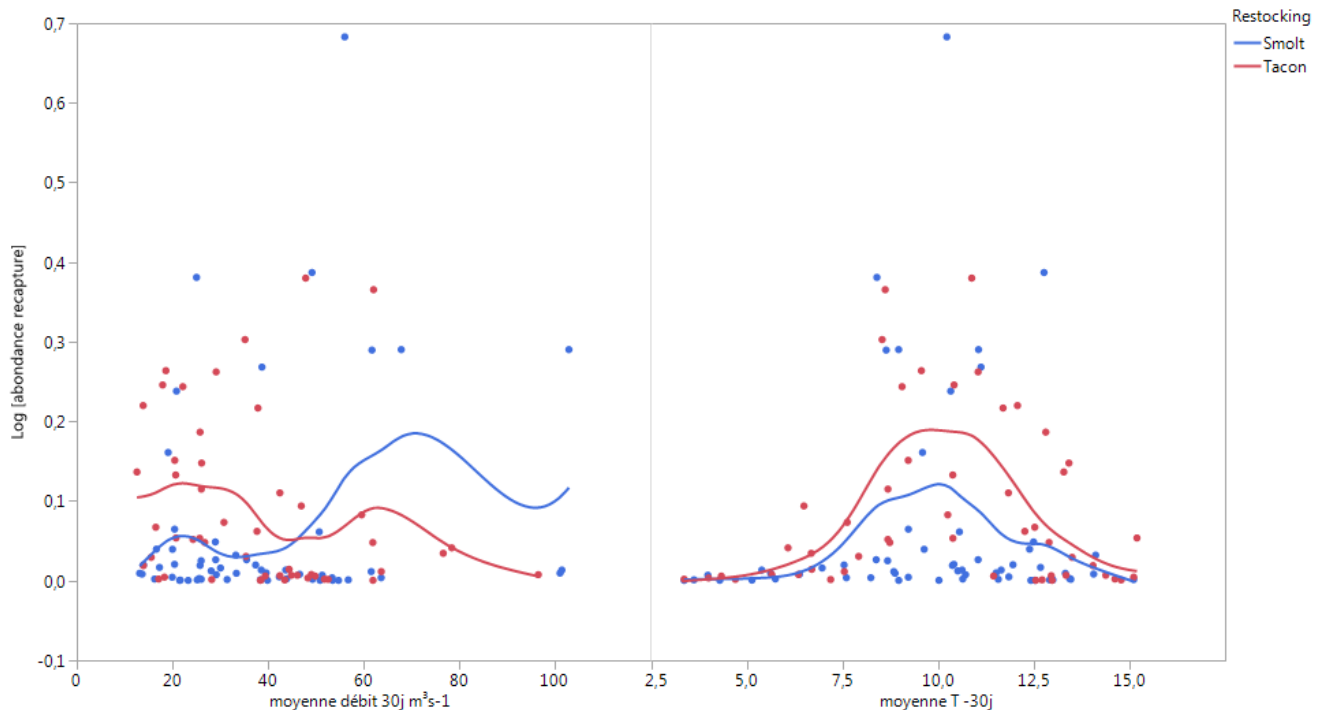


Figure 13: Log des abondances de passages à Méry en fonction du stade de déversement et de la moyenne du débit -30j ou de la moyenne de la température -30j toutes années confondues.

10.2 Relations entre les saumons adultes en montaison, les caractéristiques de repeuplements et les conditions environnementales

Après avoir traité l'aspect de la dévalaison, nous allons maintenant tenter de mettre en évidence un lien entre les adultes en montaison, les caractéristiques des déversements et des données environnementales.

Afin de relier correctement chaque adulte à ces variables, nous avons entrepris une étude scalimétrique. Ces données se sont toutefois révélées inexploitable par l'absence du suivi de l'histoire de vie des adultes après la recapture. Dans la suite de l'analyse, nous avons alors utilisé le nombre de tacons déversé 3 ans avant la recapture et le nombre de smolts 2 ans avant la recapture. 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 fait de même pour le facteur température.

Question 1 : La quantité de déversement en smolt (-2ans) et/ou en tacons (-3ans)

influencent-ils le nombre de recapture d'adultes ?

Réponse 1:

Oui, le nombre de tacons déversés 3 ans auparavant influence le nombre d'adultes remontant. Notre modèle s'écrit sous la forme :

$$\text{Log capture adulte} = \text{log déversement tacon -3ans} + \text{log déversement smolt -2ans} + \text{log déversement tacon -3ans} * \text{log déversement smolt -2ans}.$$

Le R² ajusté du modèle vaut 0,63.

Tableau 8 : Synthèse des effets significatifs ressortant de notre analyse.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Log[Déversement tacon -3ans]	2,110566	0,594433	3,55	0,0062*

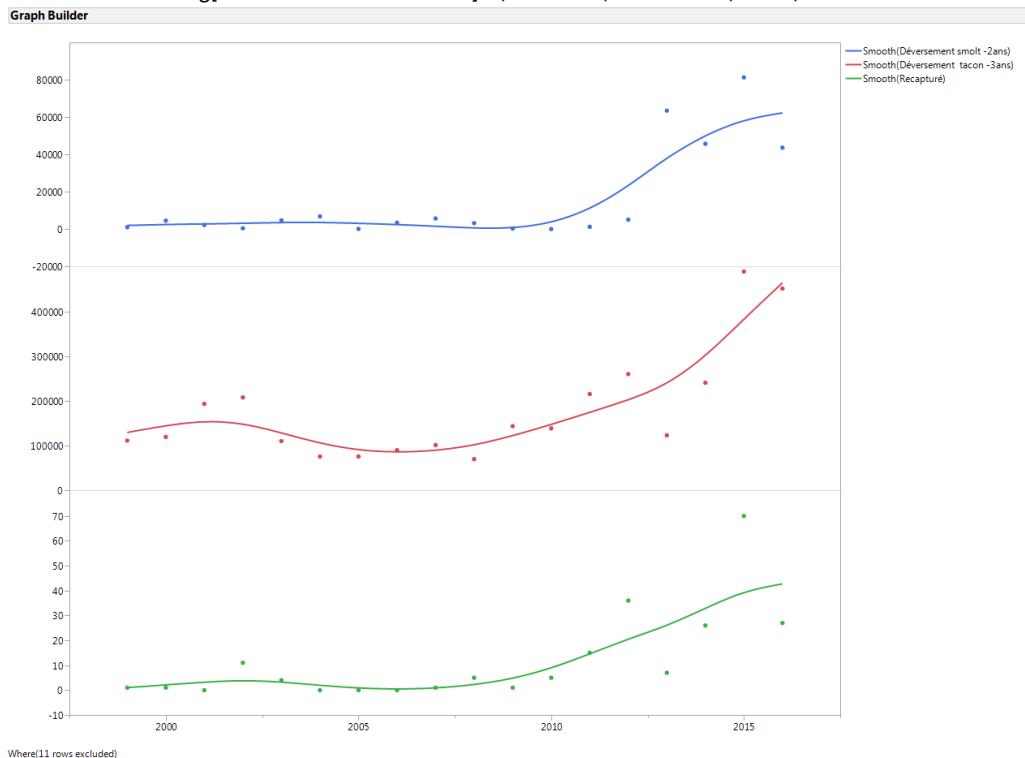


Figure 14 : Représentation des déversements de smolt -2ans, de tacon -3 ans et des recaptures d'adultes en montaison en Meuse.

Question 2 : Le débit dans le Canal Albert (-2ans) influencent-il le nombre de recapture d'adulte ?

Réponse 2 :

Non, ni la moyenne du débit dans le Canal Albert entre le 15 mars et le 15 juin, ni le nombre de jours durant lesquels le débit est supérieur à 40 m³s⁻¹ n'influence le nombre d'adultes

recapturés. Notre modèle s'écrit sous la forme :

Log capture adulte = débit canal (-2ans) + durée débit >40m³ s⁻¹ (-2ans) avec un R² ajusté de 0,27.

Tableau 9 : Synthèse des effets ressortant de notre analyse.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
débit Canal Albert 15mars-15juin -2 ans m ³ s ⁻¹	-0,320211	0,375436	-0,85	0,4158
nbr jours débit >40ms ⁻³ -2ans	0,0094292	0,072218	0,13	0,8990

Question 3 : Le débit dans le Canal Albert (-2ans) et le nombre de déversement de smolts (-2ans) et/ou de tacons (-3ans) influencent-ils le nombre de recapture d'adulte ?

Réponse 3 :

Oui, mais uniquement le nombre de déversement de tacons -3ans influence le nombre de recapture d'adultes. Le modèle s'écrit sous la forme :

Log capture adulte = log déversement tacon -3ans + débit canal (-2ans) + interaction avec un R² valant 0,58.

Tableau 10 : Synthèse des effets significatifs ressortant de notre analyse.

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Log[Déversement tacon -3ans] 4	1,5579962	0,574285	2,71	0,0265*

Question 4 : Y a-t-il une corrélation entre le nombre de recapture de smolts à Méry et les remontées d'adultes ?

Réponse 4 :

Non. Bien que nous obtenions un R² acceptable avec les données de Méry -2ans, nous obtenons un R² de 0 pour les données de Méry – 3ans. Ce résultat tend à confirmer que les saumons passent 2ans en mer.

Question 5 : Y a-t-il une corrélation entre la date de retour individuel d'adulte et la température, le débit, la souche ou le sexe ?

Réponse 5 :

Non, nous n'observons pas d'effet sur la date de retour en fonction du sexe, de l'origine, de la taille ou des interactions. Le R² de notre modèle vaut 0,06.

10.3 Suivi futur et proposition d'une structure de base de données

Au vu de la quantité de travail de recherche de résultats et du temps nécessaire à l'harmonisation de tableaux de données que ces analyses ont nécessités, nous proposons ici une structure de base de données pour le suivi futur du projet. Une mise à jour régulière est fortement conseillée. Cette base de données est divisée en quatre tableaux reprenant les caractéristiques majeures des analyses présentées ci-dessus.

Premièrement, un fichier reprenant les caractéristiques des adultes recapturés. Le suivi après la capture est important afin de déterminer l'âge des poissons (soit à la recapture, soit après leur mort), le nombre de reproduction effectuée par individu, les croisements réalisés,...

Deuxièmement, un fichier reprenant les données environnementales de débits et de température de la Meuse au point de contrôle de piégeage. A ces facteurs peuvent s'ajouter d'autres mesures comme la turbidité, la concentration en oxygène,....,

Troisièmement, un fichier général des repeuplements totaux par année.

Quatrièmement, un fichier reprenant les caractéristiques des repeuplements individuels (stade, souche, origine, nombre,...).

Ces fichiers seront transmis à Xavier Rollin (SPW-DGARNE-DNF-Service de la Pêche) suite à l'approbation du rapport de convention par le comité d'accompagnement.

Le logiciel Microsoft Excel 2010 a été utilisé pour la création des tableaux d'analyses et la base de données. Ci-après, quelques-unes des fonctions le plus utiles pour gérer la base de données :

-) Sort (version française : trier) : dans l'onglet « données », cette fonction permet de trier une ou plusieurs colonnes en fonction d'un ou de plusieurs critères consécutifs.

-) vlookup (version française : recherchev): cherche une valeur dans la première colonne à gauche d'un tableau, puis renvoie une valeur de la même ligne à partir d'une colonne spécifiée.

-) hlookup (version française : rechercheh) : Cherche une valeur dans la première ligne d'une matrice de valeurs ou d'un tableau et renvoie la valeur de la même colonne à partir d'une ligne spécifiée.

-) counta (version française : nbval) : détermine le nombre de cellule d'une plage qui ne sont pas vide.

-) sum (version française : somme) : renvoie la somme des arguments sélectionnés dans une matrice ou un tableau (séparateur « : » pour des valeurs adjacentes ; séparateur « ; » pour des valeurs dispersées)

-) mean (version française : moyenne) : renvoie la moyenne des arguments sélectionnés dans une matrice ou un tableau (séparateur « : » pour des valeurs adjacentes ; séparateur « ; » pour des valeurs dispersées)

10.4 Conclusions

Le but des analyses réalisées est de vérifier s'ils existent des tendances significatives entre des variables permettant d'optimiser les actions de repeuplement du programme Saumon Meuse et de définir des actions prioritaires afin d'augmenter le nombre de saumons adultes remontant le bassin mosan. La principale limitation a déjà été mise en évidence lors du bilan statistique précédent sous la forme du barrage de Borgharen-Maastricht ; problème aujourd'hui résolu. Suite à cette constatation, il faut noter la présence d'un autre obstacle difficilement franchissable aux Pays-Bas et pouvant potentiellement empêcher le retour du saumon en Belgique. Il s'agit des barrages anti-tempêtes du Plan Delta dans l'estuaire de la Meuse aux Pays-Bas (Haringvliet), dont une nouvelle gestion au niveau des vannes à partir de 2018 pourrait être très bénéfique dans l'aboutissement du programme Saumon Meuse.

Notons que le Canal Albert (moyenne du débit 15mars-15 juin et nombre de jours $>40\text{m}^3\text{s}^{-1}$) ne semble pas avoir d'impact sur le nombre d'adulte en montaison. Les données de recapture sur l'Ourthe ne sont que peu exploitables car le pourcentage de capture est inconnu. Les tableaux créés pour les analyses statistiques restent limités, majoritairement de par le manque de données proprement répertoriées. La mise à jour régulière de la base de données nouvellement créée devrait permettre un suivi optimisé et des analyses plus poussées. De plus, la base de données créée pour ce bilan étant la plus complète possible, l'analyse de résultats de programme similaire sur d'autres bassins versant comme la Loire, pourrait donner des indications précieuses voir permettre de confirmer l'importance de certains facteurs dans l'accomplissement du programme Saumon Meuse.

**11 Finalisation de la rédaction d'une brochure contextualisée sur le
« Projet Saumon Meuse » (UNamur, SPW, Ulg)**

Le comité d'accompagnement a reçu la nouvelle version de la brochure comprenant les mises à jour disponibles jusqu'en 2016. Les corrections et remarques formulées lors de la réunion annuelle seront intégrées par la suite.