

Faculté des bioingénieurs

**Impacts des barrages de castors
eurasiens (*Castor fiber*) sur la
reproduction de la truite fario
(*Salmo trutta fario*) dans un
ruisseau ardennais**

Auteur : Arthur GILLES
Promoteurs : Dr. Ir. Xavier ROLLIN

Lecteurs : Dr.Ir. Marie-Christine FLAMAND
Dr.Ir. Etienne DUPONT

Année Académique : 2018 - 2019
Bioingénieur : gestion des forêts et des espaces naturels

Table des matières

1	Remerciements	1
2	Introduction	2
3	Revue bibliographique	4
3.1	La truite fario (<i>Salmo trutta trutta fario</i>)	4
3.1.1	Taxonomie	4
3.1.2	Répartition géographique de la truite fario.	5
3.1.3	Caractéristiques morphologiques de la truite fario	5
3.1.4	Cycle de vie de la truite fario (<i>Salmo trutta fario</i>)	5
3.1.5	Habitat	7
3.1.6	Statut de conservation	10
3.2	Le castor européen (<i>Castor fiber</i>)	11
3.2.1	Histoire du castor européen en Belgique.	11
3.2.2	Taxonomie	12
3.2.3	Comparaison du castor canadien (<i>Castor canadensis</i>) et du castor européen (<i>Castor fiber</i>)	12
3.2.4	Répartition géographique	13
3.2.5	Description générale du castor eurasien (<i>Castor fiber</i>)	13
3.2.6	Les caractéristiques morphologiques du castor eurasien (<i>Castor fiber</i>)	15
3.2.7	Cycle de vie	16
3.2.8	Régime alimentaire	17
3.2.9	L'habitat du castor	18
3.2.10	Les motivations et stimuli à la construction de barrages	20
3.2.11	Les barrages de castors	22
3.2.12	Impacts des barrages de castors sur les salmonidés	24
3.2.13	Statut de protection	25
3.2.14	Indemnisation	26
3.3	Microsatellite et assignation parentale	26
4	Matériel et méthode	27
4.1	Localisation du système d'étude	27
4.2	Le ruisseau des Longs-Prés	29
4.3	Historique de la colonisation des castors sur le ruisseau des Longs-Prés. . .	31
4.4	Pêches électriques	31
4.4.1	Pêche électrique d'échantillonnage	31
4.4.2	Pêche électrique d'inventaire	32
4.5	Capture-marquage-recapture	36

4.6	Capture des géniteurs à la montaison	37
4.7	Caractérisation et suivi des barrages	37
4.8	Assignations parentales	38
5	Résultats	41
5.1	Description morphométrique des zones de pêche	41
5.2	Résultats des pêches électriques	43
5.2.1	Effectifs	43
5.2.2	Comparaison des poids moyens des géniteurs potentiels	51
5.3	Résultats des analyses génétiques	52
5.3.1	Généralités	52
5.3.2	Diversité génétique des populations étudiées	53
5.3.3	Résultats d'assignations parentales	53
5.3.4	Calcul des distances entre juvéniles et parents assignés.	57
5.3.5	Origine des parents vraisemblables des 0 ⁺ assignés	59
5.3.6	Évaluation du nombre de géniteurs qui se sont reproduits	59
5.3.7	Coefficient d'introgression	62
5.4	Résultats de la cage de capture	62
6	Discussion	63
6.1	Le recrutement en 0 ⁺ engendrés par les géniteurs potentiels présents dans les barrages de castors.	63
6.2	La franchissabilité des barrages	66
7	Conclusion	68
8	Perspectives	69
9	Bibliographie	71
10	Annexe	78
10.1	Annexe 1	78
10.2	Annexe 2	79
10.3	Annexe 3	80
10.4	Annexe 4	81
10.5	Annexe 5	82
10.6	Annexe 6	83
10.7	Annexe 7	84
10.8	Annexe 8	85
10.9	Annexe 9	86
10.10	Annexe 10	87
10.11	Annexe 11	88

10.12Annexe 12	89
10.13Annexe 13	90
10.14Annexe 14	91
10.15Annexe 15	97

Table des figures

1	Truite fario ((<i>Salmo trutta trutta m. fario</i>)	4
2	Taxonomie de la truite fario (INPN, 2019)	4
3	Carte de distribution de la truite fario dans le monde (<i>Del Vecchio, 2013</i>).	5
4	Truite fario mâle (Caudron, 2019)	6
5	Périodes d'activité de la truite fario (<i>Salmo trutta L</i>) (source : INPN, 2019).	7
6	Zonation piscicole de Huet (1949).	8
7	Castor européen (<i>Castor fiber</i>) en train de manger.	11
8	Distribution du castor européen (<i>Castor Fiber</i>) en Wallonie (DEMNA, 2018).	12
9	Taxonomie du castor eurasiens (<i>Castor fiber</i>)(source : INPN,2019).	13
10	Répartition géographique du castor européen (<i>Castor fiber</i>) (Halley <i>et al.</i> , (2002)).	14
11	Castor européen se déplaçant dans un plan d'eau formé par un barrage	15
12	Arbre attaqué par les castors sur les berges du ruisseau des Longs-Prés.	17
13	Arbre attaqué par des castors sur les berges du ruisseau des Longs-Prés.	17
14	Coulée de castors.	18
15	Terrier de castors (Barvaux, 2015).	19
16	Hutte de castors(Barvaux, 2015).	19
17	Terrier-hutte de castors (Barvaux, 2015).	19
18	Deux terriers-hutte sur les berges du barrage 14.	19
19	Barrage de castors construit sur base d'un obstacle naturel (Pan de roche).	21
20	Exploration tactile de la fuite d'eau par le castor (Brouessy, 1967)	21
21	Barrage de castors sur le ruisseau des Longs-Prés (LPB12)	21
22	Début de construction d'un barrage de castors sur le ruisseau des Longs prés.	22
23	Illustration des différentes étapes de la construction d'un barrage de castors (Déom, 2004).	23
24	Petit barrage sur le ruisseau des Longs-Prés (LPB3).	23
25	Grand barrage sur le ruisseau des Longs-Prés (LPB11).	24
26	Planification des manipulations	27
27	Localisation des différentes zones de pêche du système d'étude et zones Natura 2000 à proximité.	28
28	Barrage de castors sur le ruisseau des Longs-Prés	30
29	Orthophotoplan 2009-2010 (SPW,2019)	31
30	Orthophotoplan 2012-2013 (SPW, 2019).	31
31	Organisation du pick- up	34
32	Station de biométrie	34
33	Pêche électrique au groupe électrogène.	36
34	Cage de capture.	37
35	Cage de capture ouverte	37

36	Schémas de mesures de la hauteur d'un barrage de castors.	38
37	Barrage 14 dans la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés contenant de nombreux barrages de castors.	42
38	Ruisseau des Long-Prés partie amont des barrages.	42
39	Comparaison du nombre de truites capturées lors des pêches électriques selon leur classe de taille dans les différentes zones de pêche (Zone de barrage = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LP), partie barrage (B) (LPB 1-15); Amont (A) des barrages = partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA1-15))	44
40	Répartition des effectifs de juvéniles d'un été (0^+) et des géniteurs potentiels capturés (C) et génotypés (g) $0^+.C$ = nombre de 0^+ capturés; $0^+.g$ = nombre de 0^+ génotypés; $G.C$ = nombre de géniteurs capturés; $G.g$ = nombre de géniteurs génotypés; $0^+ \text{ Ass}.G.C$ = nombre de 0^+ assignés à des géniteurs du secteur; N.P. = secteur non pêché).	46
41	Répartition des effectifs de juvéniles d'un été (0^+) et des géniteurs potentiels capturés (C) et génotypés (g) de la partie amont de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés ($0^+.C$ = nombre de 0^+ capturés; $0^+.g$ = nombre de 0^+ génotypés; $G.C$ = nombre de géniteurs capturés; $G.g$ = nombre de géniteurs génotypés; $0^+ \text{ Ass}.G.C$ = nombre de 0^+ assignés à des géniteurs du secteur).	47
42	Répartition des effectifs de juvéniles d'un été (0^+) et des géniteurs potentiels capturés (C) et génotypés (g) des zones de pêche de la Grone et du Gouverny ($0^+.C$ = nombre de 0^+ capturés; $0^+.g$ = nombre de 0^+ génotypés; $G.C$ = nombre de géniteurs capturés; $G.g$ = nombre de géniteurs génotypés; $0^+ \text{ Ass}.G.C$ = nombre de 0^+ assignés à des géniteurs du secteur).	48
43	Distance linéaire cumulée en mètre de zone lotique et lentique dans deux différentes parties des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés.	49
44	Comparaison du nombre de truites capturées selon leur classe de taille entre les différentes zones (ou sous-zones de pêche pour la zone avec barrages) : Zone de barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie avec barrages (LPB1-15); Barrages 1 = Sous- zone 1 de la zone avec barrages de castors (LPB1-LPB7); Barrages 2 = Sous-zone 2 de la zone avec barrages (LPB8-LPB15); Zone sans barrage = LPA1-LPA15 + Grone (GR1-13) + Gouverny (GO1-8).	50

45	Résultats des pêches électriques par zone de pêche (en truite/mètre) avec erreur-type et test de comparaison des moyennes deux à deux (si une même lettre est présente au-dessus de deux colonnes de la même couleur, alors le Test de Tukey pour $P=0,05$ n'est pas significatif) (Zone de barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie avec barrages (LPB1-15); Sous-zone 1 = Sous-zone 1 de la zone avec barrages de castors (LPB1-LPB7); Sous-zone 2 = Sous-zone 2 de la zone avec barrages (LPB8-LPB15); Amont des barrages = Zone du ruisseau des Longs-Prés sans barrage.	51
46	Comparaison des masses moyennes des géniteurs potentiels femelles ou mâles en fonction de leur zone de pêche (si une même lettre est présente au-dessus de deux colonnes de même couleur alors le Test de Tukey pour $P=0,05$ n'est pas significatif) (Zone des barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2 = Sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).	52
47	Comparaison entre les différentes zones de pêche de la variation du coefficient d'introgression individuel des géniteurs potentiels(truites dont la taille est supérieure à 11,8cm) en fonction du nombre de géniteurs capturés par zone de pêche.	55
48	Phylogramme entre les populations de l'Ourthe et les piscicultures de référence basé sur la matrice des distances (Flamand , 2019).	56
49	Comparaison entre la distance moyenne des 0 ⁺ et au moins un de leurs parents en fonction des zones de pêches) (Zone de barrage = partie des barrages (LPB1-15) de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2= Sous-zone 2 des barrages (LPB8-LPB15).	58
50	Comparaison entre le nombre de 0 +/m capturés et assignés entre les différentes zones de pêche.) (Zone de barrage = partie des barrages (LPB1-15) de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés Sous-zone 1 =Sous- zone1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2 =Sous- zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).	60
51	Évaluation du nombre de géniteurs potentiels par mètre dont on a retrouvé des 0+ qui leur sont assignés en fonction de leur zone de pêche (Zone de barrages = partie des barrages (LPB1-15) de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés Sous-zone 1 =Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2 =Sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).	61
52	Barrage de castors (Barrage n°2 (LPB2))construit avec du bois et notamment avec une gaine de protection de câble électrique.	78
53	Localisation du site d'étude à l'échelle de la Belgique.	79

54	Température de l'eau du ruisseau des Longs-Prés entre le 15/10/2018 et le 31/01/2019 au niveau de la cage de capture.	81
55	Variation d'altitude du ruisseau des Long-prés de l'amont vers l'aval (Walonmap, 2019).	82
56	Variation d'altitude de la Grone de l'amont vers l'aval (Source Walonmap, 2019).	82
57	Variation d'altitude du ruisseau du Gouverny de l'amont vers l'aval (Walonmap, 2019).	82
58	Résultats des assignations parentales zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages de castors sous-zone 1.	83
59	Résultats des assignations parentales zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages de castors sous-zone 2.	84
60	Comparaison des masses des géniteurs femelles potentiels en fonction de leur zone de pêche) (Zone de barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2 = sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).	85
61	Comparaison des masses des géniteurs femelles potentiels en fonction de leur zone de pêche) (Zone de barrage = Zone pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2 = sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).	86
62	Distance moyenne pondérée entre la position des 0+ et celle de leurs géniteurs en fonction de leur zone de pêche lors de leur capture au mois d'août.) (Zone de barrage = Zone pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 =Sous- zone1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2= sous-zone 2 des barrages (LPB8-LPB15).	87
63	Comparaison entre le nombre de 0+capturés et assignés entre les différentes zones de pêche) (Zone de barrage = Zone pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2= sous-zone 2 des barrages (LPB8-LPB15).	88
64	Comparaison entre les différentes zones de pêche de la variation du coefficient d'introgression individuel des géniteurs potentiels (truites dont la taille est supérieure à 118mm) en fonction du nombre normalisé de géniteurs capturés par zone de pêche.	89
65	Position des pièges à poils et détails du barrage 23 (Caudron, (2019).	90
66	Représentation des différentes zones et secteurs de pêche du système d'étude.	97

Liste des tableaux

1	Résumé de l'organisation des pêches électriques du mois d'août 2018 sur le ruisseau des Longs-Prés et ses affluents.	33
2	Tableau descriptif de la morphologie des différentes zones de pêche.	43
3	Variabilité génétique des populations des différents secteurs de la partie des barrages de la zone de pêche des Longs-Prés estimée sur base de l'hétérozygotie observée (H_{obs}), calculée avec biais (H_{exp}) et sans biais (H_{nb}) et FIS pour chaque population. N = nombre d'échantillons, NA = nombre moyen d'allèles par marqueur.// où NS = non significatif, * = significatif à $P = 0.9$, ** = significatif à $P = 0.95$ et *** à $P = 0.99$	54
4	Truites capturées dans la cage de capture entre le 9/11/2018 et le 31/01/2019	62
5	Annexe 3 : Organisation des multiplexes d'amplification et informations concernant les amorces. La taille des allèles (A.) est exprimée en nombre de paires de bases. La couleur correspondant au nom des fluorochromes est visualisable par la couleur de la trame de fond. N.A. correspond au nombre d'allèles.	80
6	Tableau des résultats bruts d'assignations parentales. Les juvéniles d'un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0^+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu'il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4ème colonne cela est du à des allèles nulles). <i>Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l'année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d'âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l'individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l'individu.</i> . . .	91
6	Tableau des résultats bruts d'assignations parentales. Les juvéniles d'un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0^+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu'il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4ème colonne cela est du à des allèles nulles). <i>Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l'année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d'âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l'individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l'individu.</i> . . .	92

- 6 Tableau des résultats bruts d'attributions parentales. Les juvéniles d'un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc = 0^+ assigné à un unique parent ; en vert = couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange = couple de parent avec 1 erreur lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu'il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4^{ème} colonne cela est dû à des allèles nuls). *Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l'année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d'âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l'individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l'individu. . . .* 93

- 6 Tableau des résultats bruts d'attributions parentales. Les juvéniles d'un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc = 0^+ assigné à un unique parent ; en vert = couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange = couple de parent avec 1 erreur lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu'il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4^{ème} colonne cela est dû à des allèles nuls). *Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l'année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d'âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l'individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l'individu. . . .* 94

- 6 Tableau des résultats bruts d'attributions parentales. Les juvéniles d'un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc = 0^+ assigné à un unique parent ; en vert = couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange = couple de parent avec 1 erreur lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu'il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4^{ème} colonne cela est dû à des allèles nuls). *Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l'année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d'âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l'individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l'individu. . . .* 95

- 6 Tableau des résultats bruts d'assignations parentales. Les juvéniles d'un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0^+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu'il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4ème colonne cela est dû à des allèles nulles). *Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l'année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d'âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l'individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l'individu. . . . 96*

1 Remerciements

Au terme de ce mémoire, je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mon promoteur Xavier Rollin pour son suivi, sa disponibilité, ses nombreux conseils judicieux et le partage de son expérience.

Mes remerciements vont aussi aux lecteurs de ce mémoire Marie-Christine Flamand et Etienne Dupont pour le temps consacré à la lecture de ce mémoire.

Un tout grand merci à l'ensemble des agents du département nature et forêt (DNF) et du département d'étude du milieu naturel et agricole (DEMNA) qui ont participé aux pêches électriques. Je tiens à remercier tout particulièrement l'agent du service de la pêche Stéphane Pierre pour sa participation à ce mémoire, ses nombreux conseils dispensés, le relevé de la cage de capture et son aide précieuse sur le terrain ainsi que les agents du service de la pêche Daniel Waltzing et Mathieu Clarinval pour leur disponibilité à la réalisation de pêches électriques.

Mes remerciements vont aussi à Nathan De Kreijger, Jehan Dourte, Caroline Simon et Michael Toussaint pour leur assistance apportée lors des pêches électriques de la Grone et du Ruisseau du Gouverny.

Merci à Gary Frutsaert pour son aide lors du repérage des barrages.

Je tiens également à remercier le personnel du Conservatoire du Saumon Mosan (COS-MOS) à Erezée, en particulier Yvan Neus pour les conseils prodigués durant la réalisation de ce mémoire, Alexandre Sacré pour l'aide à la capture de 0⁺ en mai 2019 et Daniel Gilson pour l'accueil à Erezée.

Je remercie aussi tout particulièrement Michael Toussaint pour son aide pour la préparation des pêches électriques de la partie amont des barrages et son aide durant les pêches électriques de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages et partie amont des barrages.

Mes remerciements vont également à l'équipe du laboratoire de Marie-Christine Flamand pour avoir travaillé avec acharnement afin de réaliser les analyses génétiques dans les délais impartis de la rédaction de ce mémoire. Je tiens également à remercier Séverine Nizet pour son application à la réalisation du génotypage de l'ensemble des échantillons de truites.

Je souhaite remercier tout particulièrement Marie-Christine Flamand pour l'ensemble du temps consacré à ce mémoire et ses nombreux conseils prodigués. Un tout grand merci à Augustin Caudron, stagiaire au service de la pêche, pour son aide lors des sorties sur le terrain.

Je tiens également à remercier Christelle Dupont pour son soutien durant la réalisation de ce mémoire.

Je terminerai en remerciant mes parents pour leur soutien, leur patience et la relecture de ce mémoire ainsi que mon petit frère pour son soutien moral.

2 Introduction

Le castor est le plus grand rongeur d'Europe. Il est un architecte des cours d'eau. Jusqu'au 12^{ème} siècle, les castors étaient très nombreux en Europe. A partir de cette période, une chute de la population de castors s'est produite à cause de la dégradation des habitats et d'une chasse intensive pour sa fourrure, son castoréum et sa viande car sa chair était recherchée par les catholiques. En effet, l'espèce castor était considérée par ces derniers comme un poisson étant donné qu'il vit dans l'eau. Or cette religion interdit à ses fidèles de consommer de la viande le vendredi. C'est pourquoi, les catholiques pouvaient manger la "viande" de castor. A la fin du 19^{ème} siècle, le castor se trouve en danger critique d'extinction. La population survivante est estimée à 1200 sur toute l'Europe. Le dernier castor Belge a été tué en 1848 (Lugia, 2013).

La réintroduction illégale de castors s'est déroulée entre l'automne 1998 et le printemps 2000 par l'ASBL Rangers (Halley, 2002). Ce rongeur est venu bouleverser de nombreux écosystèmes. Les milieux aquatiques et forestiers sont les principales zones impactées à la fois de façon positive et négative.

En effet, par son mode de vie, le castor peut causer des dégâts variables et variés tant sur les peuplements forestiers que sur les cultures. Cependant, lorsqu'il construit des barrages, cet animal crée des zones dans lesquelles la biodiversité explose. La construction de ces barrages permet à ce mammifère de se protéger et de se créer un garde-manger pour l'hiver. Ces ouvrages rendent souvent la cohabitation avec les hommes conflictuelle.

La truite fario (*Salmo trutta fario*), est un salmonidé d'eau douce affectionnant les cours d'eau de la zone à truite et à ombre. Dans son cycle de vie, une partie des géniteurs remonte les rivières et les ruisseaux afin de pouvoir frayer à proximité des sources. Pour se reproduire, elle nécessite aussi un substrat de type gravier avec une granulométrie particulière afin de permettre une bonne oxygénation des oeufs.

Les pêcheurs ont un engouement particulier pour cette espèce. D'après un sondage réalisé auprès des pêcheurs wallons, il ressort que 58% des personnes interrogées trouvent que le castor a un impact négatif sur leur loisir. Selon 28% des pêcheurs ayant répondu au sondage, le castor a un impact négatif sur les poissons car selon eux les barrages empêchent la remontée des truites et envasent les zones de frayère (Bertrand, 2018). Cependant, aucune recherche n'a jamais été réalisée sur cette problématique en Wallonie.

De nombreuses études ont été réalisées au Canada et aux États-Unis afin de comprendre si les barrages de castors ont des impacts sur les salmonidés avec des résultats fortement variables.

Ce mémoire a pour objectif d'étudier les impacts des barrages de castors sur la reproduction de la truite commune. Pour ce faire, une méthode originale n'ayant jamais été employée pour cette problématique a été utilisée : la méthode de l'assignation parentale. En effet,

cette méthode permet de déterminer les géniteurs potentiels de juvéniles. Cette technique permet donc via la génétique de tracer le déplacement des truites ce que ne permet pas de faire une pêche électrique. Ce travail visera à répondre à deux questions principales :

- Est-ce que les géniteurs potentiels présents dans les plans d'eau formés par les barrages de castors peuvent se reproduire de façon efficace dans un hydrosystème comportant de nombreux barrages de castors ?
- Les truites fario présentes dans ces barrages parviennent-elles à les franchir ?

Pour tenter de répondre à ces questions, un système d'étude dans la commune de La Roche-en-Ardenne a été sélectionné. Le ruisseau et ses affluents étudiés comportent 24 barrages de castors. La présence de truites sur ces cours d'eau a été vérifiée préalablement grâce à des pêches électrique d'échantillonnage. Afin de prélever l'ADN des truites communes, l'ensemble du linéaire du système d'étude a été pêché. Ensuite, les truites ont été génotypées et l'assignation parentale a été réalisée à l'aide du programme Cervus. Par ailleurs, une cage de capture a été installée à la sortie des barrages afin d'attraper des géniteurs à la montaison.

3 Revue bibliographique

3.1 La truite fario (*Salmo trutta trutta fario*)



FIGURE 1 – Truite fario ((*Salmo trutta trutta m. fario*))

3.1.1 Taxonomie

La truite fario est membre de la famille des salmonidés. Cette famille contient trois sous-familles : les corégoninés, les thymallinés et les salmoninés. La truite fario appartient à cette dernière sous-famille. Comme le saumon atlantique (*Salmo salar*), la truite fario fait partie du genre *Salmo*. La deuxième espèce de truite que l'on peut trouver en Wallonie est la truite arc-en-ciel (*Onchorynchus Mykiss*) qui, elle, appartient au genre *Onchorynchus*.

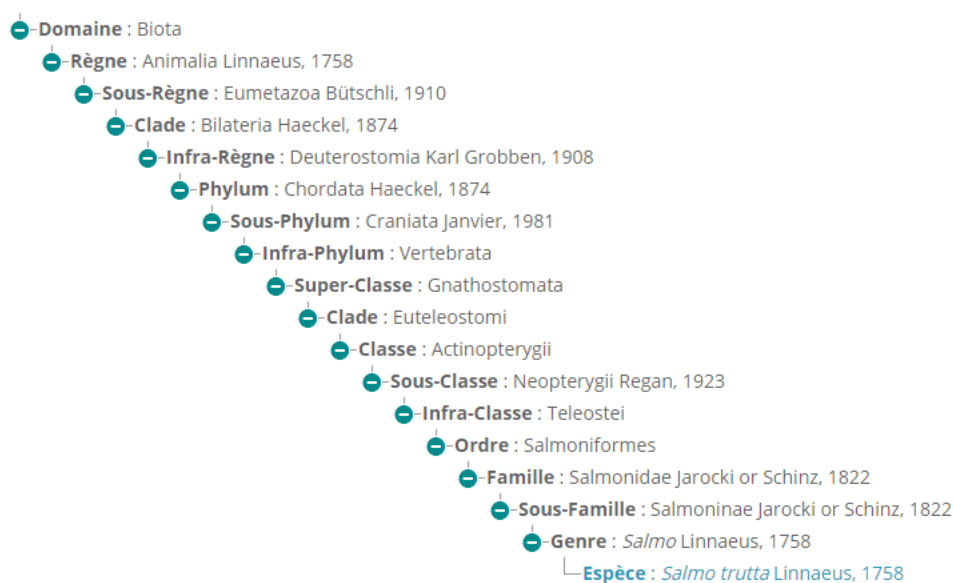


FIGURE 2 – Taxonomie de la truite fario (INPN, 2019)

Il existe quatre sous-espèces de truite fario : la truite lacustre (*Salmo trutta lacustris*), la

truite de mer (*Salmo trutta trutta*), la truite à grosses taches (*Salmo trutta macrostigma*) et la truite fario (*Salmo trutta fario*).

Ce mémoire étudie principalement cette dernière sous-espèce, la truite fario ou encore appelée truite de rivière.

3.1.2 Répartition géographique de la truite fario.

Comme le montre la figure 3, la truite fario est présente sur tous les continents sauf en Asie. Elle est originaire d'Europe et d'une partie du bassin méditerranéen (Algérie et Maroc).

Suite au développement des techniques de pisciculture ainsi que des transports de poissons et oeufs fécondés, la truite fario a été introduite dans de nombreux pays principalement pour des raisons alimentaires mais aussi pour la pêche sportive (Del Vecchio, 2013).

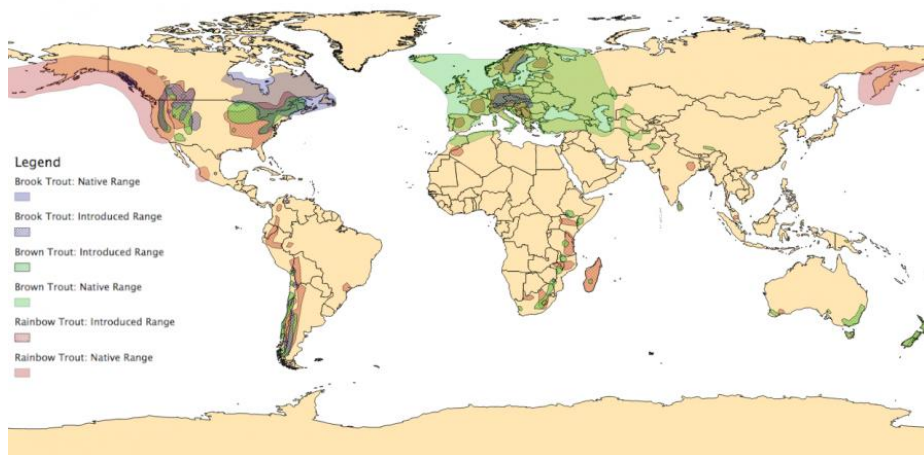


FIGURE 3 – Carte de distribution de la truite fario dans le monde (Del Vecchio, 2013).

3.1.3 Caractéristiques morphologiques de la truite fario

A l'âge adulte, la truite peut mesurer entre 20cm et 50cm et peser entre 0,1kg et 1,2kg (DGRNE, 2004). La truite commune possède une nageoire adipeuse comme tous les salmonidés. Cette nageoire est mise en évidence en rouge sur la figure 4.

3.1.4 Cycle de vie de la truite fario (*Salmo trutta fario*)

Les déplacements de la truite fario en dehors de la période de reproduction se déroulent en fonction de l'habitat disponible et de la taille du cours d'eau. Dans les petits cours d'eau avec une grande diversité d'habitats, les déplacements sont liés à des changements de gîtes et sont distants de quelques dizaines de mètres. Dans les grands cours d'eau, les truites peuvent réaliser des déplacements sur des distances beaucoup plus importantes, de l'ordre de plusieurs kilomètres (INPN, 2019).



FIGURE 4 – Truite fario mâle (Caudron, 2019)

La truite de rivière est un poisson carnassier à tous ses stades de vie. Elle se nourrit principalement de larves ou d'invertébrés aquatiques adultes dérivant dans le courant ainsi que d'invertébrés terrestres. La truite en grandissant peut se nourrir plus facilement de poissons tels que le vairon, la loche, le chabot ou les truitelles (INPN, 2019). D'après Lehanse (2009), la population de truites au sein d'une rivière est formée d'individus à différents stades de développement.

- Les alevins, individu de moins d'un an.(classe d'âge 0⁺).
- Les juvéniles, stade de développement comprenant des individus ayant un été et deux étés accomplis (classe d'âge 1+ et 2+).
- Les géniteurs, stade de développement reprenant les poissons sexuellement matures (généralement classe d'âge 3+ à 5+).

D'après Vibert(1960), il existe deux cycles de vie pour cette espèce :

1. Des truites semi-migratrices vivant dans un habitat approprié à leur croissance migrent lors de la période de reproduction vers des zones paraissant convenir uniquement à la reproduction et à la croissance de juvéniles. Cette migration a lieu généralement de nuit (Ovidio,1998).
2. Des truites sédentaires vivent dans ce même habitat leur permettant de croître et de se reproduire. D'après Maisse et Baglinière (1991), il est vraisemblable que des populations de truites sédentaires et des populations de truites semi-migratrices se superposent.

Comme le montre la figure 5, la période de reproduction de la truite fario s'étale de novembre à janvier. Durant cette période, la femelle produit en moyenne 2500 oeufs/kilo (DGRNE, 2004). D'après Baglinière et Maisse (1990), la truite commune fraye dans des zones où le courant s'accélère (vitesse comprise entre 15 et 70cm/s (INPN ,2019)) et où la granulométrie peut varier entre 2mm et 5cm afin de permettre une bonne circulation d'eau

dans la zone de fraie. La température de l'eau doit varier entre 6°C et 8°C. Durant la période de reproduction, les géniteurs se déplacent vers des zones de fraie. La femelle enfouit et recouvre de graviers les oeufs fécondés par le mâle à l'aide de sa queue. Les mâles peuvent maturer en 0⁺. Cependant, ils mûrissent généralement pour la première fois en 1+. La taille moyenne des mâles matures en 1+ est toujours supérieure à la taille moyenne des mâles 1+ immatures (Maisse *et al.*, 1987). Les femelles sont sexuellement matures généralement en 2+ (Baglinière *et al.* 1981, Maisse *et al.* 1987). Le nombre de degrés nécessaires à l'éclosion varie entre 403 et 460 (Calderon E, 1965).

La croissance de la truite est rapide (10cm à 1an, 20cm à 2ans) La truite peut vivre maxi-

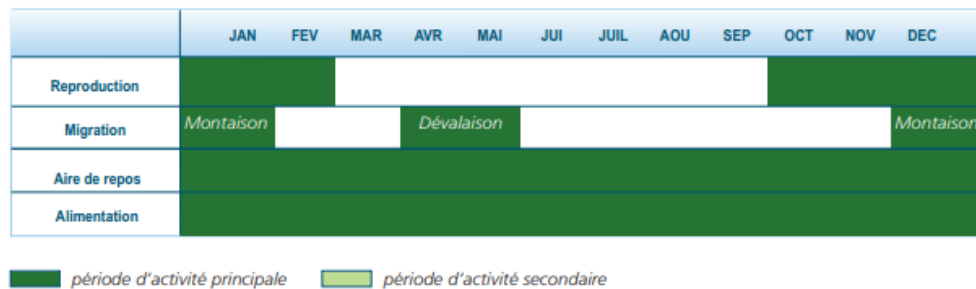


FIGURE 5 – Périodes d'activité de la truite fario (*Salmo trutta L*) (source : INPN, 2019).

mum 10ans. Au stade adulte, le taux de survie est de 50% par an (Philipart *et al.*, 1983).

Lors de la montaison, les obstacles de plus de 80cm sont infranchissables pour les individus de moins de 30cm tandis que pour des poissons de plus de 30cm, cette limite de franchissabilité passe à 140cm (Baudouin *et al.*, 2014).

3.1.5 Habitat

L'habitat se définit par rapport à une espèce comme l'ensemble des éléments du biotope dont ce spécimen se sert pour la satisfaction de ses besoins et par extension l'ensemble des biotopes dans lequel l'espèce se trouve (Blondel, 1979). L'habitat trutticole est défini comme l'ensemble des paramètres généraux déterminant l'aire de répartition de la truite mais aussi les facteurs régissant la distribution longitudinale de la population à l'échelle d'un bassin hydrographique (Taube (1974) in Baglinière *et al.*(1991)). La truite est un poisson d'eau douce sténotherme froid qui ne supporte que de façon momentanée des températures supérieures à 20-22°C. Ce poisson est aussi oxyphile. En effet, il a besoin pour survivre d'une concentration en O₂ de 5mg/l (Philipart *et al.*, 1983).

La truite peut se retrouver dans de multiples habitats depuis le torrent de montagne à l'étang artificiel. Cependant, ce poisson préfère les cours d'eau de la zone à truite et à ombre. Sur la figure 6, ces zones sont caractérisées en fonction de la pente et de la largeur du cours d'eau.

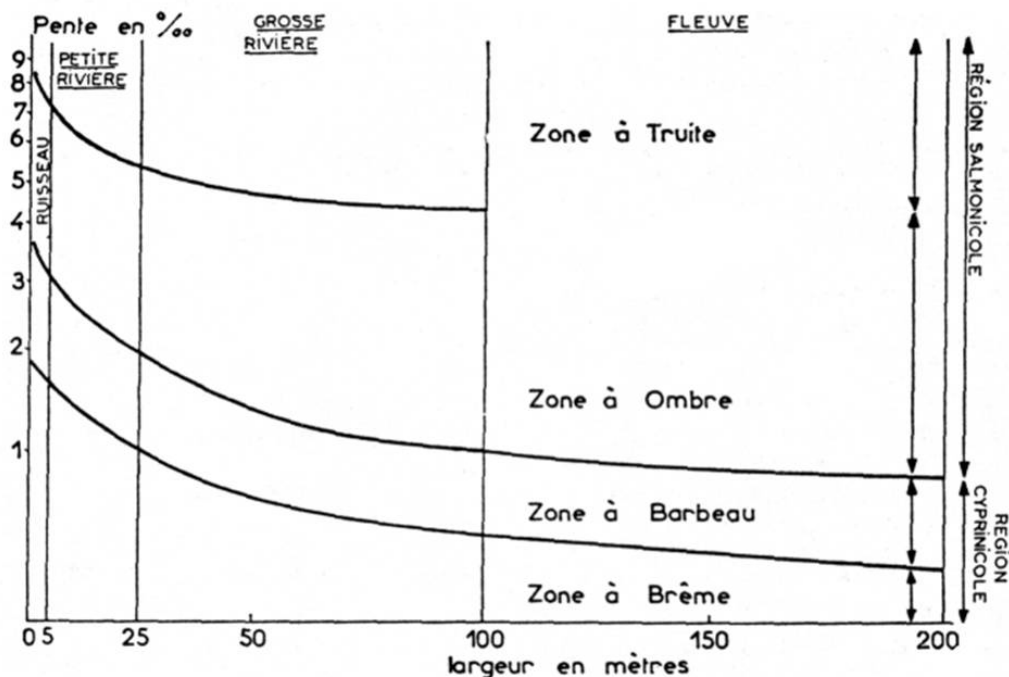


FIGURE 6 – Zonation piscicole de Huet (1949).

L'habitat trutticole peut être caractérisé par différents facteurs :

Le courant

Le courant est un paramètre capital du milieu de vie de la truite. Il joue un rôle majeur dans le fonctionnement et dans la structuration de l'écosystème (Haury *et al.*, 1991).

Le courant influence les truites de façon directe en déportant les individus. De plus, les truites présentent un rhéotactisme positif tout en limitant ses pertes énergétiques grâce à sa morphologie bien adaptée. Le courant influence également de façon indirecte, ce poisson à cause de ses multiples impacts sur l'écosystème notamment en causant la dérive d'invertébrés, en occasionnant une sélection et une modification de substrats et en permettant une bonne oxygénation des frayères.

La morphologie du lit

La morphologie du lit peut être décrite par certains facteurs tels que la profondeur, la largeur, la pente et la présence de sous-berges. Ces facteurs vont influencer le milieu halieutique. La profondeur agit sur le positionnement de la truite. Les zones profondes peuvent servir d'abri notamment en période hivernale (Chapman *et al.*, 1969). La pente du cours d'eau détermine directement la vitesse du courant ; elle est donc déterminante dans la localisation des zones de frayère. La largeur du lit doit être aussi prise en compte ; en effet, d'après Baglanière et Arribé-Moutounet (1985), il existe un "effet-berge". Dans des cours d'eau importants, les truites se cantonnent à proximité des berges. La présence de sous-berges influence le positionnement des individus dans le cours d'eau en leur servant potentiellement de cache.

La granulométrie du fond

La granulométrie du fond va dépendre de la vitesse du courant, de la profondeur et du type de roche-mère qui compose le bassin versant. Lorsque le substrat est grossier, il peut servir d'abri pour les poissons aussi bien pour se protéger que pour se reposer face au fort courant mais il peut aussi servir d'abri lorsque des prédateurs sont présents. L'utilisation de ce substrat comme cache, va dépendre de la taille des poissons (Haury *et al.*, 1991).

La granulométrie est aussi capitale pour la sélection d'une zone de fraie. Si la granulométrie du lit de la rivière est trop élevée, les truites femelles sont limitées dans le creusement afin d'y déposer leurs oeufs. Cependant, une granulométrie trop faible causerait un colmatage des oeufs et une mauvaise oxygénation de ces derniers (Haury *et al.*, 1991). La granulométrie idéale pour la reproduction de la truite varie entre 2mm et 5cm (INPN, 2019).

La lumière

La lumière est un facteur clé dans le cycle de vie de la truite de rivière. En effet, la lumière va influencer la position des individus. Les alevins ont un phototactisme négatif jusqu'au moment où ils résorbent leur vésicule. Ensuite, les alevins ont un phototactisme positif qui les mènera au stade de nage libre. Plus la truite vieillit, plus elle développe un phototactisme négatif qui se traduit par la recherche de caches. Ce facteur modifie aussi la température et la concentration en oxygène dans l'eau (via la photosynthèse) (Haury *et al.*, 1991).

La température

La température influence de façon directe le comportement de la truite. En effet, elle intervient comme un des stimuli pour lancer la migration et la reproduction. En situation de température optimale, la truite fario vit dans des eaux dont la température varie entre 7°C et 19 °C pour Frost et Brown (1967) et entre 7°C et 19°C pour Mills (1971). L'activité et le métabolisme respiratoire de la truite augmentent avec la température. Et dans le cas où aucun élément n'est limitant, la truite peut survivre jusqu'à atteindre une température létale de 24,1°C (Eaton *et al.*, 1995). La rapidité de croissance des juvéniles dépend également de la température de l'eau. (Baglinière *et al.*, 1990). La variation de température modifie l'habitat de la truite. La température de l'eau fait varier la concentration d'oxygène dissous, le développement des invertébrés benthiques et la croissance de la végétation (Haury *et al.*, 1991).

L'oxygène dissous dans l'eau

La truite de rivière est un poisson très exigeant par rapport à la concentration en oxygène dissous. D'après Mills (1971), ce poisson nécessite une concentration minimum de 5,0 mg/l à 5,5 mg/l d'oxygène dissous avec un taux de saturation de minimum 80% (Haury *et al.*, 1991).

Les autres paramètres de la qualité de l'eau

Pour que la truite fario puisse survivre et réaliser son cycle de vie dans un cours d'eau, d'autres paramètres de la qualité de l'eau ne doivent pas dépasser certaines limites.

Le pH

Le pH doit varier entre 5 et 9,5 (Mills, 1971). Si le pH est inférieur à 4,5, les alevins meurent. Une eau dont le pH inférieur à 7 a des effets néfastes sur les spermatozoïdes (Gillet et Rou-

baud, 1986). **Les teneurs excessives en matière en suspension**

Les teneurs excessives en matière en suspension peuvent causer un colmatage des branchies et occasionner ainsi une diminution de la respiration par encrassement des organes respiratoires. Les sédiments abrasifs peuvent affliger des dégâts aux tissus branchiaux des poissons. Ces dégâts mènent à une diminution de la résistance aux infections, une baisse de la croissance ou la mort des poissons (Wood & Armitage, 1997). La truite fario, en cas d'exposition à des matières en suspension, est capable d'épaissir ses branchies (Herbert & Merkens (1961).

Les macrophytes et la végétation des berges

Les macrophytes immergés et la ripisylve servent d'abri pour les poissons et structurent l'habitat. La végétation immergée sert d'habitat aux invertébrés benthiques. La ripisylve quant à elle, accueille la faune terrestre qui peut dès lors tomber dans l'eau et être consommée par les truites (Haury *et al.*, 1991).

La photosynthèse réalisée par l'ensemble des végétaux présents dans la rivière participe à l'oxygénation de la rivière. Cependant, un surdéveloppement de macrophyte peut causer une augmentation importante du pH. Cette augmentation de pH peut entraîner une toxicité ammoniacale et des conditions anoxiques en fin de nuit (Haury *et al.*, 1991).

Les macrophytes occasionnent une modification des courants avec des augmentations et des ralentissements de la vitesse de l'eau. La végétation des rivières a une action sur le cycle sédimentation/érosion. Elle permet d'éviter l'érosion et retient les sédiments (Rey *et al.*).

3.1.6 Statut de conservation

D'après l'UICN, la truite fario est classée comme étant vulnérable. Du point de vue de la législation, la truite fario peut être prélevée dans les cours d'eau wallons si sa taille dépasse 24cm. Chaque pêcheur a le droit de conserver 5 truites fario par jour. Il existe une interdiction de prélèvement de la truite fario de plus de 50cm dans les zones d'eaux calmes et d'eaux mixtes (Maison wallonne de la pêche, 2019).

3.2 Le castor européen (*Castor fiber*)



FIGURE 7 – Castor européen (*Castor fiber*) en train de manger.

Le castor européen est le plus gros rongeur d'Europe. Il possède une morphologie adéquate pour vivre dans le milieu aquatique. Ils sont munis d'une large queue plate et écailleuse, de pattes postérieures palmées, d'un pelage dense de couleur brun uniforme à tonalité variable, d'un museau camus, d'oreilles courtes et d'un corps trapu et fusiforme.

3.2.1 Histoire du castor européen en Belgique.

L'aire de répartition du castor européen s'étendait jusqu'à la fin du Moyen Âge sur l'ensemble de l'Europe. A partir de cette période, la population de ce rongeur a commencé à chuter à cause de la destruction de son habitat et de sa chasse. En effet, le castor fut l'animal à détruire à cause notamment de trois de ses comportements :

- Le castor perce les digues lorsqu'il creuse son terrier.
- Le castor construit des barrages qui peuvent inonder les champs et donc compromettre les récoltes des agriculteurs.
- Le castor détruit des arbres de production (pommier, peuplier).

A cause de ces méfaits, des primes à la destruction de castors furent même octroyées en France. De plus, le castor était considéré par les catholiques comme un poisson étant donné qu'il vit dans l'eau. Or, cette religion interdit à ses fidèles de consommer de la viande le vendredi. C'est pourquoi les catholiques pouvaient manger la "viande" de castor. Cette dernière était dès lors très prisée. Suite à cela, le castor a disparu totalement de nombreux pays européens à l'exception de la France, de l'Allemagne, de la Finlande, de la Norvège et de certains pays de l'Europe de l'est. Le dernier castor belge disparaît en 1848 (Lugia, 2013). Le castor fut réintroduit en Rhénanie-du-Nord-Westphalie dans les années 1980. La réintroduction du castor européen dans ce Land limitrophe à la Wallonie a permis l'établissement d'un premier individu dans les Hautes Fagnes en 1990. Dès 1998, de nombreuses réin-

roductions illégales ont eu lieu. Ces réintroductions ont permis la réinstallation du castor européen en Wallonie. En 2013, la population de castor était estimée à 1200-1500 individus (Barvaux *et al.*, 2015) repartis dans les bassins hydrographiques de l'Ourthe, l'Amblève, la Basse et Haute Meuse, la Moyenne et Haute Semois, de l'Our, de la Lesse et de la Dyle. La figure 8 montre la distribution du castor en Wallonie en 2018.

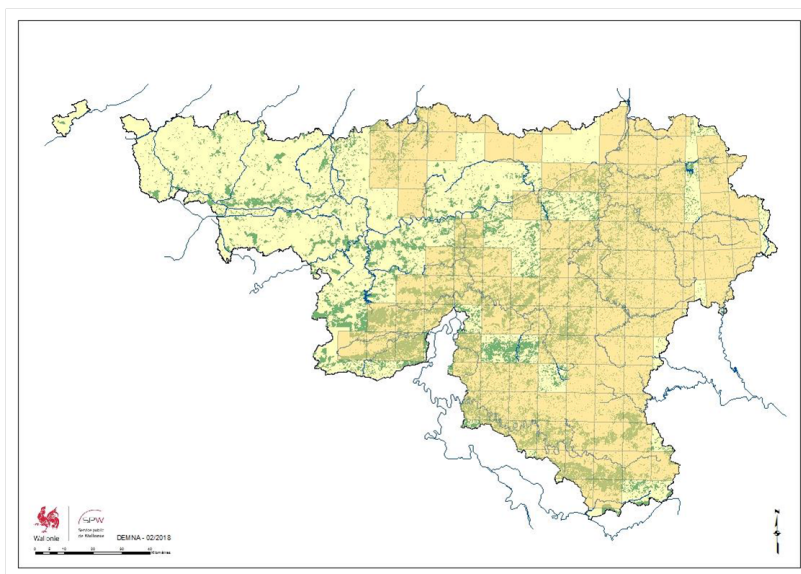


FIGURE 8 – Distribution du castor européen (*Castor Fiber*) en Wallonie (DEMNA, 2018).

3.2.2 Taxonomie

Le castor européen fait partie de l'ordre des rongeurs et de la famille des castoridés (voir figure 9). Les plus vieux fossiles des ancêtres des castors, le *Castorocauda Lustrasimilis*, proviennent du Jurassique (164Ma) (Ji Qet *al.*, 2006) et ont été retrouvés en Chine. Durant la dernière ère glaciaire, trois espèces de castors géants existaient. Les *Castoroides Ohionensis* et *Castoroides Leiseyrum* dont les fossiles ont été découverts sur le continent américain et le *Trogotherium cuvieri* dont les fossiles ont été retrouvés en Europe et en Asie (Fostowicz-Frelik, 2008). La disparition de cette espèce est estimée au Saalien (- 230 000 à - 130 000 ans) d'après Fostowicz-Frelik(2008). La forme actuelle du castor est apparue au pliocène (ONCFS, 2003). Il existe deux espèces de castors :

- le castor européen (*Castor fiber*, Linné, 1758)
- le castor canadien (*Castor canadensis*, Kuhl, 1820)

3.2.3 Comparaison du castor canadien (*Castor canadensis*) et du castor européen (*Castor fiber*)

Les castors canadiens et eurasiens comportent de nombreuses similitudes morphologiques et comportementales. Ils peuvent être différenciés par les mesures du crâne, la couleur du pelage et les sécrétions anales. Le castor canadien possède 40 chromosomes tandis que le le castor eurasien en possède 48. L'absence d'hybride et l'échec de croisement

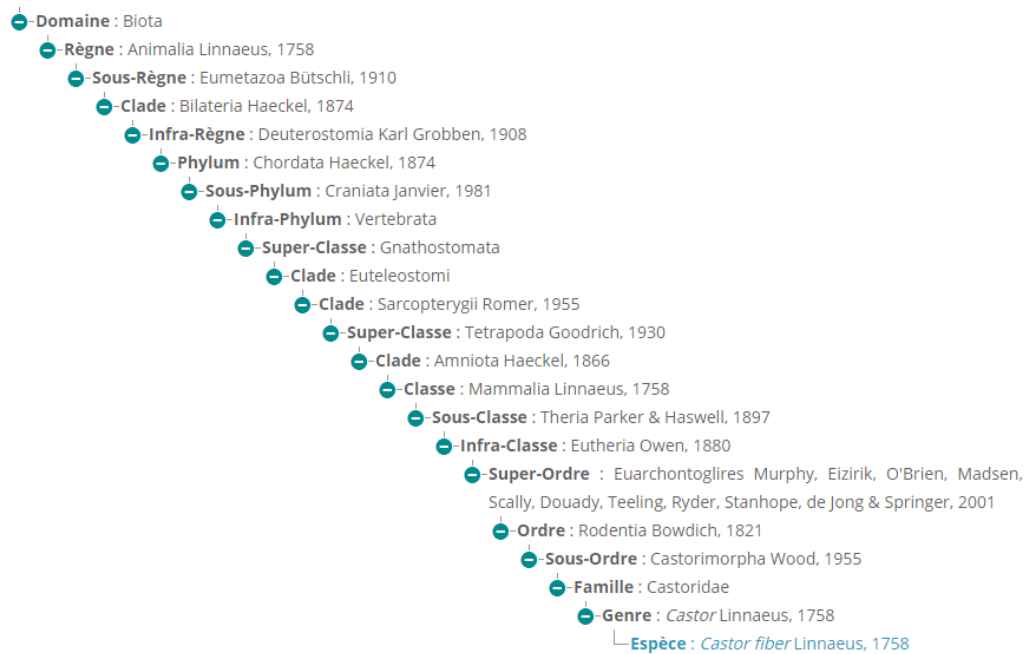


FIGURE 9 – Taxonomie du castor eurasiens (*Castor fiber*)(source : INPN,2019).

confirment la séparation des espèces (Dubrulle *et al.*,2012). Il existe deux différences interspécifiques majeures. Le castor canadien est plus rapidement mature et a des portées plus nombreuses que le castor européen (Lathi *et al.*, 1974 ; Danilov *et al.*, 1983). Lorsque les deux espèces sont présentes au même endroit, le castor canadien supplante généralement le castor européen (Lafontaine *et al.*, 2000). D'après Lathi (1974), cette domination du castor canadien est due à son taux de fécondité supérieur. Cependant, le castor européen n'est pas toujours dominé. Danilov (1995) rapporte plusieurs cas contraires et explique que le castor canadien est plus compétitif lorsque les conditions sont plus difficiles (régions septentrionales). Toutefois, lorsque le milieu est plus favorable, la dominance interspécifique est partagée. Cette figure montre aussi la présence de castor européen en Finlande.

3.2.4 Répartition géographique

D'après Halley *et al.* (2002), le castor européen est à nouveau présent dans de nombreux pays européens telle que le montre la figure 10.

3.2.5 Description générale du castor eurasiens (*Castor fiber*)

Le castor européen est le plus grand rongeur d'Europe. Au stade adulte, il mesure en moyenne 110cm à 120 cm pour un poids variant de 18kg à 30 kg. Il n'y a pas de dimorphisme sexuel flagrant entre le mâle et la femelle sauf au printemps où les mamelles des femelles allaitantes sont visibles. La femelle est généralement légèrement plus grande que le mâle. Le castor est un animal nocturne. Cependant, contrairement aux autres mammifères nocturnes, sa rétine n'est pas couverte d'une couche réfléchissante (*tapedum lucidum*). Il ne

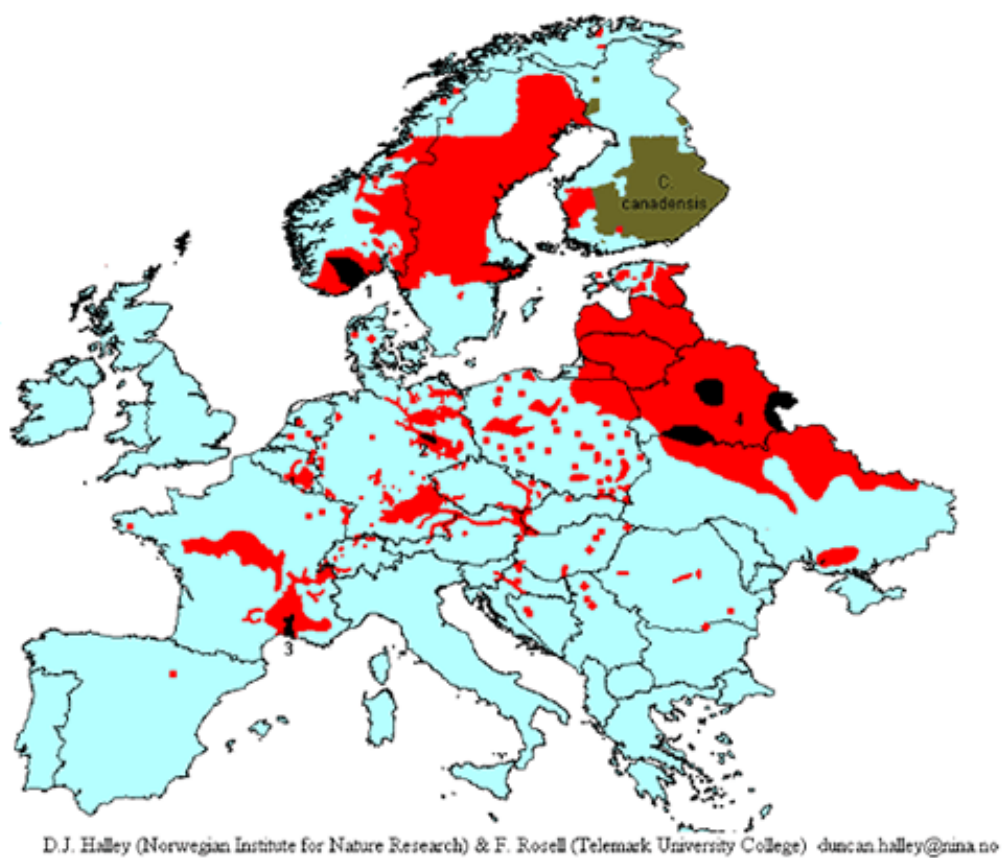


FIGURE 10 – Répartition géographique du castor européen (*Castor fiber*) (Halley *et al.*, (2002)).

détecte les mouvements qu'à de très courtes distances. Par contre, son ouïe et son odorat sont beaucoup plus développés. Le castor se meut principalement dans l'eau (figure 21). Il peut rester de 2 à 5 minutes sous l'eau et en cas de présence de prédateurs ou de problème, il est dans la capacité de réduire son rythme cardiaque et de rester jusqu'à 15 minutes sous l'eau. Lorsque le castor est hors de l'eau, il s'éloigne rarement à plus de 30m de la berge. D'après Barvaux *et al*, généralement 90% des dégâts sur la végétation ont lieu dans les 10 premiers mètres de la ripisylve.



FIGURE 11 – Castor européen se déplaçant dans un plan d'eau formé par un barrage

3.2.6 Les caractéristiques morphologiques du castor eurasiens (*Castor fiber*)

Le castor possède des caractéristiques physiques marquées. Les principales caractéristiques sont les suivantes :

- Un corps robuste dont les membres tels que le cou sont peu développés afin de limiter les pertes de chaleur. Son corps est fusiforme pour un déplacement optimal dans l'eau.
- La fourrure est épaisse et de coloration variable (avec des teints variant du brun jusqu'au roux ou grisâtre). Elle est composée de deux types de poils, les jarres et les bourres. Les jarres sont des poils raides et longs de 5cm à 7cm présents principalement sur le dos. Les bourres sont des poils fins et courts (de 1cm à 3 cm) présentes en forte densité dans la fourrure du castor.
- Les membres postérieurs sont palmés lui conférant l'habilité de nager et de marcher (Barvaux *et al*,2015).
- Les membres antérieurs sont pourvus d'ongles puissants et de pouces opposés aux quatre autres doigts. Ces caractéristiques permettent une bonne préhension et un bon fouissage (ONCFS,2003).

- La queue caractéristique du castor est aplatie horizontalement et couverte de poils sur le premier tiers. Le reste de la queue est couvert d'un cuir écailleux. Cette queue a des usages multiples : elle fait office de propulseur et de gouvernail lorsqu'il se déplace dans l'eau, elle lui sert aussi de balancier et d'appui. Le claquement de sa queue sur l'eau avertit ses congénères d'un danger. Elle constitue aussi une réserve de graisse vu la grande teneur en lipide de cette dernière (Barvaux *et al*, 2015).
- Une tête massive composée d'une grosse truffe brun-noir, de narines latérales, des yeux et des oreilles de petite taille disposées sur le dessus du crâne quasiment au même niveau que les yeux. Cette caractéristique permet au castor de nager le dos immergé tout en maintenant ses organes sensoriels hors de l'eau (Barvaux *et al*, 2015).
- Les mâchoires du castor sont garnies de 16 dents jugales (molaires et prémolaires) ainsi que de quatre incisives longues, en croissance continue et orangées nommées diastèmes. Ces incisives servent au transport des branches et à la préhension (Barvaux *et al* 2015).

3.2.7 Cycle de vie

Le castor d'Eurasie est un animal territorial. Il vit en unité familiale. En Wallonie, cette structure est généralement composée de deux adultes, un à deux subadultes (jeunes de l'année précédente) et deux à trois castorins (jeunes de l'année). A la sortie de l'hiver, les subadultes (jeunes de 2ans) sont chassés du territoire familial. Ils partent en quête d'un nouveau territoire. En cas de milieu défavorable au castor, des individus peuvent être observés de façon isolée. Lors de ces déplacements, les castors parcourent de longues distances afin de trouver un habitat optimal. Ensuite, lorsque tous les espaces optimaux sont colonisés, ils occupent les espaces restants y compris les milieux défavorables ou des milieux où l'homme est présent (piscicultures, bassins d'orage, stations d'épuration, biefs, étangs, ...). Les castors sont matures sexuellement à partir de 3ans. Cependant, l'âge optimal de fécondité des femelles est atteint lors de leur 4 à 5ans. La période de reproduction démarre au mois de janvier et se termine en février. L'accouplement a lieu dans l'eau, en position ventro-ventrale, le mâle nageant sous la femelle (Quéré *et al.*, 2011). La période de gestation dure entre 105 jours selon le Barvaux *et al* (2015) et 110 jours selon l'ONCFS (2003). Les castorins naissent durant le mois de mai avec les yeux ouverts. A la naissance, ils peuvent peser jusqu'à 700g, leur croissance est élevée durant les deux premiers mois, entre 40 et 50 grammes par jour (Quéré *et al.*, 2011). Ils restent dans le gîte jusqu'à l'âge de 6 semaines. Ensuite, ils vont commencer à sortir en compagnie de leur mère afin de commencer leur apprentissage. Les castorins sont dépendants de leur mère depuis leur naissance en mai jusqu'à la fin juillet. Après cette période, ils peuvent être considérés comme sevrés. L'espérance de vie du castor est en moyenne de 7 à 8 ans. Le taux de mortalité est élevé au cours des 6 premiers mois et durant la période de recherche de nouveaux territoires. En effet, les castorins peuvent être la proie de renards, de chiens errants et de rapaces. Lors de la re-

cherche de territoire, les castors peuvent être aussi victimes d'accident avec des véhicules. Les autres causes de mortalité du castor sont les destructions illégales ou couvertes par des dérogations. D'après Erome (1982), un jeune sur deux décède lors de ses deux premières années. D'après le Barvaux *et al*, la population de castors augmente de 20% par an jusqu'à saturation du biotope colonisé. Les populations sont limitées par la capacité d'accueil du milieu.

3.2.8 Régime alimentaire

Le castor est un herbivore strict. Son régime alimentaire varie en fonction des saisons. Au printemps et en été, le castor consomme en moyenne 2kg de végétaux par jour. Durant cette période, son régime alimentaire est principalement composé de plantes herbacées, de feuillages, de plantes aquatiques et d'écorces d'essences ligneuses. Les espèces consommées sont très variables, plus de 300 ont été dénombrées. Des dégâts dans les cultures (champs de céréales, maïs ou brassicacées), dans les potagers et vergers peuvent être constatés si les champs sont situés à moins de 30m d'un cours d'eau. En automne et au début du printemps, lorsqu'il y a peu de végétations, le castor consomme principalement des écorces (environ 700g par jour) (Barvaux *et al*, 2015). En hiver, le régime alimentaire du castor se constitue majoritairement d'essences ligneuses et d'arbustes qu'il prélève à proximité de son gîte (figures 12 et 13). Ce rongeur peut réaliser une réserve de branchages à proximité de son gîte. Cela lui permet d'avoir de la nourriture même lorsqu'il ne peut pas sortir de terre à cause de la glace. Les castors abattent davantage d'arbres durant l'hiver et à la fin de l'été afin de compenser le manque de végétations. Les essences principalement consom-



FIGURE 12 – Arbre attaqué par les castors sur les berges du ruisseau des Longs-Prés.



FIGURE 13 – Arbre attaqué par des castors sur les berges du ruisseau des Longs-Prés.

mées par le castor sont les salicacées (saules blanc, saules marsaults et cendrées, peupliers trembles) ainsi que les noisetiers, sorbiers, frênes et bouleaux. Ils peuvent aussi prélever des arbres ornementaux et fruitiers facilement accessibles ainsi que des résineux. Dans cer-

taines conditions, les castors peuvent abattre des essences de bois dur telles que le chêne et le hêtre.

3.2.9 L'habitat du castor

Les biotopes occupés par le castor sont très variables. Il s'installe lorsqu'il dispose d'un milieu suffisamment étendu, composé de plans d'eau ou de rivières avec des berges très denses. Il a une préférence pour les rivières avec une faible pente (généralement inférieure à 1%) et d'une profondeur minimum de 60cm pour qu'il puisse s'immerger totalement. Le castor n'a aucune exigence vis-à-vis de la qualité de l'eau. Par contre, la disponibilité alimentaire en saison hivernale est un facteur limitant à son implantation. Une unité familiale occupe un territoire variant de 500m à 3km selon l'ONCFS (2003). La taille du domaine vital varie en fonction de la configuration des lieux et des boisements présents. Plus la population de castors est importante, plus la taille de son territoire se réduit. Le castor délimite son territoire à l'aide d'un marquage odorant, le castoréum. Cette sécrétion est produite par leurs glandes anales. La composition de ce castoréum varie d'une unité familiale à une autre. Le castor défend de manière agressive le territoire de son unité familiale vis-à-vis d'autres castors. Ce rongeur accepte la cohabitation avec certaines espèces telles que le surmulot et les rats musqués tandis que d'autres espèces telles que le ragondin, se tiennent à distance des territoires des castors (Quéré *et al.*, 2011). Généralement, le cours d'eau est composé de berges suffisamment élevées afin de lui permettre de creuser un terrier avec des zones planes lui donnant un accès facile à la végétation. Pour avoir plus de facilité à accéder et à transporter la végétation abattue, le castor peut construire des canaux. Le castor utilise des coulées caractéristiques pour se déplacer sur terre (voir figure 14). En Wallonie, le gîte



FIGURE 14 – Coulée de castors.

du castor est principalement un terrier. Ce terrier peut avoir une configuration variable allant d'une simple chambre à un édifice plus ou moins complexe constitué de plusieurs chambres. Ces dernières sont toujours situées au-dessus du niveau de l'eau. Elles sont garnies d'une litière qui est régulièrement renouvelée. Ces terriers possèdent une cheminée d'aération. Le terrier peut être modifié en fonction de la taille de l'unité familiale, le régime hydraulique

ou la stabilité des berges. Le castor choisit de construire un terrier lorsque les berges sont hautes et meubles. Dans d'autres situations, par exemple après un effondrement, le castor va modifier son terrier en terrier-hutte (voir figure 15). Pour ce faire, il va accumuler des branchages au-dessus de son terrier. Lorsque cette accumulation forme un auvent devant l'accès au terrier, la structure est appelée une hutte en berge (voir figure 16). Dans certains cas, le castor va construire une hutte entourée d'eau (voir figure 18), appelée hutte en île. Les édifices construits sont renforcés de branches et de boue durant l'hiver. Le castor peut posséder plusieurs gîtes sur son territoire. Lors d'inondation, le castor peut dormir sur une couche en plein air. Il peut également s'installer de façon exceptionnelle dans des abris artificiels.

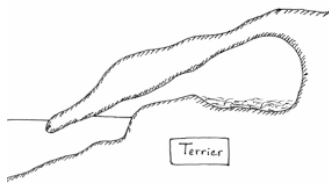


FIGURE 15 – Terrier de castors (Barvaux, 2015).

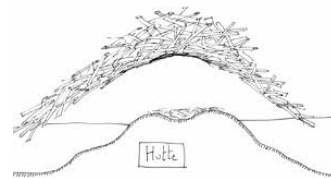


FIGURE 16 – Hutte de castors (Barvaux, 2015).

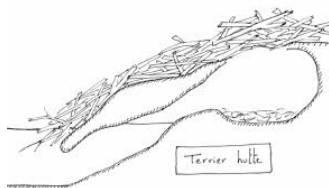


FIGURE 17 – Terrier-hutte de castors (Barvaux, 2015).



FIGURE 18 – Deux terriers-hutte sur les berges du barrage 14.

Le castor construit des barrages pour maintenir un niveau d'eau permanent de 50 cm à 60 cm afin de pouvoir se mouvoir dans le milieu aquatique, de garantir l'immersion de l'entrée de son terrier ou de sa hutte (Erome, 1982) ainsi que d'étendre son domaine vital (Barvaux *et al*, 2015).

3.2.10 Les motivations et stimuli à la construction de barrages

D'après Richard (1967), la première motivation intrinsèque du castor à construire est visible dès le début de l'été. Cette dernière est liée à la fin de la mue (fin juillet), un changement d'alimentation (le castor passe d'un régime alimentaire composé de plantes annuelles terrestres ou aquatiques et de feuilles à des écorces de salicacées), des facteurs hormonaux et la photopériode.

Durant cette période, les cours d'eau sont à l'étiage et les castors éprouvent des difficultés à nager. La faible capacité du castor au déplacement en dehors de l'eau devient une motivation extrinsèque. Durant le mois d'août, cette motivation extrinsèque à construire augmentant avec l'étiage du cours d'eau, les castors emploient la boue draguée dans leur voie d'eau pour des activités de colmatage. En effet, ils vont déposer cette boue soit dans des cavités ou des chutes d'eau faisant du bruit. Ces activités de colmatage sont au début fort éparpillées puis elles se concentrent en un nombre restreint de lieux où le castor trouve un maximum de stimulation à la construction. Ces endroits peuvent être des hauts-fonds où des branches s'accumulent de façon naturelle ou bien un obstacle présent dans la rivière (voir figure 19).

Pour que le castor construise un barrage en un endroit, il doit trouver un stimulus à cette place. Ces stimuli à la construction peuvent être kinesthésiques. Le castor, lorsqu'il se déplace dans l'eau, a le corps immergé et ses pattes peuvent ressentir des stimuli tactiles (par exemple le lit de la rivière ou des objets). Lorsqu'il trouve un objet gênant, il va le déposer sur son édifice (voir Annexe 1). Ce rongeur perçoit aussi des stimuli tactiles via l'extrémité de son museau. Le castor lorsqu'il construit, va marquer des temps d'arrêt durant lesquels il fixe des points précis du barrage jusqu'à ce qu'il ait trouvé une fuite. Pour trouver précisément les fuites, le castor se dirige vers le secteur de celle-ci. Ensuite, soit il se place côté aval du barrage et plonge sa tête sous l'eau et cherche la fuite à l'aide de son museau, soit il procède en se déplaçant par le côté amont du barrage en flottant sur le plan d'eau. Il engage ensuite son museau dans les zones perdant de l'eau (voir figure 20). Il peut aussi se dresser sur le barrage et rechercher la fuite à l'aide de son museau. Une fois la fuite localisée, il va chercher des matériaux et la colmater.

Le stimulus acoustique motive aussi le castor à la construction. Ce stimulus est causé par le bruit lié à la chute d'eau. Toujours d'après Richard (1967), les stimuli visuels et olfactifs ne motivent pas le castor à la construction. L'activité de construction est inhibée lors de l'apparition de grands froids en janvier et février. Un renouveau de la construction a lieu durant la période de gestation. La réparation des barrages se déroule après la période de construction et est liée à la motivation de défense du territoire. Le comportement constructeur du castor est aussi lié au facteur social. Un castor isolé ne construit pas tandis que lorsqu'ils ont plus nombreux, ils bâtissent.



FIGURE 19 – Barrage de castors construit sur base d'un obstacle naturel (Pan de roche).



FIGURE 20 – Exploration tactile de la fuite d'eau par le castor (Brouessy, 1967)



FIGURE 21 – Barrage de castors sur le ruisseau des Longs-Prés (LPB12)

3.2.11 Les barrages de castors

Les barrages de castors sont de longueurs et hauteurs variables. Des longueurs de 70m ont été observées en Scandinavie (Richard, 1967). La hauteur des barrages fluctue entre 20cm et 300cm (Richard, 1967). D'après Varray *et al.*(2010), les barrages sont constitués de deux matériaux principaux de construction : le bois et la boue. A cela, les castors peuvent ajouter des débris végétaux. Si le territoire est trop pauvre en matériaux principaux, ils peuvent employer des matériaux de substitution tels que des galets, des tiges de maïs sèches. La construction des barrages se déroule en cinq étapes (Richard, 1967) :



FIGURE 22 – Début de construction d'un barrage de castors sur le ruisseau des Longs prés.

1. Le castor place des branches fourchues (dont la taille varie entre 4m et 5m) face au courant dans le lit du ruisseau ou sur la berge. Si le ruisseau n'est pas large, le barrage sera construit seulement à partir de branches positionnées à travers le courant.
2. Des perches sont ensuite disposées verticalement et horizontalement et s'imbriquent dans les fourches des branches déjà présentes.
3. Le barrage se développe et prend de l'ampleur. Avec sa taille grandissante, les débris dérivants sont arrêtés et accumulés dans la construction et la renforcent.
4. Les trous sont colmatés avec des matériaux tels que des feuilles, herbes, boue, vase, brindilles, etc.
5. Le renforcement de la paroi immergée est réalisé à l'aide de vase ou de boue que le castor soulève sous l'eau à l'aide de ses pattes postérieures palmées. Ensuite, le courant va entraîner le matériau sur la structure.

La figure 23 illustre ces cinq étapes.

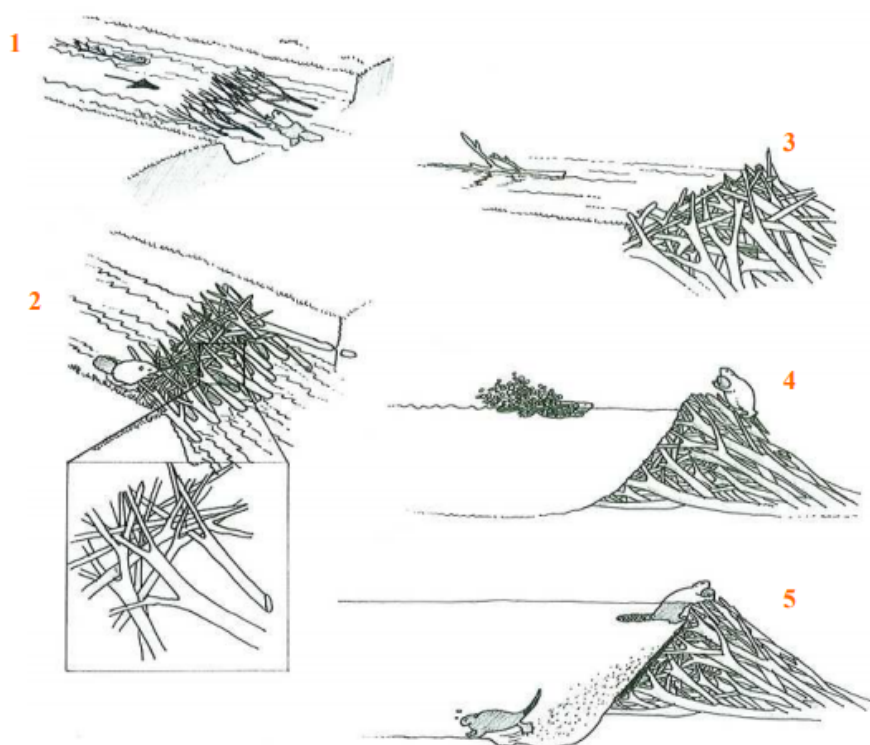


FIGURE 23 – Illustration des différentes étapes de la construction d'un barrage de castors (Déom, 2004).



FIGURE 24 – Petit barrage sur le ruisseau des Longs-Prés (LPB3).



FIGURE 25 – Grand barrage sur le ruisseau des Longs-Prés (LPB11).

3.2.12 Impacts des barrages de castors sur les salmonidés

D'après Macdonald *et al.* (1995), la quasi-totalité des études relatives à l'impact du castor sur la biocénose a été réalisée sur le castor canadien. Le castor européen, dans les lieux où il coupe des arbres et construit des barrages, tend à avoir le même impact que son homologue canadien sur la biocénose. Cependant, lorsqu'il s'agit d'aborder des questions spécifiques relatives au castor européen, la littérature sur le castor canadien doit être employée avec prudence (Lafontaine *et al.*, 2000). Les études réalisées sur l'impact du castor canadien sur les salmonidés sont généralement réalisées sur le saumon de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) qui, d'après Gibson et Myers (1986), se montre comme un équivalent écologique de la truite européenne (*Salmo trutta*).

Le premier impact majeur des barrages castors sur une eau salmonicole est le passage d'un faciès lotique à un faciès lentique (Sprules, 1941). Dans le Minnesota, il a été démontré que les barrages récemment construits peuvent accueillir un plus grand nombre de saumons de fontaine que de tronçons d'eau courante. Cependant, elle comporte moins de juvéniles. Les plans d'eau formés par les plus anciens barrages de castors sont moins productifs (Hale, 1966 in Lafontaine *et al.* (2000)). Le même résultat a été observé dans le Wisconsin : les pêches expérimentales sur des plans d'eau formés par les barrages de castors âgés de 2 à

4 ans sont meilleures. Mais par la suite, plus les barrages sont anciens, plus le nombre de truite diminue (Patterson (1951) in Lafontaine et al. (2000)). D'après Rutherford (1955) in Lafontaine et al. (2000)), sur des cours d'eau du Colorado où la pression de piégeage sur le castor est faible, l'impact est positif pour les salmonidés si la pente est suffisante et le substrat favorable. L'activité des castors est favorable aux poissons dans l'ouest des USA tant que les colonies de castors sont actives. En cas d'abandon du site, tous les bénéfices créés par ces barrages peuvent être perdus (Yeager & Hill(1954) in Lafontaine et al.(2000)). Dans l'ouest de la Virginie, il a été démontré que le castor peut réduire la productivité en truites sur certains cours d'eau et l'augmenter sur d'autres. Une évaluation site par site est nécessaire d'après Wayne Bailey & Stephens(1951) in Lafontaine et al.(2000)).

Hale (1966) in Lafontaine et al.(2000) conclut qu'une grande population de castors sur un ruisseau serait moins positive qu'une population de quelques castors. D'après Lafontaine et al, de nombreuses études s'accordent pour montrer un impact globalement positif des castors sur les populations de salmonidés. Cependant, certaines études montrent l'inverse en cas de migrations.

3.2.13 Statut de protection

Le castor européen est classé en espèce de préoccupation mineure par L'IUCN. Le castor européen est protégé par la Directive européenne 92/43 de 1992 (Directive habitat) qui porte sur toutes les espèces européennes d'intérêts communautaires. Cette Directive contraint les Etats Membres à protéger de façon stricte cette espèce sur son aire de répartition naturelle à l'exception de six pays (Finlande, Suède, Lettonie, Lituanie, Estonie et Pologne). Le castor européen est repris dans l'annexe 2 (espèces d'intérêts communautaires dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation) et dans l'annexe 4 (espèces d'intérêts communautaires dont la conservation nécessite une protection stricte). L'article 2bis de la Loi sur la Conservation de la Nature du 12 juillet 1973 modifié par le Décret du 6/12/2001 a transposé les obligations de la Directive habitat. Grâce à cette loi, le castor est repris parmi les espèces strictement protégées. Il est donc interdit de le capturer, le tuer ou le perturber intentionnellement, de détruire ses lieux de reproduction ou habitats, de détenir, transporter, vendre ou acheter des individus. Il est possible de déroger à cette loi lorsque trois conditions sont réunies :

— Dont au moins un parmi les cinq motifs de dérogations décrits ci-dessous :

1. Dans l'intérêt de la protection d'espèces animales et végétales et de la conservation des habitats naturels.
2. Pour prévenir des dommages importants causés aux cultures, à l'élevage, aux forêts, aux pêcheries, aux eaux à d'autres formes de propriétés.
3. Dans l'intérêt de la santé ou de la sécurité publique ou pour d'autres raisons impératives d'intérêt public majeur (y compris de nature sociale ou économique, et pour des motifs qui comporteraient des compétences bénéfiques primordiales

pour l'environnement).

4. A des fins de recherche et d'éducation, de repeuplement et de réintroduction de ces espèces et pour des opérations de reproductions nécessaires à ces fins.
 5. Pour permettre, dans des conditions strictement contrôlées, d'une manière sélective et dans une mesure limitée, la prise ou la détention d'un nombre de spécimens de certaines espèces.
- S'il n'existe pas d'autre solution satisfaisante moins dommageable pour le castor (avant une autorisation de destruction), le demandeur doit avoir essayé de mettre en place des moyens de prévention.
 - Une dérogation ne peut être octroyée qu'après avoir vérifié que la dérogation ne nuit pas au maintien de l'espèce dans un état de conservation favorable.

3.2.14 Indemnisation

Le cadre général du régime d'indemnisation est fixé par l'article 58 sexies de la loi sur la conservation de la nature. L'arrêté du gouvernement wallon du 8 octobre 1998 précise les conditions d'accès et la procédure d'indemnisation. D'après cet arrêté, il n'est possible de se faire indemniser qu'en cas de dégâts directs et matériels aux cultures, récoltes et animaux, bois ou forêts.

3.3 Microsatellite et assignation parentale

Les *simples sequences repeats* (SSR) ou microsatellites sont des unités de 1 à 5-10 paires de bases répétées en tandem et font partie des régions non-codantes de l'ADN. Ces unités sont fortement présentes dans le génome. Pour identifier des individus, on emploie des polymorphismes présents au niveau des loci hypervariables (qui comprennent un nombre variable de séquences identiques qui se répète en tandem). Ces polymorphismes sont des variations dans le nombre de séquences répétées. Quand une enzyme de restriction est employée pour digérer l'ADN au niveau des régions flanquantes d'un locus hypervariable, le résultat obtenu sont des fragments dont la longueur varie en fonction du nombre de répétition à ce locus.

Cette méthode nécessite l'amplification par PCR (*Polymerase Chain Reaction*) et une électrophorèse. Pour pouvoir identifier des individus, il faut employer des marqueurs avec un polymorphisme élevé (De Biourge, 1999).

L'assignation parentale est une méthode qui consiste à comparer les allèles de jeunes individus et ceux de géniteurs potentiels afin de trouver dans la mesure du possible les parents des jeunes individus. (Forsberg *et al.*, 2007)

4 Matériel et méthode

Cette partie est dédiée à la présentation et à la description du matériel et des méthodes employées lors de ce mémoire.

Pour répondre aux questions énoncées dans l'introduction de ce mémoire, différentes manipulations ont été réalisées. La planification de ces manipulations est présente à la figure 26.

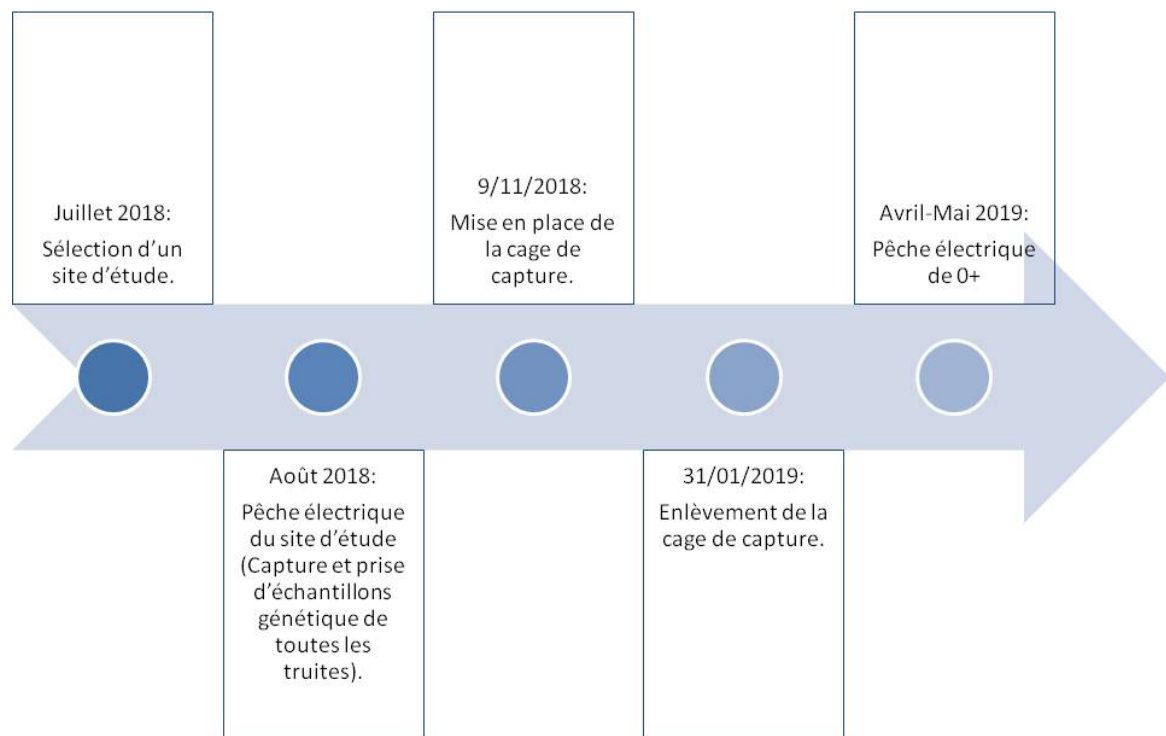


FIGURE 26 – Planification des manipulations

4.1 Localisation du système d'étude

Le site d'étude de ce mémoire est situé dans la commune de La-Roche-en-Ardenne en province du Luxembourg (localisation du site d'étude à l'échelle de la Belgique (voir annexe 2). Le ruisseau des Longs-Prés et ses deux affluents, la Grone et le ruisseau du Gouverny sont les cours d'eau suivis dans ce travail. Ils font partie du bassin hydrographique de la Meuse et du sous-bassin hydrographique de l'Ourthe. Ces cours d'eau sont situés dans la zone bioclimatique de la Basse et Moyenne Ardenne.

Comme le montre la figure 27, le système d'étude n'est pas situé en zone Natura 2000. Ces cours d'eau sont affectés au plan de secteur en zone forestière et une partie des berges du

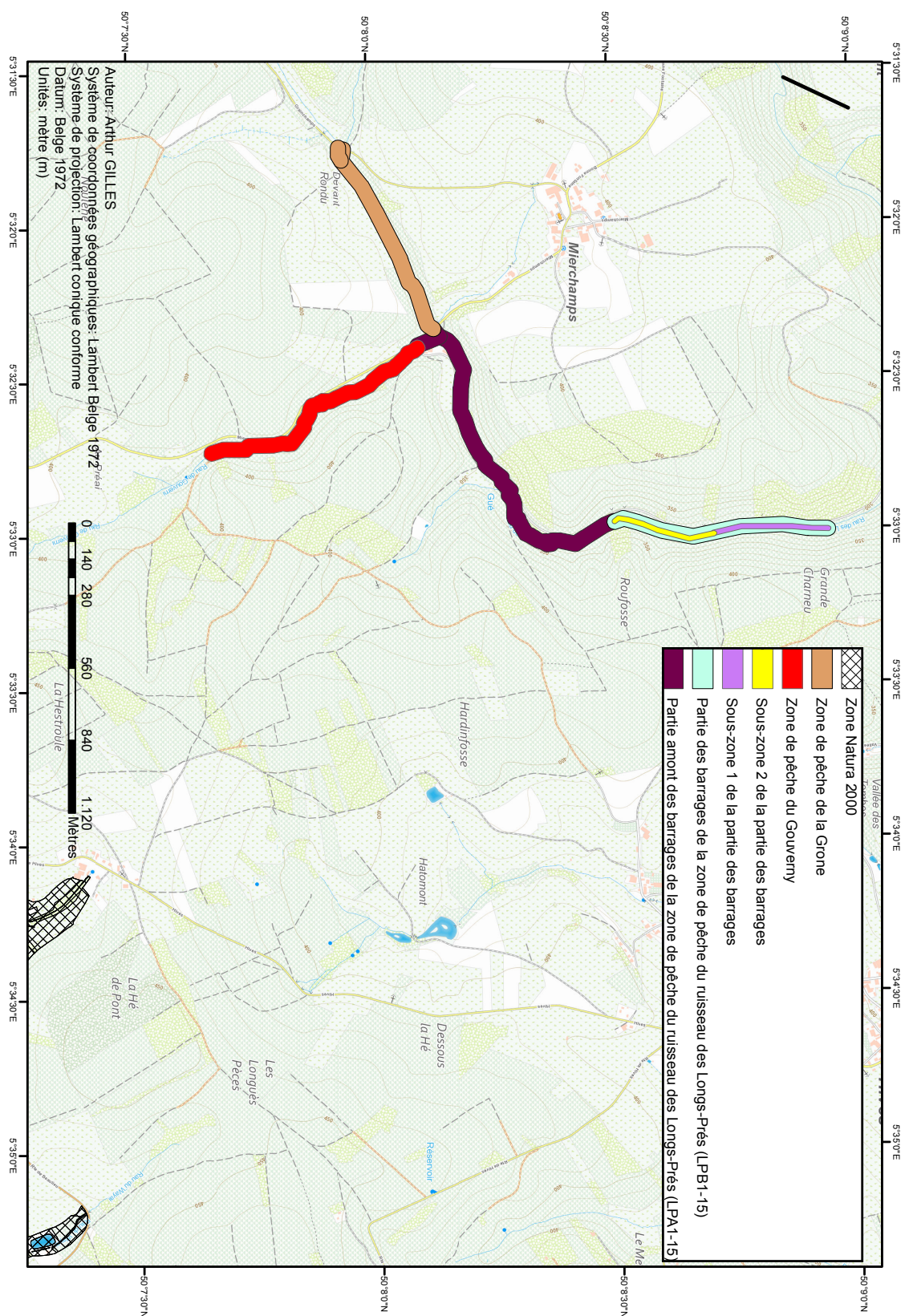


FIGURE 27 – Localisation des différentes zones de pêche du système d'étude et zones Natura 2000 à proximité.

ruisseau du Gouverny est située en zone agricole avec des prairies permanentes pâturées par des vaches. Il est bon de noter la présence d'un élevage de chèvres à la confluence entre le ruisseau du Gouverny et de la Grone. Ces chèvres pâturent principalement les pessières avoisinant la chèvrerie. Il existe également un accrobranche le long de la Grone.

Ce site d'étude a été choisi car il présente une bonne accessibilité pour la réalisation de diverses manipulations. Les barrages de castors présents sur le ruisseau des Longs-Près sont très imposants. Leur structure et la démarcation entre ceux-ci sont fort marqués, ce qui facilite leur différenciation.

De plus, le ruisseau des Longs-Près a déjà été étudié à travers trois travaux de fin d'études.

Le système d'étude a été divisé en 4 zones de pêche (figure 27) :

- La zone de pêche du ruisseau des Longs-Près, partie des barrages de castors.
- La zone de pêche du ruisseau des Longs-Près, partie amont des barrages de castors.
- La zone de pêche de la Grone.
- La zone de pêche du ruisseau du Gouverny.

La partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Près partie a elle-même été subdivisée en deux sous-zones :

- La sous-zone 1 dans laquelle la section lenticule du cours d'eau formée par un barrage castor est suivie par un certain linéaire de rivière lotique.
- La sous-zone 2 dans laquelle la section lenticule formée par un barrage de castors est suivie directement par un nouveau barrage et une zone lenticule.

Les affluents A et B présents sur la figure 27 n'ont pu être pêchés lors des pêches électriques du mois d'août car ils étaient presque à sec. Ils ne font donc pas partie du système d'étude.

4.2 Le ruisseau des Longs-Près

Le ruisseau des Longs-Près prend sa source au sud de Miérenchamps et se déverse 2,5km en aval dans le Bronze. Le Bronze se jette ensuite dans l'Ourthe à La-Roche-en-Ardenne. La typologie de cette masse d'eau s'apparente aux "Ruisseaux ardennais à pente forte" selon le plan de gestion par districts hydrographiques. L'altitude varie entre 303 m et 377m (voir annexe 5). Il n'y a pas d'obstacle infranchissable pour les poissons sur tout le linéaire du système d'étude. Les castors ont construit 25 barrages sur le ruisseau des Longs-Près. La figure 28 représente ces barrages. Les barrages 1 à 17 seront étudiés dans ce mémoire. Les barrages A à H ne seront pas pêchés pour cause de longueur de pêche électrique à réaliser.

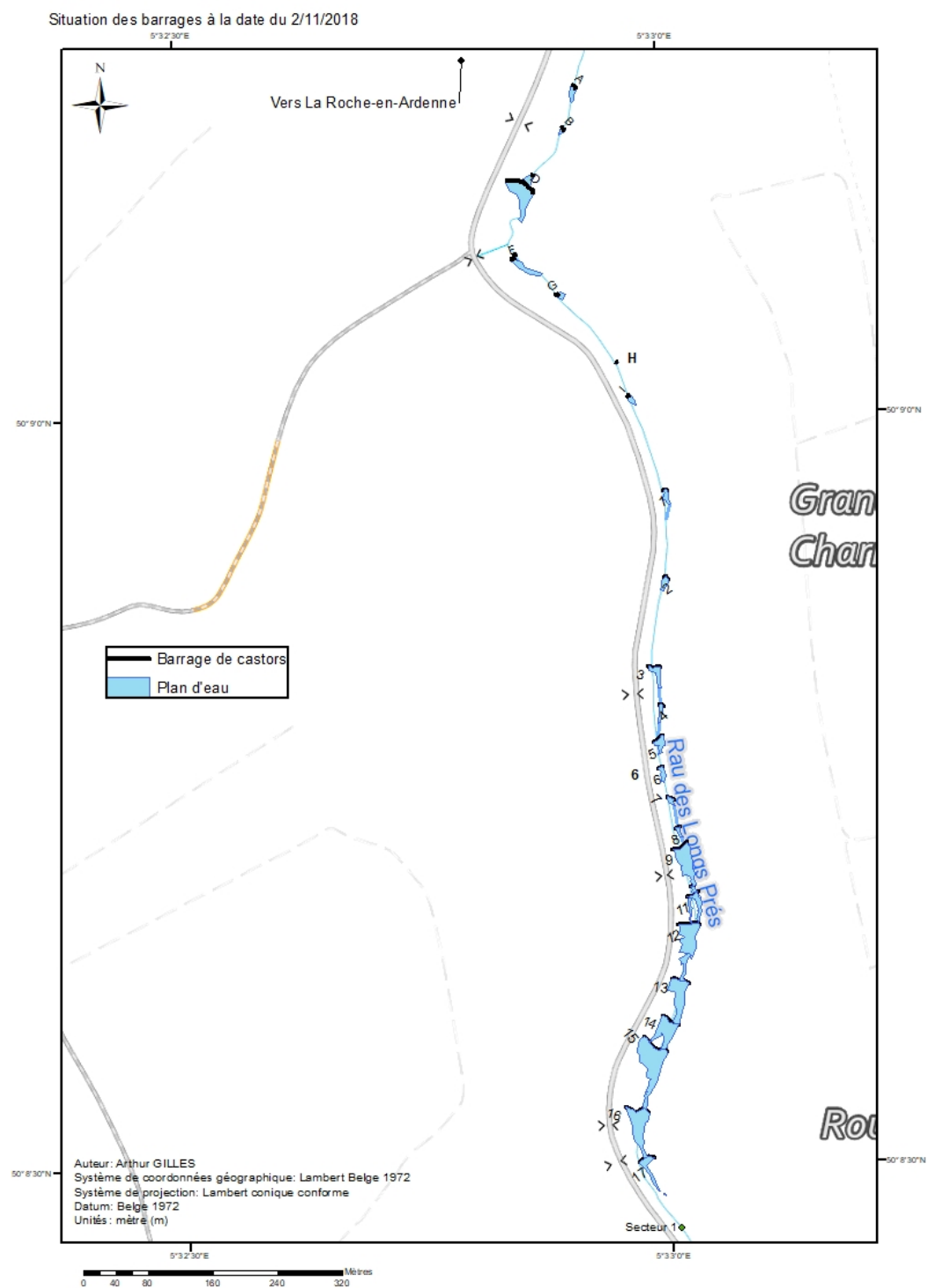


FIGURE 28 – Barrage de castors sur le ruisseau des Longs-Prés

4.3 Historique de la colonisation des castors sur le ruisseau des Longs-Prés.

Comme le montrent les figures 29 et 30, on peut constater que les barrages de castors sont apparus entre 2009 et 2012. La population de castors aux alentours du barrage 23 a été



FIGURE 29 – Orthophotoplan 2009-2010 (SPW,2019)



FIGURE 30 – Orthophotoplan 2012-2013 (SPW, 2019).

estimée entre 12 et 20 individus au printemps 2019. Cette estimation a été réalisée grâce à des méthodes génétiques basées sur le prélèvement de poils (Caudron, 2019). La position exacte des pièges à poils a été représentée dans l'annexe 13.

4.4 Pêches électriques

4.4.1 Pêche électrique d'échantillonnage

La pêche électrique d'échantillonnage consiste à capturer des poissons en certains points d'un cours d'eau afin d'avoir une vue quantitative d'espèces présentes en ce point. Cette méthode de pêche a été employée lors de la sélection du lieu d'étude afin de détecter la présence de truites fario sur les lieux potentiels d'étude. De plus, cette méthode a permis de définir à quelle distance des sources la truite fario est présente sur les différents cours d'eau potentiellement sélectionnables pour ce mémoire. Ces pêches électriques ont eu lieu le 27 juillet 2018 sur les ruisseaux des Longs-Prés, du Gouverny, du Grone et du Pierreux. Pour être efficace, cette manipulation nécessite au minimum deux personnes. Le matériel employé :

- Un appareil de pêche électrique portable de type Déka 5000 avec 2 batteries/jour
- Tête d'épuisette avec une maille de filet de 1cm sur 1cm.
- Un seau.

- GPS Trimble Geo7x
- GPS Pathfinder Office version 5.81

Le principe de cette manipulation est qu'il y ait un pêcheur dans l'eau et un accompagnant qui le guide et qui l'aide à repérer et capturer les poissons. En cas de besoin, les poissons peuvent être placés dans le seau pour y être formellement identifiés. Ils sont ensuite relâchés sur le lieu de leur capture.

Plusieurs pêches électriques d'inventaire ont été réalisées à différentes dates au cours du mois d'avril et de mai 2019 afin de capturer des 0⁺ en vue de prélever un échantillon génétique. Pour être efficace, cette manipulation nécessite au minimum deux personnes. Le matériel employé :

- Un appareil de pêche électrique portable de type Déka 5000 avec 2 batteries/jour
- Tête d'épuisette pour le générateur Déka 5000
- Un seau.
- GPS Trimble Geo7x
- GPS Pathfinder Office version 5.81
- Balance Kern 440-45N d'une précision de 0,1g
- Tubes eppendorf de 1,5ml remplis de 1ml d'éthanol.
- Une paire de ciseaux

4.4.2 Pêche électrique d'inventaire

La pêche électrique d'inventaire consiste à capturer l'ensemble des poissons ou l'ensemble des individus d'une espèce d'un secteur de cours d'eau. Cette méthode a été utilisée afin d'estimer la population de truites fario présente dans le système d'étude, de prendre les mesures biométriques et de réaliser un prélèvement de nageoire adipeuse dans le but de réaliser un génotypage de chaque individu. Le matériel employé varie selon la largeur et la profondeur du secteur pêché mais dans tous les cas, il est capital de conserver ensemble les poissons capturés sur le même secteur dont la longueur varie selon le milieu (présence de barrages de castors, radiers, fosses ou obstacles.) Le ruisseau des Longs-Prés et ses deux affluents (la Grone et le ruisseau du Gouverny) ont été divisés en 4 zones de pêche (voir figure 27).

- La zone des barrages (Ruisseau des Longs-Prés)
- La zone amont des barrages (Ruisseau des Longs-Prés)
- La Grone
- Le ruisseau du Gouverny

Ces zones de pêche ont elles-mêmes été divisées en secteur (voir carte signalétique). Le calendrier des dates des pêches électriques est présent dans le tableau 1.

Comme le tableau 1 le montre, les zones de pêche ont été pêchées des jours différents vu le linéaire important du système d'étude. La zone de barrage comprend les barrages à partir du barrage 1 jusqu'au barrage 15 exclu. Les truites capturées dans le plan d'eau formé par le barrage 16 ont été reprises dans le secteur 1 de la zone de pêche de la partie amont des

TABLEAU 1 – Résumé de l'organisation des pêches électriques du mois d'août 2018 sur le ruisseau des Longs-Prés et ses affluents.

Zone de pêche	Date de pêche	Matériel employé	Nombre de passages par secteur	Météo
Partie des barrages (LPB1-15)	30/08/2018 31/08/2018	Groupe électrogène et générateur de type Héron	2	Ensoleillé
Partie amont (LPA1-15)	29/08/2018	Générateur type Déka 5000	1	Pluvieux
Grone	7/08/2018	Générateur type Déka 5000	1	Ensoleillé
Gouverny	16/08/2018	Générateur type Déka 5000	1	Ensoleillé

barrages. Les barrages 11 à 13 n'ont pas pu être pêchés à l'électricité pour des questions de sécurité vis-à-vis des agents du DNF. En effet, les pluies du 29/08/2018 ayant rehaussé le niveau des barrages et la présence de trous dans le fond de ces barrages rendaient l'opération trop risquée. La pêche à l'électricité étant moins efficace dans les plans d'eau (Lamarque et al, 1960) formés par les barrages de castors, il a été décidé de réaliser deux passages dans cette zone de pêche sur deux jours différents à cause de la longueur du linéaire à pêcher. Cette zone de pêche étant de largeur et de profondeur fort variable, un grand nombre de personnel formé à la pêche électrique a été nécessaire. Dans le cas de la pêche dans les barrages, 20 agents du DNF (service de la pêche et cantonnement de La Roche-en-Ardenne) et du DEMNA ont participé à ces opérations.

Pour la partie pêche électrique :

- 2 pick-ups.
- 2 générateurs.
- 2 épuisettes.
- 2 anodes circulaires.
- 2 cathodes
- 2 générateurs de pêche électrique de type Héron.
- 4 câbles de 200m
- Wadders
- Paires de gants isolants
- GPS Trimble Geo7X
- GPS Pathfinder Office version 5.81

Le matériel de prélèvement et de mesures nécessaire :

- Deux bassines par secteur de pêche (une bassine avec un anesthésiant et une bassine de réveil)
- Un anesthésiant (eugénol ou phénoxyéthanol)
- Planche de mesure
- Balance Kern 440-45N d'une précision de 0,1g
- Tubes eppendorf de 1,5ml remplis de 1ml d'éthanol.
- Paire de ciseaux

— Table

Les générateurs et appareils de pêche électrique sont chargés sur les pick-ups (voir la figure 31) afin de pouvoir les déplacer facilement. Les pick-ups sont placés à 200m du point de départ de la pêche électrique. Les câbles sont raccordés aux anodes et cathodes et sont ensuite tirés jusqu'au point de départ. Les deux pêcheurs avec les anodes pêchent dans la rivière et quatre autres personnes les suivent avec des épuisettes afin de capturer les poissons attirés par l'électricité. Deux personnes suivent l'équipe de pêche avec des seaux afin de pouvoir les transmettre à deux agents présents sur la rive pour qu'ils puissent ramener les poissons à la station de biométrie. En plus de leur rôle, l'ensemble des personnes qui suit l'équipe de pêche, aide aussi au repérage des poissons et au guidage de cette équipe. Au fur et à mesure que l'équipe de pêche se rapproche ou s'éloigne du pick-up, une équipe de quatre personnes s'occupe de ramener le câble dans la bobine ou de donner du mou afin que l'équipe de pêche puisse se déplacer. Il faut compter deux personnes à proximité des générateurs et des appareils de pêche électrique afin de les gérer. Une personne expérimentée en pêche électrique s'occupe de la télécommande de sécurité (qui permet de couper l'électricité instantanément en cas de problème) et de guider les équipes de pêche. Une fois capturés, les poissons sont ramenés à la station de biométrie (voir figure 32). Les truites fario sont placées dans une bassine avec un anesthésiant (eugénol ou phénoxyéthanol). Ensuite, une personne les pèse et mesure leur longueur totale, une autre s'occupe de prélever un échantillon de nageoire adipeuse et une autre prend note des caractéristiques des poissons. Pour les poissons capturés dans les barrages de castors, la nageoire adipeuse est totalement ablationnée. Après cette étape, les truites sont placées dans un bassin de réveil (bassin rempli d'eau de la rivière). Pour terminer, les poissons sont relâchés dans leur secteur de capture.



FIGURE 31 – Organisation du pick-up



FIGURE 32 – Station de biométrie

Le matériel employé pour la pêche électrique de la partie amont des barrages est :

- 6 appareils de pêche électrique portables de type Déka avec 2 batteries/jour par équipe de pêche.
- Tête d'épuisette pour le Déka 5000.
- Deux seaux de 10l par équipe de pêche.

- GPS Trimble Geo7X
- GPS Pathfinder Office version 5.81
- Wadder, cuissardes ou bottes
- 21 personnes

La pêche sur la partie amont des barrages a été réalisée à l'aide d'un générateur Déka 5000. Pour ce faire, à chaque générateur a été attribuée une équipe de 3 personnes comprenant au minimum un agent du DNF formé à la pêche électrique. L'organisation au sein du trio est la suivante :

- Un pêcheur (agent formé à la pêche électrique)
- Un guide dont l'objectif est d'aider le pêcheur à visualiser et à ne pas rater de truites.
- Une personne avec un seau pour transporter les poissons capturés à la station de biométrie.

Le matériel de prélèvements et de mesures nécessaire :

- Deux bassines par secteur de pêche (une bassine avec un anesthésiant et une bassine de réveil)
- Un anesthésiant (eugénol ou phénoxyéthanol)
- Planche de mesure (précision au mm)
- Balance Kern 440-45N d'une précision de 0,1g
- Tubes eppendorf de 1,5ml remplis de 1ml d'éthanol.
- Une paire de ciseaux
- Table

A chaque équipe est attribué un secteur de pêche électrique. Une fois le secteur pêché, un nouveau secteur leur est attribué. Dans le cas de la pêche du secteur de la partie amont des barrages, 6 équipes ont été formées. Une fois le secteur terminé, les poissons sont acheminés à la station de biométrie. Ils sont stockés dans des mannes de 75l dans lesquelles une étiquette plastifiée avec le numéro du secteur est placée pour éviter de mélanger les poissons provenant des différents secteurs. L'équipe de la station de biométrie est constituée de trois personnes :

- Une personne chargée de mesurer et peser les poissons
- Une personne dont le rôle est de prélever un échantillon de l'adipeuse de la truite
- Une personne qui prend note des caractéristiques des poissons.

Une fois que l'ensemble des poissons d'un secteur est passé à la station de biométrie, ils sont relâchés dans leur secteur de capture. Un seul passage a eu lieu dans la zone de la partie amont. En effet, vu le niveau d'eau fort bas du ruisseau des Longs-Prés et le long linéaire de pêche à réaliser, il a été décidé de ne réaliser qu'un seul passage. Pour les pêches du Grone et du ruisseau du Gouvernay, le mode opératoire est pratiquement identique. En effet, ce sont des ruisseaux peu larges et peu profonds. La seule différence entre ces deux pêches est le nombre de personnes présentes. Sept personnes ont été nécessaires pour la pêche sur la Grone et cinq personnes ont été essentielles pour pêcher le ruisseau du Gouvernay. Le matériel nécessaire pour ces pêches électriques est :

- Un appareil de pêche électrique portable de type Déka avec 2 batteries/jour par équipe de pêche.
- Tête d'épuisette pour le Déka 5000.
- Deux seaux de 10l par équipe de pêche.
- GPS Trimble Geo7X
- GPS Pathfinder Office version 5.81
- Wadder, cuissardes ou bottes

Un pêcheur s'équipe du Déka, il capture directement les poissons à l'aide de la tête d'épuisette. Ce pêcheur est accompagné de deux personnes qui s'occupent de transporter des poissons capturés et de guider le pêcheur. Ensuite, les poissons capturés sont déplacés à la station de biométrie où ils sont placés dans une bassine avec un anesthésiant, puis pesés et leur longueur totale mesurée. Un échantillon de leurs nageoires adipeuses est prélevé. Enfin, ils sont mis dans une bassine de réveil avec de l'eau de la rivière et une fois bien réveillés, ils sont relâchés dans leur secteur de capture. Le matériel de prélèvements et de



FIGURE 33 – Pêche électrique au groupe électrogène.

mesures nécessaire :

- Deux mannes (contenance 100l) par secteur de pêche : une manne avec un anesthésiant et une manne de réveil.
- Un anesthésiant (eugénol ou phénoxyéthanol)
- Planche de mesure (précision au mm)
- Balance FXN 6K-3N d'une précision de 1g.
- Tubes eppendorf de 1,5ml remplis de 1ml d'éthanol.
- Une paire de ciseaux
- Table

4.5 Capture-marquage-recapture

Cette méthode a été employée pour évaluer l'efficacité de la pêche électrique réalisée dans les barrages. Pour ce faire, les barrages ont été pêchés deux jours successifs. Le premier jour, tous les poissons capturés ont été ablationnés de leur nageoire adipeuse et ont été

pesés, mesurés et référencés de manière à savoir combien de truites ont été capturées. Ces poissons ont ensuite été relâchés dans leur secteur de capture. Le lendemain, ces barrages ont été une nouvelle fois pêchés. Les poissons capturés ont été à nouveau pesés et mesurés. De plus, il a été vérifié si les truites avaient leurs adipeuses ablationnées. Les truites sans adipeuse ont été marquées AA (ancienne adipeuse) dans le registre d'identification des poissons.

4.6 Capture des géniteurs à la montaison

Une cage de capture (voir les figures 34 et 35) a été installée à un endroit non visible et discret pour capturer les géniteurs remontant en amont afin de se reproduire. Cette cage a été relevée tous les deux jours à partir du 9 novembre 2018 jusqu'au 31 janvier 2019. Un morceau de nageoire de toutes les truites capturées a été prélevé afin de connaître la provenance de ces individus. La cage a été installée avec son ouverture vers l'aval afin de capturer les poissons remontants. Le matériel employé est :



FIGURE 34 – Cage de capture.



FIGURE 35 – Cage de capture ouverte

- Une cage de capture de taille 120cm*81cm * 52cm et de maille losange (1cm/0,5cm).
- Une paire de ciseaux.
- Tubes eppendorf de 1,5ml remplis de 1ml d'éthanol.
- Une petite épuisette avec un filet d'une maille 0,5mm sur 0,5mm
- Balance Kern 440-45N d'une précision de 0,1g
- 2 seaux de 10l.
- Un anesthésiant (Eugénol ou Phenoxyéthanol).
- Une pelle et une pioche.

4.7 Caractérisation et suivi des barrages

Les barrages de castors ont été repérés une première fois le 06/08/2018. Un marquage sur le sol de la route a été réalisé afin de matérialiser leur présence en vue de pouvoir les

retrouver. Grâce à cette opération, les barrages ont pu être dénombrés.

Le 02/11/2018 et le 09/11/2018, les barrages ont été caractérisés. En effet, il a fallu attendre que la végétation diminue et que ceux-ci soient entièrement visibles et faciles d'accès pour réaliser cette opération. Des photos de chaque barrage ont été prises, du barrage A au barrage H et du barrage 1 au barrage 17. La distance de la prise de photo est variable en fonction de la taille du barrage. Des vidéos de l'écoulement de l'eau à travers ou au-dessus des barrages ont également été réalisées.

La hauteur des barrages a été mesurée à l'aide d'un mètre. La hauteur du barrage a été prise de façon perpendiculaire au lit de la rivière, entre le fond du lit de la rivière en aval du barrage et le dessus du barrage côté aval (voir figure 36).



FIGURE 36 – Schémas de mesures de la hauteur d'un barrage de castors.

La hauteur du barrage a été mesurée tous les deux mètres sur la longueur du barrage.

Ensuite, des points GPS ont été pris à l'aide d'un GPS Trimble Geo7X tous les deux mètres sur la longueur du barrage et tous les trois mètres sur les bords du plan d'eau jusqu'à la fin de la zone d'influence du barrage (lieu où l'eau ruisselle à nouveau). Les données prises à l'aide du GPS ont été traitées à l'aide du programme Pathfinder Office version 5.81. Ces barrages ont pu être cartographiés à l'aide de programmes tels que Qgis et Arcgis. Vu la précision de ce GPS (entre 0,15m et 1,5m), la largeur des barrages a pu être mesurée sur ces mêmes programmes.

Les barrages ont été photographiés une nouvelle fois le 14 février 2019 suite à une rupture de nombreux barrages. Une dernière session de suivis photographiques a été réalisée le 21 mai 2019 afin de suivre la reconstruction de ces ouvrages.

4.8 Assignations parentales

Les analyses génétiques des truites ont été sous-traitées au laboratoire du docteur Flammant du Louvain Institute of Biomolecular Science and Technology.

Dans un premier temps, l'ensemble des géniteurs potentiels de truites fario, c'est-à-dire les poissons dont la taille dépasse 12,5cm, capturé sur les quatre zones de pêche électrique a été génotypé. Pour ce faire, 24 marqueurs ont été employés (voir annexe 3). Un marqueur pour identifier le sexe mâle a aussi été utilisé afin de pouvoir distinguer les géniteurs mâles et femelles. En février, une sélection de 0^+ (truites dont la taille est inférieure à 8,5cm) a été génotypée et une tentative d'assignation parentale a été réalisée en vue de déterminer dans quelles zones les pêches de 0^+ de 2019 devraient avoir lieu. Afin de réaliser l'assignation parentale, le logiciel Cervus 3.07 a été employé. Un fichier Excel comprenant l'ensemble des génotypes des géniteurs potentiels, un fichier Excel reprenant l'identifiant des géniteurs potentiels mâles, un fichier Excel dans lequel se trouve les identifiants des géniteurs femelles et un fichier reprenant les identifiants des 0^+ , sont créés. Le logiciel Cervus compare les génotypes de candidats parents et les génotypes des juvéniles et fonctionne sur le principe de l'exclusion. S'il y a une ou plusieurs erreurs entre le candidat parent et le juvénile, le candidat parent ne peut être le parent du juvénile sauf en cas d'erreur dans le génotypage. Si le nombre de loci comparés est suffisant et qu'il n'y a pas d'erreur entre un candidat parent et un juvénile et qu'il n'y a qu'un candidat parent, dans ce cas, le candidat parent est très probablement le véritable parent de ce juvénile. Dans le cas où les candidats parents sont nombreux et où les loci sont faiblement polymorphes, il est possible que plusieurs candidats ne soient pas exclus pour un et même juvénile. Dans ce cas, pour déterminer l'individu qui est le plus susceptible d'être le véritable parent, les probabilités sont employées afin de distinguer quel parent est le plus probable. Cervus calcule le ratio de probabilités global basé sur la fréquence allélique, sur l'hétérozygotie ou l'homozygotie des candidats parents et sur les erreurs possibles (erreurs de génotypages, pourcentage de parents génotypés par rapport parents potentiel non génotypés). Pour distinguer les candidats parents, un score LOD est attribué à chaque combinaison juvénile parent. Le score LOD correspond au logarithme népérien du ratio de probabilité global.

- Un LOD positif signifie que le parent est plus susceptible d'être le vrai parent que pas le parent. Normalement, tous les parents véritables ont un LOD positif.
- Un LOD égal à 0 indique que le parent a autant de chance d'être le vrai parent que de ne pas être le parent.
- Un LOD négatif montre que le candidat parent ne peut être le véritable géniteur du juvénile en question.

Cervus propose un second critère de distinction des parents, le critère Delta qui correspond à la différence de LOD entre le parent le plus probable et le second parent le plus probable.

- Le Delta est égal au LOD dans le cas où il n'y a pas de deuxième candidat parent avec un LOD positif.
- Le Delta est équivalent à l'infini lorsqu'il n'y pas de candidat parent pouvant correspondre au véritable parent.
- Le Delta est proche de 0 lorsque deux candidats parents ont un score de LOD proche.

Dans ce cas, il est impossible de tirer des conclusions.

Le Delta est très utile lorsque plusieurs candidats parents ont des scores de LOD positif.

5 Résultats

5.1 Description morphométrique des zones de pêche

Pour rappel, notre étude comportait quatre zones de pêche.

1. Partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés.

La partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, est composée de 17 barrages et d'autant de plans d'eau (figure 40). Dans le système d'étude, 14 plans d'eau formés par les barrages de castors ont pu être pêchés. Les secteurs LPB11, LPB12 et LPB13 n'ont pas pu être pêchés pour des raisons de sécurité des agents. Comme l'indique le tableau 2, la longueur totale de cette zone est de 694 m (le linéaire occupé par les secteurs LPB11, LPB12 et LPB13 n'ont pas été pris en compte). Dans cette zone de pêche, il y a présence de 304 m de ruisseau (zone lotique) sur les 694 m, soit 43,8% du linéaire. Le linéaire total immergé du fait de la présence de barrages est de 390 m (tableau 2). La hauteur des barrages a été mesurée comme la différence entre le fond du lit de la rivière et l'endroit où le barrage est le plus haut. Dans la zone des barrages de castors, la hauteur cumulée des 14 barrages considérés était de 14,51 m. Par ailleurs, la surface totale cumulée des plans d'eau formés par les barrages de castors était de 3890 m² et la surface de ruisseau est estimée à 547 m² (tableau 2). La figure 31 montre l'ampleur que peut prendre un barrage de castors.

2. partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA1-15) .

Cette zone de pêche débute juste en amont du dernier barrage de zone d'étude (B16) et mesure 1358 m de long dont 1333 m de ruisseau (98,2%) (figure 41, tableau 2). En outre, le plan d'eau formé par le dernier barrage de la zone précédente occupe une surface de 245 m² pour un linéaire de 25 m de long. Une illustration de cette zone de pêche est reprise en figure 32.

3. Zone de la Grone Cette zone de pêche comprend une partie d'un affluent du ruisseau des Longs-Prés nommé la Grone (figure 42). Cette zone est comprise entre la confluence de la Grone avec le ruisseau des Longs-Prés et un pertuis situé en amont à proximité des sources de la Grone. Le linéaire de cette zone de pêche mesure 825 m (tableau 2). Il n'y a pas de barrage de castors sur cet affluent. La largeur moyenne est environ deux fois plus faible que celle du ruisseau des Longs-Prés (tableau 2).

4. Zone de pêche du Gouverny Cette zone de pêche est formée d'une partie d'un affluent du ruisseau des Longs-Prés nommé le ruisseau du Gouverny (figure 42). La longueur du linéaire de cette zone est de 1000 m (tableau 2). Ce ruisseau ne comprend pas de barrage de castors. Cette zone de pêche est la plus étroite. La largeur moyenne est de 0,60 m (tableau 2).



FIGURE 37 – Barrage 14 dans la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés contenant de nombreux barrages de castors.



FIGURE 38 – Ruisseau des Long-Prés partie amont des barrages.

TABLEAU 2 – Tableau descriptif de la morphologie des différentes zones de pêche.

Zone de pêche	Longueur totale de la zone de pêche (en m)	Présence de barrages de castors	Nombre de barrages de castors	Longueur de ruisseau (en m)	Longueur de la zone de pêche immergée par les barrages (en m)	Hauteur cumulée des barrages de castors (en m)	Largeur moyenne du ruisseau (en m)	Surface des plans d'eau formé par des barrages (en m ²)	Surface du ruisseau (en m ²)
Zone des barrages (LPB1-15)	694	oui	14	390	390	14,51	1,8	3890	547
Zone amont des barrages (LPA1-15)	1358	non	0	1314	44	0	1,6	245	2102
Grone	825	non	0	825	0	0	0,8	0	758
Gouverny	1000	non	0	1000	0	0	0,6	0	600

5.2 Résultats des pêches électriques

5.2.1 Effectifs

Lors de la période d'étude de ce mémoire, au total 759 truites fario ont été capturées dont 324 truites dont la taille est supérieure ou égale à 118 mm (« géniteurs potentiels »), 400 juvéniles d'un été (« 0⁺ ») (truites dont la taille est inférieure à 90 mm) et 35 truites de taille et d'âge intermédiaire dont la taille varie entre 90 et 117 mm. Durant les 5 jours de pêche électriques du mois d'août 2018, 753 truites ont été capturées sur l'ensemble des quatre zones de pêche du secteur d'étude. Dans l'ensemble des truites attrapées durant ces pêches électrique, on retrouve 318 géniteurs potentiels (truites $\geq$ à 118 mm), 400 0⁺ (truites $\leq$ à 90mm) et 35 autres truites dont la taille est comprise entre 90 mm et 118 mm. Lors du premier jour de pêche dans la partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, ont été capturées 171 truites de toute taille confondue. Les nageoires adipeuses de ces truites ont été ablationnées et les truites relâchées dans leur lieu de capture (secteur). Le lendemain, un second passage en pêche électrique a été organisé dans la même zone de pêche et dans les mêmes secteurs et 104 truites marquées la veille ont été recapturées (60%). A ces truites capturées en août 2018, il faut rajouter un géniteur potentiel capturé le 12 novembre 2018 via la cage de capture, un géniteur potentiel capturé en pêche à ligne le 17 mars 2019 et 4 géniteurs potentiels capturés lors d'une pêche électrique le 26 mars 2019. La figure 39 montre que la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15) est la zone de pêche dans laquelle on a capturé le plus de 0⁺. Cette zone est suivie de la zone amont des barrages du ruisseau des Longs-Prés (LPA 1-15), puis du ruisseau du Gouverny et enfin de la Grone. Par exemple, autant de 0⁺ ont été capturés dans la pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15)

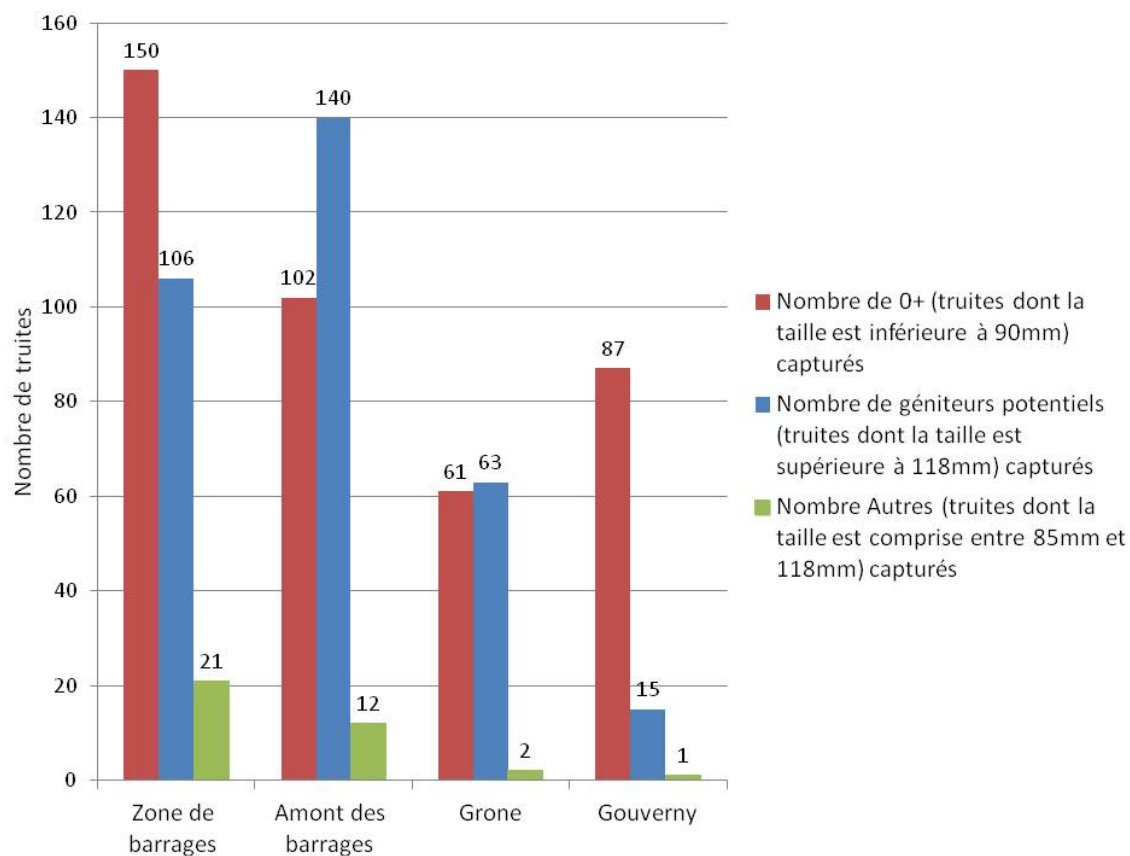


FIGURE 39 – Comparaison du nombre de truites capturées lors des pêches électriques selon leur classe de taille dans les différentes zones de pêche (Zone de barrage = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LP), partie barrage (B) (LPB 1-15); Amont (A) des barrages = partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA1-15))

que dans le Gouverny et la Grone réunis. A l'opposé, il n'y a presque pas de géniteurs potentiels capturés dans le Gouverny contrairement aux nombreuses captures de 0^+ . Dans le Gouverny et dans la Grone, moins de géniteurs potentiels ont été capturés que plus en aval, ce qui est probablement lié à la largeur et au débit moindre de ces affluents du ruisseau des Longs-Prés. La répartition spatiale des géniteurs est hétérogène. Aussi, le nombre de 0^+ capturés est très variable en fonction des secteurs, en particulier dans la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15) (entre 0 et 76 0^+ capturés par secteur). Il y a moins de variation dans la partie amont des barrages de castors de la zone du ruisseau des Longs-Prés (LPA1-15) (entre 0 et 21 0^+ par secteur), dans la Grone (entre 0 et 15 0^+ capturés par secteur) et dans le ruisseau du Gouverny (entre 0 et 21 0^+ capturés par secteur). Il est à noter que de nombreux juvéniles ont été pêchés dans les barrages 1 à 7 et ensuite plus aucun 0^+ n'a été capturé dans les barrages 8 à 15 à l'exception d'un seul 0^+ capturé dans le barrage 14 (voir figure 40, figure 41 et figure 42). Un tel contraste a d'emblée attiré notre attention et suscité notre étonnement.

Le tableau 2 indique que les secteurs LPB1 à LPB7 contiennent, outre des plans d'eau formés par les barrages du castor, des linéaires de ruisseau (figure 40). Cela contraste avec les secteurs LPB8 à LPB15 de la même zone de pêche qui n'en contiennent pas (succession de plans d'eau circonscrits par les barrages de castors). Dès lors, la zone pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15) a été divisée a posteriori en deux sous-zones : la Sous-zone 1 comprenant les secteurs LP1 à LPB7 et la Sous-zone 2 reprenant les secteurs LPB8 à LPB15. Cette différence de linéaire de zone lotique (zone de ruisseau) et de zone lentique (zone de plan d'eau formé par les barrages) est représentée sur la figure 43. La proportion de zone lotique est de 66,4 % dans la Sous-zone 1 tandis qu'elle est de 0 % dans la Sous-zone 2. Cette différence est significative d'après un test Chi carré ($X_{\alpha/2}^2 = 411,9$, $P < 0,001$).

La figure 44 montre que cent 0^+ et une centaine de géniteurs potentiels ont été pêchés en plus dans la zone sans barrage (zone amont des barrages + Grone + Gouverny) par rapport à la zone avec barrages. Par ailleurs, seulement un 0^+ a été capturé dans la Sous-zone 2 (LPB8-15) alors que 149 ont été capturés dans la Sous-zone 1 (LPB1-7) de la zone avec barrages du ruisseau des Longs-Prés. Toutefois, comme le tableau 2 indique une différence de longueur de linéaire entre les différentes zones de pêche, les résultats ont été rapportés par mètre courant de cours d'eau afin de réaliser des comparaisons plus rationnelles (figure 45). La figure 45 montre que la zone des barrages de castors (LPB1->LPB15) contient environ trois fois plus de 0^+ par mètre que les zones sans barrage (0,227 0^+ par mètre), que ce soit dans la zone du ruisseau des Longs-Prés en amont des barrages (0,075 0^+ par mètre), ou dans la Grone (0,074 0^+ par mètre) ou le Gouverny (0,087 0^+ par mètre). Toutefois, du fait d'une forte variabilité entre secteurs d'une même zone de pêche, il n'y a pas de différence significative entre les zones de pêche. Cependant, il existe une différence significative entre les deux sous-zones de la zone des barrages du ruisseau des Longs-Prés ($p < 0,05$), la première (LPB1-7) montrant environ 0,35 0^+ par mètre pour presque aucun dans la seconde.

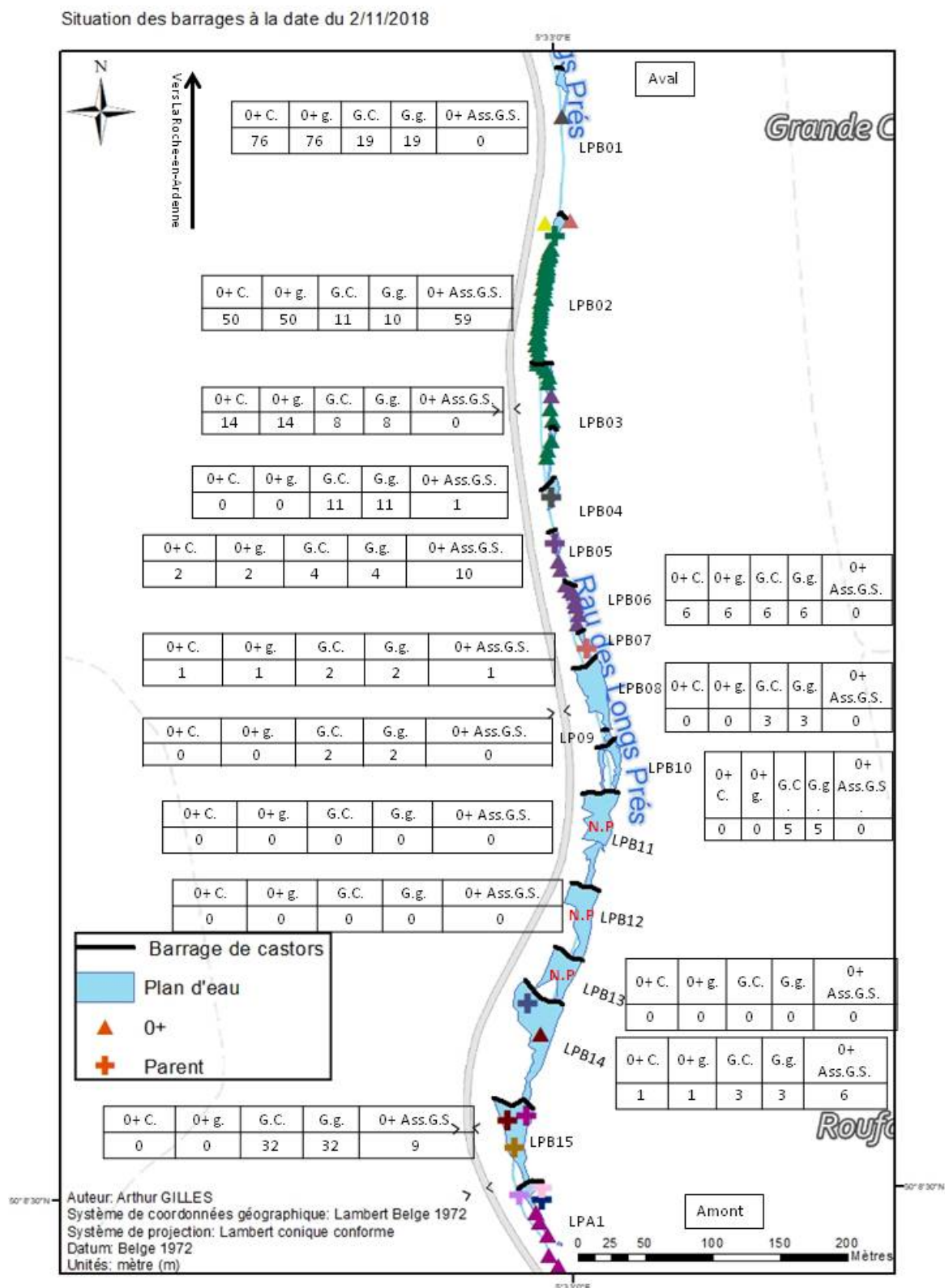


FIGURE 40 – Répartition des effectifs de juvéniles d'un été (0^+) et des géniteurs potentiels capturés (C) et génotypés (g) 0^+ . C.= nombre de 0^+ capturés; 0^+ .g.= nombre de 0^+ génotypés; G.C.= nombre de géniteurs capturés; G.g.= nombre de géniteurs génotypés; 0^+ Ass.G.C.= nombre de 0^+ assignés à des géniteurs du secteur; N.P.= secteur non pêché).

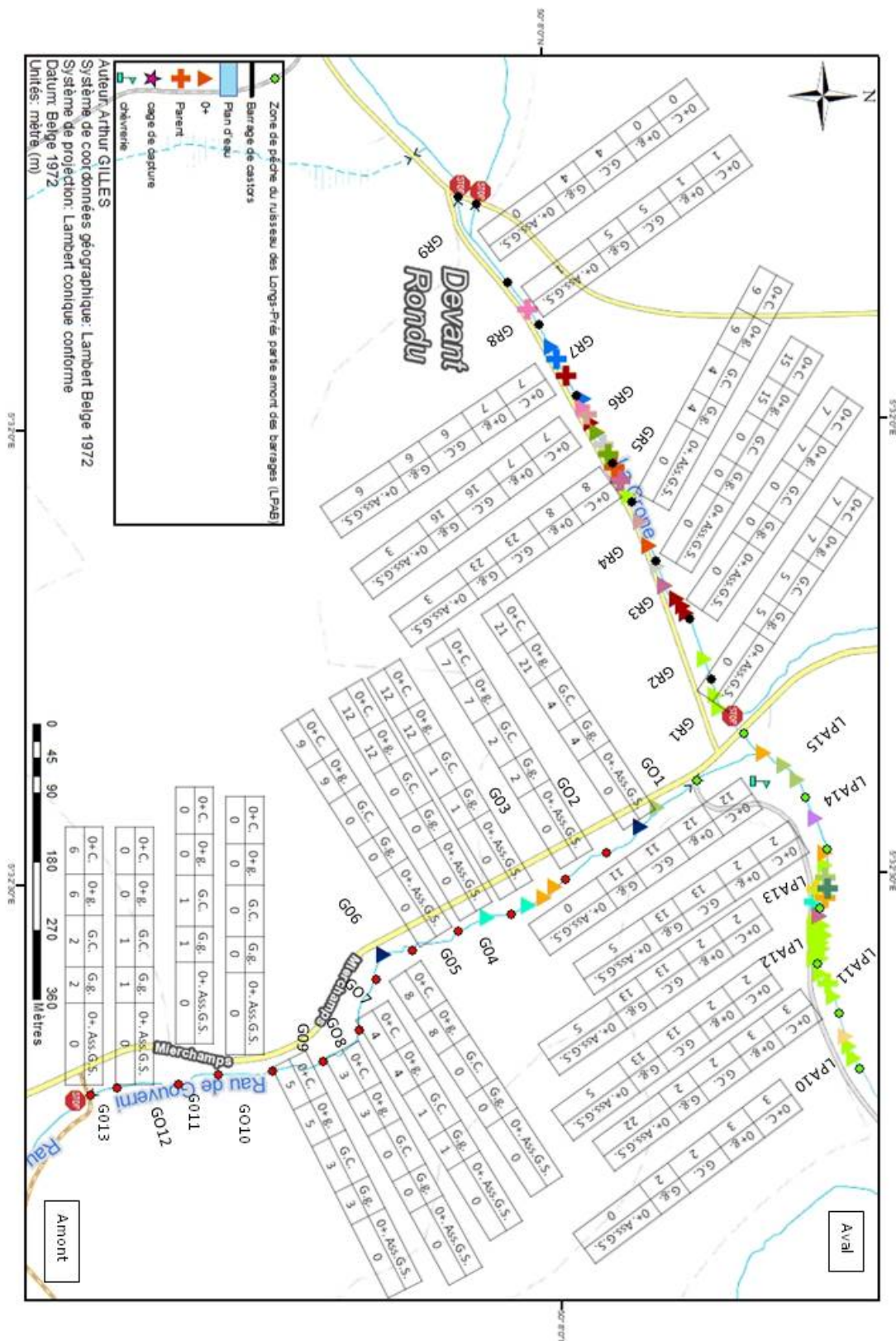


FIGURE 42 – Répartition des effectifs de juvéniles d'un été (0^+) et des géniteurs potentiels capturés (C) et génotypés (g) des zones de pêche de la Grone et du Gouverny ($0^+.C$ = nombre de 0^+ capturés; $0^+.g$ = nombre de 0^+ génotypés; G.C. = nombre de géniteurs capturés; G.g. = nombre de géniteurs génotypés; 0^+ Ass.G.C = nombre de 0^+ assignés à des géniteurs du secteur).

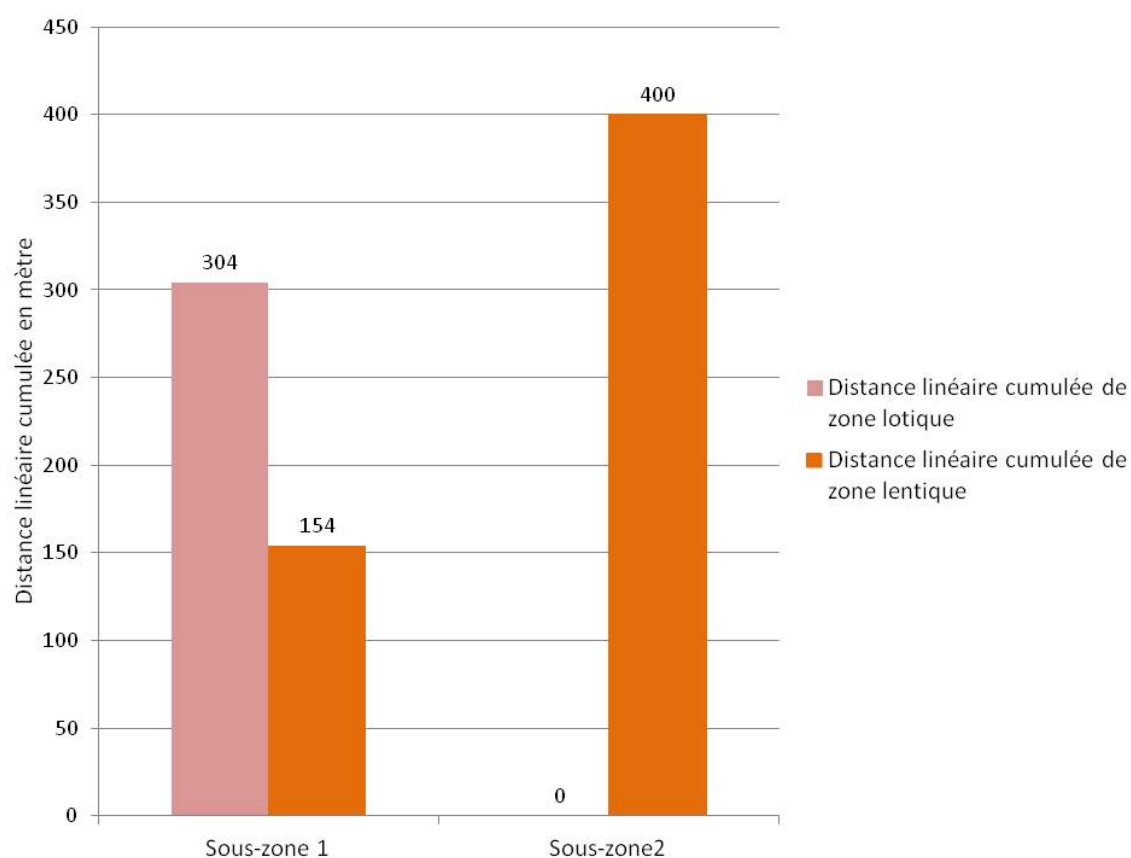


FIGURE 43 – Distance linéaire cumulée en mètre de zone lotique et lentique dans deux différentes parties des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés.

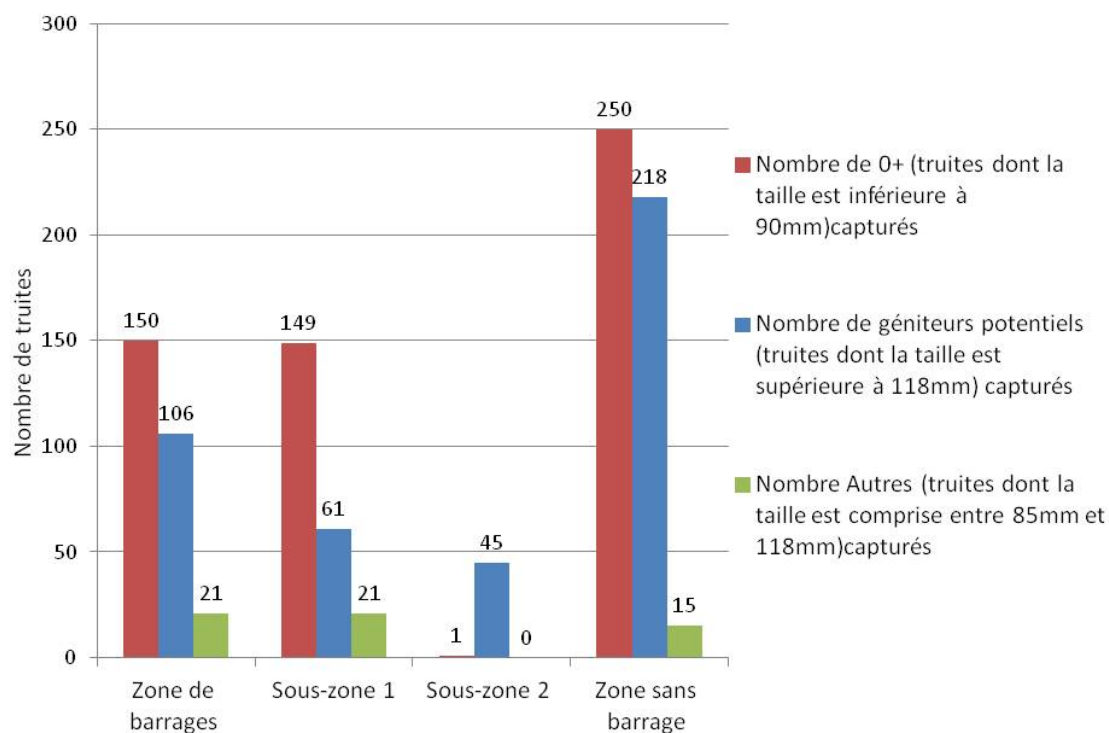


FIGURE 44 – Comparaison du nombre de truites capturées selon leur classe de taille entre les différentes zones (ou sous-zones de pêche pour la zone avec barrages) : Zone de barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie avec barrages (LPB1-15); Barrages 1 = Sous- zone 1 de la zone avec barrages de castors (LPB1-LPB7); Barrages 2 = Sous-zone 2 de la zone avec barrages (LPB8-LPB15); Zone sans barrage = LPA1-LPA15 + Grone (GR1-13) + Gouverny (GO1-8).

Au niveau du nombre de géniteurs capturés par mètre, la zone des barrages du ruisseau des Longs-Prés (LPB1->LPB15) contient significativement plus d'individus par mètre que le Gouverny ($p<0.05$) (figure 45). Par contre, il n'existe pas de différence significative entre cette première zone et la zone amont du ruisseau des Longs-Prés (LPA1->LPA15) et la zone de pêche de la Grone.

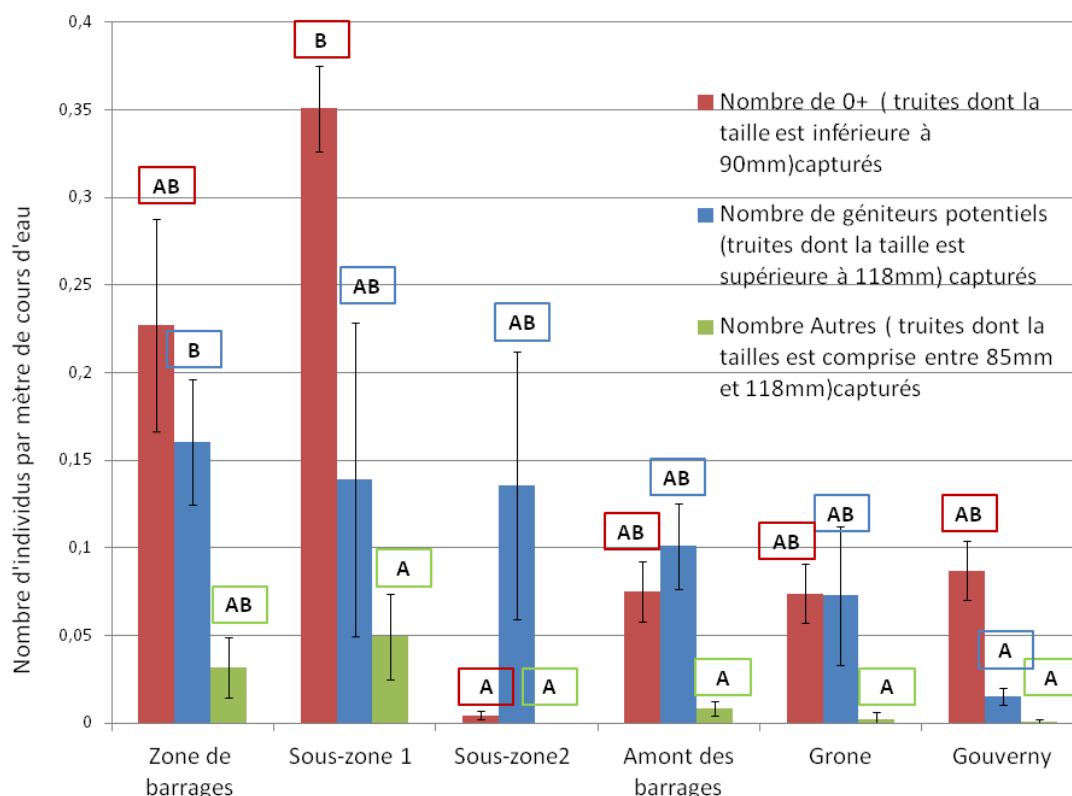


FIGURE 45 – Résultats des pêches électriques par zone de pêche (en truite/mètre) avec erreur-type et test de comparaison des moyennes deux à deux (si une même lettre est présente au-dessus de deux colonnes de la même couleur, alors le Test de Tukey pour $P=0,05$ n'est pas significatif) (Zone de barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie avec barrages (LPB1-15); Sous-zone 1 = Sous-zone 1 de la zone avec barrages de castors (LPB1-LPB7); Sous-zone 2 = Sous-zone 2 de la zone avec barrages (LPB8-LPB15); Amont des barrages = Zone du ruisseau des Longs-Prés sans barrage.

5.2.2 Comparaison des poids moyens des géniteurs potentiels

La figure 46 indique qu'il n'y a pas de variation importante de masses moyennes des géniteurs mâles entre les différentes zones de pêches. Cette figure montre qu'il semble exister un gradient amont/aval au niveau des masses moyennes des géniteurs femelles. Il ressort aussi de cette figure que la masse moyenne des géniteurs femelles et mâles au sein des zones de pêche est relativement proche.

La figure 46 montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les masses moyennes

des géniteurs femelles de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages (LPB1->LPB15). et de la partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA1->LPA15). Cependant, il existe une différence significative entre la masse moyenne des géniteurs femelles de la Sous-zone 2 de la partie des barrages (LPB8->LPB15) et des zones de pêches du Gouverny et de la Grone. Au niveau de la comparaison des masses moyennes des géniteurs potentiels mâles, la figure 46 indique que ces masses sont relativement proches. D'ailleurs, cette différence de masse n'est pas significative d'après un test de Tukey.

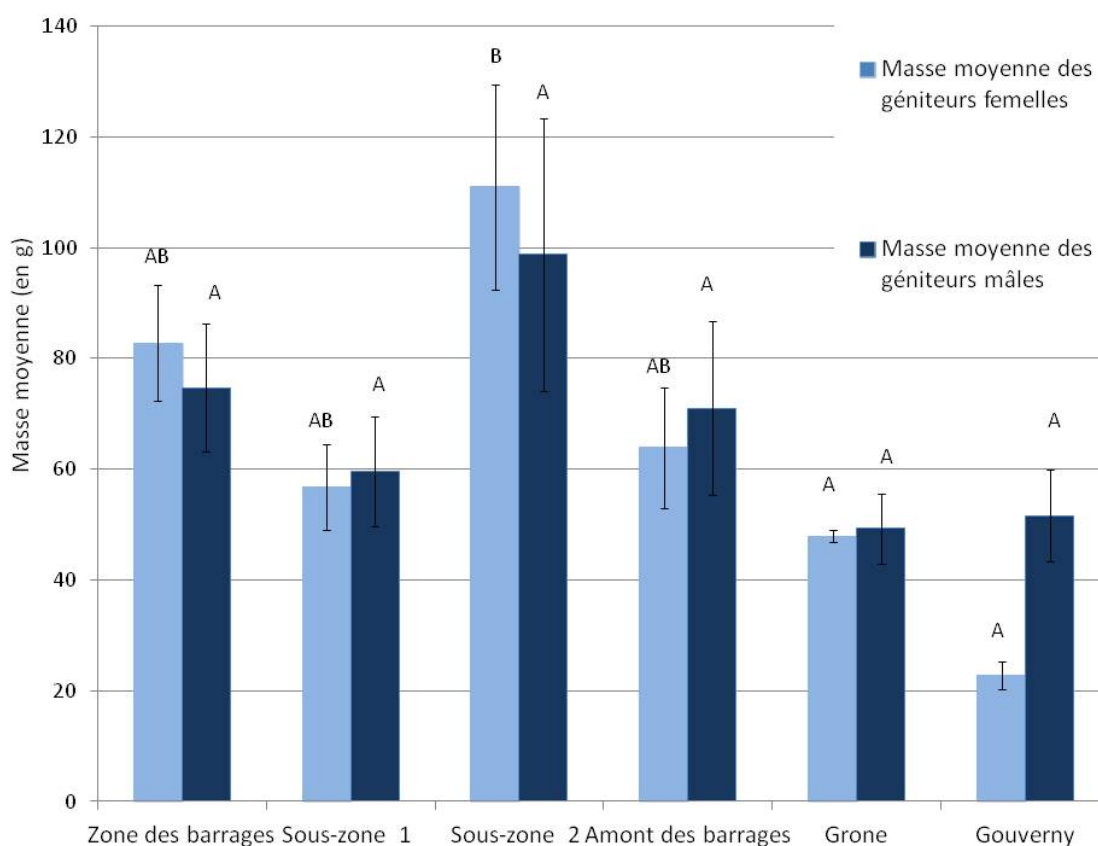


FIGURE 46 – Comparaison des masses moyennes des géniteurs potentiels femelles ou mâles en fonction de leur zone de pêche (si une même lettre est présente au-dessus de deux colonnes de même couleur alors le Test de Tukey pour $P=0,05$ n'est pas significatif) (Zone des barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2 = Sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15)).

5.3 Résultats des analyses génétiques

5.3.1 Généralités

Sur les 759 truites capturées, 731 truites ont été génotypées pour les 24 marqueurs présents en annexe 3. Les truites ont été sélectionnées pour le génotypage en fonction de leur

taille. L'ensemble des géniteurs potentiels (truites dont la taille est supérieure à 118mm) et des 0⁺ (truites dont la taille est inférieure à 90mm) a été sélectionné pour le génotypage. 324 géniteurs potentiels différents et 399 0⁺ ont été génotypés.

Les calculs d'assignation ont été réalisés avec le programme Cervus 3.07. Cent-quarante 0⁺ ont été assignés à un parent (un mâle ou une femelle), deux 0⁺ ont été assignés à un couple de parents (un mâle et une femelle) et trois 0⁺ ont été assignés à un couple de parents (un mâle et une femelle) avec une erreur dans la comparaison des trois génotypes ensemble mais aucune erreur n'est présente lorsque l'on compare le 0⁺ avec les parents un à un. Vingt-six géniteurs différents ont été identifiés dans lesquels on retrouve 12 mâles et 14 femelles. Cent-neuf 0⁺ ont été assignés aux parents mâles et 35 à des parents femelles.

5.3.2 Diversité génétique des populations étudiées

La diversité génétique des truites des différentes zones de pêche étudiées a été évaluée par le pourcentage d'hétérozygotie attendu et observé (tableau ??). Afin d'esquiver les biais dus à la taille de l'échantillon, l'hétérozygotie attendue non biaisée (H_{nb}) est corrigée. Le Fis, défini comme étant égal à $(H_{nb} - H_{obs}) / H_{nb}$ (Weir and Cockerham, 1984), mesure le déficit en hétérozygotie dû à un écart par rapport à l'hypothèse de panmixie (rencontre aléatoire des poissons pour l'accouplement) et donne donc une certaine mesure de la consanguinité. Un Fis négatif signifie un excès d'hétérozygotes par rapport à celui attendu sous équilibre d'Hardy-Weinberg (c'est-à-dire un mélange récent ou forcé des populations). Un Fis positif peut refléter un déficit en hétérozygotes (consanguinité), un mélange de population (effet Walhund) ou la présence d'allèles nuls (Flamand, 2015). Les différentes populations des zones de pêche étudiées ont une diversité génétique plutôt élevée pour des cours d'eau en tête de bassin. Le nombre moyen d'allèles est le plus faible dans le secteur de pêche LPB2 tableau 3. L'ensemble des zones de pêches est introgressé (voir figure ??). Les différentes populations de truites du système d'étude (Bleu ciel) se trouve à mi-distance entre les population non introgressé du bois de la hé, du ri de Bronze et du Mort Ry (Bleu foncé) et les populations de pisciculture (en rouge) (figure 48). Les différentes populations de truites du système d'étude (en bleu ciel) se trouve à mi-distance entre les populations non introgressées du Bois de la Hé, du Ri de Bronze et du Mort Ry (Bleu foncé) et les populations de pisciculture (en rouge) (figure 48).

5.3.3 Résultats d'assignations parentales

Les figures 40,41 et 42 illustrent les résultats des assignations parentales (résultats bruts voir annexe 14). Deux figures reprenant un zoom de la figure 40 sont présentes en annexe 6 et 7. Sur la figure 40, ce faible éloignement entre les parents et leur descendance de première génération est visible notamment dans le secteur LPB2 et LPB3 où les 0⁺verts (triangle vert) sont éloignés de maximum un secteur avec le géniteur vert (croix verte)

Variabilité génétique des populations des différentes zones de pêche du système d'étude estimée sur base de l'hétérozygotie observée (H_{Obs}), calculée avec biais (H_E) et sans biais (H_{nb}) et FIS pour chaque population. N = nombre d'échantillons, NA = nombre moyen d'allèles par marqueur.// où NS = non significatif, * = significatif à $P = 0.9$, ** = significatif à $P = 0.95$ et *** à $P = 0.99$

Pop	Nbre	CI	Hexp	Hn.b.	Hobs	NA	Fis
Sous-zone1	213	0,64	0,7216	0,723	0,679	13,0	0,061***
Sous-zone2	45	0,68	0,7261	0,734	0,709	11,4	0,035***
Total-Bar	258	0,66	0,730	0,731	0,685	14,3	0,064***
Grone	123	0,72	0,72	0,723	0,674	10,3	0,068***
Gouverny	102	0,578	0,733	0,737	0,72	10,6	0,023**

TABLEAU 3 – Variabilité génétique des populations des différents secteurs de la partie des barrages de la zone de pêche des Longs-Prés estimée sur base de l'hétérozygotie observée (H_{obs}), calculée avec biais (H_{exp}) et sans biais (H_{nb}) et FIS pour chaque population. N = nombre d'échantillons, NA = nombre moyen d'allèles par marqueur.// où NS = non significatif, * = significatif à $P = 0.9$, ** = significatif à $P = 0.95$ et *** à $P = 0.99$

Pop	Nbre	CI	Hexp	Hn.b.	Hobs	NA	Fis
LPB1	96	0,58	0,705	0,709	0,679	11,1	0,042***
LPB2	60	0,66	0,576	0,580	0,645	6,2	-0,113***
LPB3	22	0,9	0,691	0,707	0,710	7,5	-0,004 NS
LPB4	11	0,8	0,701	0,735	0,697	7,3	0,054*
LPB5-7	25	0,93	0,694	0,709	0,729	7,6	-0,030 NS
LPB8-10	13	0,701	0,694	0,722	0,699	8,0	0,033NS
LPB15	32	0,694	0,723	0,735	0,713	9,9	0,030*

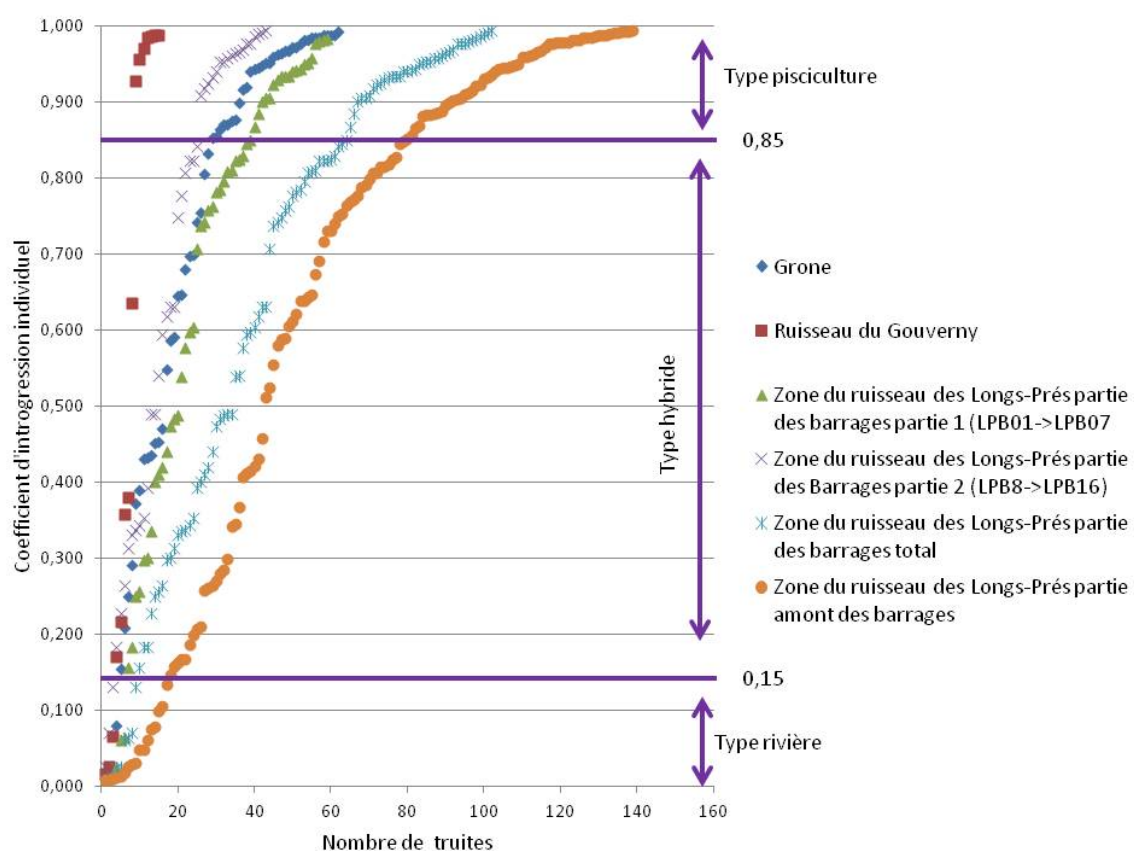


FIGURE 47 – Comparaison entre les différentes zones de pêche de la variation du coefficient d'introgression individuel des géniteurs potentiels(truites dont la taille est supérieure à 11,8cm) en fonction du nombre de géniteurs capturés par zone de pêche.

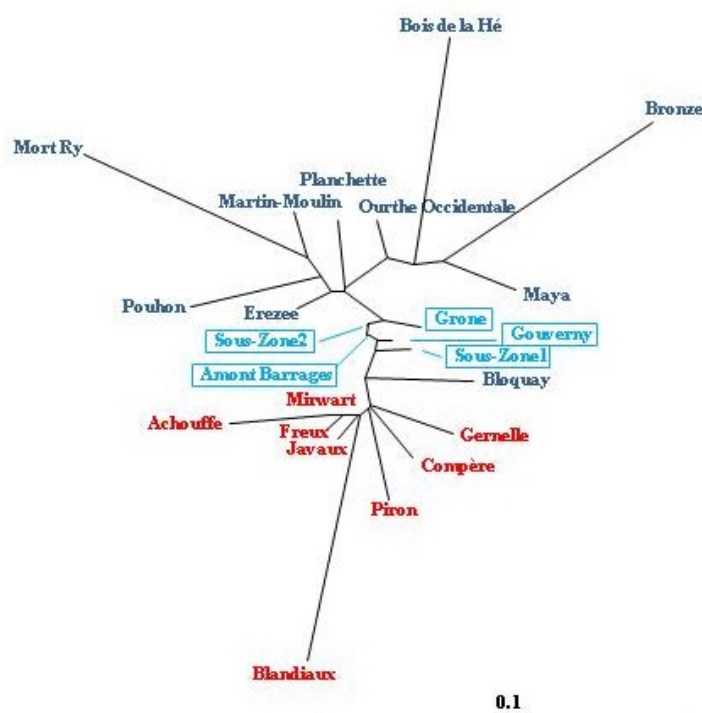


FIGURE 48 – Phylogramme entre les populations de l’Ourthe et les piscicultures de référence basé sur la matrice des distances (Flamand , 2019).

auquel ils sont assignés. Cet exemple se répète avec les individus violets au niveau des secteurs LPB5 et LPB6. Le géniteur (croix violette) a été pêché dans le secteur LPB5 et les 0^+ (triangle violet) ont été capturés dans les secteurs LPB5 et LPB6. Le faible éloignement entre les parents et les 0^+ apparaît aussi sur la figure 41. Le géniteur vert fluo (croix vert fluo) du secteur LPA11 a engendré des descendants (triangle vert fluo) dans des secteurs faiblement éloignés (LPA10, LPA11, LPA 12, LPA 13, GR1, GR2 et GR5). Sur les affluents du ruisseau des Longs-Prés, cette faible distance entre les parents et les descendants de première génération est aussi visible. Par exemple, dans le secteur 5 de la Grone, le géniteur rouge (croix rouge) a engendré des 0^+ (triangle rouge) dans les secteurs de la Grone 3 et 6. Concernant le ruisseau du Gouverny, aucun 0^+ n’a pu être assigné à un des 15 géniteurs capturés sur cette zone de pêche. Les 0 capturés dans cette zone de pêche sont assignés à des géniteurs des secteurs 13 et 1 de la partie amont.

Cependant, il existe des exceptions à cette observation de faible éloignement entre la position, lors de leur capture, des 0^+ et des géniteurs. Par exemple, deux 0^+ (triangle bleu marine sur la figure 41) capturés en août dans le ruisseau du Gouverny ont été assignés à un géniteur (croix bleu marine sur la figure 42) capturé dans le secteur 1 de la zone de pêche du ruisseau des Long-Prés, partie amont des barrages de castors (LPA1). Les distances entre le géniteur et les deux 0^+ sont de 1358m et 1807m.

Le 0^+ jaune (triangle jaune) présent dans le secteur LPB02 de la partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (figure 40) a été assigné au géniteur

jaune présent dans le secteur 13 de la partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA1-15) (figure 41) La distance inter-secteur entre le descendant dans ce cas-ci est de 1786m. Les résultats d'assignation parentale présents sur la figure 40 montrent que très peu de géniteurs semblent avoir franchi de nombreux barrages. Divers cas sont visibles sur cette figure.

- Le géniteur au moment de sa capture est en aval ou dans le même secteur du ou des 0^+ qui lui sont assignés.
- Le géniteur au moment de sa capture est localisé en aval des 0^+ qui lui sont assignés.
- Le géniteur est positionné en amont du ou des 0^+ qui lui sont assignés.
- Le géniteur est positionné dans un secteur entre des 0^+ situés en aval et en amont.

Le premier cas est visible pour le géniteur vert (croix verte) du secteur LPB02. Ce dernier est situé dans le secteur LPB02 et ses 0^+ (triangles verts) sont positionnés dans le secteur LPB02 et LPB03. La seconde situation est observable pour le géniteur violet clair (croix violet claire) capturé dans le secteur LPB15. Les 0^+ (triangles violet clair) qui lui sont assignés, sont situés dans le secteur LPA1. Le troisième cas peut être distingué au niveau du secteur LPB04 pour le géniteur gris (croix grise). En effet, le 0^+ qui lui est assigné (triangle gris) a été capturé dans le barrage 10. La quatrième situation est apparente pour le géniteur mauve (croix mauve) localisé dans le secteur LPB05 et dont les 0^+ (triangle mauve) sont localisés dans les secteurs LP03, LPB05 et LPB06. Les barrages de castors délimitant le secteur LPB06 ont été construits entre le 27 juillet 2018 et le 30 août de la même année.

Le franchissement des barrages peut être réalisé soit par le géniteur soit par le 0^+ . La figure 40 montre que, de manière générale, les géniteurs ou les 0^+ ne franchissent aucun voire un seul barrage sauf dans trois cas. Le premier cas est celui du géniteur gris (croix grise) situé dans le secteur LPB4 et de son 0^+ situé dans le secteur LPB1. Il y a donc trois barrages entre le géniteur et le 0^+ . Le second cas est le cas du géniteur en rose (croix rose) dans le secteur LPB7. Le 0^+ (triangle rose) qui lui est assigné est localisé dans le secteur LPB2. Le géniteur et le 0^+ sont séparés par six barrages. Le dernier cas est celui du 0^+ jaune, présent dans le secteur LPB2. Il a été à la fois assigné au géniteur vert (mâle) du secteur LPB2 et au géniteur femelle jaune capturé dans le secteur 13 de la partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA13). Le géniteur femelle (croix jaune) a donc franchi 15 barrages.

5.3.4 Calcul des distances entre juvéniles et parents assignés.

La distance entre les 0^+ et leurs parents a été calculé sur base des distances entre la fin du secteur de capture de la truite située le plus en aval et la fin du secteur de la truite située le plus en amont. La distance moyenne entre les 0^+ et leurs parents semble augmenter lorsque la largeur du cours d'eau diminue tout comme la capacité d'accueil du milieu et le débit. Il ressort aussi de cette figure que c'est dans la zone de barrage que les distances entre les 0^+ et leurs parents sont les plus faibles. Une figure reprenant un boxplot de ces distances moyennes est présent en annexe 9.

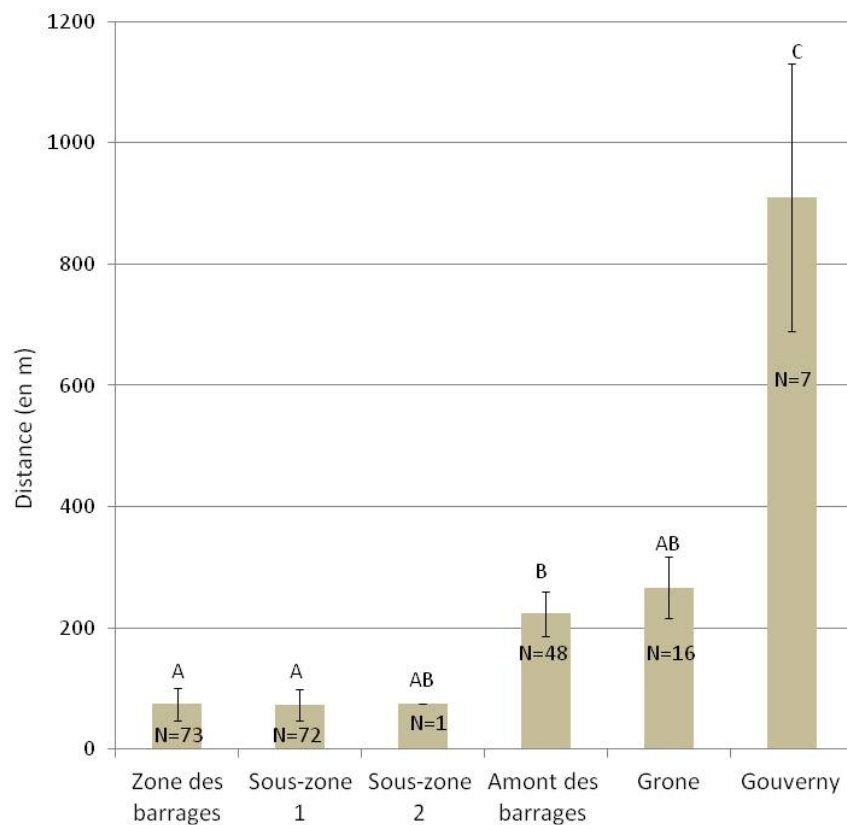


FIGURE 49 – Comparaison entre la distance moyenne des 0⁺ et au moins un de leurs parents en fonction des zones de pêches) (Zone de barrage = partie des barrages (LPB1-15) de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2= Sous-zone 2 des barrages (LPB8-LPB15).

La figure 49 montre que la distance entre les 0⁺ et les géniteurs auxquels ils sont assignés est significativement plus élevée dans la zone de pêche du ruisseau du Gouverny que dans les autres zones de pêche. La distance séparant les géniteurs de leurs 0⁺ est significativement plus élevée dans la partie amont des barrages de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA) que dans la partie des barrages de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés et que dans la Sous-zone 1 des barrages. La distance entre les 0⁺ capturés assignés et leurs géniteurs n'est pas significativement différentes entre les zones de pêches de la Grone, la partie amont de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés partie amont (LPA) et la Sous-zone 2 des barrages. Il n'y a pas de différence significative entre les distances séparant les 0⁺ de leurs parents entre les Sous-zone 1 et 2 et la partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés. Les différences de distances entre les 0⁺ et leurs parents ne sont pas significatives entre la zone de pêche de la Grone et la Sous-zone 1 et entre la partie des barrages de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés. Cependant, une tendance à la différenciation des distances entre la Grone et ces deux zones pêches existe.

5.3.5 Origine des parents vraisemblables des 0⁺ assignés

La figure 50 compare le nombre 0⁺/m capturés et assignés entre les différentes zones de pêche. Elle montre que beaucoup plus de 0⁺ ont été assignés à des parents dans la zone de barrages (LPB1->LPB15) que dans les autres zones (LPA1->LPA15, GR1->GR9 et GO1->GO13). Cette figure précise aussi que c'est dans la Sous-zone 1 des barrages (LPB1->LPB7) que le plus de 0⁺/m sont assignés et capturés. Cette figure indique aussi que les parents des 0⁺ capturés dans les barrages proviennent tous de la zone de barrages (LP1->LPB15) tandis qu'une partie des parents des 0⁺ de la zone amont provient de cette zone. Les autres 0⁺ assignés de cette zone sont issus de parents provenant de la Grone ou de la Sous-zone 2 de la partie des barrages de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (voir figure 40 et figure 41). Aucun 0⁺ n'a été assigné à des géniteurs potentiels capturés dans le ruisseau du Gouverny. Les géniteurs des 0⁺ du ruisseau du Gouverny assignés proviennent tous de la zone de pêche de la partie amont des barrages de castors du ruisseau des Longs-Prés. Une figure reprenant le nombre 0⁺ capturés et assignés entre les différentes zones de pêche est présente en annexe 11.

5.3.6 Évaluation du nombre de géniteurs qui se sont reproduits

Le nombre de géniteurs se reproduisant par mètre est relativement constant, que ce soit dans la zone de barrages ou dans les autres zones de pêche à l'exception du Gouverny où aucun 0⁺ n'a été assigné à des géniteurs potentiels de ce secteur (voir figure 51). Le nombre de géniteurs se reproduisant par mètre est relativement constant, que ce soit dans la zone de barrages ou dans les autres zones de pêche à l'exception du Gouverny où aucun 0⁺ n'a été assigné à des géniteurs potentiels de ce secteur (voir figure 51).

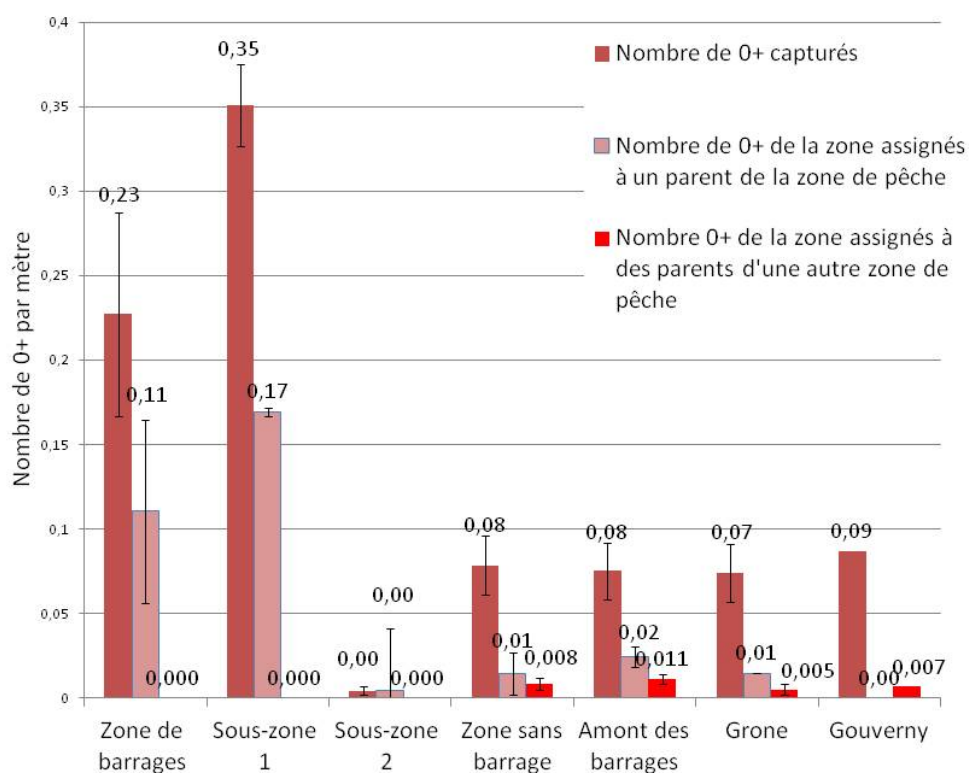


FIGURE 50 – Comparaison entre le nombre de 0 +/m capturés et assignés entre les différentes zones de pêche.) (Zone de barrage = partie des barrages (LPB1-15) de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés Sous-zone 1 =Sous- zone1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2 =Sous- zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).

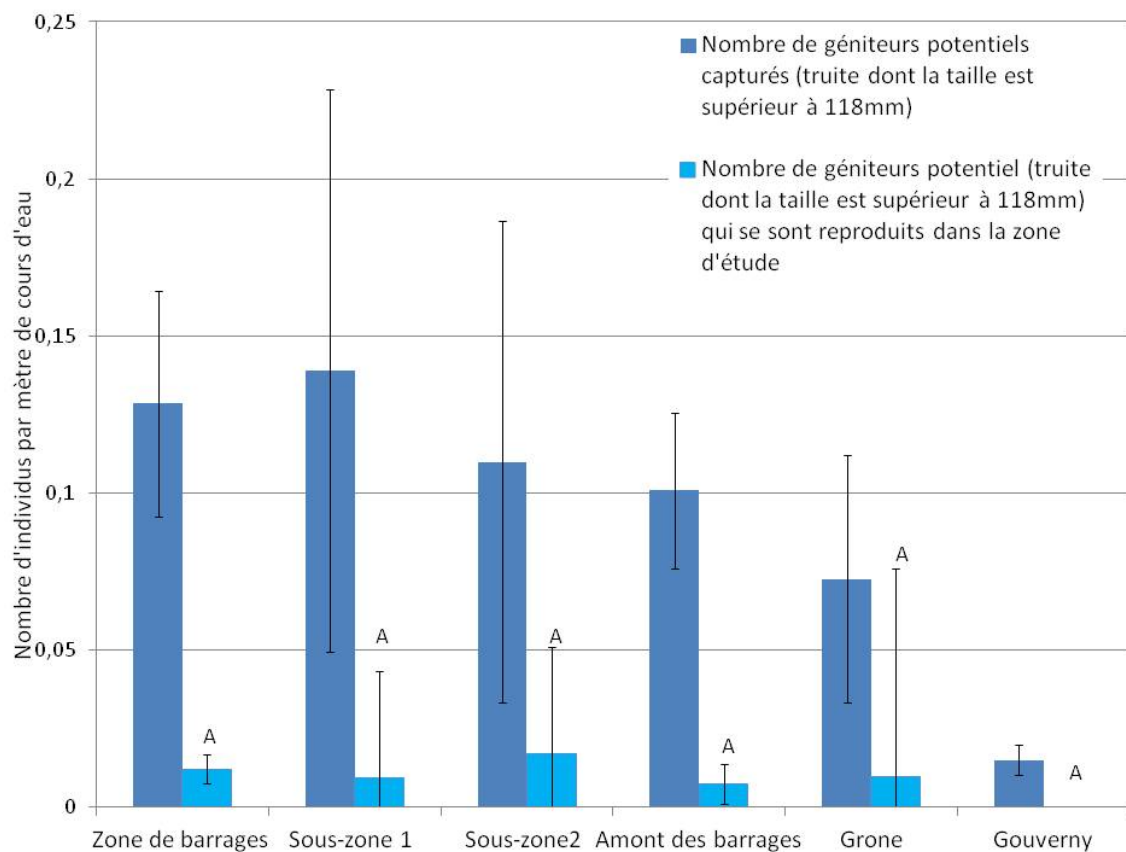


FIGURE 51 – Évaluation du nombre de géniteurs potentiels par mètre dont on a retrouvé des 0+ qui leur sont assignés en fonction de leur zone de pêche (Zone de barrages = partie des barrages (LPB1-15) de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés Sous-zone 1 =Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Sous-zone 2 =Sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).

5.3.7 Coefficient d'introggression

Les analyses génétiques ont permis aussi de vérifier si les truites fario du ruisseau des Longs-Prés et de ses affluents sont introgressées par des gènes provenant de truites fario domestiquées. Pour cela, les génotypes des truites capturées ont été comparés à l'aide du programme Structure 2.2 avec un référentiel comprenant les génotypes de truites de pisciculture. Cette comparaison permet d'obtenir un coefficient, le coefficient d'introggression, exprimé en pourcent. Les truites dont le coefficient est inférieur à 0,15 sont dites de rivière, les truites dont le coefficient est compris entre 0,15 et 0,85 sont considérées comme étant des hybrides entre des truites de rivière et des truites domestiquées et les truites avec un coefficient supérieur à 0,85 sont considérées comme étant des truites de pisciculture. Les introgressions anciennes sont caractérisées par la présence de truites de rivière, de truites de pisciculture mais aussi de nombreux hybrides. Une introgression récente se distingue par la présence de truites de rivière, de truites de pisciculture et de très peu d'hybrides. Lorsqu'une rivière n'est pas introgressée, il n'y a que des truites de rivière et donc une absence d'hybride et de truite domestiquée.

Le coefficient d'introggression moyen des truites est le plus faible dans le Gouverny (0,58), suivi par la partie amont des barrages du ruisseau des Longs-Prés (0,65), puis de la partie des barrages du ruisseau des Longs-Prés (0,66) et enfin de la Grone(0,72). Le coefficient moyen de la Sous-zone 1 est de 0,64, est légèrement plus faible que celui de la Sous-zone 2 (0,68) des barrages. Le coefficient d'introggression variant entre 0,58 et 0,72, il y a donc 0,14 de différence, ce qui n'est vraiment pas élevé. Il existe une grande variabilité interindividuelle visible sur les figures 47(Coefficient d'introggression normalisé voir annexe 12).

5.4 Résultats de la cage de capture

Les résultats de la cage de capture sont présents dans le tableau 4. Deux truites fario ont été capturées dans la cage de capture durant toute la période de relevés. Les deux truites sont toutes les deux des mâles qui étaient spermiantes au moment de leur capture.

TABLEAU 4 – Truites capturées dans la cage de capture entre le 9/11/2018 et le 31/01/2019

Date de capture	Taille (mm)	Masse (g)	Sexe	Ancien marquage	Secteur de première capture	Coefficient d'introggression individuel
12/11/2018	155	35	Mâle	oui	LPA7	0,15
12/11/2018	185	61	Mâle		/	0,96

6 Discussion

6.1 Le recrutement en 0^+ engendrés par les géniteurs potentiels présents dans les barrages de castors.

La truite fario est un salmonidé d'eau douce affectionnant les cours d'eau de la zone à truite et à ombre. Pour se reproduire, cette espèce a besoin d'un substrat constitué de graviers d'une granulométrie variant entre 2 mm et 5 cm afin de permettre une bonne oxygénation des œufs et éviter un colmatage (INPN, 2019). Les barrages de castors provoquent, par le ralentissement de la vitesse de l'eau, une sédimentation importante dans les plans d'eau formés par les barrages. Le fond des plans d'eau formé par ces barrages est donc recouvert de sédiments. D'après Bertrand (2018), une des inquiétudes principales des pêcheurs de truites en Wallonie concernant l'impact des barrages de castors sur leur loisir est la possible conséquence très néfaste de ces barrages sur le recrutement des truitelles 0^+ dans les ruisseaux et rivières fréquentées par les castors. Les résultats des pêches électriques du mois d'août 2018 dans notre système d'étude montrent la présence d'un effectif important de truitelles 0^+ dans les secteurs de pêche comprenant des barrages de castors (figure 39). Cependant, ces résultats ne donnent aucune information quant à la provenance des parents (zone de barrages ou zone sans barrage). L'utilisation d'outils génétiques tels que la méthode de l'assignation parentale permet de tracer avec une grande fiabilité les déplacements des géniteurs à condition de les capturer avant la période de reproduction et de pêcher leur progéniture rapidement après la résorption des vésicules. La situation dans ce mémoire est quelque peu différente étant donné que les géniteurs et les 0^+ ont été capturés en même temps fin août 2018. Les positions des géniteurs avant la période de reproduction de l'hiver 2017 ne sont donc pas connues. Une hypothèse est réalisée dans le présent travail : le lieu de capture des 0^+ caractérise davantage le lieu de la reproduction de cet hiver 2017 que la position des parents qui est supposée être moins fixe dans l'espace. Les résultats d'assignation parentale confortent cette hypothèse. En effet, les résultats obtenus sur le ruisseau du Gouverny démontrent que les parents ne semblent pas rester dans cet affluent alors que les 0^+ qui leur sont assignés sont capturés dans cette zone de pêche. La figure 39 montre que davantage de 0^+ ont été capturés dans la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés comprenant des barrages. La figure 45 permet une comparaison du nombre de 0^+ capturés par mètre entre les différentes zones de pêche. Cette figure indique qu'il n'y a pas de différence significative entre le nombre de 0^+ /m capturés entre la partie des barrages de castors (LPB1-LPB15) de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, et les autres zones de pêche sans barrage du rongeoir. Le nombre de 0^+ par unité de linéaire de cours d'eau présents dans la zone des barrages n'est donc pas inférieur aux nombres de 0^+ par mètre capturés dans les autres zones de pêches sans barrage. Cependant, dans cette zone de barrage, il existe deux faciès d'écoulement d'un point de vue structural du cours d'eau. La sous-zone 1 dans laquelle il existe à la fois une partie lenticule créée par le barrage suivie directement par une

partie lotique (ruisseau). Dans cette sous-zone, 149 0⁺ ont été capturés. Dans la seconde sous-zone, les plans d'eau se succèdent sans qu'il n'y ait plus aucune partie lotique. Dans cette seconde sous-zone, un seul 0⁺ a été capturé. Lorsque que l'on compare ces résultats de capture ramenés en nombre de 0⁺ par mètre (figure 45), il existe une différence significative entre ces deux sous-zones. Ce résultat est fort similaire à celui obtenu par Bailey & Stephens (1951). D'après ces auteurs, à l'ouest de la Virginie, certaines zones de barrages permettent une bonne productivité en truites alors que dans d'autres zones, cette production est inhibée par les barrages. Ces données de pêche électrique ne permettent pas de savoir si les 0⁺ capturés dans la zone de barrages proviennent effectivement de cette zone de pêche ou s'ils sont issus des autres zones de pêche situées en amont de ceux-ci. Les résultats de pêche électrique ne donnent aucune information quant à la provenance des parents (zone de barrages ou zone sans barrage). Les résultats des assignations parentales indiquent que tous les 0⁺ assignés à au moins un parent de la partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés(LPB1-LPB15) sont assignés uniquement à des parents provenant de cette même zone (figure 50). Tandis que dans les autres zones de pêches, sans barrage, les parents proviennent soit de la même zone soit d'une autre zone de pêche. La moindre mobilité apparente des parents de la zone des barrages peut être liée à un certain confinement (non absolu) de ces géniteurs entre les différents barrages, mais aussi potentiellement à une meilleure capacité d'accueil de cette zone pour ces géniteurs par rapport à la zone sans barrage, plus étroite et moins profonde. A l'inverse, la plus grande mobilité apparente des parents capturés dans les zones sans barrage pourrait être liée à une moindre capacité d'accueil de ces zones pour ces géniteurs, en particulier dans le Gouverny dont le débit est très faible en période d'étiage, comme nous avons pu le constater visuellement). Normalement, les géniteurs de truites fario remontent les rivières afin d'aller frayer dans des zones plus adaptées qu'en aval. En effet, la proximité des sources d'un cours d'eau permet d'éviter le gel des œufs. Cependant, ces zones idéales de fraye ne permettent pas d'éviter les effets dévastateurs d'une sécheresse de cours d'eau. Cette hypothèse semble erronée dans le cas de cette zone d'étude. En effet, comme l'indique la figure 49, les distances entre les 0⁺ et leurs parents sont relativement faibles à l'exception du ruisseau du Gouverny où les distances sont plus importantes. Ces distances plus importantes peuvent s'expliquer par une probable capacité d'accueil plus faible, un risque plus élevé de mise partielle à sec du cours d'eau durant l'été (et donc une mortalité plus importante des géniteurs de taille plus importante). L'introggression généralisée du système d'étude pourrait expliquer les faibles distances entre les 0⁺ et les parents. En effet, cela pourrait être dû à une mauvaise adaptation des parents introgressés à la reproduction.

Les figures 42 et 50 montrent que beaucoup moins de 0⁺ ont été assignés dans cette zone et qu'aucun 0⁺ n'a été assigné à un géniteur potentiel de ce secteur. Cela pourrait s'expliquer par une chance de survie plus faible des géniteurs potentiels due à la prédation et à la faible capacité d'accueil du milieu.

Les figures 40 et 41 montrent que certains 0⁺ capturés dans la partie amont des barrages

de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA1-LPA15) sont assignés à des parents pêchés dans des secteurs de pêche situés juste à la fin de la partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPB1-LPB15). Ces secteurs desquels proviennent les géniteurs sont LPB14 et LPB15 et sont donc les deux derniers secteurs de la partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés. Ces figures semblent confirmer que les 0^+ capturés dans la zone des barrages proviennent bien de parents issus de ces barrages. En effet, si les 0^+ provenaient de zones de frayères localisées dans les autres zones de pêche situées en amont et qu'ils avaient été emportés par des coups d'eau tout comme leurs géniteurs, des 0^+ assignés à ces géniteurs auraient été retrouvés vraisemblablement dans de nombreux autres barrages. Or, les résultats des assignations parentales indiquent que les 0^+ sont retrouvés dans les deux secteurs limitrophes et non dans de nombreux secteurs éloignés de la zone avec barrages. Cela semble donc confirmer que les géniteurs capturés dans les barrages auxquels des 0^+ provenant de la zone des barrages de castors ont été assignés, se sont reproduits dans les barrages de castors.

Pour les géniteurs capturés dans la sous-zone 1, il semble qu'ils se sont bien reproduits dans la zone de barrage. De plus, des incubateurs expérimentaux ont été placés en février 2018 jusqu'en avril 2018. Ceux-ci ont montré que les oeufs des truites pouvaient atteindre le stade alevin dans cette sous-zone (Raes, 2018). Il a même été observé un meilleur pourcentage d'émergence dans la partie des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés que dans la partie amont des barrages des castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (Raes, 2018). En effet, les incubateurs présents dans la partie amont de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés ont été recouverts par une coulée de boue. Les barrages de castors pourraient dans certains cas, protéger les oeufs situés en aval de ceux-ci d'un colmatage dû à un mauvais débordage ou à l'activité des castors. L'unique 0^+ assigné dans la sous-zone 2 provient probablement de la partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés (LPA1-15). En effet, les conditions de reproduction et l'accumulation de sédiments ne semblent pas permettre aux truites de se reproduire. De plus, c'est le seul 0^+ capturé sur l'ensemble de cette sous-zone. S'il y avait une reproduction efficace, de nombreux 0^+ auraient dû être capturés. La figure 51 met en évidence qu'il n'y a pas de différence significative entre les différentes zones de pêche d'un point de vue du nombre de géniteurs par mètre qui sont reproduits. Cela semble démontrer que la zone de barrages n'empêche pas la reproduction des truites et que des quantités semblables de géniteurs se reproduisent dans les différentes zones de pêche. Les barrages ne semblent pas gêner les géniteurs lors de leur reproduction. La masse moyenne des géniteurs (figure 51) n'est pas significativement différente entre l'ensemble des zones de pêche pour les mâles. Une différence significative apparaît entre les masses des géniteurs femelles de la sous zone 2 des barrages et la Grone et du Gouverny. Cette différence ne semble pas s'expliquer par un effet des barrages. De fait, s'il y avait un effet des barrages sur les masses des géniteurs potentiels, il devrait y avoir aussi une différence significative pour les mâles.

6.2 La franchissabilité des barrages

La truite, dans son cycle de vie, peut réaliser des montaisons d'affluents vers des zones de frayère plus propices à la reproduction. En effet, le fait de remonter en amont des cours d'eau, permet une proximité des œufs à l'eau des sources et ainsi d'éviter le gel de ces derniers. Une seconde inquiétude des pêcheurs concerne l'impact des barrages sur la migration des truites (Bertrand, 2018). Dans le cas de ce mémoire, les résultats obtenus grâce à l'assignation parentale sont fort limités. En effet, étant donné que les 0⁺ et les parents ont été capturés en même temps, on ne peut pas être certain de la position antérieure des géniteurs potentiels à la période de reproduction 2017/2018. De plus, d'après Philippart *et al* (1983), 50% des géniteurs potentiels décèdent au cours d'une année. Donc, les résultats d'un point de vue franchissement des barrages sont à prendre avec beaucoup de prudence. En effet, il est très difficile de savoir si les géniteurs ont effectivement passé les barrages pour aller se reproduire ou s'ils étaient présents en amont des barrages avant la période de reproduction et qu'ils se sont fait emporter par un coup d'eau après cette période. De plus, comme l'indique la figure 40, les distances moyennes entre les 0⁺ d'une même zone de pêche et leurs géniteurs sont relativement faibles à part pour les 0⁺ capturés dans le ruisseau du Gouverny. Le fait que seulement deux truites aient été capturées dans la cage de capture semble confirmer que les géniteurs ne parcourent pas des grandes distances pour se reproduire. Étant donné ces faibles migrations, ce site n'est pas le meilleur lieu d'étude pour étudier la franchissabilité des barrages de castors par les géniteurs potentiels de truites fario. Les figures 40 et 41 montrent qu'un géniteur potentiel (croix jaune) (femelle) s'est reproduit et a engendré un 0⁺ (triangle jaune). Or, ce géniteur a été capturé dans le secteur 13 de la partie amont de la zone pêche du ruisseau des Longs-Prés. Il se fait que ce 0⁺ est aussi assigné au géniteur mâle (Croix verte). Lorsque l'on compare les génotypes des trois individus en même temps, aucune erreur n'est discernée. Il semble donc que le mâle vert et femelle jaune se soient reproduits ensemble. La reproduction semble avoir eu lieu dans le secteur de pêche LPB2 ou LPB3 étant donné que l'ensemble des 0⁺ assignés au mâle vert ont été capturés dans ces deux secteurs. Le géniteur femelle jaune aurait donc franchi tous les barrages entre la période de reproduction de 2017-2018 et les pêches électriques du mois d'août. Cependant, c'est l'unique géniteur auquel des 0⁺ ont été assignés, qui aurait passé les barrages. C'est loin d'être une généralité. De plus, un seul 0⁺ a été assigné à cette femelle (croix jaune) et dans ce genre de ruisseau, en tête de bassin, les individus sont très proches génétiquement. L'emploi de 24 marqueurs n'est donc peut-être pas suffisant pour pouvoir être certain de différencier deux individus. En effet, lors des calculs d'assignation, un 0⁺ a été assigné avec succès à deux géniteurs potentiels femelles avec 0 erreur entre le 0⁺ et chacune des femelles. Afin de savoir quelle femelle était plus probablement la génitrice du 0⁺ en question, une comparaison avec le père a eu lieu. Il est donc possible que, dans le cas de ce géniteur jaune, ce soit un individu ayant le même génotype pour les 24 marqueurs que le géniteur jaune du secteur LPA13. Il ressort du tableau (3) détaillant le nombre moyen d'allèle que dans certains secteurs de pêche des barrages, le nombre moyen

d'allèles est largement inférieur aux autres secteurs de pêche de la même zone de pêche ainsi que des autres zones de pêche. Ce résultat pourrait suggérer que certains barrages sont infranchissables pour les truites fario. Ce mémoire ne peut pas assurer avec certitude que les géniteurs présents dans les secteurs LPB14 et LPB15 de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, ont franchi les barrages les séparant de la partie amont des barrages de castors de la zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés. En effet, ils peuvent avoir été emportés par un coup d'eau après la période de reproduction et s'être retrouvés dans les barrages de castors.

7 Conclusion

La truite fario est un poisson fort prisé par les pêcheurs. Ce salmonidé affectionne les cours d'eau de la zone à truite et à ombre. En effet, afin de se reproduire de façon efficace, il nécessite un substrat de type gravier dont la granulométrie varie entre 2mm et 5cm (INPN, 2019). Le castor européen a été présent en abondance en Wallonie durant des siècles. A partir du Moyen-Age, sa chasse et sa destruction se sont intensifiées partout en Europe. Le dernier castor wallon disparaît en 1848 (Lugia, 2013). Le castor a été réintroduit de façon illégale en Wallonie entre 1998 et 2000 (Halley, 2002). Il a rapidement recolonisé de nombreux cours d'eau en modifiant les écosystèmes formés par ceux-ci. En effet, ce dernier peut construire des barrages afin d'augmenter le niveau du cours pour se mouvoir en toute sécurité et protéger son gîte. La hauteur de ces barrages peut varier entre 0,2m et 3m (Richard, 1967). Ces ouvrages ralentissent la vitesse de l'eau, ce qui cause un dépôt de sédiments important dans le fond des plans d'eau formés par les barrages. Suite à l'arrivée de ce rongeur et à son expansion, de nombreux pêcheurs s'inquiètent de l'impact de ces barrages sur le cycle de vie de la truite. Dans ce mémoire, il a été question de répondre à deux interrogations à propos de l'interaction entre les barrages des castors et la truite fario :

- Est-ce que les géniteurs potentiels présents dans les plans d'eau formés par les barrages de castors peuvent se reproduire de façon efficace dans un hydrosystème comportant de nombreux barrages de castors ?
- Les truites fario présentes dans ces barrages parviennent-elles à les franchir ?

Les résultats des pêches électriques indiquent qu'il ne semble pas exister de différences significative entre le nombre de 0+ capturés dans la zone de barrages de castors (LPB1-15) par rapport aux autres zones sans barrage (LPA1-15, GR1-GR9 et GO1-GO13). Cependant, dans cette zone de barrages, deux faciès d'écoulement d'un point de vue structural du cours d'eau existent. La sous-zone 1 dans laquelle il existe à la fois une partie lenticule créée par le barrage suivie directement par une partie lotique (ruisseau), dans celle-ci, 149 0+ ont été capturés. Dans la seconde sous-zone, les plans d'eau se succèdent sans qu'il n'y ait plus aucune partie lotique. Dans cette seconde sous-zone, un seul 0+ a été capturé. Lorsque l'on compare ces résultats de capture ramenés en nombre de 0+ par mètre (figure 37), il existe une différence significative entre ces deux sous-zones. Les résultats d'assignations parentales ont permis de confirmer que les parents présents dans la sous-zone 1 des barrages de castors se reproduisent vraisemblablement dans les secteurs de barrages.

Les résultats concernant la franchissabilité des truites sont à prendre avec précaution. En effet, étant donné que les géniteurs potentiels et les 0+ ont été pêchés au même moment, la position initiale des géniteurs potentiels avant la reproduction ne peut être connue. Une seule truite semble avoir franchi de nombreux barrages. Les distances entre les autres géniteurs potentiels capturés dans les barrages et leur 0+ étant faible, il est difficile de conclure sur la franchissabilité des barrages. En effet, il se peut que les géniteurs aient été emportés par un coup d'eau et donc qu'ils n'aient pas franchi le barrage à la montaison.

En conclusion, les barrages de castors ne semblent pas avoir pas d'impacts très négatifs sur le recrutement en 0+ à condition qu'il existe une zone de ruisseau directement connectée aux zones lentiques formées par les plans d'eau. Il semble que lorsqu'une portion de rivière n'est plus qu'une suite de plans d'eau, les barrages de castors ont des impacts négatifs sur la production de 0+. Cependant, si les deux types de zones de barrages s'enchaînent, le faible recrutement en 0+ de la seconde zone (sans portion de cours d'eau lotique) semble être compensé par la première zone (avec portion de cours d'eau lotique).

8 Perspectives

Les perspectives concernant l'étude des interactions entre les écosystèmes formés par les barrages de castors et les truites sont nombreuses au regard du faible nombre d'études réalisées en Europe. En effet, la presque totalité des études réalisées sur cette problématique ont été faites aux Etats-Unis et au Canada. De plus, en Wallonie, le castor commence à recoloniser de nombreux cours d'eau. Il semble donc urgent de réaliser de nouvelles études sur l'impact de ce rongeur.

Il semble intéressant de réaliser une pêche électrique durant le mois d'août ou de septembre 2019 de manière à permettre de capturer des 0+ et de réaliser leur génotypage. En effet, avec les données génétiques et les positions obtenues lors des pêches électriques du mois d'août 2018, il sera possible d'avoir des informations plus fiables quant à la franchissabilité des barrages. La capture de ces 0+ devrait permettre d'assigner plus de 0+ à des géniteurs potentiels. En effet, les pêches électriques étant réalisées avant la période de reproduction, cela permet d'avoir le génotype d'une grande majorité des géniteurs potentiels des différentes zones de pêche et d'éviter de ne pouvoir assigner des 0+ du fait de la disparition de leurs parents à cause de la prédation.

Ensuite, l'ensemble des manipulations devrait être réalisé à nouveau sur le même site mais aussi sur d'autres sites. En effet, il serait intéressant de savoir si c'est un résultat unique ou qui peut être généralisé dans le temps et dans l'espace. Si la manipulation était réalisée à nouveau, des informations quant à la survie des truites dans les barrages de castors pourraient apparaître. En effet, cela pourrait expliquer le plus grand nombre de truites assignées dans cette zone.

En cas de renouvellements des manipulations, il pourrait être judicieux d'employer un nombre supérieur à 24 marqueurs pour génotyper les truites afin que les résultats d'assignation parentale soient plus fiables.

Une autre perspective serait de réaliser une cage de capture sur mesure et de la placer davantage à proximité de la zone de barrages afin d'étudier de manière plus précise, le déplacement des truites dans les barrages de castors.

Il pourrait être intéressant de marquer l'ensemble des truites à l'aide de marqueur Pit

tag RFID afin de pouvoir suivre et identifier facilement à tout moment de l'année des truites capturées.

Enfin, afin de confirmer les résultats obtenus par Antoine Raes, il semble judicieux de réitérer les placements d'incubateurs dans la zone de barrages ainsi que dans la partie amont.

9 Bibliographie

Toutes les cartes présentes dans ce document ont été réalisées pour celui-ci et les fonds de cartes proviennent du Service Public de Wallonie via leur base de donnée qu'est le géoportail de la wallonie et sont en accès libre sur <http://geoportail.wallonie.be/home.html>. Le fond de carte employé pour représenter les différents barrages et les zones de pêche électrique (pour usage privé uniquement) est mis à disposition par l'Institut Géographique National (IGN) via son service de consultation en ligne CartoWeb.be et disponible sur <http://www.ngi.be/FR/FR1-19-1.shtm>.

Barvaux Catherine, Manet Benoit et Liegeois Sandrine, 2015. Cohabiter avec le castor en Wallonie. SPW edition.

Baudoin, J.M., Burgun, V., Chanseau, M., Larinier, M., Ovidio, M., Sremnski, W., Steinbach, P., Voeglte, B. 2014. Information sur la continuité écologique (ICE) - Evaluer le franchissement des obstacles par des poissons : principes et méthodes. Comprendre Pour Agir. Onema.

Batbold, J., Batsaikhan, N., Shar, S., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsain, G., Palomo, L. 2016. Castor fiber (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2016 : e.T4007A115067136. disponible sur : <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-3.RLTS.T4007A22188115.en>. Downloaded on 25 May 2019.

Bertrand Laura, 2018. Analyse préliminaire à l'élaboration d'un plan de gestion du castor en Wallonie.

Cairney M, Taggart J B and Høyheim B, 2000. Characterization of microsatellite and minisatellite loci in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and cross-species amplification in other salmonids. *Molecular Ecology*, 9, 2175–2178.

Cavanagh Jo-Anne, Hogsden Kristy L, Harding Jon S 2014. Effects of suspended sediment on freshwater fish, Landcare Research for West Coast Regional Council.

Calderon Enrique, 1985. L'élevage de la truite fario et de la truite Arc-en-ciel dans les eaux à température très élevée. *Études et revues*, 1985 (décembre).

Caudron Augustin, 2019 ; Application d'une technique non-invasive de récolte de matériel génétique pour l'étude de la dynamique du castor européen (*Castor Fiber*) à l'échelle locale d'un ruisseau ardennais. Rapport de stage.

Collins AL, Naden PS, Sear DA, Jones JI, Foster IDL 2011. Sediment targets for informing river catchment management : international experience and prospects. *Hydrological Processes* 25 :2112–2129

Danilov P.I., Kan shiev, V.Ya. (1983). The state of populations and ecological characteristics of European (*Castor fiber* L.) and Canadian (*Castor canadensis* Kuhl) beavers in the northwestern USSR. *Acta Zool. Fennica*, 174 : 95-97.

Danilov, P.I. (1995). Canadian and Eurasian beavers in Russian North-west (distribution, number, comparative ecology). In : The third Nordic beaver symposium. Helsinki, Finland : 10, 16pp.

De Biourge Sandrine, 1999. Contribution à l'étude de la biodiversité de la truite de rivière (*Salmo trutta fario* L.) dans les rivières de Wallonie : aspects génétiques. Mémoire UCL

Del Vecchio, Michael, 2013. "Cosmopolitan Trout : The 1883 Fisheries Exhibition and the Global Expansion of Fish Culture." *Environment & Society Portal*, Arcadia (2013), no. 21. Rachel Carson Center for Environment and Society. <https://doi.org/10.5282/rcc/5653> (link is external)

Déom P., 2004. L'Einstein des Rats. *La Hulotte*, n°85 : 51p.

DGRNE. 2004. Poissons et écrevisses de Wallonie : Les eaux vives. Direction générale des Ressources naturelles et de l'Environnement.

Dubrulle Pierre-Marie, Catusse Michel, 2012. Où en est la colonisation du castor en France ?, *Faune Sauvage*, numéro 297, Pages 25 à 35.

FOSTOWICZ-FRELIK Łucja 2008. First record of *Trogotherium cuvieri* (Mammalia, Rodentia) from the middle Pleistocene of Poland and review of the species, *GEODIVERSITAS* 30 (4) Pages 765-778

Frans Sylvain, 2014. Etude de l'impact des barrages de *Castor* sp. sur l'écosystème aquatique de deux rivières de Wallonie, Belgique. TFE

Eaton J.G., McCormick J.H., Goodno B.E., O' Brien D.G., Stefan H.G., Hondzo M., Scheller R.M, 1995. A Field information-based system for estimating fish temperature tolerances. *Fisheries*, vol20, N°4.

Erome G. 1982. Contribution à la connaissance éco-éthologique du castor (*Castor fiber*)

dans la vallée du Rhône. Thèse de doctorat, Université Claude Bernard, Lyon 1.

Estoup A, Presa P, Krieg F, Vaiman D and Guyomard R., 1993. (CT)_n and (GT)_n microsatellites : a new class of genetic markers for *Salmo trutta* L (brown trout). *Heredity*, 71, 488-496.

Estoup A, Rousset F, Michalakis Y, Cornuet JM, Adriamanga M, Guyomard R., 1998. Comparative analysis of microsatellite and allozyme markers : a case study investigating micro-geographic differentiation in brown trout (*Salmo trutta* L.). *Molecular Ecology*, 7, 339-353.

Flamand Marie-Christine, 2015. Rapport truites 2015.

Forsberg L.A, Dannewitz J, Petersson E, Grahn M, 2007. Influence of genetic dissimilarity in the reproductive success and mate choice of brown trout – females fishing for optimal MHC dissimilarity. *Journal of evolutionary biology*. 2007.

Gibson, R.J. & Myers, R.A. (1986). A comparative review of juvenile Atlantic salmon production in North America and Europe. In : Proc. 17th Ann. Study Course (Crozier, W.W., and Johnston, P.H. eds). Inst. Fish. Management, Univ. Ulster at Coleraine : 14-48

Gross R., Kuhn R., Baars M., Schroder W., Stein H. and Rottmann O., 2001. Genetic differentiation of European grayling populations across the Main, Danube and Elbe drainages in Bavaria. *Journal of Fish Biology*, 58, 264-280.

Hale, J.G. (1966). Influence of beaver on some trout streams along the Minnesota north shore of Lake Superior. Minn. Bur. Fish. Invest. Rep. No. 244.

Halley, D.J. Rosell, F. (2002). The beaver's reconquest of Eurasia : status, population development and management of a conservation success. *Mammal Review* 32 :153-178

Herbert DWM, Merkens JC 1961. The effect of suspended mineral solids on the survival of trout. *International Journal of Air and Water Pollution* 5 : 46–55

Huet Marcel, 1949. Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux courantes. *Schweiz Z Hydrol.* 2 (3-4) : 332-351. Ji Q, Luo ZX, Yuan CX, Tabrum AR. 2006. A swimming mammaliaform from the Middle Jurassic and ecomorphological diversification of early mammals. *Science* 311(5764) :1123-7.

Keenan K, Bradley C R, Magee J J, Hynes R A, Kennedy R J, Crozier W W, Poole R, Cross T F, McGinnity P and Prodohl P A, 2013. Beaufort trout MicroPlex : a high-throughput

multiplex platform comprising 38 informative microsatellite loci for use in resident and anadromous (sea trout) brown trout *Salmo trutta* genetic studies. *Journal of Fish Biology*, 82, 1789–1804.

King T L, Eackles M S and Letcher B H, 2005. Microsatellite DNA markers for the study of Atlantic salmon (*Salmo salar*) kinship, population structure, and mixed-fishery analyses. *Molecular Ecology Notes*, 5, 130–132.

Lafontaine, L. et coll., 2000. Dispersion des populations de castors *Castor fiber galliae* réintroduits dans les Monts d'Arrée (Finistère).

Lahti, S. & Helminen, M. (1974). The beaver *Castor fiber* L. and *Castor canadensis* Kuhl in Finland. *Acta Theriol.* 19(13) : 177-189.

Lamarque P., Cuinat R., 1960. Notions élémentaires sur la pêche électrique, les appareils français et leur utilisation. *Bulletin français de pisciculture*, numéro 198.

Lehanse Olivier, 2009, Dynamique de population dans les Ardennes Belges.

Lugia Rémi 2013, Le castor d'Europe (*Castor fiber*). Regards historiques anciens et nouveaux sur un animal sauvage, *Trajectoires*, La condition animale 7.

Macdonald, D.W., Tattersall, F.H., Brown, E.D. & Balharry, D. (1995). Reintroducing the European beaver to Britain : nostalgic meddling or restoring biodiversity ? *Mammal. Rev.* 25(4) : 161-200.

Maisse. Gérard, Baglinière Jean-Luc., 1991. Biologie de la truite commune (*Salmo trutta* L. dans les rivières françaises.

Maisse Gérard, Baglinière Jean-Luc, Le bail P.Y., 1987. Dynamique de la population de truites communes (*Salmo trutta* L.) d'un ruisseau breton (France) : Les géniteurs sédentaires. *Hydrobiologia*, 148, 123-130.

Maisse. Gérard, Baglinière Jean-Luc, 1990. The Biology of brown trout (*Salmo trutta* L), in the river of Scorff Brittany : a synthesis of studies from 1973 to 1984. *Aquac. and Fish Mgmt*, 21, 95-106.

Muséum national d'Histoire naturelle [Ed]. 2003-2019. Inventaire National du Patrimoine Naturel, Site web : <https://inpn.mnhn.fr>. Le 19 juillet 2019

- Olsen JB, Bentzen P and Seeb JE, 1998. Characterization of seven microsatellite loci derived from pink salmon. *Molecular Ecology*, 7, 1083-1090.
- Olsen, J B, Wilson, S L, Kretschmer, E J, Jones, K C and Seeb, J E, 2000. Characterization of 14 tetra-nucleotide microsatellite loci derived from sockeye salmon. *Molecular Ecology*, 9, 2155–2234.
- Olsen JB, Bentzen P and Seeb JE, 1998. Characterization of seven microsatellite loci derived from pink salmon. *Molecular Ecology*, 7, 1083-1090.
- ONCFS 2003. Le castor sur le bassin de la Loire et en Bretagne, 50p
- O'Reilly PT, Hamilton LC, Mcconnell SK, Wright JM., 1996. Rapid analysis of genetic variation in Atlantic salmon (*Salmo salar*) by PCR multiplexing of dinucleotide and tetranucleotide microsatellites. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, 2292–2298.
- Ovidio Michaël, 1999. Cycle annuel d'activité de la truite commune (*Salmo trutta*) adulte : étude par radio pistage dans un cours d'eau de l'Ardenne belge. *Bulletin Français des Pêches et des Pisciculture* (1999) numéro 352 pages 1-18.
- Paterson S, Piertney SB, Knox D, Gilbey J, Verspoor E., 2004. Characterization and PCR multiplexing of novel highly variable tetranucleotide Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) microsatellites. *Molecular Ecology Notes*, 4, 160–162.
- Presa P and Guyomard R, 1996. Conservation of microsatellites in three species of salmonids. *Journal of Fish Biology* 49, 1326-1329.
- Quéré Jean-pierre, Le Louarn Henri. 2011. Les rongeurs de France, faunistique et biologie, 3ème édition revue et augmentée, édition Quae.
- Quirynen Antoine, 2015. Etude de l'impact des barrages de Castor sp. sur l'écosystème aquatique d'un ruisseau ardennais. TFE
- Raes Antoine Etude de l'impact des barrages de Castor sp. en tant que piège à sédiments et à polluants. TFE
- Rey Freddy, Berger Frédéric, Interaction végétation-érosion et génie écologique pour la maîtrise de l'érosion en montagne.

Richard P.B., 1965. Le déterminisme de la construction des barrages chez le Castor du Rhône. *Terre et Vie*, 114 (4) : 339-472.

Sánchez JA, Clabby C, Ramos D, Blanco G, Flavin F, Vázquez E, Powell R., 1996. Protein and microsatellite single locus variability in *Salmo salar* L. (Atlantic salmon). *Heredity*, 77, 423-432.

Rosell Frank, Bozser Orsolya, Collen Peter, Parker Howard, 2005. Ecological impact of beavers *Castor fiber* and *Castor canadensis* and their ability to modify ecosystem *Mammals Review*, volume 35.

Rutherford, W.H. (1955). Wildlife and environmental relationships of beavers in Colorado forests. *J.For.* 53(11) : 803-806.

Scribner KT, Gust JR and Fields RL, 1996. Isolation and characterization of novel salmon microsatellite loci : cross-species amplification and population genetic applications. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53, 833-841

Slettan A, Olsaker I and Lie O, 1995. Atlantic salmon, *Salmo-salar*, microsatellites at the SsoSL25, SsoSL85, SsoSL311 and SsoSL417 loci. *Animal Genetics*, 26, 281-282.

Slettan A, Olsaker I and Lie O, 1996. Polymorphic Atlantic salmon, *Salmo-salar* L., microsatellites at the SsoSL438, SsoSL439 and SsoSL444 loci. *Animal Genetics*, 27, 57-58.

Smith C T, Koop B F and Nelson R J, 1998. Isolation and characterization of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) microsatellites and their use in other salmonids. *Molecular Ecology*, 7, 1614.

Sprules, W.M. (1941). The effect of a beaver dam on the insect fauna of a trout stream. *Trans. Am. Fish.Soc.* 70 : 236-248.

Varray Sylvie, Devilleger Cédric, Richier Sylvain, Leonard Yves, Serre Daniel, 2010. Les barrages de castors sur le bassin de la Loire : état des lieux de la problématique et piste de gestion.

Vibert Richard, 1960. Bases rationnelles de la gestion piscicole. Les truites sont-elles migratrices ou sédentaires ? *Bull. Fr. Piscic*, 196, 107-110.

Yeager, L.E. & Hill, R.R. (1954). Beaver management problems in western public lands. *Transactions of the North American Wildlife and Natural Resources Conference* 19 : 462-

479.

Yano A, Nicol B., Jouanno E, Quillet E, Fostier A and Guyomard R, 2012. The sexually dimorphic on the Y-chromosome gene (sdY) is a conserved male-specific Y-chromosome sequence in many salmonids. *Evolutionary Applications*, 6, 486-496.

Wayne Bailey R., Stephens R.F.,(1951). Effects of beavers on fish. *West Virginia Conservation*, Sept. issue : 11-16.

Wood PJ, Armitage PD 1997. Biological effects of fine sediment in the lotic environment. *Environmental Management* 21 : 203–217

10 Annexe

10.1 Annexe 1



FIGURE 52 – Barrage de castors (Barrage n°2 (LPB2)) construit avec du bois et notamment avec une gaine de protection de câble électrique.

10.2 Annexe 2

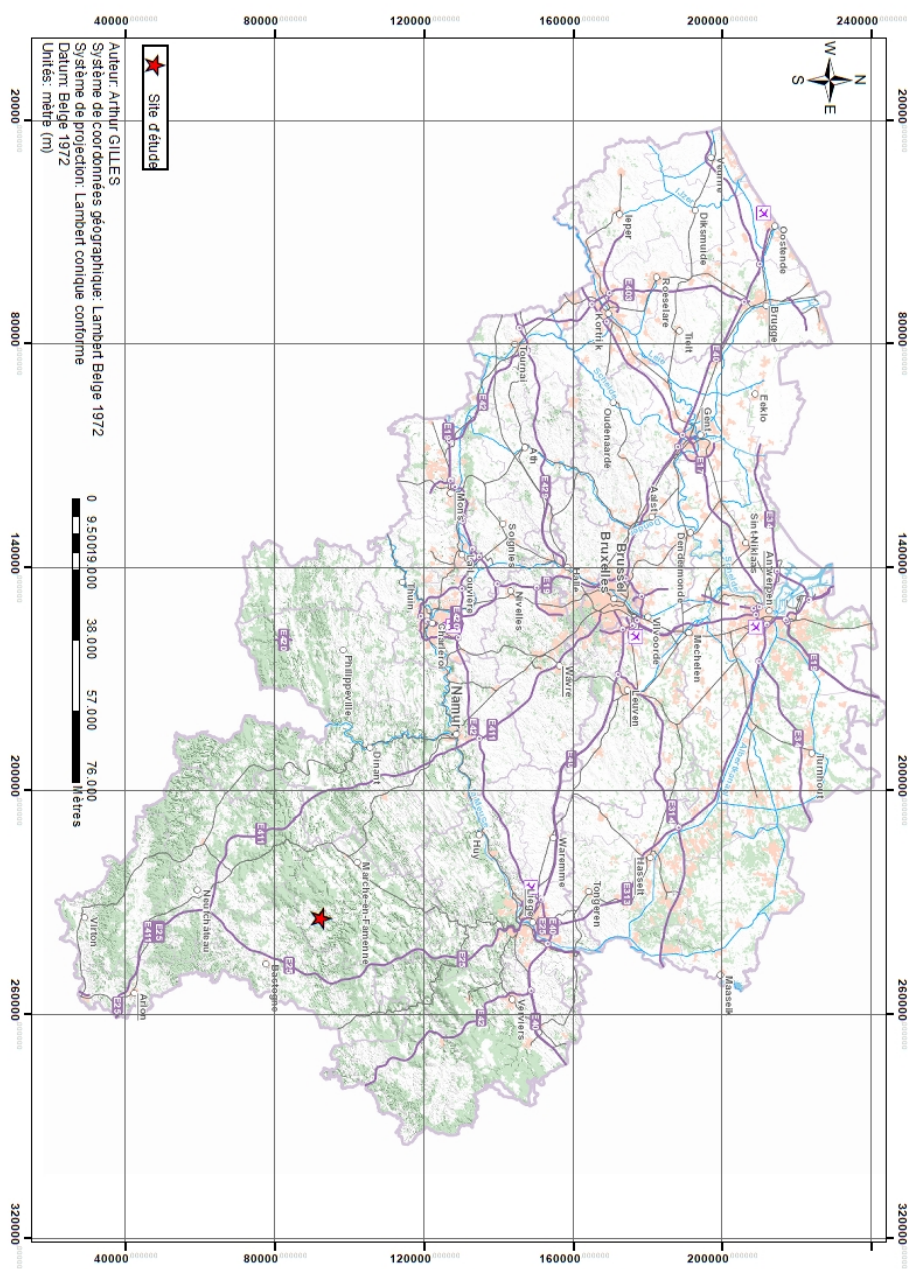


FIGURE 53 – Localisation du site d'étude à l'échelle de la Belgique.

10.3 Annexe 3

	Marqueur	Fluorochrome	Taille A.	N	Référence
MP1	18S	6-Fam	371	1	Yano et al., 2012
	sdY	6-Fam	111	0/1	Yano et al., 2012
	Ogo02	Hex	218-247	16	Olsen et al., 1998
	SsoSL417	NED	166-197	16	Slettan et al., 1995
	SsoSL85	VIC	166-192	13	Slettan et al., 1995
	Sssp2201	PET	184-368	35	Paterson et al., 2004
	Ssa85	VIC	103-121	9	O'Reilly et al., 1996
	Str15	6-Fam	211-229	10	Estoup et al., 1993
	Str60	6-Fam	90-104	7	Estoup et al., 1993
	Str73	6-Fam	138-176	7	Estoup et al., 1993
MP2	Ssa408	6-Fam	202-298	36	Cairney et al., 2000
	Ssa410	PET	160-305	24	Cairney et al., 2000
	SsoSL438	NED	91-137	13	Slettan et al., 1996
	T3-13	NED	176-246	29	Estoup et al., 1998
MP3	Ssa171	VIC	219-287	46	O'Reilly et al., 1996
	Ssa197	VIC	124-168	12	O'Reilly et al., 1996
	Str85	6-Fam	148-178	13	Presa et Guyomard, 1996
MP4	Oki10	NED	217-333	25	Smith et al., 1998
	One104	6-Fam	298-417	18	Olsen et al., 2000
	One8	TAMRA	170-178	5	Scribner et al., 1996
	One9	VIC	173-196	9	Scribner et al., 1996
	Ssa420	6-Fam	184-288	26	Cairney et al., 2000
	SsaD157	VIC	247-330	32	King et al., 2005
	SsaF43	VIC	133-160	14	Sanchez et al., 1996
	SsoSL311	TAMRA	124-164	19	Gross et al., 2001
	Sssp2216	6-Fam	143-167	6	Paterson et al., 2004
	Str2	PET	199-331	34	Keenan et al., 2013

TABLEAU 5 – Annexe 3 : Organisation des multiplexes d'amplification et informations concernant les amorces. La taille des allèles (A.) est exprimée en nombre de paires de bases. La couleur correspondant au nom des fluorochromes est visualisable par la couleur de la trame de fond. N.A. correspond au nombre d'allèles.

10.4 Annexe 4

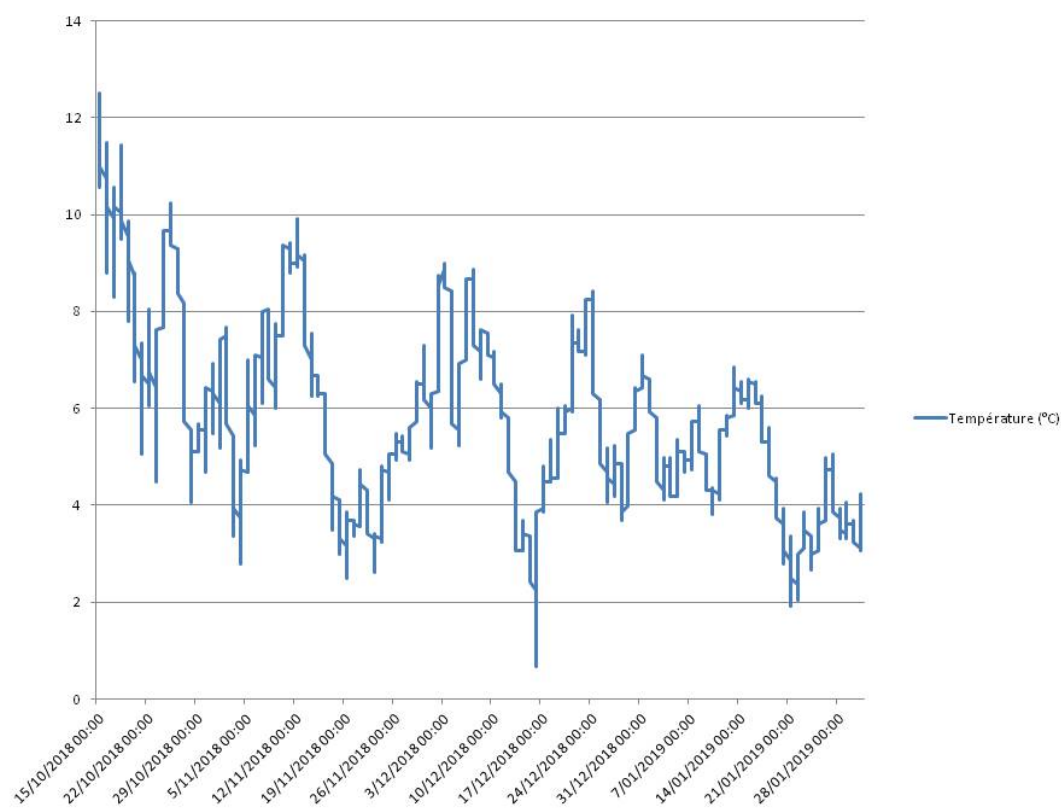


FIGURE 54 – Température de l'eau du ruisseau des Longs-Prés entre le 15/10/2018 et le 31/01/2019 au niveau de la cage de capture.

10.5 Annexe 5

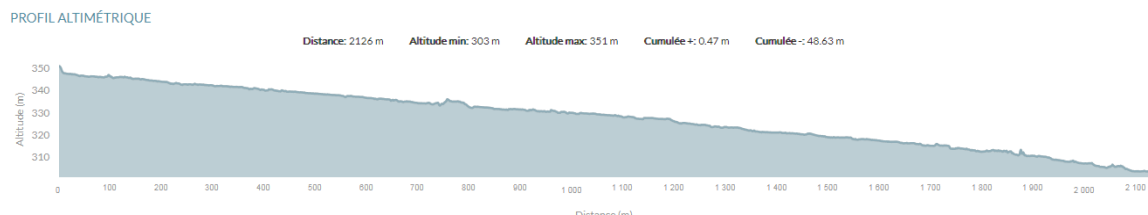


FIGURE 55 – Variation d’altitude du ruisseau des Long-prés de l’amont vers l’aval (Walonmap, 2019).

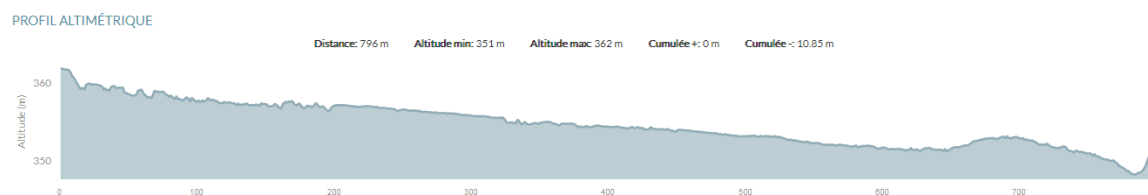


FIGURE 56 – Variation d’altitude de la Grone de l’amont vers l’aval (Source Walonmap, 2019).

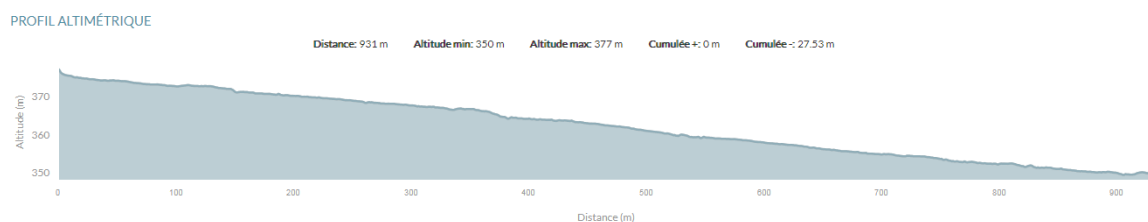


FIGURE 57 – Variation d’altitude du ruisseau du Gouverny de l’amont vers l’aval (Walonmap, 2019).

10.6 Annexe 6

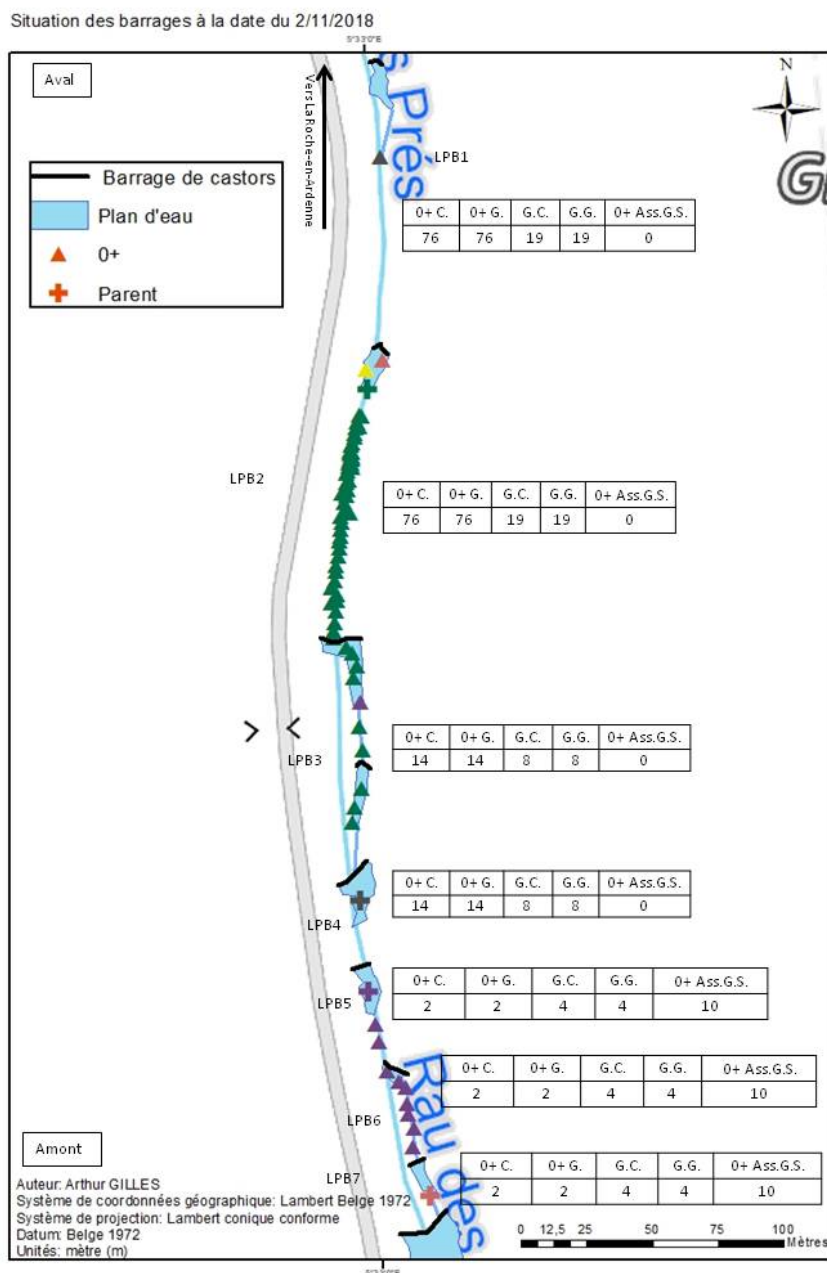


FIGURE 58 – Résultats des assignations parentales zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages de castors sous-zone 1.

10.7 Annexe 7

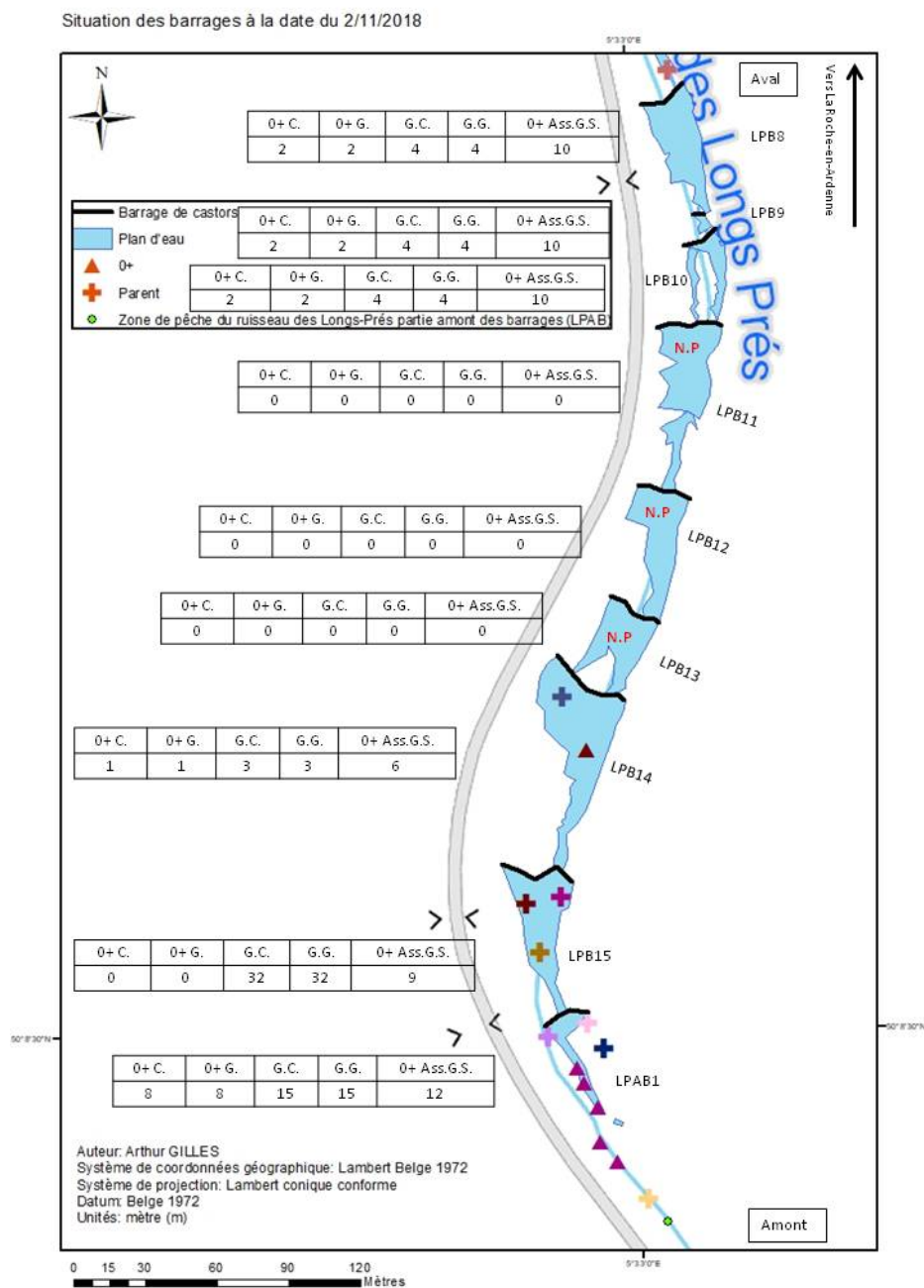


FIGURE 59 – Résultats des assignations parentales zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages de castors sous-zone 2.

10.8 Annexe 8

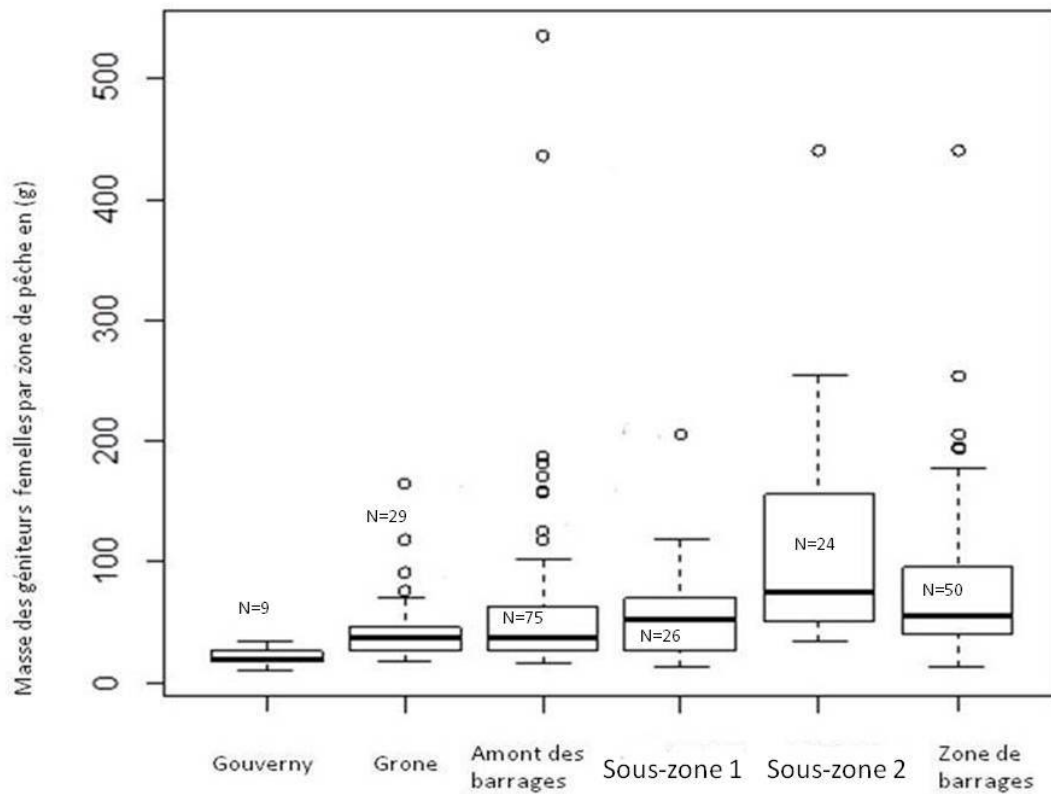


FIGURE 60 – Comparaison des masses des géniteurs femelles potentiels en fonction de leur zone de pêche) (Zone de barrages = Zone de pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2 = sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).

10.9 Annexe 9

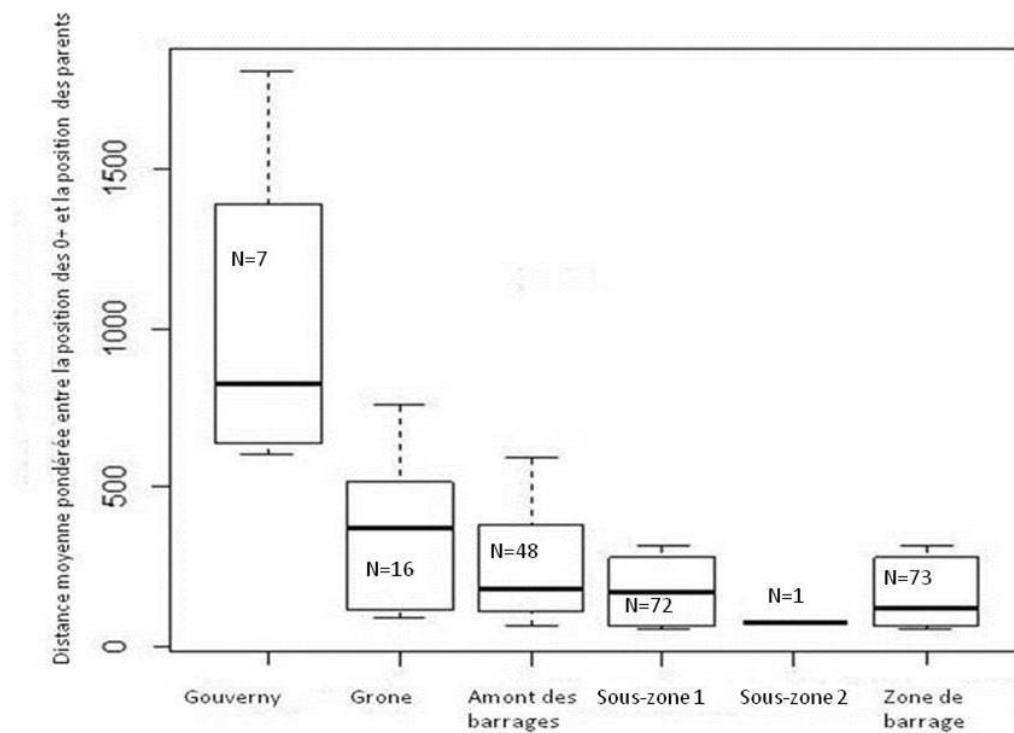


FIGURE 61 – Comparaison des masses des géniteurs femelles potentiels en fonction de leur zone de pêche) (Zone de barrage = Zone pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone 1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2 = sous-zone 2 des barrages de castors (LPB8-LPB15).

10.10 Annexe 10

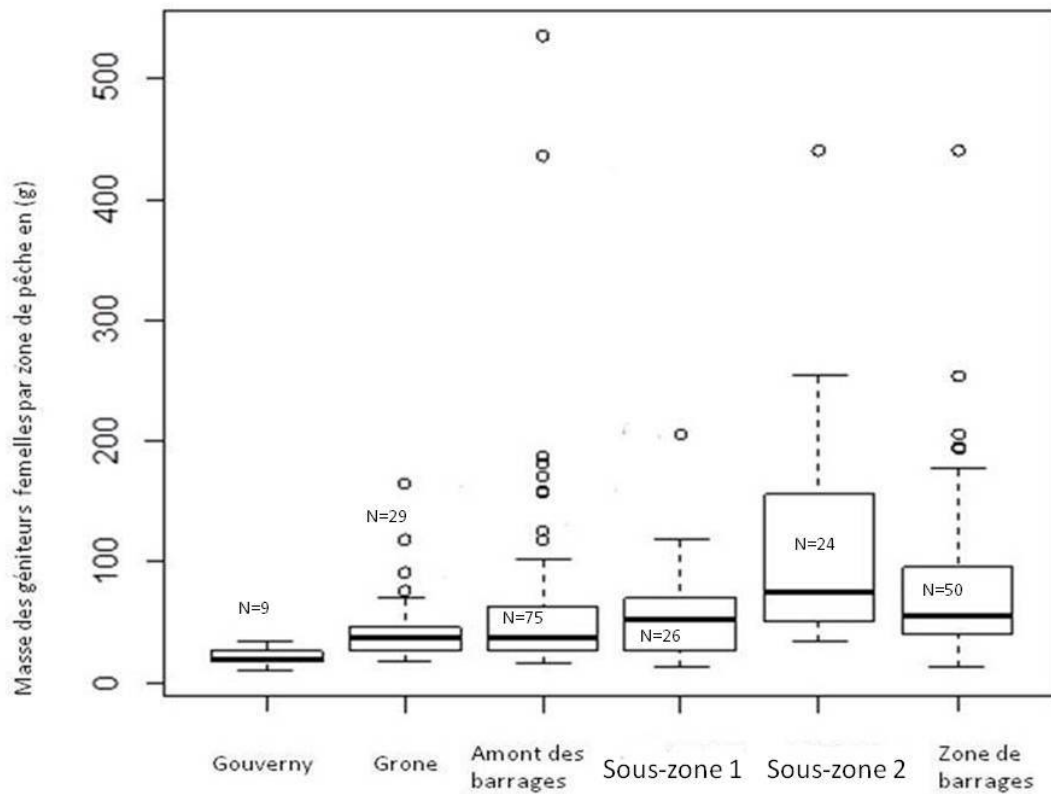


FIGURE 62 – Distance moyenne pondérée entre la position des 0+ et celle de leurs géniteurs en fonction de leur zone de pêche lors de leur capture au mois d'août.) (Zone de barrage = Zone pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie barrage (LPB1-15), Sous-zone 1 =Sous-zone1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2= sous-zone 2 des barrages (LPB8-LPB15).

10.11 Annexe 11

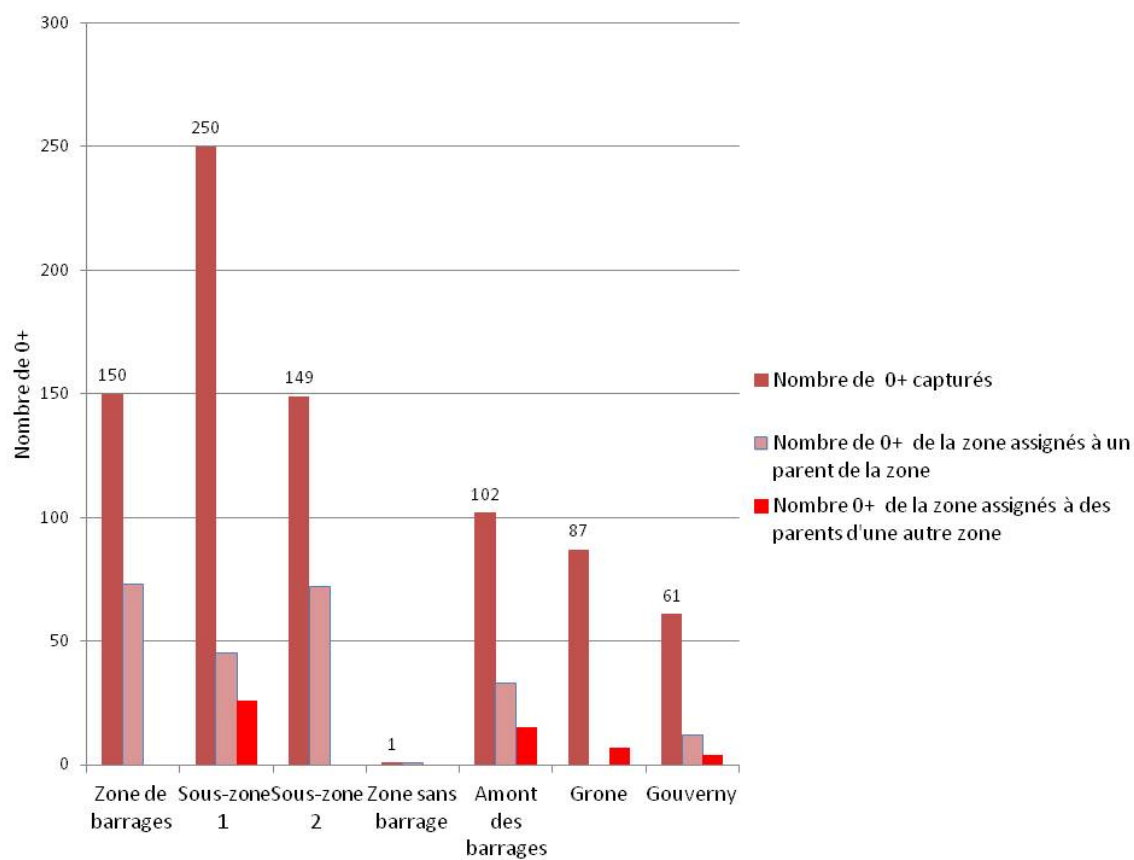


FIGURE 63 – Comparaison entre le nombre de 0+capturés et assignés entre les différentes zones de pêche) (Zone de barrage = Zone pêche du ruisseau des Longs-Prés, partie des barrages (LPB1-15), Sous-zone 1 = Sous-zone1 des barrages de castors (LPB1-LPB7), Barrage 2= sous-zone 2 des barrages (LPB8-LPB15).

10.12 Annexe 12

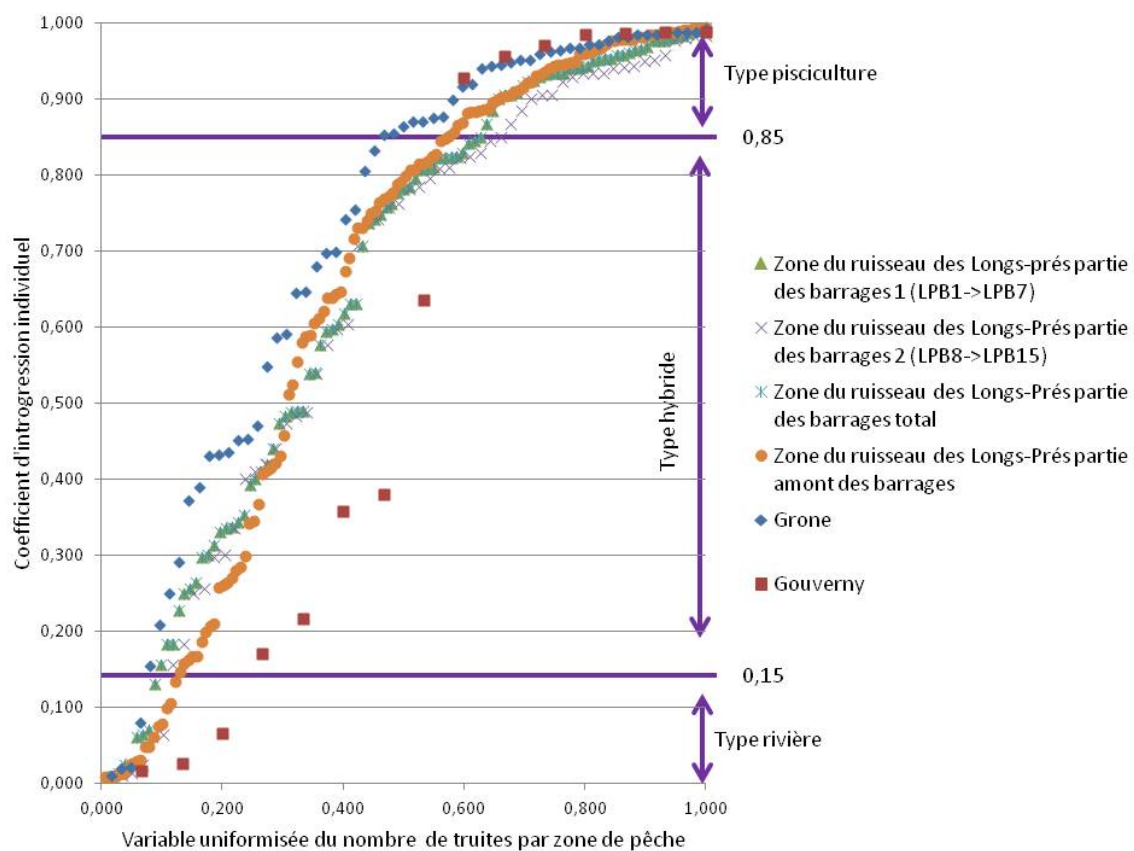


FIGURE 64 – Comparaison entre les différentes zones de pêche de la variation du coefficient d'introgession individuel des géniteurs potentiels (truites dont la taille est supérieure à 118mm) en fonction du nombre normalisé de géniteurs capturés par zone de pêche.

10.13 Annexe 13

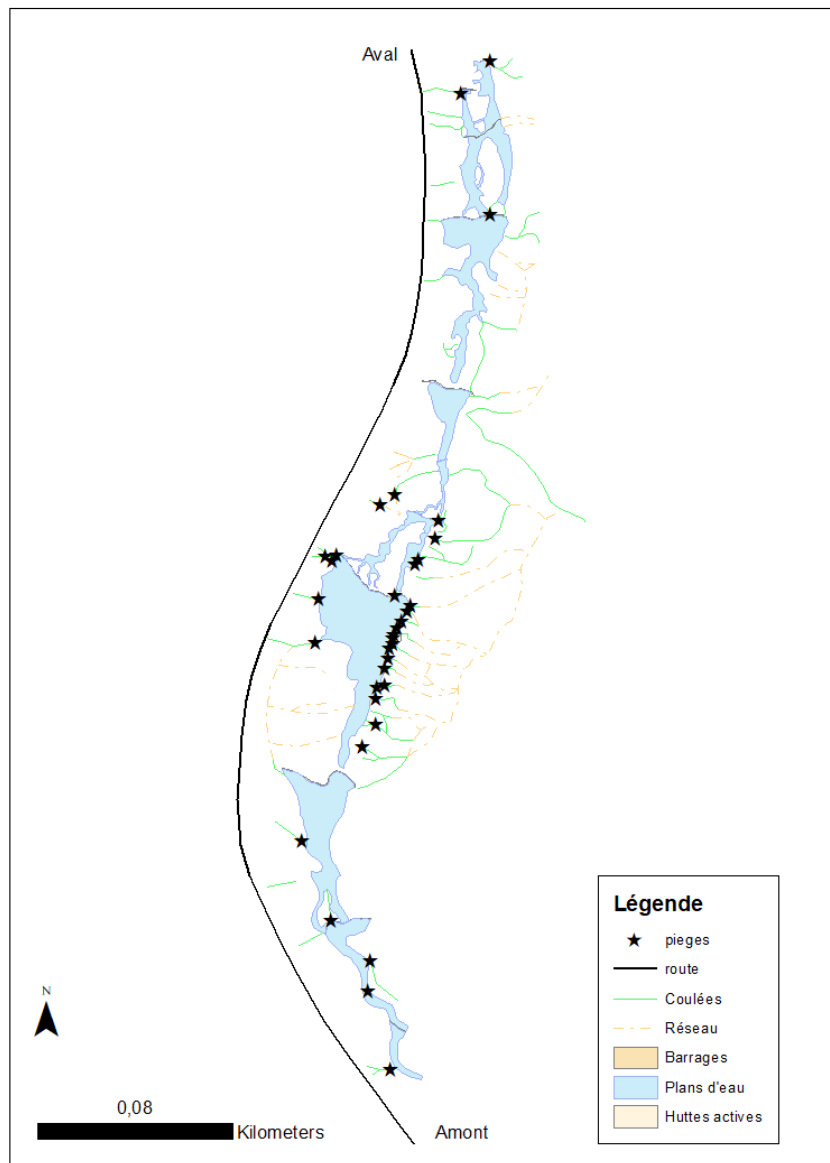


FIGURE 65 – Position des pièges à poils et détails du barrage 23 (Caudron, (2019)).

10.14 Annexe 14

TABLEAU 6 – Tableau des résultats bruts d’assignations parentales. Les juvéniles d’un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0^+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu’il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4ème colonne cela est dû à des allèles nulles). *Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l’année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d’âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l’individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l’individu.*

ID 0^+	ID candidat parent	Paires de loci comparées	Erreur dans la comparaison des paires de loci	Score LOD
18GR04.0+F02	18GR05GF01	24	0	22,7
18GR04.0+F02	18GR06GM04	24	0	27,71
18GR03.0+M02	18GR06GF01	24	1	20,88
18GR06.0+M01	18GR06GF08	24	0	21,36
18GR03.0+F01	18GR07GF01	24	0	20,41
18GR03.0+M01	18GR07GF01	24	1	15,18
18GR03.0+M06	18GR07GF01	24	2	13,36
18GR06.0+F02	18GR08GF01	24	0	25,69
18LPAB03.0+F01	18LPAB01GF03	24	1	23,01
18LPAB04.0+M03	18LPAB01GF03	24	0	22,83
18LPAB04.0+M04	18LPAB01GF04	24	0	25,4
18LPAB10.0+M01	18LPAB01GF05	24	0	28,85
18LPAB03.0+F03	18LPAB01GF06	24	0	25,9
18LPAB03.0+M01	18LPAB01GF07	24	0	30,52
18LPAB03.0+M05	18LPAB01GF08	24	0	24,52
18LPAB12.0+M07	19LPAB11GM01	24	1	18,23
18LPAB14.0+F02	18LPAB01GF08	24	0	16,15
18LPAB07.0+M03	18LPAB01GF09	24	0	31,46
18GO04.0+F05	18LPAB12GF01	24	1	21,17
18GO04.0+M03	18LPAB12GF01	24	1	24,97
18LPAB12.0+M02	18LPAB12GF01	24	0	22
18LPAB15.0+M05	18LPAB12GF01	24	0	19,56
18GR04.0+F02	18LPAB13GF01	24	0	24,94
18LPB11.0+F12	18LPB11GM02	24	0	14
18LPB11.0+F12	18LPAB13GF02	24	0	14,82

TABLEAU 6 – Tableau des résultats bruts d’assignations parentales. Les juvéniles d’un été (0⁺) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu’il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4^{ème} colonne cela est dû à des allèles nulles). *Pour comprendre les ID des parents et 0+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l’année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d’âge (0⁺ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l’individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l’individu.*

ID 0 ⁺	ID candidat parent	Paires de loci comparées	Erreur dans la comparaison des paires de loci	Score LOD
18LPB11.0+F19	18LPB11GM02	24	0	12,94
18LPB11.0+F19	18LPAB13GF02	24	0	15,69
18LPB11.0+M24	18LPAB13GF02	24	0	16,15
18LPB11.0+M24	18LPB11GM02	24	0	18,17
18GO01.0+M07	18LPAB13GF06	24	0	25,37
18LPAB15.0+M03	18LPAB13GF06	24	1	17,69
18LPAB15GF01	18LPAB13GF06	24	1	20,16
18LPB10.0+F13	18LPB14GF03	24	0	17,26
18LPB11.0+M03	18LPB15TERGF01	24	0	17,77
18LPB11.0+M03	18LPB11GM02	24	0	14,9
18LPAB04.0+M01	18LPB24GF06	24	0	21,01
18LPAB04.0+M02	18LPB24GF06	24	1	14,33
18LPAB06.0+M02	18LPB24GF06	24	1	18,44
18LPAB01.0+F01	18LPB24GF10	24	0	29,15
18LPAB01.0+F02	18LPB24GF10	24	0	25,03
18LPAB01.0+F03	18LPB24GF10	24	0	25,34
18LPAB01.0+F04	18LPB24GF10	24	0	25,5
18LPAB01.0+M01	18LPB24GF10	24	0	23,28
18GO01.0+F02	18LPAB01GM07	24	1	12,05
18GO03.0+M01	18LPAB12GM16	24	1	11,25
18GO04.0+M01	18LPAB12GM16	24	1	10,74
18GO06.0+M02	18LPAB01GM07	24	1	16,61
18GR01.0+F01	19LPAB11GM01	24	0	19,04
18GR01.0+M03	19LPAB11GM01	24	0	22,68
18GR02.0+M02	19LPAB11GM01	24	0	24,03
18GR03.0+F02	18GR05GM06	24	0	14,54
18GR05.0+F01	18LPB24GM08	24	0	19,3

TABLEAU 6 – Tableau des résultats bruts d’assignations parentales. Les juvéniles d’un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0^+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu’il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4ème colonne cela est dû à des allèles nulles). *Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l’année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d’âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l’individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l’individu.*

ID 0^+	ID candidat parent	Paires de loci comparées	Erreur dans la comparaison des paires de loci	Score LOD
18GR05.0+F01	19LPAB11GM01	24	0	22,42
18GR06.0+F02	18GR07GM01	24	0	21,85
18GR07.0+M06	18GR07GM01	24	0	25,59
18LPAB03.0+M06	18LPAB01GM05	24	0	12,77
18LPAB05.0+F01	19LPB23GM01	24	0	20,97
18LPAB06.0+M01	18LPAB13GM02	24	1	12,27
18LPAB07.0+F05	19LPB23GM01	24	0	15,75
18LPAB07.0+F06	19LPB23GM01	24	0	17,42
18LPAB07.0+F08	19LPB23GM01	24	0	20,72
18LPAB07.0+M02	19LPB23GM01	24	0	14,76
18LPAB07.0+M05	19LPB23GM01	24	0	19,13
18LPAB10.0+M02	19LPAB11GM01	24	0	25,84
18LPAB10.0+M03	19LPAB11GM01	24	0	24,88
18LPAB11.0+M01	19LPAB11GM01	24	1	18,8
18LPAB11.0+M02	19LPAB11GM01	24	0	16,65
18LPAB12.0+F01	19LPAB11GM01	24	1	19,93
18LPAB12.0+F02	19LPAB11GM01	24	1	19,6
18LPAB12.0+F03	19LPAB11GM01	24	1	20,14
18LPAB12.0+F04	19LPAB11GM01	24	0	19,11
18LPAB12.0+F05	19LPAB11GM01	24	1	20,27
18LPAB12.0+F08	19LPAB11GM01	24	0	21,99
18LPAB12.0+M01	19LPAB11GM01	24	1	20,89
18LPAB12.0+M03	19LPAB11GM01	24	1	20,73
18LPAB12.0+M04	19LPAB11GM01	24	0	20,41
18LPAB12.0+M05	18GR05GM06	24	0	18,07
18LPAB12.0+M06	19LPAB11GM01	24	0	20,94
18LPAB12.0+M08	19LPAB11GM01	24	1	17,13

TABLEAU 6 – Tableau des résultats bruts d’assignations parentales. Les juvéniles d’un été (0⁺) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu’il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4^{ème} colonne cela est du à des allèles nulles). *Pour comprendre les ID des parents et 0+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l’année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d’âge (0⁺ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l’individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l’individu.*

ID 0 ⁺	ID candidat parent	Paires de loci comparées	Erreur dans la comparaison des paires de loci	Score LOD
18LPAB12.0+M09	19LPAB11GM01	24	0	20,12
18LPAB13.0+F01	19LPAB11GM01	24	0	20,25
18LPB11.0+F01	18LPB11GM02	24	0	16,96
18LPB11.0+F02	18LPB11GM02	24	0	12,35
18LPB11.0+F03	18LPB11GM02	24	0	18,52
18LPB11.0+F04	18LPB11GM02	24	0	18,63
18LPB11.0+F05	18LPB11GM02	24	0	17,64
18LPB11.0+F06	18LPB11GM02	24	0	14,48
18LPB11.0+F07	18LPB11GM02	24	0	19,75
18LPB11.0+F08	18LPB11GM02	24	0	19,61
18LPB11.0+F09	18LPB11GM02	24	0	17,34
18LPB11.0+F10	18LPB11GM02	24	0	17,27
18LPB11.0+F11	18LPB11GM02	24	0	16,16
18LPB11.0+F13	18LPB11GM02	24	0	17,7
18LPB11.0+F14	18LPB11GM02	24	0	19,35
18LPB11.0+F15	18LPB11GM02	24	0	16,38
18LPB11.0+F16	18LPB11GM02	24	0	18,07
18LPB11.0+F17	18LPB11GM02	24	0	17,2
18LPB11.0+F18	18LPB11GM02	24	0	22,01
18LPB11.0+F20	18LPB11GM02	24	0	16,06
18LPB11.0+F21	18LPB11GM02	24	0	18,81
18LPB11.0+F22	18LPB11GM02	24	0	16,07
18LPB11.0+F23	18LPB11GM02	24	0	12,42
18LPB11.0+F24	18LPB11GM02	24	0	13,95
18LPB11.0+F25	18LPB11GM02	24	0	16,57
18LPB11.0+F26	18LPB11GM02	24	0	15,72
18LPB11.0+M01	18LPB11GM02	24	0	18,59

TABLEAU 6 – Tableau des résultats bruts d’assignations parentales. Les juvéniles d’un été (0^+) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0^+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu’il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4ème colonne cela est dû à des allèles nulles). *Pour comprendre les ID des parents et 0^+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l’année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d’âge (0^+ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l’individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l’individu.*

ID 0^+	ID candidat parent	Paires de loci comparées	Erreur dans la comparaison des paires de loci	Score LOD
18LPB11.0+M02	18LPB11GM02	24	0	16,67
18LPB11.0+M03	18LPB11GM02	24	0	14,9
18LPB11.0+M04	18LPB11GM02	24	0	13,77
18LPB11.0+M05	18LPB11GM02	24	0	17,93
18LPB11.0+M06	18LPB11GM02	24	0	18,48
18LPB11.0+M07	18LPB11GM02	24	0	16,94
18LPB11.0+M08	18LPB11GM02	24	0	19,3
18LPB11.0+M09	18LPB11GM02	24	0	14,92
18LPB11.0+M10	18LPB11GM02	24	0	12,26
18LPB11.0+M11	18LPB11GM02	24	0	19,75
18LPB11.0+M13	18LPB11GM02	24	0	19,29
18LPB11.0+M14	18LPB11GM02	24	0	15,28
18LPB11.0+M15	18LPB11GM02	24	0	20,16
18LPB11.0+M16	18LPB11GM02	24	0	15,33
18LPB11.0+M17	18LPB11GM02	24	0	17,06
18LPB11.0+M18	18LPB11GM02	24	1	14,53
18LPB11.0+M19	18LPB11GM02	24	0	18,18
18LPB11.0+M20	18LPB11GM02	24	0	16,08
18LPB11.0+M21	18LPB11GM02	24	0	13,05
18LPB11.0+M22	18LPB11GM02	24	0	17,53
18LPB11.0+M23	18LPB11GM02	24	0	17,79
18LPB12-13.0+F02	18LPB11GM02	24	0	14,74
18LPB12-13.0+F03	18LPB11GM02	24	0	14,24
18LPB12-13.0+F04	18LPB11GM02	24	0	16,11
18LPB12-13.0+F05	18LPB11GM02	24	0	16,99
18LPB12-13.0+F06	18LPB11GM02	24	0	17,12
18LPB12-13.0+F07	18LPB11GM02	24	0	17,88

TABEAU 6 – Tableau des résultats bruts d’assignations parentales. Les juvéniles d’un été (0⁺) sont présents dans la première colonne et leur(s) candidat(s) parent(s) dans la seconde colonne (en blanc= 0+ assigné à un unique parent ; en vert= couple de parent avec 0 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; en orange=couple de parent avec 1 erreurs lors de la comparaison du trio de génotype ; lorsqu’il y a 1 ou 2 erreurs dans la 4ème colonne cela est dû à des allèles nulles). *Pour comprendre les ID des parents et 0+ : les 2 premiers chiffres correspondent à l’année de capture, les deux lettres qui suivent à la zone de pêche, ensuite les 2 chiffres correspondent au secteur de capture, puis la classe d’âge (0⁺ (juvénile de un été) ou G (Géniteur), ensuite le sexe de l’individu (M (mâle) et F (femelle) et enfin le numéro de l’individu.*

ID 0 ⁺	ID candidat parent	Paires de loci comparées	Erreur dans la comparaison des paires de loci	Score LOD
18LPB12-13.0+M01	18LPB11GM02	24	0	16,94
18LPB12-13.0+M02	18LPB11GM02	24	0	14,03
18LPB12-13.0+M03	18LPB11GM02	24	0	16,84
18LPB12-13.0+M04	18LPB15GM02	24	1	16,23
18LPB15.0+F01	18LPB15GM02	24	0	17,9
18LPB15.0+F02	18LPB15GM02	24	1	16,46
18LPB15BIS.0+F01	18LPB15GM02	24	0	10,38
18LPB15BIS.0+F02	18LPB15GM02	24	0	20,78
18LPB15BIS.0+F04	18LPB15GM02	24	0	23,01
18LPB15BIS.0+F05	18LPB15GM02	24	0	22,84
18LPB15BIS.0+F06	18LPB15GM02	24	0	22,23
18LPB15BIS.0+M03	18LPB15GM02	24	0	17,42
18LPB15BIS.0+M04	18LPB15GM02	24	0	13,17
18LPB23.0+F01	18LPB24GM07	24	1	12,31

10.15 Annexe 15

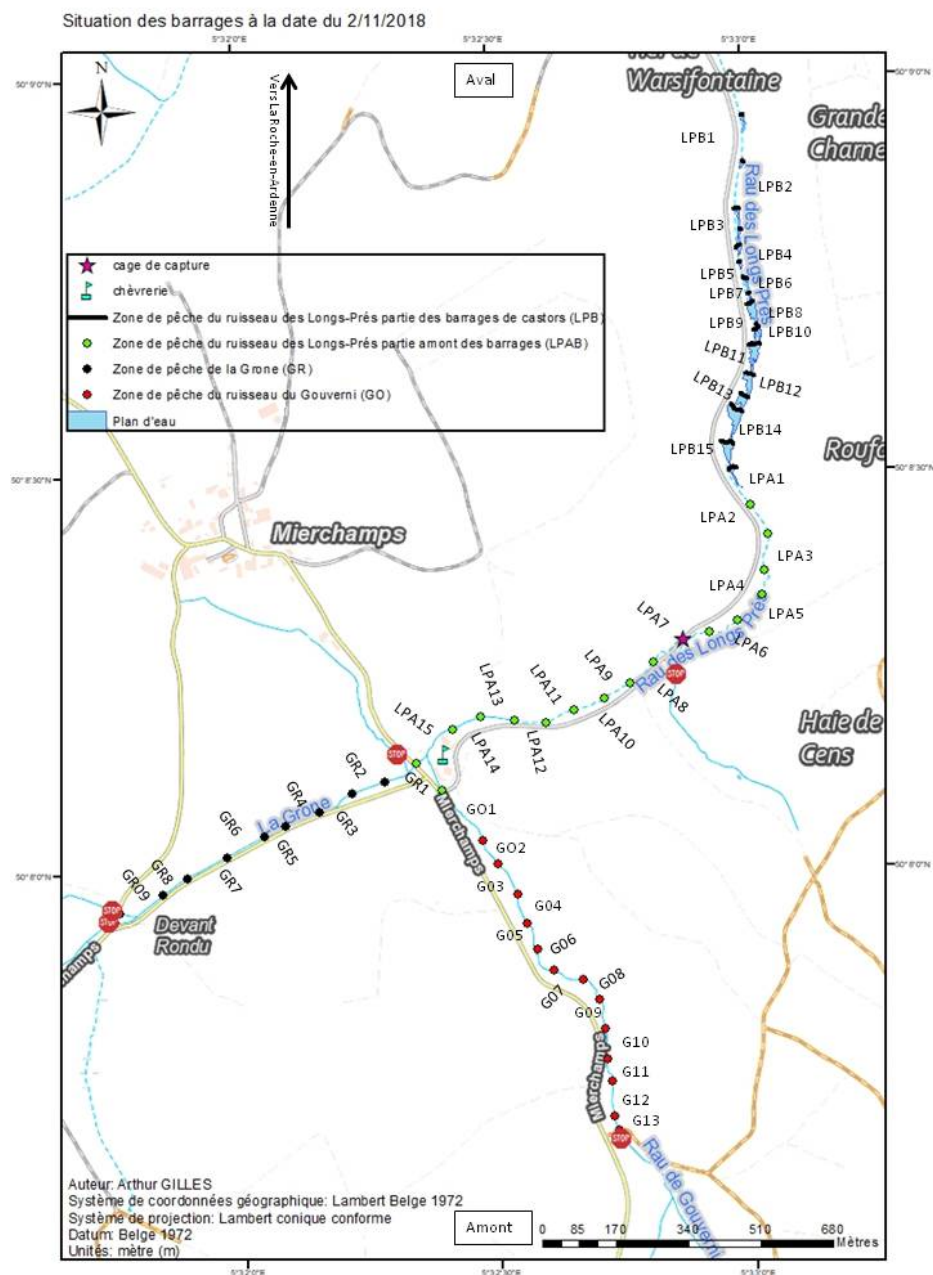


FIGURE 66 – Représentation des différentes zones et secteurs de pêche du système d'étude.

Impacts des barrages de castors eurasiens (*Castor fiber*) sur la reproduction de la truite fario (*Salmo trutta fario*) dans un ruisseau ardennais.

GILLES Arthur

Autrefois abondant en Europe occidentale, le castor a ensuite été décimé et a disparu en Belgique jusqu'à sa réintroduction illégale à la fin des années 90. Depuis il recolonise les rivières et les ruisseaux de Wallonie, en particulier les têtes de bassin versant à tel point que de nombreux pêcheurs s'inquiètent de l'impact de ces barrages sur la reproduction naturelle de la truite fario. Dans ce travail, nous comparerons dans des zones avec ou sans barrage de castors d'une part le recrutement naturel de juvéniles d'un été (0^+) et d'autre part la distance séparant les 0^+ assignés à leurs parents grâce à l'analyse de 24 marqueurs génétiques. Nos résultats montrent que le recrutement naturel en 0^+ est environ trois fois supérieur dans les zones de barrages que dans les trois zones sans barrage situées en amont, mais sans être significativement différentes. En outre, la distance observée entre les 0^+ assignés et au moins un de leurs parents est d'autant plus grande que l'on se rapproche des sources du cours d'eau, reflétant sans doute une moindre capacité d'accueil en période d'étiage pour les parents des zones situées les plus en amont du ruisseau. La distance entre les 0^+ et leurs parents est la plus faible dans la zone des barrages sans que l'on puisse affirmer avec certitude s'ils y sont confinés contre leur gré du fait de la présence des barrages ou s'ils sont peu mobiles du fait qu'ils y trouvent des conditions favorables à leur croissance et à leur reproduction. Quoi qu'il en soit les craintes d'un impact très négatif sur la reproduction naturelle de la truite fario n'est pas confirmé dans la présente étude, bien au contraire, sauf dans la condition où les barrages de castors ne forment plus qu'un ensemble de plans d'eau ne comportant plus aucune zone lotique favorable à leur reproduction. D'autres études devront compléter ce premier diagnostic afin de voir s'il on peut généraliser les observations de la présente étude à d'autres situations.